प्राविधिक शिक्षा परिषद, उ० प्र० के नवीनतम् पाठ्यक्रमानुसार

वैद्युत ऊर्जा के उपयोग

(UTILIZATION OF ELECTRICAL ENERGY)

(In S.I. Units)

For VIth Semester Electrical Engineering Course, Also for final Year of the Four years part time Course in Electrical Engineering Students.

लेखक :

के० यश० नाथ
(बी० ई०)
(एम० आई० एस० टी० ई०)

अशोक शर्मा
(B. Tech)

चौदहवाँ संस्करण 2020

This Book Property of

Name ....

Branch ....

Roll No. ....

.... Polytechnic

कोड-54

NBP
नव भारत प्रकाशन
मिशन कम्पाउण्ड, बेगम ब्रिज रोड, ICICI बैंक के सामने, मेरठ-250 001

Scanned by CamScanner

SYLLABUS

UTILIZATION OF ELECTRICAL ENERGY

Sl. No.	Units	Coverage Time L	T	P
1.	Illumination	8	2	–
2.	Electric Heating	8	2	–
3.	Electric Cooling	8	2	–
4.	Electric Welding	8	2	–
5.	Electrochemical Processes	6	2	–
6.	Electric Traction	6	2	–
7.	Economic Consideration	6	1	–
8.	Energy Conservation	6	1	–
		56	14	–

DETAILED CONTENTS

1. Illumination

(i) Nature of light curve of relative sensitivity of human eye and wave length.

(ii) Definition : flux, solid angle, luminous intensity, illumination, luminous efficiency, depreciation factor coefficient of utilisation, space to height ratio, reflection factor, laws of illumination.

(iii) Calculation of number of light points for interior illumination; calculation of illumination at different points; considerations, involved in simple design problems and illumination schemes; levels of illumination. Methods to increase illumination efficiency.

(iv) Different sources of light : Difference in incandescent and discharge lamps their construction and characteristics, fittings required for filament lamp, mercury lamp, fluorescent lamp sodium lamp, neon lamp.

(v) Main requirements of proper lighting; illumination level, absence of flare, contrast and shadow.

2. Electric Heating

(i) Introduction

(ii) Advantages of electrical heating.

(iii) Heating methods :

(a) Resistance heating (direct resistance heating, indirect resistance heating, electric ovens, their temperature range) salt bath heaters properties of heating elements, domestic water heaters and other heating appliances.

(b) Induction heating, principle, core type and coreless induction furnace.

(c) Dielectric arc heating, direct and indirect arc heating, arc furnace.

(d) Dielectric heating. Applications in various industrial fields, microwave ovens.

(iv) Simple design problems of resistance heating element.

3. Electric Cooling

(i) Concept of refrigeration and air conditioning.

(ii) Brief description of vapour compression refrigeration cycle.

(iii) Description of electrical circuit used in

(a) Refrigerator,

(b) Airconditioner, and

(c) Water cooler.

4. Electric Welding

(i) Welding methods, principles of resistance welding, welding equipments.

(ii) Electric arc welding principle, characteristics of arc; carbon and metallic arc welding, power supply, advantage of coated electrode, comparison of AC and DC arc welding; welding equipment.

Scanned by CamScanner

5. Electrochemical Process

(i) Need of electro-deposition.
(ii) Faraday's laws in electrodeposition
(iii) Objectives of electroplating.
(iv) Description of process for electroplating.
(v) Factors governing electro deposition.
(vi) Equipments and accessories for electroplating plant.
(vii) Principle of anodising and its applications.
(viii) Electroplating on non-conducting materials.

6. Electric Traction

(i) Concept and configuration of Electric drive and types of electric drive.
(ii) Advantage of electric traction.
(iii) Different systems of electric traction, D.C. and A.C. system.
(iv) Different accessories for track electrification. such as overhead wires, conductor rail system, current collector-pentagraph.
(v) Electrical block diagram of an electric locomotive with description of various equipments and accessories.
(vi) Electric braking, plugging, rheostatic and regenerative braking.
(vii) Different types of battery driven vehicles and their application.

7. Economic Consideration

(a) Load estimation, load curves, load duration curve, demand factor, load factor, diversity factor, Plant capacity factor and utilisation factor, simple problems involving interpretation and application of above factors.
(b) Cost of generation, fixed cost, running cost, cost per unit, effect and of load and diversity factor on over all cost of generation. Economic load division between power stations for a given load duration curve.
(c) Tariffs : meaning of different tariffs and their application, block rate, flat rate, max. demand and two part tariffs. Bill preparation.

8. Energy Conservation

Need for energy conservation, over view of energy management, basic idea about energy audit.

Scanned by CamScanner

विषय सूची

अध्याय	पृष्ठ संख्या
1. प्रदीपन (Illumination)	... 1
2. वैद्युत तापन (Electrical Heating)	... 81
3. वैद्युत शीतलन (Electric Cooling)	... 134
4. वैद्युत वेल्डन (Electric Welding)	... 160
5. वैद्युत-रासायनिक प्रक्रिया (Electro-chemical Processes)	... 179
6. वैद्युत शक्ति का अर्थशास्त्र (Economic Consideration)	... 226
7. वैद्युत संकर्षण (Electric Traction)	... 276
8. ऊर्जा संरक्षण (Energy Conservation)	... 369

1

प्रदीपन

(ILLUMINATION)

§ 1.1 प्रकाश की प्रकृति

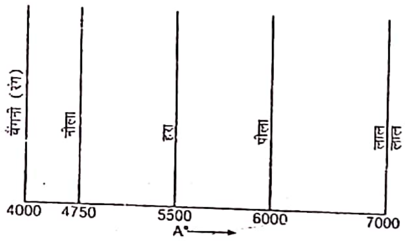
(Nature of Light)

प्रकाश ऊर्जा का एक रूप है जो कि ऐसे पिण्डों से विकीर्ण (radiate)होती है जिनका तापमान बढ़ा हुआ है। प्रकाश का मुख्य स्रोत (Source) सूर्य है जोकि ऊर्जा को ऊष्मा तथा प्रकाश के रूप में बहुत उच्च दर पर बाहर निकालता है। जोकि पचास हजार मिलियन बिलयन 5×10^{22} हार्स पावर के बराबर है जिसका छोटा-सा भाग ही पृथ्वी पर पहुँच पाता है (जो कि 250 बिलियन हा० पा० के बराबर है)। सूर्य से निकलने वाली कुल ऊर्जा की केवल 40% ऊर्जा प्रकाश के रूप में पृथ्वी पर पहुँच रही है। यह ऊर्जा पृथ्वी पर बहुत ही विलक्षण मार्ग से पहुँचती है। सूर्य से जो ऊर्जा हस्तान्तरित होती है वह पृथ्वी तक अन्तरिक्ष ऊर्जा से होकर जिस मार्ग से पहुँचती है उसको यह उस तरह से गर्म करता है जिस प्रकार वैद्युत ऊर्जा ताम्र चालक में प्रवाहित होकर उसे गर्म करती है। ऊर्जा जब किसी ठोस कण से टकराती है तब यह निकलती है। इस प्रकार निकली ऊर्जा दीप्तिमान ऊर्जा (radiant energy) कहलाती है, इसका एक उदाहरण रूम हीटर है जिसमें ऊष्मा-ऊष्मा उत्सर्जक से एक अन्तर (दूरी) तक पहुँचती है! यह विकिरण ऊर्जा आवश्यक रूप से गतिमान तरंग के रूप में या वैद्युत चुम्बकीय तरंगों के रूप में फैलती है। तरंगों के प्रसार की गति 3×10^8 मीटर प्रति सेकेण्ड है किन्तु इनकी तरंग लम्बाई (wave length) भिन्न- भिन्न है। यदि सूर्य से विकीर्ण ऊर्जा के रास्ते में कोई रुकावट (Obstacle) आती है तब या तो यह उसके द्वारा शोषित हो जाती है अथवा यह उसके द्वारा परावर्तित (reflect) हो जाती है। यदि यह ऊर्जा उस पदार्थ के द्वारा शोषित (obserbed) हुई है तब यह प्रकाश ऊष्मा, ऊष्मा के रूप में परिवर्तित हो जाती है।

प्राकृतिक ऊर्जा स्रोत के विषय में अब तक जो चर्चा की गई है उसका उद्देश्य उस प्रकाश के विषय में अधिक से अधिक जानना है जो कि एक चमकते हुए पिण्डों से प्राप्त होता है। वह पिण्ड जो कि अपने चारों ओर के माध्यम से अधिक गर्म है वह पिण्ड अपने चारों ओर के माध्यम को ऊर्जा विकीर्ण करने लगता है। निम्न तापमान पर यह विकिरण केवल ऊष्मा तरंगों के रूप में होता है। निम्न तापमान पर ऊष्मा तरंगों की लम्बाई अधिक तापमान पर उत्पन्न होने वाली तरंगों की तुलना में अधिक होती है।

Scanned by CamScanner

लगभग 300°C तापमान पर विकीर्ण ऊर्जा तरंग की लम्बाई 85×10^{-6} m, 800°C पर (जब यह पिण्ड लाल तप्त होता है) विकीर्ण ऊर्जा की तरंग लम्बाई 0.9×10^{-6} m तथा 3000°C तापमान (जिस पर वैद्युत लैम्प कार्य करता है) विकीर्ण ऊर्जा की तरंग लम्बाई 0.4×10^{-6} m के क्रम में होती है। वास्तविक रूप विभिन्न लम्बाई की तरंगों का मिश्रण है।



चित्र 1.1

विकीर्ण होने वाली सम्पर्ण ऊर्जा प्रदीपन कार्य के लिए उपयोगी नहीं है, बहुत छोटी तरंग लम्बाई का विकिरण जैसे 0.000015×10^{-6} m से 0.001×10^{-6} m प्रकाश के रूप में दिखाई देने वाली परास में नहीं आता है तथा इस परास में भिन्न-भिन्न तरंग लम्बाई की जब एकल-तरंग-के-रूप में ऊर्जा विकीर्ण होती है तब इसे चित्र द्वारा भी स्पष्ट किया जा सकता है।

§ 1.2. आपेक्षित संवेदनशीलता
(Relative Sensitivity)

वह तरंग लम्बाइयाँ जो आँख को दृष्टिगोचर होती हैं 4,000 से 7,500 Å की परास में आती हैं— जैसे कि चित्र 1.1 से स्पष्ट है प्रकाश को देखने के लिए आँख की संवेदनशीलता प्रत्येक व्यक्ति की पृथक्-पृथक् होती है तथा इस पर व्यक्ति की आयु का सीधा प्रभाव पड़ता है। व्यक्तियों की औसत आपेक्षिक संवेदनशीलता को आपेक्षिक संवेदनशीलता तथा तरंग लम्बाई में खींचे गए वक्र को चित्र 1.2 द्वारा दर्शाया गया है। आँख 5,500 Å तरंग लम्बाई के लिए अत्याधिक संवेदनशील है तथा इस औसत संवेदनशील को इकाई (unit) के रूप में प्रयोग किया जाता है तरंग लम्बाई के अनुसार इस 5,500 Å तरंग लम्बाई के द्वारा आँख की तरंगें विभिन्न नाम से जानी जाती हैं जैसे रोनटेजन या एक्स-रे (Rontgen or X-rays) जो कि अपारदर्शक वस्तुओं को भेदने का गुण (property of penetrating of opaque bodies) रखती हैं।

तरंग लम्बाई (λ) तथा आवृत्ति (f) में एक निश्चित सम्बन्ध है जो कि निम्नानुसार दर्शाया जा सकता है--

तरंग लम्बाई × आवृत्ति = विकीर्ण वेग

या $$\lambda \times f = 3 \times 10^{8} \text{ m/sec} \quad \ldots(1.1)$$

तरंग लम्बाई को निम्न इकाईयों में दर्शाया जाता है—

(i) माइक्रोन (ii) एंगस्ट्रोम (Å)

$$\therefore \; 1 \text{ माइक्रोन (micron)} = 10^{-6} \text{ m} \quad \ldots(1.2)$$

तथा $$1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ cm} \quad \ldots(1.3)$$

रंग (Colour)—माना कि किसी गर्म पिण्ड के द्वारा विकीर्ण ऊर्जा एक चमकीले रंग (monochromatic) है जैसे कि एकल तरंग लम्बाई, तब विकिरण के रंग को निम्न तालिका के अनुसार दर्शाया जाता है।

तालिका —1.1

क्र० सं०	तरंग लम्बाई (Å) में	रंग (Colour)
1.	4,000	बैंगनी (Violet)
2.	4,750	नीला (Blue)
3.	5,500	हरा (Green)
4	6,000	पीला (Yellow)
5.	7,000	लाल (Red)

दृष्टिगोचर होने वाला रंग पीलापन लिए हरा रंग होता है जिसे केलई रंग भी कहते हैं किसी भी तरंग लम्बाई के लिए आपेक्षिक संवेदनशीलता को आपेक्षिक ज्योति गुणक (Relative luminosity factor) ($K\lambda$) कहते हैं।

§ 1.3. दीप्तिमान दक्षता
(Radiant Efficiency)

यह पूर्व चर्चा की जा चुकी है कि जब कोई पिण्ड (body) को गर्म किया जाता है तब इसका तापमान बढ़ता है तथा इससे ऊर्जा विकीर्ण होती है इस प्रकार विकीर्ण हुई सम्पूर्ण ऊर्जा प्रकाश के रूप में नहीं होती (जो कि आँख को दृष्टिगोचर होती है) किन्तु इस विकीर्ण ऊर्जा का कुछ भाग ऊष्मा तरंगों के रूप में होता है, इसलिए,

$$\text{दीप्तिमान दक्षता (Radiant)} = \frac{\text{प्रकाश के रूप में विकीर्ण ऊर्जा}}{\text{पिण्ड के द्वारा कुल विकीर्ण ऊर्जा}} \quad \ldots(1.4)$$

Scanned by CamScanner

प्रकाश की तरंग लम्बाई को नापने के लिए आवश्यक इकाईयाँ निम्न हैं—

$1\mu =$ माइक्रोन (micron) = 0.001 मिमी = 10^{-3} मिमी

$1m\mu =$ मिली माइक्रोन (millimicron) = 0.000001 = 10^{-6} मिमी

Å = अंगस्ट्रोम (angstrom) = 0.0000001 मिमी (mm) = 10^{-7} मिमी

इस प्रकार लाल प्रकाश की तरंग लम्बाई = 78.3 $m\mu$ (millimicrons)

तथा बैंगनी प्रकाश की तरंग लम्बाई = 39 $m\mu$ (millimicrons) होगी।

एक 'लैम्प' चाहे वह तेल या गैस से जलने वाला हो या विद्युत लैम्प हो, या अन्य किसी प्रकार का हो एक ऐसा उपकरण है जो कि ऊर्जा के कुछ भाग को ही प्रकाश तरंगों (light waves) में परिवर्तित करता है। इस प्रकार हम देखते हैं कि लैम्प को दी जाने वाली कुल ऊर्जा का बहुत थोड़ा भाग ही प्रकाश तरंगों में परिवर्तित होता है जबकि अधिकतर भाग ऊष्मा के रूप में बेकार चला जाता है। प्रकाश कार्यों के लिए लैम्प का डिजाइन करते समय हमारा यह उद्देश्य होना चाहिए कि वह अधिकतम ऊर्जा को प्रकाश तरंगों में परिवर्तित करें।

उपरोक्त विषय पर विचार करने से पूर्व हमें प्रदीपन सम्बन्धी [फोटोमैट्रिक (Photometric)] कुछ मुख्य इकाईयों की परिभाषाओं को जानना आवश्यक है।

§ 1.4. कैण्डेला
(Candela)

S.I. प्रणाली में कैण्डेला ज्योतीय तीव्रता की इकाई तथा इसकी परिभाषा निम्न रूप में कर सकते हैं—

कैण्डेला प्लेटीनम के ठोसीकरण तापमान (2045°K) पर, किसी काले पदार्थ के विकिरण (radiator) के प्रति वर्ग सेमी में ज्योतीय तीव्रता (luminous intensity) का 1/60वाँ भाग है।

एक कैण्डेला (Cd) का स्रोत, प्रति स्टीरेडियन एक ल्यूमन निकालता (emits) है। इस प्रकार कैण्डेला के चारों ओर कुल फ्लक्स $4\pi \times 1 = 4\pi$ ल्यूमन का फ्लक्स निकालता है।

§ 1.5. ल्यूमिनस फ्लक्स या ज्योतीय फ्लक्स
(Luminous Flux)

किसी ल्यूमिनस वस्तु का ज्योतीय वस्तु में प्रति सेकण्ड ल्यूमिनस प्रकाश तरंगों (luminous light waves) के रूप में जो प्रकाश ऊर्जा उत्पन्न होती है, उसे 'लयूमीनस फ्लक्स' कहते हैं। इसकी इकाई ल्यूमन (lumen) है। ल्यूमन तथा विद्युत शक्ति की इकाई (वाट) में निम्न सम्बन्ध होता है।

1 ल्यूमन = 0.0016 वाट (लगभग)

§ 1.6. ल्यूमन
(Lumen)

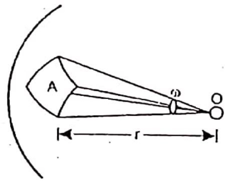
यह ल्यूमिनस फ्लक्स की इकाई है। एक कैण्डेला शक्ति वाली ल्यूमिनस वस्तु में प्रति यूनिट सोलिड कोण (solid angle) पर जो ल्यूमिनस फ्लक्स उत्पन्न होता है, उसे 'ल्यूमन' (lumen) कहते हैं।

§ 1.7. ल्यूमन घण्टा
(Lumen Hour)*

एक ल्यूमन के फ्लक्स द्वारा एक घण्टे में वितरित प्रकाश की मात्रा 'ल्यूमन घण्टा' कहलाती है।

§ 1.8. सोलिड कोण
(Solid Angle)

किसी क्षेत्र A पर विचार करो (चित्र 1.2) जो कि r अर्द्धव्यास वाले गोले का एक भाग है। अब हम गोले के केन्द्र O पर इस क्षेत्र A द्वारा बनने वाले सोलिड कोण ω की गणना करते हैं। माना केन्द्र O को क्षेत्र A के प्रत्येक कोने से मिलाया गया है। तब शंकु (cone) द्वारा घिरा कोण सोलिड कोण (solid angle) कहलाता है।



चित्र 1.2 सोलिड कोण

इसका मान $\omega = \frac{A}{r^2}$ स्टीरेडियन

सोलिड कोण की इकाई स्टीरेडियन होती है। यदि उपरोक्त व्यंजक में, $A = r^2$ हो तब $\omega = 1$ स्टीरेडियन (Steradian) होगा। इस प्रकार स्टीरेडियन की परिभाषा अग्रलिखित

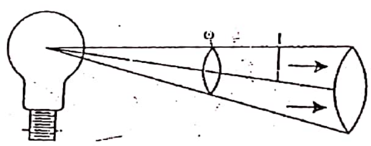
*यह वाट घण्टा (watt haour) के समान है।

Scanned by CamScanner

रूप में की जा सकती है। किसी भाग द्वारा जिसका क्षेत्र गोले के (अर्द्धव्यास)^2 या (r^2) के बराबर हो, गोले के केन्द्र पर बनने वाला कोण स्टीरेडियन कहलाता है। इस प्रकार स्पष्टतः पूरे गोलाकार सतह के केन्द्र पर बनने वाला सोलिड कोण $= \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi$ स्टीरेडियन।

§ 1.9. ज्योतीय तीव्रता या ल्यूमिनस तीव्रता (Luminous Intensity) या कैण्डल शक्ति (Candle Power) *I*

किसी प्रकाश स्रोत में किसी विशेष दिशा में प्रति इकाई सोलिड कोण में उत्पन्न ल्यूमिनस (F), 'ल्यूमिनस तीव्रता' या कैण्डल शक्ति कहलाता है। इसे कैण्डला (Candela) में व्यक्त किया जाता है।



चित्र 1.3

ल्यूमिनस तीव्रता, $(I) = \frac{F}{\omega} cd$

$cd =$ ल्यूमन प्रति स्टीरेडियन

§ 1.10. प्रदीपन (Illumination) या प्रदीपन तीव्रता या प्रदीपन परिणाम (Degree of Illumination) (E)

जब किसी सतह पर प्रकाश पड़ता है तो वह प्रदीप्त (illuminate) हो जाता है। प्रति वर्ग इकाई में प्राप्त होने वाले ल्यूमिनस फ्लक्स को 'प्रदीपन' कहते हैं। यदि क्षेत्र वर्ग मीटर में हो तो प्रदीपन की इकाई ल्यूमन प्रति वर्ग मीटर होगी।

यदि क्षेत्र A पर पड़ने वाला ल्यूमिनस फ्लक्स F हो तब, $E = \frac{F}{A}$

चूँकि फ्लक्स F, ल्यूमन में मापा जाता है तथा क्षेत्र वर्ग मीटर में होता है, इसलिए प्रदीपन (E) की इकाई ल्यूमन/मी^{2} होगी। इसका नाम मीटर कैण्डल (mcd) भी है।

§ 1.11. मीटर कैण्डल शक्ति (Metre Candle Power)

यदि एक मीटर अर्द्धव्यास वाले खोखले गोले के केन्द्र पर एक कैण्डल शक्ति का प्रकाश रख दिया जाये तो गोले के भीतर प्रदीपन को मीटर कैण्डल शक्ति कहेंगे।

§ 1.12. लक्स (Lux)

यदि खोखला गोला 1 मीटर अर्द्धव्यास का हो तथा इसके केन्द्र पर एक कैण्डल शक्ति का प्रकाश रख दिया जाये तो प्रदीपन 1 मीटर कैण्डल होगी तथा इसे लक्स कहेंगे।

§ 1.13. औसत क्षैतिज कैण्डल शक्ति (Mean Horizontal Candle Power or M.H.C.P.)

यह क्षैतिज सतह की सब दिशाओं की कैन्डल शक्ति का औसत भान होता है।

§ 1.14 औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति (Mean Spherical Candle Power)

यह प्रदीपन बिन्दु (illumination point) के [illegible] की सभी दिशाओं की कैण्डल शक्ति का औसत मान होता है।

$$\text{औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति (M.S.C.P.)} = \frac{\text{ल्यूमन फ्लक्स}}{4\pi}$$

§ 1.15. औसत अर्द्धगोलाकार कैण्डल शक्ति (Mean Hemi-Spherical Candle Power or M.H.S.C.P.)

यह प्रकाश बिन्दु में जाने वाले क्षैतिज सतह के ऊपर या नीचे के धरातल की सब दिशाओं की कैण्डल शक्ति का औसत मान होता है।

$$\text{(M.H.S.C.P.)} = \frac{\text{अर्द्धगोलाकार में उत्पन्न फ्लक्स}}{2\pi}$$

§ 1.16. परिवर्तन गुणक (Reduction Factor)

यह औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति तथा औसत क्षैतिज कैण्डल शक्ति में औसत का अनुपात होता है, जिसे f से व्यक्त करते हैं।

$$f = \frac{\text{औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति}}{\text{औसत क्षैतिज कैण्डल शक्ति}} = \frac{\text{M.S.C.P.}}{\text{M.H.C.P.}}$$

Scanned by CamScanner

§ 1.17. लैम्प दक्षता अथवा ज्योति दक्षता
(Lamp Efficiency)

लैम्प की दक्षता, ल्यूमिनस फ्लक्स तथा शक्ति निदिष्ट का अनुपात है। यह ल्यूमन/वाट (lm/W) की इकाई है।

$$\text{इस प्रकार लैम्प दक्षता} = \frac{\text{निर्गत ल्यूमिनस फ्लक्स}}{\text{निविष्ट विद्युत शक्ति}}$$

निम्न सम्बन्धों को ध्यान में रखना चाहिये।

$$\frac{\text{ल्यूमन}}{\text{वाट}} = \frac{4\pi \times \text{M.S.C.P.}}{\text{वाट}}$$

(i) या $\frac{\text{lm}}{\text{W}} = \frac{\text{ल्यूमन}}{\text{वाट}}$ या $\frac{4\pi}{\text{वाट/M.S.C.P.}}$

(ii) $\therefore f = \frac{\text{M.S.C.P.}}{\text{M.H.C.P.}}$ $\therefore \frac{\text{lm}}{\text{W}} = \frac{4\pi f}{\text{वाट/M.H.C.P.}}$

(iii) स्पष्टतः $\frac{\text{वाट}}{\text{M.H.C.P.}} = \frac{4\pi}{\text{lm/W}} = \frac{\text{वाट/M.H.C.P.}}{f}$

तथा $$\frac{\text{वाट}}{\text{M.H.S.P.}} = \frac{4\pi}{\text{lm/W}} = \frac{f \times \text{वाट}}{\text{M.S.C.P.}}$$

§ 1.18. चमकीलापन (Brightness) या ज्योतिमर्यता (Luminance)

किसी प्रकाश साधन के धरातल के समकोण पर उत्सर्जित (emitted) होने वाले फ्लक्स को चमकीलापन या ज्योतिमर्यता (luminance) कहते हैं। यह नाप, वहाँ प्रयोग किया जाता है, जहाँ प्रकाश साधन से उत्सर्जित होने वाले प्रकाश का क्षेत्र ग्लोब लैम्प के समान अधिक होता है। इसे वहाँ भी प्रयोग कर सकते हैं जहाँ किसी वस्तु को देखने के लिए कुछ प्रकाश की आवश्यकता होती है। इसकी इकाई कैण्डल प्रति वर्ग मीटर होती है। माना किसी दिशा में ल्यूमिनस तीव्रता, I कैण्डला है तथा प्रक्षेप क्षेत्र, A वर्ग मीटर है तब चमकीलापन,

$$B = \frac{I}{A} \text{ cd/मी}^2$$

§ 1.19. चौंध
(Glare)

यदि तीव्र प्रकाश जिसकी ओर देखने से आँखों को अवांछनीय कष्ट तथा रुकावट पड़ती है, चौंध या चमक कहलाता है, जैसे ट्रकों तथा कारों की हैड लाइटों की रोशनी इत्यादि।

चौंध के कारण देखने में केवल रुकावट नहीं पड़ती बल्कि आँखों पर अधिक तनाव सिर दर्द भी होने लगता है तथा कभी-कभी देखने वाला चक्कर खाकर गिर भी सकता है।

चौंध के कारण व्यथा (discomfort) को निम्न रूप में दूर किया जा सकता है—

(i) जहाँ तक हो सके, आवरण प्रकाश (screening light) रखा जाये।

(ii) प्रकाश स्रोत तथा पृष्ठ भूमि (back ground) में जहाँ तक हो सके, थोड़ा बहुत विरोध (contrast) रखा जाये। यह दीवारों तथा छतों में हल्का रंग करके किया जा सकता है।

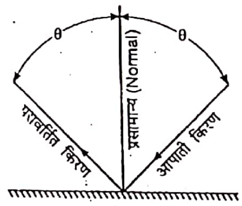
(iii) दृष्टि के क्षेत्र से प्रकाश स्रोत को बाहर रखकर।

(iv) सही रंग योजना तथा प्रकाश चमकीलेपन का सही वितरण करके।

(v) कार्य टेबल पर मैट फिनिश करके तथा दृढ़ परावर्ती वस्तु (strong objective) जैसे काँच शीट इत्यादि को कार्य टेबल पर न रखकर।

§ 1.20. परावर्ती कारक
(Refraction or Reflection Factors)

जब प्रकाश की किरण किसी सतह पर पड़ती है तो वह एक आपतन कोण (angle of incidence) से परावर्तित (reflected) हो जाती है, जैसा कि चित्र 1.4 में दिखाया गया है। आपाती प्रकाश (incident light) का थोड़ा भाग सतह द्वारा शोषित हो जाता है। परावर्तित प्रकाश (reflected light) तथा आपाती प्रकाश (incident light) का अनुपात परावर्ती (reflection factor) कहलाता है।



चित्र 1.4

$$\text{परावर्ती कारक} = \frac{\text{परावर्तित प्रकाश}}{\text{आपाती प्रकाश}}$$

§ 1.21. अपव्यय प्रकाश कारक
(Waste Light Factor)

जब कोई सतह या स्थान कई बत्तियों या लैम्पों द्वारा प्रदीप्त (illuminate) किया जाता

Scanned by CamScanner

है तो प्रकाश के एक के ऊपर एक आने के कारण (due to overlapping), प्रकाश का कुछ भाग बेकार चला जाता है। इस प्रभाव के कारण, प्रकाश के सैद्धान्तिक मान (theoretical valuc) को अपव्यय प्रकाश कारक से गुणा करना पड़ता है। आयाताकार तथा समतल क्षेत्रों के लिए अपव्यय प्रकाश कारक का मान 1.2 तथा असमतल क्षेत्रों के लिए अपव्यय कारक का मान 1.6 तक लिया जा सकता है।

§ 1.22. बीम कारक (Beam Factor)

बीम कारक, प्रक्षेपी लैम्पों (projection lamp) के लिए प्रयोग किया जाता है तथा यह उपयोगी कारक (utilization lamp) का दूसरा रूप है।

बीम कारक, प्रक्षेपी की बीम में ल्यूमन मात्रा तथा लैम्प से उत्पन्न मात्रा का अनुपात है, इसे B से प्रकट किया जाता है। इसका मान 1 से कम तथा 0.3 से 0.6 के बीच होता है।

$$\text{बीम कारक } (B) = \frac{\text{बीम ल्यूमन}}{\text{लैम्प ल्यूमन}}$$

§ 1.23. स्पेस ऊँचाई अनुपात (Space-Height Ratio)

समान प्रदीपन के लिए स्पेस-ऊँचाई के अनुपात को ठीक प्रकार से चुनना चाहिए।

स्पेस-ऊँचाई का अनुपात

$$= \frac{\text{लैम्पों के मध्य क्षैतिज दूरी (horizontal distance between two lamps)}}{\text{लैम्पों के लगाने की ऊँचाई (mounting height of lamps)}}$$

वास्तव में कार्य के स्थान पर समान प्रदीपन, प्रकाश की ऊँचाई पर निर्भर करता है। छत की ऊँचाई या लैम्पों की ऊँचाई, लैम्पों के मध्य स्थान को सीमित करती है। यद्यपि प्रकाश देने वाले लैम्पों की दूरी, उसके आकार से प्रवाहित नहीं होती है, फिर भी परावर्तक (reflector) की वितरण विशेषताओं द्वारा नियन्त्रित की जा सकती है। सामान्य औसत ऊँचाई वाले बड़े कमरे में, इसी के समान ऊँचाई वाले छोटे कमरे की अपेक्षा, प्रकाश का उपयोग अधिक अच्छा हो जाता है चूँकि इसमें प्रकाश का शोषण दीवारों द्वारा कम होता है। चूँकि परावर्तक प्रयोग करने से प्रकाश का समान वितरण होता है, इसलिए यदि परावर्तकों को कमरों में प्रकाश के लिए प्रयोग किया जाए। तो स्पेस-ऊँचाई का अनुपात 1 और 2 के बीच रहता है।

§ 1.24. उपयोगिता कारक (Utilization Factors) या उपयोगिता गुणांक (Coefficient of Utilization) (η)

$$\text{उपयोगिता कारक } (\eta) = \frac{\text{कार्य स्थान पर उपयोग किये गये कुल ल्यूमन्स}}{\text{लैम्प द्वारा विकिरण किया गया कुल ल्यूमन्स}}$$

$$(\eta) = \frac{\text{lumens actually received on working plane}}{\text{lumens emitted by light source}}$$

यह ध्यान देने योग्य बात है कि लैम्पों द्वारा विकिरण किया गया सारा प्रकाश, कार्य स्थल पर उपयोग नहीं होता है। इसलिए इसका पूर्ण मान उपयोगिता कारक द्वारा दिया जाता है। इस कारक का मान निम्न बातों पर निर्भर करता है—

(i) प्रकाश योजना पर, अर्थात् प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष प्रकाश योजना पर।

(ii) लैम्पों की ऊँचाई पर।

(iii) दीवारों तथा छत के रंग पर तथा कमरे के आकार तथा परिमाप पर।

(iv) प्रदीपन किए जाने वाले क्षेत्र पर।

प्रत्यक्ष प्रकाश (direct lighting) का मान 0.4 से 0.6 के बीच, जबकि अप्रत्यक्ष प्रकाश (indirect lighting) का 0.1 से 0.5 तक बदलता रहता है।

§ 1.25. ह्रास या रख-रखाव या अनुरक्षण कारक (Depreciations or Maintenance Factor)

जब लैम्प या ग्लोब या परावर्तक पर धूल, मैल इत्यादि जम जाती है तब प्रकाश की विकीर्णता प्रभावित हो जाती है। इसी प्रकार धूल भरी दीवार भी स्वच्छ दीवारों की अपेक्षा कम प्रकाश विकीर्ण करती हैं इसी प्रकार की सभी हानियाँ ह्रास कारक के अन्तर्गत आती हैं।

$$\text{ह्रास कारक} = \frac{\text{वास्तविक दशा में प्रदीपन}}{\text{जब सभी वस्तुयें पूर्ण रूप से साफ हो}}$$

Depreciation factor

$$P = \frac{\text{Illumination under actual conditions}}{\text{Illumination when every thing is perfectly clean}}$$

यदि लैम्प फिटिंग नियमित रूप से साफ की जा रही हो तो इस कारक का मान 1/1.3 तथा धूल इत्यादि अधिक हो तो यह मान 1/1.5 तक लिया जा सकता है।

चूँकि प्रदीपन को ल्यूमन/मीटर^2 में व्यक्त किया जाता है। इसलिए यदि प्रकाश स्थान (क्षेत्र वर्ग मीटर में) को आवश्यक प्रदीपन (ल्यूमन/मीटर^2) से गुणा किया जाए तो पूर्ण उपयोगी ल्यूमन फ्लक्स प्राप्त होते हैं जो कार्य स्थान पर अवश्य पहुँचने चाहिए। उपयोगिता ह्रास या रख-रखाव कारक को ध्यान में रखते हुए, ल्यूमन्स के लिए निम्न व्यंजक दिया जा सकता है।

$$\text{कुल ल्यूमन्स, } \phi = \frac{E \times A}{\eta \times P}$$

जहाँ E = आवश्यक प्रदीपन ल्यूमन्स/मी^{2} में

A = प्रदीपन होने वाले कार्य स्थान का क्षेत्रफल मी^{2} में

P = ह्रास या रख-रखाव कारक, η = उपयोगिता कारक

Scanned by CamScanner

§ 1.26. प्रदीपन के नियम
(Laws of Illuminations)

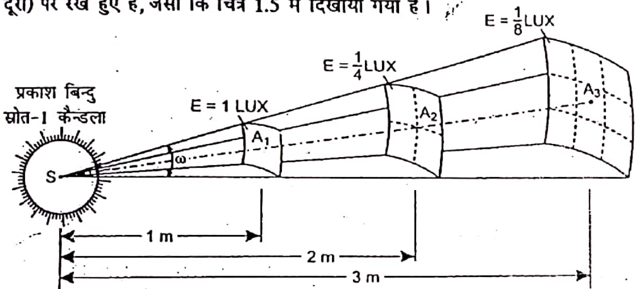
किसी सतह की प्रदीपन (Illuminations) E, निम्न घटकों पर निर्भर करती है—

(i) प्रदीपन (F), ल्यूमिनस तीव्रता (I) के सीधे समानुपाती होती है अर्थात् $E \propto I$

(ii) **प्रतिलोम वर्ग नियम** (Inverse-square law)—किसी सतह की प्रदीपन प्रकाश बिन्दु की दूरी के वर्ग के विलोमानुपाती होती है अर्थात्

$$E \propto \frac{I}{r^2}$$

कल्पना कीजिए कि S प्रकाश बिन्दु है। A_1, A_2 तथा A_3 क्षेत्रफल के तीन समान्तर सतह प्रकाश बिन्दु S से क्रमशः 1 मीटर, 2 मीटर 3 मीटर (अर्थात् 1 : 2 : 3 के अनुपात दूरी) पर रखे हुए हैं, जैसा कि चित्र 1.5 में दिखाया गया है।



चित्र 1.5 प्रतिलोम वर्ग नियम

माना प्रकाश बिन्दु (S) की ल्युमिनस तीव्रता (luminous intensity) एक कैण्डला है तथा तीनों सतहों से प्रकाश बिन्दु एक ही सोलिड कोड ω बनाता है।

A_1 क्षेत्र पर प्रकाश का कुल फ्लक्स $= 1\omega$ ल्यूमन्स

A_1 क्षेत्र के लिए, सोलिड कोण $\omega = \dfrac{A_1}{(1m)^2}$

$\because A_1$ क्षेत्र पर ल्यूमन की संख्या $= \dfrac{A_1 \times 1}{(1m)^2}$

$\therefore$ A_1 क्षेत्र पर प्रदीपन $= \dfrac{A_1 \times 1}{(1m)^2} \times \dfrac{1}{A_1} = \dfrac{1}{(1m)^2} = 1$

$\because$ इसी प्रकार A_2 क्षेत्र का प्रदीपन वर्ग मीटर $= \dfrac{I}{(2m)^2} = 1/4$

तथा A_3 क्षेत्र का प्रदीपन प्रति वर्ग मीटर $= \dfrac{1}{(3m)^2} = \dfrac{1}{9}$

इसी प्रकार प्रतिलोम वर्ग नियम से $E = \dfrac{I}{r^2}$ ...(सूत्र)

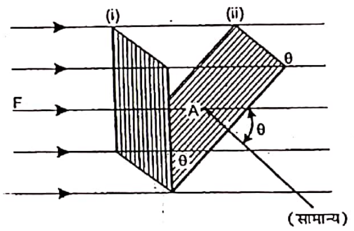
जहाँ $I =$ क्षेत्र की ल्युमिन्स तीव्रता तथा

$r =$ प्रकाश बिन्दु की दूरी।

इस प्रकार हम देखते हैं कि A_1, A_2, A_3 का प्रदीपन, प्रकाश बिन्दु की दूरी के वर्ग के विलोमानुपाती है।

इस प्रकार प्रदीपन फ्लक्स में $= \dfrac{\text{कैण्डेला में ल्यूमिनस तीव्रता}}{(\text{मीटर में दूरी})^2}$

(iii) **लेम्बर्टस कोज्या नियम** (Lambert's cosine law)—इस नियम के अनुसार एक सतह के किसी बिन्दु पर प्रदीपन (E), उस बिन्दु पर लम्ब और ल्यूमिनस फ्लक्स की दिशा के बीच के (कोज्या) समानुपाती होती है।



चित्र 1.6

चित्र 1.6 के अनुसार माना क्षेत्र A की सतह पर आपाती फ्लक्स (incident flux) F है जब सतह की स्थिति (i) पर है। जब इस सतह कोण को θ पीछे हटाया जाता है, तब इस सतह पर आपाती फ्लक्स (incident flux) $F\cos\theta$ होगा। इस प्रकार सतह पर प्रदीपन, जबकि स्थिति (i) है $E = \dfrac{F}{A}$

लेकिन स्थिति (ii) पर प्रदीपन, $E = \dfrac{F\cos\theta}{A}$

या $E_2 = E_1 \cos\theta$ $\left(\because E_1 = \dfrac{F}{A}\right)$

उपरोक्त सभी कारकों को साथ लेने पर, $E = \dfrac{I\cos\theta}{r^2}$ प्राप्त होता है। इसकी इकाई ल्यूमन/मी² है।

या $E = \dfrac{I\cos\theta}{r}$ ...(सूत्र)

उपरोक्त व्यंजकों को अग्र उदाहरण से अधिक स्पष्ट किया जा सकता है।

Scanned by CamScanner

कल्पना कीजिए कि एक समरूप ल्यूमिनस तीव्रता का लैंप L चित्र 1.7 के अनुसार कार्य की सतह से h मीटर की ऊँचाई पर लटका हुआ है, अब हमें लैम्प के ठीक नीचे बिन्दु A पर तथा अन्य बिन्दुओं B तथा C पर प्रदीपन का मान ज्ञात करना है।

$$E_A = \frac{I}{h^2} \qquad \because (\theta = 0 \text{ तथा } \cos\theta = 1)$$

$$\therefore \quad E_B = \frac{1}{LB^2} \times \cos\theta_1 \qquad \because \quad \cos\theta_1 = \frac{h}{LB}$$

$$\therefore \quad E_B = \frac{I}{LB^2} \times \frac{h}{LB} = I \times \frac{h}{LB^3} = \frac{1}{h^2} \times \frac{h^3}{LB^3}$$

या

$$E_B = \frac{I}{h^2} \cdot \left(\frac{h}{LB}\right)^3$$

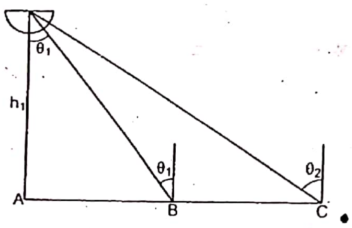
अब $\frac{I}{h^2} = E_A$ तथा $\left(\frac{h}{LB}\right)^3 = \cos^3\theta_1$ रखने पर

$$\therefore \quad E_P = E_A \cos^3\theta_1 \qquad \text{...(सूत्र)}$$

इसलिए समतल के किसी बिन्दु पर प्रदीपन प्रकाश स्रोत या लैम्प के ठीक नीचे प्रदीपन के $\cos^3\theta_1$ गुना होगा, यहाँ θ_1 प्रसामान्य सतह बिन्दु तथा प्रकाश किरण के मध्य कोण है तथा लैम्प के ठीक नीचे बिन्दु A पर प्रदीपन,

$$E_A = \frac{C.P.(I)}{h^2} \qquad \text{...(सूत्र)}$$

इस प्रकार $E_C = E_A \cos^3\theta_2$



चित्र 1.7

साधित उदाहरण

उदाहरण 1.1—एक 250 वोल्ट का लैम्प 3000 ल्यूमिनस फ्लक्स (lumens flux) देता है तथा 0.8 ऐम्पियर धारा लेता है। गणना कीजिए (i) ल्यूमिन्स प्रति वाट तथा (ii) औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति (mean spherical candle power) प्रति वाट

हल—लैम्प के वाट = लैम्प वोल्टता × ली गई धारा

$$= 250 \times 0.8 = 200 \text{ वाट}$$

लैम्प की निर्गत ल्यूमिन्स फ्लक्स में = ल्यूमिन्स फ्लक्स

$$\therefore \quad \text{औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति} = \frac{\text{ल्यूमिन्स फ्लक्स}}{4\pi}$$

$$= \frac{3000}{4\pi} = 238.636 \text{ कैण्डल}$$

$$\therefore \quad \text{ल्यूमिनस प्रति वाट} = \frac{3000}{200} = 15$$

तथा औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति प्रति वाट $= \frac{238.636}{200} = \mathbf{1.193}$

उदाहरण 1.2—एक लैम्प कार्य स्थल (working plane) से 8 मीटर ऊँचाई पर लटका हुआ है तथा 1000 ल्यूमिन्स प्रत्येक दिशा में दे रहा है। (i) लैम्प के नीचे तथा (ii) लैम्प के प्वाइन्ट से 6 मीटर दूरी पर प्रदीपन ज्ञात कीजिए।

हल—लैम्प की ल्यूमिन्स तीव्रता

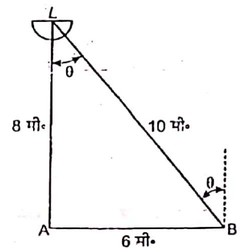
$$I = \frac{\text{ल्यूमिन्स}}{4\pi} = \frac{1000}{4\pi} = 79.545 \text{ cd}$$

(i) लैम्प के ठीक नीचे प्रदीपन

$$E_A = \frac{C.P.(I)}{h^2} = \frac{79.545}{(8)^2}$$

$$= \mathbf{1.242 \text{ लक्स}}$$

(ii) चित्र 1.8 से



चित्र 1.8

$$LB = \sqrt{(8^2 + 6^2)} = 10 \text{ मीटर}$$

$$\cos\theta = \frac{8}{10} = 0.8$$

$$\therefore \quad E_B = \frac{I\cos\theta}{r^2} \qquad (\text{यहाँ } r = LB)$$

$$= \frac{79.545 \times 0.8}{(10)^2} = 0.6363 \text{ lm/m}^2$$

$$= \mathbf{0.6363 \text{ ल्यूमिन/मी}^2}$$

उदाहरण 1.3—एक लैम्प की औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति (mean spherical candle power) 200 है तथा इसे किसी फैक्ट्री में 4 मीटर की ऊँचाई पर लगाया गया है। निम्नलिखित ज्ञात कीजिए। (अ) प्रकाश का कुल फ्लक्स (ब) लैम्प के ठीक नीचे का

Scanned by CamScanner

हल—औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति (M.S.C.P.) $= \dfrac{\text{कुल फ्लक्स}}{4\pi}$ ...(सूत्र)

$\therefore$ कुल फ्लक्स $= 4\pi \times$ औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति

$= 4\pi \times 200 =$ **2514.285**

$\therefore$ लैम्प के ठीक नीचे प्रदीपन (illumination) $= \dfrac{\text{कैण्डल शक्ति}}{h^2}$ ...(सूत्र)

$= \dfrac{200}{(4)^2} =$ **12.5 लक्स (Lux)**

उदाहरण 1.4—एक लैम्प की औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति 300 है, लैम्प से प्राप्त ल्यूमिन्स फ्लक्स ज्ञात कीजिए।

हल—लैम्प की औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति =300

$\therefore$ औसत गोलाकार शक्ति $= \dfrac{\text{ल्यूमिन्स फ्लक्स}}{4\pi}$

$\therefore$ ल्यूमिन्स फ्लक्स = औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति $\times 4\pi$

$= 300 \times 4\pi$

= **3771.4285 ल्यूमिनस**

उदाहरण 1.5—एक 500 वाट-का लैम्प जिसकी औसत-गोलाकार-कैण्डल-शक्ति (M.S.C.P.) 550 है, कार्य स्थल से 5 मीटर ऊँचाई पर लटका है। ज्ञात कीजिए। (i) प्रकाश की कुल ल्यूमिन्स फ्लक्स, (ii) लैम्प के ठीक नीचे प्रदीपन, (iii) लैम्प की दक्षता, (iv) लैम्प के नीचे 0.5 मीटर व्यास के गोलाकार क्षेत्र में कुल ल्यूमिन्स फ्लक्स। यह मानकर चलें कि इस क्षेत्र में प्रदीपन समरूप है।

हल—(i) लैम्प द्वारा कुल उत्सर्जित ल्यूमिन्स फ्लक्स

$= 4\pi \times$ औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति (M.S.C.P.)

$= 4\pi \times 550 =$ **6914.28 ल्यूमिन्स**

(ii) लैम्प के नीचे प्रदीपन $= \dfrac{\text{कैण्डल शक्ति (C.P.)}}{h^2}$ ...(सूत्र)

(h = दूरी)

$= \dfrac{550}{(5)^2} =$ **22 लक्स**

(iii) लैम्प की दक्षता $= \dfrac{\text{उत्सर्जित ल्यूमिन्स}}{\text{लैम्प के वाट (wattage of lamp)}}$

$= \dfrac{6914.28}{...} =$ 12.8385 ल्यूमिन्स प्रति वाट

(iv) 0.5 मीटर व्यास के गोलाकार क्षेत्र का क्षेत्रफल

$S = \dfrac{\pi}{4} \times (0.5)^2 = \dfrac{\pi}{16}$ मीटर^2

$\therefore$ इस क्षेत्र में कुल ल्यूमिन्स फ्लक्स = प्रदीपन तीव्रता $\times$ क्षेत्रफल

$= 22 \times \dfrac{\pi}{16} =$ **4.3214 ल्यूमिन्स**

उदाहरण 1.6—एक 250 कैण्डल शक्ति का लैम्प क्षैतिज सतह से 4 मीटर ऊपर लटकाया गया है। इस क्षैतिज सतह पर प्रदीपन ज्ञात करो।

(i) लैम्प के ठीक नीचे, (ii) ऊर्ध्वाधर अक्ष से 3 मीटर दूर।

हल—लैम्प की कैण्डल शक्ति (C.P.) = 250

लैम्प की ऊँचाई, h = 4 मीटर

(i) लैम्प के ठीक नीचे प्रदीपन

$I = \dfrac{C.P.}{h^2} = \dfrac{250}{(4)^2} = 15.625$ लक्स

(ii) ऊर्ध्वाधर अक्ष से 3 मीटर दूर किसी बिन्दु P पर प्रदीपन ज्ञात करना।

चित्र 1.9 से बिन्दु P पर प्रदीपन

$E = \dfrac{C.P.}{h^2}\cos^3\theta$

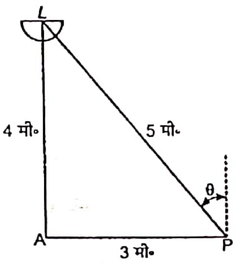
$\because$ $LP = \sqrt{(4^2 + 3^2)} = 5$

$\therefore$ $\cos\theta = \dfrac{4}{5} = 0.8$

सूत्रों में मान रखने पर

$E = \dfrac{250}{(4)^2} \times (0.8)^3$

= **8 मीटर कैण्डल (लक्स)**



चित्र 1.9

उदाहरण 1.7—500 वाट के लैम्प, जिसकी गोलाकार कैण्डल शक्ति (M.S.C.P.) 100 है, तल से 2.7 मीटर ऊँचाई पर लटकाया गया है।

(a) कार्यकारी तल पर लैम्प के ठीक नीचे प्रदीप्ति (illumination)

(b) लैम्प दक्षता

(c) क्षैतिज तल पर लैम्प के ऊर्ध्वाधर से 2.5 मीटर की दूरी पर प्रदीप्ति ज्ञात कीजिए।

हल—लैम्प द्वारा उत्सर्जित कुल ल्यूमिन्स फ्लक्स

$= 4\pi \times$ औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति (M.S.C.P.) $= 4\pi \times 100$

$= 4 \times 3.142 \times 100 = 1256.8$ ल्यूमिन्स

Scanned by CamScanner

(a) कार्यकारी तल पर लैम्प के ठीक नीचे प्रदीप्ति

$$= \frac{\text{कैण्डल शक्ति (C.P.)}}{h^2}$$

h = दूरी मीटर में = 2.7 मी

$$= \frac{100}{(2.7)^2} = \textbf{13.7 लक्स}$$

(b) लैम्प की दक्षता $= \dfrac{\text{उत्सर्जित ल्यूमिन्स}}{\text{लैम्प के वाट (Wattage of lamp)}}$

$$= \frac{1256.8}{500} = 2.5136 \text{ ल्यूमिन्स प्रति वाट}$$

(c) क्षैतिज तल पर लैम्प के ऊर्ध्वाधर 2.5 मीटर की दूरी पर प्रदीप्ति ज्ञात करनी है। चित्र 1.10 से बिन्दु P पर प्रदीपन ज्ञात करना है।

$$E = \frac{C.P.}{h^2}\cos^3\theta \quad \text{सूत्र...(i)}$$

$$\therefore \quad LP = \sqrt{[(2.7)^2 + (2.5)^2]}$$

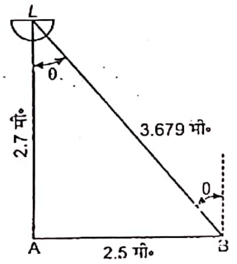
= 3.679 मीटर

$$\therefore \cos\theta = \frac{LA}{LP} = \frac{2.7}{3.679} = 0.733$$

समीकरण (i) में विभिन्न मान रखने पर

$$E = \frac{100}{(2.7)^2} \times (0.733)^3$$

= 5.4 लक्स (मीटर कैण्डल)



चित्र 1.10

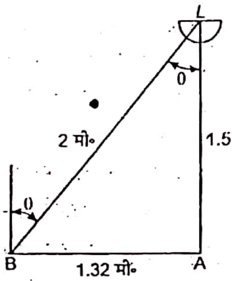
उदाहरण 1.8—एक कार्य टेबल के ठीक नीचे एक बिन्दु पर प्रदीपन (illumination) 100 ल्यूमिन्स/मी² हैं, लैम्प क्षैतिज सतह पर समरूप 225 कैण्डल शक्ति देता है। वह ऊँचाई ज्ञात करो जिस पर लैम्प को लटकाया जाये तथा लैम्प की ऊर्ध्वाधर अक्ष से 1.32 मीटर दूर बिन्दु पर भी प्रदीपन ज्ञात करो।

हल—माना लैम्प को h मीटर ऊँचाई पर लटकाया गया है।

लैम्प (L) के ठीक नीचे A बिन्दु पर प्रदीपन,

$$E = \frac{C.P.}{h^2}$$

$$= \frac{225}{h^2} = 100 \text{ ल्यूमिन्स/मी}$$



चित्र 1.11

$$\therefore \quad h = \sqrt{\frac{225}{100}}$$

$$= \sqrt{[2.25]} = \textbf{1.5 मी}$$

ऊर्ध्वाधर अक्ष में 1.32 मीटर दूर बिन्दु B पर प्रदीपन,

$$E = \frac{C.P.}{h^2}\cos^3\theta \quad \text{...(सूत्र)}$$

$$\because \quad LB = \sqrt{[(1.5)^2 + (1.32)^2]} = 2$$

$$\because \quad \cos\theta = \frac{1.5}{2} = 0.75$$

$$\therefore B \text{ बिन्दु पर प्रदीपन, } E = \frac{225 \times (0.75)^3}{(1.5)^2}$$

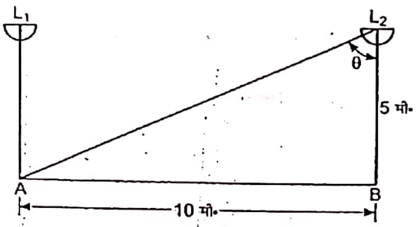
= **42.18 लक्स (Lux)**

उदाहरण 1.9—दो लैम्प पोस्ट जिनमें प्रत्येक की ऊँचाई 5 मीटर है, में 100 कैण्डल शक्ति के लैम्प लगे हैं तथा एक-दूसरे से 10 मीटर दूरी पर स्थित हैं, भूमि पर प्रदीपन ज्ञात कीजिए (i) प्रत्येक लैम्प के ठीक नीचे तथा (ii) दोनों लैम्पों के मध्य।

हल—प्रत्येक लैम्प की कैण्डल शक्ति = 100

लैम्प पोस्ट की ऊँचाई, h = 5 मीटर

दो लैम्प पोस्ट के बीच की दूरी, AB = 10 मीटर



चित्र 1.12

(i) प्रत्येक लैम्प पोस्ट के ठीक नीचे प्रदीपन, उसके अपने लैम्प के द्वारा तथा दूसरे लैम्प के द्वारा होगा।

अर्थात् बिन्दु A पर प्रदीपन = L_1 लैम्प द्वारा प्रदीपन + L_2 लैम्प द्वारा प्रदीपन,

$$= \frac{C.P.}{h^2} + \frac{C.P.\cos^3\theta}{h^2}$$

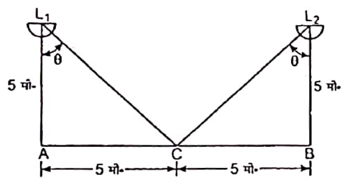
$$\cos\theta = \frac{L_2B}{L_2A}$$

Scanned by CamScanner

यहाँ $L_2A = \sqrt{(AB^2 + L_2B^2)} = \sqrt{(10^2 + 5^2)} = \sqrt{(125)} = 11.18$

$$\cos\theta = \frac{5}{11.18} = 0.447$$

$$\text{बिन्दु } A \text{ पर प्रदीपन} = \frac{100}{(5)^2} + \frac{100}{(5)^2} \times (0.447)^3$$
$$= 4 + 4 \times (0.447)^3$$
$$= 4 + 0.3572$$
$$= \textbf{4.3572 लक्स}$$



चित्र 1.13

(ii) चूँकि बिन्दु C दोनों लैम्प पोस्टों के मध्य स्थित है, इसलिए इस बिन्दु पर प्रदीपन प्रत्येक लैम्प के कारण दुगुनी होगी, चित्र 1.13।

$$L_1C = \sqrt{(L_1A^2 + AC^2)} = \sqrt{(5^2 + 5^2)} = \sqrt{(50)} = 7.07$$

$$\therefore \quad \cos\theta = \frac{5}{7.07} = 0.707$$

$$\text{अर्थात् बिन्दु } C \text{ पर प्रदीपन} = 2\cdot\frac{C.P.}{h^2}\cdot\cos^3\theta$$
$$= 2 \times \frac{100}{(5)^2} \times (0.707)^3$$
$$= \textbf{2.827 लक्स}$$

उदाहरण 1.10—किसी प्रकाश प्रतिष्ठान (lighting installation) में दो निकटवर्ती लैम्पों के बीच क्षैतिज दूरी 2.5 मीटर है तथा लैम्पों की कार्य स्थल से ऊँचाई 4 मीटर है। स्पेस ऊँचाई (space height) अनुपात ज्ञात कीजिए तथा प्राप्त मान पर अपने विचार (comments) दीजिए।

हल—
$$\text{स्पेस ऊँचाई अनुपात} = \frac{\text{लैम्पों के मध्य क्षैतिज दूरी}}{\text{लैम्पों के लगाने की ऊँचाई}}$$
$$= \frac{2.5}{4} = \textbf{0.625}$$

वास्तव में स्पेस-ऊँचाई अनुपात 1 से अधिक होना चाहिए तथा यह 1 तथा 2 के बीच हो सकता है। यहाँ स्पेस-ऊँचाई अनुपात 0.625 है जो कि इच्छित मान से कम है, इसलिए या तो दोनों लैम्पों के बीच की दूरी अधिक की जानी चाहिए अन्य लैम्पों की ऊँचाई कम की जानी चाहिए।

उदाहरण 1.11—क्षैतिज तल से 4 मीटर की ऊँचाई पर एक 200 कैण्डल शक्ति की वर्ती लटकी हुई है। क्षैतिज तल पर (i) लैम्प के सीधे नीचे बिन्दु पर तथा (ii) ऊर्ध्वाधर अक्ष से 3 मीटर की दूरी पर एक बिन्दु प्रदीप्ति (illumination) ज्ञात कीजिए।

हल— लैम्प की कैण्डल शक्ति = 200 कैण्डल

लैम्प की ऊँचाई, h = 4 मीटर

(i) लैम्प के ठीक नीचे A पर प्रदीपन $E = \frac{C.P.}{h^2} = \frac{200}{(4)^2}$

$$= \textbf{12.5 लक्स}$$

(ii) ऊर्ध्वाधर अक्ष से 3 मीटर दूर बिन्दु P पर प्रदीपन ज्ञात करना है चित्र 1.14 से, बिन्दु P पर प्रदीपन

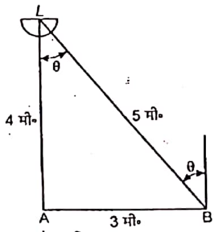
$$I = \frac{C.P.}{h^2}\cos^3\theta \quad \text{...(सूत्र)}$$

$$\because \quad LP = \sqrt{(4^2 + 3^2)} = 5$$

$$\therefore \quad \cos\theta = \frac{4}{5} = 0.8$$

$$\therefore \quad E = \frac{200}{(4)^2} \times (0.8)^3$$

$$= \textbf{0.4 मीटर कैण्डल या लक्स}$$



चित्र 1.14

उदाहरण 1.12—एक लैम्प की कैण्डल शक्ति (C.P.) 200 है। इस लैम्प से एक समतल सतह 2 मीटर की दूरी पर रखी जाती है। सतह पर प्रदीपन (illumination) ज्ञात कीजिए जबकि वह (i) प्रसामान्य (normal), (ii) 45° का कोण बनाते हुए तथा (iii) किरणों के समान्तर हो।

हल— C.P. = 200 कैण्डल

प्रकाश बिन्दु की दूरी, d = 2 मीटर

(i) प्रसामान्य ∴ प्रदीपन लक्स में, $E = \frac{\text{कैण्डल में ल्यूमिन्स तीव्रता (C.P.)}}{(\text{मीटर में दूरी})^2 \text{या } d^2}$

$$= \frac{200}{(2)^2} = \textbf{50 लक्स}$$

(ii) 45° का कोण बनाते हुए, अर्थात $\cos\theta = 45°$

Scanned by CamScanner

$$E = \frac{C.P.}{(2)^2} \times \cos\theta \frac{200}{(2)^2} \times \cos\theta$$

$$\cos\theta = 45° = 0.707$$

या $$E = \frac{200}{4} \times 0.707$$

$$= \mathbf{35.35 \text{ लक्स}}$$

चूँकि प्रकाश की किरणें सतह के समान्तर हैं, इसलिए वे उसे प्रदीप्त नहीं कर पायेंगी।

$\therefore$ $$E = 0$$

उदाहरण 1.13—(क) प्रदीप्त में प्रयोग होने वाले निम्नलिखित शब्दों (terms) में से किन्हीं तीन की परिभाषा लिखिए—

(i) ज्योति फ्लक्स

(ii) ज्योति तीव्रता

(iii) परावर्तन गुणाँक (reduction factor) तथा

(iv) अवमूल्य गुणाँक (depreciation factor)।

(ख) समतल पृष्ठ से h ऊँचाई पर लटके स्रोत के कारण समतल पृष्ठ के किसी बिन्दु पर प्रदीप्ति प्राप्त करने के लिए सम्बन्ध ज्ञात कीजिए।

(ग) 750 M.S.C.P. का 800 वाट का एक लैम्प जमीन से 5 मीटर ऊपर लटका है। (i) कुल ज्योति फ्लक्स (ii) लैम्प के ठीक नीचे प्रदीप्ति तथा (iii) लैम्प की दक्षता ज्ञात कीजिए। क्षेत्र में समान प्रदीप्ति मानिए।

उत्तर—(क) (i) § 1.3 देखिए, (ii) § 1.7 देखिए, (iii) § 1.14 देखिए, (iv) § 1.23 देखिए।

(ख) § 1.24 देखिए।

(ग) हल—M.S.C.P. = 750, ऊँचाई h = 5 मीटर, लैम्प वाट = 800 वाट

(i) कुल ज्योति फ्लक्स $= 4\pi \times$ M.S.C.P.

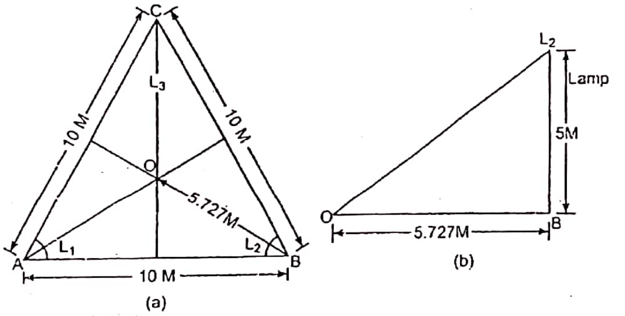
$$= 4 \times \frac{22}{7} \times 750 = \mathbf{9428.57 \text{ ल्यूमन}}$$

(ii) लैम्प के ठीक नीचे प्रदीपन

$$I = \frac{\text{कैण्डला शक्ति}}{(\text{दूरी})^2} = \frac{\text{M.S.C.P.}}{h^2} = \frac{750}{(5)^2} = \mathbf{30 \text{ लक्स/मीटर}}$$

(iii) लैम्प दक्षता $= \frac{\text{ल्यूमन्स}}{\text{वाट}} = \frac{9428.57}{800} = \mathbf{11.785 \text{ ल्यूमन/वाट}}$

उदाहरण 1.14—दो बल्ब के खम्भे 16 मी दूरी पर हैं और प्रत्येक पर 100 C.P. बल्ब भूतल से 6 मी ऊँचाई पर लगा है। भूतल पर (i) बल्ब के नीचे (ii) दोनों खम्भों के मध्य बिन्दु पर, प्रदीप्तियों की गणना कीजिए।



चित्र 1.15

(i) लैम्प L_A के ठीक नीचे बिन्दु A पर कुल प्रदीपन $E_A = (L_A + L_B)$ लैम्पों द्वारा बिन्दु A पर प्रदीपन

$$= \left(\frac{L_A}{d_A^2}\cos\theta_A\right) + \left(\frac{I_B}{d_B^2}\cos\theta_B\right)$$

$$= \left(\frac{100}{6^2} \times \frac{6}{6}\right) + \left(\frac{100}{\sqrt{292}} \times \frac{6}{\sqrt{292}}\right)$$

$$= \frac{100}{36} + \left(\frac{100}{292} \times \frac{6}{17.08}\right)$$

$$= 2.77 + 0.12$$

$$= \mathbf{2.89 \text{ लक्स (ल्यूमन/मी}^2)}$$

(ii) धरातल के मध्य बिन्दु M पर कुल प्रदीपन

$E_M = (L_A + L_B)$ लैम्पों द्वारा बिन्दु M पर प्रदीपन

$\therefore$ बिन्दु M के लिए $(L_A = L_B)$ लैम्पों द्वारा बिन्दु M प्रदीपन

$\therefore$ $E_M = 2 \times L_A$ लैम्प द्वारा बिन्दु M पर प्रदीपन

$$= 2 \times \frac{I_A}{d_A^2}\cos\theta_A$$

$$= 2 \times \frac{100}{10^2} \times \frac{6}{10} \text{ यहाँ } \cos\theta_A = \frac{6}{10}$$

$$= 2 \times \frac{600}{1000} = \mathbf{1.2 \text{ लक्स(ल्यूमन/मी}^2)}$$

Scanned by CamScanner

§ 1.27. प्रकाश योजनायें
(Lighting Schemes)

प्रदीपन इन्जीनियरी आज के युग में एक महत्वपूर्ण विषय है। प्रकाश योजनायें बनाते समय यदि इसका सही प्रयोग किया जाए तो वैद्युत ऊर्जा की काफी हद तक बचत की जा सकती है तथा साथ ही विशेष स्थान पर कितनी प्रदीपन की आवश्यकता है, ज्ञात की जा सकती है। प्रकाश योजनाओं को निम्न रूप से वर्गीकृत किया जा सकता है—

(अ) आन्तरिक प्रदीपन (Interior illumination)—इस योजना के अन्तर्गत एक छोटे से एक या दो कमरे के मकान से लेकर बड़े भवन, आधुनिक फ्लैट ब्लाक, सार्वजनिक भवन, अस्पताल (hospitals), सिनेमा, चर्च, मन्दिर, लाइब्रेरी तथा दुकानें इत्यादि आते हैं।

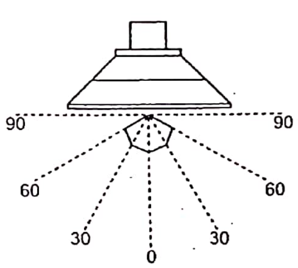
(ब) बाह्य प्रदीपन (Exterior illumination)—इस योजना के अन्तर्गत सार्वजनिक भवनों, मन्दिरों, बाग-बगीचों इत्यादि का आप्लवी प्रकाशन (flood lighting) आता है, विशेषकर उनमें समारोहों के समय पर। आप्लवी प्रकाशन (flood lighting) खेल-कूद के स्थानों, गोदी स्थलों (dock-sites), रेलवे विन्यास यार्ड (railway marshalling yards) इत्यादि में भी प्रयोग किए जाते हैं।

(स) सार्वजनिक मुख्य भागों का प्रदीपन (Illumination of public ways)—आजकल सड़कों इत्यादि पर उच्च गति के ट्रैफिक के बढ़ जाने से कस्बों इत्यादि की अन्दरूनी सड़कों पर समुचित प्रदीपन (adequate illumination) किया जाता है ताकि दुर्घटनायें न होने पायें।

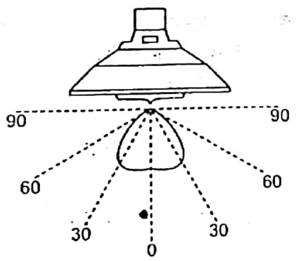
अन्दरूनी प्रकाश योजनाओं को निम्न रूप में पुनः वर्गीकृत किया जा सकता है।

§1.28. प्रत्यक्ष योजनायें
(Direct Lighting Scheme)

जैसा कि नाम से प्रतीत होता है, इस प्रकाश योजना में प्रकाश स्रोत से प्रकाश सीधा पदार्थ पर, या प्रदीप्त की जाने वाली सतह पर पड़ता है जैसा कि चित्र 1.16 (अ, ब) में



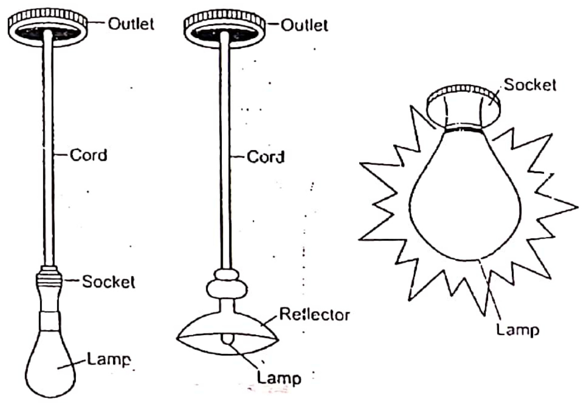
चित्र 1.16 (अ) सीधा प्रकाश 90%



चित्र 1.16 (ब) Direct enclosed (direct lighting)

दिखाया गया है। विभिन्न प्रकार शेड (shade), ग्लोब (globes) तथा प्रकाशक्षेपियों (reflectors) की सहायता से लैम्प की 90% तक निर्गत (output), कार्य तल (working plane) पर प्राप्त होती है। उपयुक्त प्रकाशक्षेपी की सहायता से, टेबल लैम्पों द्वारा उपयुक्त लटकाने वाले फिटिंग द्वारा डेस्क या कार्य तल पर सीधा प्रकाश प्राप्त किया जा सकता है।

प्रकाश योजना बनाते समय यह बात विशेषकर ध्यान में रखनी चाहिए कि कार्य तल पर पर्याप्त मात्रा तथा समान रूप में प्रकाश मिले। इसके लिए उपयुक्त आकार के लैम्पों को उचित प्रकाशक्षेपी या फिटिंग द्वारा ऐसे सही स्थानों पर लगाना चाहिए ताकि वे आवश्यक स्थान पर प्रदीपन का सही वितरण कर सकें। इसके साथ-साथ लैम्पों के प्रकाशक्षेपियों (reflectors) तथा शेष (shades) इत्यादि को भी समय-समय पर साफ सुथरा रखना चाहिए अन्यथा कुछ ही सतहों में 15 से 25% तक प्रदीपन, उन धूल जमने से बेकार चली जायेगी।



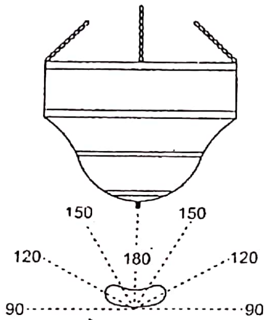
चित्र 1.17 पुराने समय में प्रयोग में आने वाले प्रकाश स्रोत

§ 1.29. अप्रत्यक्ष प्रकाश योजना (Indirect Lighting Scheme)

इस प्रकाश योजना से प्रकाश, स्रोत से सीधा पदार्थ या सतह पर नहीं पड़ता है बल्कि अप्रत्यक्ष रूप में विसरित परावर्तन (diffuse reflection) द्वारा पड़ता है। इस योजना में लैम्पों को किसी कार्निस (carnice) या लटकाने वाले अपारदर्शी कटोरे (suspended opaque bowls) के पीछे रखते हैं। दोनों दशाओं में लैम्पों के नीचे परावर्तकीकृत प्रकाशक्षेपी (silvered reflector) प्रयोग किए जाते हैं जो कि नालीदार होते हैं। इस प्रकार लैम्पों की लगभग 90% निर्गत, उनके नीचे लगे अपारदर्शी प्रकाशक्षेपी द्वारा ऊपर की ओर छत पर

Scanned by CamScanner

विसरित परावर्तन (diffuse reflection) द्वारा विसरित हो जाती है। लैम्पों की स्थिति तथा उनकी संख्या का सही समंजन (adjustment) करके, प्रकाश को इच्छानुसार किसी भी श्रेणी क्रम में प्राप्त किया जा सकता है। प्रकाश योजना इस प्रणाली में कर्निश तथा कटोरा फिटिंग (bowls fitting) को कमरे की तीन चौथाई ऊँचाई पर लटकाना चाहिए। चूँकि इस अप्रत्यक्ष प्रणाली में कार्य तल पर सारा प्रकाश विसरित परावर्तन (diffuse reflection) द्वारा प्राप्त होता है इसलिए इसके लिए फिटिंग्स (fittings) को सदैव साफ सुथरा रखना चाहिए। चित्र 1.18 में अप्रत्यक्ष योजना दिखाई गई है।

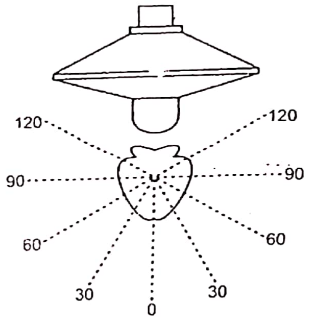


चित्र 1.18 अप्रत्यक्ष प्रकाश योजना (Indirect lighiting scheme)

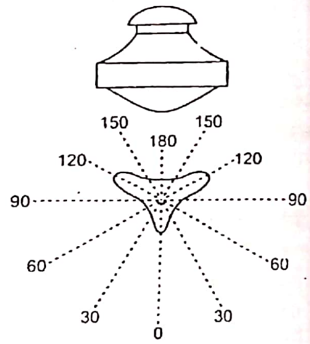
अप्रत्यक्ष प्रकाश योजना की मुख्य विशेषता यह है कि इसमें छाया रहित (shadowless) प्रकाश प्राप्त होता है, जो कि ड्राइंग ऑफिसों (drawing office), कम्पोजिंग कमरों (composing rooms), विशेषकर कार्यशालाओं (workshops) इत्यादि में अति आवश्यक है, क्योंकि यहाँ पर सीधा प्रकाश प्रयोग करने से विभिन्न बड़ी मशीनों की छाया बेकार की बाधायें पहुँचाती हैं।

§ 1.30. अर्द्ध-प्रत्यक्ष प्रकाश योजना (Semi-Direct Lighting Scheme)

इस योजना के अन्तर्गत ऐसे प्रकाशक्षेपियों (reflector) या ल्यूमिनरियों (luminaries) का प्रयोग किया जाता है जो कि प्रकाश का अधिकतर भाग नीचे की ओर (downwards) सीधे रूप में कार्य तल (working plane) पर भेजते हैं, लेकिन प्रकाश का कुछ भाग छत तथा दीवारों पर भी पहुँचता है। चित्र 1.19 (अ) में अर्द्ध प्रत्यक्ष प्रकाश योजना में प्रयोग होने वाले प्रकाश स्रोत को दिखाया गया है। इस विधि में प्राय: 60% से 90% तक प्रकाश नीचे पहुँचता है जबकि 10 से 40 प्रतिशत तक प्रकाश ऊपर तथा दीवारों पर फैलता है। इस प्रकार की प्रकाश योजनाएँ ऊँची छतों वाले कमरों के लिए अधिक उपयुक्त होती हैं, जहाँ उच्च श्रेणी की समरूप-वितरित प्रदीपन की आवश्यकता होती है।



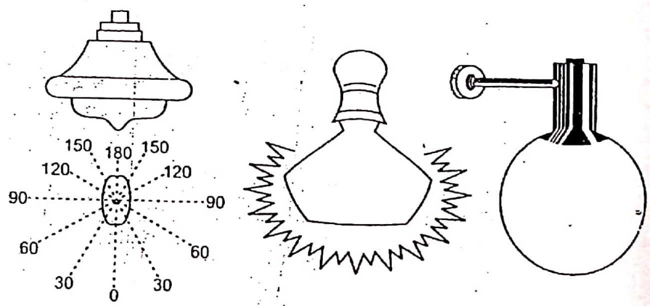
चित्र 1.19 (अ) अर्द्ध प्रत्यक्ष प्रकाश



चित्र 1.19 (ब) अर्द्ध अप्रत्यक्ष प्रकाश

§ 1.31. अर्द्ध-अप्रत्यक्ष प्रकाश योजना (Semi-Indirect Lighting Scheme)

इस योजना के अन्तर्गत, प्रत्यक्ष अप्रत्यक्ष प्रकाश योजना के बीच का प्रकाश प्राप्त होता है। इस प्रकाश योजना में प्रकाश का कुछ भाग विसरित परावर्तन (diffuse reflection) द्वारा तथा कुछ भाग सीधे रूप में मिलता है। इस प्रकार इस योजना में अप्रत्यक्ष प्रकाश योजना की कमियाँ दूर हो जाती हैं। इस योजना में प्रकाशक्षेपी अपारदर्शी कटोरे (opaque bowls with reflector)के स्थान पर पारदर्शक कटोरे बिना प्रकाशक्षेपी के (translucent bowls without reflectors) प्रयोग में लाए जाते हैं। इस प्रकार इस विधि में प्रकाश का अधिकतर भाग छत पर सीधा विसरित परावर्तन के लिए जाता है तथा बाकी भाग कार्य तल



चित्र 1.20 सामान्य प्रकाश स्रोत

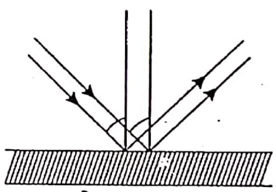
पर सीधा पहुँच जाता है, [कुछ भाग को छोड़कर जो कटोरे (bowls) में शोषित हो जाता है]। चित्र 1.20 (ब) में अर्द्ध अप्रत्यक्ष प्रकाश योजना में प्रयोग किए जाने वाले प्रकाश स्रोत को दिखाया गया है।

§1.32. सामान्य प्रकाश योजना (General Lighting Scheme)

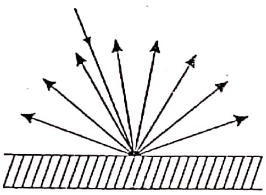
इस योजना के अन्तर्गत ऐसे प्रकाशक्षेपी या ल्यूमिनरी (Luminarics) प्रयोग में लायी जाती हैं जो कि चारों दशाओं में प्रकाश का समान वितरण करती हैं।

§ 1.33. विसरण तथा परावर्ती प्रकाश फिटिंग (Diffusing and Reflection Light Fitting)

जब प्रकाश किसी चमकदार धातु सतह या परावर्तकीकृत (silvered surface) पर पड़ता है, तब परावर्तन के नियमानुसार प्रकाश का अधिकतर भाग पीछे की ओर परावर्तित हो जाता है, अर्थात् आपतन कोण (angle of incidence) परावर्तन के कोण के बराबर होता है। आपाती प्रकाश (incident light) का थोड़ा भाग ही शोषित होता है तथा यहाँ सदैव प्रकाश स्रोत का प्रतिबिम्ब होता है। इस प्रकाश का परावर्तन (reflection) सुव्यवस्थित परावर्तन (specular reflection) कहलाता है जैसा चित्र 1.21 में दिखाया गया है।



चित्र 1.21 सुव्यवस्थित परावर्तन



चित्र 1.22 अपरिष्कृत परावर्तन

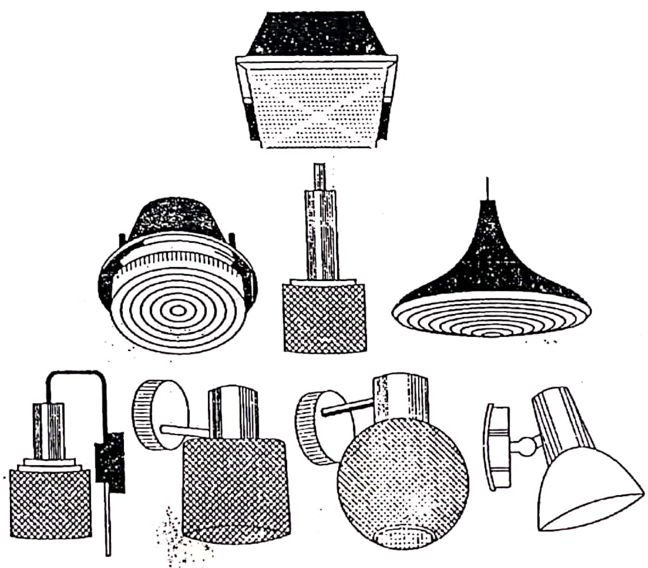
यदि प्रकाश किन्हीं अपरिष्कृत सतहों (coarse surface) जैसे पेपर, तुषारित काँच (frosted glass), रंग की हुई छतों (painted ceiling) इत्यादि में पड़े तब प्रकाश चारों ओर प्रकीर्णित या बिखर (scattered) या विसरित (diffuse) हो जाता है जैसा कि चित्र 1.22 में दिखाया गया है तथा इस प्रकार प्रकाश स्रोत का कोई प्रतिबिम्ब नहीं बनता है। प्रकाश का इस प्रकार का परावर्तन विसरित या अपरिष्कृत परावर्तन कहलाता है।

एक पूर्ण विसारक (diffuser) वह है जो कि प्रकाश को सभी दिशाओं में समान रूप में बिखेरता है तथा विसारक को किसी भी दिशा से देखने पर वह एक समान चमकीला दिखाई देता है। एक सफेद चूषक पेपर (white bletting paper) लगभग पूर्ण विसारक का कार्य करता है।

$$\text{किसी सतह का परावर्ती कारक} = \frac{\text{परावर्तित प्रकाश (reflected light)}}{\text{आपाती प्रकाश (incident light)}}$$

यदि प्रकाश किसी पारदर्शी सतह पर आपाती (incident) हो तो तब प्रकाश का कुछ भाग शोषित हो जाता है तथा अधिकतर भाग सतह से निकलकर दूसरी ओर निकल जाता है। बिजली के लैम्पों की सीधी चौंध (glare) से बचने के लिए उन्हें **विसरण शेड या ग्लोब** (diffusing shades or globes) द्वारा पूर्णरूप में या कुछ कम, चारों ओर से ढक दिया जाता है। इसके अतिरिक्त लैम्प के साथ एक प्रकाशक्षेपी भी इस प्रकार लगा दिया जाता है ताकि उस जगह पर प्रकाश न पहुँच पाए, जहाँ हम प्रकाश नहीं चाहते हैं। इस प्रकार हमें केवल विसरन शेड या ग्लोब द्वारा प्रकाश प्राप्त होता है। यदि विसरन का क्षेत्र अधिक होगा तब हमें औसतन कम चमकीलापन प्राप्त होगा। ग्लोबों के प्रकाशीय घनत्व के अनुसार, ग्लोब, लैम्प में निकलने वाले प्रकाश का 15 से 40% तक प्रकाश शोषित कर लेते हैं। कभी-कभी लैम्प को भी तुषारित (frosted) बनाकर प्रयोग किया जाता है।

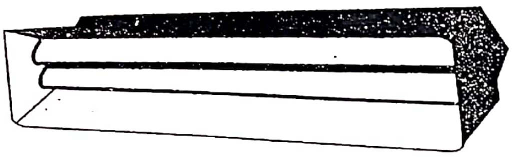
घरेलू प्रकाश फिटिंग में विभिन्न प्रकार के शेड चौंध (glare) कम करने के लिए प्रयोग किए जाते हैं। चित्र 1.23 में कुछ घरेलू फिटिंग शेड दिखाए गए हैं।



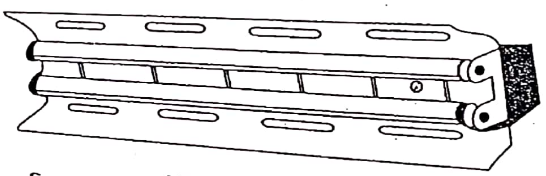
[illegible]

शेड के सही डिजाइन तथा चयन से समरूप तथा उच्च दक्षता का प्रदीपन प्राप्त हो सकता है। इनके साथ-साथ शेडों तथा ग्लोबों की नियमित सफाई अत्यन्त आवश्यक है अन्यथा धूल इत्यादि जमने से प्रकाश का शोषण अधिक बढ़ जायेगा।

चित्र 1.24 में औद्योगिक इकाइयों (industrial), दफ्तरों, सड़कों पर सड़क बत्ती के लिए, आप्लवी प्रकाश (flood light), सर्च बत्ती (search light), मरकरी, वाष्प लैम्प इत्यादि के लिए प्रयोग होने वाली फिटिंग तथा शेड, ग्लोब इत्यादि दिखाए गए हैं।

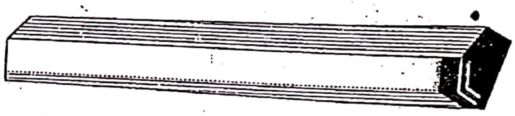


चित्र 1.24 (अ) औद्योगिक प्रतिदीप्ति फिटिंग

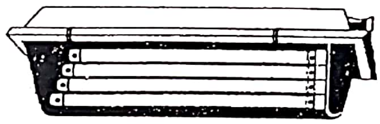


चित्र 1.24 (ब) औद्योगिक प्रतिदीप्ति फिटिंग (Industrial fitting)

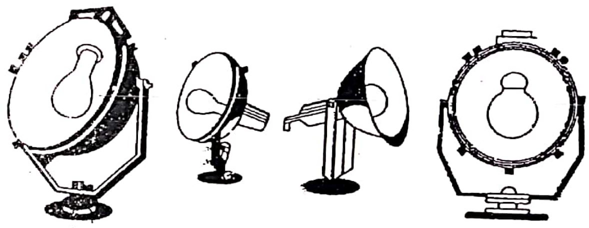
चित्र 1.24 (स) घरेलू प्रतिदीप्ति फिटिंग (Domestic fitting)



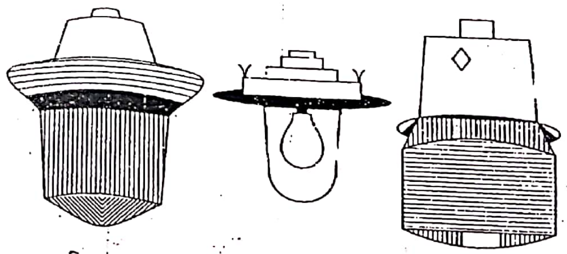
चित्र 1.24 (द) व्यापारिक प्रतिदीप्ति फिटिंग (Commercial fitting)



चित्र 1.24 (क) सड़क पत्ती प्रतिदीप्ति फिटिंग (Street light fitting)



चित्र 1.24 (ख) आप्लवी प्रकाश फिटिंग (Flood light fitting)



चित्र 1.24 (ग) मरकरी वाष्प लैम्प फिटिंग (M.V. fitting)

§ 1.34. लैम्प
(Lamps)

मुख्य रूप में प्रकाश देने वाले लैम्प निम्न तीन प्रकार के होते हैं—

(अ) उद्दीप्त लैम्प (incandescent lamp), (ब) आर्क लैम्प (arc lamp), (स) गैसीय विसर्जन लैम्प।

Scanned by CamScanner

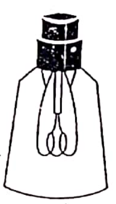
§ 1.35. उद्दीप्त लैम्प
(Incandescent Lamp)

उद्दीप्त लैम्प मुख्य रूप से चार प्रकार के होते हैं—

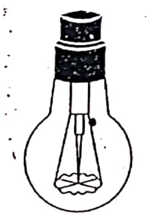
(i) कार्बन तन्तु लैम्प (Carbon filament lamp)—सर्वप्रथम कार्बन तन्तु लैम्प का आविष्कार हुआ था। जब कार्बन के बहुत पतले तन्तु में विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है तो वह गर्म होकर प्रकाश देने लगता है। कार्बन का गलनांक (melting point) 3400°C तक होता है लेकिन इसका मितव्ययी (economical) कार्यकारी तापमान 2000°C तक होता है। 1800°C के पश्चात् कार्बन वाष्प बनाकर लैम्प को काला कर देती है। कार्बन लैम्पों में कार्बन के पतले तन्तु को हवा निकाले हुए शीशे के बल्ब में प्लेटिनम के दो तारों से जोड़ दिया जाता है। प्लेटिनम के दो तार शीशे से बाहर निकाल दिए जाते हैं, जिनसे बल्ब में धारा प्रवाहित होती है। कार्बन लैम्पों का प्रकाश आजकल घरेलू उपयोग में आने वाले बल्बों के समान सफेद नहीं होता बल्कि थोड़ा पीला होता है तथा इसमें विद्युत भी अधिक खर्च होती है। आजकल इन बल्बों को घरों में प्रकाश के लिए प्रयोग नहीं करते हैं बल्कि बैट्री आवेशन (battery charging) तथा घरों में नमी को दूर करने इत्यादि में प्रयोग किया जाता है (देखें चित्र 1.25)।

(ii) टंगस्टन-तन्तु वायु शून्य लैम्प (Tungston filament vacuum lamp)—इन लैम्पों में शुद्ध टंगस्टन या टेंटलम का बहुत महीन तार जिसका गलनांक 3370°C के लगभग होता है, या ऐसे शीशे के बल्ब के अन्दर लगा रहता है जिसमें हवा या अन्य कोई गैस नहीं होती है। इस बल्ब में तार के चक्कर ऊपर से नीचे की ओर चलते हैं टंगस्टन नर्म होने पर धीरे-धीरे भाप बनकर उड़ता रहता है तथा अधिक तापमान पर लैम्प को काला कर देता है। इसलिए इन लैम्पों का कम तापमान पर ही प्रयोग किया जाता है। कम वाट के लैम्प इस श्रेणी के बनाए जा सकते हैं।

(iii) गैस से भरे हुए लैम्प (Gas filled lamp)—या कुंडलित कुण्डली गैस से भरे लैम्प—यदि उपरोक्त लैम्पों में कोई निष्क्रिय गैस जैसे आर्गन या नाइट्रोजन या दोनों का



चित्र 1.25 कार्बन तन्तु लैम्प



चित्र 1.26 टंगस्टन तन्तु कुण्डलित कुण्डली गैस से भरे लैम्प

मिश्रण भर दें तो टंगस्टन का भाप बनना बहुत कुछ रुक जाता है, जिससे बल्ब अधिक दिनों तक चलता है। इस प्रकार टंगस्टन का तार अधिक तापमान तक गर्म किया जा सकता है। इसी कारण गैस भर जाने से शून्य (vacuum) की अपेक्षा कम वैद्युत खर्च होती है तथा तेज प्रकाश मिलता है। इन लैम्पों में टंगस्टन तार को एक गोल कुण्डलन (winding) के रूप में रखते हैं, जिससे तार के स्पर्श में बहुत कम गैस रहे तथा संनयन (convection) द्वारा लैम्प का तार ठण्ड होने पाये (चित्र 1.26) गैस से भरे लैम्प, शून्य लैम्पों की अपेक्षा लगभग आधी बिजली खर्च करते हैं इसलिए इनको अर्द्धवाट लैम्प (half watt lamp) भी कहा जा सकता है। इनका प्रकाश अधिक अच्छा तथा इनको जलाने में वैद्युत खर्च भी कम आता है। इनका तापमान 2500°C तक बढ़ाया जा सकता है। इस प्रकार के लैम्पों में टंगस्टन का महीन तन्तु होता है तथा नाइट्रोजन भरी रहती है तथा जिन लैम्पों में केवल आर्गन गैस भरी होती है उनका प्रकाश कुद नीलापन लिए होता है तथा आँखों को अच्छा लगता है।

प्रायः सभी उपरोक्त लैम्पों में वैद्युत का बहुत थोड़ा भाग (लगभग 5 से 6%) ही प्रकाश में परिवर्तित होता है तथा शेष भाग ऊष्मा के रूप में व्यर्थ चला जाता है। लैम्प का तापमान जितना अधिक होगा उतना ही अधिक भाग प्रकाश में बदलेगा।

प्रत्येक लैम्प पर उसकी सामर्थ्य वाटों (watts) तथा वोल्टता में लिखी रहती है। यदि लाइन के विभवान्तर की लैम्प में प्रवाहित धारा के ऐम्पियर से गुणा कर दे तो वाटों में सामर्थ्य प्राप्त हो जाती है।

$$\text{वाट } (W) = \text{वोल्ट } (V) \times \text{धारा ऐम्पियर } (I)$$

किसी लैम्प की दक्षता (efficiency)

$$= \frac{\text{लैम्प की कैण्डल शक्ति (candle power of lamp)}}{\text{लैम्प की सामर्थ्य वाट में}}$$

कार्बन तन्तु लैम्पों में 3 से 4 वाट प्रति कैण्डल शक्ति तक विद्युत खर्च होती है, शून्य (Vacuum) लैम्पों में 1.2 वाट प्रति कैण्डल शक्ति (candle power) विद्युत खर्च होती है तथा गैस भरे लैम्पों में 0.6 प्रति कैण्डल शक्ति विद्युत खर्च होती है।

§ 1.36. उद्दीपन लैम्पों की तन्तु परिमाप
(Filament Dimension of Incandescent Lamp)

किसी लैम्प की तन्तु की परिमाप उसकी धारा प्रवाह क्षमता पर निर्भर करती है। मानां किसी लैम्प को सप्लाई से संयोजित करने पर वह स्थिर स्थिति प्राप्त कर लेता है, अर्थात् उससे उत्पन्न ऊष्मा क्षय (dissipate) हो जाती है तथा तन्तु के तापमान में और कोई वृद्धि नहीं होती। मांना इस क्षण लैम्प द्वारा ली गई धारा I ऐम्पियर तथा लैम्प का प्रतिरोध R ओह्म है।

$\therefore$ लैम्प की निविष्ट वाटेज (wattage input to lamp) $= I^2R$

Scanned by CamScanner

परन्तु $$R = \rho \times \frac{l}{a} \quad \text{...(i)}$$

$$= \frac{\rho \times 1}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad \left(\because a = \frac{\pi d^2}{4}\right) \quad \text{...(ii)}$$

जहाँ d तन्तु का व्यास

∴ समीकरण (i) को निम्न रूप में भी लिख सकते है—

लैम्प की निविष्ट वोल्टेज, $(W) = I^2 \times \frac{4\rho l}{\pi d^2}$

लैम्प के तन्तु द्वारा क्षय ऊष्मा, सतह, क्षेत्र तथा तन्तु के पदार्थ उत्सर्जकता स्थिरांक (emissivity constant) 'k' पर निर्भर करता है।

ऊष्मा क्षय (heat dissipate) : $H = C\pi \, dl \, k$ ...(सूत्र)

जहाँ C एक स्थिराँक है तथा l तन्तु की लम्बाई है। स्थिर दशा की स्थिति में शक्ति निविष्ट, ऊष्मा क्षय के बराबर होना चाहिए।

$$\therefore \quad I^2 \times \frac{4\rho l}{\pi d^2} = C \times \pi \, dl \, k$$

या $$I^2 \propto d^3$$

या $$I \propto d^{3/2} \quad \text{...(सूत्र)}$$

इसी प्रकार लैम्प की कैण्डल शक्ति सतह पर प्रकाश तीव्रता के बराबर होती है चूँकि स्थिर दशा की स्थित में फ्लक्स प्रति इकाई समान होता है।

$$CP = A' \times \pi \, dl \quad \text{...(सूत्र)}$$

§ 1.37. उद्दीप्त लैम्पों के अभिलक्षण (Characteristics of Incandescent Lamps)

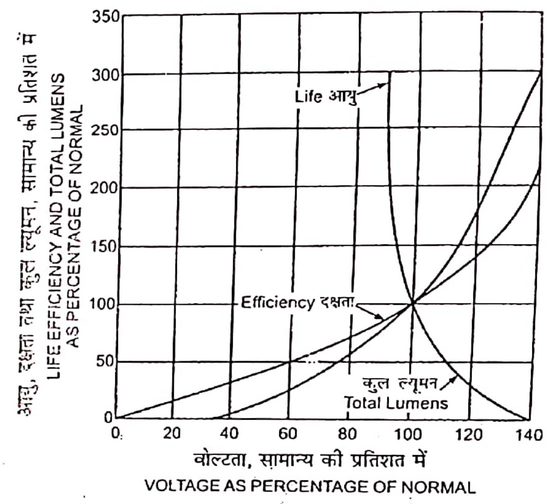
किसी लैम्प की कैण्डल शक्ति या ल्यूमन काफी हद तक प्रयुक्त वोल्टता पर निर्भर करती है तथा इसे निम्न सम्बन्ध द्वारा व्यक्त किया जा सकता है—

$$CP \times V^n \quad \text{...(सूत्र)}$$

जहाँ n एक स्थिराँक है तथा यह टंगस्टन तन्तु लैम्पों में 4 से 5 के मध्य होता है तथा कार्बन लैम्पों में 6 से 7 के मध्य होता है।

लैम्प की दक्षता ल्यूमन-प्रति वाट दी जाती है तथा लैम्प द्वारा दी गई कुल ल्यूमन तथा दक्षता उसके तापमान या वोल्टता बढ़ने से बढ़ती है।

लैम्प की आयु घण्टों में वोल्टता के बढ़ने से घटती है। चित्र 1.27 में एक उद्दीप्त लैम्प की आयु, दक्षता, ल्यूमन तथा वोल्टता के मध्य वक्र दिखाए गए हैं।



चित्र 1.27 उद्दीप्त लैम्प की आयु, दक्षता, ल्यूमन तथा वोल्टता के मध्य वक्र

विचार प्रश्न 1.1—एक लैम्प की निर्गत (output) एवं जीवन (life) पर वोल्टता का क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर—वोल्टता के बढ़ाने से लैम्प की निर्गत (output) बढ़ जाती है जबकि उसका जीवन कम हो जाता है।

§ 1.38. तन्तु लैम्पों में प्रयोग किए जाने वाले तन्तु पदार्थ के गुण

एक अच्छे तन्तु पदार्थ में निम्न गुण होने चाहिए—

(i) यह बहुत उच्च तापमान पर कार्य कर सके, अर्थात् इसका गलनांक बिन्दु उच्च होना चाहिए।

(ii) इसका प्रतिरोध ताप गुणांक निम्न होना चाहिए।

(iii) पदार्थ को तन्य (ductile) होना चाहिए।

(iv) निम्न विशिष्ट प्रतिरोध का होना चाहिए।

(v) निम्न वाष्प दाब (Low vapour pressure) का होना चाहिए।

(vi) ऑक्सीकरण प्रभाव से मुक्त होना चाहिए।

Scanned by CamScanner

§ 1.39. हैलोजन लैम्प (Halogen Lamp)

हैलोजन लैम्प उद्दीप्त लैम्पों की श्रेणी का एक नवीनतम लैम्प है, जो कि साधारण उद्दीप्त लैम्पों की अपेक्षा काफी अच्छा है। उद्दीप्त लैम्पों की दक्षता तथा उनके जीवन (life) पर टंगस्टन के धीरे-धीरे वाष्पीकरण तथा उनके प्रचालन तापमान का प्रभाव पड़ता है किसी निष्क्रिय गैस जैसे आर्गन तथा नाइट्रोजन के साथ थोड़ी मात्रा में हैलोजन गैस भर देने से टंगस्टन का वाष्पीकरण लगभग रुक जाता है, क्योंकि रासायनिक क्रिया द्वारा टंगस्टन की वाष्प, तन्तु (filament) को वापस चली जाती है, जो कि एक प्रकार से, पुनर्जनन वक्र (regenerating cycle) है। हैलोजन में फ्लोरीन (flourine), क्लोरीन (chlorine), ब्रोमीन (bromine) तथा आयोडीन (iodine) के तत्व मिले होते हैं।

हैलोजन लैम्पों के निम्न लाभ हैं—

(i) लैम्प काला नहीं होने पाता इस प्रकार इसका निर्गत ह्रास (depreciation) नहीं होता।

(ii) प्रचालन तापमान बढ़ जाता है जिससे ल्यूमिन्स दक्षता बढ़ जाती है। जो कि 25 ल्यूमन प्रति वाट से 33 ल्यूमन प्रति वाट तक हो सकती है अर्थात् साधारण उद्दीप्त लैम्प से 50% तक अधिक दक्षता होती है।

(iii) लैम्प की परिमाप कम होती है।

(iv) अच्छे ढंग के लैम्प बनाए जा सकते हैं।

(v) 5 kW क्षमता के लैम्प बनाए जा सकते हैं।

उपयोग—भवनों के बाहर खेल के मैदानों, पार्कों, हवाई अड्डों (airports) तथा फैक्ट्रियों के स्पोर्ट्स हालों इत्यादि में रोशनी के लिए प्रयुक्त किए जाते हैं।

आजकल इनका प्रयोग वीडियो फिल्म बनाने, उत्सवों में प्रकाश के लिए व्यापक रूप में किया जा रहा है। आगे विभिन्न प्रकार के हैलोजन लैम्पों के प्रारूप तथा अभिलक्षणों को दिया गया है।

(1) आप्लवी प्रकाश फिटिंग के लिए हैलोजन लैम्प (Halogen Lamps for Flood Lighting)—चित्र 1.28 (A) इस प्रकार के लैम्प भवनों के बाहर, खेल के मैदानों, पार्कों, हवाई अड्डों तथा वीडियो फिल्म बनाने में प्रयोग किए जाते हैं।

प्रारूप (Type)	वाट (W)	वोल्टता (V)	फिलामेंट की लम्बाई mm में	लैम्प ट्यूब की लम्बाई mm में	ट्यूब का व्यास mm में	ल्यूमन्स फ्लक्स lm में	औसत आयु घण्टों में
पतली ट्यूब के रूप में चित्र 1.28 (A)	1000 W	230 V	120	189	12	22000	200
	1000 W	230 V	120	189	12	25000	200

(2) स्टूडियो बिन्दु प्रकाश के लिए हैलोजन लैम्प (Halogen Lamps for Studio Spot Light)—चित्र 1.28 (D), इस प्रकार के लैम्प स्टूडियो में फोटो एवं फिल्म बनाने के काम आते हैं।

प्रारूप (Type)	वाट (W)	वोल्टता (V)	फिलामेंट की चौड़ाई × ऊँचाई (*b* × *h*) mm में	ल्यूमन्स फ्लक्स lm में	औसत आयु घण्टों में	अधिकतम व्यास mm में	अधिकतम लम्बाई mm में	आधार (base)	Lcl mm
बल्ब के रूप में चित्र 1.28 (D)	650	230	15 × 15	16800	100 घंटे	32	110	6.95	55
	1000	230	16 × 10	26000	150 घंटे	32	110	6.95	55

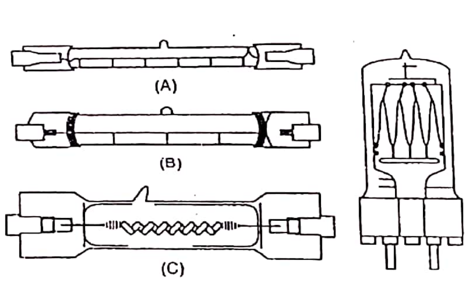
(3) शिरोपरि प्रक्षेपी तथा पारचित्रदर्शी के लिए हैलोजन लैम्प (Halogen Lamps for Overhead and Epidiascope)—चित्र 1.28 (C) में इस प्रकार का लैम्प दिखाया गया है जो कि शिरोपरि प्रक्षेपी तथा पारचित्रदर्शी में प्रयोग किया जाता है।

प्रारूप	वाट (W)	वोल्टता (V)	ल्यूमन्स फ्लक्स lm में	औसत आयु घण्टों में	आधार (Base)
नली के रूप में 1.28 (c)	600	230	15000	65	R—7s—18

(4) फोटोग्राफिक तथा सिनेमा प्रकाश के लिए (Halogen lamps for photographic and cine lighting)—चित्र 1.28 (B) में इस प्रकार का लैम्प दिखाया गया है।

प्रारूप	वाट (W)	वोल्टता (V)	ल्यूमन्स फ्लक्स lm में	रंग तापमान	औसत आयु घण्टों में	आधार (Base)	व्यास mm	कुल लम्बाई mm में
नली के रूप में 1.28 (B)	1000	230	33000	3400°K	15	R–7s–15	P–180	125
	1000	230	25000	3200°K	20	R–7s–15	P–180	189

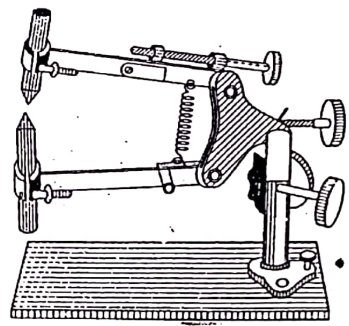
Scanned by CamScanner



चित्र 1.28 विभिन्न प्रकार के हैलोजन लैम्प
(A-B-C को क्षैतिज रूप में लगाया जाता है)

§ 1.40 आर्क लैम्प
(Arc Lamp)

यदि कार्बन की दो पैन्सिलों को एक स्टैण्ड पर लगाकर, उन पर 70 या 80 वोल्ट की दिष्ट धारा (direct current) का विभवान्तर (potential) दिया जाए तथा दोनों पैन्सिलों के सिरों को एक क्षण के लिए स्पर्श करके अलग कर दिया जाए तो धारा प्रवाह बराबर बना रहता है तथा दोनों पैन्सिलों के बीच एक प्रकाशित ज्वाला (arc) बन जाता है, जिसका तापमान 3500°C से 4000°C तक हो सकता है। इसलिए जिस समय धारा प्रवाहित हो रही होती है, कार्बन पैन्सिलों का अपना तापमान भी बढ़ जाता है तथा कार्बन के कण धनात्मक



चित्र 1.29 आर्क लैम्प

पैन्सिल से ऋणात्मक पैन्सिल की ओर चलने लगते हैं। जिससे धनात्मक पैन्सिल का सिरा खोखला हो जाता है तथा ऋणात्मक पैन्सिल का सिरा नुकीला हो जाता है। यदि दोनों पैन्सिलों की दूरी अधिक कर दी जाये तो आर्क बुझ जाता है।

आर्क लैम्प का प्रकाश बहुत तेज होता है तथा इस प्रकाश से आँखों की रक्षा के लिए रंगीन चश्में पहनने पड़ते हैं। इस प्रकार के लैम्प, चित्र प्रक्षेपण (cinema), वर्णपट मापी (spectrometer) तथा प्रकाश गृहों (light house) में तेज प्रकाश के लिए प्रयोग किए जाते हैं। इनका प्रयोग दो धातुओं को जोड़ने में या वैल्डिंग में भी किया जाता है।

§ 1.41. गैसीय विसर्जन लैम्प
(Gaseous Discharge Lamp)

प्रकाश के क्षेत्र में गैसीय विसर्जन लैम्पों का अपना एक विशेष स्थान है। साधारण रचना के रूप में गैसीय विसर्जन लैम्प एक काँच की ट्यूब का बना होता है, जिसमें कोई अक्रिय गैस (inert gas) जैसे आर्गन इत्यादि भरी होती है। लैम्प के दोनों सिरों पर इलेक्ट्रोड लगे रहते हैं जिनके द्वारा लैम्प को विधुत सप्लाई से जोड़ा जाता है। यदि इन इलेक्ट्रोडों को ठीक-ठीक मान का विभवान्तर प्रयुक्त किया जाए तो उनसे धारा प्रवाह होने लगेगा और लैम्प को प्रकाश युक्त विसर्जन से भर देगा। इसके द्वारा विकिरण होने वाले प्रकाश, तन्तु लैम्प (filament lamp) के प्रकाश से भिन्न होता है। इन लैम्पों में उत्तेजित गैस के परमाणुओं द्वारा प्रकाश प्राप्त होता है। यही इन लैम्पों का कार्य सिद्धान्त है। इन लैम्पों के विसर्जन स्थान पर धनात्मक आयन तथा गैस के ऋणात्मक परमाणु होता है।

जब लैम्पों के इलेक्ट्रोड में सप्लाई वोल्टता प्रयुक्त की जाती है तो धनात्मक आयतन तथा इलेक्ट्रोड क्रमश: ऐनोड तथा कैथोड की ओर जाते हैं, जबकि न्यूट्रल परमाणु की गति अनियमित होती है जोकि परमाणु की तापीय स्थिति (thermal condition) पर निर्भर करती है। इलेक्ट्रोन का वेग विभव के साथ-साथ बढ़ता है तथा यह बहुत तेज गति प्राप्त कर लेते हैं जिसके फलस्वरूप उच्च गति ऊर्जा (kinetic energy) उत्पन्न हो जाती है। इलेक्ट्रोन की तेज गति से उनमें तथा न्यूट्रल परमाणुओं में टक्कर होने लगती है जिससे उनके इलेक्ट्रॉन प्रथक हो जाते हैं। इलेक्ट्रॉनों से तीव्र वेग से ल्यूमिन्स विसर्जन होने लगता है।

गैसीय विसर्जन लैम्प में प्रकाश उत्पन्न करने के लिए गैसीय संचहन (gascous conduction) निऑन, मरकरी तथा सोडियम वाष्प है। इन लैम्पों के प्रकाश का रंग तथा तरंग लम्बाई (wave length) उनमें प्रयोग की जाने वाली गैस या वाष्प पर निर्भर करती है। उदाहरणत: निऑन विसर्जन लैम्पों में नारंगी लाल रंग का प्रकाश 6500°A (एंगस्ट्रोम इकाई) से प्राप्त होता है जो कि प्रचार कार्यों के लिए प्रयोग किया जाता है।

गैसीय विसर्जन लैम्प दो प्रकार के होते हैं प्रथम श्रेणी में वे लैम्प आते हैं जिनके प्रकाश का रंग उनमें भरी गैस या वाष्प द्वारा विसर्जित रंग के समान होता है। इस श्रेणी में अग्र प्रकार के लैम्प आते हैं—

Scanned by CamScanner

(i) उच्च दाब वाले मरकरी वाष्प लैम्प (H.P. mercury vapour lamp) ।

(ii) सोडियम वाष्प लैम्प (Sodium vapour lamp) ।

(iii) निऑन ट्यूब लैम्प (Neon tube lamp) ।

दूसरी श्रेणी में वे वाष्प लैम्प आते हैं जो प्रतिदीप्ति सिद्धान्त पर कार्य करते हैं। इन लैम्पों की वाष्प में विसर्जन, पराबैंगनी तरंग (ultra violet wave)द्वारा उत्पन्न होता है जो कि कुछ पदार्थों में जिन्हें फॉस्फर (phosphors) कहते हैं, में प्रतिदीप्ति (fluorescence) उत्पन्न करता है। मरकरी विसर्जन (विशेषकर 2537 Å तरंग लम्बाई से) विकीर्ण होकर इन फॉस्फरों (phosphors) से टकराता है जोकि इन्हें शोषण कर लेते हैं तथा पुनः इन्हें अधिक लम्बी तरंग लम्बाई को दृश्य वर्ण क्रम (visible spectrum) पर विकीर्ण (re-radiate) करते हैं।

प्रतिदीप्ति लैम्पों के अन्दर फास्फरों को इन्हीं कारणों से लेप दिया जाता है। विभिन्न प्रकार के फॉस्फर विभिन उत्तेजन परास की आवृत्ति रखते हैं तथा विभिन्न प्रकार के प्रकाश रंग उत्पन्न करते हैं। जिन्हें नीचे तालिका 1.2 में दिखाया गया है।

विचार प्रश्न 1.2—फॉस्फर क्या है ? प्रतिदीप्ति लैम्पों में प्रयोग किए जाने वाले फॉस्फरों के नाम लिखो।

उत्तर—अग्रलिखित तालिका देखें।

तालिका 1.2

फॉस्फर (Phosphor)	उत्तेजन परास Å	उत्सर्जित विकिरण की तरंग लम्बाई अंगस्ट्रोम में Å	प्रतिदीप्ति का रंग या लैम्प का रंग
कैल्शियम टंगस्टेट	2200–3000	3800–7000	नीला
मैगनीशियम टंगस्टेट	2200–3000	3800–7200	नीला-सफेद
जिंक सिलिकेट	2200–2960	4500—6200	हरा
जिंक बैरीलियम सिलिकेट	2200–3200	4500—7200	पीला-सफेद
कैडमियम सिलिकेट	2200–3200	4300—7200	पीला-गुलाबी
कैडमियम बोरेट	2200–3600	4000—7000	गुलाबी

§ 1.42. उच्च दाब वाले मरकरी वाष्प लैम्प (High Pressure Mercury Vapour Lamp)

उच्च दाब वाले मरकरी वाष्प लैम्प, सड़क बत्ती के रूप में तथा औद्योगिक इकाइयों में प्रकाश के लिए प्रयोग किए जाते हैं जहाँ नीले प्रकाश से कोई हानि नहीं होती, चूँकि निकलने

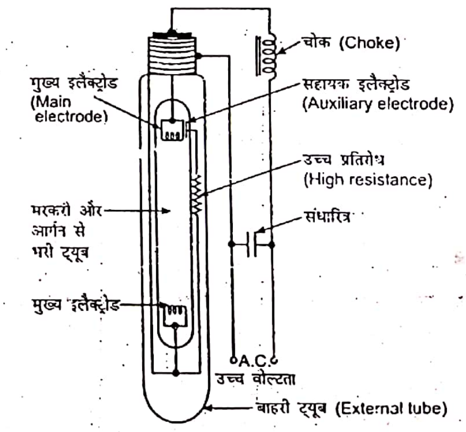
वाले प्रकाश का रंग कुछ नीलापन लिए होता है। मुख्य रूप से लैम्प निम्न प्रकार के होते हैं—

(अ) मरकरी वाष्प लैम्प सहायक इलेक्ट्रोड के साथ (M.A. Type)

(ब) मरकरी वाष्प लैम्प सहायक इलेक्ट्रोड तथा टंगस्टन फिलामेंट के साथ (M.A.T. Type)

(स) मरकरी वाष्प लैम्प बेनट कैप के साथ (M.B. Type)

(अ) मरकरी वाष्प सहायक इलेक्ट्रोड के साथ (M.A. Type)—यह लैम्प से 200 से 250 वोल्ट प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) सप्लाई कर कार्य करने के लिए 250 से 400 वाट परास में बनाये जाते हैं। इसमें बोरो सिलिकेट काँच (boro-silicate glass) की एक कठोर ट्यूब होती है। ट्यूब के दोनों किनारों पर एक विशेष प्रकार की तह चढ़े हुए तार के दो इलेक्ट्रोड होते हैं। ऊपरी इलेक्ट्रोड के साथ एक सहायक इलेक्ट्रोड भी होता है जो एक बहुत उच्च प्रतिरोध द्वारा नीचे के इलेक्ट्रोड के साथ जुड़ा रहता है जैसा कि चित्र 1.30 (अ) में दिखाया गया है। यह ट्यूब वातावरण के $1\frac{1}{2}$ गुना दाब पर सील (seal) की जाती है। इस



चित्र 1.30 (अ) मरकरी वाष्प लैम्प सहायक इलेक्ट्रोड सहित

ट्यूब के ऊपर एक और काँच की ट्यूब लगी रहती है तथा दोनों ट्यूबों के बीच का स्थान शून्यीकृत कर दिया जाता है, जिसका लाभ यह होता है कि अन्दर की ट्यूब की ताप क्षति

Scanned by CamScanner

कम होती है। प्रायः इस लैम्प की टोपी चूड़ीदार होती है तथा यह प्रेरण चोक के श्रेणीक्रम में प्रत्यावर्ती धारा सप्लाई के साथ जोड़ दी जाती है। ट्यूब लैम्प के शक्ति गुणक को सुधारने के लिए सप्लाई मेन्स के पार्श्व में एक संधारित जोड़ दिया जाता है।

अन्दर की ट्यूब में मरकरी के साथ-साथ, थोड़ी मात्रा में आर्गन गैस भी भर दी जाती है। जब ट्यूब का स्विच 'ऑन' किया जाता है, तब सहायक इलेक्ट्रोड तथा मुख्य इलेक्ट्रोड के मध्य एक आर्क (arc) उत्पन्न होता है तथा इसी क्षण उच्च प्रतिरोध द्वारा नियन्त्रित आर्गन गैस में विसर्जन (discharge) प्रारम्भ हो जाता है तथा सारी आर्गन गैस संवाही (conductive) हो जाती है जिससे दोनों मुख्य इलेक्ट्रोड के मध्य विसर्जन प्रारम्भ हो जाती है। सहायक इलेक्ट्रोड परिपथ में उच्च प्रतिरोध के कारण, मुख्य इलेक्ट्रोडों में विसर्जन बदलता रहता है। इस विसर्जन का रंग नीला-पीला होता है। विसर्जन के समय ताप उत्पन्न होता है, ट्यूब गर्म हो जाती है तथा मरकरी का वाष्पीकरण प्रारम्भ हो जाता है और अन्दरूनी भाग में दबाव बढ़ जाता है। यह विसर्जन कुछ देर पश्चात् आर्क का रूप ले लेता है तथा लैम्प कुछ मिनट (एक से दो मिनट) बाद पूर्ण प्रकाश देने लगता है।

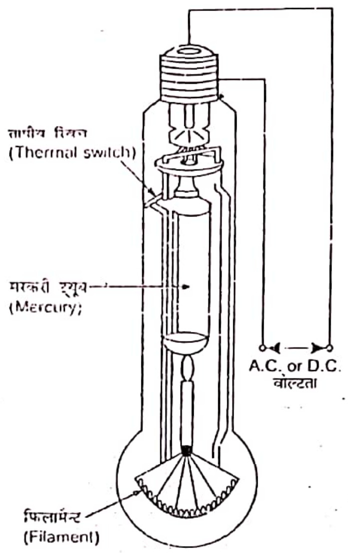
इन लैम्पों के प्रचालन में निम्न बातों का विशेष ध्यान रखना चाहिए—

(i) लैम्प सदैव लम्ब रूप में लटकाना चाहिए, अन्यथा आर्क अन्दर की ट्यूब को पिघला सकता है।

(ii) एक बार लैम्प को बुझा देने पर, यह तब तक पुनः प्रकाश नहीं देता, जब तक कि इसके अन्दर दबाव कम नहीं हो जाता है। स्विच को ऑन रखने में कोई हानि नहीं होती है।

(iii) चूँकि लैम्प ठण्डा होने पर कार्य नहीं करता है, इसलिए इससे पूर्णरूप से प्रकाश मिलने में लगभग दो मिनट तक लगते हैं।

(ब) मरकरी वाष्प लैम्प सहायक इलेक्ट्रोड तथा टंगस्टन फिलामेंट के साथ (M.A.T. Type)—इन लैम्पों को 200 से 250 वोल्ट में, 125 से 500 वॉट तक बनाया जा सकता है। इन लैम्पों की संरचना ऊपर बताये गए M.A. Type लैम्प से मिलती जुलती है, अन्तर केवल इतना है कि दोनों ट्यूबों के बीच के स्थान को खाली रखने के बजाए, एक टंगस्टन फिलामेंट (साधारण लैम्प के समान) विसर्जन ट्यूब की श्रेणी में लगा दिया जाता है जैसा कि चित्र 1.30 (ब) में दिखाया गया है। यह टंगस्टन फिलामेंट, प्रेरण चोक के समान कार्य करता है। चूँकि इस लैम्प में प्रेरण चोक की आवश्यकता नहीं होती है इसलिए ये लैम्प दिष्ट धारा तथा प्रत्यावर्ती धारा दोनों पर कार्य कर सकता है। जब लैम्प का स्विच 'ऑन' किया जाता है तब यह फिलामेंट लैम्प के समान कार्य करने करने लगता है। जब विसर्जन ट्यूब गर्म होना प्रारम्भ कर देती है तब निश्चित तापमान पर तापीय स्विच (thermal switch) कार्य करने लगता है, जो फिलामेंट को परिपथ से काट देता है तथा इस प्रकार विसर्जन ट्यूब की वोल्टता बढ़ जाती है। इस लैम्प का प्रकाश, ऊपर बताए गए लैम्प के प्रकाश से अच्छा होता

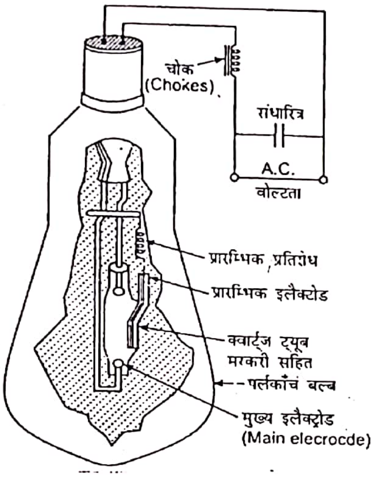


चित्र 1.30 (ब) मरकरी वाष्प लैम्प, सहायक इलेक्ट्रोड तथा टंगस्टन फिलामेंट सहित

है। इस लैम्प का प्रकाश, कुछ लाल रंग लिए होता है तथा आँखों को देखने में उच्च प्रतीत होता है।

(स) मरकरी वाष्प लैम्प बेनट कैप सहित (M.B. Type)—यह लैम्प बहुत उच्च दाब पर कार्य करते हैं तथा 200 से 250 वोल्ट (प्रत्यावर्ती धारा) के लिए 80, 125, 250 तथा 400 वॉट परास तक में बनाए जाते हैं। यह लैम्प वायुमण्डल से 5 से 10 तक ऊँचे दाब पर कार्य करते हैं इस लैम्प में विसर्जन ट्यूब लगभग 5 सेमी लम्बी तथा क्वार्ट्ज (qrartz) काँच की बनी होती है जो उच्च तापमान को सहन कर सकती है। इसमें तीन इलेक्ट्रोड होते हैं, दो मुख्य तथा एक सहायक इलेक्ट्रोड। यह विसर्जन ट्यूब एक पर्ल काँच के बल्ब में बन्द होती है जिसका आकार साधारण लैम्प के समान होता है जैसा कि चित्र 1.31 में दिखाया गया है। सहायक प्रारम्भिक इलेक्ट्रोड की श्रेणी में एक उच्च प्रारम्भिक प्रतिरोध जुड़ा रहता है। इस लैम्प में तीन पिन वाली बेनेट (bayonet) कैप होती है ताकि इस लैम्प को साधारण लैम्प के रूप में प्रयोग न किया जा सके, क्योंकि इसको ऑन करने के लिए एक प्रेरण चोक तथा संधारित्र की आवशयकता होती है।

Scanned by CamScanner



चित्र 1.31 मरकरी वाष्प लैम्प बैनेट कैप सहित

विसर्जन ट्यूब का कार्य मरकरी वाष्प लैम्प सहायक इलेक्ट्रोड के समान ही है। चूँकि क्वार्ट्ज ट्यूब उच्च ताप को सहन कर सकती है इसलिए इसे किसी भी स्थिति में प्रयोग किया जा सकता है।

आजकल इन लैम्पों का प्रयोग ही प्रांगण प्रकाश तथा औद्योगिक इकाईयों में किया जाता है तथा सड़क प्रकाश हेतु इन लैम्पों को आजकल प्रयोग नहीं किया जाता है।

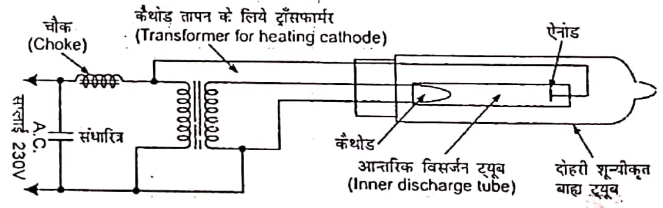
§ 1.43 सोडियम वाष्प लैम्प (Sodium Vapour Lamp)

सोडियम वाष्प को प्रकाश के रूप में प्रयोग करके, उच्चतम ल्यूमिन्स दक्षता प्राप्त की जा सकती है तथा सोडियम वाष्प एक वर्गी नारंगी-पीला प्रकाश (mono chromatic orange-yellow light) देती है, जिसमें वस्तुएँ स्लेटी (gray) सी प्रतीत होती हैं। इसी कारण से सोडियम वाष्प लैम्पों को बाह्य क्षेत्रों (outdoor area), जैसे अधिक ट्रैफिक वाले रास्ते (high ways) तथा सड़क चौराहों (Road Crossing) पर प्रकाश हेतु प्रयोग किया जाता है। यह लैम्प 220 वोल्ट प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) पर कार्य करते हैं तथा इनका कार्य सिद्धान्त मरकरी वाष्प लैम्प से मिलता जुलता है।

इस लैम्प में एक विसर्जन ट्यूब (discharge tube) होती है जो कि विशेष काँच (special composition of glass) से बनायी जाती है जोकि विद्युत विसर्जन के उच्च

तापमान (300°C) को सह सकती है। यह विसर्जन ट्यूब (discharge tube) सामान्य रूप में सोडियम वाष्प लैम्प की अन्दरूनी ट्यब (या बल्ब) में थोड़ी मात्रा में धात्विक सोडियम (metallic sodium) तथा थोड़ी मात्रा में निऑन गैस (neon gas) भरी रहती है तथा इलेक्ट्रोडों के दो सेट पिन प्रारूपी आधार से संयोजित रहते हैं। लैम्प का स्विच ऑन करने पर निऑन गैस में विसर्जन उत्पन्न होता है, जिससे पर्याप्त ताप (300°C) उत्पन्न होता है, जोकि सोडियम को वाष्पीकृत कर देता है तथा मुख्य विसर्जन प्रारम्भ हो जाता है। विसर्जन ट्यूब का निर्माण इस प्रकार (U-आकार) से किया जाता है ताकि वह गर्म वाष्प को सहन कर सके। विसर्जन ट्यूब को एक दोहरी शून्यीकृत बाह्य ट्यूब (double evacuted outer tube) में रखा जाता है। विसर्जन ट्यूब का एक कैथोड फिलामेंट प्रारूपी होता है, जिसके तापन के लिए परिपथ में एक ट्रांसफार्मर भी लगाया जाता है ताकि एनोड सीधे ही 230 वोल्ट की सप्लाई से प्रेरण चोक द्वारा संयोजित होता है।

सोडियम लैम्प केवल प्रत्यावर्ती धारा सप्लाई (A.C. supply) के लिए उपयुक्त हैं, इसलिए चोक नियन्त्रण (choke control) आवश्यक है। इसके लिए लैम्प को विपथित क्षेत्र (stray field) तथा उच्चायी टैप्ड ऑटो ट्रांसफार्मर (जिसकी खुला परिपथ द्वितीयक वोल्टता 470 से 480 वोल्ट तक होती है) द्वारा प्रचालित किया जाता है। परिपथ संधारित्र लगाकर न्यून शक्ति गुणक (0.3) को (0.8) तक सुधारा जाता है। चित्र 1.32 (अ) में एक सामान्य सोडियम लैम्प के संयोजन दिखाए गए हैं।



चित्र 1.32 (अ) सामान्य सोडियम वाष्प लैम्प के संयोजन

कार्य प्रणाली—जब लैम्प प्रचालित नहीं होता है, तब सोडियम, ट्यूब की साइड दीवारों पर ठोस अवस्था में जमा रहता है। जब लैम्प को सप्लाई से जोड़ा जाता है, तो निऑन गैस में विसर्जन उत्पन्न होता है तथा लाल-नारंगी ग्लो देता है तथा आयनीकृत होने पर नारंगी-पीला प्रकाश देने लगता है। लैम्प अपना निर्धारित प्रकाश निर्गत लगभग 2–3 मिनट में प्राप्त करता है।

सोडियम वाष्प लैम्प की दक्षता लगभग 50 ल्यूमन/वाट है। ये लैम्प 60, 150, 250, 500 वाट निर्धारण के बनाए जाते हैं। इनकी औसत आयु 3000 घण्टे है। चित्र 1.32 (अ) में दिखाए गए सोडियम वाष्प लैम्प के संयोजन आजकल प्रयोग नहीं किए जाते। आजकल प्रयोग किए जाने वाले सोडियम वाष्प लैम्प के संयोजन चित्र 1.32 (ब) में दिखाए गए हैं।

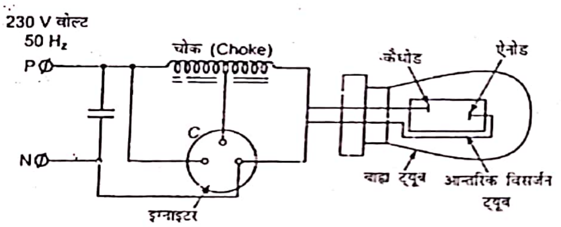
Scanned by CamScanner

इसमें एक चोक, एक संधारित्र के अतिरिक्त एक इग्नाइटर (ignitor) प्रयुक्त होता है जोकि परिपथ में चित्र 1.32 (ब) में दर्शाया गया है। इग्नाइटर का कार्य उच्च वोल्टता पर कैथोड का तापन करना है, (जैसाकि ऊपर वर्णित लैम्प में ट्रांसफार्मर करता था)।

आजकल प्रयुक्त सोडियम वाष्प लैम्प में केवल दो ही टर्मिनल होते हैं तथा इग्नाइटर द्वारा 3000 वोल्ट की वोल्टता पर लैम्प को प्रचलित किया जाता है। इग्नाइटर एक इलेक्ट्रॉनिक युक्ति है, जिसके द्वारा कैथोड तापन के लिए उच्च वोल्ट सर्ज प्राप्त होता है। आजकल प्रयुक्त होने वाले सोडियम वाष्प लैम्पों को 150 W, 250 W तथा 400 W क्षमता का बनाया जाता है तथा इनकी आयु 5000 घण्टे है।

उपयोग—यह लैम्प मुख्य रुप से अधिक ट्रेफिक वाले रास्तों (Roads) एवं क्रासिंग पर प्रकाश व्यवस्था हेतु प्रयुक्त होता है।

सोडियम 60°C तक ठोस अवस्था में होता है तथा 300°C सेल्सियस के आस-पास वाष्पीकृत होता है।



चित्र 1.32 (ब) आधुनिक सोडियम वाष्प लैम्प के संयोजन

§ 1.44. निऑन ट्यूब लैम्प (Neon Tube Lamp)

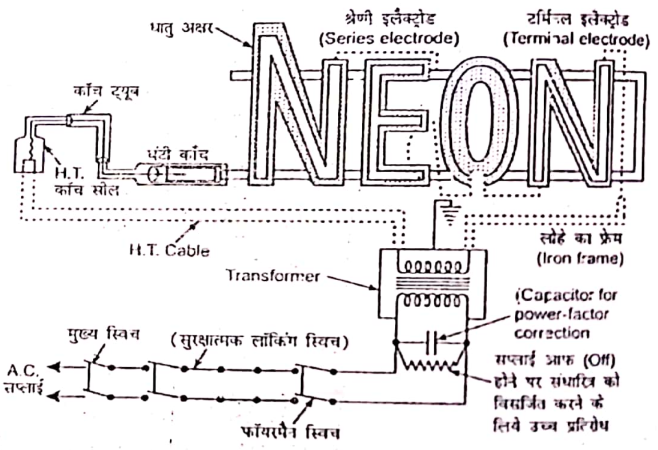
इन ट्यूबों को विज्ञापन प्रकाश (advertising) कार्य के लिए प्रयोग किया जाता है। यह ठण्डे कैथोड प्ररूपी लैम्प हैं तथा इनमें प्रारम्भिक विसर्जन उच्च वोल्टता पर निर्भर करता है ताकि इसमें किसी हीटर यूनिट (heater unit) की आवश्यकता नहीं पड़ती। इसमें शब्द प्रायः खण्डों में सामूहिक (grouped) होते हैं तथा प्रत्येक खण्ड में इलेक्ट्रोड का एक जोड़ा होता है। प्रत्येक खण्ड की लम्बाई 5 मीटर से अधिक नहीं होनी चाहिए। अब प्रत्येक खण्ड को श्रेणीक्रम में संयोजित कर दिया जाता है। इस कार्य में कई परिवर्ती टेप ट्रांसफार्मर (variable tap transformer) क्रमशः अपनी ट्यूब के साथ लगाये जाते हैं। इन ट्यूबों का व्यास प्रायः 20 मिमी तक होता है तथा इनसे 60 मिली ऐम्पियर की धारा, आवश्यक वोल्टता पर प्रवाहित होती है। आवश्यक वोल्टता दो भागों में विभक्त होती है (अ) प्रत्येक इलेक्ट्रोड पर लगभग 140 वोल्ट का वोल्टता पात, (ब) प्रति मीटर लम्बाई पर 500 वोल्ट का वोल्टतापात। इस प्रकार 5 मीटर खण्ड पर,

$$\text{आवश्यक वोल्टता} = (2 \times 140 + 5 \times 500)$$
$$= (280 + 2500) = 2780$$

चूँकि बड़े विज्ञापन शब्दों में काफी लम्बी ट्यूब की आवश्यकता पड़ती है इसलिए निऑन ट्यूब में कई हजार वोल्ट की आवश्यकता पड़ती है। इतने उच्च वोल्टता की उपस्थिति में भारतीय विद्युत नियम सं० 71 का बहुत कड़ाई के साथ पालन आवश्यक है। चित्र 1.33 में एक निऑन ट्यूब संस्थापन को दिखाया गया है। प्रायः निऑन ट्यूब का रंग लाल होता है तथा इसकी क्षमता 40 ल्यूमन प्रति वॉट होती है। ट्यूबों के विभिन्न रंग प्राप्त करने के लिए इसमें विभिन्न गैसें भरी जाती हैं।

(i) लाल नारंगी प्रकाश के लिए ट्यूबों मे निऑन (neon) गैस भरी जाती है।

(ii) पीले रंग के लिए इसमें हीलियम गैस भरी जाती है।



चित्र 1.33 निऑन ट्यूब

(iii) हरे रंग के लिए काँच की पीली ट्यूब में निऑन तथा मरकरी का मिश्रण भरा जाता है।

विचार प्रश्न 1.3—चार गैसों (gases) तथा वाष्पों (vapours) के नाम बताइए जो वैद्युत विसर्जन लैम्पों में प्रयोग की जाती हैं तथा इन गैसों का रंग लक्षण भी दीजिए।

उत्तर—

(i) आर्गन गैस—रंग—नीला-पीला

(ii) निऑन गैस—रंग—लाल-नारंगी

Scanned by CamScanner

(iii) हीलियम गैस—रंग—पीला

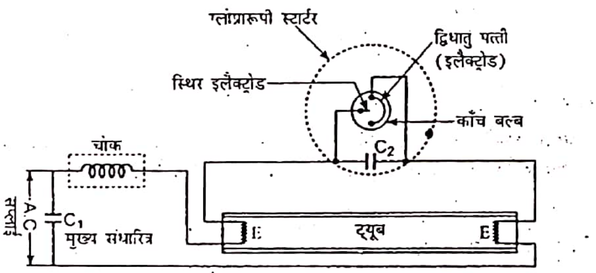
(iv) निऑन तथा मरकरी गैस का मिश्रण—रंग—हरा

वाष्प	रंग
(i) सोडियम वाष्प	सुनहरा-पीला
(ii) मरकरी वाष्प	नीला
(iii) निऑन वाष्प	नारंगी-लाल
(iv) निऑन तथा मरकरी का मिश्रण वाष्प	हरा

§ 1.45 प्रतिदिप्ति ट्यूब (Fluorescent Tube)

संरचना—प्रकाश कार्यों के लिए आजकल प्रतिदीप्ति ट्यूब का प्रयोग बढ़ता जा रहा है क्योंकि इसका वैद्युत खर्च प्रति कैण्डल शक्ति बहुत कम है। चित्र 1.34 तथा 1.35 में प्रत्यावर्ती धारा सप्लाई पर प्रतिदीप्ति ट्यूब के संयोजन दिखाए गए हैं।

प्रायः यह एक फुट से चार फुट तक लम्बी ट्यूब होती है जिसकी अन्दर की सतह पर प्रतिदीप्ति चूर्ण (fluorescent powder) या फास्फर का लेप किया जाता है। ट्यूब में थोड़ी मात्रा में आर्गन गैस थोड़े मरकरी के साथ भी होती है। ट्यूब के दोनों सिरों पर इलेक्ट्रोड उत्सर्जित करने वाले सर्पिल तन्तु (filament) होते हैं जिन्हें इलेक्ट्रोड (*E*) कहते हैं जो कि टंगस्टन के कुण्डलित तन्तु (coiled tungsten filament) होते हैं तथा बेरियम (barium) तथा स्ट्रान्शियम ऑक्साइड के मिश्रण से लेपित (coated) होते हैं जिससे उत्सर्जन थोड़ा कम होने पर अधिक मात्रा में इलेक्ट्रोन उत्सर्जित हो सकें। प्रत्येक इलेक्ट्रोड के साथ दो धातु प्लेटें लगी होती हैं जो कि तन्तु (filament) के प्रत्येक सिरे पर लगी रहती हैं। यह प्लेटें ऐनोड का कार्य करती हैं, इलेक्ट्रोडों द्वारा अर्द्ध चक्र के दौरान जब इलेक्ट्रोड धनात्मक होता है, उस समय यह बम्बारमैन्ट (bombardment) को सह सकती हैं। दूसरे अर्द्ध चक्र में निकटवर्ती गर्म तन्तु (hot filament) कैथोड का कार्य करता है तथा इलेक्ट्रोन उत्सर्जित करता है।



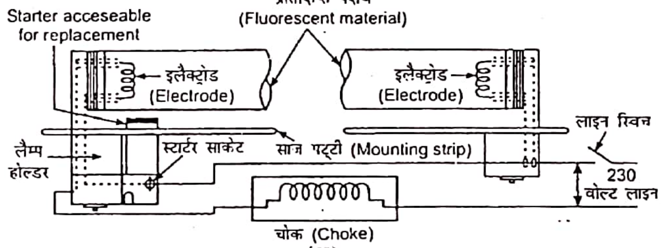
चित्र 1.34 प्रतिदीप्ति ट्यूब के संयोजन ग्लो प्ररूपी स्टार्टर स्विच के साथ

प्रतिदीप्ति ट्यूब लैम्प स्वचालित नहीं होता है इसलिए इसको प्रभावित करने के लिए स्टार्टर स्विच की आवश्यकता पड़ती है। दो प्रकार के स्टार्टर स्विच प्रयोग किए जाते हैं।

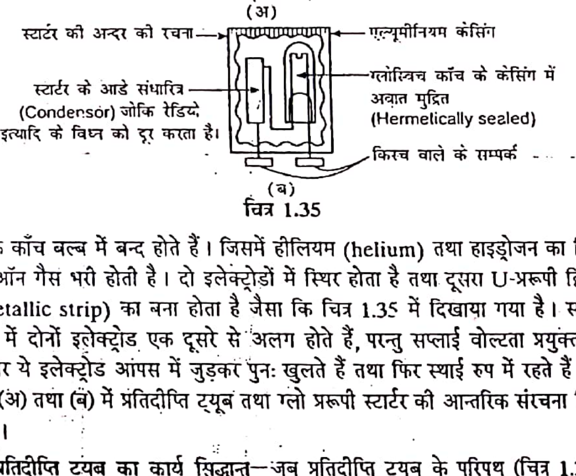
(i) ग्लो प्ररूपी स्टार्टर स्विच (Glow type starter switch)

(ii) थर्मल स्टार्टर स्विच (Thermal starter switch)।

(i) **ग्लो प्ररूपी स्टार्टर** (Glow type starter)—चित्र 1.34 में ग्लो प्ररूपी स्टार्टर के साथ प्रतिदीप्ति ट्यूब के संयोजन दिखाए गए हैं। स्टार्टर स्विच में दो इलेक्ट्रोड होते हैं जो



(अ)



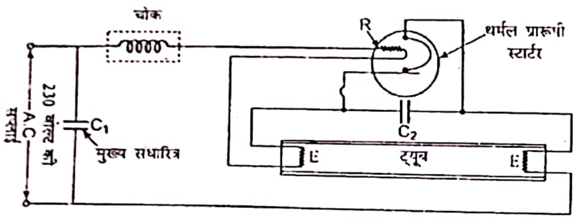
(ब)

चित्र 1.35

कि एक काँच बल्ब में बन्द होते हैं। जिसमें हीलियम (helium) तथा हाइड्रोजन का मिश्रण या निऑन गैस भरी होती है। दो इलेक्ट्रोडों में स्थिर होता है तथा दूसरा U-प्ररूपी द्वि-धातु (bimetallic strip) का बना होता है जैसा कि चित्र 1.35 में दिखाया गया है। सामान्य स्थिति में दोनों इलेक्ट्रोड एक दूसरे से अलग होते हैं, परन्तु सप्लाई वोल्टता प्रयुक्त किए जाने पर ये इलेक्ट्रोड आपस में जुड़कर पुनः खुलते हैं तथा फिर स्थाई रुप में रहते हैं। चित्र 1.35 (अ) तथा (ब) में प्रतिदीप्ति ट्यूब तथा ग्लो प्ररूपी स्टार्टर की आन्तरिक संरचना दिखाई गई है।

प्रतिदीप्ति ट्यूब का कार्य सिद्धान्त—जब प्रतिदीप्ति ट्यूब के परिपथ (चित्र 1.36) में वैद्युत सप्लाई (230) वोल्ट प्रत्या० धारा प्रदान की जाती है, तो स्टार्टर के दोनों इलेक्ट्रोडों के मध्य ग्लो विसर्जन (glow discharge) के कारण लघु धारा प्रवाहित होती है, इस लघु धारा के कारण स्टार्टर के इलेक्ट्रोड की U प्ररूपी द्वि-धातु पत्ती गर्म होकर फैलती है तथा दोनों इलेक्ट्रोड आपस में मिल जाते हैं। इस प्रकार दोनों इलेक्ट्रोडों के मिलने से स्टार्टर का ग्लो विसर्जन रुक जाता है अर्थात् ट्यूब के तन्तु (filaments) *EE* स्टार्टर परिपथ द्वारा

Scanned by CamScanner



चित्र 1.36 प्रतिदीप्ति ट्यूब के संयोजन, थर्मल स्टार्टर के साथ

लघुपथित हो जाते हैं जिससे इलेक्ट्रोडों (EE) के द्वारा बहुत उच्च धारा प्रवाहित होती है जो कि इलेक्ट्रोडों को उद्दीपन (incandence) कर देती है तथा ट्यूब की गैस आयनित (ionized) हो जाती है। एक या दो सेकेण्ड पश्चात् स्टार्टर की द्विधातु पत्ती (bimetallic strip) स्वतः ठण्डी पड़ जाती है, अर्थात् स्टार्टर का स्विच खुल जाता है और इस प्रकार धारा के दम घटने से चोक में 800 से 1000 वोल्ट का वि० वा० बल प्रेरित होता है, यह परिणामी उच्च वोल्टता का हिल्लोल (surge) इलेक्ट्रोडों के मध्य आर्गन गैस को आयनित करने के लिए पर्याप्त होता है। ट्यूब में उत्पन्न ताप के कारण मरकरी वाष्पित होने लगता है तथा ट्यूब के पार्श्व में वोल्टता घटकर 100 से 110 वोल्ट के मध्य रह जाती है। यह विभवान्तर स्टार्टर में पुनः ग्लो विसर्जन उत्पन्न करने के लिए पर्याप्त नहीं होता तथा इस प्रकार लैम्प में सामान्य क्रिया होती रहती है।

20°C के परिवात तापमान (ambient temperature) पर ट्यूब में दाब (final pressure) मरकरी का 0.01 m.m. होता है।

रेडियो विघ्नों को समाप्त करने के लिए ग्लो स्टार्टर के पार्श्व में $0.02\mu F$ का एक संधारित्र C_2 लगा दिया जाता है। इस संधारित्र के बिना स्टार्टर सम्पर्कों के पार्श्व में उच्च आवृत्ति का दोलन उत्पन्न होता है।

मुख्य संधारित्र (C_1)—प्रतिदीप्ति ट्यूब परिपथ (चोक सहित) का औसत शक्ति गुणांक 0.5 से 0.7 तक होता है। शक्ति गुणांक को सुधारने के लिए सप्लाई के पार्श्व में एक संधारित्र (C_1) लगा दिया जाता है जैसा कि चित्र 1.35 तथा 1.36 में दिखाया गया है। 40 वॉट की ट्यूब के 0.7 शक्ति गुणांक को 0.95 तक सुधारने के लिए $4.5\mu F$ 450 Volt का संधारित्र प्रयोग में लाया जाता है।

(1) थर्मल स्टार्टर स्विच के साथ प्रतिदीप्ति ट्यूब के संयोजन—चित्र 1.36 में थर्मल स्टार्टर के साथ प्रतिदीप्ति ट्यूब के संयोजन दिखाए गए हैं। पहले की भांति इसमें भी दो इलेक्ट्रोड, काँच के बल्ब में लगे रहते हैं तथा काँच बल्ब में मुक्त हवा या हाइड्रोजन गैस भरी रहती है। द्वि-धातु पत्ती के पास एक हीटर ऐलिमेंट (R) भी लगा रहता है। जब ट्यूब प्रचालित नहीं होती तो दोनों इलेक्ट्रोड परस्पर मिले रहते हैं जैसा कि चित्र 1.36 में दिखाया गया है।

जब प्रतिदीप्ति ट्यूब परिपथ में प्रत्या० धारा की 230 वोल्ट वैद्युत सप्लाई प्रयुक्त की जाती है तो थर्मल स्विच के द्वारा दोनों इलेक्ट्रोड EE जुड़े रहते हैं। जिससे अपेक्षाकृत उच्च धारा के कारण इलेक्ट्रोड (EE) उद्दीप्त हो जाते हैं। यही उच्च धारा हीटर ऐलीमेंट द्वारा भी प्रवाहित होती है, जिससे द्वि-धातु पत्ती थर्मल स्टार्टर के इलेक्ट्रोडों के सम्पर्क को खोल देती है तथा इस प्रकार धारा के एक दम घटने से चोक में 800 से 1000 वोल्टता का वि० वा बल प्रेरित होता है। हीटर ऐलीमेंट (R) के द्वारा उत्पन्न ताप, लैम्प प्रचालन के समय स्टार्टर सम्पर्कों को खुला रखता है।

आजकल थर्मल स्टार्टर स्विच का प्रयोग प्रायः नहीं किया जाता है।

चोक की संरचना तथा कार्य—प्रतिदीप्ति ट्यूब में प्रयोग होने वाली चोक विद्युतरोधी तार द्वारा पटलित लोह क्रोड पर कुण्डलित एक उच्च प्रतिघात वाली कुण्डली होती है, जिसमें प्रत्या० धारा (A.C.) प्रवाहित होने पर उच्च स्वतः प्रेरण (self induction) उत्पन्न होता है। इसके निम्न तीन कार्य हैं—

(i) यह इलेक्ट्रोडों का पूर्ण तापन (preheating) करता है ताकि मुक्त इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह के लिए उच्च धारा प्राप्त हो सके।

(ii) इलेक्ट्रॉनों के मध्य आर्क को उत्पन्न करने के लिए यह अपेक्षाकृत अधिक विभवान्तर (800 से 1000 वोल्ट) तक का हिल्लोल (surge) होता है।

(iii) यह ट्यूब लैम्प के लिए पहले से निश्चित आर्क धारा को बढ़ने से रोकता है।

विचार प्रश्न 1.4—प्रतिदीप्ति ट्यूब में ग्लो प्ररूपी स्टार्टर का संक्षेप में कार्य समझाइये।

उत्तर—जब प्रतिदीप्ति ट्यूब के परिपथ में वैद्युत सप्लाई प्रदान की जाती है तब स्टार्टर के दो इलेक्ट्रोडों के बीच ग्लो विसर्जन (glo discharge) के कारण लघु धारा (small current) प्रवाहित होती है। इस धारा के कारण स्टार्टर के इलेक्ट्रोड की द्वि-धातु पत्ती (bimetallic strip) गर्म होकर फैलती है तथा दोनों इलेक्ट्रोड आपस में मिल जाते हैं। इस प्रकार दोनों इलेक्ट्रोडों के मिलने से स्टार्टर का ग्लो विसर्जन (glow discharge) रुक जाता है लेकिन इससे पहले ही इलेक्ट्रोडों के पूर्व तापन (preheating) के लिए काफी अविशिष्ट ताप उत्पन्न होता है। जिससे स्टार्टर स्विच कुछ क्षण के लिए बन्द (closed) हो जाता है।

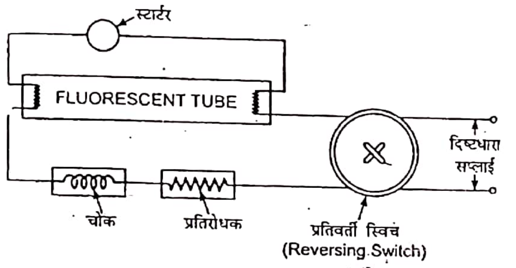
जब स्टार्टर स्विच का ग्लो विसर्जन रुक जाता है। तब स्टार्टर ग्लो (glow) बुझ जाता है, द्विधातुक पत्ती (bimetallic strip) ठण्डी पड़ जाती है, स्टार्टर स्विच खुल जाता है तथा परिणामी (resultant) उच्च वोल्टता हिल्लोल (surge) के कारण, लैम्प में सामान्य क्रिया होने लगती है।

विचार प्रश्न 1.5—क्या प्रतिदीप्ति ट्यूबें को दिष्टधारा पर प्रयोग किया जा सकता है?

उत्तर—यद्यपि प्रतिदीप्ति ट्यूब मौलिक रूप में प्रत्यावर्ती धारा लैम्प है, लेकिन फिर भी धारा सप्लाई पर प्रयोग की जा सकती है, यदि प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) सप्लाई उपलब्ध न हो। जब ट्यूब को दिष्टधारा पर प्रयोग किया जाता है तब वोल्टता का शिखर मान (peak

Scanned by CamScanner

value) प्राप्त न होने के कारण लैम्प प्रारम्भन में प्रत्यावर्ती धारा की अपेक्षा बहुत कठिनाई आती है तथा इसके लिए विशेष प्रारम्भन युक्तियाँ प्रयोग की जाती हैं। प्रारम्भिक प्रेरकत्व (starting inductance) अर्थात् चोक के अतिरिक्त चोक के श्रेणी में एक प्रतिरोध लगाना पड़ता है तथा मैनुअल प्रतिवर्ती स्विच (manual reversing switch) भी लगाना पड़ता है जैसाकि चित्र 1.37 में दिखाया गया है। जब प्रतिदीप्ति ट्यूब को दिष्ट धारा पर प्रयोग



चित्र 1.37 दिष्टधारा पर प्रतिदीप्ति ट्यूब के संयोजन

किया जाता है तब उसका एक सिरा कुछ घण्टे जलने के पश्चात् मन्द (dim) पड़ जाता है। इसका कारण इलेक्ट्रॉनों का एक दिशा क्रियांशील या bombardment होना है। कुछ समय पश्चात् विशेष प्रतिवर्ती स्विच (reversing switch) द्वारा धारा प्रवाह की दिशा बदलकर (दिन में एक बार या जब आवश्यक समझें), ट्यूब के सिरे को मन्द (dim) होने से बचाया जा सकता है।

विचार प्रश्न 1.6—दिष्टधारा प्रतिदीप्ति ट्यूब (fluorescent tube) परिपथ में चोक के कार्य को समझाइये। परिपथ में श्रेणी प्रतिरोध लगाने की क्यों आवश्यकता पड़ती है?

उत्तर—दिष्टधारा प्रतिदीप्ति ट्यूब परिपथ में चोक, एक प्रतिरोधक का कार्य करता है। परिपथ में अतिरिक्त श्रेणी प्रतिरोध इसलिए लगाना पड़ता है ताकि प्रतिदीप्ति ट्यूब के इलेक्ट्रोडों के मध्य आवश्यक वोल्टता (लगभग 110 वोल्ट) प्राप्त की जा सके।

विचार प्रश्न 1.7—स्ट्रोबोस्कोपिक प्रभाव से क्या तात्पर्य है? प्रतिदीप्ति ट्यूब (fluorescent tube) में प्रभाव को किस प्रकार दूर किया जाता है?

उत्तर—स्ट्रोबोस्कोपिक प्रभाव का तात्पर्य रेडियो विघ्नों से है, जो कि प्रतिदीप्ति नलिका के प्रदीपन को प्रभावित करते हैं। प्रतिदीप्ति नलिका में स्ट्रोबोस्कोपिक प्रभावों को समाप्त करने के लिए प्रतिदीप्ति नलिका के परिपथ में लगे ग्लो प्ररूपी स्टार्टर के पार्श्व में 0.02 μF का संधारित्र लगा दिया जाता है। (चित्र 1.33 में C_2 से प्रदर्शित किया गया है)। यदि ग्लो प्ररूपी स्टार्टर के पार्श्व में संधारित्र नहीं लगाया गया तो स्टार्टर सम्पर्कों के पार्श्व में उच्च आवृत्ति का दोलन (जिसे स्ट्रोबोस्कोपिक प्रभाव कहते हैं) उत्पन्न हो जायेगा। जिससे प्रतिदीप्ति ट्यूब के समरूप प्रकाश नहीं मिलेगा।

§ 1.46. लैम्पों की प्रतिदीप्ति ट्यूबों से तुलना
(Comparison of Lamps with Fluorescent Tube)

	टंगस्टन तन्तु लैम्प (Tungsten Filament Lamp)	प्रतिदीप्ति ट्यूब (Fluorescent Tube)
(1)	प्रकाश निर्गत पर वोल्टता घटाव-चढ़ाव (voltage fluctuation) का अपेक्षाकृत अधिक प्रभाव पड़ता है।	प्रकाश निर्गत (light output) पर वोल्टता घटाव-चढ़ाव का अपेक्षाकृत कम प्रभाव पड़ता है क्योंकि वोल्टता में परिवर्तन चोक द्वारा शोषित कर लिया जाता है।
(2)	इससे अधिक चमकीलापन प्राप्त होता है।	इससे कम चमकीलापन प्राप्त होता है।
(3)	ल्यूमिन्स दक्षता प्रति वॉट बढ़ जाती है, यदि लैम्प की वोल्टता बढ़ाई जाए।	ल्यूमिन्स दक्षता प्रति वाट, वोल्टता बढ़ाने से नहीं बढ़ती यद्यपि ट्यूब की लम्बाई तथा वाटता (wattage) बढ़ाने से ल्यूमिन्स दक्षता बढ़ जाती है।
(4)	इनसे प्राकृतिक प्रकाश से मिलता-जुलता प्रकाश प्राप्त होता है जिससे वस्तु को अच्छी प्रकार देखा जा सकता है।	इनका प्रकाश प्राकृतिक (natural) नहीं होता है इसलिए किसी वस्तु का सही रंग नहीं देखा जा सकता।
(5)	इनका प्रारम्भिक मूल्य (initial value) कम होता है	इनका प्रारम्भिक मूल्य अधिक होता है।
(6)	इनका स्ट्रोबोस्कोपिक प्रभाव (stroboscopic effect) नहीं होता।	इसमें स्ट्रोबोस्कोपिक प्रभाव होता है।
(7)	इनका प्रसामान्य जीवन 1000 घण्टे है।	इनका प्रसामान्य जीवन टंगस्टन तन्तु की अपेक्षा 5 गुना होता है। यह लगभग 5000 घण्टे है।
(8)	चूँकि यह लैम्प उच्च तापमान पर प्रचालित होते हैं इसलिए इनसे ताप विकिरण (radiate) होता है।	इनका तापमान कम होता है। इसलिए इनसे ताप विकिरण नहीं होता।
(9)	लैम्प को लम्बे समय तक प्रयोग करने पर उसकी प्रकाश निर्गत कम हो जाती है।	टंगस्टन लैम्प की अपेक्षा प्रकाश निर्गत अधिक घटती है।
(10)	इन लैम्पों से विभिन्न प्रकार के प्रकाश रंग प्राप्त करने के लिए रंगीन काँच प्रयोग करने पड़ते हैं जिससे दक्षता कम हो जाती है।	विभिन्न प्रकार के प्रतिदीप्ति पाउडर (powder) प्रयोग करके विभिन्न प्रकाश रंग प्राप्त किए जा सकते हैं। इसमें सभी रंगों के लिए दक्षता समान रहती है।

Scanned by CamScanner

(11)	किसी ल्यूमिन्स निर्गत के लिए, अधिक लैम्पों की आवश्यकता पड़ती है। इस प्रकार अधिक लैम्प प्वाइन्ट बनाने पड़ते हैं। चूँकि इनका जीवन कम होता है। इसलिए अनुरक्षण लागत (maintenance cost) अधिक आती है।	उसी ल्यूमिन्स निर्गत के लिए कम ट्यूबों की आवश्यकता पड़ती है तथा इस प्रकार कम प्वाइन्ट बनाने पड़ते हैं। इस प्रकार अनुरक्षण लागत कम आती है।

§ 1.47. प्रकाश योजनाओं का डिजाइन (Design of Lighting Schemes)

प्रकाश योजनाओं का डिज़ाइन करते समय निम्न मुख्य बातों को ध्यान में रखना चाहिए:

(अ) प्रदीपन का स्तर (level of illumination), (ब) प्रकाश का कार्य स्थान पर समान फैलाव व वितरण (uniform distribution of light all over the working place), (स) प्रकाश के लिए सही रंग का चुनाव तथा गणना, (द) प्रकाश स्रोत तथा फिटिंग का चुनाव (the choice of light sourcs and the fittings)।

§ 1.48. प्रदीपन का स्तर (Level of Illumination)

विभिन्न कार्यों के लिए प्रदीपन का स्तर भिन्न होता है। प्रायः कार्य स्थान फर्श तल (floor level) से लगभग 85 सेमी ऊपर क्षैतिज माना जाता है। मनुष्य की आँख प्रकाश की काफी शक्ति को सह सकती है। उदाहरण के रूप में पूर्ण दोपहरी में सूर्य लगभग 12,000 ल्यूमन/मीटर^2 प्रकाश देता है तथा यही प्रकाश भवनों की खिड़कियों के पीछे विसरित (diffuse) होकर लगभग 60 ल्यूमन/मी^{2} तक ही रह जाता है। पढने के लिए प्रकाश प्रायः 20 से 30 ल्यूमन/मी^{2} तक काफी होता है यद्यपि दिन का प्रकाश इसकी अपेक्षा बहुत अधिक है। फिर भी किसी विशेष मनुष्य की आँख के लिए प्रदीपन का स्तर निम्न बातों पर निर्भर करता है—

(i) कार्य के प्ररूप (Type of work)—कार्य को निम्नलिखित रूप में बाँटा जा सकता है। कार्य एक मिनट के लिए है, कम समय के लिए है, साधारण है या अधिक बड़ा है।

(ii) कार्य का समय—कृत्रिम प्रकाश में कार्य का समय अधिक है या कम। यदि कार्य के समाप्त करने का समय लम्बा है तब उस कार्य के लिए प्रदीपन का स्तर भी ऊँचा होना चाहिए।

(iii) पृष्ठ भूमि से विरोध (Contrast with back ground)—जल पृष्ठ भूमि से प्रकाश का उच्च विरोध होगा, तब प्रदीपन का स्तर भी निम्न होगा तथा इसी प्रकार जल पृष्ठ-भूमि से कम विरोध होने पर प्रदीपन का स्तर भी उच्च होगा।

(iv) पदार्थ का गुण नियन्त्रण (Quality control of product)—पदार्थ में जितने सूक्ष्म गुण (fine quality) की आवश्यकता होगी, उतने ही अधिक उच्चतर प्रदीपन के स्तर की आवश्यकता होगी।

(v) प्रकाश का उपयोग करने वाले पुरुषों की उम्र—यह याद रखने योग्य बात है कि अधिक उम्र रखने वाले पुरुषों को युवकों की अपेक्षा उसी कार्य को करने के लिए अधिक प्रकाश की आवश्यकता है। अच्छा प्रिंट पढ़ने के लिए आवश्यक प्रदीपन (illumination) आगे दी गई हैं—

उम्र (Age)	प्रदीपन (illumination)
10 वर्ष	175 लक्स (lux) or lm/m^2
40 वर्ष	300 लक्स (lux) or lm/m^2
60 वर्ष	2500 लक्स (lux) or lm/m^2

§ 1.49. विभिन्न कार्यों के लिए सन्तुति किया गया प्रदीपन का स्तर (Recommended Level of Illuminations for Different Work and Places)

नोट—नीचे दी गयी संस्थायें आदर्श (ideal) हैं लेकिन कुछ कम संस्थायें वर्तमान आर्थिक स्थिति में मितव्ययिता की दृष्टि से प्रयोग की जा सकती हैं—

तालिका—1.3

क्रमांक	कार्य का स्थान	लक्स (lux) या ल्यूमन/मी^{2} (lm/m^2)
(1)	सूक्ष्म कार्यों के लिए, जैसे सिलाई मशीन का कार्य, सूक्ष्म नक्काशी, किसी कार्य का सूक्ष्म निरीक्षण, सूक्ष्म मशीन का कार्य।	250–500
(2)	अति परिशुद्ध कार्य (very precision and fine work), जहाँ अधिक समय तक ध्यान देने की आवश्यकता हो, जैसे ड्राइंग इत्यादि बनाने तथा उनका निरीक्षण करना, घड़ी इत्यादि की मरम्मत।	1000–2000
(3)	प्रूफ पढ़ना (proof reading), ड्राइंग ऑफिस, लगातार पढ़ना। सूक्ष्म संयोजन (fine assembling) कुशल बैंच कार्य, टाइप करना।	250–500

Scanned by CamScanner

(4)	कला प्रदर्शनी, सामान्य पढ़ाई संग्राहलय, सभा भवन।	250–500
(5)	निवास स्थानों पर— (अ) रहने के कमरे। (ब) पढ़ने तथा लिखने के कमरे। (स) रसोई, सोने के कमरे, सीढ़ियाँ, नहाने के कमरे (bath room)।	 150 500–1000 150
(6)	स्कूल— (अ) कक्षा कक्ष। (ब) कार्यशाला (workshop)। (स) ड्राइंग कक्षा कक्ष।	 150 250–500 500–1000
(7)	अस्पताल (Hospital)— (अ) सामान्य (General) (ब) कार्य स्थान (फस्ट ऐड इत्यादि) (स) आपरेशन टेबल। (द) आपरेशन थियेटर।	 150 500 2000 500–1000
(8)	दुकानें (shops)— (अ) सामान्य। (ब) प्रदर्शन कक्ष इत्यादि।	 250–500 1000
(9)	होटल तथा भोजनालय।	500–1500
(10)	फैक्टरी तथा कार्यशाला— (अ) मोटे कार्य जैसे फिटिंग जॉब। (ब) विशुद्ध मशीनी कार्य। (स) उच्च विशुद्ध मशीनी कार्य। (द) वेल्डिंग (Welding)। (य) बढ़ईगिरी कार्य। (र) टैक्स टाइल इन्डस्ट्री।	 250–500 500–1000 1000–2000 150 150–500 150–500
(11)	वैद्युत शक्ति उपकेन्द्र (Electrical power house)	250–500

§ 1.50. प्रकाश का कार्य स्थान पर समान फैलाव तथा वितरण

प्रकाश का कार्य स्थान पर फैलाव तथा वितरण का उद्देश्य यह है कि प्रकाश बिना किसी व्यथा (discomfort) तथा चौंध (glare) महसूस हुए प्राप्त हो सके। यह प्रकाश स्रोत फिटिंग के प्ररूप तथा उसकी स्थिति पर निर्भर करता है।

पढ़ने तथा लिखने के लिए प्रकाश आपतन (incidence of light) की मुख्य दिशा बांयी ओर से होनी चाहिए तथा ऊर्ध्वाधर (vertical) से प्रकाश का कोण 30°Cसे अधिक नहीं होना चाहिए। दृष्टि के क्षेत्र में प्रदीपन स्तर में कोई आकस्मिक तथा बड़ा परिवर्तन नहीं होना चाहिए, चूँकि आँखों का प्रदीपन के एक स्तर से दूसरे स्तर में समंजन (adjust) करने में काफी समय लगता है, विशेष कर उच्च स्तर से निम्न स्तर में आने पर। जब हम दिन की रोशनी में किसी सिनेमा हॉल या डार्क रूप (dark room) में प्रवेश करते हैं, तो कुछ देर के लिए हमें देखने में कठिनाई आती है लेकिन कुछ समय पश्चात् दृश्यता में सुधार हो जाता है।

§ 1.51 चौंध के कारण व्यथा (Discomfort) को निम्न प्रकार दूर किया जा सकता है—

(i) जहाँ तक हो सके, आवरण प्रकाश (screening light) रखा जाये।

(ii) प्रकाश स्रोत तथा पृष्ठ-भूमि (back ground) में जहाँ तक हो सके, बहुत थोड़ा विरोध (contrast) रखा जाये। यह दीवारों तथा छतों में हल्का रंग करके किया जा सकता है।

(iii) दृष्टि के क्षेत्र से प्रकाश को बाहर रखकर।

(iv) सही रंग योजना तथा प्रकाश चमकीलेपन का सही वितरण करके।

(v) कार्य-टेबल पर मैट फिनिश करके तथा दृढ़ परावर्ती वस्तु (strong reflective object) जैसे काँच शीट इत्यादि को कार्य टेबल पर न रखकर।

§ 1.52. चारों ओर की दीवारों का रंग

किसी भी कमरे में प्रदीपन दीवार तथा छत से परावर्तित होने वाले प्रकाश पर निर्भर करता है। सफेद दीवार, भूरे रंग की दीवार की अपेक्षा अधिक प्रकाश परावर्तित करती है तथा भूरे रंग की दीवार, काले रंग की दीवार की अपेक्षा अधिक प्रकाश परावर्तित करती है।

§ 1.53. प्रकाश योजनाएँ (Lighting Scheme)

सही प्रकाश योजना का चयन करके, अर्थात् प्रत्यक्ष प्रकाश (direct lighting), अप्रत्यक्ष प्रकाश (indirect light) इत्यादि, जिसका वर्णन पीछे किया जा चुका है।

§ 154. लैम्पों का चुनाव (Selection of Lamp)

किस स्थान पर प्रकाश के लिए लैम्पों का सही चुनाव, वहाँ की कार्य प्रणाली पर निर्भर करता है।

उद्दीप्त लैम्प (incandescent lamp) तथा प्रतिदीप्ति लैम्प (fluorescent lamp) घरों, दफ्तरों तथा फैक्ट्रियों के लिए उपयुक्त हैं, जबकि सोडियम वाष्प लैम्प तथा मरकरी

Scanned by CamScanner

वाष्प लैम्प, पार्कों के निर्माण स्थानों, सड़क, बत्ती, रेल मार्ग, रेलवे-प्लेटफार्म शिपिंग यार्डों इत्यादि के लिए उपयुक्त है। तालिका 1.4 में विभिन्न लैम्पों की न्यूनतम निर्गत दी गई है। जिसका प्रकाश योजनाएँ बनाते समय प्रयोग किया जाता है।

तालिका 1.4

क्रम संख्या	लैम्प का नाम	लैम्प वाट	प्रकाश निर्गत ल्यूमन में
1.	उद्दीपन लैम्प (incandescent lamps)	15 W 25 W	120 230
2.	गैस से भरे अन्दर से फ्रोसटिड कुण्डलित कुण्डली वाले (Gas filled lamp coiled coil internally frosted)	40 W 60 W 100 W 200 W	430 730 1300 2950
3.	अकेली कुण्डली वाले गैस से भरे साफ लैम्प (single coiled clear gas filled lamp)	300 W 500 W 1000 W 1500 W 2000 W	4750 8400 18800 30000 40000
4.	अन्दर से सिलिका से लेपित, गैस से भरे अरजैंटा लैंप, कुण्डलित कुण्डली वाले	40 W 60 W 100 W 200 W	400 670 1280 2750
5.	प्रतिदीप्ति लैम्प (Fluorescent lamps)	20 W 40 W 80 W	750 2000 4000
6.	सोडियम लैम्प (Sodium lamps)	45 W 60 W 100 W 200 W	400 670 1280 2750
7.	मरकरी वाष्प लैम्प (Mercury vapour lamps)	80 W 125 W 250 W 400 W	3000 5000 11500 20000

साधित उदाहरण

उदाहरण 1.14—एक पॉलिटैक्निक की मशीन शॉप, जिसकी परिमाप 120 मी × 300 मी है, जिसे दोहरी ट्यूब प्रतिदीप्ति फिटिंग (twin-tube fitting) द्वारा प्रदीप्त (illuminated) करना है। निम्नलिखित की कल्पना करते हुए, मशीन शॉप में फिटिंग की संख्या तथा उसके उपयुक्त ले आउट का सुझाव दें।

(i) प्रदीपन की तीव्रता (intensity of illumination)= 40 lm/m^2

(ii) उपयोगिता कारक (Utilization factor) = 0.5

(iii) ह्रास या रख रखाव कारक (Depreciation or maintenance factor) = 1/1.5।

(iv) ज्योति दक्षता (luminous efficiency) = 60 ल्यूमन्स/वाट (60 lm/w)।

हल—कुल आवश्यक ल्यूमन्स $\phi \dfrac{E \times A}{P \times n}$ ...(सूत्र)

यहाँ $E = 40\, lm/m^2$, $A = 120 \times 30 = 3600$ वर्ग मीटर

$$p = 1/1.5 \text{ तथा } \eta = 0.5$$

$$\therefore \quad \phi = \frac{40 \times 3600}{0.5 \times 1/1.5} = \frac{40 \times 3600 \times 1.5}{0.5 \times 1}$$

$$= 432{,}000 \text{ lm}$$

चूँकि दोहरी ट्यूब प्रतिदीप्ति फिटिंग प्रयोग की गई हैं। इसलिए प्रत्येक ट्यूब 40 वाट की मानते हैं, इस प्रकार प्रत्येक फिटिंग में कुल वाट = 80 वाट तथा ल्यूमन निर्गत Lumen output = 80 × 60 = 4800 lm.

$$\therefore \quad \text{दोहरी फिटिंग की संख्या} = \frac{432{,}000}{4800} = 90$$

90 फिटिंग को 5 पंक्तियों में 18 फिटिंग की दर से लगाया जा सकता है।

इससे 120/18 = 6.7 मीटर का स्थान लम्बाई में तथा 30/5 = 6 मी का स्थान चौड़ाई में प्राप्त होगा जोकि काफी हद तक उपयुक्त है।

उदाहरण 1.15—एक कक्षा कक्ष जिसकी परिमाप 8 मी × 10 मी है को 100 ल्यूमन/मी^{2} की समान प्रदीपन में 15 लैम्पों द्वारा प्रकाशित करना है। यदि प्रत्येक लैम्प 1500 ल्यूमन का हो तो कक्षा कक्ष का उपयोगिता कारक ज्ञात करें।

हल—15 लैम्पों द्वारा प्राप्त कुल ल्यूमन्स = 15 × 1500 = 22500 ल्यूमन्स

कक्षा कक्ष के कार्य स्थान पर प्राप्त कुल ल्यूमन्स

$$= 8 \times 10 \times 100 = 8000 \text{ ल्यूमन्स}$$

$$\text{उपयोगिता कारक} = \frac{8000}{22500} = 0.35 \text{ या } 35\%$$

उदाहरण 1.16—एक कार्यशाला जिसका परिमाप 15 मी × 35 मी है को 200 वाट के

Scanned by CamScanner

20 लैम्पों द्वारा प्रदीप्ति (illuminate) करना है। प्रत्येक लैम्प की ज्योति-क्षमता 13 lm/w है। ह्रास कारक 0.7 तथा उपयोगिता कारक 0.5 मानते हुए कार्य स्थल (working place) का प्रदीपन ज्ञात कीजिए।

हल—कुल प्राप्त ल्यूमन्स = 20 × (200 × 13) = 52000 ल्यूमन्स

$$\text{ल्यूमन्स } (\phi) = \frac{E \times A}{P \times \eta} \qquad \text{...(सूत्र)}$$

यहाँ $A = 15 \times 35 = 525$ वर्ग मीटर

$$E = \frac{\phi \times p \times \eta}{A} = \frac{52000 \times 0.7 \times 0.5}{525}$$

$$= \mathbf{34.66\ lm/m^2} \text{ या लक्स}$$

उदाहरण 1.17—एक लैम्प की औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति (mean spherical candle power) 200 है तथा इसे किसी फैक्ट्री में 4 मीटर की ऊँचाई पर लगाया जाता है। निम्नलिखित ज्ञात कीजिए। (अ) प्रकाश का कुल फ्लक्स, (ब) लैम्प के नीचे का प्रदीपन।

$$\text{हल—औसत गोलाकार कैण्डल (M.S.C.P.)} = \frac{\text{कुल फ्लक्स}}{4\pi} \qquad \text{...(सूत्र)}$$

∴ कुल फ्लक्स = 4π × औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति

$$= 4\pi \times 200 = 2514.2 \text{ ल्यूमन्स}$$

∴ लैम्पों के ठीक नीचे प्रदीपन (illumination) = कैण्डल शक्ति/d^2 ...(सूत्र)

$$= \frac{200}{(4)^2} = \mathbf{1.25\ (Lux)}$$

उदाहरण 1.18.—एक कार्यशाला, जो 30 मीटर लम्बी 15 मी चौड़ी तथा 6 मीटर ऊँची है को 120 लक्स (lm/m^2) से प्रदीप्त (illuminate) करना है। कार्य बैंचों की ऊँचाई 1 मी मानते हुए तथा उपयोगिता कारक, (coefficient of utilization) 0.5, ह्रास या रख रखाव कारक 1/1.4 मानते हुए, कार्यशाला में लगने वाली प्रतिदीप्ति ट्यूबों (fluorescent tubes) की संख्या, उससे वाट, स्पेसिंग तथा उनके लगाने की ऊँचाई ज्ञात करो। 1.25 मीटर लम्बी 40 वाट की दोहरी ट्यूब प्रतिदीप्ति फिटिंग की ल्यूमन्स दक्षता 40 ल्यूमन्स प्रति वाट ज्ञात है।

$$\text{हल—कुल आवश्यक ल्यूमन्स फ्लक्स } \phi = \frac{E \times A}{\eta \times P} \qquad \text{...(सूत्र)}$$

यहाँ $E = 120$ लक्स या lm/m^2

$A = 30 \times 15 = 450$ वर्ग मीटर

$\eta = 0.5$, रख रखाव कारक $p = 1/1.4$

$$\therefore \quad \phi = \frac{120 \times 30 \times 15}{0.5 \times 1/1.4}$$

$$= \mathbf{151{,}200 \text{ ल्यूमन्स}}$$

चूँकि दोहरी ट्यूब प्रतिदीप्ति फिटिंग प्रयोग की गई है तथा प्रत्येक ट्यूब 40 वाट की है, इसलिए एक फिटिंग में कुल वाट = 80 वाट

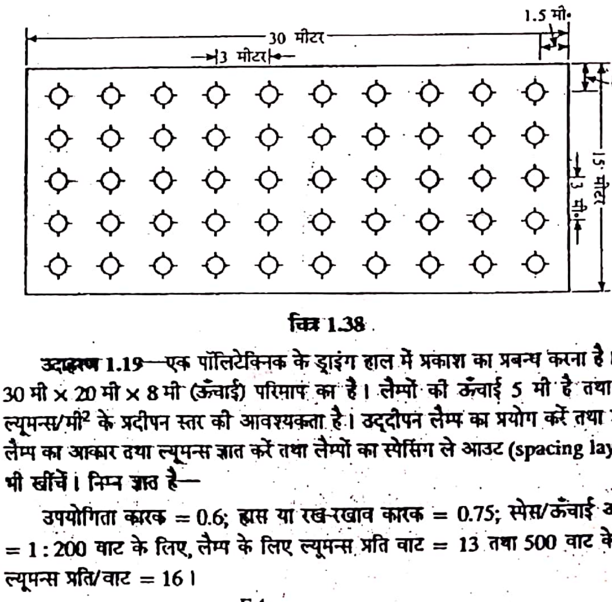
∴ 80 वाट की ट्यूब फिटिंग की ल्यूमन्स निर्गत = 80 × 40

= 3200 ल्यूमन्स

∴ दोहरी ट्यूब प्रतिदीप्ति फिटिंगों की संख्या

$$= \frac{151{,}200}{3200} = 47.2 = 48 \text{ फिटिंग कह सकते हैं।}$$

यदि हम 48 फिटिंग के स्थान पर 50 फिटिंग लें तथा स्पेस ऊँचाई अनुपात 1 : 2 लें तो इन्हें आसानी से 30 मी × 15 मी की कार्यशाला में लगाया जा सकता है। इसमें प्रत्येक लैम्प के मध्य 3 मी का स्थान (space) होगा जैसा कि चित्र 1.38 में दिखाया गया है। इस प्रकार ट्यूब फिटिंगों को 5 पंक्तियों में लगाया जा सकता है तथा प्रत्येक पंक्ति में 10 प्रतिदीप्ति ट्यूब होंगी तथा उनकी ऊँचाई 4 मीटर रखी जा सकती है।



चित्र 1.38

उदाहरण 1.19—एक पॉलिटेक्निक के ड्राइंग हाल में प्रकाश का प्रबन्ध करना है। हॉल 30 मी × 20 मी × 8 मी (ऊँचाई) परिमाप का है। लैम्पों की ऊँचाई 5 मी है तथा 144 ल्यूमन्स/मी² के प्रदीपन स्तर की आवश्यकता है। उद्दीपन लैम्प का प्रयोग करें तथा प्रत्येक लैम्प का आकार तथा ल्यूमन्स ज्ञात करें तथा लैम्पों का स्पेसिंग ले आउट (spacing layout) भी खींचें। निम्न ज्ञात है—

उपयोगिता कारक = 0.6; ह्रास या रख-रखाव कारक = 0.75; स्पेस/ऊँचाई अनुपात = 1 : 200 वाट के लिए, लैम्प के लिए ल्यूमन्स प्रति वाट = 13 तथा 500 वाट के लिए ल्यूमन्स प्रति/वाट = 16।

$$\text{हल—} \qquad \phi = \frac{EA}{\eta p} \qquad \text{...(सूत्र)}$$

∵ यहाँ $E = 144$ ल्यूमन्स/मी²

Scanned by CamScanner

$A = 30 \times 20 = 600$ वर्ग मीटर, $\eta = 0.6, p = 0.75$

∴ $\phi = \dfrac{144 \times 30 \times 20}{0.6 \times 0.75}$

$= 192{,}00$ ल्यूमन्स

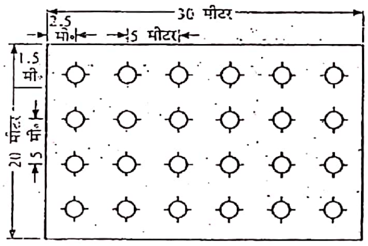
∴ वाट लैम्प की ल्यूमन्स निर्गत $= 500 \times 16$

$= 8000$ ल्यूमन्स

∴ 500 वाट के लैम्पों की संख्या $= \dfrac{192{,}000}{8000} = 24$

इसी प्रकार 200 वाट लैम्प की ल्यूमन्स निर्गत $= 200 \times 13 = 2600$ ल्यूमन्स

200 वाट के लैम्पों की संख्या $= \dfrac{192{,}000}{2600} = 73.8$ या 74



चित्र 1.39

ड्राइंग हॉल में 200 वाट के लैम्प लगाना हितकर नहीं होगा क्योंकि 30 मी × 20 मीटर हॉल में 74 लैम्प लगाना उपयुक्त नहीं है, लेकिन 500 वाट के 6 लैम्पों की 4 पंक्तियाँ, एक दूसरे में 5 मी की स्पेसिंग पर लगाई जा सकती हैं जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

उदाहरण 1.20—एक भवन का अग्रभाग जो 20 मी × 15 मी है, 20 ल्यूमन्स प्रति मी^{2} की रोशनी से आप्लवी प्रकाश (flood light) करना है। भवन सतह का परावर्ती कारक (coefficient of reflection) 0.2 है। 500 वाट के लैम्प जिनका 8450 ल्यूमन है, उपयोग में लाये जाते हैं। बीम-गुणक (beam–factor) 0.6 अपव्यय प्रकाश कारण (waste light factor) 1/1.2, अनुरक्षण कारक (maintenance factor) 0.8 ले लीजिए। निकालिए कितने लैम्पों की आवश्यकता होगी?

हल—क्षेत्र जिसका प्रदीपन करना है, $A = 20$ मी × 15 मी

$= 300$ वर्ग मीटर

प्रदीपन की तीव्रता (intensity of illumination), $E = 20$ ल्यूमन

प्रति मी^{2} = 20 मीटर-कैण्डल

∴ कुल आवश्यक ल्यूमन $= 300 \times 20 = 6{,}000$

ज्ञात है, बीम कारक, $B = 0.6$

अनुरक्षण कारक, $P = 0.8$

अपव्यय कारक, $W = 1/1.2$

प्रक्षेपी द्वारा दिए जाने वाले कुल ल्यूमन्स

∴ $\phi = \dfrac{E \times A}{B \times p \times W} = \dfrac{300 \times 20}{0.6 \times 0.8 \times (1/1.2)}$

$= \dfrac{300 \times 20 \times 1.2}{0.6 \times 0.8 \times 1} = 15{,}000$ ल्यूमन्स

500 वाट के लैम्प प्रयोग करने हैं जिनकी ल्यूमन निर्गत 8450 है।

∴ भवन के 20 मी × 15 मी के क्षेत्र को दो प्रक्षेपी लैम्पों (500 वाट) के द्वारा प्रकाशित किया जा सकता है।

उदाहरण 1.21—एक 15 मीटर चौड़े तथा 45 मीटर लम्बे कमरे को 150 वाट वाले लैम्पों से प्रकाशित करके 45 लक्स की प्रदीपन होती है।

उपयोगी कारक 0.65, अनुरक्षण कारक 1/1.3 है। लैम्पों की संख्या ज्ञात कीजिए। एक 150 वाट का लैम्प 2120 ल्यूमन्स देता है।

हल— कमरे का क्षेत्र $A = 45 \times 15 = 675$ वर्ग मीटर

कमरे में 45 लक्स की प्रदीपन करनी है।

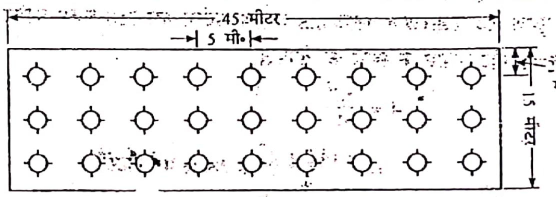
∴ कुल आवश्यक ल्यूमन्स $= 675 \times 45 = 30{,}375$

उपयोगी कारक, $\eta = 0.65$, अनुरक्षण कारक $= 1/1.3$ ल्यूमन्स

लैम्प द्वारा कुल निर्गत ल्यूमन्स $= \dfrac{E \times A}{\eta \times p}$

$= \dfrac{675 \times 45}{0.65 \times 1/1.3} = 60{,}750$ ल्यूमन्स

150 वाट के लैम्प प्रयोग करने हैं, जो 2120 ल्यूमन्स देता है।



चित्र 1.40

$\therefore$ कमरे को प्रदीप्त करने के लिए लैम्पों की संख्या $= \dfrac{60,750}{2120}$

$= 28.65$ या 28

यदि चौड़ाई में 4 तथा लम्बाई में 9 लैम्प लगाए जाए तो 36 लैम्प लगेंगे, जो कि अधिक हैं तथा इससे समरूप प्रकाश प्राप्त नहीं होगा। इसलिए चौड़ाई में 3 तथा लम्बाई में 9 लेम्प लगाकर समरूप प्रदीपन प्राप्त नहीं किया जा सकता है, यद्यपि इसमें उपरोक्त संख्या ज्ञात से 1 लैम्प कम लगता है परन्तु समरूप प्रदीपन प्राप्त होता है। चित्र 1.40 में 27 लैम्पों को लगाकर दिखाया गया है।

उदाहरण 1.22—एक कार्यशाला जिसकी परिमाप 10 मी × 20 मी की है, को 200 वाट के 25 लैम्पों से प्रकाशित करना है। प्रत्येक की दक्षता 15 ल्यूमन प्रति वाट है। उपयोगिता कारक 0.5 ह्रास तथा अनुरक्षण कारक (depreciation factor) 0.8 मानते हुए कार्य क्षेत्र पर प्रदीपन ज्ञात कीजिए।

हल—कार्यशाला का क्षेत्र जिसको प्रकाशित करना है,

$$A = 20 \times 10 = 200 \text{ वर्ग मीटर}$$

लैम्पों से प्राप्त कुल ल्यूमन,

$\phi =$ लैम्पों की संख्या × लैम्प का वाट × लैम्प की दक्षता ल्यूमन प्रति वाट में

$= 15 \times 200 \times 15 = 45,000$ ल्यूमन्स

कार्य क्षेत्र पर प्राप्त ल्यूमन्स $= 45,000 \times 0.5 \times 0.8 = 18,000$ ल्यूमन्स

कार्य क्षेत्र पर औसत प्रदीपन $E = \dfrac{\text{कार्य क्षेत्र पर पहुँचने वाली ल्यूमन}}{\text{कार्य क्षेत्र का क्षेत्रफल}}$

$$= \frac{18,000}{20 \times 10} = 90 \text{ लक्स}$$

उदाहरण 1.23—6 मीटर व्यास का एक छोटा-सा क्षेत्र, इसके केन्द्र पर 4 मीटर की ऊँचाई पर लटके एक लैम्प से प्रदीप्त प्राप्त किया जाता है। 20 ल्यूमन्स प्रति वाट की दक्षता के साथ एक परावर्तक फिट है जो निर्गत प्रकाश को केवल प्रदीप्त किए जाने वाले क्षेत्र पर डालता है जिससे इस पर एक समान कैन्डल शक्ति प्राप्त हो। लैम्प की वाटता ज्ञात कीजिए। उपयोग गुणक 0.4, रख-रखाव कारक 0.8 लें तथा प्रदीप्त स्तर 750 लक्स मानिए।

हल—6 मीटर व्यास के स्थान का क्षेत्रफल,

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$= \frac{3.142 \times 6^2}{4} = 28.28 \text{ वर्ग मीटर}$$

कार्य क्षेत्र का प्रदीपन, $E = 750$ लक्स

चूँकि लगने वाला लैम्प प्रकाश को केवल प्रदीप्त किए जाने वाले क्षेत्र पर डालता है। रख-रखाव गुणक, $P = 0.8$, $\eta = 0.4$ दिया है।

$$\therefore \quad \phi = \frac{E \times A}{\eta \times p} = \frac{750 \times 28.28}{0.4 \times 0.8} = 66281.25 \text{ ल्यूमन्स}$$

$\therefore$ आवश्यक लैम्प वाटेज $= \dfrac{66281.25}{20} = 3314.06$ वाट

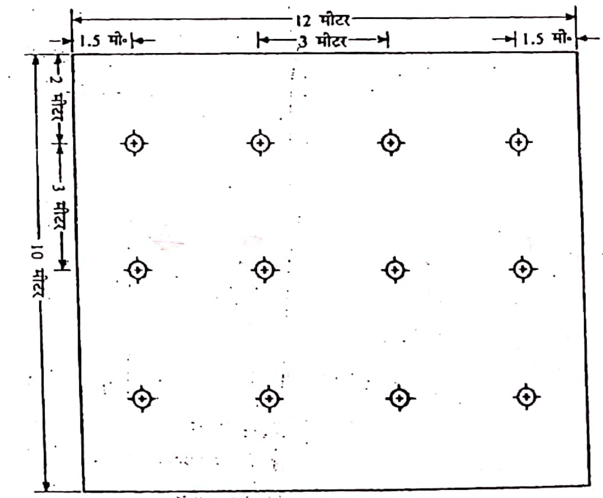
या 200 वाट के कुल लैम्पों की संख्या

$$\frac{3314}{200} = 16.57 \text{ या } 16 \text{ लैम्पों की आवश्यकता होगी।}$$

उदाहरण 1.24—12 मीटर × 10 मीटर × 4 मीटर के एक कमरे में कार्यतल, जो फर्श से 70 सेमी ऊँचाई पर है, पर 80 लक्स की प्रदीप्ति अप्रत्यक्ष प्रकाश व्यवस्था द्वारा प्रदत्त की जाती है। उपयोग गुणक 0.5 अनुरक्षण गुणक 0.75 मानिए। लैम्पों का निर्धारण-(rating) तथा संख्या ज्ञात कीजिए।

लैम्प दक्षता 15 ल्यूमन्स प्रति वाट मानिए।

हल—कुल आवश्यक फ्लक्स, $\phi = \dfrac{E \times A}{\eta \times P}$



चित्र 1.41

यहाँ $E = 80$ लक्स या lm/m^2

$A = 12 \times 10 = 120$ वर्ग मीटर

$\eta = 0.5$, रख-रखाव/अनुरक्षण गुणक $= 0.75$

$\therefore \quad \phi = \dfrac{80 \times 120}{0.5 \times 0.75} = 25,600$ ल्यूमन्स

कुल आवश्यक वाटेज $= \dfrac{25,600}{15} = 1706.6$ वाट

लैम्प दक्षता 15 ल्यूमेन प्रति वाट है।

कल्पना कीजिए कि 150 वाट के लैम्पों का प्रयोग करना है

$\therefore$ 150 वाट के लैम्पों की संख्या $= \dfrac{1706.6}{150}$

$= 11.37$

या $= 12$ लैम्प ले सकते हैं।

इस प्रकार 12 मीटर × 10 मीटर के कमरे में 4 लैम्पों की तीन पंक्तियाँ एक दूसरे से 3 मीटर के स्पेसिंग पर लगाई जा सकती हैं जैसा कि चित्र 1.41 में दिखाया गया है।

उदाहरण 1.25—किसी दुकान में अप्रत्यक्ष प्रकाश व्यवस्था द्वारा फर्श से एक मीटर की ऊँचाई के तल पर 100 ल्यूमन्स प्रतिवर्ग मीटर का क्षैतिज प्रदीप्ति स्तर प्रदान किया जाना है। निम्नलिखित आँकड़ों के साथ दुकान की प्रकाश व्यवस्था के लिए उचित डिजाइन ज्ञात कीजिए।

दुकान की माप = 10 × 20 मीटर

उपलब्ध लैम्प = 100 वाट (तन्तु प्ररूपी)

लैम्प दक्षता = 10 ल्यूमन्स/वाट

उपयोगी गुणांक = 0.5

ह्रास गुणांक = 0.8

हल—दुकान का क्षेत्रफल = 10 × 20 = 200 वर्ग मीटर

उपयोगी गुणक = 0.5

ह्रास गुणांक या रख-रखाव गुणांक = 0.8

कुल आवश्यक ल्यूमन्स, $\phi = \dfrac{E \times A}{\eta \times P}$ ...(सूत्र)

जहाँ $E =$ आवश्यक ल्यूमन्स/मी^{2} में = 100 ल्यूमन्स/मीटर^2

दुकान में 100 ल्यूमन्स प्रति वर्ग मीटर का प्रदीप्ति स्तर प्रदान किया जाता है।

$A =$ प्रदीपन होने वाले कार्य स्थान का क्षेत्रफल वर्गमीटर में

$\eta =$ उपयोगी गुणक = 0.5

$P =$ ह्रास या रख-रखाव गुणांक = 0.8

$\therefore \quad \phi = \dfrac{100 \times 10 \times 20}{0.5 \times 0.8} = 50000$ ल्यूमन्स

चूँकि प्रदीपन के लिए 100 वाट का लैम्प (तन्तु प्ररूपी) प्रयोग किया जाना है, जिसकी लैम्प दक्षता 10 ल्यूमन्स वाट है।

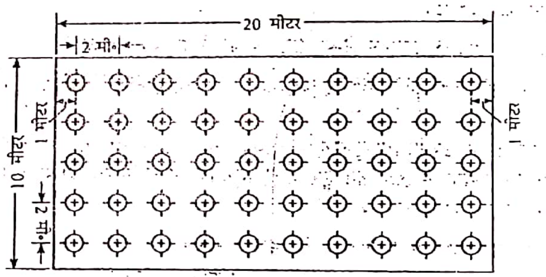
$\therefore$ 100 वाट के लैम्प की कुल ल्यूमन्स निर्गत = 10 × 100

= 1000 ल्यूमन्स

$\therefore$ दुकान को प्रदीप्ति करने के लिए लैम्पों की संख्या $= \dfrac{50000}{1000}$

= 50 लैम्प

इस प्रकार 10 × 20 मीटर की दुकान में 100 वाट के 10 लैम्पों की पाँच पंक्तियाँ 2 मीटर के स्पेसिंग पर लगाई जा सकती हैं जैसा कि चित्र 1.42 में दिखाया गया है।



चित्र 1.42

उदाहरण 1.26—30 मी × 15 मी × 5 मी ऊँचे हॉल में 120 ल्यूमन्स/मी^{2} की सामान्य प्रदीप्ति प्रदान की जाती है। उपयोगी गुणक 0.5 एवं अवक्षय गुणक (depreciation factor) 1/1.4 मानते हुए प्रदीप्ति नलिकाओं (fluorescent tubes) की संख्या, परस्पर दूरी आरोपण ऊँचाई (mounting height) तथा कुल वाटता ज्ञात कीजिए। 80 वाट के नलिका के लिए प्रतिदीप्ति नलिकाओं की ज्योति दक्षता 40 ल्यूमेन प्रति वाट है।

हल— $\phi = \dfrac{EA}{\eta P}$ ...(सूत्र)

$\therefore$ यहाँ $E = 120$ ल्यूमन्स/मी^{2}

$A = 30$ मी × 15 मी = 450 वर्ग मीटर

$\eta = 0.5$ तथा अवक्षय गुणक 1/1.4

Scanned by CamScanner

80 वाट की नलिका की ज्योति दक्षता = 40 ल्यूमन्स प्रति वाट

$\because \quad \phi = \frac{120 \times 450}{0.5 \times 1/1.4} = 151200$ ल्यूमन्स

कुल आवश्यक वाटता $= \frac{151200}{40} = 3780$ वाट

यहाँ 80 वाट की नलिकाओं का प्रयोग किया जाना है

$\therefore$ 80 वाट की नलिकाओं की संख्या $= \frac{3780}{80} = 47.25$ या 48

इस प्रकार 30 मी × 15 मी × 5 मी ऊँचे हॉल में 10 ट्यूबों की पाँच पंक्तियाँ एक दूसरे से 3 मीटर के स्पेसिंग पर लगाई जा सकती हैं यद्यपि इनमें दो लैम्प अधिक लगते हैं, लेकिन समरूप प्रदीपन प्राप्त होता है। हॉल में इन्हें छत से दो मीटर नीचे लटकाया जा सकता है।

उदाहरण 1.27—एक 20 मी × 20 मी की कार्यशाला की बैंच तल तक (up to bench level) 150 लक्स के मान प्रदीप्ति (illuminate) करना है निम्न प्रकाश योजनाओं की सन्तुति की गयी है।

(अ) 150 वाट के टंगस्टन लैम्पों द्वारा जिनकी निर्गत 13 lm/W हैं।

(ब) 80 वाट के प्रतिदीप्ति लैम्पों (fluorescent lamps) द्वारा जिनकी निर्गत 40 lm/W है।

कार्यशाला का उपयोगिता गुणांक (coefficient to utilization) 0.6 तथा अनुरक्षण गुणांक प्रत्येक स्थिति में 0.8 लेते हुए, दोनों स्थितियों में लैम्पों की संख्या ज्ञात कीजिए। आप किस स्थिति की संस्तुति करेंगे।

हल—कार्यशाला का क्षेत्रफल = 20 × 20 = 400 मी^{2}

$$\text{कुल आवश्यक ल्यूमन निर्गत} = \frac{\text{प्रदीपन} \times \text{क्षेत्रफल}}{\text{उपयोगिता गुणांक} \times \text{अनुरक्षण गुणांक}}$$

$$= \frac{150 \times 400}{0.6 \times 0.8}$$

$$= 125000 \text{ ल्यूमन्स (lm)}$$

(अ) ल्यूमन निर्गत प्रति लैम्प = 150 × 13

= 1950 ल्यूमन्स (lm)

प्रथम स्थिति में लैम्पों की संख्या $= \frac{125000}{1950}$

= 64 लैम्प

(ब) ल्यूमन्स निर्गत प्रति प्रतिदीप्ति लैम्प = 80 × 40 = 3200 ल्यूमन्स (lm)

द्वितीय स्थिति में लैम्पों की संख्या $= \frac{125000}{3200}$

= 40 लैम्प (लगभग)

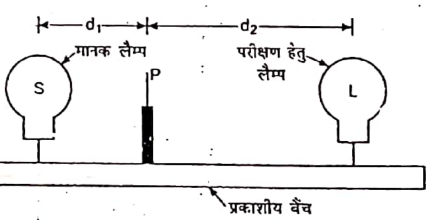
द्वितीय स्थिति में संस्तुति की जाती है।

§ 1.55. प्रकाशमापी लेन्स या हैड द्वारा ल्यूमिन्स तीव्रता का मापन (Measurement of Luminous Intensity by Photometric Lens or Head)

चित्र 1.43 में दिखाए गए लैम्प L की ल्यूमिन्स तीव्रता मानक लैम्प S के साथ तुलना करके ज्ञात की जा सकती है, जिसकी ल्यूमिन्स तीव्रता ज्ञात होती है। दोनों लैम्पों को एक प्रकाशीय बैंच (Optical bench) पर प्रकाशमापी लेन्स (P) के साथ इस प्रकार लगाया जाता है ताकि प्रकाशमापी लेन्स की स्थिति को तब तक परिवर्तित किया जा सके, जब तक उसकी दोनों साइडें (sides) समान रूप में चमकीली (bright) न हो जायें। यदि सन्तुलन के समय प्रकाशमापी लेन्स (P) से लैम्प (S) तथा (L) की दूरी d_1 तथा d_2 हो तो

$$\frac{\text{लैम्प } S \text{ ल्यूमन्स तीव्रता}}{d_1^2} = \frac{\text{लैम्प } L \text{ की ल्यूमिन्स तीव्रता}}{d_2^2}$$

$$\therefore \text{ लैम्प } L \text{ की ल्यूमिन्स तीव्रता} = \text{लैम्प } S \text{ की ल्यूमिन्स तीव्रता} \times \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$



चित्र 1.43 प्रकाशमापी लैम्प के द्वारा ल्यूमिन्स तीव्रता का मापन

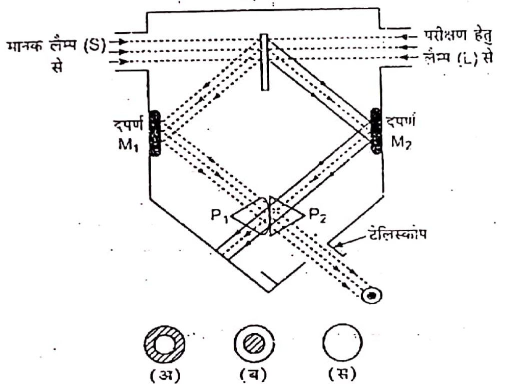
§ 1.56 लूम्मर-ब्रोधम प्रकाशमापी हैड (Lummer-Brodhum Photometer Head)

यह दो प्रकार के होते हैं—(i) चमकीलेपन की समानता प्रारूपी (equality of brightness) तथा (ii) वैषमय की समानता प्रारूपी (equality of contrast)।

लैम्पों की ल्यूमिन्स तीव्रता की शुद्धता से तुलना करने के लिए प्रायः लूम्मर-ब्रोधम प्रकाशमापी हैड का प्रयोग किया जाता है। जिसमें (i) चमकीलेपन की समानता प्रारूपी

Scanned by CamScanner

प्रकाशमापी हैड का सरल रूप चित्र 1.44 में दिखाया गया है। इसमें एक प्लास्टर ऑफ पेरिस के उच्च विसरन शक्ति के सफेद स्क्रीन D की दोनों सतहों का, मानक लैम्प S तथा परीक्षण हेतु लैम्प L से प्रदीप्त (illuminate) किया जाता है। ये सतहें प्रकाश को विसरित (diffuse) करती हैं तथा कुछ प्रकाश M_1 तथा M_2 दर्पणों (mirrors) द्वारा संयुक्त प्रिज्म (compound prism) P_1,P_2 पर परावर्तित (reflect) हो जाता है। संयुक्त प्रिज्म दो समकोणीय प्रिज्म से बना होता है जिसमें प्रिज्म P_1 की मुख्य सतह (principal surface), केन्द्र में एक छोटा चपटा भाग लिए गोलाकार होती है जैसा कि चित्र 1.44 में दिखाया गया



चित्र 1.44 लूम्मर-ब्रोधम प्रकाशमापी हैड
(Lummer-Brodhum photometer head)

है। प्रिज्म के केन्द्र में यह छोटा चपटा भाग प्रिज्म P_2 तथा दर्पण M_1 से परावर्तित प्रकाश के साथ प्रकाशीय सम्पंक (optical contact) बनाता है तब केवल इस सम्पर्क क्षेत्र द्वारा गुजरने वाले प्रकाश भाग को टेलिस्कोप द्वारा देखा जा सकता है।

स्क्रीन D की दोनों ओर की सतहों को मानक लैम्प S तथा परीक्षण हेतु लैम्प L द्वारा प्रदीप्त (illuminate) किया जाता है। मानक लैम्प S तथा परीक्षण हेतु लैम्प (L) से निकलने वाली प्रकाश किरणें स्क्रीन (D) द्वारा दर्पण M_1 तथा M_2 पर परिवर्तित होती हैं तथा इन दर्पणों से संयुक्त प्रिज्म पर परावर्तित हो जाती हैं। दर्पण M_1 द्वारा परावर्तित प्रकाश का केवल वह भाग जो गोलाकार प्रिज्म P_1 की चपटी सतह पर पड़ता है, टेलिस्कोप (telescope) में प्रवेश करता है तथा शेष भाग पीछे की ओर परावर्तित (reflect) हो जाता है। दर्पण M_2 द्वारा परावर्तित प्रकाश का वह भाग जो दो प्रिज्मों के सम्पर्क सतह (contact surface) पर पड़ता है, संयुक्त प्रिज्मों में सीधा निकल जाता है तथा शेष भाग टेलिस्कोप की ओर परावर्तित हो जाता है। इस प्रकार देखने वाला गोलाकार क्षेत्र के केन्द्र का भाग, परीक्षण हेतु लैम्प द्वारा प्रदीप्त देखता है तथा बाह्य रिंगदार क्लैम्प द्वारा प्रदीप्त होता है।

यदि मानक लैम्प अधिक प्रदीपन उत्पन्न करता है तो टेलिस्कोप से चित्र 1.44 (अ) के अनुसार दृश्य दिखाई देता, जहाँ छायादार भाग कम प्रदीपन को प्रदर्शित करता है। चित्र 1.44 (ब) में उस स्थिति को दिखाया गया है जब परीक्षण लैम्प अधिक प्रदीपन उत्पन्न करता है। चित्र 1.44 (स) समरूप प्रदीपन प्रदर्शित करता है। समरूप प्रदीपन की स्थिति को दोनों लैम्पों से उचित अन्तर पर समंजित करके प्राप्त किया जा सकता है।

इस स्थिति में $E_1 = E_2$

$$= \frac{\text{मानक लैम्प } (S) \text{ की ल्यूमिन्स तीव्रता } I_1}{d_1^2}$$

$$= \frac{\text{परीक्षण हेतु लैम्प} (L) \text{ की ल्यूमिन्स तीव्रता } I_2}{d_2^2}$$

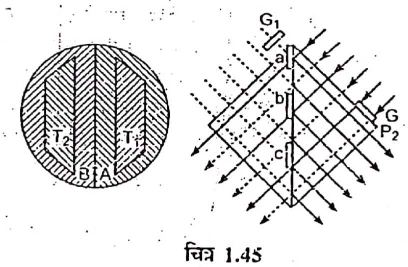
जहाँ d_1 तथा d_2 स्क्रीन से लैम्पों की क्रमशः दूरियाँ हैं।

$$\therefore \qquad I_2 = I_1 \times \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

चूँकि मनुष्य की आँख चमकीलेपन की अपेक्षा वैषम्य (contrast) अधिक शुद्धता के साथ निर्णय कर सकती हैं, इसलिए अधिक शुद्ध कार्यों के लिए वैषम्य प्रारूपी प्रकाशमापी प्रयोग किया जाता है।

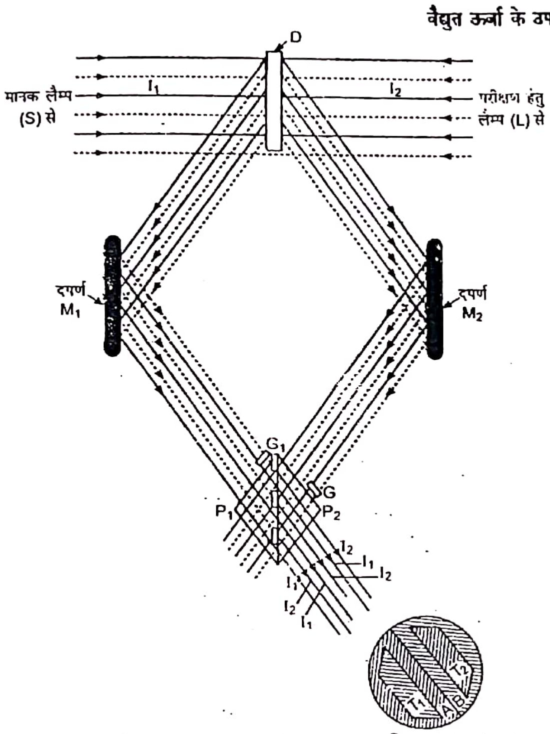
§ 1.57 वैषम्य का समानता प्रारूपी प्रकाशमापी हैड
(Equality of Contrast type Photometer Head)

– यह प्रकाशमापी चमकीलेपन के समानता प्रारूपी प्रकाशमापी के लगभग समान ही होता है, अन्तर केवल इतना होता है कि इसके समकोण प्रिज्म अपनी मुख्य सतहों पर एक दूसरे के साथ मिले रहते हैं तथा बायीं ओर के प्रिज्म की मुख्य सतह तीन स्थानों (a, b, c) पर चित्रानुसार कटी (etched) होती है। इसके अतिरिक्त दो काँच की पतली पट्टियाँ G_1 तथा G_2 प्रिज्मों पर चित्रानुसार (चित्र 1.45) लगी रहती है, इसकी मोटाई इतनी रखी जाती है ताकि ये अपने पर पड़ने वाले आपाती प्रकाश (incident) का लगभग 8% प्रकाश शोषित करें।



चित्र 1.45

Scanned by CamScanner



चित्र 1.46 वैषम्य प्रारूपी-लूम्मर ब्रोधम प्रकाशमापी का सुधरा रूप

यह ध्यान देने योग्य है कि दो समलम्बाकार (trapezoids) T_1 तथा T_2 पर पड़ने वाले प्रकाश को उपरोक्त दोनो प्लेटें G_1 तथा G_2 पर काटती हैं। परिणामस्वरूप पृष्ठ-भूमि (background) A की अपेक्षा T_1 का प्रदीपन थोड़ा कम होता है जबकि पृष्ठ-भूमि B की अपेक्षा T_2 का प्रदीपन थोड़ा कम होता है। इस प्रकार एक समलम्बाकार तथा उसकी पृष्ठ-भूमि के मध्य वैषम्य (contrast) उत्पन्न होने पर समतुल्य प्राप्त हो जाता है जो कि दृश्य क्षेत्र के दोनों अर्द्ध भागों में समान होगा। वैषम्य प्रारुपी-लूम्मर ब्रोधम प्रकाशमापी का सुधरा रूप (चित्र 1.46) में दिखाया गया है। इस प्रकार के प्रकाशमापी से 1% तक का शुद्ध परिणाम प्राप्त किया जा सकता है।

अभ्यास के लिए सैद्धान्तिक प्रश्न

1. प्रकाश से आप क्या समझते हैं?
2. निम्नलिखित की परिभाषा लिखिए—
   (i) कैन्डेला (candela), (ii) ल्यूमिन्स या ज्योतीय तीव्रता, (iii) ल्यूमन (lumen), (iv) ल्यूमन घण्टा, (v) ज्योतीय फ्लक्स, (vi) प्रदीपन, (vii) परिवर्तक गुण।
3. चमकीलापन या जयोतिर्यता से आप क्या समझते हैं?
4. प्रदीपन के नियम लिखिए।
5. लैम्प कितने प्रकार के होते हैं? कार्बन तथा टंगस्टन तन्तु शून्य लैम्प में क्या अन्तर है?
6. प्रकाश योजना बनाते समय क्या-क्या सावधानियाँ बरतनी चाहिए?
7. प्रत्यक्ष प्रकाश योजना तथा अप्रत्यक्ष प्रकाश योजना में क्या अन्तर है?
8. विसरण (Diffusing) तथा परावर्ती प्रकाश फिटिंग से आप क्या समझते हैं?
9. घरेलू प्रकाश योजनाओं में कौन-कौन से लैम्प प्रयोग किए जाते हैं?
10. आर्क लैम्प के कार्य सिद्धान्त का वर्णन करें।
11. गैसीय विसर्जन लैम्प कितने प्रकार के होते हैं?
12. मरकरी वाष्प लैम्प कितने प्रकार के होते हैं? मरकरी वाष्प लैम्प सहायक इलैक्ट्रॉड के साथ (M.A. type) तथा मरकरी वाष्प लैम्प बेनट कप सहित वर्णन कीजिए।
13. सोडियम वाष्प लैम्प का वर्णन कीजिए।
14. निऑन लैम्प का वर्णन चित्र बनाकर कीजिए।
15. प्रतिदीप्ति ट्यूब का सचित्र वर्णन कीजिए।
16. निम्न पर संक्षेप में टिप्पणियाँ लिखिए—
   (i) चौंध (glare) (ii) परावर्ती कारक (reflection factor), (iii) बीम कारक (beam factor), (iv) अपव्यय प्रकाश कारक (waste light factor), (v) ऊँचाई अनुपात।
17. उपयोगिता कारक तथा अनुरक्षण कारक की परिभाषा लिखिए।
18. M.H.C.P तथा M.S.C.P. की परिभाषा लिखिए।
19. एक लैम्प की निर्गत (output) एवं जीवन (life) पर वोल्टता का क्या प्रभाव पड़ता है?
20. Fluorescent एवं Filament लैम्पों को रोशनी में विशेष (quality), Capital एवं Running लागतों के आधार पर तुलना कीजिए।
21. कुछ पंक्तियों में निम्न के उत्तर दीजिए—
   (i) उपयोगिता कारक, (ii) निऑन लैम्प।
22. (अ) प्रदीपन के नियम लिखिए।
   (ब) निम्नलिखित के मानक लिखिए—
      (i) ज्योति फ्लक्स (luminous flux) (ii) ज्योति तीव्रता (luminous

Scanned by CamScanner

intensity) (iii) प्रदीपन (illumination), (iv) परिवर्तन गुणांक (reduction factor)।

23. गैस पूर्ति कुण्डलित कुण्डली लैम्प (gas filled coiled coil lamp) पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

24. (a) प्रदीपन के नियम लिखिए,

(b) प्रकाश तथा प्रदीपन में क्या अन्तर है ?

25. (क) तन्तु लैम्प (filament lamp) के तन्तु के लिए प्रयोग होने वाले किसी एक पदार्थ का नाम लिखिए। इस पदार्थ के चयन के लिए कारक (factor) लिखिए तथा प्वाइन्टों को लिखिए जिससे उनका कार्यकाल (life) प्रभावित होता है।

(ख) निर्वात (vacuum) तथा गैस पूरित लैम्पों (gas filled lamps) की तुलना कीजिए।

(ग) प्रतिदीप्ति नली (fluorescent tube) की कार्य विधि का सचित्र वर्णन कीजिए।

26. किसी working plane पर प्रदीपन ज्ञात करने में प्रयोग किए कारकों की व्याख्या कीजिए।

27. आप्लवी प्रकाश से आप क्या समझते हैं ?

28. (क) निम्नलिखित में तुलना कीजिए—

(i) Plane angle तथा Solid angle:

(ii) ल्यूमिन्स फ्लक्स (luminous flux) तथा ल्यूमिन्स तीव्रता (luminous intensity)

(iii) औसत क्षैतिज कैंडल शक्ति (mean horizontal candle power) तथा औसत गोलाकार कैण्डल शक्ति (mean spherical candle power)।

(ख) क्या किसी लैम्प की क्षमता उसके वाटेज (wattage) के साथ बढ़ती या घटती है ?

(ग) एक प्रतिदीप्ति नली (fluorescent tube) के तन्तु लैम्प की अपेक्षा लाभ लिखिए।

29. (क) प्रदीपन लैम्प दक्षता तथा स्पेस-ऊँचाई अनुपात की परिभाषा दीजिए।

(ख) Filament के लिए tungesten क्यों चुना जाता है ? इसकी आयु को प्रभावित करने वाले कारक लिखिए।

(ग) सोडियम वाष्प लैम्प, उच्च दाब मरकरी लैम्प तथा तन्तु लैम्प (filament lamp) के लाभ तथा हानियाँ लिखिये।

30. (क) प्रदीपन में प्रयोग होने वाले निम्नलिखित शब्दों में से किन्हीं तीन की परिभाषा लिखिए।

(i) ज्योति फ्लक्स, (ii) ज्योति तीव्रता, (iii) परिवर्तन गुणक (reduction factor) तथा (iv) अवमूल्यन गुणांक।

(ख) समतल पृष्ठ से h ऊँचाई पर लटके प्रकाश स्रोत के कारण समतल पृष्ठ के किसी बिन्दु पर प्रदीप्ति प्राप्त करने के लिए सम्बन्ध ज्ञात कीजिए।

31. प्रतिदीप्ति लैम्प पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

32. संयोजन आरेख द्वारा H.C. mains के प्रतिदीप्ति लैम्प की कार्यविधि समझाइये। इनमें स्टार्टर तथा चोक (choke) का क्या कार्य है? Performance में यह incandescent lamp से किस प्रकार भिन्न है ?

33. 'ज्योति फ्लक्स' 'ज्योति तीव्रता' तथा माध्य 'गोलीय कैंडिल शक्ति' शब्दों जैसे की प्रदीप्ति में प्रयोग होते हैं, की परिभाषा दीजिए तथा समझाइये।

34. (अ) ज्योति फ्लक्स, कैंडल शक्ति, माध्य गोलीय कैंडल शक्ति की परिभाषा लिखिए तथा प्रत्येक का मात्रक लिखिए।

(ब) (i) सोडियम वाष्प लैम्प तथा (ii) कार्बन आर्क लैम्प की कार्य विधि अभिलक्षण तथा अनुप्रयोग स्वच्छ चित्रों सहित समझाइये।

35. तन्तु लैम्प के लिए सर्वोपयुक्त पदार्थ ज्ञात करने हेतु विचारणीय बातों की विवेचना कीजिए—(i) उपयोग गुणक (coefficient of utilization), (ii) अवक्षय गुणक (depreciation factor) तथा वरिम ऊँचाई अनुपात (space height ratio) को परिभाषा लिखिए। उन सभी कारकों को लिखिए जिन पर उपयोग गुणक तथा अवक्षय गुणक निर्भर करते हैं। उदाहरण के साथ समझाइए कि प्रकाश गणनाओं (lighting calculations) में इन कारकों (factors) को किस प्रकार सम्मिलित किया जाता है ?

36. (अ) (i) ज्योति तीव्रता, (ii) प्रदीप्ति, (iii) luminance of surface तथा (iv) maintenance factor शब्दों की परिभाषा लिखिए तथा समझाइए।

(ब) परिपथ आरेख की सहायता से प्रतिदीप्ति नलिका की कार्य विधि को समझाइए। प्रत्येक अंक के कार्य लिखिए।

37. (अ) निम्न शब्दों की परिभाषा लिखिए तथा समझाइए—

(i) कैंडल शक्ति, (ii) Refraction factors (iii) Waste factor,

(iv) Reduction factor, (v) Luminous efficiency and

(vi) Photometric plane.

(ब) स्वच्छ चित्र देते हुए किसी सोडियम लैम्प की संरचना तथा प्रचालन को समझाइए। इसके उपयोग को लिखिए।

38. प्रकाश की मूल प्रकृति की व्याख्या कीजिए।

39. निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणियाँ लिखिए—

(क) प्रदीप्ति के नियम (Laws of illumination)

(ख) हैलोजन लैम्प।

Scanned by CamScanner

40. निम्न को स्पष्ट कीजिए—
   (क) तन्त के रूप में टंगस्टन क्यों चुना जाता है?
   (ख) स्ट्रोबोस्कोपिक प्रभाव से क्या तात्पर्य है? प्रतिदीप्ति नलिका प्रकाश (fluorescent tube lighting) में इस प्रभाव को किस प्रकार दूर किया जाता है?
41. (क) प्रदीप्ति के सम्बन्ध में प्रयोग होने वाले निम्नलिखित शब्दों की व्याख्या कीजिए—
   कैण्डल शक्ति, घन कोण, लैम्प दक्षता, अन्तराल ऊँचाई अनुपात, अनुरक्षण व्यय।
   (ख) परिपथ की सहायता से विभिन्न अंगों के कार्य देते हुए प्रतिदीप्ति नलिका (fluorescent tube) की कार्यविधि को समझाइये। प्रतिदीप्ति नलिका प्रकाश में स्ट्रोबोस्कोपिक प्रभाव को किस प्रकार दूर किया जाता है?
42. (क) प्रदीप्ति के सम्बन्ध में प्रयोग होने वाले निम्नलिखित शब्दों की व्याख्या दीजिए—
   (i) ज्योति फ्लक्स, (ii) ज्योति तीव्रता, (iii) माध्य क्षैतिज कैण्डल शक्ति (iv) अपरद प्रकाश गुणाक (waste light factor) (v) अवक्षय गुणाक तथा (vi) प्रदीप्ति।
   (ख) वक्रों की सहायता से ताप दीप्ति लैम्प के निर्गम ल्यूमेन, दक्षता तथा जीवन पर वोल्टता विचरण के प्रभावों को समझाइये।
   [संकेत—चित्र 1.25 तथा § 1.35 देखिए।]
43. कोई दो भाग कीजिए—
   (क) प्रतिदीप्ति नलिका तथा तन्तु लैम्प (filament lamp) के निष्पादन की तुलना कीजिए।
   (ख) किसी प्रकाश योजना को अभिकल्पित करने के लिए ध्यान में रखे जाने वाले कारकों की विवेचना कीजिए।
   (ग) प्रदीप्ति के सम्बन्ध में प्रयोग होने वाले निम्नलिखित पदों को समझाइये—
   (i) कैण्डल शक्ति, (ii) चौंध (glare), (iii) प्रदीप्ति, (iv) अपचयन गुणक (reduction factor) (v) अवशिष्ट गुणक (waste light factor)।
44. (क) सोडियम वाष्प लैम्प के कार्य सिद्धान्त को चित्र बनाकर समझाइये तथा इसके गुणों तथा दोषों का विवरण दीजिए।
   (ख) कुण्डलित कुण्डली गैस से भरे हुए ताप-दीप्ति (incandescent) लैम्प की कार्य प्रणाली का वर्णन कीजिए। एक निर्वात लैम्प की अपेक्षा इसकी दक्षता अधिक क्यों होती है?
45. (i) ज्योति तीव्रता (luminous intensity) तथा (ii) प्रदीप्ति (illumination) की इकाई लिखिए।
   [उत्तर—(i) कैण्डला, (ii) ल्यूमन/मी^{2}]
46. Lumen की परिभाषा लिखिए तथा Lux के साथ इसके सम्बन्ध को दीजिए।

47. वैद्युत आर्क के ऋणात्मक प्रतिरोध गुण के अभिप्राय को समझाइये तथा इसके प्रभावों को दीजिए।
48. उस सिद्धान्त को समझाइए जिस पर निरावेश (discharge) लैम्प कार्य करता है। निरावेश लैम्प के लाभ तथा अलाभों की विवेचना तन्तु लैम्प की अपेक्षा कीजिए।
49. धातु तन्तु लैम्प के प्रचालन सिद्धान्त को समझाइये। इस लैम्प की दक्षता तथा ल्यूमेन निर्गत पर प्रदाय वोल्टता विचरण के प्रभावों की विवेचना कीजिए।
50. (क) समतल मरकरी डिस्चार्ज रोशनी की अपेक्षा सादे फ्लोरेसेन्ट रोशनी के लाभों का वर्णन कीजिए।
   (ख) उच्च दाब मरकरी वाष्प लैम्प की बनावट और कार्य विधि का वर्णन कीजिए।
51. निम्न पदों को परिभाषित कीजिए तथा उनके नापने की यूनिटें बताइए—
   ज्योति तीव्रता, प्रदीप्ति तथा चमक (Brightness)।
52. प्रदीप्ति नलिका का रेखाचित्र खींचिए तथा इसकी कार्य विधि समझाइये। आधुनिक नलिकाओं में स्ट्रोबोस्कोपिक प्रभाव को कैसे दूर किया जाता है?
53. (अ) सोडियम वाष्प लैम्प का रेखाचित्र बनाकर उसकी कार्य पद्धति का वर्णन कीजिए। यह लैम्प कहाँ उपयोग में आता है?
   (ब) निम्न पदों की परिभाषा दीजिए उपयोगिता गुणक, ह्रास गुणांक, दूरी ऊँचाई अनुपात, चौंध व अपरद प्रकाश गुणांक (waste light factory)।

विचार प्रश्न

निम्न में सबसे उपयुक्त उत्तर पर (√) का चिन्ह अंकित कीजिए—

1. प्रदीप्ति ट्यूब, उसी पावर के तन्तु लैम्प (filament lamp) की अपेक्षा अधिक रोशनी देता है—
   (अ) तन्तु लैम्प, प्रदीप्त ट्यूब की अपेक्षा बहुत पुराने हैं।
   (ब) तन्तु लैम्पों में विद्युत शक्ति ऊष्मा में नष्ट हो जाती है जबकि प्रतिदीप्ति ट्यूब में बहुत कम ऊष्मा नष्ट होती है।
   (स) कोई अन्तर नहीं है।
   (द) महँगी चीज हमेशा सस्ती चीज से अच्छी होती है।
2. सोडियम वाष्प लैम्प कहाँ प्रयोग किए जाते हैं?
3. मरकरी वाष्प लैम्पों तथा प्रतिदीप्ति नली में, संधारित्र का प्रयोग क्यों आवश्यक है?
4. निऑन ट्यूब में प्रयोग करते समय अधिक सावधानियाँ लेने की आवश्यकता पड़ती है, क्यों?
5. गैसीय विसर्जन लैम्प पूर्ण प्रकाश देने में समय लेते हैं, क्यों?
6. मरकरी वाष्प लैम्प, सहायक इलैक्ट्रोड सहित को लम्ब रूप में प्रयोग किया जाता है, क्यों?

Scanned by CamScanner

7. प्रकाश योजनाओं का डिजाइन करते समय किन मुख्य बातों को ध्यान में रखना चाहिए?
8. प्रदीपन के स्तर में आप क्या समझते हैं?
9. निम्न की परिभाषा लिखिए—
   (अ) स्पेस ऊँचाई अनुपात, (ब) उपयोगिता कारक, (स) ह्रास या रख-रखाव कारक।
10. एक अच्छे तन्तु पदार्थ में क्या गुण होने चाहिए?
11. लैम्प तन्तु (filament) के लिए टंगस्टन धातु का प्रयोग क्यों किया जाता है?
12. चोक का प्रतिदीप्ति ट्यूब में कार्य लिखिए।
13. स्टार्टर का प्रतिदीप्ति ट्यूब में कार्य लिखिए।
14. प्रतिदीप्ति ट्यूब परिपथ में संधारित्र के प्रयोग से क्या लाभ हैं?
15. स्टार्टर क्या है? इसका प्रतिदीप्ति ट्यूब में क्या कार्य है?
16. प्रतिदीप्ति लैम्प स्टार्टर कितने प्रकार के होते हैं? ग्लो स्टार्टर के कार्य समझाइए।
17. प्रकाश फिटिंग (light fittings) की समय-समय (periodically) पर सफाई करना क्यों आवश्यक है?

संख्यात्मक प्रश्न

1. एक कार्यशाला 16 मी × 23 मी × 4.5 मी (ऊँची) है तथा इसमें साधारण फिटिंग बेन्चें लगी हैं, जिन पर छोटे-छोटे कार्य किए जाते हैं? इस कार्यशाला के प्रदीपन के लिए 300 लक्स (lm/m^2) की आवश्यकता है। निम्न योजना की सिफारिश की गयी है—
   (अ) 40 वाट की दोहरी प्रतिदीप्ति फिटिंग, 40 ल्यूमन प्रति वाट की।
   (ब) 200 वाट टंगस्टन तन्तु, लैम्प 13 ल्यूमन प्रति वाट। उपयोगिता कारक 0.65 तथा ह्रास या रख-रखाव कारक 0.8 लें। प्रत्येक योजना के लिए आरेख बनाएँ तथा लैम्पों की स्थिति उनकी स्पेसिंग (spacing) तथा लगाने की ऊँचाई भी दर्शाइए।
   [उत्तर: (अ) 66 प्रतिदीप्ति फिटिंग, (ब) 82 लैम्प]
2. एक कार्यशाला 50 मी × 12 मी × 6 मी परिमाप की है। उसमें 8 (lm/m^2) का प्रदीपन करना है उसमें लगने वाले लैम्पों की संख्या, उनके वाट तथा स्थिति ज्ञात करें। उपयोगिता कारक 0.4 तथा रख-रखाव कारक 0.8 मानें तथा लैम्पों की दक्षता 14 ल्यूमन प्रति वाट हो।
   [उत्तर: 8 लैम्प, 300 वाट के लैम्प]
3. एक कार्यशाला जिसकी माप 15 मी × 25 मी है। उसका 2000 वाट के 300 लैम्पों से, जिसकी दक्षता 15 ल्यूमन प्रति वाट, प्रकाशित करना है। उपयोगिता गुणक को 0.5 तथा रख-रखाव (depreciation factor) को 0.8 मानकर कार्य तल पर प्रदीपन ज्ञात कीजिए।
   [उत्तर: 960 लक्स]

4. चार लैम्प जो 9 मीटर की ऊँचाई पर एक 12 मी के वर्ग के कोनों पर लटके हैं, उसमें से प्रत्येक 2000 कैण्डल शक्ति (C.P.) का प्रकाश लैम्प नीचे एक समान क्षैतिज पर डालता है। प्रदीपन को प्रत्येक लैम्प के ठीक नीचे ज्ञात कीजिए।
5. 1000 C.P. का एक लैम्प 15 वर्ग मीटर के हॉल के मध्य बिन्दु के ऊपर 10 मी की ऊँचाई पर लटका हुआ है लैम्प के ठीक नीचे के बिन्दु एवं कोनों पर प्रदीपन (illumination) ज्ञात कीजिए।
6. एक 250 वाट के लैम्प की कुल फ्लक्स 3000 ल्यूमन है तथा यह 1 ऐम्पियर धारा लेता है (i) ल्यूमन प्रति वाट तथा (ii) M.S.C.P. प्रति वाट की गणना कीजिए।
   [उत्तर: 12 ल्यूमन प्रति वाट, (ii) 0.96]
7. एक 800 वाट का लैम्प जिसकी औसत गोलाकार कैण्डल (M.S.C.P.) 750 है, कार्य स्थल से 5 मीटर ऊँचाई पर लगा है ज्ञात कीजिए—(i) प्रकाश की कुल ल्यूमिन्स फ्लक्स, (ii) लैम्प के ठीक नीचे ल्यूमन। मानकर चलें कि इस क्षेत्र में प्रदीपन समरूप है।
   [उत्तर: (i) 9.420 ल्यूमन, (ii) 20 लक्स, (iii) 11.715 ल्यूमन प्रति वाट, (iv) 5.89 ल्यूमन्स]
8. एक भवन का अग्र भाग जो 50 मी × 10 मी है को 1000 वाट के 16 लैम्पों से समरूप प्रदीपन करना है। ल्यूमन्स दक्षता 17.4 ल्यूमन/वाट तथा उपयोगी कारक 0.4 मानते हुए, सतह पर प्रदीपन ज्ञात कीजिए।
   [उत्तर: 139.2lm/m^2]
9. एक 50 मी × 12 मी कार्यशाला को 80 lm/m^2 के प्रदीपन से प्रकाशित करना है। लैम्पों की संख्या, उनकी वाटेज (wattage) तथा लगाने की स्थिति ज्ञात कीजिए। रख-रखाव कारक 0.8, उपयोगिता कारक 0.4 तथा प्रत्येक लैम्प की दक्षता 14 ल्यूमन प्रति वाट है।
   [उत्तर: (i) 9428.57 ल्यूमन, (ii) 30 लक्स/मी^{2}, (iii) 11.785 ल्यूमन/वाट]
10. 750 M.S.C.P. का 800 वाट का लैम्प जमीन से 5 मीटर ऊपर लटका है। (i) कुल ज्योति फ्लक्स, (ii) लैम्प के ठीक नीचे प्रदीप्ति तथा (iii) लैम्प की कुल दक्षता ज्ञात कीजिए। क्षेत्र में समान प्रदीप्ति है।
   [उत्तर: (i) 9428.57 ल्यूमन, (ii) 30 लक्स/मी^{2} (iii) 11.785 ल्यूमन/वाट]
11. प्रकाश परिकलन (lighting calculation) की 'बिन्दु से बिन्दु विधि' (point to point method) द्वारा क्या समझते हैं?
    8 m × 15 m तथा 5 m ऊँचाई वाले एक पढ़ने के कमरे को प्रकाशित करने के लिए एक योजना प्रस्तुत कीजिए। अपने अभिकल्प (design) के आधार पर बताइए तथा अनुमानों को स्पष्ट रूप से लिखिए।
12. सब दिशाओं में 1,000 ल्यूमन देने वाले लैम्प कार्य तल से 8 मीटर की ऊँचाई पर

Scanned by CamScanner

लटकाया जाता है। (i) ठीक लैम्प के नीचे तथा (ii) लैम्प के पैर (foot) से 6 मीटर दूरी पर प्रदीप्ति ज्ञात कीजिए। (उदाहरण 1.2 देखिए)।

13. एक 1000 सी पी का बल्ब क्षैतिज धरातल से चार मीटर की ऊँचाई पर लटका है (i) बल्ब के ठीक नीचे तथा (ii) बल्ब के लम्बवत् अक्ष से तीन मीटर की दूरी पर प्रदीप्ति ज्ञात कीजिए।

[उत्तर: (i) 62.5 Lux (ii) 32 Lux]

14. एक 256 C.P. के बल्ब द्वारा ठीक उसके नीचे एक बिन्दु पर प्रदीप्ति 1000 ल्यूमन/मी^{2} है। बल्ब की धरातल से ऊँचाई निकालिए तथा एक बिन्दु पर, जो पहले वाले बिन्दु से 1.2 मी दूर उसी धरातल पर है, प्रदीप्ति ज्ञात कीजिए।

[उत्तर: 21.6 Lux]

15. एक खुले धरातल को तीन 100सी० पी० के बल्बों से प्रदीप्ति किया जाता है। बल्बों को धरातल से ऊँचाई 5 मीटर है बल्ब समबाहु त्रिभुज के तीन कोणों पर स्थित है। अगर त्रिभुज की प्रत्येक भुजा 10 मीटर हो तो धरातल पर त्रिभुज के मध्य बिन्दु पर प्रदीप्ति (illumination) ज्ञात कीजिए।

[उत्तर: 71.4 Lux]

16. एक 100 सी० पी० का बल्ब क्षैतिज धरातल से चार मीटर की ऊँचाई पर लटका है (i) बल्ब के ठीक नीचे (ii) बल्ब के लम्बवत अक्ष से तीन मीटर की दूरी पर प्रदीप्ति ज्ञात कीजिए।

❑

2

वैद्युत तापन

(ELECTRICAL HEATING)

§ 2.1 वैद्युत तापन (Electrical Heating)

विद्युत धारा के तापन अभिलक्षणों का औद्योगिक कार्यों जैसे धातुओं का गलन (melting of metals), धातुओं का कठोरीकरण (hardening) तथा मृदुकरण (tempering), सामान सुखाने (drying), सतह कठोरीकरण, वेल्डन कार्यों तथा घरेलू तापन साधनों, जैसे—खाना पकाने, भवनों को गर्म करने इत्यादि में प्रयोग किया जाता है। वैद्युत तापन का अन्य तापन साधनों (कोयला, गैस, तेल तापन) की अपेक्षा निम्न लाभ हैं—

वैद्युत तापन से लाभ—(i) वैद्युत तापन साधनों में पूँजीगत लागत, चलाने की लागत (running cost) तथा रखरखाव लागत (maintenance cost) कम आती है।

(ii) वैद्युत ताप द्वारा उत्पन्न ऊष्मा का 65 से 100% तक सफलतापूर्वक उपयोग किया जा सकता है जबकि अन्य साधनों जैसे—गैस, ठोस ईंधन (कोयला इत्यादि) तथा तेल की दक्षता क्रमशः 60%, 30% तथा 60% होती है।

(iii) वैद्युत ताप में किसी प्रकार की राख (ash) इत्यादि नहीं बचती, इसलिये सफाई पर होने वाले खर्चे बच जाते हैं।

(iv) वैद्युत तापन में दग्ध गैसें (flue gases) उत्पन्न नहीं होती हैं। इसलिये दग्ध गैसों के लिये किसी प्रकार की चिमनी की आवश्यकता नहीं पड़ती तथा इस प्रकार वातावरण भी दूषित नहीं हो पाता।

(v) वैद्युत तापन में इच्छित तापमान को प्राप्त किया जा सकता है। इस प्रकार किसी विशेष कार्य के लिये इच्छित सही तापमान प्राप्त किया जा सकता है।

(vi) उपयुक्त स्विच गियरों (switch gears) तथा नियन्त्रकों द्वारा, अतितापन (over heating) से सुरक्षा प्राप्त की जा सकती है।

(vii) उपरोक्त सभी बातों के अतिरिक्त, वैद्युत मापन में 'ध्यान' (attention) की आवश्यकता लगभग नहीं है तथा इस प्रकार रखरखाव (maintenance) पर बहुत कम लागत आती है।

Scanned by CamScanner

§ 2.2 ऊष्मा स्थानान्तरण की विधियाँ
(Methods of Transferring Heat)

एक गर्म पदार्थ अपना उच्च ताप, दूसरे ठण्डे पदार्थ को स्थानान्तरित कर देता है। ताप या ऊष्मा स्थानान्तरण की निम्न विधियाँ हैं—

(i) संवहन (Conduction)—किसी पदार्थ के एक भाग से दूसरे भाग में ताप का प्रवाह, उस पदार्थ के दोनों भागों के ताप अन्तर पर निर्भर करता है। पदार्थ के तापीय अणु अपने निकटवर्ती अणु को अपनी ऊष्मा या ताप स्थानान्तरित कर देते हैं, इस प्रकार ताप प्रवाह तब तक निरन्तर बना रहेगा, जब तक ताप अन्तर रहेगा। इस विधि का व्यावहारिक रूप प्रतिरोध भट्टियाँ हैं जो कि विद्युतरोधित पदार्थों (Insulating materials) को सुखाने, खाना पकाने इत्यादि में प्रयोग की जाती है।

(ii) संनयन (Convection)—इस विधि का सबसे सामान्य उदाहरण पानी गर्म करने की छड़ (immersion heater) द्वारा पानी को गर्म करना है, जिसमें संनयन धारायें उत्पन्न होती हैं जिनसे पानी गर्म हो जाता है।

(iii) विकिरण (Radiation)—इस विधि में ताप, ताप तरंगों (heat waves) द्वारा स्थानान्तरित होता है। ताप तरंगें दो पदार्थों के बीच के माध्यम को गर्म नहीं करती हैं परन्तु इन तरंगों का अवरोध करने वाले पदार्थों को गर्म कर देती हैं।

वैज्ञानिक स्टीफेन (Stephen) ने स्थानान्तरित ऊष्मा तथा तापमान में अन्तर के मध्य निम्न सम्बन्ध को ज्ञात किया जो कि स्टीफेन नियम कहलाता है।

स्थानान्तरित ऊष्मा (Heat transmitted),

$$H = 5.72 \times 10^4 eK \left[\left(\frac{T_1}{1000} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{1000} \right)^4 \right] \text{ वाट प्रति वर्ग मीटर}$$

जहाँ, $T_1 =$ स्रोत का परम तापमान डिग्री सेल्सियस में (°C)

(absolute temperature of source in °C)

$T_2 =$ शोषक ताप का परम तापमान °C में

(absolute temperature of object absorbing heat in °C)

$K =$ स्थिरांक, जो कि विकिरण दक्षता कहलाता है, इसका मान तापक ऐलिमेन्टों (elements) की संख्या तथा उनके प्रबन्ध पर निर्भर करता है (अर्थात् उन्हें एक-दूसरे के साथ किस प्रकार रखा गया है। अकेले एलिमेन्ट के लिये K का मान 1 लिया जाता है तथा अधिक संख्या के लिये K का मान 0.5 से 0.8 तक लिया जा सकता है।

$e =$ उत्सर्जकता (emissivity), वाली वस्तु के लिए e का मान 1 होता है तथा प्रतिरोध ताप ऐलिमेन्टों के लिये e का मान 0.9 लिया जाता है।

§ 2.3 वैद्युत तापन के प्रारूप
(Types of Electric Heating)

वैद्युत ऊर्जा से ताप उत्पन्न करने की कई विधियाँ हैं, जिनका वर्णन आगे किया गया है।

(अ) सीधा या प्रत्यक्ष प्रतिरोध तापन (Direct resistance heating)—इस विधि में गर्म किये जाने वाले पदार्थ में विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है। यह विधि कई औद्योगिक साधनों, वेल्डन (welding) तथा पानी गर्म करने के बॉयलरों के इलेक्ट्रोडों इत्यादि में काम आती है।

(ब) अप्रत्यक्ष प्रतिरोध तापन (Indirect resistance heating)—इस विधि में विद्युत धारा, प्रतिरोधक ऐलिमेंट (resistive element) में से प्रवाहित होती है तथा इस प्रकार उत्पन्न ऊष्मा संनयन (convection) या विकिरण (radiation) द्वारा गर्म किये जाने वाले पदार्थ में पहुँचाई जाती है। प्रतिरोध भट्टी (resistance oven), पानी गर्म करने के निमज्जन हीटर (immersion heater) इत्यादि इस सिद्धान्त पर कार्य करते हैं।

(स) सीधा या प्रत्यक्ष प्रेरण तापन (Direct induction heating)—यह विधि विद्युत चुम्बकीय प्रेरण सिद्धान्त पर आधारित है। गर्म किये जाने वाले भाग में विद्युत-चुम्बकीय क्रिया द्वारा धारा प्रेरित (induced) की जाती है। प्रेरण भट्टी (induction furnace) इस विधि का उदाहरण है। यदि उच्च आवृत्तियाँ प्रयोग की जाय तब इसे भंवर (eddy current heating) का नाम दिया जा सकता है।

(द) अप्रत्यक्ष प्रेरण तापन (Indirect induction heating)—अप्रत्यक्ष प्रेरण तापन भट्टियों में तापन ऐलिमेन्ट (heating elements) लगे होते हैं जो कि विद्युत-चुम्बकीय क्रिया से गर्म होते हैं अर्थात् इन ऐलिमेंटों में भंवर धारायें (eddy currents) उत्पन्न होती हैं। इस प्रकार ऐलिमेन्टों में उत्पन्न ऊष्मा को भट्टी से चार्ज (charge) को विकिरण तथा संनयन (convection) क्रिया द्वारा स्थानान्तरित कर दिया जाता है।

(इ) विद्युत आर्क (Electric arc)—तापक की यह विधि पदार्थ की वेल्डन करने में प्रयोग की जाती हैं। इस विधि में दो इलेक्ट्रोडों में आर्क उत्पन्न किया जाता है। इस प्रकार उत्पन्न आर्क का तापमान 3000°C से 3500°C तक होता है जिससे धातुयें पिघल जाती हैं।

(ई) परावैद्युत तापन (Dielectric heating)—यदि किसी अचुम्बकीय पदार्थ से प्रत्यावर्ती धारा को प्रवाहित कराया जाये, तब परावैद्युत हानियाँ उत्पन्न होंगी। ऊर्जा की यह हानि ताप ऊर्जा का रूप लेती है।

§ 2.4 प्रतिरोध भट्टियों की संरचना तथा सिद्धान्त
(Construction of Resistance Oven and Working Principle)

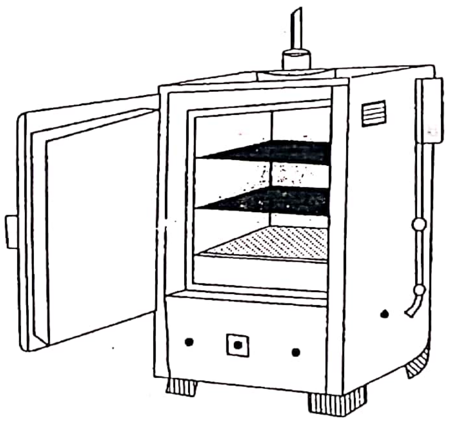
प्रतिरोध भट्टियाँ अप्रत्यक्ष प्रतिरोध तापन सिद्धान्त पर कार्य करती हैं। प्रतिरोध भट्टियाँ

Scanned by CamScanner

विभिन्न कार्यों के लिये प्रयोग की जाती हैं जैसे धातुओं के ऊष्मा उपचार में (heat treatment), सुखाने में (drying), मिट्टी के पदार्थों को पकाने में (baking of pottery materials) तथा खाना पकाने (cooking of foods) इत्यादि में। प्रतिरोध भट्टियों में उच्च प्रतिरोधकता वाले एलिमेंट होते हैं जिनसे विद्युत धारा प्रवाहित होती है। ऐलिमेंट, ताप या पत्ती के रूप में होते हैं। कुछ भट्टियों में दो इलेक्ट्रोड, विपरीत दीवारों (opposite walls) पर लगे रहते हैं तथा इलेक्ट्रोडों में उच्च धारा प्रवाहित की जाती है। भट्टियों में लगने वाले ऐलिमेंटों (elements) का चुनाव उनमें लगने वाले प्रतिरोध तारों पर निर्भर करता है। उदाहरण के तौर पर, नाइक्रोम (80% Ni + 20% Cu) तार के ऐलिमेंट का तापन 1000°C तक, निकिल क्रोम लोह (65% Ni + 15% Cr + 20% Fe) ऐलिमेंट का तापमान 850°C तक, प्लेटीनम (platinum) तार के ऐलिमेंट का तापमान 1500°C तक, मोलिब्डिनम (molybdinum) तार के ऐलीमेंट का तापमान 2000°C तक तथा ग्रेफाईट तार के ऐलिमेंट का तापमान 3000°C तक होता है। भट्टी का आकार, उनसे लिए जाने वाले कार्य पर निर्भर करता है।

जिन भट्टियों (ovens) में तार या पत्ती (strip) के प्रतिरोधक ऐलिमेंट प्रयोग किए जाते हैं उनके ताप का नियन्त्रण किया जा सकता है तथा जिन भट्टियों (ovens) में इलेक्ट्रोड प्रयोग किए जाते हैं ताप का नियन्त्रण नहीं किया जा सकता है, परन्तु इन भट्टियों से बहुत उच्च तापमान प्राप्त किया जा सकता है।

प्रतिरोध भट्टियों (ovens) का निर्माण तापसह ईंटों (fire bricks) या किसी विद्युतरोधी पदार्थ (insulating material) से किया जाता है। जैसे आवश्यक हो, ऐलिमेंटों को भट्टी की तली या बगल की दीवारों या ऊपर लगाया जा सकता है। इन ऐलिमेंटों को हर प्रकार



चित्र 2.1 प्रतिरोध भट्टी (Resistance oven)

की सुरक्षा प्रदान की जाती है। चित्र 2.1 में एक प्रकार की बहु प्रचलित प्रतिरोध भट्टी को दिखाया गया है।

विचार प्रश्न—नाइक्रोम मिश्र धातु का संघटक (Composition) दीजिए तथा इसके सुरक्षित प्रचालन तापमान का उल्लेख कीजिए।

उत्तर—देखें § 2.4।

§ 2.5 प्रतिरोध भट्टियों के तापमान का नियन्त्रण

प्रतिरोध भट्टियों का ताप, धारा को नियन्त्रित करके परिवर्तित किया जाता है, धारा के नियन्त्रण की कुछ प्रमुख विधियों का आगे वर्णन किया गया है।

(अ) एलिमेंट की संख्या में परिवर्तन करके—इस प्रकार की भट्टियों में कई संख्या में छोटे-छोटे ऐलिमेंट प्रयोग किए जाते हैं तथा परिपथ में समान्तर ऐलिमेंटों की संख्या में परिवर्तन करके निविष्ट शक्ति (input power) को नियन्त्रित कर लेते हैं चूँकि निविष्ट शक्ति तापमान के समानुपाती होती है।

(ब) संयोजन को बदलकर (Change in connection)—इस विधि में ऐलिमेंटों के संयोजन को बदलकर अर्थात् उन्हें श्रेणी या समान्तर में लगाकर धारा नियन्त्रण किया जाता है, इन ऐलिमेंटों को प्र० धा० त्रिफेजी सप्लाई के लिए, डेल्टा या स्टार में संयोजित करके भी प्रयोग में लाया जा सकता है।

(स) स्वचालित नियन्त्रण तथा बचाव उपाय (Automatic control and Protective measures)—प्रतिरोध भट्टियों में तापमान का स्वचालित नियन्त्रण परिपथ में तापस्थायी (thermostat) लगाकर किया जाता है। जैसे ही तापमान पूर्वसमंजित (pre adjusted) मान से ऊपर आयेगा तो तापस्थायी की रिले प्रचालन (operation) में आयेगी तथा परिपथ को काट देगी। इसके अतिरिक्त 10% से 15% अतिभार (overload) का प्रबन्ध किया जाता है। कभी-कभी परिपथ में रिले की सुरक्षा के लिए फ्यूज भी लगाये जाते हैं।

§ 2.6 प्रतिरोध ताप ऐलिमेंटों के पदार्थों के गुण
(Properties of Heating Element Materials)

प्रतिरोध भट्टियों में प्रयोग किए जाने वाले तापमान ऐलिमेंटों में निम्न गुण होने चाहिए।

(i) उच्च प्रतिरोधकता (High resistivity)—ताप ऐलिमेंटों में प्रयोग किए जाने वाले पदार्थ की प्रतिरोधकता उच्च होनी चाहिए ताकि कम लम्बाई की तार से पर्याप्त ताप प्राप्त किया जा सके।

(ii) उच्च गलनांक (High melting point)—ऐलिमेंटों द्वारा उच्च तापमान उत्पन्न करने के लिए आवश्यक है कि ऐलिमेंटों में प्रयोग किए जाने वाले पदार्थ का गलनांक उच्च हो।

(iii) निम्न प्रतिरोध ताप गुणांक (Low temperature coefficients of

resistance)—तापमान के अतिशुद्ध नियन्त्रण के लिए यह आवश्यक है कि ऐलिमेंटों में प्रयोग किए गए पदार्थ का प्रतिरोध सभी तापमानों पर लगभग स्थिर हो। यह तभी सम्भव है जबकि ऐलिमेंटों के पदार्थ का प्रतिरोध अधिक परिवर्तित न हो।

(iv) आक्सीजन से युक्त (Free from oxidation)—ऐलिमेंटों में प्रयुक्त होने वाला पदार्थ, उच्च तापमान पर ऑक्सीकृत नहीं होना चाहिए।

तापन ऐलिमेंट प्रायः निकिल, क्रोमियम तथा लोहे या निकिल तथा क्रोमियम की मिश्र धातु के बनाए जाते हैं। निकिल क्रोमियम तथा लोहे की मिश्र धातु में 65% निकिल, 15% क्रोमियम तथा 20% लोहा होता है तथा इसका सीमित तापमान 850°C तक होता है।

निकिल तथा क्रोमियम की मिश्र धातु में निकिल 80% तथा क्रोमियम 20% होता है तथा इसका सीमित तापमान 1000°C तक होता है। 1150°C से ऊपर तापमान पर कार्य करने के लिए ऐलिमेंटों को सिलिकॉन, कारबाइड (carbide), टंगस्टन ग्रेफाइट तथा मोलिब्डिनम (molybdenium) का बनाया जाता है। **तापन ऐलिमेंट आयताकार रिबन (rectangular ribbons) या गोल तारों (circular wires) के बनाये जाते हैं।**

§ 2.7 विद्युत भट्टी की दक्षता तथा उसमें हानियाँ
(Efficiency of Oven and Losses in Oven)

प्रायः वैद्युत भट्टियों की दक्षता 60 से 80% तक होती है, शेष ऊष्मा निम्न कारणों से बेकार चली जाती है—

(i) भट्टी का तापमान बढ़ाने पर ऊष्मा व्यय होती है जोकि भट्टी में लगी अग्नि-रोधक ईंटों के भार तथा उसकी विशिष्ट ऊष्मा पर निर्भर करता है। भट्टी में ऊष्मा हानि को निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात कर सकते हैं।

ऊष्मा हानि (hl_1) = भट्टी का भार × विशिष्ट ऊष्मा × तापमान में वृद्धि।

(ii) भट्टी की दीवारों तथा उसके बक्से (container) के तापमान में निरन्तर वृद्धि से ऊष्मा व्यय होती है।

$\therefore hl_2$ = भट्टी के बक्से का भार × विशिष्ट ऊष्मा × तापमान में वृद्धि।

(iii) भट्टी में आवेश (charge) रखने या निकालते समय भट्टी के दरवाजे को खोलना पड़ता है, जिससे काफी ऊष्मा बेकार चली जाती है। इस हानि की गणना नहीं की जा सकती है इसे अनुभव के आधार पर मान लिया जाता है। इसे hl_3 से प्रदर्शित कर सकते हैं।

यदि आवेश को दी गयी ऊष्मा h हो तथा hl_1, hl_2 तथा hl_3 भट्टी में हानियाँ हों तो

$$\text{भट्टी की \% दक्षता}, \eta = \frac{h \times 100}{h + hl_1 + hl_2 + hl_3} \quad \text{...(सूत्र)}$$

h को निम्न रूप से प्राप्त कर सकते हैं:

h = आवेश का भार × विशिष्ट ऊष्मा × तापमान में वृद्धि।

भट्टी की दक्षता निम्न सूत्र द्वारा भी ज्ञात की जा सकती है।

$$\text{भट्टी की दक्षता}, \eta = \frac{\text{आवेश (Charge) में ऊष्मा (ताप) व्यय}}{\text{आवेश में ऊष्मा व्यय + कुल ऊष्मा हानियाँ}}$$

$$\text{या} = \frac{\text{आवेश द्वारा ली गई कुल ऊष्मा}}{\text{कुल उत्पादित ऊष्मा}}$$

$$\text{या} \quad \%\eta = \frac{\text{उपयोगी ऊष्मा}}{\text{उत्पादित ऊष्मा}} \times 100$$

भट्टी के आवेश द्वारा ली गई कुल उपयोगी ऊष्मा

$$H = [ms(t_2 - t_1) + mL] \text{ किलो कैलोरी}$$

$$= (mst + mL) \text{ किलो कैलोरी}$$

जहाँ m = आवेश पदार्थ की मात्रा किलोग्राम में

s = आवेश पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा (ताप)

(किलो कैलोरी/किग्रा में) या जूल/किग्रा में

t_1 = आवेश पदार्थ का प्रारम्भिक तापमान, °C में

t_2 = आवेश पदार्थ का अन्तिम तापमान, °C में

$t = (t_2 - t_1)$ = आवेश के तापमान में वृद्धि °C

L = आवेश पदार्थ की गुप्त ऊष्मा (किलो कैलोरी प्रति किलोग्राम में या जूल प्रति किलोग्राम में)

भट्टी में तापामन ऐलिमेंट द्वारा कुल उत्पादित ऊष्मा

$$= I^2RT \text{ या } \frac{V^2}{R}T \text{ या } VIT \text{ या } WT \text{ या } VQ \text{ जूल (वाट सेकेण्ड)}$$

$\because$ 1 कैलोरी = 4.186 जूल या 4.2 जूल लगभग

1 किलो कैलोरी = 4186 जूल या 4200 जूल लगभग

$$\therefore \frac{I^2RT}{4.186} \text{ कैलोरी या } \frac{I^2Rt}{4.2} \text{ कैलोरी (लगभग)}$$

जहाँ I = तापन ऐलिमेंट में धारा (ऐम्पियर में)

R = तापन ऐलिमेंट का प्रतिरोध (ओह्म में)

$W = (VI)$ तापन ऐलिमेंट की दक्षता वाट में

V = तापन ऐलिमेंट को प्रयुक्त वोल्टता (वोल्ट में)

Q = तापन ऐलिमेंट पर आवेश (कूलम में)

T = तापन समय सेकेण्डों में

Scanned by CamScanner

$$\therefore \quad \text{भट्टी दक्षता} = \frac{mst + mL}{\text{कुल उत्पादित ऊष्मा}}$$

जहाँ कुल उत्पादित ऊष्मा $= I^2RT$ या $\frac{V^2}{R}$ या VIT या WT या VQ

साधित उदाहरण

उदाहरण 2.1—चार मेट्रिक टन इस्पात को 2 घण्टे में 60 प्रतिशत सर्वांगीय दक्षता पर पिघलाने हेतु आवश्यक शक्ति ज्ञात कीजिए। यदि इस्पात का प्रारम्भिक ताप 25°C, गलनाँक 1370°C, विशिष्ट ताप 278 जूल प्रति किलोग्राम/°C तथा गुप्त ताप 37000 जूल प्रति किलोग्राम हो।

हल—इस्पात की मात्रा, m = 4 मेट्रिक टन = 4000 किलोग्राम

इस्पात की विशिष्ट ताप, S = 278 जूल प्रति किलोग्राम/°C

इस्पात का प्रारम्भिक ताप, t_1 = 25°C

इस्पात का गलनाँक ताप, t_2 = 1370°C

इस्पात का गुप्त ताप, L = 37000 जूल प्रति किलोग्राम

इस्पात के पिघलने का समय, T = 2 घण्टे $= 2 \times 60 \times 60$
= 7200 सेकेण्ड

विद्युत भट्टी की दक्षता, $\eta = 60\% = 0.60$

माना कि प्रस्तुत भट्टी की क्षमता या शक्ति W वाट है

इस्पात द्वारा ली गई कुल ऊष्मा (ताप), $H = ms\,(t_2 - t_1) + mL$

$= 4000 \times 278\,(1370 - 25) + 4000 \times 37000$

$= 1112 \times 10^3\,(1345) + 148 \times 10^6$

$= 1112 \times 1345 \times 10^3 + 148 \times 10^6$

$= 1495.64 \times 10^6 + 148 \times 10^6 = 1643.64 \times 10^6$ जूल

भट्टी द्वारा उत्पादित कुल ताप $= W \times T$

$= W \times 2 \times 60 \times 60$ जूल

$$\text{भट्टी की दक्षता} = \frac{\text{इस्पात द्वारा लिया गया कुल ताप (ऊष्मा)}}{\text{भट्टी द्वारा उत्पादित कुल ताप}}$$

$$0.6 = \frac{1643.64 \times 16^6}{W \times 2 \times 60 \times 60}$$

$W = 380472.2\,W$

या $= \mathbf{380.472\ kW}$

उदाहरण 2.2—75% दक्षता वाली एक वैद्युत भट्टी, 20°C वायु मण्डलीय तापमान पर 500 किलोग्राम टिन को गलाने में 30 मिनट समय लेती है। यदि टिन का गलनाँक

235°C, विशिष्ट ऊष्मा 0.055 किलो कैलोरी/किलोग्राम/डिग्री सेलसियस तथा गुप्त ऊष्मा 13.31 किलो-कैलोरी प्रति किलो ग्राम हो तो, वैद्युत भट्टी की क्षमता तथा ऊर्जा मूल्य ज्ञात कीजिए। जबकि वैद्युत ऊर्जा का मूल्य 3 रु० प्रति यूनिट है।

हल—टिन की मात्रा, m = 500 किलोग्राम

टिन की विशिष्ट ऊष्मा, S = 0.555किलो—कैलोरी/कि ग्राम/°C

टिन का प्रारम्भिक तापमान, t_1 = 20°C

टिल का गलनाँक, t_2 = 235°C

टिन की गुप्त ऊष्मा, L = 13.31 किलो-कैलोरी/किलोग्राम

टिन के गलने में लगा समय, T = 30 मिनट $= 30 \times 60$ सेकेण्ड

वैद्युत भट्टी दक्षता, $\eta \times 75\% = 0.75$

माना कि भट्टी की क्षमता या शक्ति W वाट है।

टिन द्वारा ली गई कुल ऊष्मा, $H = ms(t_2 - t_1) + mL$

$= 500 \times 0.055\,(235 - 20) + 500 \times 13.31$

$= 5912.5 + 6655 = 12567.5$ किलो—कैलोरी

वैद्युत भट्टी द्वारा कुल उत्पादित ऊष्मा

$= \frac{WT}{4200}$ किलो कैलोरी

$= \frac{W \times 30 \times 60}{4200}$ किलो कैलोरी

$$\therefore \text{ वैद्युत भट्टी की दक्षता} = \frac{\text{टिन द्वारा ली गई कुल ऊष्मा}}{\text{वैद्युत भट्टी द्वारा उत्पादित कुल ऊष्मा}}$$

या $$0.75 = \frac{12567.5}{\frac{W \times 30 \times 60}{4200}}$$

या $$W = \frac{12567.5 \times 4200}{30 \times 60 \times 0.75} = 39098.8 \text{ वाट}$$

= 39.098 किलोवाट = 39 किलोवाट कह सकते हैं

30 मिनट (1/2 घण्टा) में वैद्युत भट्टी द्वारा ली गई कुल ऊर्जा

$= 39 \times 0.5 = 19.5$ किलोवाट घण्टा (kWh)

3 रु० प्रति यूनिट (kWh) की दर से ऊर्जा का मूल्य

$= 19.5 \times 3$

= रु० 58.5

Scanned by CamScanner

उदाहरण 2.3—एक प्रेरण भट्टी 1,000 किग्रा० पीतल को एक घण्टे में पिघलाने के लिए प्रयोग की जाती है। निम्नलिखित आंकड़ों के साथ भट्टी तथा आवश्यक ऊर्जा की गणना कीजिए।

पीतल का विशिष्ट ताप, $S = 0.094$

गुप्त ऊष्मा = 38.8 कि० के०/किग्रा

प्रारम्भिक तापाँक = 30° सेलसियस (सेन्टी ग्रेड)

गलनाँक = 930° सेल० (सेन्टी ग्रेड)

भट्टी की दक्षता = 65%

हल—पीतल की मात्रा, m = 1,000 किलोग्राम

पीतल की विशिष्ट ऊष्मा (ताप) = 0.094 किलो-कैलोरी/किग्रा/°C

पीतल की गुप्त ऊष्मा = 38.8 किलो कैलोरी/किग्रा

पीतल का प्रारम्भिक तापमान = 30° सेलसियस (सेन्टी ग्रेड)

पीतल का गलनाँक = 930°C

पीतल के गलने में लगा समय = 1 घण्टा = 60 मिनट

$= 60 \times 60 = 3600$ सेकेण्ड

भट्टी की दक्षता = 65%

माना कि भट्टी की क्षमता या शक्ति W वाट है।

पीतल द्वारा ली गई कुल ऊष्मा, $H = ms(t_2 - t_1) + mL$

$= 1000 \times 0.094(930 - 30) + 1000 \times 38.8$

$= 84600 + 38800 = 123400$ किलो कैलोरी

विद्युत भट्टी द्वारा कुल उत्पादित ऊष्मा $= \dfrac{WT}{4200}$

$= \dfrac{W \times 60 \times 60}{4200}$ किलो कैलोरी

∴ विद्युत भट्टी की दक्षता = $\dfrac{\text{पीतल द्वारा ली गई कुल ऊष्मा}}{\text{विद्युत भट्टी द्वारा उत्पादित कुल ऊष्मा}}$

या $$0.65 = \frac{123400}{\dfrac{W \times 60 \times 60}{4200}}$$

या $$W = \frac{123400 \times 4200}{60 \times 60 \times 0.65}$$

= 221487.18 वाट

= 221.487 kW कह सकते हैं।

एक घण्टे में विद्युत प्रेरण भट्टी द्वारा ली गई कुल ऊर्जा

$= 221.487 \times 1 = 221.487$ **किलोवाट घण्टा (kWh)**

§ 2.8 प्रतिरोध तापन की विधियाँ (Methods of Resistance Heating)

प्रतिरोध तापन में दो मुख्य विधियाँ प्रयोग की जाती हैं—

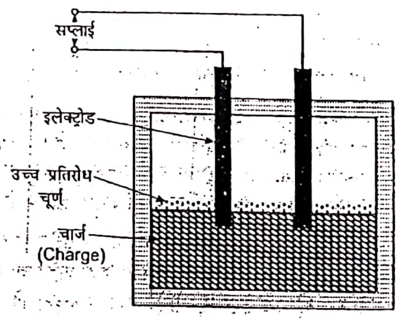
(अ) प्रत्यक्ष तापन (Direct heating)

(ब) अप्रत्यक्ष तापन (Indirect heating)

2.8. (अ) प्रत्यक्ष तापन (Direct Heating)

इस विधि में दो इलेक्ट्रोडों को गर्म किए जाने वाले पदार्थ में डुबा दिया जाता है जैसा कि चित्र 2.2 में दिखाया गया है। गर्म किए जाने वाला पदार्थ, चार्ज (charge) कहलाता है तथा यह चार्ज छोटे टुकड़ों या तरल पदार्थ के रूप में हो सकता है तथा प्रतिरोध का कार्य करता है।

दिष्ट धारा (D.C.) या एक-फेज़ी प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) सप्लाई में दो इलेक्ट्रोडों की आवश्यकता पड़ती है लेकिन त्रिफेज़ी सप्लाई में तीन इलेक्ट्रोड होने चाहिए। जब धातु के टुकड़ों को गर्म किया जाता है तब उनके ऊपर थोड़ा उच्च प्रतिरोधी पदार्थ का चूर्ण छिड़क दिया जाता है जैसा कि चित्र 2.2 में दिखाया गया है। धारा को चार्ज से प्रवाहित होने दिया जाता है जो कि इसे गर्म कर देता है। चूँकि इसमें धारा को आसानी से परिवर्तित नहीं किया जा सकता है इसलिए इसमें धारा का स्वतः तापमान नियन्त्रित भी किया जा सकता है। लेकिन समान तथा उच्च तापमान प्राप्त किया जा सकता है। यह विधि नमक ऊष्मक भट्टियों तथा पानी को गर्म करने के इलेक्ट्रोड बॉयलरों में प्रयोग की जाती है।

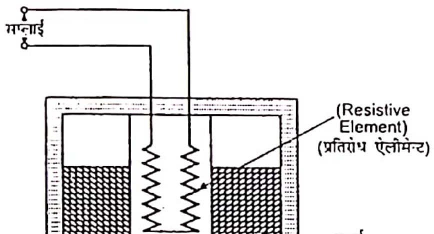


चित्र 2.2 प्रत्यक्ष प्रतिरोध तापन (Direct resistance heating)

Scanned by CamScanner

2.8. (ब) अप्रत्यक्ष तापन (Indirect heating)

अप्रत्यक्ष तापन विधि में विद्युत धारा को प्रतिरोध ऐलीमेंट (resistive element) से प्रवाहित कराया जाता है जो कि भट्टी में ऊपर या नीचे लगाये जाते हैं। ऐलीमेंट का भट्टी में नीचे या ऊपर लगाना, भट्टी से लिए जाने वाले कार्य पर निर्भर करता है। औद्योगिक इकाइयों में तापमान के लिए कभी-कभी प्रतिरोध को एक बेलन (cylinder) के मध्य रखा जाता है तथा बेलन के दोनों ओर चार्ज को एक जैकेट (jacket) के रुप में रखा जाता है जैसा कि चित्र 2.3 में दिखाया गया है।ताप ऐलीमेंट में उत्पन्न ऊष्मा I^2R हानियों के



चित्र 2.3 अप्रत्यक्ष प्रतिरोध तापन (Indirect resistance heating)

समानुपाती होती है तथा यह चार्ज को संनयन (convection) तथा चालन (conduction) या विकिरण द्वारा स्थानान्तरित होती है। इस प्रकार प्रबन्ध के चार्ज को एक समान तापमान प्राप्त होता है। इस विधि में स्वचालित नियन्त्रण किया जा सकता है।

§ 2.9 विशेष प्रकार की प्रतिरोध भट्टियाँ (Special Type of Resistance Furnaces)

(अ) वायु संचरण भट्टी (Air circulation furnaces)—इस प्रकार की भट्टी में ताप, आवेश को संनयन धाराओं द्वारा स्थानान्तरित किया जाता है। ये भट्टियाँ इस्पात का तार खींचने, उनका कठोरीकरण (hardening) करने तथा मुलायम धातुओं जैसे एल्यूमिनियम इत्यादि से ऊष्मा उपचार (heat treatment) कार्यों में प्रयोग की जाती है।

साधारण भट्टियों में ताप, चार्ज को विकिरण द्वारा स्थानान्तरित किया जाता हैं, जिससे चार्ज समान रूप में (uniformaly) गर्म नहीं हो पाता है। यदि ताप का समान रूप में वितरण आवश्यक हो तथा जहाँ ताप 500°C से अधिक न बढ़ता हो, वहाँ वायु संचरण भट्टियाँ प्रयोग की जाती हैं। इस प्रकार की भट्टी में वायु को तापन ऐलिमेंटों के ऊपर से गुजारा जाता है तथा यह वायु चार्ज के ऊपर विचरण (circulate) करती है ब्लोअर या पंखे

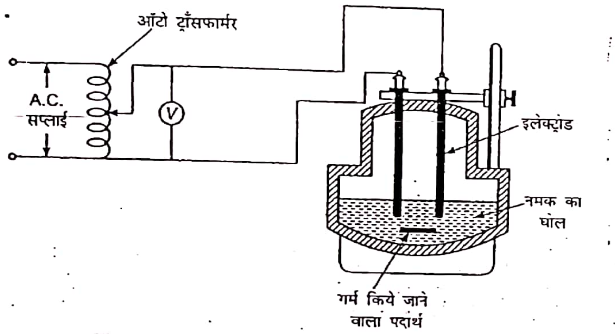
वायु के विचरण के लिए प्रयोग किए जाते हैं जिससे आवेश चार्ज संवहन (conduction) द्वारा समान रूप से गर्म हो जाता है। कभी-कभी वायु संचरण भट्टी में वायु के प्रवाह की दशा को बदल दिया जाता है ताकि वायु का वितरण अधिक समान रूप में हो सके। यदि ऐसा न किया गया तो चार्ज (आवेश) का वह भाग जो गर्म वायु के सम्पर्क में पहले आयेगा, बाद में सम्पर्क में आने वाले भाग से उच्च तापमान पर हो सकता है। इस कमी को वायु का अधिक मात्रा में विचरण करके काफी हद तक दूर किया जा सकता है। प्रायः चार्ज को भट्टी में ही ठण्डा किया जाता है। इसके लिए भट्टी के ऐलिमेंटों को ऑफ करके, ठण्डी वायु विचरण (circulate) की जाती है। नाइट्राइडीकरण (nitriding) इस विधि का मुख्य उपयोग है। इस विधि में इस्पात को गर्म हवा द्वारा गर्म करके अमोनिया में रख दिया जाता है, इस्पात नाइट्रोजन शोषित कर लेता है तथा कठोर हो जाता है।

(ब) चमकीले तापानुशीतल के लिए प्रतिरोध भट्टी (Resistance furnace for bright annealing)—तापानुशीतन विधि में तापीय चार्ज या जॉब (heated charge or job) को धीरे-धीरे ठण्डा किया जाता है जिससे चार्ज या जॉब की भंगुरता (brittleness) दूर हो जाती है। यदि चार्ज या जॉब को वायु में ठण्डा किया जाए, तो वायु में उपस्थित ऑक्सीजन तथा पानी की भाप के कारण जॉब (job) पर ऑक्साइड (oxide) की परत चढ़ जाती है जिससे जॉब की फिनिश (finish) अच्छी नहीं आती। इस विधि में चार्ज (charge) को सील बन्द विद्युत प्रतिरोध भट्टी में गर्म किया जाता है वायु को तापन के समय एक तरफा वाल्व (non-return valve) द्वारा बाहर निकाल लिया जाता है। इस प्रकार अब जॉब को वायु रहित वातावरण से ठण्डा किया जाता है तथा इस प्रकार जॉब की सतह चमकीली रखी जा सकती है।

(स) नमक ऊष्मक (Salt bath heating)—नमक ऊष्मक भट्टियाँ इस्पात औजारों (steel tools) के मृदुकरण (tempering), द्रुत शीतल या बुझाने (quenching) तथा कठोरीकरण (hardening) करने के लिए प्रयोग की जाती है नमक (लवण) एक वैधुत चालक है। इस प्रकार की भट्टी में एक बर्तन (bath) होता है जिसमे कुछ नमक का घोल जैसे सोडियम क्लोराइड का घोल होता है जिसमें दो इलेक्ट्रोड (electrode) डूबे रहते हैं। जब इन इलेक्ट्रोडों में धारा प्रवाहित की जाती है तो नमक (salt) गर्म हो जाता है नमक का फ्यूजिंग तापमान 1000°C तथा इसे 1500°C या इससे अधिक तापमान तक भी गर्म किया जा सकता है।नमक के इस बर्तन में गर्म किए जाने वाले पदार्थ को डुबा दिया जाता है। जब नमक गर्म होगा तो नमक को घोल विचरण (circulate) होना शुरू कर देगा, जिससे डूबा हुआ पदार्थ समरूपता से गर्म होना प्रारम्भ हो जायेगा। यहाँ यह बात ध्यान देने योग्य है कि धारा नमक के घोल से प्रभावित होनी चाहिए, गर्म किए जाने वाले पदार्थ से नहीं। इस विधि में निम्न वोल्टता की प्रत्यावर्ती धारा प्रयोग की जानी चाहिए, क्योंकि दिष्टधारा से नमक का विद्युत अपघटन (electrolysis) हो जाता है। 20 वोल्ट तक की निम्न प्रत्या० धारा वोल्टता पर ये भट्टियाँ 3000 ऐम्पियर क्षमता तक की प्रयोग की जाती है। निम्न प्रत्यावर्ती धारा वोल्टता प्राप्त करने के लिए अवक्रम ट्राँसफार्मर (step down transformer)

Scanned by CamScanner

प्रयोग किए जाते हैं। ट्रांसफार्मर की द्वितीयक कुण्डलन की ओर टेपिंग (tapping)दिए जाते हैं जिससे द्वितीयक की ओर वोल्टता का नियन्त्रण किया जा सके। जैसे ही नमक के घोल का तापमान बढ़ेगा, नमक का प्रतिरोध कम हो जायेगा, इस प्रकार स्थिर शक्ति निविष्ट (power input) प्राप्त करने के लिए भट्टी को ट्रांसफार्मर की उच्चतम टेप (highest tap) पर ले आते हैं। शक्ति निविष्ट का नियन्त्रण इलेक्ट्रोडों के मध्य अन्तर तथा उनके नमक के घोल में डूबने की गहराई पर भी निर्भर करता है। चित्र 2.4 में इस प्रकार की भट्टी दिखाई गई है।



चित्र 2.4 नमक ऊष्मक भट्टी (Salt bath furnace)

अनुप्रयोग—इस भट्टियों का प्रयोग इस्पात औजारों के मृदुकरण (tempering), द्रुतशीतलन या बुझाने (quenching) तथा उनके कठोरीकरण (hardening) के लिए किया जाता है।

§ 2.10 प्रेरण तापन (Induction Heating)

प्रेरण तापन, ट्रांसफार्मर सिद्धान्त पर आधारित है। इसमें एक प्राथमिक कुण्डलन होती है जिसमें प्रत्या० धारा (A.C.) प्रवाहित की जाती है। यह प्राथमिक कुण्डलन, गर्म की जाने वाली धातु से चुम्बकीय रूप में युग्मित (coupled) रहती है। जब प्राथमिक तापन कुण्डली में प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) प्रवाहित की जाती है। तब इस धातु में विद्युत्धारा प्रेरित होती है। इस प्रेरित विद्युत धारा का मान अग्रलिखित पर निर्भर करता है (i) प्राथमिक धारा के परिमाण (magnitude) पर, (ii) प्राथमिक तथा द्वितीय परिपथ में वर्तनों (tunrs) की संख्या पर तथा चुम्बकीय युग्मन गुणक पर (the coefficient of magnetic coupling)। इस प्रेरित विद्युत धारा में तापन प्रभाव होता है, जैसा कि साधारण प्रतिरोध से धारा प्रवाहित करने पर होता है। चित्र 2.5 में एक ताम्र नली (copper tube) को गर्म करने की विधि दिखाई

गई है। यह आवश्यक नहीं कि गर्म की जाने वाली धातु नली ट्यूब (tube) आकार में ही हो, यह आयताकार प्लेट भी हो सकती है।

यदि उपरोक्त विधि में चुम्बकीय पदार्थ को गर्म करना हो, तब चुम्बकीय युग्मन (magnetic coupling), किसी अचुम्बकीय माध्यम जैसे वायु द्वारा होगा तथा यहाँ पर भी ट्रांसफार्मर क्रिया द्वारा धातु को गर्म किया जा सकता है।

यदि चुम्बकीय पदार्थ को गर्म किया जायेगा तब भंवर धाराओं के साथ-साथ हिस्टेरीसिस हानियाँ (hysteresis losses) भी होंगी। जब चुम्बकीय पदार्थ को चुम्बकीय फ्लक्स के प्रभाव में रखा जाता है तब, हिस्टेरीसिस हानियाँ उत्पन्न होंगी। जब चुम्बकीय पदार्थ को चुम्बकीय फ्लक्स के प्रभाव में रखा जाता है तब हिस्टेरीसिस हानियाँ भंवर धारा के तुलनात्मक होती हैं। निम्न आवृत्ति पर (25 से 50 Hz तक) हिस्टेरीसिस हानियाँ भंवर धारा के तुलनात्मक होती हैं लेकिन उच्च आवृत्ति (10,000 Hz) से ऊपर हिस्टेरीसिस हानियाँ नगण्य होती हैं।

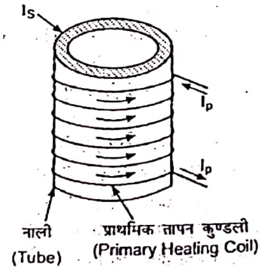
§ 2.11 प्रेरण तापन का अनुप्रयोग (Use of Induction Heating)

प्रेरण तापन का प्रयोग निम्न कार्यों के लिए किया जाता है—

(i) सतह का कठोरीकरण (Surface hardening)—इस विधि से स्पिण्डल, आरी के ब्लेडों (saw blades), गियरों (gears) धुरी (axles) इत्यादि भागों की सतह को प्रेरण. तापन द्वारा कठोर बनाया जाता है।

(ii) गहरा कठोरीकरण (Deep hardening)—इस विधि में पेंचकसों (screw drivers), टूल (tools) तथा ड्रिल (drills) इत्यादि का समरूप गहरा कठोरीकरण प्रेरण तापन द्वारा किया जाता है।

(iii) मृदुकरण (Tempering)—कुछ यांत्रिक प्रक्रियाओं में जैसे पट्टी बनाना (stretching) या गहरी खिंचाई (deep drawing) में प्रयोग होने वाले कार्य टुकड़े (work piece), काम में लगातार प्रयोग करते-करते कठोर हो जाते हैं तथा प्रायः उनका मृदुकरण (tempering) करके तापानुशीतलन या ऐनीलीकरण (annealing) करना पड़ता है ताकि उनका कठोरपन हट जाए। मृदुकरण में काफी परिशुद्ध ताप नियन्त्रण की आवश्यकता होती है जो कि केवल प्रेरण तापन द्वारा प्राप्त हो सकती है। मृदुकरण प्रेरण तापन का एक मुख्य उपयोग है।



चित्र 2.5 ताम्र को प्रेरण तापन से गर्म करने की विधि

(iv) टंकाई (Soldering)—टंकाई के लिए यह आवश्यक है कि टंकाई बिन्दु पर गर्मी उत्पन्न

Scanned by CamScanner

हो तथा बाकी भाग ठण्डा रहे। टंकाई प्रेरण तापन द्वारा आर्थिक दृश्य से कम व्यय पर तथा दक्षतापूर्वक किया जा सकता है।

(v) गलन (Melting)—उपयुक्त प्रेरण भट्टियों (suitable furnaces) द्वारा विभिन्न धातुओं को पिघलाया जा सकता है जिसका वर्णन नीचे किया जायेगा।

(vi) प्रदावण (Smelting)—कच्ची धातु से (ore) धातु निष्कर्षण—उच्च आवृत्ति पर प्रेरण तापन से विशेषकर मिश्र कच्ची धातुओं का प्रदावण किया जाता है।

प्रेरण भट्टियाँ (INDUCTION FURNACES)

§ 2.12 प्रेरण सिद्धान्त का प्रयोग करके धातुओं का गलना (Melting of Metal by Using the Principle of Induction)

धातुओं के गलन (melting) के लिए विभिन्न प्रकार की प्रेरण भट्टियाँ प्रयोग की जाती हैं जिनमें से कुछ मुख्य भट्टियों का वर्णन आगे किया जा रहा है—

(i) क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टियाँ (Core type induction furnaces)—यह एक प्रकार का ट्राँसफार्मर ही है जिसमें ट्राँसमफार्मर की द्वितीयक गर्म होने वाले चार्ज का कार्य करती है। क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टियों को पुनः निम्न रूप में वर्गीकृत किया जाता है—

(अ) सीधा या प्रत्यक्ष क्रोड प्रेरण भट्टियाँ (Direct core type induction furnaces)।

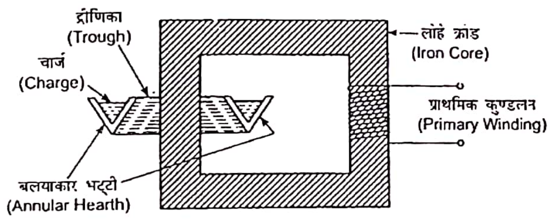
(ब) ऊर्ध्वाधर क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टियाँ (Vertical core type induction furnaces)।

(स) अप्रत्यक्ष क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टियाँ (Indirect core type induction furnaces)।

(ii) क्रोड रहित प्रेरण भट्टियाँ (coreless induction furnaces)

§ 2.13 क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टियाँ (Core type Induction Furnaces)

क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टियों में चार्ज (charge) ट्राँसफार्मर की लघुपथित द्वितीयक कुण्डली का रूप लेता है जैसा कि चित्र 2.6 में दिखाया गया है। ट्राँसफार्मर की द्वितीयक कुण्डली चुम्बकीय रूप में प्राथमिक कुण्डली युग्मित रहती है। उच्च धारा प्रेरित होने के कारण चार्ज पिघल जाता है। जब द्रोणिका (trough) में कोई पिघली धातु (molten metal) नहीं होती तब द्वितीयक में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती। इसलिए भट्टी को चलाने के लिए वलयाकार भट्टी (annular furnaces) में पिघली धातु (molten metal) डालनी पड़ती है या पहले ही से उसमें काफी मात्रा में पिघली धातु छूट जाती है। प्रायः इस प्रकार की सभी भट्टियों में, भट्टी की तली में लाहे का छल्ला (iron-ring) या द्रोणिका



चित्र 2.6 क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टी

की तली में ग्रेफाइट का अस्तर (graphite lining) देना पड़ता है। इस प्रकार की भट्टियों के निम्न अभिलक्षण होते हैं—

(i) इनकी प्राथमिक तथा द्वितीयक में चुम्बकीय युग्मन (magnetic coupling) बहुत कमजोर होता है, जिसके कारण क्षरण प्रतिघात (leakage reactance) बहुत उच्च हो जाता है। इससे निम्न शक्ति गुणक प्राप्त होता है। भट्टी को निम्न आवृत्ति पर डिजाइन करके इस कमी को दूर किया जा सकता है। निम्न आवृत्ति प्राप्त करने के लिए मोटर-जनित्र सैट या आवृत्ति परिवर्तक (frequency convertor) की आवश्यकता होती है। इससे भट्टी की लागत बढ़ जाती है तथा इस प्रकार यह क्रिया आर्थिक दृष्टि से ठीक नहीं होती।

(ii) इन भट्टियों के लिए निम्न आवृत्ति पर प्रचालन इसलिए भी आवश्यक है क्योंकि उच्च आवृत्ति पर उच्च विद्युत चुम्बकन बल उत्पन्न होगा, जो पिघली धातु (melted metal) के लिए अत्यन्त कठिनाइयाँ उत्पन्न कर सकता है।

(iii) इस प्रकार की भट्टियों में चार्ज के धारा घनत्व को लगभग 500 ऐम्पियर प्रति वर्ग सेमी तक सीमित रखना पड़ता है। यह धारा घनत्व (current density) पिघली धातु में उच्च विद्युत चुम्बकीय बल उत्पन्न करती है जिसके कारण पिघली धातु के साथ लगे कणों या अणुओं में भी उसी दिशा में धारा प्रवाहित होती है तथा एक-दूसरे को विकर्षित करते हैं क्योंकि समान चार्ज एक-दूसरे को विकर्षित करते हैं। इस विकर्षण के कारण द्वितीयक में बाधायें उत्पन्न होती हैं इस प्रभाव को **पिन्च प्रभाव (pinch effect)** कहते हैं। इन बाधाओं के तुरन्त बाद, धातु में पुनः आकुँचन (contraction) होने लगता है तथा धारा का प्रवाह पुनः प्रारम्भ हो जाता है। पिन्च प्रभाव आवृत्ति पर निर्भर करता है तथा निम्न आवृत्ति पर इसका प्रभाव नगण्य होता है। इन सभी बातों को ध्यान में रखते हुए, प्राय: इन भट्टियों को 25 Hz पर चलाया जाना चाहिए।

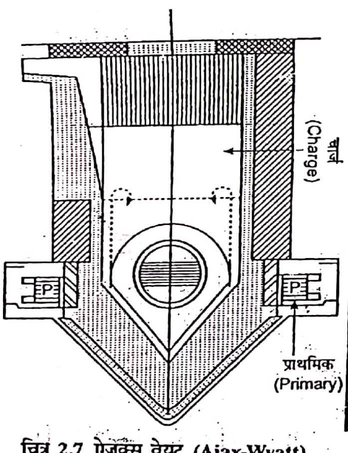
(iv) इन भट्टियों में चार्ज को पिघलाने के लिए प्रयोग की जाने वाली कुठाली (crucible) पुराने आकार की होती है इसलिए धातु कर्मक (metalurgical) की दृष्टि से असुविधाजनक है।

Scanned by CamScanner

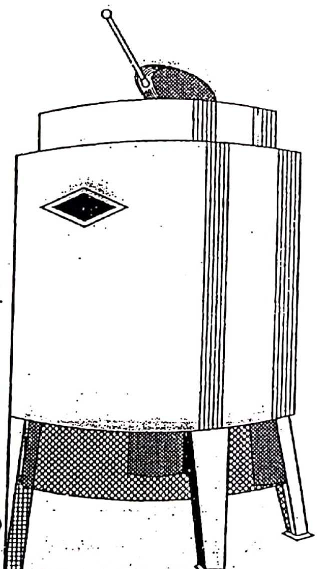
(v) भट्टी को प्रारम्भ करने से पूर्व द्वितीयक परिपथ को लघुपथित करना पड़ता है ताकि उसमें कोई रुकावट न हो। इस प्रकार रुक-रुक कर काम लेना असुविधाजनक है।

§ 2.14 ऊर्ध्वाधर क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टियाँ (Vertical Core Type Induction Furnaces)

ऊर्ध्वाधर क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टी ऊपर वर्णित क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टी का सुधरा हुआ रूप है। इसमें चार्ज के लिए क्षैतिज चैनल के स्थान पर ऊर्ध्वाधर चैनल होती है। इस प्रकार इसमें ऊर्ध्वाधर कुण्डली प्रयोग की जाती है जो कि धातुकर्मक दृष्टि से ठीक है। चित्र 2.7 में इस प्रकार की भट्टी का सुधरा हुआ रूप दिखाया गया है जोकि ऐजक्स वेयट



चित्र 2.7 ऐजक्स वेयट (Ajax-Wyatt) ऊर्ध्वाधर प्रेरण भट्टी



चित्र 2.8 ऊर्ध्वाधर प्रेरण भट्टी का बाह्य रूप

(Ajax-wyatt) ऊर्ध्वाधर क्रोड प्रेरण भट्टी कहलाती है। इसमें क्रोड प्रारूपी भट्टी की अपेक्षा अच्छा चुम्बकीय युग्मन (magnetic coupling) होता है तथा इसलिए इसमें क्षरण प्रतिघात तुलनात्मक कम तथा शक्ति गुणक भी ऊंचा होता है। चूंकि भट्टी की तली तंग

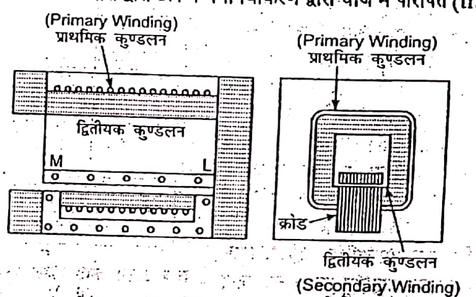
V–आकार की होती है इसलिए भट्टी की तली में पिघली धातु कम रुकती है, इस प्रकार द्वितीयक परिपथ करने के लिए कम चार्ज की आवश्यकता पड़ती है इस प्रकार परिपथ टूटने की कम सम्भावना रहती है।

पिन्च प्रभाव के कारण, यद्यपि पास के अणुओं में एक दिशा में धारा प्रवाहित होती है तथा वे एक-दूसरे को विकर्षित करते हैं, लेकिन फिर भी परिपथ में बाधाओं की कम सम्भावना रहती है क्योंकि चार्ज का भार इनको आपस में मिलाए रखता है।

पिघली हुई धातु दो अर्द्ध भागों के मध्य, विद्युत चुम्बकन बल द्वारा V-भाग में चक्कर काटती रहती है। कुछ भट्टियों में V-आकार की चैनल के स्थान पर U-आकार या आयताकार चैनल भी प्रयोग की जाती हैं। भट्टी के अन्दर के भाग का अस्तर, चार्ज पर निर्भर करता है। पीले पीतल के लिए चिकनी मिट्टी का अस्तर (lining), लाल पीतल तथा काँसे (bronze) के लिए ऐल्यूमिना (alumina) का अस्तर लगाया जाता है। भट्टी के ऊपरी भाग को किसी विद्युतरोधित ढक्कन से ढका जाता है जिसे चार्ज करने के समय हटाया जा सकता है। पिघली धातु को बाहर निकालने के लिए आवश्यक द्रवचालित प्रबन्ध (hydraulic arrangement) करने पड़ते हैं ताकि भट्टी को तिरछा करके पिघली धातु को बाहर निकाला जा सके। चित्र 2.8 में ऊर्ध्वाधर भट्टी दिखाई गई है।

§ 2.15 अप्रत्यक्ष क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टियाँ (Indirect Core Type Induction Furnaces)

ऊपर वर्णित भट्टियाँ धातुओं को पिघलाने के काम आती हैं जबकि अप्रत्यक्ष क्रोड प्रेरण भट्टियाँ, धातुओं के ऊष्मा उपचार (heat treatment) में प्रयोग की जाती हैं। चित्र 2.9 में अप्रत्यक्ष क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टी दिखाई गई है। धातु आघात पात्र की दीवारें द्वितीयक कुण्डलन का कार्य करती हैं तथा लोह क्रोड प्राथमिक तथा द्वितीयक दोनों कुण्डलनों से लिंक (link) करती हैं। प्रेरित धारा द्वारा उत्पन्न गर्मी विकिरण द्वारा चार्ज में परेषित (transmitted)



चित्र 2.9 अप्रत्यक्ष क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टी

Scanned by CamScanner

हो जाती है। इस प्रकार यह भट्टी एक प्रकार के प्रतिरोध भट्टी (resistance oven) के समान ही कार्य करती है लेकिन इसका शक्ति गुणक तुलनात्मक कम (0.8 तक) रहता है।

चुम्बकीय परिपथ के M-L भाग को विशेष मिश्र धातु का बनाया जाता है तथा इसे भट्टी कक्ष के अन्दर रखा जाता है, यह विशेष मिश्र धातु का एक विशिष्ट तापमान पर चुम्बकीय गुण खो देते हैं तथा पुनः पहले वाले तापमान पर ठण्डा होने पर चुम्बकीय गुण प्राप्त कर लेते हैं। इस प्रकार जब तापमान संकट बिन्दु तक पहुँच जाता है, तब प्रतिघात (reluctance) बहुत अधिक बढ़ जाता है जिससे प्रेरणिक प्रभाव इस हद तक घट जाता है कि सप्लाई कट गई सी प्रतीत होती है। इस प्रकार भट्टी का तापमान काफी हद तक नियन्त्रित हो जाता है जो कि एक बड़ा लाभ है। भट्टी के चुम्बकीय परिपथ का M-L भाग प्रायः अलग किया जा सकता है तथा विभिन्न मिश्र धातुओं की छड़ें जिनका तापमान 400°C से 1000°C तक होता है, जिन्हें विभिन्न क्रान्तिक तापमानों (critical temperatures) के लिए लगाया जा सकता है।

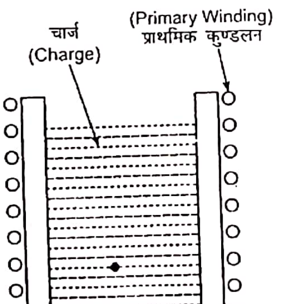
§ 2.16 क्रोड रहित प्रेरण भट्टी (Coreless Iron Furnace)

क्रोड रहित प्रेरण भट्टी में कोई क्रोड प्रयोग नहीं की जाती है, इसलिए इसमें फ्लक्स घनत्व बहुत कम उत्पन्न होता है क्योंकि

$$\text{भंवर धाराएँ (eddy currents)} \propto B^2 \times f^2$$

जहाँ $B =$ फ्लक्स घनत्व तथा $f =$ आवृत्ति है।

इसलिए निम्न फ्लक्स घनत्व (flux density) की हानि-पूर्ति (compensation) करने के लिए प्राथमिक कुण्डलन में दी जाने वाली प्राथमिक धारा को उच्च आवृत्ति का होना चाहिए। इस प्रकार उच्च अवृत्ति की धारा प्रयोग करके भट्टी की क्रोड (core) को हटाया जा सकता है। इससे भट्टी का भार कम हो जाता है तथा नम्यता (flexibility) बढ़ जाती है।



चित्र 2.10 क्रोड रहित प्रेरण भट्टी (Coreless Induction Furnace)

चित्र 2.10 में क्रोड रहित प्रेरण भट्टी की संरचना दिखाई गई है। भट्टी में गलन रोधी स्तर (refractory lining) लगाया जाता है जिससे चारों ओर प्राथमिक कुण्डलियाँ कुण्डलित होती हैं। प्राथमिक कुण्डलियाँ चार्ज में भंवर धाराएँ (eddy currents) प्रेरित करती हैं। परिणामी भंवर धाराओं (resultant eddy currents) की दिशा प्राथमिक कुण्डलन में धारा की दिशा के विपरीत होगी। हम जानते हैं कि उच्च आवृत्ति पर त्वचा प्रभाव (skin effect) होगा जिसके कारण उच्च ताम्र हानियाँ होती हैं। उच्च ताम्र हानियाँ होने के कारण, प्राथमिक कुण्डलन का तापमान काफी बढ़ जाता है, जिससे कुण्डलनों को ठण्डा करने के लिए कृत्रिम

उपाय करने पड़ते हैं। कुण्डलियों की संरचना खोखली ताम्र नलियों (hollow copper tube) के रूप में की जाती है तथा इसके मध्य ठण्डा पानी प्रवाहित कराया जाता है।

इस प्रकार की भट्टियों का डिजाइन करते समय काफी सावधानी से काम लेना चाहिए ताकि स्ट्रे-चुम्बकीय क्षेत्र को न्यूनतम रखा जा सके, अन्यथा भंवर धारा हानियाँ काफी बढ़ जायेंगी। स्टोबी क्रोड रहित भट्टी में पटलित योग (laminated yoke) प्रयोग करते हैं जिससे फ्लक्स को इच्छित दिशा में नियन्त्रित किया जा सकता है। इसलिए स्टोबी क्रोड रहित भट्टी में भंवर हानियाँ न्यून (low) होती हैं तथा उत्तेजन धारा को भी कम किया जा सकता है।

प्रेरण भट्टियों में आवृत्ति के चयन को प्रभावित करने वाले कारक :

प्रेरण भट्टियों के लिए उचित आवृत्ति का चयन करना भी काफी महत्वपूर्ण है। प्राथमिक धारा की आवृत्ति की ठीक-ठीक तथा तर्क-संगत गणना पैनीट्रेशन सूत्र (Penetration) द्वारा की जा सकती है।

इस सूत्रानुसार—

$$t = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{\rho \times 10^9}{\mu f}\right)} \text{ सेमी (cm) या } t = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{\rho \times 10^7}{\mu f}\right)} \text{ मीटर (m)}$$

...(i) (सूत्र)

जहाँ $t =$ धातु चार्ज (आवेश) की मोटाई, जहाँ तक कि धारा धातु में प्रवेश करती है।

$\rho =$ प्रतिरोधकता (specific resistance) ओह्म-सेमी या ओह्म-मी में ; पिघले हुए इस्पात (molten steel) में इसका मान $200 \mu\Omega$ सेमी होता है।

$\mu =$ धातु की चुम्बकशीलता (permeability of the material) पिघले हुए इस्पात की चुम्बकशीलता का मान इकाई होता है।

तथा $f =$ सप्लाई आवृत्ति, चक्र प्रति सेकेण्ड (Hz)।

अधिक दक्ष प्रचालन के लिए देखा गया है कि आवेश (charge) का व्यास तथा जहाँ तक धारा प्रवेश करती है, का अनुपात 6 से अधिक होना चाहिए, यदि यह अनुपात 8 हो तो

$$\frac{d}{t} = 8 \qquad ...(i)$$

सूत्र (i) तथा समीकरण (ii)

$$f = \frac{16 \times \rho \times 10^9}{\pi^2 \mu d^2} \qquad ...(ii)$$

समीकरण (ii) से हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि d का मान बढ़ाने से कम आवृत्ति पर दक्ष प्रचालन प्राप्त किया जा सकता है। आजकल प्रयोग की जाने वाली आधुनिक क्रोड रहित (5 टन क्षमता) भट्टियों में आवृत्ति का परास 500 से 1000 चक्र प्रति सेकेण्ड (cycles per second) रखा जाता है। अल्प मात्रा में पदार्थ को गलाने तथा अनुसन्धान कार्यों के लिए 1,00,000 से 10,00,000 चक्र प्रति सेकेण्ड की आवृत्ति का प्रयोग भी किया जा सकता है।

Scanned by CamScanner

इन भट्टियों का शक्ति-गुणक बहुत कम (0.1 तक) होता है इसलिए बड़ी भट्टियों के समान्तर में स्थैतिक संधारित्र लगाये जा सकते हैं।

क्रोड रहित भट्टियों के लिए उच्च आवृत्ति निम्न द्वारा प्राप्त की जा सकती है—

(i) मोटर जनित्र सेट, उभरे ध्रुव प्रारूपी प्रत्यावर्तक के साथ (motor generator set with salient pole alternator), (ii) मोटर जनित्र सेट, प्रत्यावर्तक के साथ तथा (iii) वाल्व-ऑसीलेटर (valve-oscillator) से।

§ 2.17 क्रोड रहित प्रेरण भट्टियों के लाभ

अन्य भट्टियों की अपेक्षा क्रोड रहित भट्टियों के निम्न लाभ हैं—

(i) इनमें धातुओं को गलने में कम समय लगता है।

(ii) शक्ति का अच्छा तथा परिशुद्ध नियन्त्रण हो सकता है।

(iii) किसी भी आकार की कुठाली (crucible) प्रयोग की जा सकती है।

(iv) क्रोड रहित प्रेरण भट्टी को रुक-रुक कर प्रयोग किया जा सकता है। क्योंकि इसे गर्म करने में कोई समय नष्ट नहीं होता।

(v) इसको गलाने में बहुत कम लागत आती है।

(vi) इसके प्रचालन में भी कम लागत आती है।

(vii) इससे कार्य लेने में काफी सुविधा होती है, क्योंकि इससे किसी प्रकार की धूल, धुआँ तथा आवाज नहीं होती।

अनुप्रयोग—इन भट्टियों का प्रयोग उच्च स्तर के इस्पात तथा विशेष प्रकार की मिश्र धातुओं के उत्पादन में किया जाता है। आजकल इस भट्टी का प्रयोग लोह पदार्थ से कार्बन स्टील उत्पादन में किया जाता है।

साधित उदाहरण

उदाहरण 2.4—एक निम्न आवृत्ति वाली प्रेरण भट्टी की द्वितीयक वोल्टता को 10 वोल्ट पर स्थिर रखा गया है, यह भट्टी 400 kW तथा 0.6 शक्ति-गुणक पर प्रचलित है तथा उसकी तली पूरी भरी हुई है। यदि द्वितीयक परिपथ का प्रतिरोध, आवेश (charge) के प्रतिलोमी हो तथा प्रतिघात स्थिर हो तो ज्ञात कीजिए कि भट्टी को तली की कितनी ऊँचाई तक भरा जाए ताकि अधिकतम ताप प्राप्त हो सके।

हल—सप्लाई से ली गई शक्ति $W = 400$ kW

द्वितीय परिपथ की धारा, $I_s = \dfrac{W}{V_s \cos\phi}$

$$= \frac{400 \times 1000}{10 \times 0.6}$$

$$= 6.666 \times 10^4$$

जब भट्टी की तली पूरी भरी होती है, तब द्वितीयक परिपथ की प्रतिबाधा,

$$Z_s = \frac{V_s}{I_s} = \frac{10}{6.666 \times 10^4}$$

$$= 1.5 \times 10^{-4} \text{ ओह्म}$$

इस परिस्थिति में द्वितीयक परिपथ का प्रतिरोध तथा प्रतिघात निम्न होगा

$$R_s = Z_s \cos\phi$$

$$= 1.5 \times 10^{-4} \times 0.6 = 0.9 \times 10^{-4}\ \Omega$$

$\therefore \quad X_s = Z_s \sin\phi \qquad (\because \cos\phi = 0.6)$

$\therefore \quad \sin\phi = 0.8$

$$= 1.5 \times 10^{-4} \times 0.8 = 1.2 \times 10^{-4}\ \Omega$$

माना भट्टी की तली (hearth) की ऊँचाई H मीटर है तथा तली में h मीटर तक आवेश (charge) भरने पर अधिकतम ताप उत्पन्न होता है तथा माना दोनों का अनुपात,

$$x = \frac{h}{H}$$

चूँकि परिपथ का प्रतिरोध, आवेश की ऊँचाई के प्रतिलोमी है इसलिए जब ऊँचाई h होगी, तब प्रतिरोध $= \dfrac{R_s}{x} = \dfrac{0.9 \times 10^{-4}}{x}$

जब द्वितीयक परिपथ प्रतिरोध तथा प्रतिघात समान होंगे, तब सप्लाई से ली गई शक्ति अधिकतम होगी अर्थात् इस समय अधिकतम ताप उत्पन्न होगा।

$$\therefore \quad \frac{0.9 \times 10^{-4}}{x} = X_s$$

$$\frac{0.9 \times 10^{-4}}{x} = 1.2 \times 10^{-4}$$

$$x = \frac{0.9 \times 10^{-4}}{1.2 \times 10^{-4}} = 0.75$$

अर्थात् जब भट्टी की तली कुल ऊँचाई का 0.75 मी तक भरी होगी उस समय अधिकतम ताप उत्पन्न होगा।

उदाहरण 2.5—120 मीट्रीटन टिन को अजैक्स भट्टी में 1 घण्टे में पिघलाना है, इसी भट्टी का उचित निर्धारण कीजिए। यदि टिन का पिघलाव तापमान (melting temperature) = 235°C, विशिष्ट ऊष्मा = 0.055, द्रव की गुप्त ऊष्मा (latent heat of liquidification) = 13.3 kcal प्रति kg। धातु का प्रारम्भिक तापमान 30°C मानें।

हल—टिन का तापमान, पिघलाव तापमान तक लाने के लिए आवश्यक ऊष्मा

= (धातु का भार × विशिष्ट ताप × (पिघलाव तापमान – प्रारम्भिक तापमान)

$= 120 \times 10^3 \times 0.055\,(235 - 30)$

$= 1353 \times 10^3$ कैलोरी = 1353 किलो कैलोरी

Scanned by CamScanner

120 मीटरीटन टिन को पिघलाने के लिए आवश्यक गुप्त ऊष्मा

= टिन का भार × गुप्त ऊष्मा

$= 120 \times 10^3 \times 13.3 = 1596 \times 10^3$ किलो कैलोरी

$\therefore$ कुल आवश्यक ऊष्मा $= 1353 + 1596 \times 10^3 = 1597353$ किलो कैलोरी

$\because$ भट्टी की निर्गत = आवेश को पिघलाने के लिए आवश्यक ऊर्जा

= 1597353 किलो कैलोरी/घण्टा

= 1597353 × 4186 जूल/घण्टा

$= \dfrac{1597353 \times 4186}{3600 \times 1000}$ kW

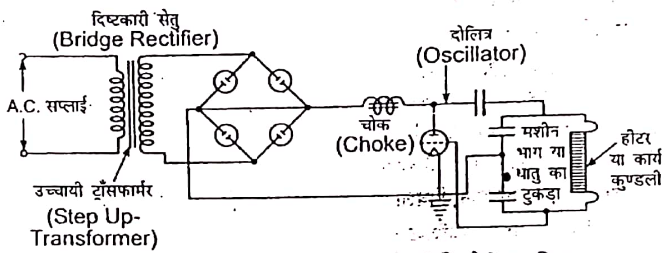
= 1857.36 kW

अर्थात् 1858 *kW* **निर्धारण की भट्टी प्रयोग कर सकते हैं।**

§ 2.18 उच्च आवृत्ति भंवर धारा तापन
(High Frequency Eddy-Current Heating)

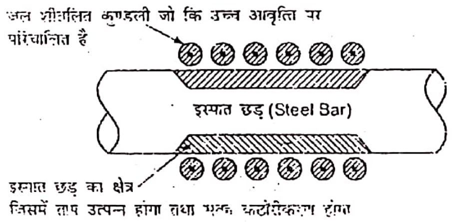
उच्च आवृत्ति भंवर धारा तापन, प्रेरण तापन का ही एक रूप है जो कि मशीनों के विभिन्न भागों के **कठोरीकरण, मृदुकरण** (tempering) **तथा तापनुशीतलन** (annealing) के लिए प्रयोग किया जाता है। गर्म किए जाने वाले मशीन भाग के चारों ओर कुण्डली लपेट दी जाती है जिससे उच्च आवृत्ति की प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) प्रवाहित की जाती है, जैसा कि चित्र 2.11 में दिखाया गया है कुण्डली में वैद्युत चुम्बकीय क्षेत्र (electro-magnetic field) विकसित होता है, जो कि मशीन भाग या धातु के इच्छित भाग में तापन प्रभाव उत्पन्न करता है। मशीन भाग या धातु में भंवर धाराओं के कारण में तापन प्रभाव उत्पन्न होता है। लोह चुम्बकीय (ferromagnetic) पदार्थ, हिस्टेरीसिस हानियों के कारण गर्म होता है।

इस विधि में 10,000 से 4,00,000 चक्र प्रति सेकण्ड की आवृत्ति प्रयोग की जाती है



चित्र 2.11 उच्च आवृत्ति भंवर तापन के लिये दोलित्र परिपथ

चूँकि धातु या मशीन भाग या चार्ज में भंवर धाराओं के प्रवेश की गहराई (depth of penetration) आवृत्ति के अन्डर रूट (under root) के प्रति लोमानुपाती होती है। $t = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\rho \times 10^9}{\mu f}}$ सेमी इसलिए भंवर धारा तापन को गर्म किए जाने वाले पदार्थ किसी भी इच्छित गहराई तक, तापन धारा की आवृत्ति का उचित चयन करके सीमित रखा जा सकता है। उच्च आवृत्ति भंवर धारा तापन के लिए परिपथ, चित्र 2.11 में दिखाया गया है। ट्राँसफार्मर वोल्टता को 10 kV तक बढ़ा देता है तथा यह वोल्टता, सेतु दिष्टकारी परिपथ (bridge rectifier circuit) द्वारा दिष्टकारित कर ली जाती है। हीटर कुण्डली (heater coil) या कार्य कुण्डली (work coil) दोलित्र प्रेरकत्व (oscillator inductance) का भाग बनती है जो कि इच्छित आवृत्ति पर संधारित्र के अनुनाद (resonance) बदल देती है। चित्र 2.12 में एक इस्पात की सतह कठोरीकरण की उच्च आवृत्ति विधि को चित्रित किया गया है।



चित्र 2.12 उच्च आवृत्ति भंवर तथा तापन विधि द्वारा इस्पात छड़ की सतह कठोरीकरण

§ 2.19 उच्च आवृत्ति भंवर धारा तापन के मुख्य लक्षण

(i) धातु के टुकड़े की सतह के पास ताप उत्पन्न होता है।

(ii) उच्च दर से ताप उत्पन्न होता है इसकी दर 5 kW प्रति वर्ग सेमी (पदार्थ सतह पर) से भी अधिक होती है।

(iii) सतह का क्षेत्र जिसे गर्म करना होता है, शुद्धता से नियन्त्रित किया जा सकता है।

(iv) तापमान नियन्त्रण होता है।

(v) उपयुक्त समय युक्तियों द्वारा ताप की मात्रा का शुद्धता से नियन्त्रण किया जा सकता है।

(vi) ताप को निर्वात (vacuum) में या किसी अक्रिय गैस के वातावरण से भी उत्पन्न किया जा सकता है।

(vii) इन भट्टियों के उपकरणों को अकुशल श्रमिक (unskilled labour) भी चला सकते हैं।

Scanned by CamScanner

(viii) आर्थिक दृष्टि से इस विधि द्वारा ताप का उत्पादन महँगा पड़ता है।

उपकरणों की दक्षता लगभग 50% होती है तथा उपकरणों की प्रारम्भिक लगात भी उच्च होती है।

उच्च आवृत्ति भंवर तापन के अनुप्रयोग—इसका प्रयोग धातुओं के ऊष्मा उपचार में कठोरीकरण के लिए, सतह कठोरीकरण के लिए तथा अनीलीकरण (annealing) के लिए किया जाता है। इसके अतिरिक्त इसका प्रयोग उच्च तापमान. (600°C) पर सोल्डरिंग के लिए किया जाता है, जहाँ ताँबा, जस्ता, चाँदी एवं इनकी मिश्र धातुयें सोल्डर के रूप में प्रयोग होती हैं।

साधित उदाहरण

उदाहरण 2.6—उच्च आवृत्ति भंवर धारा तापन विधि द्वारा एक ताप उपचार विधि में 25 kHz आवृत्ति की प्रत्यावर्ती धारा सप्लाई उपलब्ध है। ज्ञात कीजिए कि इससे 2.0 आपेक्षित चुम्बकशीलता तथा $9.861 \times 10^{-5}\,\Omega$ सेमी प्रतिरोधकता वाले वैद्युत पदार्थ की बनी कार्य वस्तु की सतह के लम्बवत् कितनी तापभेदन गहराई (penetration depth) तक ऊष्मा उपचार सम्भव है।

हल—ज्ञात है, $f = 25\text{ kHz} = 25 \times 10^3\text{ Hz}$

$$\mu_r = 2, \rho = 9.861 \times 10^{-5}\,\Omega \text{ सेमी}$$

$$= 9.861 \times 10^{-7}\,\Omega \text{ मीटर}$$

तापभेदन गहराई, $t = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{\rho \times 10^7}{\mu_r \times f}\right)}$ मी सूत्र में मान रखने पर

$$= \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{9.861 \times 10^{-7} \times 10^7}{2 \times 25 \times 10^3}\right)}$$

$$= \frac{1}{2 \times 3.142} \times 0.0140435$$

$$= \mathbf{2.2348 \times 10^{-3}} \textbf{ मीटर}$$

$$= \mathbf{2.2348} \textbf{ मिमी}$$

उदाहरण 2.7—$9.861 \times 10^{-8}\,\Omega$ मीटर की प्रतिरोधकता तथा 2.0 आपेक्षिक चुम्बकशीलता रखने वाली लौह धातु से निर्मित एक शाफ्ट (shaft) की सतह के लम्बवत् 0.4 मिमी तापभेदन गहराई तक के लिए प्रत्या० धारा सप्लाई स्रोत की आवृत्ति की गणना कीजिए।

हल—ज्ञात है, $\rho = 9.861 \times 10^{-8}\,\Omega$ मी

$$\mu_r = 2, t = 0.4 \text{ मिमी} = 4 \times 10^{-4} \text{ मीटर}$$

$\because$ गहराई $t = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{\rho \times 10^7}{\mu_r \times f}\right)}$ मी ...(सूत्र)

$\therefore$ आवृत्ति $f = \frac{\rho \times 10^7}{4\pi^2 t^2 \mu_r}$

$$= \frac{9.861 \times 10^{-8} \times 10^7}{4 \times (3.142)^2 \times (4 \times 10^{-4})^2 \times 2}$$

$$= \frac{9.861 \times 10^{-8} \times 10^7}{4 \times (3.142)^2 \times 16 \times 10^{-8} \times 2}$$

$$= \frac{9.861 \times 10^7}{4 \times 3.142 \times 3.142 \times 16 \times 2}$$

$$= 78036\text{ Hz}$$

$$= 78.036 \times 10^3$$

या $= \mathbf{78.036\ kHz}$

§ 2.20 परावैद्युत तापन (Dielectric Heating)

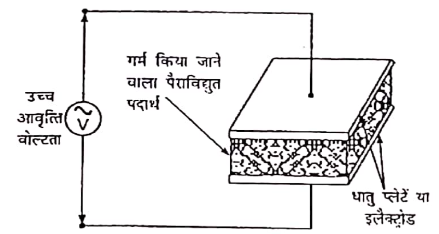
परावैद्युत तापन विधि, आधतुओं जैसे लकड़ी, प्लास्टिक, चाइना मिट्टी, काँच टाइलों (ceramic) इत्यादि तापन (heating) के लिए प्रयोग की जाती है। परावद्युैत तापन को उच्च आवृत्ति संधारित्र तापन (high frequency condenser heating) भी कहते हैं। परावैद्युत तापन में 10 से 30 मैगा साइकल (mega cycles) की आवृत्ति तथा 20 kV की वोल्टता प्रयोग की जाती है। इस विधि का मूल लाभ यह है कि ताप, पदार्थ के अन्दर ही उत्पन्न होता है। इस विधि में भट्टी (oven) में तापन की अपेक्षा कम समय लगता है।

परावैद्युत का सिद्धान्त—जब अधातु (non-metals) पदार्थों को प्रत्यावर्ती धारा के स्थिर विद्युतिकी क्षेत्र (electrostatic field) में रखा जाता है, तो परावैद्युत हानियाँ उत्पन्न होती हैं। परावैद्युत तापन में इन हानियों का प्रयोग किया जाता है। गर्म किए जाने वाले पदार्थ को एक पट्टी (slab) के रूप में दो धातु प्लेटों या इलेक्ट्रोडों के मध्य रखकर उच्च आवृत्ति की प्रत्या० धारा सप्लाई प्रयुक्त की जाती हैं। आवश्यक उच्च आवृत्ति वोल्टता को वाल्व दोलित्र (valve oscillator) द्वारा प्राप्त किया जाता है, जैसा कि उच्च आवृत्ति भंवर तापन (चित्र 2.11) में किया जाता है।

जब किसी संधारित्र को प्रत्या० धारा वोल्टता प्रयुक्त की जाती है तो संधारित्र द्वारा ली गई वोल्टता से 90° अग्रगामी नहीं होती तथा यह सदैव धारा के फेज संघटक में (in phase-component) उत्पन्न होती है, धारा के फेज संघटक या क्रियाशील संघटक होने के कारण, परावैद्युत पदार्थ में ताप (heat) उत्पन्न होता है, जो कि (परावद्युैत पदार्थ) संधारित्र की प्लेटों के मध्य रखा जाता है। जैसाकि चित्र 2.13 में दिखाया गया है। परावैद्युत पदार्थ में ताप ऊर्जा के रूप में वैद्युत ऊर्जा क्षय (dissipate) होती है, जिसे परावैद्युत हानि कहते

Scanned by CamScanner

हैं। परावैद्युत हानियाँ प्रत्या० धारा सप्लाई की आवृत्ति के सीधे समानुपाती होती है जो कि संधारित्र की दो प्लेटों में प्रयुक्त की जाती है।

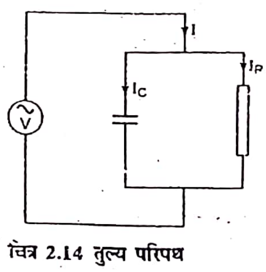


चित्र 2.13 परावैद्युत तापन

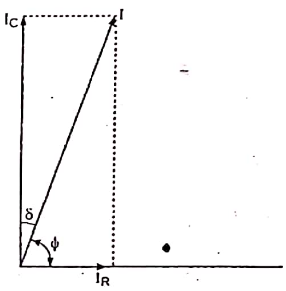
चूंकि वैद्युतरोधक (insulator) दुर्बल चालक (poor conductor) होते हैं इसलिए इन्हें बाहर से शीघ्र गर्म नहीं किया जा सकता। परावैद्युत तापन में पदार्थ में ही ताप उत्पन्न होता है तथा ताप समान रूप से उत्पन्न होता है। यह परावैद्युत तापन का एक महत्वपूर्ण गुण है। वैद्युतरोधकों (insulators) तथा अचालक पदार्थों में परोवैद्युत तापन विधि द्वारा उत्पन्न ताप की गणना निम्न रूप से की जा सकती है।

गर्म किए जाने वाले पदार्थ को संधारित्र का अपूर्ण परावैद्युत माध्यम माना जा सकता है तथा इस प्रकार संधारित्र को प्रतिरोध के समान्तर में प्रदर्शित किया जा सकता है जैसा कि चित्र 2.14 में दिखाया गया है। परिपथ का सदिश आरेख चित्र 2.15 में दिखाया गया है।

यदि V = सप्लाई वोल्टता में,



चित्र 2.14 तुल्य परिपथ



चित्र 2.15 सदिश आरेख

f = सप्लाई आवृत्ति, चक्र प्रति सेकण्ड में,

C = संधारित्र की धारिता फैरड में,

ϕ = शक्ति गुणक (आवेश का)

तब संधारित्र में प्रवाहित धारा, $I_c = \dfrac{V}{X_c} = \dfrac{V}{1/2\pi fC} = 2\pi fCV$

सप्लाई से ली गई धारा, $I = I_c$ $(\because I_R$ बहुत कम होता है)

$\therefore$ उत्पन्न शक्ति $P = VI\cos\phi = V \times 2\pi fCV \times \cos\phi$ वाट

$= 2\pi fCV^2 \cos\phi$ वाट

किसी विशेष अचालक पदार्थ (आवेश) के शक्ति गुणक का मान स्थिर होता है तथा संधारित्र की क्षमता उसकी प्लेटों की परिमाप, गर्म किए जाने वाले पदार्थ या आवेश (जोकि परावैद्युत माध्यम का कार्य करता है) तथा परावैद्युत स्थिरांक द्वारा ज्ञात की जाती है। इसलिए परावैद्युत तापन, सप्लाई आवृत्ति तथा वाल्टता पर निर्भर करती है। इसलिए इन दोनों में से किसी एक को परावर्तित करके परावैद्युत तापन को परिवर्तित किया जा सकता है। विघुतरोधन (insulation) की समस्या के कारण एक सीमा तक ही उच्च वोल्टता का प्रयोग किया जा सकता है, इसलिए अधिक ताप प्राप्त करने के लिए उच्च आवृत्ति की सप्लाई प्रयोग करना अधिक उपयुक्त रहता है। उच्च आवृत्ति भी एक सीमा तक ही प्राप्त करना मितव्ययी है, अधिक उच्च आवृत्ति से कई प्रकार की कठिनाईयाँ तथा उपकरण लागत बढ़ जाती है।

संधारित्र की क्षमता निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात की जा सकती है—

$$C = \frac{KK_0A}{t} \text{ फैरड}$$

जहाँ K = परावैद्युत की आपेक्षिक विद्युतशीलता (relative permittivity)

K_0 = निर्वात् की परम विद्युतशीलता (absolute permittivity of vacuum) जिसका मान 8.854×10^{-12} होता है।

A = गर्म किए जाने वाले पदार्थ का क्षेत्रफल, वर्ग मीटर में

तथा t = परावैद्युत पदार्थ की मोटाई मीटर में

§ 2.21 परावैद्युत तापन के अनुप्रयोग
(Application of Dielectric Heating)

परावैद्युत तापन के उपकरणों की प्रारम्भिक लागत बहुत अधिक होती है इसलिए इस विधि का प्रयोग केवल उन्हीं पदार्थों के तापन के लिए ही किया जाता है, जहाँ अन्य उपरोक्त वर्णित विधियों द्वारा तापन सम्भव न हो। भट्टियों की दक्षता 50% तक होती है। इसके मुख्य कार्य क्षेत्र निम्न हैं—

(i) खाद्य पदार्थों जैसे फलों तथा सब्जियों तथा तम्बाकू का निर्जलीकरण करना (dehydration of food and tobacco)।

Scanned by CamScanner

(ii) लकड़ी को सुखाना तथा प्लाईवुड की परतों के बीच सरेस (glue) चिपकाना। प्लाईवुड उद्योग में परावैद्युत तापन का प्रयोग महत्वपूर्ण है।

(ii) हड्डियों के तापन में (heating of bones)।

(iv) बोतलों में बन्द दूध तापन तथा बीयर (bear) का पास्चुरीकरण (pasteurization) करना।

(v) कच्चे प्लास्टिक का तापन तथा मृदुकरण करना (heating and softening to raw plastics)।

(vi) **इलेक्ट्रॉनिक सिलाई में**—इलेक्ट्रॉनिक सिलाई द्वारा वर्षा से बचाव के कपड़े (rain coat), खाद्य पदार्थ तथा दवाईयाँ रखने के डिब्बे बनाए जाते हैं। साधारण धागा सिलाई द्वारा उपरोक्त समान जल-सह नहीं हो पाता तथा जोड़ों पर कमजोर रहता है। इलेक्ट्रॉनिक सिलाई मशीन द्वारा सिलाई की जाने वाली वस्तु दो रोलरों के मध्य से गुजरती है, जिनमें उच्च आवृत्ति की वोल्टता प्रवाहित होती है। पदार्थ में उत्पन्न ताप, दबाव-पड़ने वाली लाइन के साथ सील करता जाता है। ठण्डे रोलर इलेक्ट्रोड लाइन से बाहर वाले भाग को गर्म नहीं होने देते।

(vii) रबर का वलकनीकृत करना।

(viii) कपड़ा मिलों में कपड़ों को सुखाने में।

साधित उदाहरण

उदाहरण 2.8—एक विद्युतरोधी (insulating) पदार्थ को परावैद्युत तापन विधि द्वारा गर्म करना है। विद्युतरोधी पदार्थ की परिमाप लम्बाई 10 सेमी × चौड़ाई 10 सेमी × मोटाई 3 सेमी हैं। तापन में 20 मैगा Hz (mega cycles) की आवृत्ति प्रयोग की गई तथा शक्ति व्यय 450 वाट है। तापन के लिए पदार्थ में प्रवाहित आवश्यक वोल्टता तथा धारा की गणना कीजिए। पदार्थ की आपेक्षिक विद्युतशीलता 5 तथा शक्ति गुणक 0.05 है।

हल—संधारित्र की धारिता, $C = \frac{KK_0A}{t}$ फैरड

$$K_0 = 8.854 \times 10^{-12}$$

$$K = 5 \text{ (ज्ञात है)}$$

$$t = \text{मोटाई मीटर में} = 3 \times 10^{-2} \text{ मीटर}$$

$$A = \text{क्षेत्र मीटर}^2 \text{ में} = 10 \times 10 \times 10^{-4} = 10^{-2} \text{ मीटर}^2$$

$$\therefore \quad C = \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 5 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-2}}$$

$$C = 14.756 \times 10^{-12} \text{ फैरड}$$

संधारित्र को एक प्रतिरोध के समान्तर में माना जा सकता है तथा इस प्रकार प्रतिरोध में

ही शक्ति हानि होगी। उपरोक्त का तुल्य आरेख तथा सदिश आरेख क्रमशः चित्र 2.14 तथा सदिश आरेख क्रमशः चित्र 2.14 तथा 2.15 में दिखाया गया है।

जहाँ δ = परावैद्युत हानि कोण तथा $\cos\phi$ = शक्ति गुणक है।

$$f = 20 \times 10^6 \text{ चक्र/सेकेण्ड}$$

$$\therefore \quad X_c = \text{संधारित्र का प्रतिघात} = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$= \frac{1}{2\pi \times 20 \times 10^6 \times 14.756 \times 10^{-12}}$$

$$X_c = 539\,\Omega$$

$$\tan\phi = \frac{I_C}{I_R} = \frac{V/X_c}{V/R} = \frac{R}{X_C}$$

या $$R = X_C \tan\phi$$

$$\cos\phi = 0.05, \quad \phi = 87.1°, \quad \tan\phi = 19.97$$

$$\because \quad R = 539 \times 19.97 = 10766.5\,\Omega$$

$$\text{शक्ति (power)} = \frac{V^2}{R}$$

$$\therefore \quad 450 = \frac{V^2}{R}$$

$$\therefore \quad V^2 = 450 \times R = 450 \times 10766.5$$

$$V = \sqrt{(450 \times 10766.5)}$$

$$= \mathbf{22201.1}$$

$$\therefore \quad I_c = \frac{V}{X_C} = \frac{2201.1}{539}$$

$$= \mathbf{4.08 \text{ ऐम्पियर}}$$

उदाहरण 2.9—वैद्युतरोधी पदार्थ को गर्म करने में शक्ति व्यय 400 वाट हैं। सप्लाई वोल्टता 2000 वोल्ट वैद्युतशीलता (permittivity) 5 तथा शक्ति गुणक 0.05 है। गर्म किए जाने वाले वैद्युतरोधित पदार्थ की परिमाप 20 सेमी × 20 सेमी × 3 सेमी है। शक्ति सप्लाई (power supply) की आवृत्ति ज्ञात कीजिए।

हल—शक्ति व्यय, $P = 400$ वाट

सप्लाई वोल्टता, $V = 2000$ वोल्ट

शक्ति गुणक, $\cos\phi = 0.05$, $K = 5$, $K_0 = 8.854 \times 10^{-12}$

$A = 20 \text{ सेमी} \times 20 \text{ सेमी} = 0.2 \times 0.2 -= 0.04 \text{ मीटर}^2$

$t = 3$ सेमी $= 0.03$ सेमी

$\therefore$ संधारित्र की धारिता, $C = \frac{KK_0A}{t}$ फैरड ...(सूत्र)

Scanned by CamScanner

$$= \frac{5 \times 8.854 \times 10^{-12} \times 0.04}{0.03} \text{ फैरड}$$

$$= 59.026 \times 10^{-12} \text{ फैरड}$$

$\because \quad p = 2\pi f C V^2 \cos\phi$

$\therefore \quad f = \dfrac{P}{2\pi C V^2 \cos\phi}$

$$= \frac{400}{2\pi \times 59.026 \times 10^{-12} \times (2000)^2 \times 0.05}$$

$= 5.39 \times 10^6 c/s =$ **5.39 मेगा साइकिल प्रति सेकेण्ड**

उदाहरण 2.10—एक प्लाईवुड (plywood) जिसकी लम्बाई 100 सेमी, चौड़ाई 100 सेमी तथा मोटाई 6 सेमी है, को परावैद्युत तापन विधि से 150°C तक 30 मेगा चक्र प्रति सेकेण्ड (c/s) आवृत्ति से 20 मिनट में गर्म किया जाना है। प्लाईवुड का विशिष्ट ताप 0.35, भार 0.56 ग्राम/सेमी^{3}, परिवात ताप (ambient temperature) 30°C, आपेक्षिक वैद्युतशीलता (relative permittivity) 5, परम वैद्युतशीलता (absolute permittivity) 8.854×10^{-12} तथा शक्ति गुणक 0.05 है। तापन में शक्ति व्यय प्लाईवुड के पार्श्व वोल्टता तथा प्लाईवुड से प्रवाहित धारा की गणना कीजिए।

हल—प्लाईवुड का आयतन जो गर्म किया जाता है

$$= 100 \times 100 \times 6 = 60{,}000 \text{ सेमी}^2$$

प्लाईवुड का भार $= 60{,}000 \times 0.56 \times 33600$ ग्राम

या $= 33.600$ किग्रा

(i) प्लाईवुड का तापमान 30°C से 150°C तक बढ़ाने के लिए

आवश्यक ऊष्मा = प्लाईवुड का भार × विशिष्ट ताप × तापमान में वृद्धि

$= 33.600 \times 0.35 \times (150 - 30)$°C किलो कैलोरी

$= 1411.2$ किलो कैलोरी (kcal)

या $\dfrac{1411.2}{857.0}$ kWh = 1.646 kWh

$\because$ (857 kcal = 1 kWh)

चूँकि तापन समय 20 मिनट है इसलिए

आवश्यक शक्ति $(P) = \dfrac{1.646 \times 10^3}{20/60} = 4938$ वाट

= 4.938 kW

परावैद्युत तापतान की दक्षता 50% मानते हुए आवश्यक शक्ति निम्न होगी।

अतः आवश्यक शक्ति (power) $= \dfrac{4938 \times 100}{50} = 9876$ वाट

या **= 9.876 किलोवाट**

(ii) आपेक्षिक वैद्युतशीलता (absolute permittivity), $K = 5$

$$K_0 = 8.854 \times 10^{-12}$$

$$A = 100 \times 100 = 10{,}000 \text{ वर्ग सेमी} = 1 \text{ वर्ग मीटर}$$

मोटाई, $t = 6$ सेमी $= 0.06$ मीटर

आवृत्ति, $f = 30$ मेगा चक्र प्रति सेकेण्ड $= 30 \times 10^6 \, c/s$

$\therefore$ संधारित्र की धारिता, $C = \dfrac{KK_0A}{t}$ फैरड

$$= \frac{5 \times 8.854 \times 10^{-12} \times 1}{0.06} = 737.83 \times 10^{-12} \text{ फैरड}$$

$\therefore$ संधारित्र प्रतिघात, $X_C = \dfrac{1}{2\pi f C}$

$$= \frac{1}{2\pi \times 30 \times 10^6 \times 737.83 \times 10^{-12}}$$

$$= 7.2\,\Omega$$

शक्ति गुणक, $\cos\phi = 0.5$

$\therefore \quad \phi = \cos^{-1} 0.05 = 87.134$

$\therefore \quad \tan\phi = 19.974$

प्रतिरोध, $R = X_C \tan\phi = 7.2 \times 19.974$

$$= 143.8\,\Omega$$

शक्ति, $P = \dfrac{V^2}{R}$

$\therefore$ वोल्टता $V = \sqrt{(P \times R)}$

$\sqrt{9876 \times 143.8} = 1191.7$ वोल्ट

चूँकि संधारित्र प्रतिघात, प्रतिरोध की अपेक्षा काफी कम है, इसलिए प्रतिरोधी धारा बहुत कम होगी तथा इसे नगण्य माना जा सकता है, इसलिए

आवश्यक धारा $I = I_C = \dfrac{V}{X_C} = \dfrac{1191.7}{7.2} = 165.5$

= 165.5 ऐम्पियर

उदाहरण 2.11—(क) परावैद्युत तापन क्या है? व्याख्या कीजिए। (ख) 10 मिमी मोटाई तथा 200 वर्ग सेमी क्षेत्रफल के विद्युतरोधन पदार्थ के एक स्लेब को परावैद्युत तापन द्वारा

Scanned by CamScanner

गर्म किया जाना है। 25 मेगाहर्ट्ज (MHz) पर आवश्यक शक्ति 400 वाट है। पदार्थ की वैद्युतशीलता 5 है तथा शक्ति गुणक 0.05 है। आवश्यक वोल्टता ज्ञात कीजिए।

निरपेक्ष वैद्युतशीलता 8.854×10^{-12} फैरड/मीटर है।

हल—(क) § 2.22 देखें।

(ख) संधारित्र की धारिता,

$$C = \frac{KK_0A}{t} \text{ फैरड}$$

$$K_0F/M = 8.854 \times 10^{-12}$$

$$K = 5 \quad \text{(ज्ञात है)}$$

$$t = 10 \text{ मिमी} = 10 \times 10^{-3} \text{ मीटर}$$

$$A = 200 \text{ वर्ग सेमी} = 200 \times 10^{-4} \text{ वर्ग मीटर}$$

$$\therefore \quad C = \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 5 \times 200 \times 10^{-4}}{10 \times 10^{-3}}$$

$$C = 88.54 \times 10^{-12} \text{ फैरड}$$

संधारित्र को एक प्रतिरोध के समान्तर में माना जा सकता है तथा इस प्रकार प्रतिरोध में ही शक्ति हानि होगी। उपरोक्त का तुल्य आरेख तथा सदिश आरेख क्रमशः चित्र 2.14 तथा 2.15 में दिखाया गया है।

जहाँ δ = परावैद्युत-हानि कोण तथा

$\cos\phi$ = शक्ति गुणक है,

तथा $f = 25 \times 10^6$ वक्र/सेकेण्ड

$$\therefore \quad X_C = \text{ संधारित्र का प्रतिघात}$$

$$= \frac{1}{2\pi fC}$$

$$= \frac{1}{2\pi \times 25 \times 10^6 \times 88.54 \times 10^{-12}}$$

$$= \frac{10^6}{2 \times 3.142 \times 25 \times 88.54}$$

$$X_C = 71.89\ \Omega$$

$$\tan\phi = \frac{I_C}{R} = \frac{V/X_C}{V/R} = \frac{R}{X_C}$$

या

$$R = X_C \times \tan\phi$$

$$\cos\phi = 0.05, \phi = 87.13°, \tan\phi = 19.97$$

$$\therefore \quad R = 71.89 \times 19.97 = 1435.64\ \Omega$$

$$\text{शक्ति (Power)} = \frac{V^2}{R}$$

$$400 = \frac{V^2}{R}$$

$$\therefore \quad V^2 = 400 \times R = 400 \times 1435.64$$

$$\therefore \quad V = \sqrt{400 \times 1435.64} = 757.8 \text{ वोल्ट}$$

$$\text{तथा} \therefore \quad I \simeq I_c = \frac{V}{X_c} = \frac{757.8}{71.89} = \mathbf{10.54 \text{ ऐम्पियर}}$$

उदाहरण 2.12—0.5 × 0.25 × 0.02 मीटर माप के प्लाईवुड बोर्ड को 10 मिनट में 30 MHz की आवृत्ति को प्रयोग करते हुए 25°C से 125 °C तक परावैद्युत गर्म (dielectric heat) किया जाना है। इस तापन प्रक्रम में आवश्यक शक्ति ज्ञात कीजिए। लकड़ी (प्लाईवुड) की विशिष्ट ताप 1500 जूल प्रति किग्रा प्रति अंश सेन्टीग्रेट है। लकड़ी (प्लाईवुड) का भार 600 किग्रा/मी³ तथा प्रक्रम की दक्षता 50 प्रतिशत है।

हल—प्लाईवुड लकड़ी का आयतन जो गर्म किया जाना है

$$= 0.5 \times 0.25 \times 0.02 = 0.0025 \text{ मीटर}^3$$

लकड़ी (प्लाईवुड) का भार = 600 किलोग्राम/मी³

(1) प्लाईवुड का तापमान 25°C से 125°C तक बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा

(प्लाईवुड का भार = आयतन × घनत्व)

$$= 0.0025 \times 600 = 1.5 \text{ किग्रा}$$

$\because$ आवश्यक शक्ति = प्लाईवुड का भार × विशिष्ट ताप × तापमान में वृद्धि

$$= 1.5 \times 1500 \times (125 - 25)°C$$

$$= 2250 \times 100$$

$$= 22.5 \times 10^4 \text{ kcal}$$

या

$$= \frac{22.5 \times 10^4}{857.2} = 262.39$$

$$= 262.4 \text{ kWh} \qquad (\because 1 \text{ kWh} = 36 \times 10^5 \text{ जूल})$$

(तथा 1 kWh = 857.2 kcal.)

चूँकि तापन समय 10 मिनट है

$$\text{इसलिए आवश्यक शक्ति}, P = \frac{262.4}{10/60} = 1574.4 \text{ kW}$$

परावैद्युत तापन उपकरण की दक्षता 50% दी है।

$$\therefore \quad \text{आवश्यक शक्ति} = \frac{1574.4}{50/100} = 3148.8 \text{ kW}$$

Scanned by CamScanner

उदाहरण 2.13—एक 20 मिमी मोटे तथा 1530 वर्ग मिमी क्षेत्रफल के अवरोधक पदार्थ के स्लैब (Slab) को परावैद्युत तापन द्वारा गर्म करना है। उक्त कार्य हेतु 3 मेगा हर्टज की आवृत्ति पर 200 वाट की शक्ति की आवश्यकता है। पदार्थ का परा-विद्युतांक 5 एवं शक्ति गुणक 0.05 है। पदार्थ से बहने वाली धारा एवं आवश्यक वोल्टता ज्ञात कीजिए।

हल—संधारित्र की धारिता, $C = \frac{KK_0A}{t}$ फैरड

$$K_0 = 8.854 \times 10^{-12} \qquad K = 5 \text{ (ज्ञात है)}$$

t = मोटाई मीटर में = 20 मिमी = 0.02 मी

A = क्षेत्र मी^{2} में = 1530 वर्ग मिमी = 0.00153 वर्ग मी

$$\therefore \quad C = \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 5 \times 0.00153}{0.02}$$

$$= 3.386 \times 10^{-12} \text{ फैरड}$$

संधारित्र को एक प्रतिरोध के समान्तर में माना जा सकता है तथा इस प्रकार प्रतिरोध में हो शक्ति हानि होती है।

$$f = 3 \times 10^6 \text{ चक्र/ सेकेन्ड}$$

$$\therefore \quad X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 3 \times 10^6 \times 3.386 \times 10^{-12}}$$

$$= 15675.9\ \Omega$$

$$\tan\phi = \frac{I_C}{I_R} = \frac{V/X_C}{V/R} = \frac{R}{X_C}$$

या $\quad R = X_C \tan\phi; \quad \cos\phi = 0.5 = 87.1°; \quad \tan\phi = 19.74$

$$R = 15675.9 \times 19.74 = 309442.26\ \Omega$$

$$\text{शक्ति} = \frac{V^2}{R} \quad \therefore 200 = \frac{V^2}{R}$$

$$\therefore \quad V^2 = 200 \times R = 200 \times 309442.26$$

$$V = \sqrt{200 \times 309442.26} = 7866.92 \text{ वोल्ट}$$

तथा $\quad I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{7866.92}{15675.9} = 0.501$ ऐम्पियर

§ 2.22 परावैद्युत तापन पर आवृत्ति तथा वोल्टता का प्रभाव (Effect of Frequency and Voltage on Dielectric Heating)

उपरोक्त उदाहरणों में, यह देखा गया है कि पैरावैद्युत हानियाँ $V^2 \times f \times K \times \cos\phi$ के समानुपाती होती है, जहाँ V = सप्लाई वोल्टता, f = सप्लाई

आवृत्ति (चक्र प्रति सेकेण्ड), K = आपेक्षिक विद्युतशीलता, $\cos\phi$ = शक्ति-गुणक। $K\cos\phi$ हानिकारक कहलाता है, जो कि किसी पदार्थ के लिए आवृत्ति के साथ अधिक परिवर्तित नहीं होता। इसलिए आवश्यक ऊष्मा प्राप्त करने के लिए उच्च आवृत्ति तथा माध्यम वोल्टता या उच्च वोल्टता तथा माध्यम आवृत्ति प्रयोग कर सकते हैं। वोल्टता का मान गर्म किए जाने वाले पदार्थ की मोटाई भंजन वोल्टता (break down voltage) विद्युतरोधन (insulation) तथा सुरक्षात्मक दृष्टिकोण से सीमित रखना पड़ता है। परावैद्युत तापन के लिए 800 वोल्ट से 300 वोल्ट तक की वोल्टता सामान्य रूप से प्रयोग की जाती है, यद्यपि 20 kV तक की वोल्टता भी कभी-कभी प्रयोग की जा सकती है। इसलिए उच्च ताप उत्पन्न करने तथा गर्म करने के समय को कम करने के लिए उच्च आवृत्ति का प्रयोग करना ही विकल्प है। परन्तु निम्न कारकों के कारण आवृत्ति को एक सीमा तक बढ़ाना ही उचित है—

(i) दोलित्र (Oscillator) सप्लाई से अधिकतम शक्ति निर्गत प्राप्त करने के लिए आवश्यक है कि दोलित्र की प्रतिबाधा लोड प्रतिबाधा के समान हो। अनुनाद परिपथ (resonant circuit) [जिसमें प्रेरकत्व (inductance) तथा संधारित्र (capacitance) समान्तर में जुड़े होते हैं] की आवृत्ति बढ़ाने में लोड परिपथ की प्रतिबाधा घटती है, इस प्रकार दोनों में समानता (matching) नहीं हो पाती। इसलिए उच्च आवृत्ति के लिए एक विशेष तुल्य या मैचिंग (matching) परिपथ की आवश्यकता होती है।

(ii) इनकी बहुत सम्भावना है कि स्थायी तरंग (standing wave) को इलेक्ट्रोडों की सतह पर बनाए रखा जाए। परन्तु यदि इस स्थायी तरंग की लम्बाई किसी समय आवृत्ति तरंग (frequency wave) की लम्बाई की एक चौथाई के तुल्य या उससे अधिक होगी, तब इलेक्ट्रोडों के मध्य वोल्टता में परिवर्तन आ जायेगा। इस परिवर्तन के कारण असमान ताप (uneven heating) होगा। इस कमी को दूर करने के लिए किसी विशेष आवृत्ति पर इलेक्ट्रोड की लम्बाई को एक निश्चित सीमा में रखा जाता है। उदाहरण के लिए 40 मेगा चक्र प्रति सेकेण्ड (mega c/s) पर इलेक्ट्रोड की लम्बाई 0.305 मीटर से अधिक नहीं होनी चाहिए, यदि गर्म किए जाने वाले पदार्थ की विद्युतशीलता 3 तथा इलेक्ट्रोड सतह पर वोल्टता में परिवर्तन 10% से अधिक नहीं है।

(iii) बहुत उच्च आवृत्ति पर समस्वरण प्रेरकत्व (tunning inductance) का आवेश संधारित्र (charge capacitance) के साथ अनुनादित होना कठिन है। यदि आवेश संधारित्र जिसकी धारिता 500 $\mu\mu F$ है, को 40 मैगा चक्र प्रति सेकण्ड (mega c/s) की आवृत्ति पर समस्वरित (tuned) कियां जाए, तो 0.15 माइक्रो हेनरी की समस्वरण प्रेरकत्व की आवश्यकता होगी।

उपरोक्त कारणों से हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि परावैद्युत तापन के लिए 10 से 40 मैगा चक्र प्रति सेकण्ड (c/s) की आवृत्ति सामान्य तौर पर का प्रयोग की जाती है।

उपरोक्त के अतिरिक्त निम्न कारण भी आवृत्ति चयन में सहायक होते हैं—

(i) किसी विशेष वोल्टता पर तापन प्रभाव आवृत्ति चयन पर निर्भर करता है। गर्म किए जाने वाले पदार्थ की परावैद्युत सामर्थ्य, इलेक्ट्रोड वोल्टता की एक निश्चित सीमा रखती है।

Scanned by CamScanner

(ii) बहुत उच्च आवृत्तियों पर समरूप वोल्टता वितरण प्राप्त नहीं किया जा सकता, इसलिए बहुत उच्च आवृत्ति प्रयोग करना उचित नहीं है। निम्न सूत्र द्वारा किसी विशेष इच्छित आवृत्ति के लिए इलेक्ट्रोड की अधिकतम अनुमत लम्बाई (l_{max}) ज्ञात की जा सकती है—

$$(l_{max}) = \frac{15 \times 10^6}{f\sqrt{K}} \text{(मीटर में)} \qquad \ldots\text{(सूत्र)}$$

(iii) बहुत उच्च आवृत्ति, का उपयोग करने के कारण विकिरण द्वारा निकटतम रेडियो स्टेशन सेवाओं में बाधा पहुँच सकती है।

§ 2.23. प्रेरण तापन पर आवृत्ति के प्रभाव
(Effect of Frequency on Induction Heating)

प्रेरण तापन के लिए आवृत्ति का चयन करते समय निम्न बातों का ध्यान में रखना चाहिए—

(i) यदि आवृत्ति बहुत व उच्च होगी तो पतली सतह गर्म की जा सकेगी।

(ii) यदि तापन क्रिया अधिक देर तक चलती रहेगी तो संवहन (conduction) द्वारा ताप अधिक गहराई तक प्रवेश कर जायेगा।

(iii) यदि थोड़े समय में अधिक उच्च ताप करना हो तो उच्च क्षमता वाले जनित्र का चयन करना होगा।

आर्क भट्टियाँ (ARC FURNACES)

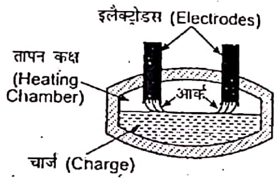
§ 2.24 आर्क भट्टियाँ (Arc Furnaces)

यदि किसी वायु-अन्तराल (air-gap) में बहुत अधिक उच्च वोल्टता दी जावे, तब वायु-अन्तराल के मध्य के वायु स्थिर विद्युतिकी (electrostatic effect) के कारण आयनित (ionised) हो जाती है। यह आयनित वायु चालक पदार्थ का कार्य करती है, इस प्रकार इस वायु-अन्तराल में धारा सतत् चिंगारी (continuous spark) के रूप में प्रवाहित होने लगता है। इसी आर्क को भट्टियों में इलेक्ट्रोड प्रयोग करके आर्क से 3000°C से 3500°C तक का तापमान प्राप्त किया जा सकता है। आर्क भट्टियों के कक्ष (chamber) की संरचना अम्लीय या समक्षारीय (basic) गलनरोधी (refractory) पदार्थ से की जाती है। जहाँ तक हो सके भट्टी का कक्ष अन्दर से गोलाकार बनाया जाता है ताकि रख-रखाव पर लागत कम आये। आजकल मुख्य रूप में दो प्रकार की आर्क भट्टियाँ प्रयोग की जाती हैं—

(i) प्रत्यक्ष आर्क भट्टियाँ (direct arc furnaces), (ii) अप्रत्यक्ष आर्क भट्टियाँ (indirect arc furnaces)

§ 2.25 प्रत्यक्ष आर्क भट्टियाँ
(Direct Arc Furnaces)

चित्र 2.16 में प्रत्यक्ष आर्क भट्टी की संरचना दिखायी गई है। इस प्रकार की भट्टियों में चार्ज (charge), दूसरे इलेक्ट्रोड का कार्य करता है। इस भट्टी में ग्रेफाईट या कार्बन के दो इलेक्ट्रोड होते हैं तथा आर्क दो स्थानों पर उत्पन्न होता है। जैसा कि चित्र 2.16 में दिखाया गया है। एक फेजी प्रत्यक्ष भट्टियों में इलेक्ट्रोड ऊर्ध्वाधर रूप में भट्टी की छत से नीचे की ओर चार्ज की सतह के ऊपर लटके रहते हैं जैसा कि चित्र 2.16 में दिखाया गया है तथा दो आर्क उत्पन्न करते हैं तथा 3-फेज प्रत्यक्ष भट्टियों में तीन इलेक्ट्रोड समबाहु त्रिभुज के तीन कोनों पर ऊर्ध्वाधर रूप में भट्टी की छत से लटके रहते हैं तथा 3 आर्क उत्पन्न करते हैं।



चित्र 2.16 प्रत्यक्ष आर्क भट्टी
(Direct Arc Furnance)

चूँकि इन भट्टियों में आर्क चार्ज के सीधे सम्पर्क में होता है तथा इसके साथ ही आर्क, चार्ज में धारा का प्रवाह के कारण उत्पन्न होता है इसलिए बहुत उच्च तापमान प्राप्त होता है।

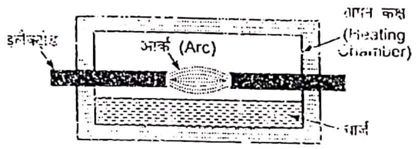
प्रत्यक्ष आर्क भट्टियाँ इस्पात उत्पादन में प्रयोग की जाती हैं। इन भट्टियों के प्रयोग से शुद्ध इस्पात प्राप्त होता है क्योंकि परिष्करण की इस विधि (refining process) को आसानी से नियन्त्रित किया जा सकता है। इसी कारण से इनकी अधिक लागत होने पर भी इन्हें कुपला (coupla) से अच्छा समझा जाता है। यद्यपि इन भट्टियों को गलन तथा परिष्करण दोनों के लिए प्रयोग किया जाता है, परन्तु इसकी उच्च लागत के कारण इन्हें गलन क्रिया (melting process) के रूप में प्रयोग नहीं किया जाता है। इन भट्टियों का शक्ति-गुणक 0.8 तक होता है। प्रायः यह भट्टियाँ 5 से 10 टन क्षमता की होती हैं लेकिन आजकल इन्हें 50 से 100 टन तक क्षमता का बनाकर भी प्रयोग किया जा रहा है। एक टन वाली भट्टी के लिए 200 kW शक्ति चाहिए तथा इन भट्टियों में ऊर्जा व्यय 100 kWh प्रति टन है।

§ 2.26 अप्रत्यक्ष आर्क भट्टियाँ
(Indirect Arc Furnaces)

चित्र 2.17 में अप्रत्यक्ष आर्क भट्टी की संरचना दिखाई गई है। चित्र 2.17 से स्पष्ट है कि इन भट्टियों में आर्क को इलेक्ट्रोडों के मध्य उत्पन्न किया जाता है तथा उत्पन्न ताप को विकिरण द्वारा चार्ज को स्थानान्तरित कर दिया जाता हैं चूँकि इन भट्टियों में केवल दो ही इलेक्ट्रोड प्रयोग किए जाते हैं इसलिए इनमें एक फेज सप्लाई ही प्रयोग की जा सकती

Scanned by CamScanner

है। इन भट्टियों में चार्ज का तापमान प्रत्यक्ष आर्क भट्टियों की अपेक्षा कम होता है क्योंकि तापमान को विकिरण द्वारा चार्ज में स्थानान्तरित किया जाता है। चार्ज में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है। इसलिए इन भट्टियों में स्वतः विलोडन (stirring) नहीं होता है भट्टी में यान्त्रिक विधि में विलोडन (stirring) करना पड़ता है।



चित्र 2.17 अप्रत्यक्ष आर्क भट्टी

यही कारण है कि इन भट्टियों को बेलनाकार आकार का लगाया जाता है तथा इलेक्ट्रोड कक्ष में प्रत्येक सिरे में चित्र 2.17 के अनुसार क्षैतिज अक्ष में लगे रहते हैं।

अप्रत्यक्ष तापन के कारण ही ये भट्टियाँ निम्न गलनांक (low melting) के लिए उपयुक्त हैं अप्रत्यक्ष आर्क भट्टियों का प्रयोग अलोहीय धातुओं (non-ferrous metal) को पिघलाने के लिए किया जाता है लेकिन इनका प्रयोग लोहे की ढलाई (iron foundaries) में भी किया जा सकता है। जहाँ रुक-रुक कर पिघली धातु चाहिए। यह भट्टियाँ 0.25 टन से 3 टन क्षमता की होती हैं। इन भट्टियों का शक्ति-गुणक 0.85 होता है। इन भट्टियों में पीतल पिघलाने के लिए ऊर्जा व्यय 275 kWh/टन है, काँसा (bronze) तथा ताँबा पिघलाने के लिए ऊर्जा व्यय 400 kWh/टन है।

अप्रत्यक्ष आर्क भट्टी की अपेक्षा प्रत्यक्ष आर्क भट्टी के निम्न लाभ हैं—

(i) इन भट्टियों से बहुत उच्च तापमान प्राप्त होता है (ii) इनका आकार बड़ा होता है तथा इससे कम समय में अधिक धातु पिघलाई जाती है। (iii) इनमें 3-फेज सप्लाई प्रयुक्त की जा सकती है, जिससे व्यय कम आता है। (iv) इनमें विलोडन क्रिया स्वतः होती है, क्योंकि इनमें आर्क, चार्ज में धारा प्रवाह के कारण उत्पन्न होता है।

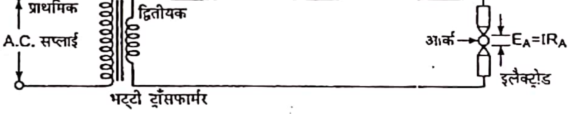
§ 2.27 आर्क भट्टियों की शक्ति सप्लाई तथा नियन्त्रण
(Power Supply and Control of Arc Furnaces)

इस्पात को गलाने तथा परिष्करण के लिए प्रयोग की जाने वाली छोटी आर्क भट्टियों ($\frac{1}{2}$ टन वाली) में 500 kW प्रति टन की शक्ति (power) की आवश्यकता पड़ती है, परन्तु बहुत बड़ी आर्क भट्टियों (50 या 100 टन वाली) में 200 kW प्रतिटन की शक्ति की आवश्यकता पड़ती है। ऊर्जा व्यय 600 से 800 kWh प्रति टन हो सकता है। जहाँ केवल

इस्पात परिष्करण (refining) की आवश्यकता होती है, वहाँ 100 से 120 kWh प्रति टन ऊर्जा व्यय प्रर्याप्त होता है। इस प्रकार हम देखते हैं कि आर्क भट्टियों में शक्ति व्यय बहुत अधिक होता है। आर्क भट्टियों में आर्क वोल्टता 50 से 150 वोल्ट के मध्य उत्पन्न होती है, इस प्रकार उपरोक्त अधिक शक्ति प्राप्त करने के लिए कई सौ ऐम्पियर की धारा की आवश्यकता है, इसके लिए निम्न वोल्टता तथा उच्च धारा निर्गत का विशेष भट्टी ट्राँसफार्मर प्रयोग किया जाता है। वोल्टता नियमन के लिए प्राथमिक में टेपिंग दी जाती है।

चूँकि ट्राँसफार्मर की द्वितीयक कुण्डलन की ओर बहुत उच्च धारा प्रवाहित होती है, इसलिए भट्टी तथा ट्राँसफार्मर की द्वितीयक कुण्डलन के मध्य लगी लीडों (leads) में बहुत उच्च धारा प्रवाहित होगी। इसके लिए भट्टी तथा ट्राँसफार्मर के मध्य कम अन्तर रखा जाता है, जिससे कम लम्बाई की लीडें (leads) प्रयोग की जायें तथा लीडों को सीधा ही प्रयोग किया जाए। प्रेरणिक (inductance) तथा त्वाचिक प्रभाव (skin effect) कम करने के लिए चालकों को पास-पास तथा आयताकार पत्तियों के रूप में प्रयोग किया जाता है।

चित्र 2.18 में आर्क भट्टी का तुल्य परिपथ ट्राँसफार्मर सहित दिखाया गया है।



चित्र 2.18 आर्क भट्टी तुल्य परिपथ

भट्टी की धारा. ट्राँसफार्मर के प्रतिरोध (R_T) तथा प्रतिघात (X_T), लीडों के प्रतिरोध (R_L) तथा प्रतिघात (X_L) इलेक्ट्रोड के प्रतिरोध (R_E) तथा आर्क प्रतिरोध (R_A) पर निर्भर करते हैं। भट्टी की निविष्ट शक्ति (input power) को इलेक्ट्रोडों के मध्य अन्तर को बढ़ाकर या कम करके नियन्त्रित किया जा सकता है। अन्तर बढ़ाने या घटाने से इलेक्ट्रोडों के मध्य प्रतिरोध क्रमशः बढ़ाया तथा घटाया जा सकता है। निविष्ट शक्ति को ट्राँसफार्मर की प्राथमिक कुण्डलन की ओर टेपिंग को परिवर्तित करके भी नियन्त्रित किया जा सकता है।

नोट—इस प्रकार आर्क भट्टी के विद्युत परिपथ में प्रतिघातक (reactor) लगाकर भट्टी की निविष्ट शक्ति धारा को नियन्त्रण किया जाता है। इसे आर्क वेल्डन में अधिक स्पष्ट किया गया है।

साधित उदाहरण

उदाहरण 2.13—एक त्रिफेजी आर्क भट्टी में 3 मिट्रिक टन इस्पात को एक घण्टे में गलाने के लिए धारा प्रति लाइन ज्ञात कीजिए, यदि भट्टी को समस्त दक्षता (overall efficiency) 50%, आर्क वोल्टता 110 वोल्ट, प्रारम्भिक तापमान 28°C, इस्पात गलनांक

Scanned by CamScanner

बिन्दु 1370°C, इस्पात की विशिष्ट ऊष्मा 278 J/kg°C, तथा इस्पात की गुप्त ऊष्मा (latent heat) 37,000 J/kg हो।

हल—गलाने वाले इस्पात की मात्रा, $m = 3$ मिट्रिक टन $= 3{,}000$ किग्रा

प्रारम्भिक तापमान, $t_1 = 28°C$

गलनाँक तापमान, $t_2 = 1370°C$

इस्पात की विशिष्ट ऊष्मा $S = 278$ J/kg

इस्पात की विशिष्ट ऊष्मा $L = 37{,}000$ J/kg°C

गलनाँक समय = एक घण्टा $= 60 \times 60 = 3600$ सेकण्ड

आर्क वोल्टता = 110 वोल्ट

$\because$ कुल आवश्यक ऊर्जा $= ms(t_2 - t_1) + mL$

$= 3{,}000 \times 278(1370 - 28) + 3{,}000 \times 37{,}000$ जूल

$= 111.92 \times 10^7 + 11.1 \times 10^7$ जूल

$= 123.02 \times 10^7$ जूल

चूँकि दक्षता 50% है, इसलिए कुल निविष्ट ऊर्जा

$$= \frac{123.02 \times 10^7}{0.5} = 246.04 \times 10^7 \text{ जूल}$$

$$\therefore \text{आवश्यक शक्ति}, P = \frac{\text{ऊर्जा जूल में}}{\text{समय सेकण्ड में} \times 1000} \text{ kW}$$

$$= \frac{246.04 \times 10^7}{60 \times 60 \times 1000} \text{kW}$$

$= 683.44$ kW

$$P = 3V_P \times I_P \times \cos\phi$$

जहाँ $V_P =$ फेज वोल्टता

$I_P =$ फेज या लाइन धारा

$\cos\phi = 1$ मानते हुए

$$\therefore \quad \text{धारा } I_P = \frac{P}{3V_P \cos\phi} = \frac{683.44 \times 1000}{3 \times 110 \times 1}$$

= **2071 ऐम्पियर**

उदाहरण 2.14—एक त्रिफेजी आर्क भट्टी के निम्न विवरण प्राप्त हैं।

धारा = 10,000 ऐम्पियर, आर्क वोल्ट = 60 वोल्ट, विद्युत दक्षता = 90%, समस्त दक्षता (overall efficiency) = 50%। भट्टी में एक घण्टे में गलने वाले इस्पात का भार ज्ञात कीजिए, यदि इस्पात की विशिष्ट ऊष्मा 0.12, गलन की गुप्त ऊष्मा (latent heat of fusion) 8.8 किलो कैलोरी/किलो ग्राम (kcal/kg); इस्पात का गलनाँक बिन्दु 1400°C तथा प्रारम्भिक तापमान 25°C है।

$$\text{हल—आर्क की शक्ति}, P = \frac{3 \times \text{आर्क वोल्टता} \times \text{आर्क धारा}}{1{,}000}$$

$$= \frac{3 \times 60 \times 10{,}000}{1{,}000} = \mathbf{1{,}800 \text{ kW}}$$

$$\text{निविष्ट शक्ति} = \frac{\text{आर्क की शक्ति}}{\text{विद्युत दक्षता}} = \frac{1{,}800}{0.9} = \mathbf{2{,}000 \text{ kW}}$$

इस्पात गलाने में व्यय ऊर्जा

= निविष्ट शक्ति kW में × समस्त दक्षता × समय घण्टों में

$= 2{,}000 \times 0.5 \times 1 = 1{,}000$ kWh

$= 1{,}000 \times 860$ kcal $= 8{,}60{,}000$ kcal

25°C प्रारम्भिक तापमान से इस्पात को गलाने के लिए आवश्यक ऊर्जा

$$m \times S(t_2 - t_1) + l$$

(यहाँ $S = 0.12$, $t_1 = 25°C$, $t_2 = 1400°C$ तथा गुप्त ऊष्मा $l = 8.8$ kcal/kg)

(प्रति किग्रा इस्पात को गलाने वाले आवश्यक ऊर्जा)

$= 1 \times 0.12\,(1400 - 25) + 8.8 = 0.12\,(1375) + 8.8$

$= 165 + 8.8 = 173.8$ kcal/kg

प्रति घण्टा गलाने वाले इस्पात का भार

$$= \frac{\text{इस्पात को गलाने में कुल उपयोग ऊर्जा}}{\text{प्रति किलो ग्राम इस्पात को गलाने के लिए आवश्यक ऊर्जा}}$$

$$= \frac{8{,}60{,}000}{173.8} = 4948.21 \text{ kg}$$

= **4.9482 टन**

उदाहरण 2.15—इस्पात को 3 घण्टे में 1 टन की दर से पिघलाने के लिए भट्टी की शक्ति तथा आवश्यक ऊर्जा ज्ञात कीजिए। दिया है कि—

इस्पात का गलनाँक = 1380°C

इस्पात की गुप्त ऊष्मा = 8.89 kcal/kg

इस्पात की विशिष्ट ऊष्मा = 0.12

चार्ज का प्रारम्भिक तापमान = 30°C

मान लीजिए भट्टी की दक्षता = 68%

हल—प्रश्नानुसार हमें ज्ञात है—

पिघलाये जाने वाले इस्पात की मात्रा $m = 1$ मीट्रिक टन $= 1000$ किग्रा

Scanned by CamScanner

चार्ज का प्रारम्भिक तापमान $t_1 = 30°C$

चार्ज का प्रारम्भिक गलनांक तापमान $t_2 = 1380°C$

इस्पात की विशिष्ट ऊष्मा $S = 0.12$

चार्ज की प्रारम्भिक गुप्त ऊष्मा $l = 8.89$ kcal/kg

गलनाँक समय = 3 घण्टे = $3 \times 60 \times 60 = 108 \times 10^2$ सेकण्ड

भट्टी की दक्षता = 68% मानी गई है।

$\because$ कुल आवश्यक ऊर्जा $= mS(t_2 - t_1) + ml$

$= 1000 \times 0.12(1380 - 30) + 1000 \times 8.89$

$= 120 \times 1350 + 8890 = 170890$ kcal

या $= 170890 \times 4.18 \times 10^3 = 714320.2 \times 10^3$ जूल

चूँकि भट्टी की दक्षता 68% है इसीलिए कुल निविष्ट ऊर्जा

$$= \frac{714320.2 \times 10^3}{0.68} = 1050470.8 \times 10^3 \text{ जूल}$$

अब $\because$ 1 kWh = 36×10^5 जूल (आवश्यक समय = 3 घण्टे)

$$\therefore \text{ भट्टी के लिए आवश्यक शक्ति} = \frac{\text{ऊर्जा जूल में}}{\text{समय सेकण्ड में} \times 1000} \text{ kW}$$

$$= \frac{1050470.8 \times 10^3}{3 \times 60 \times 60 \times 10^3}$$

$$= \frac{1050430.8 \times 10^5}{108 \times 10^5} = 97.26 \text{ kW}$$

$$= \mathbf{97.26 \text{ kW}}$$

§ 2.28 तापन ऐलिमेंटों का डिज़ाइन (Design of Heating Element)

तापन ऐलिमेंटों का तापमान प्राथमिक अवस्था में धीरे-धीरे बढ़ता है परन्तु थोड़े समय पश्चात् यह स्थिर तापमान प्राप्त कर लेते हैं। इस क्षण ऐलिमेंट सतह से क्षय (dissipate) होने वाला ताप (heat) ऐलिमेंट की निविष्ट विद्युत ऊर्जा के बराबर होता है।

स्टीफन के नियमानुसार स्थानान्तरित ऊष्मा

$$H = 5.72 \times 10^4 eK \left[\left(\frac{T_1}{1000}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{1000}\right)^4\right] \text{ वॉट प्रति वर्ग मीटर}$$

यदि ऐलिमेंट के लिए गोल तार प्रयोग की गई हो तो विद्युत निविष्ट,

$$P = \frac{V^2}{R} \text{ वाट}$$

जहाँ V सप्लाई वोल्टता, R प्रतिरोध ओह्म में

परन्तु $$R = \rho\frac{l}{a} = \frac{\rho l}{\frac{\pi}{4}d^2} = \frac{4\rho l}{\pi d^2}$$

जहाँ l = तार की लम्बाई

d = तार का व्यास

ρ = प्रतिरोधकता या विशिष्ट प्रतिरोध

$$P = \frac{V^2}{\frac{4\rho l}{\pi d^2}} = \frac{\pi d^2 V^2}{4\rho l} \quad \text{...(i)}$$

स्थिर तापमान पर विद्युत शक्ति निविष्ट = ऊष्मा निर्गत (heat output) चूँकि πdl = कुल सतह क्षेत्रफल, जिससे ताप विकिरण होता है

$$\therefore \quad P = \pi dl \times H$$

$$\therefore \quad \frac{\pi d^2 V^2}{4\rho l} = \pi dl\, H \text{ या } \frac{d}{l^2}$$

तथा $$R = \frac{V^2}{P_i} = \frac{4\rho l}{\pi d^2}$$

$$\therefore \quad \frac{l}{d^2} = \frac{V^2}{P} \times \frac{\pi}{4\rho} \quad \text{...(सूत्र)}$$

उपरोक्त सूत्रों (i) तथा (ii) से हम ऐलिमेंट तार की लम्बाई (l) तथा व्यास (d) ज्ञात कर सकते हैं।

साधित उदाहरण

उदाहरण 2.16—एक 15 kW, 220 वोल्ट, एक-फेजी प्रतिरोधी भट्टी (resistance oven) में निकिल-क्रोमियम तार के तापन ऐलिमेंट लगे हैं। यदि ऐलिमेंट लगे हैं। ऐलिमेंट का तापमान 1000°C से अधिक न बढ़ता हो तथा आवेश का तापमान 500°C हो तो तार की लम्बाई तथा व्यास ज्ञात कीजिए। विकिरण दक्षता 0.6 तथा उत्सर्जकता 0.9 मानिए। निकिल क्रोम तार की प्रतिरोधकता 1.016×10^{-6} ओह्म-मीटर है। जब आवेश ठण्डा हो तार का तापमान ज्ञात कीजिए।

हल—प्रयुक्त शक्ति, $P = 15 \times 1000$ वाट

गोल तार के ऐलिमेंट के लिए,

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{V^2 a}{\rho l} = \frac{\pi V^2 d^2}{4\rho l}$$

$$\therefore \quad \frac{d^2}{l} = \frac{4\rho P}{\pi V^2} \quad \text{...सूत्र}$$

Scanned by CamScanner

निकिल-क्रोम तार की प्रतिरोधकता, $\rho = 1.016 \times 10^{-6}$

$$\therefore \quad \frac{d^2}{l} = \frac{4 \times 1.016 \times 10^{-6} \times 15 \times 1000}{\pi \times (220)^2} = \frac{1.2595}{\pi \times 10^6}$$

या $$\frac{l}{d^2} = \frac{\pi \times 10^6}{1.2594}$$

$$H = 5.72 \times 10^4 eK \left[\left(\frac{T_1}{1{,}000}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{1{,}000}\right)^4\right] \text{ वाट प्रति वर्ग मीटर}$$

$T_1 = 1000 + 273 = 1273°C$ परम तापमान* (absolute)

$T_2 = 500 + 273 = 773°C$ परम तापमान (absolute)

$$\therefore \quad H = 5.72 \times 10^4 \times 0.6 \times 0.9 \left[\left(\frac{1{,}273}{1{,}000}\right)^4 - \left(\frac{773}{1{,}000}\right)^4\right]$$

$$= 3.088 \times 10^4 \times [(1.273)^4 - (0.773)^4]$$

$$= 3.088 \times 10^4 \times 2.2691 = 7.0069 \times 10^4 \text{ वाट/वर्ग मीटर}$$

विकिरण सतह का क्षेत्र $= \pi dl$ वर्ग मीटर

ऊष्मा क्षय (heat dissipated) $= \pi\, dl\, P$ वर्ग मीटर

$$\therefore \quad \pi dl \times 7.0087 \times 10^4 = 15 \times 1000$$

$$\therefore \quad dl = \frac{15 \times 1000}{\pi \times 7.0087 \times 10^4} = \frac{15}{\pi \times 70.087} \qquad \text{...(ii)}$$

या $$d^2 l^2 = \left(\frac{15}{\pi \times 70.087}\right)^2 \qquad \text{...(iii)}$$

समीकरण (i) तथा (ii) को गुणा करने पर,

$$\frac{l \times d^2 \times l^2}{d^2} = \left(\frac{15}{\pi \times 70.087}\right)^2 \times \frac{\pi \times 10^6}{1.2595}$$

$$l^3 = 11571.3$$

$$l = (11571.3)^{1/3}$$

$$l = \mathbf{22.62 \text{ मीटर}}$$

l का मान समीकरण (ii) में रखने पर

$$\therefore \quad d \times 22.62 = \frac{15}{\pi \times 70.087}$$

$$d = 0.0030103 \text{ मीटर}$$

या $$d = \mathbf{0.301 \text{ सेमी}}$$

*परम तापमान के लिये सामान्य तापमान में 273 जोड़ना चाहिये।

जब आवेश ठण्डा होगा, तो प्रसामान्य तापमान को 20°C मान सकते हैं।

तब $7.0087 \times 10^4 = 5.72 \times 10^4 \times 0.6 \times 0.9$

$$\left[\left(\frac{T_1}{1{,}000}\right)^4 - \left(\frac{273 + 20}{1{,}000}\right)^4\right]$$

या $$\left(\frac{T_1}{1000}\right)^4 - 0.00737 = \frac{7.0087}{5.72 \times 0.6 \times 0.9}$$

या $$\left(\frac{T_1}{1000}\right)^4 = 2.269 + 0.00737$$

$$= 2.27637$$

या $$(T_1)^4 = 2.27637 \times 1000^4$$

या $T_1 = 1.2283 \times 1{,}000 = 1228.3°C$ परम (absolute)

$\therefore$ तार का अन्तिम तापमान $= (1228.3 - 273)°C = 955.3°C$

§ 2.29 सूक्ष्म तरंग भट्टी (Microwave Oven)

संरचना (Construction)—सूक्ष्म तरंग भट्टी (microwave oven) का बाह्य स्वरूप अन्य ओवन की तरह ही होता है किन्तु इसकी भीतरी संरचना में बहुत अधिक अन्तर होता है ऊष्मा हानि को कम करने के लिए इसकी दीवारें अन्य भट्टियों की ही तरह दोहरी दीवारों से बनी होती हैं तथा दोनों दीवारों के मध्य तापरोधी पदार्थ (like glass wool) भर दिया जाता है इसके भीतरी भाग के अन्दर रखे गये पदार्थों को गर्म करने के लिए निम्न आवृत्ति प्रत्यावर्ती धारा सप्लाई को अति उच्च आवृत्ति (microwave) में परिवर्तित करने के लिए एक आवृत्ति परिवर्तक (frequency convertor) होता है तथा आवृत्ति परिवर्तक को स्वचालित (ऑन-ऑफ) करने के लिए एक इलैक्ट्रॉनिक्स टाइमर (electronics timer) परिपथ में जुड़ा रहता है।

उपरोक्त भट्टी में किसी पदार्थ को समान रूप से गर्म करने के लिए एक काँच की घूर्णन प्लेट लगी होती है जो कि गर्म किए जाने वाले पदार्थ को बहुत धीमी गति से निरन्तर घुमाती रहती है।

उपयोग—माइक्रोवेव ओवन को साइन्स सम्बन्धित रिसर्च कार्यों में शीघ्र तापन के लिए तथा रसोई एवं होटलों में अति शीघ्र खाद्य पदार्थ पकाने के लिए प्रयोग किया जाता है इस ओवन के द्वारा खाद्य पदार्थ कम समय में तथा स्वादिष्ट पकता है।

अग्र तालिका में बाजार में उपलब्ध Microwin, Toshiba Japan Microwave Oven Cooker की तकनीकी सूचनाएँ (datas) दर्शाई गई हैं—

Scanned by CamScanner

तालिका

Sl. No.	Particulars	Rating/Capacity
1.	निविष्ट विद्युत आपूर्ति (Power Supply)	230 V. A.C. 50 Hz
2.	निर्गत (Output)	650 W
3.	सूक्ष्म तरंग आवृत्ति (Microwave Frequency)	2450 MHz
4.	समय नियन्त्रक (Timer)	59 min
5.	भीतरी आयतन (Cavity Volume)	59 Sec. 277 tres
6.	विमायें (Dimensions)	380 × 550 × 370 mm H × W × D
7.	कुल भार (Gross Wt)	26 kg.

सिद्धान्त (Theory)—उच्च आवृत्ति ऑसिलेटर द्वारा निम्न वोल्टता निम्न आवृत्ति 230 V AC 50 Hz पावर सप्लाई को अति उच्च आवृत्ति (2450 MHz) पावर सप्लाई में परिवर्तित करने के पश्चात् इसे उच्च आवृत्ति विद्युत चुम्बकीय तरंगों में परिवर्तित किया जाता है यह उच्च आवृत्ति चुम्बकीय तरंगें जब किसी पदार्थ से गुज़ारी जाती हैं तो यह पदार्थ बहुत कम समय में ही गर्म हो जाता है तथा चुम्बकीय तरंगे जितनी अधिक समय तक गुजारी जाती है, पदार्थ उतना ही अधिक गर्म हो जाता है।

लाभ (Advantage)—माइक्रोवेव ओवन (कूकर) में खाद्य पदार्थ को बहुत कम समय में तथा अति स्वादिष्ट पकता है इसका कारण यह है कि पदार्थ के प्रत्येक भाग में एक समान रूप से तापमान उत्पन्न होता है।

अभ्यास के लिए सैद्धान्तिक प्रश्न

1. वैद्युत तापन का जीवन में क्या महत्व है तथा इसके क्या लाभ है?
2. वैद्युत तापन की विभिन्न विधियाँ लिखिए तथा उनका उपयोग क्षेत्र दीजिए।
3. (क) वैद्युत तापन की विभिन्न विधियों के नाम लिखिए।
   (ख) एक प्रतिरोध भट्टी में प्रयोग किए जाने वाले तापन पदार्थ के चयन के लिए वांछित गुणों को लिखिए। कुछ पदार्थों के नाम लिखिए।
   (ग) प्रतिरोध वेल्डन तथा चाप वेल्डन की प्रक्रिया में भेद स्पष्ट कीजिए।
   (घ) परावैद्युत प्रक्रिया को समझाइये तथा इसके अनुप्रयोग लिखिए।
4. प्रत्यक्ष प्रतिरोध तापन तथा अप्रत्यक्ष प्रतिरोध तापन कहाँ प्रयोग किए जाते हैं?
5. वैद्युत तापन कितने प्रकार का होता है? प्रत्यक्ष तापन तथा अप्रत्यक्ष तापन में क्या अन्तर है?
6. प्रतिरोध भटि्टयों का दैनिक जीवन में कहाँ उपयोग किया जाता है?

7. तापन तन्तु (elements) के वाँछित गुणों को लिखिए।
8. तापन तन्तुओं (elements) को बनाने में लगने वाले विभिन्न पदार्थों के नाम लिखिए तथा इनकी बनावट और भौतिक गुण दीजिए।
9. प्रतिरोध भट्टी के लिए तापन तन्तु (Heating elements) का डिजाइन किस प्रकार बनाया जाता है?, इनकी व्याख्या कीजिए।
10. वैद्युत तापन को अन्य तापनों की अपेक्षा क्यों पसन्द किया जाता है?
11. अच्छे तापन तन्तुओं में क्या गुण होने चाहिए?
12. किसी एक प्रकार की प्रतिरोध तापन भट्टी की संरचना का वर्णन कीजिए।
13. तापन स्थानान्तर किस प्रकार होता है? संक्षेप में लिखिए।
14. प्रतिरोध भट्टियों में तापमान का नियन्त्रण कितने प्रकार से होता है?
15. प्रतिरोध तापन में ऐलिमेंटों में क्या गुण होने चाहिए?
17. नमक ऊष्मक भट्टी (Salt bath furnace) कहाँ प्रयोग की जाती है?
18. प्रेरण तापन से आप क्या समझते हैं? यह किस सिद्धान्त पर कार्य करता है?
19. प्रेरण तापन का प्रयोग किन कार्यों में किया जाता है?
20. क्रोड प्रारूपी प्रेरण भट्टी का सचित्र वर्णन कीजिए।
21. पिंच का संकुचन का प्रभाव क्या है तथा Ajax Wyatt भट्टी में इसको किस प्रकार दूर किया जाता है?
22. Ajax wyatt vertical core-type Induction भट्टी के कार्य सिद्धान्त तथा रचना का स्वच्छ चित्र के साथ वर्णन कीजिए। प्रदर्शित कीजिए कि यह क्षैतिज क्रोड प्रारूपी भट्टी के किस प्रकार अच्छी है?
23. ऊर्ध्वाधर क्रोड प्ररूपी भट्टी का सचित्र वर्णन कीजिए।
24. अप्रत्यक्ष क्रोड प्रेरण भट्टी का क्या विशेष उपयोग है?
25. क्रोड रहित प्रेरण भट्टियों का अन्य भट्टियों की अपेक्षा क्या लाभ है?
26. क्रोड हीन प्रेरण भट्टी की संरचना तथा कार्य की व्याख्या कीजिए। उन कारकों को लिखिए जिन पर आवृत्ति का चुनाव निर्भर है।
27. क्रोड तथा क्रोड हीन प्रेरण भट्टी में सम्बन्ध चित्रों के साथ भेद करिए।
28. अप्रत्यक्ष आर्क भट्टी (indirect arc furnace) का चित्र की सहायता से वर्णन कीजिए।
29. क्रोड तथा क्रोड हीन प्रेरण भट्टी के कार्य करने की व्याख्या कीजिए।
30. आर्क भट्टियाँ कितने प्रकार की होती हैं? आजकल प्रत्यक्ष आर्क भट्टियाँ कहाँ-कहाँ प्रयोग की जाती हैं?
31. अप्रत्यक्ष भट्टी का सचित्र वर्णन कीजिए।
32. प्रत्यक्ष आर्क भट्टी के अप्रत्यक्ष आर्क भट्टी की अपेक्षा क्या लाभ हैं?
33. प्रेरण भट्टी में आवृत्ति के चुनाव को प्रवाहित करने वाले कारकों की सूची दीजिए।

Scanned by CamScanner

34. परावैद्युत तापन में वोल्टता तथा आवृत्ति के चुनाव को प्रभावित करने वाले कारकों की सूची दीजिए। संकेत § 2.23 देखिए।
35. परावैद्युत तापन से आप क्या समझते हैं?
36. परावैद्युत तापन के उपयोग लिखिए।
37. उच्च आवृत्ति भंवर धारा तापन का सिद्धान्त समझाइये।
38. उच्च आवृत्ति भंवर धारा तापन के लिए दोलित्र परिपथ खींचिये।
39. उच्च आवृत्ति भंवर धारा तापन के मुख्य लक्षण खींचिए।
40. प्रेरण तापन पर आवृत्ति का क्या प्रभाव पड़ता है?
41. आर्क भट्टियाँ कितने प्रकार की होती हैं, आजकल प्रत्यक्ष आर्क भट्टियाँ कहाँ-कहाँ प्रयोग की जाती हैं?
42. अप्रत्यक्ष आर्क भट्टी का सचित्र वर्णन कीजिए।
43. परावैद्युत तापन केवल वहाँ प्रयोग किया जाता है, जहाँ अन्य विधियाँ अव्यवहारिक है, अथवा धीमी है, स्पष्ट कीजिए संकेत § 2.22 (उपयोग)।
44. निम्न पर स्वच्छ चित्रों सहित संक्षित टिप्पणी लिखिए—(i) डायरैक्ट चाप (arc) भट्टी, (ii) क्रोडहीन प्रेरण भट्टी, (iii) आर्क (चाप) वेल्डन (iv) परावैद्युत तापन (dielectric heating)।
45. (क) प्रतिरोध भट्टी तथा ओवन में तापमान नियन्त्रण किस प्रकार किया जाता है?
(ख) प्रेरण तथा परावैद्युत तापन में उच्च आवृत्ति का चयन किन-किन कारणों से सीमित रहता है?
46. (i) ताम्र, (ii) लोहे तथा (iii) लकड़ी को गरम करने के लिए किन विधियों की आप संस्तुति करेंगे? अपने उत्तर के समर्थन में कारण भी दीजिए।
47. परावैद्युत तापन क्या है? इसको विस्तार से समझाइये। इसके क्या अनुप्रयोग हैं तथा परिसीमायें हैं?
48. (क) स्वच्छ चित्र की सहायता से एक वैद्युत आर्क भट्टी की संरचना एवं प्रचालन को समझाइये। इसके तापमान को नियन्त्रित करने की विधियों को समझाइये।
(ख) विभिन्न प्रकार के प्रतिरोध वेल्डनों के नाम लिखिए। इनके सिद्धान्त समझाइये तथा इनके अनुप्रयोग लिखिए।
49. आर्क भट्टी के वैद्युत परिपथ में प्रतिघातक (reactor) क्यों प्रयोग किया जाता है? [उत्तर: इससे भट्टी की धारा तथा निर्दिष्ट शक्ति को नियन्त्रित किया जा सकता है]
50. आर्क भट्टी के लिए सिद्धान्त समझाइये तथा स्वच्छ चित्र की सहायता से किसी एक प्रकार की आर्क भट्टी की संरचना तथा कार्य विधि समझाइये।
51. परावैद्युत तापन क्या होता है? विस्तार से समझाइये। इनके अनुप्रयोग तथा सीमाएँ (limitations) भी दीजिए।
52. (क) वे कौन से गुण हैं जो तापन अवयवों (heating elements) के लिए पदार्थ में होने चाहिएँ। कुछ पदार्थों के नाम भी लिखिए।

(ख) परावैद्युत तापन के लिए आवृत्ति तथा वोल्टता निर्धारण के लिए कारकों (factors) को लिखिए तथा समझाइये।
53. (क) प्रतिरोध तापन के सिद्धान्त को समझाइये। साल्ट बाथ भट्टी के कार्य प्रणाली का वर्णन कीजिए तथा उनके अनुप्रयोग को लिखिए।
(ख) प्रतिरोध वेल्डन की विवेचना कीजिए। बट, स्पाट तथा सीम वेल्डन की तुलना कीजिए।
54. नाइक्रोम मिश्रधातु का संघटन (Composition) दीजिए तथा इसके सुरक्षित प्रचालन तापमान का उल्लेख कीजिए।
55. परावैद्युत तापमान के सिद्धान्त को समझाइये तथा आवृत्ति के प्रभाव की विवेचना कीजिए। इसके अनुप्रयोगों को दीजिए।
56. एक अप्रत्यक्ष प्रतिरोध तापन भट्टी के प्रचालन का वर्णन एक स्वच्छ चित्र की सहायता से कीजिए। भट्टी के अन्दर तापमान कैसे नियन्त्रित किया जाता है?
57. प्रतिरोध तापन में तापन तन्तु (heating element) में कौन से गुण होने चाहिए? इस तन्तु की लम्बाई व व्यास आप किस प्रकार ज्ञात करेंगे?

विचार प्रश्न

1. वैद्युत तापन का घरेलू कार्यों में कहाँ प्रयोग होता है? चार उदाहरण देकर पुष्टि कीजिए।
2. वैद्युत तापन का उद्योगों में प्रयोग के चार उदाहरण दीजिए।
3. वैद्युत तापन कितने प्रकार का होता है?
(i) अप्रत्यक्ष आर्क भट्टियाँ छोटे आकार की बनाई जाती हैं।
(ii) परावैद्युत तापन उच्च आवृत्ति पर किया जाता है।
4. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए—
(i) प्रेरण तापन का प्रयोग सतह के ....लिए किया जाता है।
(ii) प्रतिरोध भट्टी की दक्षता साधारणतः......................तथा.....................प्रतिशत के बीच होती है।
(iii) क्रोड हीन प्रेरण भट्टी का शक्ति गुणक..................होता है।
(iv) आर्क वेल्डन में प्रत्या० धारा वोल्टता, दिष्ट धारा की अपेक्षा.........रखी जाती है।
(v) प्रत्यक्ष आर्क भट्टियों में ....के इलेक्ट्रोड प्रयोग किये जाते हैं।
(vi) क्रोड प्रारूपी भट्टी में चार्ज, ट्राँसफार्मर की................द्वितीयक का रूप लेता है।
(vii) प्रत्यक्ष भट्टी प्रायः..............................कार्यों के लिए प्रयोग की जाती है।
(viii) खाद्य पदार्थों को सुखाने में..........................तापन का प्रयोग किया जाता है।
(ix) उच्च आवृत्ति भंवर धारा तापन में______से________चक्र प्रति सेकण्ड की आवृत्ति प्रयोग की जाती है।

[उत्तर: (i) कठोरीकरण, (ii) 60%, 80%, (iii) निम्न, (iv) उच्च, (v) कार्बन या

ग्रेफाइट, (vi) लघुपथित, (vii) धातुओं के ऊष्मा उपचार, (viii) परावैद्युत, (ix) 10,000 से 4,00,000 ।]

5. वैद्युत तापन में इच्छित तापमान किस प्रकार प्राप्त किया जा सकता है ?
6. प्रेरण तापन का प्रयोग किन कार्यों के लिए किया जाता है ? पाँच उदाहरण दीजिए।
7. पिंच प्रभाव क्या है तथा यह किस पर निर्भर करता है ?
8. लकडी को सुखाने तथा प्लाईवुड की परतों में सरेस चिपकाने के लिए कौन-सा तापन प्रयोग किया जाता है ?
9. परावैद्युत तापन पर आवृत्ति का क्या प्रभाव पड़ता है ?
10. प्रेरण तापन पर आवृत्ति का क्या प्रभाव पड़ता है ?
11. आर्क भट्टियों में किस तापमान तक ताप प्राप्त किया जा सकता है ?
12. प्रतिरोध तथा आर्क वेल्डन में मुख्य अन्तरों को लिखिए।

संख्यात्मक प्रश्न

1. एक 20 kW, 220 वोल्ट, एक-फेजी प्रतिरोध भट्टी में गोलाकार निकिल क्रोमियम तार के तापन ऐलिमेंट लगे हैं। यदि ऐलिमेंट तार का तापमान 1170°C से अधिक न बढ़ता हो तथा आवेश (charge) का तापमान 500°C हो तो तार की लम्बाई तथा व्यास ज्ञात कीजिए। विकिरण दक्षता 0.6 तथा उत्सर्जता (e) मानिए। निकिल क्रोमियम तार की प्रतिरोधकता 1.016×10^6 ओह्म मी है।

[उत्तर: लम्बाई 15.59 मी, व्यास =0.292 सेमी]

2. एक 10 kW की वैद्युत भट्टी 4 किलोग्राम ऐल्यूमीनियम को ठीक-ठीक पिघलाने में 15 मिनट लेती है जिसका प्रारम्भिक तापमान 15°C है। भट्टी की दक्षता ज्ञात कीजिए। ऐल्यूमीनियम की विशिष्ट ऊष्मा (Specific heat) = 0.212, गलनाँक बिन्दु (melting point) = 658°C तथा गुप्त ऊष्मा (latent heat of fusion) = 77.8 कैलोरी प्रति ग्राम है।

[उत्तर: 39%]

3. एक निम्न आवृत्ति वाली प्रेरण भट्टी जिसकी द्वितीयक वोल्टता को 10 वोल्ट पर स्थिर रखा गया है। इस समय भट्टी 500 kW तथा 0.5 शक्ति गुणक पर प्रचालित है तथा उसकी तली पूरी भरी हुई है। यदि भट्टी की तली को आधा भरा जाए तो व्यय ऊर्जा तथा शक्ति गुणक ज्ञात कीजिए। द्वितीयक परिपथ का प्रतिरोध इस स्थिति में आधा मानिये तथा प्रतिघात स्थिर हैं।

[उत्तर: 302.5 kW; $\cos\phi = 0.276$]

4. 100 kg टिन को अजैक्स भट्टी में 1 घण्टे में पिघलाना है। इस भट्टी का उचित निर्धारण कीजिए, यदि टिन का पिघलाव तापमान (melting point)= 2350°C विशिष्ट ऊष्मा = 9.055, द्रव की गुप्त ऊष्मा = 13.3 kcal/kg तथा धातु का प्रारम्भिक तापमान 35°C मानिए।

[उत्तर: 2.82 kg]

5. एक प्लाईवुड बोर्ड जिसकी लम्बाई 0.5 मीटर, चौड़ाई 0.1 मीटर तथा मोटाई 0.1 मीटर है को 50 मेगा चक्र (MHz) की आवृत्ति से गर्म करना है। प्लाईवुड का भार 459 kg प्रतिघन मीटर है। प्लाईवुड का प्रारम्भिक तापमान 20°C है तथा इसे 170°C तक गर्म करते हैं तथा तापन क्रिया 10 मिनट में पूरी होती है। प्लाईवुड की विशिष्ट ऊष्मा = 0.34, आपेक्षिक वैद्युतशीलता = 5, परम वैद्युतशीलता 8.85×10^{-12} तथा शक्ति गुणक 0.04 है। निम्न की गणना कीजिए—
   (i) आवश्यक शक्ति,
   (ii) प्लाईवुड बोर्ड के पार्श्व वोल्टता,
   (iii) गर्म करने के लिए धारा।

[उत्तर: (i) 1.005 kW, (ii) 1897 V, (iii) 13.15 Amp.]

6. एक त्रिफेजी आर्क भट्टी में 5 मीट्रिक टन इस्पात को एक घण्टे में गलाने के लिए धारा प्रति लाइन ज्ञात कीजिए, यदि भट्टी की समस्त दक्षता (over all efficiency) 50% हो, आर्क वोल्टता 115 वोल्ट, प्रारम्भिक तापमान 30°C, गलनाँक बिन्दु 1370°C इस्पात का विशिष्ट ताप 278 J/kg°C, इस्पात की गुप्त ऊष्मा (latent heat) 37,000 J/kg है।

[उत्तर: 3292 Amp.]

7. एक वैद्युत आर्क भट्टी प्रदाय (सप्लाई) से 800 kW लेती है यदि इसकी सम्पूर्ण दक्षता 60% है, तब 5 टन इस्पात को पिघलाने में कितना समय लगेगा ? निम्न ज्ञात है—

इस्पात की विशिष्ट ऊष्मा = 0.12
इस्पात की गुप्त ऊष्मा = 8.89 kcal/kg
इस्पात का गलनाँक तापमान = 1370°C
इस्पात का प्रारम्भिक तापमान = 20°C

☐

Scanned by CamScanner

3

वैद्युत शीतलन
(ELECTRIC COOLING)

§ 3.1. प्रशीतन एवं वातानुकूलन
(Refrigeration and Air Conditioning)

प्रशीतन एवं वातानुकूलन का विषय-मुख्य रूप में ताप को एक स्थान से अवशोषण करके दूसरे स्थान पर ले जाने अथवा इसके विपरीत क्रिया से सम्बन्धित है। बहुत अधिक गर्मी या सर्दी में मानव के सुखद अनुभव के लिए इसका बहुत महत्व है। आजकल प्रशीतन-वातानुकूलन का प्रयोग फलों, सब्जियों, दवाईयों के भण्डारण तथा अन्य महत्वपूर्ण कार्यों में भी व्यापक रूप से किया जाता है।

आज के युग में मनुष्य ने अधिक से अधिक आराम एवं सुविधाओं के साधन उपलब्ध करा दिये हैं, प्रत्येक व्यक्ति विशेषकर अप्रैल, मई एवं जून के महीनों में शीतल जल पीना चाहता है तथा वातानुकूलित भवनों में रहना चाहता है तथा वातानुकूलित आफिसों में बैठकर काम करना चाहता है। यह सभी प्रशीतन एवं वातानुकूलन इन्जीनियरी की देन है।

§ 3.2. प्रशीतन का सिद्धान्त
(Principle of Refrigeration)

प्रशीतन वास्तव में ताप निष्कासित (Heat removal) करने की प्रक्रिया है। इस प्रक्रिया द्वारा किसी स्थान या वस्तु का तापमान घटाने व आस-पास (Surrounding) के तापमान को कम बनाये रखने में मदद मिलती है।

इस प्रक्रिया में प्रशीतन की जाने वाले स्थान या वस्तु से ताप निकालकर दूसरे स्थान व वस्तु को स्थानान्तरित किया जाता है। इस प्रकार प्रशीतन एवं तापन (heating) वास्तव में एक प्रक्रिया के दो विपरीत सिरे हैं, केवल इच्छित परिणाम एक-दूसरे को पृथक करते हैं।

§ 3.3 प्रशीतन के उपयोग (Uses of Refrigeration)

आधुनिक युग के प्रशीतन के निम्नलिखित मुख्य उपयोग हैं—

घरेलू प्रशीतन (Domestic refrigeration)—घरेलू प्रशीतन का उद्देश्य खाने-पीने

तथा पेयजलों (foods drink) के लिये निम्न तापमान स्थान (low temperature place) प्रदान करना है। इसके अन्तर्गत घरेलू रेफ्रीजरेटर (domestic refrigerators) एवं घरेलू फ्रीजर (home freezers) आते हैं। ये प्रशीतन उद्योग के मुख्य एवं महत्वपूर्ण अंग हैं। घरेलू रेफ्रीजरेटर तथा फ्रीजर छोटे आकार के होते हैं तथा इनकी स्थान क्षमता 60 लीटर, 165 लीटर, 265 लीटर, 500 लीटर तक या 1/20 टन से $\frac{1}{2}$ टन के मध्य होती है। इनमें प्रायः समुद्रित प्ररूपी (hermetically sealed type) सम्पीडक प्रयोग किये जाते हैं।

(ii) व्यवसायिक प्रशीतन (Commercial refrigeration)—शीतल पेयजलों की दुकानों, होटलों, रेस्टोरेन्ट एवं अन्य संस्थानों में पेयजलों तथा अन्य खाद्य पदार्थों के स्टोरेज के लिये बड़े रेफ्रीजरेटर प्रयोग किये जाते हैं। इन इकाइयों का आकार एवं क्षमता घरेलू इकाइयों की अपेक्षा अधिक बड़ा होता है।

(iii) औद्योगिक प्रशीतन (Industrial Refrigeration)—औद्योगिक प्रशीतन में व्यावसायिक प्रशीतन की अपेक्षा प्रयुक्त इकाईयों से कई गुना बड़ी प्रशीतन इकाईयाँ आती हैं तथा इन इकाइयों के परिचालन के लिये परिचालक (attendant) की भी आवश्यकता पड़ती है। मुख्य औद्योगिक प्रशीतन इकाइयों के अन्तर्गत बर्फ संयन्त्र (ice plant), बड़े खाद्य पैकिंग संयन्त्र, आइसक्रीम संयन्त्र (ice cream plant), बैरवरीस (breweries), मृतिका उद्योग तथा औद्योगिक प्लान्ट जैसे तेल शोधन, रासायनिक प्लान्ट, रबर निर्माण इत्यादि आते हैं। औद्योगिक प्रशीतन इकाइयों का उपयोग निर्माण प्रक्रिया एवं ताप उपचार (heat treatment) कार्यों में भी किया जाता है।

(iv) समुद्री एवं परिवहन प्रशीतन (Marine and Transportation refrigeration)—इसके कुछ उपयोग औद्योगिक तथा कुछ व्यवसायिक प्रशीतन के अन्तर्गत आते हैं। समुद्री प्रशीतन समुद्री जहाजों के प्रशीतन—मीट व अन्य खाद्य पदार्थ, दवायें आदि ले जाने वाली नौकाओं के प्रशीतन से सम्बन्धित हैं।

परिवहन प्रशीतन, उस प्रशीतन साज-सज्जा से सम्बन्धित है जो ट्रकों (दूध ले जाने वाले ट्रकों इत्यादि) व लम्बे स्थानों के रेलवे डिब्बों में लगाया जाता है।

(v) वातानुकूलन (Air conditioning)—इसके दो उपयोग हैं—

(अ) सुखदायी वातानुकूलन (Comfort air-conditioning)—इसमें हवा की दशा को इस प्रकार से नियन्त्रित किया जाता है कि मनुष्य को आराम एवं सुख पहुँचे। इसके अन्तर्गत घरों, ऑफिसों, होटलों, डिपार्टमेन्टल स्टोरों, सार्वजनिक भवनों, कारखानों, कारों, बसों, रेलों, हवाई जहाजों, समुद्री जहाजों इत्यादि में सुखदायी वातानुकूलन संयन्त्र लगाये जाते हैं।

(ब) औद्योगिक वातानुकूलन (Industrial air-conditioning)—औद्योगिक वातानुकूलन का उपयोग निम्न कार्यों के लिये किया जाता है—

(i) आर्द्रता ग्राही पदार्थों (hydroscopic material) की नमी को नियन्त्रित करना।

(ii) विभिन्न रासायनिक प्रक्रियाओं का अधिनियन्त्रण करना।

Scanned by CamScanner

(iii) साफ एवं छनी हुई वायु, मशीनों को बिना किसी त्रुटि के प्रदान करना तथा परिशुद्ध वस्तुओं के उत्पादन में सहायता प्रदान करना।

§ 3.4. वाष्प सम्पीडन प्रशीतन
(Vapour Compression Refrigeration)

प्रायः सभी आधुनिक प्रशीतन संयन्त्र इस प्रणाली पर कार्य करते हैं। यह प्रणाली घरेलू, व्यवसायिक व औद्योगिक इत्यादि सभी उद्देश्यों के लिये उपयोगी है। वाष्प सम्पीडन प्रणाली में वाष्प को प्रशीतक (refrigerant) के रूप में प्रयोग किया जाता है। दूसरे शब्दों में कार्यकारी माध्यम वाष्प (vapour) होती है। वाष्प की अवस्था में परिवर्तन सम्भव है, वाष्प से द्रव या द्रव से वाष्प में परिवर्तन किया जा सकता है। वाष्प सरलता से वाष्पीकृत व संघनित (condense) हो जाती है। जब वाष्पीकरण होता है तो यह शीत पिण्ड से अपनी गुप्त ऊष्मा (latent heat) अवशोषित करती है। परिणामस्वरूप यह द्रव से वाष्प में परिवर्तित हो जाती है। संघनन या द्रवीकरण में यह बाह्य गर्म पिण्ड (hot body) को ताप निष्कासित (reject) करती है, जोकि ठण्डा करने के प्रयोग में लायी जा रही है। अतः इस प्रकार का रेफ्रीजरेटर (refrigerator) एक **'गुप्त ऊष्मा पम्प'** (latent heat pump) है जो अपनी गुप्त ऊष्मा शीत पिण्ड से लेकर गर्म पिण्ड को प्रदान करता है। वायु प्रशीतन प्रणाली की अपेक्षा वाष्प सम्पीडन प्रणाली के अधिक लाभ हैं। ये निम्नलिखित हैं—

(i) किसी प्रशीतन क्षमता के लिये छोटा आकार होगा।

(ii) निष्पादन गुणाँक अधिक होगा।

(iii) दी गई प्रशीतन क्षमता के लिये मशीन को चलाने के लिये कम अश्वशक्ति की आवश्यकता होगी।

(iv) इसका डिजाइन व प्रचालन सरल होता है।

वाष्प संपीडन प्रशीतन प्रणाली के दोष इसके डिजाइन में सुधार कर दूर किये जा सकते हैं, जिससे अधिक सुरक्षा रहती है तथा क्षरण (leakage) समाप्त किया जा सकता है। ऐसे वाष्प प्रशीतक प्रयोग में लाये जाते हैं जो हानिकारक न हों तथा अज्वलनशील हों। इस प्रणाली में कई वाष्प, प्रशीतक के रूप में काम में लाये जाते हैं जैसे NH_3, SO_2, CO_2 और Freon इत्यादि।

सभी वाष्प सम्पीडन प्रणालियों का एक ही सिद्धान्त है। यहाँ केवल अमोनिया (NH_3) वाष्प प्रशीतक का वर्णन किया गया है। वाष्प सम्पीडन प्रशीतन प्रणाली में मुख्य चार उपकरण काम में लाये जाते हैं जो निम्न हैं—

(अ) वाष्पक (Evaporator),

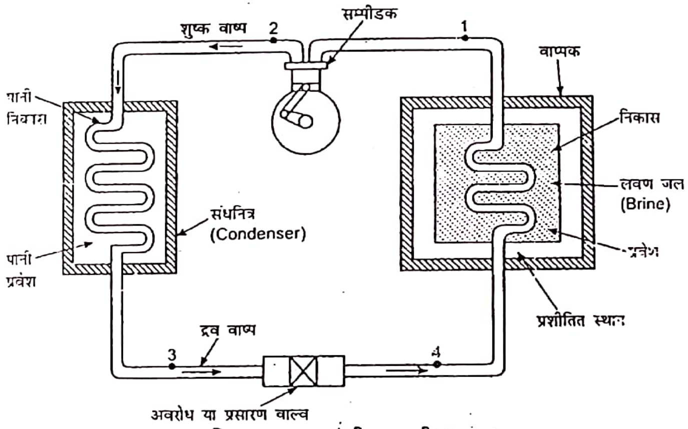
(ब) सम्पीडक (Compressor),

(स) संघनित्र (Condenser),

(द) प्रसार या अवरोध वाल्व (Expansion or throttle valve)।

§ 3.5. मानक वाष्प सम्पीडन प्रशीतन चक्र
(Standard Vapour Compression Refrigeration Cycle)

चित्र 3.1 में एक मानक वाष्प सम्पीडन प्रशीतन प्रणाली का प्रवाह रेखाचित्र में दिखाया गया है। यहाँ अमोनिया प्रशीतक को प्रयोग किया गया है।



चित्र 3.1 वाष्प सम्पीडक प्रशीतन चक्र
(Vapour compression refrigeration cycle)

इस प्रणाली का कार्यकारी तरल (working fluid) वाष्प संयन्त्र में ही रहता है तथा बार-बार संचारित किया जाता है। वाष्पक से नम वाष्प (wet vapour) बिन्दु (1) पर निम्न दाब पर निकल कर सम्पीडक (compressor) में प्रवेश करती है। सैद्धान्तिक रूप में सम्पीडक समएन्ट्रोपी सम्पीडन (isentropic compression) होता है। जिसके कारण दाब व तापमान दोनों ही उच्च हो जाते हैं। इस कारण वाष्प शुष्क (dry) व संतृप्त (saturated) हो जाती है। बिन्दु (2) सम्पीडक से निकास व संघनित्र (condenser) में प्रवेश प्रदर्शित करता है। इस प्रकार अब उच्च तापमान व दाब पर वाष्प संघनित्र में प्रवेश करती है। यहाँ पर स्थिर दाब पर संघनन होता है तथा इस प्रक्रिया में यह अपनी गुप्त-ऊष्मा का शीतलन माध्यम-पानी को निष्कासित (reject) कर देते हैं, परिणामस्वरूप वाष्प द्रव में परिवर्तित हो जाती है। अब संतृप्त द्रव बिन्दु (3) पर 'प्रसार' या अवरोध वाल्व में प्रवेश करता है। यहाँ एक बहुत छोटे छिद्र से उच्च दाब पर संतृप्त द्रव का प्रत्यावर्ती (irreversible) प्रसार होता है। इस प्रकार अवरोधक (throttling) से दाब व ताप मान पहले की अपेक्षा निम्न (low) हो जाते हैं। इस प्रकार इसका यहाँ आंशिक वाष्पीकरण प्रारम्भ हो जाता है। अब प्रसार या अवरोध वाल्व से बहुत नम वाष्प (wet vapours) निम्न तापमान पर निकलती है [यह

Scanned by CamScanner

तापमान 0°C से बहुत कम होगा, (लगभग −10°C)], बिन्दु (4) पर ये अधिक नम वाष्प, वाष्पित्र पाइपों में प्रवेश करती है जो कि लवण जल (नमक के घोल) (brine) में डूबे रहते हैं। 'अधिक नम वाष्प' का तापमान लवण जल (brine) के तापमान से कम होता है। अतः इस कारण वाष्पीकरण क्रिया प्रारम्भ हो जाती है। नम वाष्प में उपस्थित द्रव अंश सम्पूर्ण वाष्प में परिवर्तित हो जाता है। वाष्पीकरण में यह अपनी गुप्त ऊष्मा, शीत पिण्ड (cold body) से अवशोषित करता है, परिणामस्वरूप प्रशीतन प्रभाव होता है अब वाष्पक (evaporator) से वाष्प, शुष्क व संतृप्त अवस्था में निकलती है। इसी प्रकार यह चक्र चलता रहता है।

§ 3.6. वाष्प सम्पीडन चक्र का विश्लेषण

(Analysis of Vapour Compression Cycle)

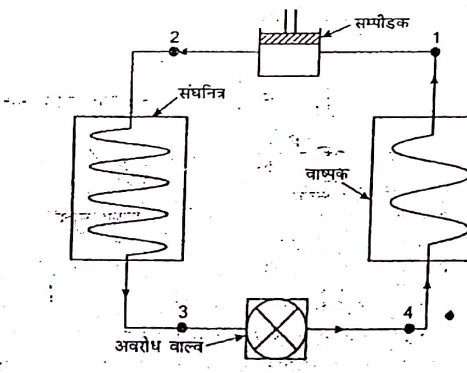
वाष्प सम्पीडन में प्रयुक्त विभिन्न भागों (i) संघनित्र (condenser), (ii) वाष्पक (evaporator), (iii) प्रसार या अवरोध वाल्व (expansion or throttle valve), (iv) सम्पीडक (compression) की ऊष्मागतिकी कार्यशीलता को ज्ञात करने के लिये 'अपरिवर्ती ऊर्जा प्रवाह समीकरण' (steady flow energy equation) को उपयोग में लाते हैं।

अपरिवर्ती ऊर्जा प्रवाह की समीकरण

$$w\,(H_2 - H_1) = Q_{in} + \frac{W_{in}}{J} \quad ...(1)$$

Q_{in} = ऊष्मा निवेश (heat input)

W_{in} = शाफ्ट कार्य निवेश



चित्र 3.2 वाष्प सम्पीडक चक्र का रेखा आरेख

H_1 = प्रथम दशा में पूर्ण ऊष्मा या एन्थाल्पी (enthalpy)

H_2 = द्वितीय दशा में पूर्ण ऊष्मा व एन्थाल्पी

चित्र 3.2 में वाष्प सम्पीडन चक्र का रेखा आरेख दिया गया है जो कि चित्र 3.1 में दिखाये गये चक्र के समान ही है।

माना बिन्दु 1, 2, 3 व 4 पर एन्थाल्पी (enthalpy) क्रमशः H_1, H_2, H_3 व H_4 हैं।

नीचे वाष्पन सम्पीडन में प्रयुक्त विभिन्न भागों के कार्य का वर्णन किया गया है—

(अ) संघनित्र (Condenser)—इस भाग द्वारा कोई कार्य नहीं किया जाता, इसमें प्रशीतक (refrigerant) के द्वारा शीतक (coolant) की ऊष्मा निष्कासित (reject) की जाती है। इस कारण प्रशीतक की पूर्ण ऊष्मा (heat) संघनन (condensation) के पश्चात् घट जाती है।

अपरिवर्ती प्रवाह ऊष्मा समीकरण लागू करने पर

$$w\,(H_2 - H_3) = Q \text{ निष्कासित} + 0 \qquad (\because H_2 > H_3)$$

∴ निष्कासित की गई ऊष्मा $Q_{rej} = w\,(H_2 - H_3)$ ...(1)

(ब) वाष्पक (Evaporator)—इस भाग के द्वारा भी कोई कार्य नहीं होता। इस प्रक्रिया में प्रशीतक के द्वारा ऊष्मा अवशोषित की जाती है, जिससे प्रशीतक का प्रभाव होता है। इस प्रकार प्रशीतक की पूर्ण ऊष्मा (एन्थाल्पी) बढ़ जाती है।

अपरिवर्ती प्रवाह ऊर्जा समीकरण प्रयुक्त करने पर अवशोषित की गई ऊष्मा

$$Q_{in} = w\,(H_1 - H_4) \quad ...(2)$$

(स) सम्पीडक (Compressor)—यह वाष्प का समएन्ट्रोपिक सम्पीडन (isentropic compression) होता है अर्थात् इस प्रक्रिया में किसी प्रकार की ऊष्मा का अवशोषण व निष्कासन (rejection) नहीं होता। इसमें प्रशीतक (refrigerant) पर कार्य किया जाता है। इसमें प्रशीतक की एन्थाल्पी बढ़ जाती है।

अपरिवर्ती प्रवाह ऊर्जा समीकरण प्रयुक्त करने पर

$$w\,(H_2 - H_1) = 0 + \frac{W_{in}}{J}$$

$$\frac{W_{in}}{J} = w\,(H_2 - H_1)$$

(द) अवरोधन (Throttling)—अवरोधन में भी कोई कार्य नहीं किया जाता है तथा इसमें ऊष्मा का आदान-प्रदन भी नहीं होता। इसमें प्रशीतक (refrigerant) की एन्थाल्पी स्थिर रहती है।

अपरिवर्ती प्रवाह ऊर्जा समीकरण प्रयुक्त करने पर

$$w\,(H_3 - H_4) = 0 + 0$$

$$\therefore \quad H_3 = H_4$$

Scanned by CamScanner

अतः इस प्रकार वाष्प सम्पीडन प्रणाली के विश्लेषण के लिये प्रत्येक भाग या उपकरण के प्रवेश (inlet) व निकास (outlet) पर एन्थाल्पी के मान ज्ञात होने चाहियें। इसके लिये विभिन्न उपकरणों के बीच ऊष्मा व दाब की पाइप हानियों (pipe losses) को नगण्य मान कर, किसी उपकरण के निकास पर एन्थाल्पी दूसरे उपकरण के प्रवेश पर एन्थाल्पी के समान मान ली जाती है। इस प्रकार सैद्धान्तिक वाष्प सम्पीडन के विश्लेषण के लिये तीन विभिन्न स्थानों पर एन्थाल्पी के मान ज्ञात होने चाहियें, जो कि निम्नलिखित हैं—

H_1 = सम्पीडक के प्रवेश या वाष्पक के निकास पर एन्थाल्पी है।

H_2 = सम्पीडक के निकास या संघनित्र में प्रवेश पर एन्थाल्पी है।

$H_3 = H_1$ = संघनित्र के निकास, अवरोध वाल्व (throttle valve) के प्रवेश व निकास पर एन्थाल्पी है।

सैद्धान्तिक वाष्प सम्पीडन चक्र को ध्यानपूर्वक देखने से ज्ञात होता है कि सम्पीडक के निकास पर उच्च दाब, अवरोध वाल्व के प्रवेश तक है तथा चूषण दाब (suction pressure) जो कि निम्न दाब है, अवरोध वाल्व के निकास तथा सम्पीडक के प्रवेश तक बराबर रहता है, इस प्रकार सम्पूर्ण प्रणाली को दो भागों, उच्च दाब क्षेत्र (high pressure side) व निम्न दाब क्षेत्र (low pressure side) में विभक्त किया जा सकता है।

§ 3.7. प्रशीतक (Refrigerants)

प्रशीतक एक कार्यकारी पदार्थ है जो कि प्रशीतन मशीनों में प्रयुक्त किया जाता है। इसके द्वारा शीत पिण्ड (cold body) से ऊष्मा निकालकर गर्म पिण्ड (hot body) को दी जाती है। प्रशीतन की क्रिया में ऊष्मा स्थानान्तरण माध्यम की आवश्यकता होती है। प्रशीतक, ऊष्मा स्थानान्तरण का वह माध्यम है, जो कम तापमान पर वाष्पीकृत होने से ऊष्मा का अवशोषण करता है तथा संघनित्र में उच्च तापमान पर ऊष्मा का निष्कासन (rejection) करता है।

वे प्रशीतक जो गुप्त ऊष्मा (latent heat) का अवशोषण करके गुप्त ऊष्मा के रूप में ही निष्कासन करते हैं, उन प्रशीतकों की अपेक्षा अधिक दक्ष होते हैं जो ज्ञेय ऊष्मा (sensible heat) लेकर उसका निष्कासन करते हैं। प्रशीतक के कुछ निश्चित भौतिक, रासायनिक व ऊष्मागतिक गुण होने चाहियें, ताकि ये आर्थिक व सुरक्षा की दृष्टि से उपयोगी हो सकें।

प्रशीतकों को निम्न दो मुख्य श्रेणियों में बाँटा जा सकता है—

(1) प्राथमिक प्रशीतक, (2) द्वितीयक प्रशीतक।

(1) प्राथमिक प्रशीतक (Primary refrigerants)

इसके अन्तर्गत अमोनिया (NH_3), कार्बन डाईऑक्साइड (CO_2), $Freon_{12}$ इत्यादि प्रशीतक आते हैं, जो सम्पूर्ण प्रशीतन चक्र से गुजरते हैं।

(2) द्वितीयक प्रशीतक (Secondary refrigerant)

इस श्रेणी में वे ठण्डे पदार्थ आते हैं जो किसी दूरस्थ बिन्दु (remote point) से प्रणाली के वाष्पक को ऊष्मा का स्थानान्तरण करते हैं, जैसे ठण्डा पानी, लवण घोल (brine), बर्फ इत्यादि।

§ 3.8. प्रशीतक के गुण (Properties of Refrigerant)

एक अच्छे प्रशीतक में आर्थिक सुरक्षा व ऊष्मागतिक दक्षता की दृष्टि से निम्नलिखित गुण होने चाहियें—

(i) विशिष्ट ऊष्मा (Specific heat)—अतितापन को न्यूनतम करने के लिये वाष्प की विशिष्ट ऊष्मा अधिक से अधिक होनी चाहिये। परन्तु द्रव की विशिष्ट ऊष्मा कम होनी चाहिये, ताकि अवरोधन (throttling) के बाद बनने वाली वाष्प की मात्रा कम से कम हो।

(ii) आपेक्षिक आयतन (Specific volume)—सम्पीडक के प्रवेश पर प्रशीतक का विशिष्ट आयतन निम्न (low) होना चाहिये। इस प्रकार समान प्रशीतन क्षमता के लिये सम्पीडक का आकार घट जाता है।

(iii) ऊष्मीय चालकता (Thermal conductivity)—प्रशीतक की ऊष्मीय चालकता अधिक से अधिक होनी चाहिये। इस प्रकार वाष्पक व संघनित्र की दक्षता बढ़ जाती है तथा कम आकार के पाइपों को प्रयोग में ला सकते हैं।

(iv) श्यानता (Viscosity)—प्रत्येक प्रशीतक के लिये श्यानता का मान कम से कम होना चाहिये। इस प्रकार ऊष्मा का स्थानान्तरण अच्छी प्रकार होता है, व दाब पतन कम होता है।

(v) क्वथनांक (Boiling point)—प्रशीतक का क्वथनांक वायुमण्डलीय दाब पर कम होना चाहिए।

(vi) हिमाँक (Freezing point)—प्रशीतक का हिमाँक निम्न होना चाहिये तथा इसका मान वाष्पक के तापमान से कम होना चाहिये।

(vii) वाष्पक व संघनित्र दाब (Evaporator and condenser pressure)—वाष्पक व संघनित्र में दाब धनात्मक होना चाहिये। परन्तु वायुमण्डलीय दाब से बहुत अधिक नहीं होना चाहिये। प्रशीतक प्रणाली में उच्च दाब के कारण संयंत्र की लागत बढ़ जाती है।

(viii) क्रान्तिक तापमान (Critical temperature)—प्रशीतक का क्रान्तिक तापमान उच्च होना चाहिये, जिससे कार्यकारी तापमान पर प्रशीतक वाष्प अवस्था में रह सके।

(ix) गुप्त ऊष्मा (Latent heat)—वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा उच्च होनी चाहिये। इस प्रकार प्रशीतक की बहने वाली मात्रा कम होने से प्रशीतक पर कोई विशेष प्रभाव नहीं पड़ता। इस प्रकार सम्पीडक में विस्थापन कम हो जाता है।

(x) ज्वलनशीलता व विस्फोटन (Flammability and explosion)—प्रशीतक को

Scanned by CamScanner

ज्वलनशील व विस्फोटक नहीं होना चाहिये। प्रशीतक जब वायु व तेल के साथ मिश्रित हों, उसे विस्फोटक नहीं होना चाहिये। जैसे अमोनिया (NH_3) व मिथाइल क्लोराइड कुछ निश्चित सान्द्रता पर जलते हैं।

(xi) विषैलापन (Toxicity)—प्रशीतक को विषैला (toxic) नहीं होना चाहिये। प्रशीतक का मानव पर बुरा प्रभाव नहीं पड़ना चाहिये। यदि प्रशीतक विषैला है तो उसे वातानुकूलन सीधे प्रसार शीत संग्राहार के लिये नहीं चुनना चाहिये।

(xii) संक्षारण (Corrosion)—प्रशीतक को किसी धातु पर प्रतिक्रिया नहीं करनी चाहिये, चाहे तेल या पानी की उपस्थिति हो।

(xiii) रासायनिक स्थिरता (Chemical stability)—प्रशीतन प्रणाली के चालन में प्रशीतक को आवश्यक तापमान पर रासायनिक दृष्टि से स्थिर (stable) होना चाहिये।

(xiv) गन्ध व क्षरण प्रवृत्ति (Odour and leak tendency)—कई प्रशीतक अपनी विशेष गन्ध के कारण पहचाने जा सकते हैं, जैसे अमोनिया। कुछ प्रशीतक ऐसे होते हैं जिनकी गन्ध वस्तुओं को खराब कर देती है।

(xv) स्नेहन तेल के साथ मिश्रयता (Miscibility with lubricating oil)—प्रशीतक को सम्पीडक तेल के साथ मिश्रित होना चाहिये परन्तु संघनित्र में प्रवेश से पहले अलग हो जाना चाहिये। इस प्रकार स्नेहन कठिनाई कम हो जाती है व ऊष्मा स्थानान्तरण में सुधार सम्भव हो जाता है।

(xvi) वैद्युत विद्युतरोधन (Electrical insulation)—समुन्द्रित मोटर व सम्पीडक में प्रशीतक, विद्युत मोटर को कुण्डलन के सीधे सम्पर्क में नहीं आना चाहिये। प्रशीतक में विद्युत प्रतिरोधन गुण होना चाहिये।

(xvii) उच्च निष्पादन गुणांक (High C.O.P.)—सम्पीडक शक्ति को न्यूनतम प्रयोग में लाने के लिये प्रशीतक का उच्च निष्पादन गुणांक रखना चाहिये।

(xviii) उपलब्धि तथा लागत (Availability and cost)- प्रशीतक ऐसा चुना जाना चाहिये जो आसानी से उपलब्ध हो सके। प्रशीतक पर लगने वाली लागत संयन्त्र के आकार की आवश्यकताओं पर निर्भर करती है।

§ 3.9. मुख्य प्रशीतक (Main Refrigerants)

आजकल निम्न प्रशीतक प्रयोग किये जाते हैं—

(1) अमोनिया (NH_3)

(1) इसका वायुमण्डल दाब पर क्वथनांक −33°C है अतः निम्न तापमान के लिये यह प्रशीतक उपयोगी है।

(2) इसमें ज्ञेय ऊष्मा (sensible heat) कम होती है।

(3) गुप्त व क्रान्तिक तापमान उच्च होने के कारण यह बहुत उपयोगी है।

(4) अन्य प्रशीतकों की अपेक्षा खर्चीला है।

(5) यह पश्चाग्र सम्पीडक के लिये अच्छा प्रशीतक है।

(6) यह पानी में घुलनशील है अतः वाष्प अवशोषण प्रणाली में काम लाया जाता है।

(7) यह तेल के साथ मिश्रित नहीं होता।

(8) यह नशीला होता है।

(9) उच्च तापमान पर इसमें विस्फोट हो जाता है।

(10) लोहे व स्टील पर इसका संक्षारण प्रभाव (corrosion effect) नहीं होता।

(11) तीखी गन्ध होने के कारण इसके क्षरण (leaks) पहचाने जा सकते हैं।

(12) इसका घनत्व वायु एवं तेल के घनत्व से कम होता है।

उपयोग—

यह प्रशीतक अधिकतर बर्फ बनाने (ice making), 'कोल्ड स्टोरेज संयन्त्रों' में प्रयोग किया जाता है परन्तु सार्वजनिक स्थानों पर सुखद वातानुकूलन (comfort airconditioning) के लिये उसका प्रयोग नहीं करना चाहिये।

(2) सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2)

(1) वायुमण्डलीय दाब पर इसका क्वथनांक −10°C है।

(2) इसका कार्यकारी दाब निम्न होता है।

(3) इसकी गुप्त ऊष्मा व क्रान्तिक तापमान उच्च होते हैं।

(4) यह अत्यधिक विषैला होता है।

(5) यह ज्वलनशील होता है, परन्तु विस्फोटक नहीं।

(6) इसकी विशेष तीखी गन्ध के क्षरण (leaks) पहचाने जा सकते हैं।

(7) यह नमी से प्रतिक्रिया कर H_2SO_4 अम्ल बनाता है जो कि संक्षारक (corrosive) है।

उपयोग—

यह घरेलू प्रशीतित्रों, जिनमें समुन्द्रित सम्पीडक व मोटर होते हैं, प्रयोग किया जाता है।

(3) मिथाइल क्लोराइड (CH_3Cl)

(1) इसका क्वथनांक −23.7°C है।

(2) इसका कार्यकारी दाब कम होता है।

(3) इसका क्रान्तिक तापमान व गुप्त ऊष्मा उच्च होती है।

(4) यह ज्वलनशील है, परन्तु सरलता से नहीं जलता।

Scanned by CamScanner

(5) यह रंगहीन होता है परन्तु इसमें क्लोरोफार्म जैसी मीठी गन्ध आती है अतः इसके क्षरण (leaks) पहचाने जा सकते हैं।

(6) कुछ हद तक विषैला है। वायु में वाष्प की सान्द्रता से बेहोशी या मृत्यु तक होना सम्भव है।

(7) यह सभी प्रकार के तेल व ग्लिसरीन में घुल जाता है।

(8) नमी की उपस्थिति में जिंक, मैगनीशियम व ऐल्यूमिनियम पर संक्षारक (corrosive) होता है।

उपयोग—यह छोटे व घरेलू इकाइयों के प्रशीतित्रों (refrigeration) में प्रयुक्त किया जा सकता है, परन्तु फ्लोरीनेटेड हाइड्रोकार्बन के विकास होने से इसका उपयोग कम हो गया है।

(4) कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2)

(1) इसका कार्यकारी दाब अधिक होता है।

(2) क्रान्तिक तापमान निम्न होता है।

(3) यह विषैला नहीं है।

(4) यह रंगहीन एवं गन्धहीन होता है इसलिये क्षरण का पहचानना मुश्किल होता है।

(5) यह ज्वलनशील नहीं होता।

(6) इसकी अश्व शक्ति प्रति टन अधिक होती है।

(7) इसका C.O.P. कम होता है।

(8) निकाली गई ऊष्मा की मात्रा प्रति इकाई आयतन अधिक होती है।

(9) इसका तेल व ग्रीस पर कोई प्रभाव नहीं होता है।

(10) इसका लोहा, ताँबे इत्यादि पर संक्षारण प्रभाव होता है।

उपयोग—इसका उपयोग एक प्रशीतक के रूप में कम होता जा रहा है। इसका शुष्क बर्फ (dry ice) के रूप में अधिक प्रयोग किया जाता है। यह रेलवे, कार, वैन व आइसक्रीम बनाने में प्रयोग किया जाता है।

(5) फ्लोरीनेटेड हाइड्रोकार्बन (Flourinated hydrocarbons)

ये इथेन व मीथेन इत्यादि हाइड्रोकार्बन के हैलोजन अवकलन (halogen derivatives) हैं। ये हाइड्रोजट परमाणु के स्थान पर फ्लोरीन व क्लोरीन प्रयोग करने से प्राप्त होते हैं। इसके अन्तर्गत आने वाले विभिन्न प्रकार के प्रशीतकों में से कुछ पश्चाग्र सम्पीडक व कुछ अपकेन्द्रीय सम्पीडकों के साथ उपयोग में लाये जाते हैं। फ्लोरीनेटेड कार्बन के विभिन्न ट्रेड नाम हैं, परन्तु अन्तर्राष्ट्रीय समझौते के अनुसार शब्द *'F'* प्रायः प्रयोग में लाया जाता है।

(6) F_{-11} (Monofluoro trichloro methane)

(1) इसका दाब निम्न होता है।

(2) यह अपकेन्द्रीय सम्पीडक (centrifugal compressor) के लिये प्रयुक्त किया जाता है।

(3) यह कम स्थायी होता है।

उपयोग—यह सिनेमा, कार्यालय, फैक्टरी इत्यादि के प्रशीतन में प्रयोग किया जाता है।

(7) F_{-12} (Defluro dichloromethane)

(1) यह पश्चाग्र (reciprocating) व रोटरी सम्पीडक के लिये उपयुक्त है।

(2) सम्पीडन के उपरान्त इसका तापमान बहुत निम्न रहता है।

(3) अमोनिया की अपेक्षा इसका स्वेप्ट आयतन (swept volume) अधिक होता है।

(4) ताँबा व इसके मिश्र धातु (alloys) के साथ सुरक्षित रूप से उपयोग में लाया जा सकता है।

(5) यह मैग्नीशियम तथा जिंक के साथ प्रतिक्रिया करता है।

(6) इसमें विशेष प्रकार का तेल उपयोग में लाना चाहिये जिससे ताम्र प्लेटिंग (copper plating) न हो।

उपयोग—यह घरेलू, व्यवसायिक, कोल्ड स्टोरेज संयन्त्रों, आइसक्रीम बनाने में प्रयोग किया जाता है।

(8) F_{-16} (Trifluro monochloro methane)

(1) इसका क्वथनांक −81.1°C है।

(2) इसका क्रान्तिक तापमान निम्न होता है।

(3) इसका क्रान्तिक दाब 39.5 वायुमण्डलीय (atmospheric) है।

(4) इसके निष्पादन गुणांक (C.O.P.) का मान दूसरे फ्लोरीनेटेड प्रशीतकों से कुछ कम होता है।

उपयोग—गैसों के द्रवीकरण, धात्विक प्रतिक्रियाओं व सोपानी (cascade) संयन्त्रों में निम्न ओर (low side) में प्रयोग के लिये संस्तुत किया जा सकता है।

(9) F_{-21} (Monofluro dichloro methane)

(1) यह अपकेन्द्रीय सम्पीडक (centrifugal compressor) के साथ प्रयुक्त किया जाता है।

(2) इसका दाब निम्न होता है।

उपयोग—आजकल यह उपयोग के लिये संस्तुत नहीं किया जाता है।

Scanned by CamScanner

(10) F–22 (Difluro monochloro methane)

(1) इसका स्वेप्ट आयतन (swept volume) अमोनिया की अपेक्षा अधिक होता है।

(2) इसका अन्तिम विसर्जन तापमान कम होता है। यही कारण है कि F_{-22} का उपयोग F_{-12} के स्थान पर अधिकाधिक किया जा रहा है।

(3) यह निम्न व उच्च वाष्पित्र तापमान पर भी कार्य कर सकता है।

उपयोग—घरेलू, व्यवसायिक, कोल्ड स्टोरेज संयत्रों (cold storage plants), आइसक्रीम फैक्ट्री इत्यादि में इसका उपयोग किया जाता है।

(11) F–113 (Trifluro chloro ethane)

यह इथेन का derivative है।

उपयोग—यह वातानुकूलन में कम दाब प्रशीतक के रूप में अपकेन्द्रीय सम्पीडन के साथ प्रयोग किया जाता है।

(12) F–114 (Tetra fluro dichloroethane)

(1) यह निम्न दाब प्रशीतक के रूप में उपयोग किया जाता है।

(2) इसको अपकेन्द्री सम्पीडक के साथ प्रयोग में लाया जाता है।

(3) F_{-22} की तरह तेल के सम्पर्क में आने से कठिनाई उत्पन्न करता है।

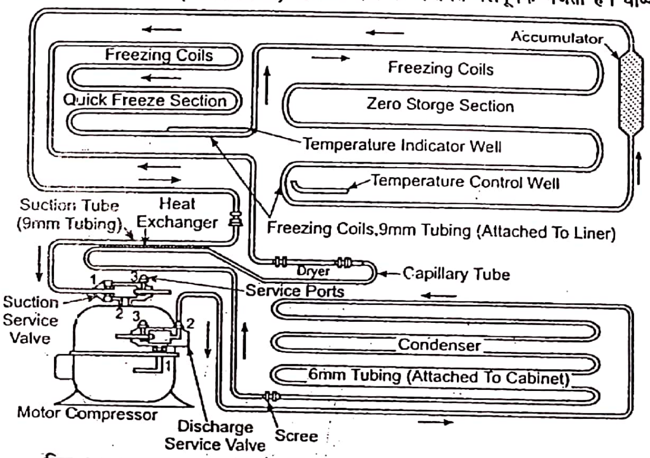
उपयोग—इसका उपयोग घरेलू इकाईयों में रोटरी सम्पीडक के साथ किया जाता है।

§ 3.10. घरेलू रेफ्रीजरेटर तथा वाटर कूलर की कार्यप्रणाली

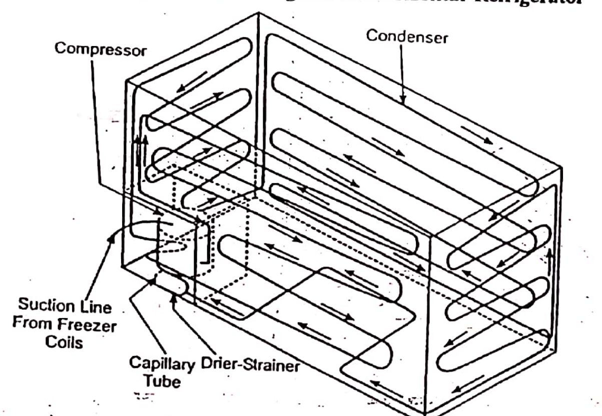
घरेलू रेफ्रीजरेटर कई आकार में बनाये जाते हैं। घरेलू रेफ्रीजरेटर का मुख्य उद्देश्य खाने-पीने के अधिक से अधिक सामान को एक निश्चित समय तक सही दशा में संग्रह (storage) रखना है। ये आवश्यकतानुसार क्षैतिज या ऊर्ध्वाधर आकार में बनाये जाते हैं। घरेलू रेफ्रीजरेटरों को 60, 100, 165, 265, 500 लीटर क्षमता का बनाया जाता है तथा इनमें समुन्द्रित इकाईयाँ (hermitically sealed condensing units) लगी होती हैं।

घरेलू रेफ्रीजरेटर का प्रचालन चक्र (Cycle of operation of domestic refrigerator)—प्रशीतक प्रणाली को चित्र 3.3 में दिखाये गये प्रवाह आरेख (flow diagram) द्वारा अच्छी प्रकार समझा जा सकता है। फ्रीजर का तापमान एक तापमान नियन्त्रण युक्ति द्वारा नियन्त्रित किया जाता है, जो मोटर सम्पीडक (motor compressor) को प्रारम्भ करती है, जब वाष्पक (evaporator) को प्रशीतक की आवश्यकता होती है तथा जब वाष्पक पर्याप्त ठण्डा (cooled) हो जाता है, तो यह युक्ति मोटर सम्पीडक को बन्द कर देती है। जब तापमान नियन्त्रण युक्ति के सम्पर्क बन्द हो जाते हैं, तब मोटर-सम्पीडक प्रचालित हो जाता है तथा वाष्पक में दाब कम हो जाता है। इस समय प्रशीतक (refrigerant) वाष्पित (evaporate) होता है। इस प्रक्रिया में ताप को अवशोषित करता है तथा इस प्रकार वाष्पक

(evaporator) को ठण्डा कर देता है। वाष्प को चूषण ट्यूब (suction tube) द्वारा सम्पीडक से खींचा जाता है, जो प्रशीतक गैस (refrigerant gas) को सम्पीडित (compress) करती है तथा संघनित्र (condenser) में उच्च दाब के अन्तर्गत बलपूर्वक भेजती है। वाष्प



चित्र 3.3 **Refrigerant Flow Diagram of Horizontal Refrigerator**



चित्र 3.4 **The Route of Tubing in a Typical Horizontal Refrigerator.**

Scanned by CamScanner

के सम्पीडन के कारण तापमान बढ़ता है तथा इस प्रकार संघनित्र ताप को रेफ्रीजरेटर के खोल या केबिनेट को तथा केबिनेट के चारों ओर स्थानान्तरित कर देता है जैसा कि चित्र 3.4 में दिखाया गया है। चूँकि सम्पीडित वाष्प अपनी ऊष्मा (heat) छोड़ती है, ये संघनित्र (condenser) से तरल (liquid) को संघनन (condense) कर देती है।

केशिका नली (capaliary tube) को व्यास में छोटा बनाया जाता है ताकि तरल प्रशीतक (liquid refrigerant) को संघनित्र (condenser) से वाष्पक (evaporator) में बलपूर्वक जाने को नियन्त्रित किया जा सके। मोटर-सम्पीडक के बन्द होने के थोड़े समय बाद संघनित्र में दाब (pressure) प्रशीतक (refrigerant) को कोशिका ट्यूब में भेजता रहता है जब तक दाब पूर्ण प्रणाली में समरूप न हो जाये।

यदि मोटर-सम्पीडक बन्द होने के तुरन्त बाद प्रारम्भ होने की कोशिश करता है (प्रणाली में समरूपता आने से पहले) तो मोटर-सम्पीडक अधिभार रक्षक (over load protector) को ट्रिप करा सकता है जिससे वैद्युत परिपथ भंग होकर मोटर कुण्डलन जलने से बच सकती है।

§ 3.11. घरेलू रेफ्रीजरेटर का वैद्युत परिपथ आरेख

चित्र 3.5 में घरेलू रेफ्रीजरेटर का वैद्युत परिपथ आरेख दिखाया गया है। घरेलू रेफ्रीजरेटर 230 वोल्ट, 50 Hz, की प्रत्यावर्ती धारा सप्लाई पर कार्य करते हैं तथा इनकी मोटर 1/4 से 1/3 अश्व शक्ति की होती है जो कि फ्रीजर केबिनेट की स्टोरेज क्षमता पर निर्भर करती है। नीचे घरेलू रेफ्रीजरेटर के विभिन्न भागों का संक्षेप में वर्णन किया गया है—

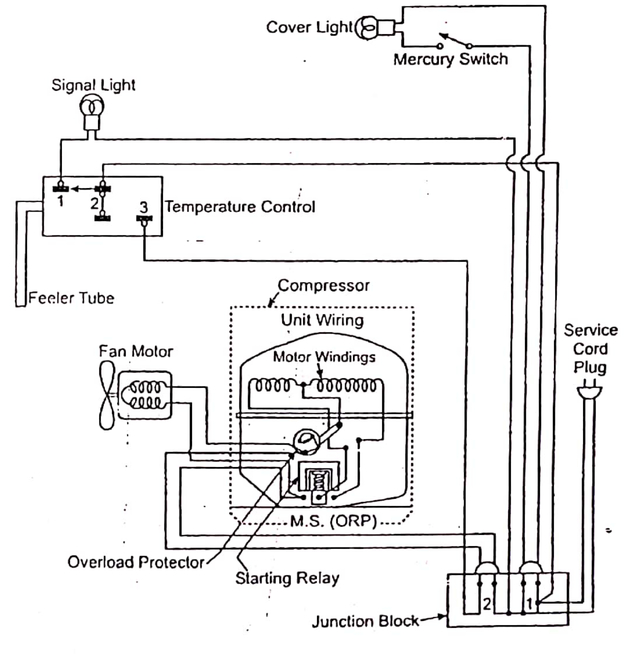
(1) पंखा मोटर (Fan motor)—कुछ रेफ्रीजरेटरों में संघनित्र (condenser) को ठण्डा करने के लिये एक पंखा मोटर में लगा रहता है। यह मोटर सम्पीडक की सप्लाई के साथ सीधे ही तापमान नियन्त्रण युक्ति के बाद अधिभार रक्षक (over load protector) से पहले लगी रहती है जैसा कि चित्र 3.5 में दिखाया गया है। पंखा मोटर के इस प्रकार लगे रहने से मोटर संघनित्र (condenser) को लगातार ठण्डा करता रहता है चाहे अधिभार रक्षक (over load protector) अधितापन (overheating) के कारण खुला (opened) ही क्यों न हो। पंखा मोटर तभी रुकेगा जब तापमान नियन्त्रण कट जायेगा।

(2) तापमान नियन्त्रण तथा सिग्नल लाइट (Temperature control and signal light)—अपने मूल कार्य के लिये अतिरिक्त, तापमान नियन्त्रण सिग्नल लाइट के प्रचालन को भी नियन्त्रित करता है। तापमान नियन्त्रण एक वैद्युत स्विच है जो कि नियन्त्रण फीलर ट्यूब (feeler tube) के तापमान से नियन्त्रित होता है। जैसे ही फीलर ट्यूब गर्म होती है, तापमान नियन्त्रण स्विच 'ऑन' हो जाता है तथा मोटर-सम्पीडक (Motor-compressor) प्रारम्भ (start) हो जाता है। जब फीलर ट्यूब का तापमान एक पूर्ण निश्चित तापमान से नीचे चला जाता है, स्विच के सम्पर्क खुल जाते हैं तथा मोटर-सम्पीडक बन्द हो जाता है।

जिस तापमान पर नियन्त्रण खुल (open) जाता है (अर्थात् मोटर सम्पीडक बन्द हो

जाता है), कट-आउट प्वाइन्ट (cut-out point) कहलाता है तथा जिस तापमान पर नियन्त्रण बन्द (close) होता है (मोटर-सम्पीडक चल पड़ता है), कट-इन प्वाइन्ट (cut-in-point) कहलाता है। तापमान नियन्त्रण नॉब को समंजित करके कट-इन तथा कट-आउट तापमान को बदला जा सकता है, इस तापमान नियन्त्रण का डिजाइन इस प्रकार का होता है ताकि सामान्य तापमानों पर पर्याप्त समायोजन (adjustment) किया जा सके। सामान्यतः तापमान नियन्त्रण नॉब को सामान्य स्थिति (normal position) पर सैट किया जाता है, जो कि सबसे गरम प्रचालन स्थिति (warmest operating position) होती है। चूँकि इसमें कोई ऑफ स्थिति (off position) नहीं होती, इसलिये इसके द्वारा फ्रीजर को अचानक बन्द करना असम्भव हो जाता है।

तापमान नियन्त्रण सिग्नल चेतावनी लाइट (signal warning light) को भी प्रचालित करता है। सिग्नल परिपथ (तापमान नियन्त्रण के अन्दर) बन्द रहेगा तथा तापमान नियन्त्रण



चित्र 3.5 घरेलू रेफ्रीजरेटर का वैद्युत वायरिंग आरेख

Scanned by CamScanner

के ऊपरी भाग पर लगी सिग्नल लाइट 'ऑन' होगी, जब खाने के कक्ष (food compartment) में तापमान सुरक्षित सीमा में होगी। खाने के कक्ष में तापमान असुरक्षित होने पर सिग्नल-परिपथ के सम्पर्क खुल जायेंगे तथा सिग्नल लाइट बुझ जायेगी। **सिग्नल लाइट निम्न स्थितियों के अतिरिक्त सदैव प्रकाशित अर्थात् ऑन रहेगी—**

(1) जब तापमान नियन्त्रण को अधिक ठण्डे प्वाइन्ट (लगभग −10°C) कर दिया जाये।

(2) फ्रीजर में गरम खाना (Warm food) अधिक मात्रा में नहीं रखा जाये।

(3) फ्रीजर के दरवाजे को अधिक देर तक खुला न रहने दिया जाये।

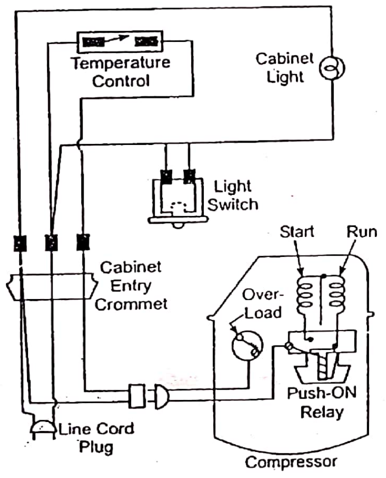
(4) फ्यूज उड़ जाये।

(5) सिग्नल लाइट का बल्ब फ्यूज हो जाये।

(6) नियन्त्रण टर्मिनलों पर ढीले संयोजन हों।

(7) प्रशीतन प्रणाली में दोष हों।

चित्र 3.6 में एक अन्य घरेलू रेफ्रीजरेटर का वायरिंग आरेख दिखाया गया है।



चित्र 3.6 घरेलू रेफ्रीजेरेटर का वायरिंग आरेख

§ 3.12. वातानुकूलन प्रणाली (Air Conditioning System)

आजकल प्रत्येक क्षेत्र में चाहे घर, कार्यालय, सिनेमा, विभागीय स्टोर, दुकान, उद्योग, फैक्ट्री, रेलवे, कार इत्यादि में वातानुकूलित वातावरण का प्रचलन बढ़ता जा रहा है, क्योंकि

इससे मानव को अधिक आराम एवं सुख मिलता है। इसके साथ-साथ कुछ रासायनिक प्रक्रियायें ऐसी होती हैं जो वातानुकूलित वातावरण में ही सम्भव होती हैं या तीव्र गति से होती हैं।

"वातानुकूलन (airconditioning) एक तकनीक है जिसके द्वारा किसी स्थान पर वायु का तापमान आर्द्रता (humidity), स्वच्छता (cleanliness) व वायु गति (air motion) आवश्यकता अनुसार नियन्त्रण किये जाते हैं।"

प्रायः हम वातानुकूलन का अर्थ गर्मियों में शीतलन से लेते हैं। परन्तु वातानुकूलन दोनों गर्म एवं ठंडे मौसम या पूरे साल के लिए भी प्रयुक्त किया जा सकता है।

§ 3.13. वातानुकूलन के उपयोग
(Application of Airconditioning)

वातानुकूलन दो प्रकार के होते हैं—

(अ) सुखद वातानुकूलन (Comfort airconditioning)

(ब) औद्योगिक वातानुकूलन (Industrial airconditioning)

(अ) सुखद वातानुकूलन (Comfort airconditioning)—इसके अन्तर्गत किसी स्थान पर वायु की उन अवस्थाओं को उत्पन्न किया जाता है जो मानव के लिए सुखद हों। इसको तीन भागों में बाँटा जा सकता है।

(i) ग्रीष्मकालीन वातानुकूलन (Summer airconditioning)—इसमें किसी स्थान पर ज्ञेय ऊष्मा (sensible heat) व वायु की नमी को कम किया जाता है। इसके लिये शीतलन (cooling) की क्रिया करनी पड़ती है। वायु शीतलन का अर्थ वायु का शुष्क बल्ब तापमान (dry bulb temperature) कम करना है।

ग्रीष्मकालीन वातानुकूलन में 'शीतलन व निराद्रीकरण' (cooling and dehumidification) प्रक्रिया काम में लायी जाती है।

(ii) शीतकालीन वातानुकूलन (Winter airconditioning)—शीत ऋतु में वातानुकूलन का अर्थ यह है कि हमें उस स्थान पर वायु की ज्ञेय ऊष्मा (sensible heat) बढ़ानी है तथा साथ-साथ ऊष्णता (dryness) की मात्रा में भी बढ़ोत्तरी करनी है। यह वायु की 'तापन व आर्द्रीकरण प्रक्रिया' (heating and humidification process) द्वारा किया जाता है।

(iii) पूर्ण वर्ष वातानुकूलन (Year round airconditioning)—इसमें पूरे वर्ष के लिये वातानुकूलन करना होता है। साल में कई मौसम बदलते रहते हैं। अतः उसमें उस स्थान पर विभिन्न मौसम के अनुसार समय-समय पर वायु की दशा का नियन्त्रण करना होता है।

(ब) औद्योगिक वातानुकूलन (Industrial airconditioning)—इसमें वायु का

Scanned by CamScanner

तापमान व आर्द्रता का इस प्रकार से नियन्त्रण करते हैं कि कुछ औद्योगिक प्रक्रियायें सफलतापूर्वक की जा सकती हैं। औद्योगिक वातानुकूलन में मानव सुख का अधिक ध्यान न रखकर केवल औद्योगिक प्रक्रियाओं पर ध्यान दिया जाता है। अतः इसका डिजाइन (design) केवल औद्योगिक प्रक्रियाओं पर निर्भर होगा। इसके निम्नलिखित कार्य एवं उपयोग हैं।

(i) आर्द्रताग्राही पदार्थों (hydroscopic materials) की नमी को नियन्त्रित करना।

(ii) रासायनिक एवं बायोकेमिकल (biochemical) प्रक्रियाओं का अधिनियन्त्रण करना।

(iii) ऊष्मीय प्रसार व संकुचन को परिशुद्ध (precision) वस्तुओं में सीमित करना।

(iv) अच्छे गुणधर्म (quality) की वस्तुओं के उत्पादन व मशीनों को स्वतन्त्र रूप से चलाने के लिये स्वच्छ व छनी हुई वायु को उत्पादन स्थल पर प्रदान करना, जिससे कोई कठिनाई न हो सके।

वातानुकूलन प्रणाली को पुनः निम्न दो भागों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

(1) केन्द्रीय वातानुकूलन प्रणाली (Central airconditioning system)

(2) यूनीटरी वातानुकूलन प्रणाली (Unitary airconditioning system)

§ 3.14. केन्द्रीय वातानुकूलन प्रणाली
(Central Airconditioning System)

इसमें विभिन्न भाग एक केन्द्रीय कक्ष में एक समूह में लगे रहते हैं। यहाँ से वातानुकूलन वायु विभिन्न स्थानों को भेजी जाती है, जहाँ अनुकूलन (conditioning) करना होता है। यह विभिन्न वाहिनियों (ducts) से प्रवाहित होती है। यह निकाय 25 टन से अधिक क्षमता के लिये काम में लाया जाता है इसमें निम्नलिखित अवयव एकत्रित (assemble) किये जाते हैं।

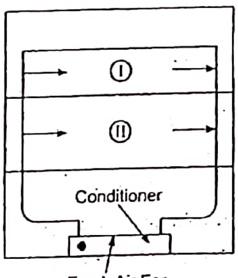
(1) द्रुतशीतलित पानी (chilled water) या प्रशीतक के सीधे प्रसार के लिये शीतलन (cooling) या निराद्रीकरण कुण्डली।

(2) तापन कुण्डली जिसमें भाप या गर्म पानी प्रवाहित किया जाता है।

(3) ब्लोअर (blower) व उसको चलाने के लिये मोटर।

(4) शीतलन व निराद्रीकरण या वायु धावन (air washing) के लिये फुहारें (sprays)।

(5) वायु सफाई उपकरण जैसे छन्नक



चित्र 3.7

(filter), विद्युत अवक्षेप (electric precipitators), तीक्ष्ण गन्ध (odour) हटाने के उपकरण इत्यादि।

(6) विभिन्न प्रकार की नियन्त्रण युक्तियाँ।

इसका रेखाचित्र 3.7 में दिखाया गया है।

इसमें अनुकूलन वायु (conditioned air) को प्रदान (supply) करने के लिए निम्नलिखित विधियाँ काम में लायी जाती हैं—

(1) वायु केन्द्रीय कक्ष में अनुकूलित (conditioned) की जाती है एवं व्यक्तिगत प्रवाह नियन्त्रण के द्वारा विभिन्न कक्षों में प्रदान की जाती है।

(2) केन्द्र वातानुकूलन (central air conditioning room) में पानी का द्रुत-शीतलन (chilling) होता है तथा पृथक् प्रवाह नियन्त्रण के द्वारा विभिन्न कमरों में यह द्रुत-शीतलित पानी (chilling water) भेज दिया जाता है।

(3) प्रत्येक कमरे में पृथक् (individual) वाष्पक लगे होते हैं। इनके साथ thermostatic flow control या direct expansion system होते हैं।

§ 3.15. यूनीटरी वातानुकूलन प्रणाली
(Unitary Airconditioning System)

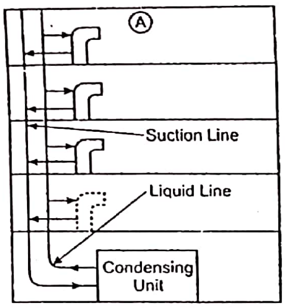
ये फैक्टरी द्वारा एसेम्बल उपकरण होते हैं। आजकल 110 टन की क्षमता तक उपलब्ध हैं। इन्हें भवनों के तापन या शीतलन माँगों (demands) को सन्तुलित करने के लिये एक या एक से अधिक गुणाँक (multiples) में प्रतिस्थापित किया जा सकता है, ये दो प्रकार के होते हैं—

(1) दूरस्थ वातानुकूलन प्रणाली (The remote aircontioning system)—यह फैक्टरी एसेम्बल (assembled) इकाई है तथा कई उपकरणों से मिलकर बनती हैं। यह इकाई सभी प्रकार के वातानुकूलन के लिये कार्य करती है। इस प्रकार की दूरस्थ वातानुकूलन इकाई (remote air conditioning unit) प्रशीतन संघनित इकाई (refrigeration condensing unit) व तापन प्लाँट (heating plant) से पृथक् कर दी जाती है। इसमें प्रयोग की जाने वाली शीतलन कुण्डली, प्रत्यक्ष प्रसार (direct expansion) या शीतलित जल प्ररूपी (chilled water type) हो सकती है व तापन कुण्डली, गर्म पानी या भाप के लिये हो सकती हैं।

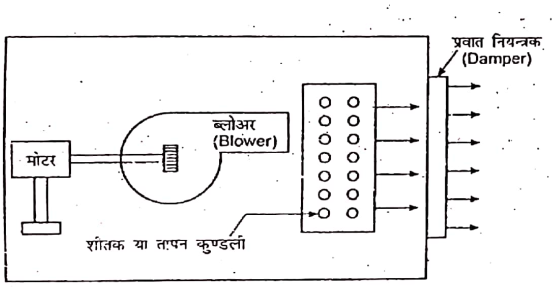
चित्र 3.8 (अ) में चार मंजिल भवन के लिये दूरस्थ वातानुकूलन प्रणाली दिखायी गयी है। प्रत्येक मंजिल (floor) में अलग वातानुकूलन इकाई होगी जोकि अलग-अलग विभागों की वाहिनियों (ducts) के द्वारा वायु प्रदान करेगी।

ये इकाइयाँ व्यावसायिक रूप से क्षैतिज व ऊर्ध्वाधर रचना में बनाई जाती है।

Scanned by CamScanner



चित्र 3.8 (अ) दूरस्थ वातानुकूलन प्रणाली का लेआउट



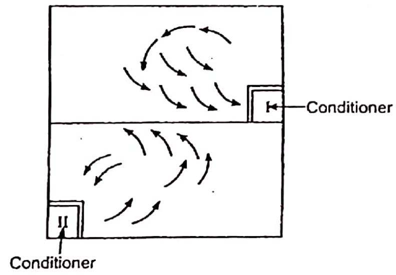
चित्र 3.8 (ब) दूरस्थ वातानुकूलन का लेआउट

(2) स्वतः पूर्ण वातानुकूलन प्रणाली (Self contained airconditioning system)—इसमें एक ही बन्द स्थान (enclosure) पर प्रशीतन संघनित इकाई व तापन संयन्त्र लगे होते हैं। यह इकाइयाँ सार्वजनिक या उन स्थानों पर लगायी जाती हैं जहाँ पर मनुष्य रहते हैं। इसलिये ये सुसज्जित केबिनेट में लगी होती हैं। इसे चित्र 3.9 में दिखाया गया है।

ये चार प्रकार की उपलब्ध हैं—

(1) कक्ष शीतक (Room cooler)

(2) कक्ष वातानुकूलन (Room airconditioning)



चित्र 3.9 स्वतः पूर्ण वातानुकूलन प्रणाली

(3) Packaged airconditioner.

(4) Round the year conditioning system.

यहाँ केवल कक्ष शीतक तथा कक्ष वातानुकूलन का वर्णन किया गया है।

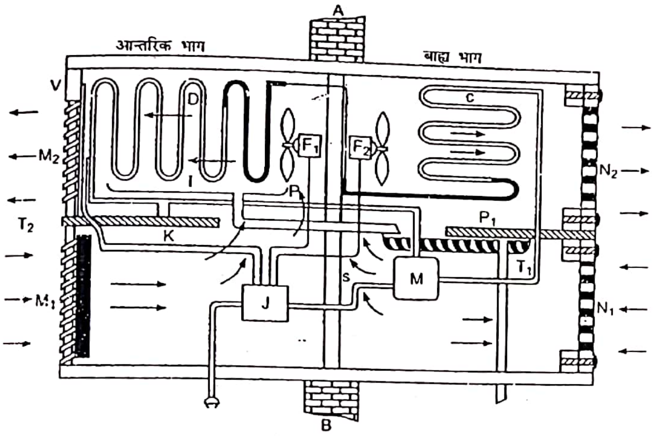
(1) कक्ष शीतक (Room cooler)—ये कम क्षमता की इकाइयाँ होती हैं, इनमें तापन की सुविधायें नहीं होतीं। ये $\frac{1}{2}$ से $2\frac{1}{2}$ ton की क्षमता में उपलब्ध होती हैं। ये प्रायः window mounted व वायु शीतित (air cooled) होती हैं। इस प्रकार कमरे की ऊष्मा व सम्पीडन की ऊष्मा को बाह्य वायु को प्रदान करती हैं। ये इकाइयाँ वायु स्वतन्त्र व बिना सीधे कार्य से अन्तर्धमन (blow) होती हैं।

उदाहरण—ARCO	1 ton.	$1\frac{1}{2}$ ton	A/c
BLUE STAR	"	"	"
VOLTAS	"	"	"
A.C.C.	"	"	"
B.P.L.	"	"	"
L.G.	"	"	"
Samsung	"	"	"
Whirlpool	"	"	"

(2) कक्ष वातानुकूलन (Room air-conditioner window type)

संरचना (Construction)—चित्र 3.10 में एक सरल कक्ष वातानुकूलक दिखाया गया है, जिसका प्रयोग विशेषकर कार्यालय, घर का कमरा, दुकान, कला कक्ष इत्यादि के वातानुकूलन में किया जाता है। इसमें इस्पात या टिन की चद्दर का खोल होता है जो कि दो भागों में विभक्त होता है, बाह्य भाग तथा आन्तरिक भाग। दो भागों में बाँटने वाली चद्दर (sheet) AB ऊपरी भाग में एक मार्ग छिद्र के रूप में बना होता है। बाह्य भाग में अग्रलिखित उपयन्त्र होती हैं—

Scanned by CamScanner



चित्र 3.10 कक्ष वातानुकूलन

(i) समुद्रित मोटर व सम्पीडक (hermetically sealed motor and compressor) 'M'

(ii) वायु शीतित संघनित्र (air cooled condenser) C

(iii) मोटर द्वारा चालित पंखा F_2

(iv) ट्रे (tray) T_1

बाह्य भाग दो भागों में चद्दर (P_1) द्वारा विभक्त रहता है जिसके एक ओर छिद्र (opening) होता है।

आन्तरिक भाग में निम्नलिखित उपकरण होते हैं—

(i) वाष्पक (evaporator) E

(ii) मोटर द्वारा चालित पंखा (blower fan) F_1

(iii) रिमोट बल्ब प्रशीतन नियन्त्रण (remote bulb refrigerant control) Re

(iv) नियन्त्रण पैनल (control panel) V

(v) वायु छन्नक (air filter) H

(vi) शक्ति संयोजन (power connection) (J)

(vii) ट्रे (Tray) (T_2)

इस आन्तरिक भाग को भी दो भागों में विभक्त किया जाता है जिसमें दांयी ओर एक छिद्र (opening) होते है। ट्रे T_1 व T_2 को एक पाइप के द्वारा जोड़ दिया जाता है। संघनित्र का वाष्पक से एक कैपिलरी ट्यूब (capillary tube) 'D' तथा एक प्रशीतक छन्नक में से

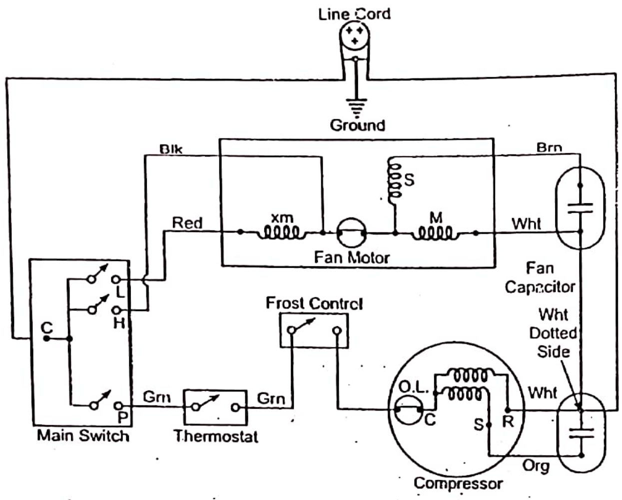
गुजरते हुये, सम्पर्क कर दिया जाता है। वाष्पक को एक चूषक पाइप लाइन (suction pipe line) P द्वारा सम्पीडक से जोड़ दिया जाता है। वातानुकूलक को खिड़की में इस प्रकार रखा जाता है कि बाह्य भाग खिड़की की सिल से बाहर रहे। आन्तरिक भाग M_1 व M_2 विभाजकों से ढका रहता है। इनमें शटर (shutters) लगे रहते हैं जो कि विभिन्न कोणों (inclination) पर व्यवस्थित किये जा सकते हैं। इसी प्रकार पीछे के भाग में N_1 व N_2 विभाजक रहते हैं।

कार्य-विधि—जब यह इकाई कार्य कर रही होती है तो निम्न दाब पर वाष्प, चूषण लाइन द्वारा सम्पीडक में प्रवेश करती है। सम्पीडक से दाब व तापमान उच्च हो जाते हैं तथा ये वाष्प संघनित्र में प्रवेश करती है। प्रशीतन वाष्प की ऊष्मा संघनित्र में हटाई जाती है एवं इस प्रकार द्रव प्रशीतन संघिनत्र की नीचे वाली कुण्डली में एकत्रित हो जाती है। यह द्रव प्रशीतक कोशिका नियन्त्रित ट्यूब (capillary control tube) में 'प्रशीतक छन्नक' (refrigerant filter) से गुजरता हुआ निम्न दाब पर वाष्प कुण्डली (coils) में पहुँचता है। वाष्पक में निम्न दाब पर द्रव प्रशीतक (liquid refrigerant) उबलता है एवं वाष्पक की सतह से ऊष्मा ग्रहण करता है। मोटर द्वारा चालित पंखा F_1 कमरे के अन्दर की वायु को छन्नक H के द्वारा खींचकर, वाष्पक कुण्डली के ऊपर प्रवाहित करता है जहाँ यह वायु ठण्डी होकर पुनः कमरे में जाती है। प्रवाहित वायु में नमी का कुछ हद तक निराद्रीकरण हो जाता है। वाष्पक कुण्डली की सतह पर नमी नीचे की ओर प्रवाहित होती है एवं ट्रे 'T_2' में एकत्रित हो जाती है। यहाँ से यह नमी ट्रे (T_2) में पानी के रूप में पहुँच जाती है। इस पानी का वाष्पीकरण होता है। फलस्वरूप कुछ सीमा तक सम्पीडक व संघनित्र का शीतलन (cooling) हो जाता है। सम्पीडक व संघनित्र इस प्रकार लगाये जाते हैं कि सम्पीडक एवं संघनित्र तथा सम्पीडक कक्ष (compressor compartment) में पंखा F_1 इकाई से निचले भाग में N_1 द्वारा वायु को खींचकर संघनित्र कुण्डली के ऊपर फेंकता है तथा इकाई के ऊपरी भाग में N_2 द्वारा वायु को विसर्जित करता है। यह वायु संघनित्र वाष्प प्रशीतक की ऊष्मा लेकर इसे द्रव प्रशीतक में परिवर्तित कर देती है। जब कमरे में आवश्यक तापमान हो जाता है तो इकाई स्वतः बन्द हो जाती है। आवश्यक तापमान के लिये नियन्त्रण पैनल (control panel) 'V' का उपयोग करते हैं।

§ 3.16. कक्ष वातानुकूलन इकाई के वैद्युत परिपथ आरेख (Electrical Circuits of Room Air Conditioning)

चित्र 3.11 में कक्ष वातानुकूलन इकाई का वैद्युत परिपथ आरेख दिखाया गया है। जिसके मुख्य भाग मोटर-सम्पीडक ऊष्मा अतिभार रक्षक सहित (motor compressor with thermal over load protector), प्रारम्भन रिले (starting relay) (जब प्रयोग किया जाये), प्रारम्भन संधारित्र (starting capacitor), पंखा मोटर, मुख्य थर्मोस्टेट (main thermostat), यूनिट नियन्त्रण स्विच (unit control switch), ऑन, ऑफ स्विच इत्यादि तथा संयोजन तारे होते हैं जैसाकि चित्र 3.11 में दिखाया गया है।

Scanned by CamScanner



चित्र 3.11 एक कक्ष वातानुकूलन का वैद्युत परिपथ आरेख
(Electrical circuits of an typical room air conditioner)

अभ्यास के लिये सैद्धान्तिक प्रश्न

1. प्रशीतन व वातानुकूलन से आप क्या समझते हैं ?
2. प्रशीतन का सिद्धान्त लिखिये।
3. प्रशीतन के उपयोग लिखिये।
4. वाष्प सम्पीडन प्रशीतन प्रणाली (vapour compression refrigerant system) को समझाइये।
5. वाष्प सम्पीडन प्रशीतन चक्र का सचित्र वर्णन कीजिये।
6. वाष्प सम्पीडन प्रशीतन के मुख्य भागों का कार्य सहित वर्णन कीजिये।
7. प्रशीतन से आप क्या समझते हैं ?
8. प्रशीतकों में क्या-क्या गुण होने चाहियें ?
9. एक अच्छे प्रशीतक के मुख्य गुणों को बताइये।
10. निम्न मामलों में किस मुख्य प्रशीतक (refrigerant) का प्रयोग होता है—
    (i) Comfort cooling।
    (ii) वायुयान वायु शीतलन।

    (iii) आलू का Cold storage।
    (iv) शीतकालीन वायु कन्डीशनर।
11. F_{-12} तथा अमोनिया प्रशीतकों के गुण बताइये।
12. Vapour compression cycle किस प्रकार कार्य करता है ? इस Cycle को उपयोग करने वाले एक refrigeration system का रेखाचित्र बनाइये।
13. घरेलू रेफ्रीजरेटर का वैद्युत परिपथ आरेख बनाइये तथा मुख्य भागों के कार्य का वर्णन कीजिये।
14. वातानुकूलन प्रणाली से आप क्या समझते हैं ? इसके विभिन्न उपयोग लिखिये।
15. सुखद वातानुकूलन (comfort air conditioning) से आप क्या समझते हैं ?
16. औद्योगिक वातानुकूलन समझाइये तथा इसके मुख्य कार्य तथा उपयोग लिखिये।
17. केन्द्रीय (central) वातानुकूलन तथा यूनीटरी वातानुकूलन (unitary air conditioning) में मुख्य अन्तर क्या है ?
18. स्वतः पूर्ण वातानुकूलन प्रणाली का सचित्र वर्णन कीजिये।
19. कक्ष वातानुकूलन की कार्य विधि का संक्षिप्त वर्णन कीजिये।
20. कक्ष वातानुकूलन का वैद्युत परिपथ आरेख बनाइये।
21. स्वच्छ चित्र की सहायता से Vapour compression refrigeration cycle का वर्णन कीजिये।
22. घरेलू प्रशीतित्र (domestic refrigerator) के लिये विद्युत परिपथ खींचिये तथा इसकी कार्य विधि भी समझाइए। प्रशीतित्र के अन्दर तापमान किस प्रकार समायोजित किया जाता है ?
23. प्रशीतित्र (refrigerator) तथा वातानुकूलक (air conditioner) के अन्दर ताप नियन्त्रण की यन्त्रावली (mechanism) की विवेचना कीजिए।
24. वातानुकूलन की परिभाषा दीजिये। वाष्प सम्पीडन प्रशीतन चक्र के प्रचालन को समझाइये।
25. वाष्प सम्पीडन प्रणाली का स्वच्छ आरेख खीचिये तथा शीतलन में वाष्प सम्पीडन चक्र की व्याख्या कीजिये।
26. वातानुकूलन का क्या सिद्धान्त है ? ताप नियन्त्रण, आर्द्रता नियन्त्रण, वायु परिसंचालन तथा वायु निस्पन्दन, वातानुकूलन में किस प्रकार किये जाते हैं ? समझाइये।
27. वातानुकूलन का सिद्धान्त, संरचना एवं कार्य प्रणाली का वर्णन कीजिये। इसमें प्रयुक्त सम्पूर्ण परिपथ खींचिये।

□

Scanned by CamScanner

4

वैद्युत वेल्डन

(ELECTRIC WELDING)

§ 4.1. वैद्युत वेल्डन (Electric Welding)

वेल्डन शब्द का तात्पर्य किन्हीं दो पदार्थों को साथ-साथ रखकर, उन्हें गलन बिन्दु तक गर्म करके जोड़ने से है। वैद्युत वेल्डन में आवश्यक ताप वैद्युत धारा द्वारा प्राप्त किया जाता है। चूँकि बोल्ट जोड़ों (bolted joints) की अपेक्षा वेल्डन जोड़ (welding joints) अधिक विश्वसनीय हैं, इसीलिये आजकल इन्जीनियरी में वैद्युत वेल्डन का अधिक प्रयोग किया जा रहा है। वैद्युत वेल्डन को निम्न रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है—

(i) प्रतिरोधन वेल्डन (Resistance welding), (ii) आर्क वेल्डन (Arc welding) ।

§ 4.2. प्रतिरोध वेल्डन (Resistance Welding)

जैसा कि नाम से स्पष्ट है, वेल्डन के लिये आवश्यक ताप, उच्च प्रतिरोध तथा उच्च धारा द्वारा विकसित होता है। इस प्रकार प्रतिरोध वेल्डन में उच्च धारा को जोड़े जाने वाले भागों में से प्रवाहित किया जाता है। जोड़ तथा धातु का प्रतिरोध, गलन (melting) तथा वेल्डन प्रचालन के लिये पर्याप्त ताप (heat) उत्पन्न करता है।

जब आर्किंग (arcing) या दहन (combustion) घटकर न्यूनतम होती है, तब वेल्डन में उत्पन्न ताप को निम्न सूत्र द्वारा व्यक्त करते हैं—

$$H = I^2Rt$$

जहाँ I = धारा ऐम्पियर में,
R = प्रतिरोध ओह्म में,
t = धारा प्रवाह का समय सेकण्ड में।

वैद्युत वेल्डन में 2 से 10 वोल्ट तक की वोल्टता आवश्यक होती है जिसका मान वेल्डन क्षेत्र तथा वेल्डन किये जाने वाली धातु के टुकड़ों की मोटाई पर निर्भर करता है। प्रतिरोध वेल्डन के लिये प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) बहुत उपयुक्त है क्योंकि ट्रांसफार्मर द्वारा इच्छित धारा तथा वोल्टता प्राप्त की जा सकती है।

प्रतिरोध वेल्डन को पुनः अग्र रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है—

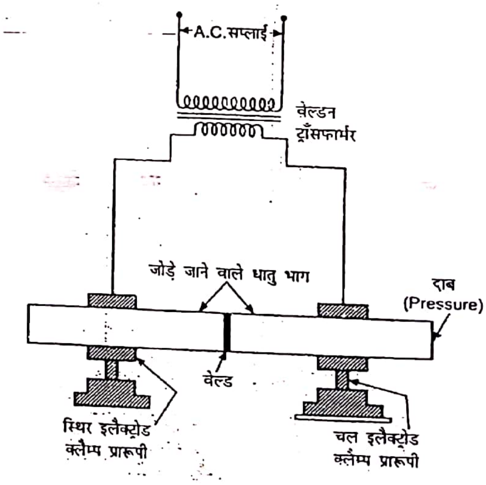
(i) बट या टक्कर वेल्डन (Butt welding)
(ii) स्पॉट या बिन्दु वेल्डन (Spot welding)
(iii) सीवन वेल्डन (Seam welding)
(iv) उभार या प्रक्षेप वेल्डन (Projection welding)

(i) बट या टक्कर वेल्डन (Butt Welding)

टक्कर वेल्डन दो प्रकार की होती हैं—

(अ) स्थूल या सरल टक्कर वेल्डन (Upset or simple butt welding)
(ब) चमक टक्कर वेल्डन (Flash butt welding)

(अ) स्थूल टक्कर वेल्डन (Upset or simple butt welding)—इस विधि में जोड़े जाने वाले भागों के सिरों को आपस में जोड़ा जाता है जैसा कि चित्र 4.1 में दिखाया गया है। इस विधि में किये जाने वाली धातुओं के उच्च सम्पर्क प्रतिरोध द्वारा तापन प्राप्त किया जाता है। धातु के दो टुकड़ों के जोड़े जाने वाले सिरों को आमने-सामने मिलाकर वेल्डन मशीन से क्लैम्प प्ररूपी इलेक्ट्रोडों में चित्रानुसार कस दिया जाता है। एक क्लैम्प इलैक्ट्रोड स्थिर (fixed) होता है तथा दूसरा चल (moveable) होता है। इलैक्ट्रोड में वैद्युत धारा प्रवाहित करने पर धातु सिरों का तापमान (उच्च सम्पर्क प्रतिरोध के कारण) गलनांक



चित्र 4.1 स्थूल टक्कर वेल्डन (Upset butt welding)

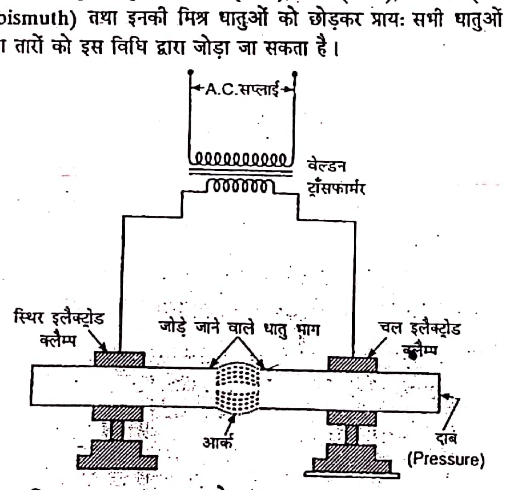
Scanned by CamScanner

बिन्दु तक पहुँच जाता है, इस स्थिति में चल इलेक्ट्रोड की ओर से यान्त्रिक दाब दिया जाता है, जिससे थोड़े समय में ही दोनों सिरे परस्पर वेल्डन (weld) हो जाते हैं। दाब का समय धातु भागों के अनुप्रस्थ काट (cross section) पर निर्भर करता है।

इस विधि में वेल्डन के लिये 2 से 8 वोल्ट तक की वोल्टता तथा 50 ऐम्पियर से कई सौ ऐम्पियर तक की धारा की आवश्यकता पड़ती है जो कि मुख्य रूप से धातु तथा वेल्ड किये जाने वाले अनुप्रस्थ काट क्षेत्र पर निर्भर करती है।

इस विधि द्वारा छड़ों (rods), ट्यूबों (tubes) तथा तारों (wires) को जोड़ा जाता है।

(ब) चमक टक्कर वेल्डन (Flash butt welding)—इस विधि में धातु के दोनों सिरों को एक दूसरे को स्पर्श करते हुये नहीं रखा जाता जैसाकि स्थूल टक्कर वेल्डन में रखा जाता है। धारा प्रवाहित करने के पश्चात् दोनों सिरों को धीरे-धीरे समीप लाया जाता है। जैसे ही धातु सिरे एक-दूसरे के समीप पहुँचते हैं, दोनों सिरों के मध्य एक आर्क उत्पन्न होता है, जिसके कारण सिरों का तापमान गलनाँक बिन्दु तक पहुँच जाता है। इसी स्थिति में दोनों सिरों को एक-दूसरे के अधिक समीप लाया जाता है, जैसे ही वेल्डन तापमान प्राप्त हो जाता है, चल इलैक्ट्रोड की ओर से यांत्रिक दाब दिया जाता है तथा सप्लाई काट दी जाती है, तथा दोनों सिरों पर लगी धातु तथा स्लैग (slag) चिंगारियों के रूप में छिटक कर बाहर निकल जाती है तथा शुद्ध धातुयें परस्पर जुड़ जाती हैं। चित्र 4.2 में यह विधि दिखाई गयी है। पिघली हुई धातु का निष्कासन न्यूनतम हो, इसके लिये 1 से 20 वोल्ट की निम्न वोल्टता प्रयोग की जाती है। कुछ धातुयें जैसे जस्ता (zinc), सीसा (lead), ऐन्टीमनी (antimony), विस्मथ (bismuth) तथा इनकी मिश्र धातुओं को छोड़कर प्रायः सभी धातुओं की छड़ों, ट्यूबों तथा तारों को इस विधि द्वारा जोड़ा जा सकता है।



चित्र 4.2 चमक टक्कर वेल्डन (Flash butt welding)

स्थूल टक्कर वेल्डन (Upset or Simple butt welding) **की अपेक्षा चमक टक्कर** (Flash butt welding) **के निम्न प्रमुख लाभ हैं**—

(i) शक्ति व्यय कम होता है।

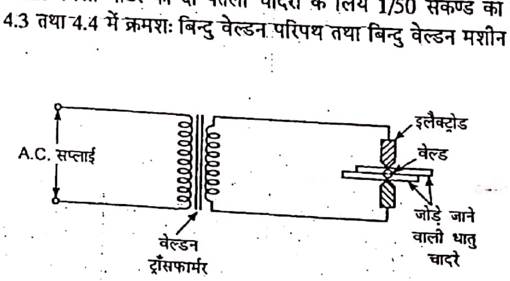
(ii) वेल्डन में कम समय लगता है।

(iii) चूँकि चमक (flash) के कारण जुड़ने वाली सतह पर धातु मैल छिटककर या जलकर बाहर जा गिरता है, इसलिये वेल्ड स्वच्छ तथा शुद्ध बनता है।

(iv) इस विधि में जोड़ दृढ़ बनते हैं।

(ii) स्पॉट या बिन्दु वेल्डन (Spot Welding)

धातु चादरों (sheet metals) को जोड़ने के लिये स्पॉट या बिन्दु वेल्डन का प्रयोग किया जाता है। इस प्रकार के जोड़ केवल यान्त्रिक सामर्थ्य प्रदान करते हैं तथा जल सह या वायुरोधक नहीं होते। इस विधि में जोड़ी जाने वाली धातु चादरों को एक के ऊपर एक इलैक्ट्रोड के मध्य रखा जाता है तथा धारा प्रवाह के पश्चात् चल इलैक्ट्रोड द्वारा यान्त्रिक दाब दिया जाता है, जिससे दोनों धातु चादरों के मध्य धारा प्रवाह तथा सम्पर्क प्रतिरोध के कारण अधिक ताप (heat) ($H = I^2Rt$) उत्पन्न होता है जिससे दोनों चादरें सम्पर्क बिन्दु पर पिघल कर जुड़ जाती हैं। इस विधि में इलैक्ट्रोडों के मध्य 5000 ऐम्पियर तक धारा तथा 2 वोल्ट से कम की वोल्टता उपयुक्त रहती है, जिसे उपयुक्त ट्रांसफार्मर द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। धारा प्रवाह का समय धातु चादर की मोटाई तथा उसके प्रारूप पर निर्भर करता है। 0.25 मिली मीटर की दो पतली चादरों के लिये 1/50 सेकण्ड का समय काफी है। चित्र 4.3 तथा 4.4 में क्रमशः बिन्दु वेल्डन परिपथ तथा बिन्दु वेल्डन मशीन को दिखाया गया है।



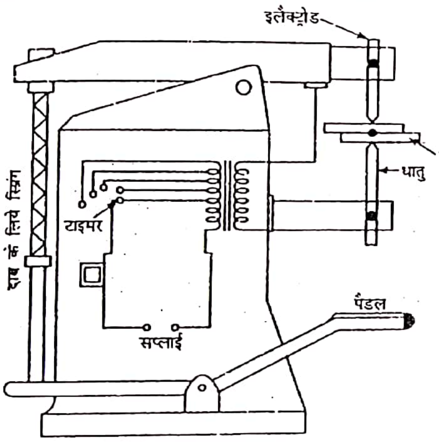
चित्र 4.3 बिन्दु वेल्डन परिपथ

उपयोग—आजकल रिवेटन के स्थान पर बिन्दु वेल्डन का प्रयोग बढ़ता जा रहा है तथा इस विधि का प्रयोग कारों, स्कूटरों इत्यादि के ढाँचे बनाने में किया जाता है। इस विधि का प्रयोग 1.25 मिली मीटर मोटी धातु चादरों में चढ़ाव जोड़ (lap weld) करने में भी किया जाता है।

Scanned by CamScanner

(iii) सीवन वेल्डन (Seam Welding)

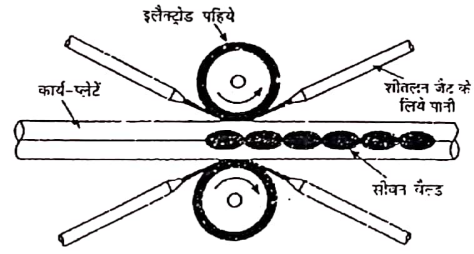
जहाँ एक के ऊपर एक रखी दो धातु चादरों को सतत जोड़ने की आवश्यकता हो जैसे टैंकों (tanks) इत्यादि के बनाने में, वहाँ सीवन वेल्ड की जाती है। सीवन वेल्डन बिन्दु वेल्डन का सुधरा हुआ रूप है, इसमें बिन्दु वेल्डन (spot welding) के इलैक्ट्रोडों के स्थान पर दो चल पहिये (revolving wheels) लगे रहते हैं जो कि कार्य वस्तु के ऊपर-नीचे यान्त्रिक दाब (pressure) देते हुये चलते हैं जैसा कि चित्र 4.5 में दिखाया गया है।



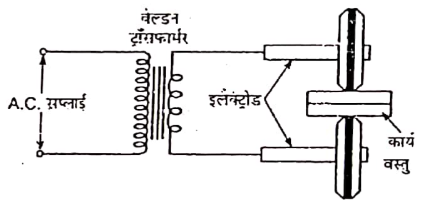
चित्र 4.4 बिन्दु या स्पाट वेल्डन मशीन (Spot welding machine)

व्यावहारिक रूप में सतत वेल्डन (continuous welding) करना सन्तोषजनक नहीं रहता क्योंकि सतत रूप में धारा प्रवाहित होने से वेल्डन में प्रगति के साथ-साथ, ताप (heat) धीरे-धीरे बढ़ता रहता है, जिससे कार्य-वस्तु जलने (burning) तथा लिपटने (wraping) लगती है। इस कमी को दूर करने के लिये धारा को रुक-रुक करके प्रवाहित किया जाता है, ताकि सीवन वेल्ड एक के ऊपर एक बिन्दु वेल्ड (over lapping spot welds) की श्रेणी का हो। इस प्रकार प्रति सेमी में बिन्दुओं की संख्या 3 से 4 तक होती है। यदि कार्य वस्तु एक मिनट में 5 मीटर प्रति मिनट की गति से आगे बढ़े तो धारा में प्रति मिनट 1000 से 1800 बार तक अवरोध (interruption) होगा।

अधिक स्पष्ट करने के लिये हम कह सकते हैं कि जैसे ही जोड़े जाने वाली धातु चादरों को मिलाकर तथा चल पहियों के मध्य दबाकर आगे की ओर बढ़ाया जायेगा, उसी क्षण धारा में अवरोध (interruption) उत्पन्न कर दिया जाता है। इस प्रकार से प्राप्त वेल्ड को उसके ऊपर पानी छिड़क कर शीतलित किया जा सकता है, जैसा कि चित्र 4.5 (अ) में दिखाया गया है। इससे अगला वेल्डन बिन्दु ऐसा होना चाहिए ताकि वह पहले वेल्ड के ऊपर आये जैसा कि चित्र 4.5 (अ) में दिखाया गया है। सीवन वेल्डन का बहुत महत्व है क्योंकि इससे



चित्र 4.5 (अ) सीवन वेल्डन की विधि (Seam welding method)



चित्र 4.5 (ब) सीवन वेल्डन का विद्युत परिपथ

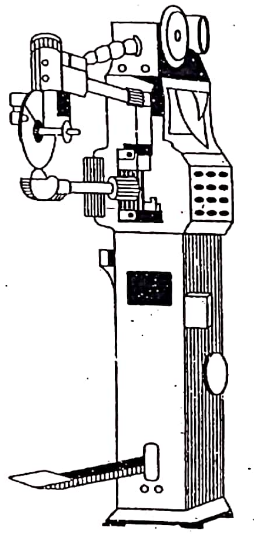
उपयोग—सीवन वेल्डन का प्रयोग विभिन्न प्रकार के जलरोधी, भापरोधी, वायुरोधी तथा गैसरोधी टैंकों के बनाने में किया जाता है, जैसे कि ट्राँसफार्मर के टैंक, फ्रिज (fridge), हवाई जहाज के टैंक, गैसीलोन टैंक तथा विभिन्न प्रकार के डिब्बों को बन्द करने इत्यादि में। यह बिन्दु वेल्डन की अपेक्षा अधिक सुदृढ़ तथा टिकाऊ है तथा इससे चढ़ाव तथा टक्करों, दोनों प्रकार के जोड़ों को जोड़ा जा सकता है।

(iv) उभार या प्रक्षेप वेल्डन (Projection Welding)

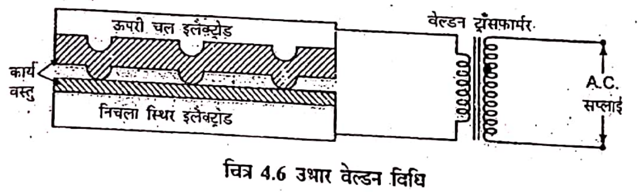
प्रक्षेप वेल्डन वास्तव में बिन्दु वेल्डन (spot welding) का सुधरा रूप है। बिन्दु वेल्डन की भाँति ही इसमें भी धारा तथा यान्त्रिक दाब प्रयुक्त किया जाता है, अन्तर केवल इतना है कि प्रक्षेप वेल्डन में किये जाने वाले दो भागों या एक भाग में यान्त्रिक विधि द्वारा उभार या प्रक्षेप दिये जाते हैं। व्यवहारिक रूप से प्रक्षेप वेल्डन, पंचिंग (punching) या पूर्व आकृति (fromed) या स्टैम्पड (stamped) भागों पर किया जाता है, जहाँ उभार (projection) पहले से स्वतः उपस्थित होते हैं। जब दो विभिन्न अनुप्रस्थ क्षेत्र (cross section) की प्लेटों को इस विधि द्वारा जोड़ना हो तो अच्छी सामर्थ्य प्राप्त करने के लिये मोटी प्लेट पर उभार दिये जाने चाहियें।

Scanned by CamScanner

यदि दो विभिन्न धातु-प्लेटों को जोड़ना हो तो उच्च चालकता वाली धातु पर उभार दिये जाने चाहियें।

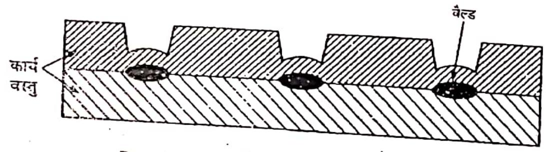


चित्र 4.5 (स) सीवन वेल्डन मशीन



चित्र 4.6 उभार वेल्डन विधि

दो प्लेटों के जिन बिन्दुओं पर वेल्डन करना होता है, उनमें से एक प्लेट या दोनों प्लेटों के उन बिन्दुओं को यान्त्रिक विधि द्वारा उभार लिया जाता है तथा उन्हें एक दूसरे के ऊपर चित्रानुसार (4.6) रख दिया जाता है। इस प्रकार दोनों प्लेटों का परस्पर सम्पर्क केवल उभार बिन्दुओं पर होगा। वेल्डन करते समय इलैक्ट्रोडों में धारा प्रवाह करने पर केवल उभार बिन्दु पिघलते हैं तथा यांत्रिक दाब से उभार बिन्दु दबकर वेल्ड हो जाते हैं जैसा कि चित्र 4.7 में दिखाया गया है। इस विधि में अनेक बिन्दु (spot) एक साथ वेल्ड हो जाते हैं।



चित्र 4.7 उभार वेल्डन द्वारा बना जोड़

बिन्दु वेल्डन की अपेक्षा उभार वेल्डन के निम्न लाभ हैं—

1. उभार, वेल्डन विधि को सरल बना देते हैं।

2. कुछ भागों को उभार वेल्डन द्वारा सरलता से वेल्ड किया जा सकता है, जबकि उनको बिन्दु वेल्डन द्वारा वेल्ड करना सम्भव नहीं होता है।

3. नई वेल्डन बिन्दुओं को उभार वेल्डन द्वारा एक ही बार में वेल्ड करना सम्भव है, जबकि बिन्दु वेल्डन में सम्भव नहीं है।

4. उभार वेल्डन में प्रयुक्त इलैक्ट्रोड चपटे होते हैं, जिससे उभार के ऊपर सम्पर्क क्षेत्र काफी रहता है।

5. इस विधि में इलैक्ट्रोडों का अनुरक्षण तथा विभिन्न भागों का एक रेखन (alignment) करना सरल होता है।

§ 4.3. आर्क वेल्डन (Arc Welding)

इस विधि में किसी यान्त्रिक दाव की आवश्यकता नहीं पड़ती। इस विधि में इलेक्ट्रोड तथा धातु के मध्य आर्क उत्पन्न किया जाता है तथा आर्क की गर्मी से धातु पिघल जाती है।

प्रायः आर्क वेल्डन में 3500°C तक के तापमान की आवश्यकता होती है। इस तापमान पर धातुओं के गलन में किसी यान्त्रिक दाव की आवश्यकता नहीं रहती। आर्क, ऋणात्मक प्रतिरोध अभिलक्षण रखता है, अर्थात् धारा बढ़ने से आर्क प्रतिरोध घटता है। प्रतिरोध घटने से धारा बढ़ती है। जिससे आर्क स्थिर नहीं रह पाता। यदि धारा बढ़ाने के साथ वोल्टता तेजी के साथ घटे तो धारा को और अधिक बढ़ने से रोका जा सकता है।

Scanned by CamScanner

प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) तथा दिष्ट धारा (D.C.) दोनों आर्क वेल्डन में प्रयोग की जा सकती हैं। आर्क उत्पन्न करने के लिये प्रत्यावर्ती धारा सप्लाई के 70 वोल्ट से 100 वोल्ट तक तथा दिष्ट धारा सप्लाई के 50 वोल्ट से 60 वोल्ट तक तथा धारा 30 से 600 ऐम्पियर तक हो सकती है। एक बार आर्क उत्पन्न हो जाने पर उसको बनाये रखने के लिये 20 वोल्ट से 30 वोल्ट तक काफी होते हैं।

विद्युत आर्क वेल्डन का प्रयोग धातु भागों को जोड़ने, ढली वस्तुओं की टूट-फूट की मरम्मत में तथा घिसे हुये भागों में नयी धातु के निक्षेपण द्वारा भरने इत्यादि में किया जाता है—

विद्युत आर्क वेल्डन को पुनः निम्न चार भागों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

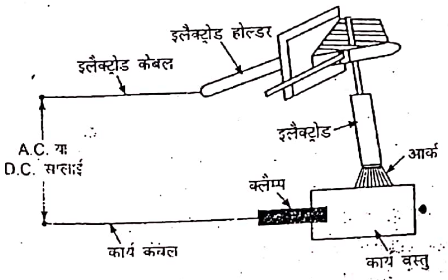
(i) धातु आर्क वेल्डन (Metal arc welding)

(ii) कार्बन आर्क वेल्डन (Carbon arc welding)

(iii) हीलियम या आर्गन आर्क वेल्डन (Helium or Argon arc welding) तथा

(iv) परमाणु हाइड्रोजन आर्क वेल्डन (Atomic hydrogen arc welding)।

(i) धातु आर्क वेल्डन (Metal arc welding)—धातु आर्क वेल्डन में वैल्ड की जाने वाली धातु की धातु का इलैक्ट्रोड प्रयोग किया जाता है। यह इलैक्ट्रोड फिल्टर (filter) का भी कार्य करता है, अर्थात् वैल्ड किये जाने वाले प्वाइन्ट पर पिघली धातु प्रयुक्त करता है। वेल्डन करते समय विद्युत सप्लाई का एक सिरा वैल्ड की जाने वाली वस्तु से तथा दूसरा सिरा इलैक्ट्रोड से संयोजित होता है जैसा कि चित्र 4.8 में दिखाया गया है। धारा इलैक्ट्रोड के द्वारा आर्क से होती हुई वेल्ड की जाने वाली वस्तु में प्रवाहित होती है तथा भू-संयोजन के द्वारा सप्लाई को वापस पहुँचाती है। आर्क के उच्च-तापमान के कारण धातु तथा इलैक्ट्रोड के सिरे पिघल जाते हैं, इलैक्ट्रोड को हटा लिया जाता है तो धातु ठण्डी होकर जम (solidifies) जाती है। अच्छे वेल्डन के लिये सही वोल्टता की बिना-अवरोध की धारा (uninterrupted supply of current) आवश्यक है।



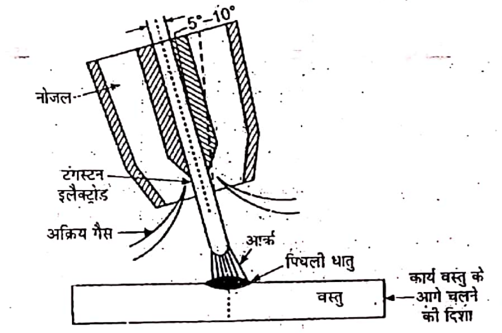
चित्र 4.8 धातु आर्क वेल्डन (Metal arc welding)

धातु आर्क वेल्डन के लिये A.C. तथा D.C. दोनों प्रकार की विद्युत सप्लाई प्रयोग की जा सकती है। दिष्ट धारा के लिये 50 से 60 वोल्ट तथा प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) के लिये 70–100 वोल्ट की सप्लाई प्रयोग की जा सकती है।

धातु आर्क वेल्डन में लेपित (coated) तथा अलेपित नंगे, दोनों प्रकार के इलैक्ट्रोडों का प्रयोग किया जा सकता है। लेपित इलैक्ट्रोडों पर गलक (flux) का लेप चढ़ा रहता है, परन्तु अलेपित या नंगे इलैक्ट्रोडों की बाहरी सतह का ऑक्सीकरण होने के कारण, इनका प्रयोग बहुत कम किया जाता है।

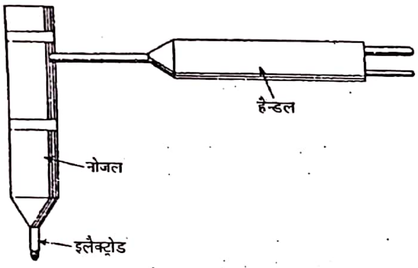
(ii) कार्बन आर्क वेल्डन (Carbon arc welding)—इस विधि में केवल दिष्ट धारा सप्लाई ही प्रयोग की जाती है, क्योंकि A.C. सप्लाई में स्थिर ध्रुवता प्राप्त नहीं की जा सकती। कार्बन आर्क वेल्डन में कार्बन या ग्रेफाइट की एक छड़ ऋणात्मक इलैक्ट्रोड (negative electrode) के रूप में प्रयोग की जाती है तथा वैल्ड की जाने वाली वस्तु धनात्मक इलैक्ट्रोड (positive electrode) का कार्य करती है, ताकि कार्बन का वाष्पीकरण रोका जा सके। आर्क द्वारा उत्पन्न ताप द्रवित गाढ़ा (molton pool) बनता है तथा वैल्ड बनाने के लिये अतिरिक्त धातु फिल्लर छड़ (filler rod) द्वारा प्रयुक्त की जाती है। फिल्लर छड़ पिघलने वाली धातु (molten metal) के समान धातु की होती है। कार्बन वेल्डन की दो विधियाँ हैं, प्रथम विधि में कोई गलक (flux) प्रयोग नहीं किया जाता तथा दूसरी विधि में वैल्ड को ऑक्सीकरण से बचाने के लिये पाउडर या लुंगदी (paste) के रूप में गलक (flux) प्रयोग किया जाता है। प्रथम विधि अलोहीय (non-ferrous) धातुओं के वेल्डन में प्रयोग की जाती है तथा दूसरी विधि लोहीय (ferrous) धातुओं के वेल्डन में प्रयोग की जाती है। यह विधि ताम्र (copper) तथा उसकी मिश्र धातुओं के वेल्डन में भी प्रयोग की जाती है।

(iii) हीलियम या आर्गन आर्क वेल्डन (Helium or Argon arc welding)—इस विधि में टंगस्टन का इलैक्ट्रोड तथा कोई अक्रिय गैस (हीलियम या आर्गन) का प्रयोग किया जाता है। फिलिंग के लिये अलग से फिल्लर रोड प्रयोग की जाती है। इस विधि के लिये A.C. तथा D.C. दोनों प्रकार की सप्लाई प्रयोग की जा सकती है। चित्र 4.9 (अ) में अक्रीय



चित्र 4.9 (अ) अक्रीय वेल्डन

Scanned by CamScanner



चित्र 4.9 (ब) प्रक्रिय आर्क वेल्डन में प्रयुक्त होल्डर

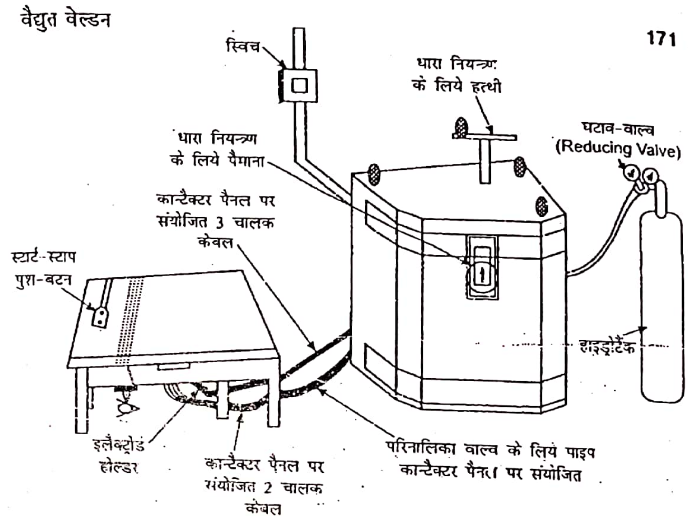
आर्क वेल्डन विधि दिखाई गई है। टंगस्टन इलैक्ट्रोड को एक नोजल (nozzle) में रखा जाता है जैसा कि चित्र 4.9 (ब) में दिखाया गया है। जिसमें से हीलियम या आर्गन गैस गुजरती है जो आर्क को ढक लेती है तथा इस प्रकार वायुमण्डलीय गैसों का पिघली धातु पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता। आर्क अपने ताप से वेल्ड होने वाली वस्तु को गर्म करके पिघला देता है तथा आवश्यक फिल्लर एक पृथक् इलैक्ट्रोड द्वारा प्रदान किया जाता है। अक्रिय आर्क वेल्डन में प्रयोग किये जाने वाले इलैक्ट्रोड सतत तार के होते हैं जिन्हें बार-बार बदलने की आवश्यकता नहीं होती। यह विधि ऐल्यूमिनियम, मैग्नीशियम तथा इनकी मिश्र धातुओं तथा स्टैनलैस स्टील (stainless steel) इत्यादि के वेल्डन में प्रयोग की जाती है।

इस विधि के निम्न लाभ हैं—

(अ) चूँकि धातु (molten metal) के पास का वायुमण्डलीय अक्रिय होता है, इसलिये वायु द्रवित धातु के सम्पर्क में नहीं आती जिससे इस विधि में किसी प्रकार के गलन (flux) की आवश्यकता नहीं पड़ती।

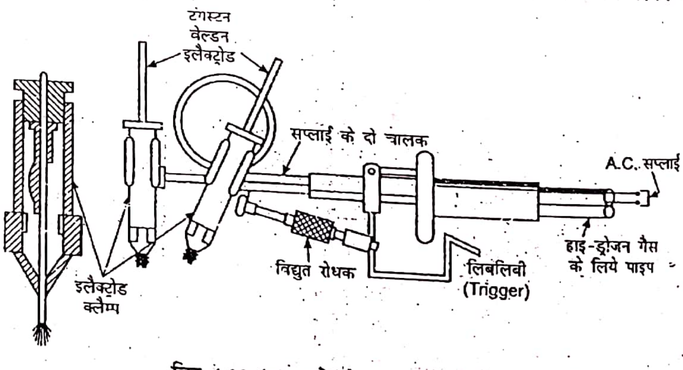
(ब) इस विधि में ताप को संकेन्द्रित करना सम्भव है इसलिये इस प्रकार के वेल्डन में विकार (distortion) न्यूनतम होता है।

(iv) परमाणु हाइड्रोजन आर्क वेल्डन (Atomic hydrogen arc welding)—इस विधि में टंगस्टन के दो इलैक्ट्रोड प्रयोग किये जाते हैं। इन इलैक्ट्रोडों का प्रत्या० धारा (A.C.) सप्लाई में संयोजित करके हाइड्रोजन वातावरण में रखा जाता है। इलैक्ट्रोडों के समान रूप से खर्च होने के लिये प्रत्या० धारा का प्रयोग अनिवार्य है। इलैक्ट्रोडों के मध्य आर्क बनने पर हाइड्रोजन गैस के अणु (molecules) गर्म होकर परमाणु रूप में विघटित (combine) हो जाते हैं, तथा इस प्रकार ताप छोड़ते हैं। इस प्रकार हाइड्रोजन परमाणुओं द्वारा छोड़ा गया ताप तथा आर्क ताप मिलकर लगभग 4000°C तापमान उत्पन्न करते हैं जोकि वैल्ड को गलाने के लिये प्रयोग किया जाता है। वैल्ड को भरने के लिये समान धातु का फिल्लर प्रयोग किया जाता है।



चित्र 4.10 (अ) परमाणु हाइड्रोजन आर्क वेल्डन का प्रबन्ध

परमाणु हाइड्रोजन आर्क वेल्डन के पूर्ण प्रबन्ध को चित्र 4.10 (अ) में दिखाया गया है जिसमें हाइड्रोजन सिलिण्डर, धारा आयाम को समंजन करने का उपकरण, इलैक्ट्रोड तथा कार्यकारी टेबल इत्यादि हैं। चित्र 4.10 (ब) में इलैक्ट्रोड का परिवर्धित रूप दिखाया गया है। इस विधि में हाइड्रोजन शील्ड (shield) के रूप में कार्य करती है तथा ऑक्सीजन या नाइट्रोजन, पिघली हुई धातु के साथ सम्पर्क बनाने में प्रयुक्त होती है। यह विधि कार्बन



चित्र 4.10 (ब) इलेक्ट्रोड का परिवर्धित रूप

Scanned by CamScanner

इस्पात (carbon steel), स्टेनलैस स्टील (stainless steel), स्टील मिश्र धातुओं (steel alloys) तथा ऐल्यूमिनियम धातुओं के वेल्डन में प्रयुक्त की जाती है।

इस विधि के निम्न मुख्य लाभ हैं—

(i) इस विधि में केवल एक फेजी प्रत्या० धारा प्रयोग की जाती है।

(ii) इस विधि द्वारा समरूप, दृढ़ तथा चिकने जोड़ बनते हैं।

(iii) इसमें वैल्ड की जाने वाली वस्तु का विद्युत धारा से सम्पर्क नहीं होता है।

(iv) इसमें उच्च गलनांक वाली धातुओं का वेल्डन सम्भव है, क्योंकि इसमें 4000°C तक तापमान उत्पन्न हो सकता है।

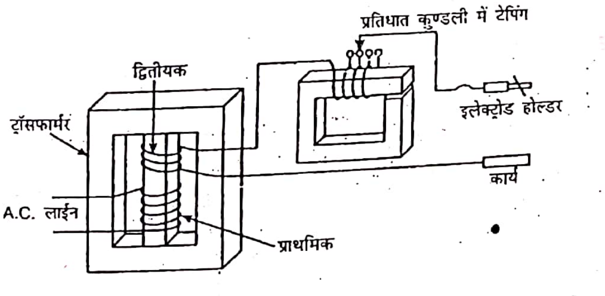
(v) इससे स्वच्छ तथा शुद्ध धातु का वैल्ड बनता है।

§ 4.4. विद्युत वेल्डन उपकरण (Electric Welding Equipment)

विद्युत वेल्डन के लिये A.C. तथा D.C. दोनों प्रकार की सप्लाई प्रयोग की जाती हैं। A.C. के लिये वेल्डन ट्रॉंसफार्मर प्रयोग किये जाते हैं जबकि दिष्ट धारा (D.C.) के लिये मोटर जनित्र सैट प्रयोग किये जाते हैं, जिनका संक्षेप में वर्णन नीचे किया गया है।

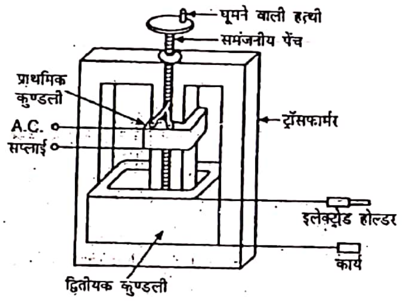
§ 4.5. वेल्डन ट्रॉंसफार्मर (Welding Transformer)

वेल्डन ट्रॉंसफार्मर, अवक्रम प्ररूपी, ट्रॉंसफार्मर (Step down transformer) है, जो प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) पर वेल्डन करने में प्रयोग किये जाते हैं। वेल्डन ट्रॉंसफार्मर सामान्यतः 220–440 वोल्ट की सप्लाई की निर्बल धारा को 80 से 110 वोल्ट की उच्च धारा में परिवर्तित करते हैं। ट्रॉंसफार्मर की द्वितीय निर्गत धारा (secondary output current) का नियन्त्रण, टेपिंग स्विचों, प्लगों (plugs) या फिर लगातार घूमने वाले स्विचों द्वारा किया

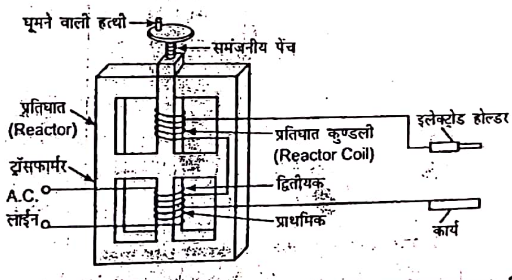


चित्र 4.11 (अ) स्थिर वोल्टता वेल्डन ट्रॉंसफार्मर प्रतिघात कुण्डली में टेपिंग सहित (Constant voltage welding transformer with tapped reactor coil)

जा सकता है। जिससे आवश्यकता अनुसार भिन्न-भिन्न मान की धारायें प्राप्त की जा सकती हैं। उच्च धारा से आर्क को बनाये रखने के लिये, ट्रॉंसफार्मर में निम्न शक्ति गुणक रखा जाता है जिससे वोल्टता तथा धारा में फेज कोण (phase angle) प्राप्त हो सके। यह फैज कोण प्रेरणिक प्रतिघात (inductive reactance) द्वारा प्राप्त होता है। प्रेरणिक प्रतिघात बदलने से द्वितीयक निर्गत धारा के विभिन्न मान प्राप्त कर सकते हैं। रोटरी स्विचों का प्रयोग करके धारा के विभिन्न मान प्राप्त किये जा सकते हैं। रोटरी स्विचों के स्थान पर प्रतिघात कुण्डली में लोह क्रोड (iron core) को ऊपर नीचे सरका कर निर्गत धारा में विभिन्न मान प्राप्त किये जा सकते हैं। आजकल सबसे सरल उपाय ट्रॉंसफार्मर मशीन के सम्मुख लगे विभिन्न प्लगों में इलेक्ट्रोड लीड डालकर निर्गत धारा से विभिन्न मान प्राप्त कर सकते हैं।

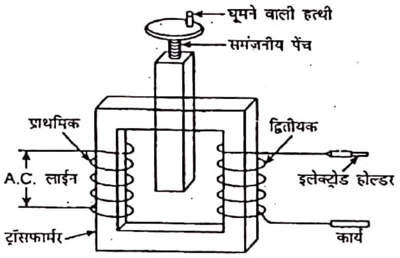


चित्र 4.11 (ब) स्थिर वोल्टता वेल्डिंग ट्रॉंसफार्मर, चुम्बकीय समंजनीय प्रतिघात सहित (Constant voltage welding transformer with magnetically adjustable reactor)



चित्र 4.11 (स) स्थिर धारा वेल्डिंग ट्रॉंसफार्मर, समंजनीय कुण्डली अन्तराल सहित (Constant current welding transformer with adjustable spacing)

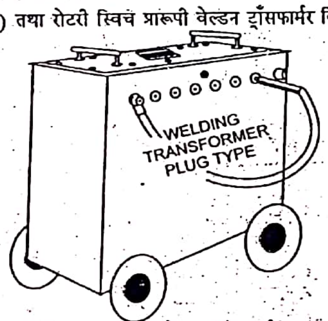
Scanned by CamScanner



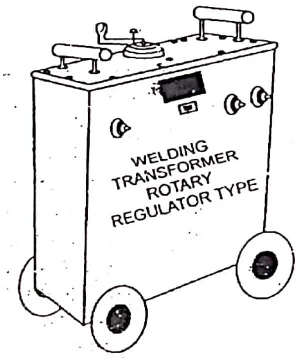
चित्र 4.11 (द) स्थिर धारा वेल्डिंग ट्रांसफार्मर चुम्बकीय क्षरण सहित

चित्र 4.11 में विभिन्न प्रकार के वेल्डन ट्राँसफार्मरों के परिपथ आरेख दिखाये गये हैं जिनमें द्वितीयक निर्गत धारा के विभिन्न मान प्राप्त करने की अलग-अलग विधियाँ अपनायी गयी हैं। प्रायः सभी वेल्डिंग ट्राँसफार्मरों को एक टैंक में रखकर उसमें ट्राँसफार्मर तेल (transformer oil) भर दिया जाता है ताकि वे कार्य करते समय स्वतः ही ठण्डे होते रहें।

वेल्डन ट्राँसफार्मर एक-फेज तथा दो-फेज या तीन-फेज तीनों ही प्रयोग में लाये जाते हैं। वेल्डन ट्राँसफार्मर अन्य वेल्डन सैटों की अपेक्षा संरचना में सरल, सस्ते तथा टिकाऊ होते हैं। चूँकि सैटों में कोई चल भाग नहीं होता, इसलिये इन पर रख-रखाव में बहुत कम खर्च आता है। चित्र 4.12 (अ) तथा (ब) में क्रमशः प्लग प्रारूपी वेल्डन ट्राँसफार्मर (plug type welding transformer) तथा रोटरी स्विच प्रारूपी वेल्डन ट्राँसफार्मर दिखाये गये हैं।



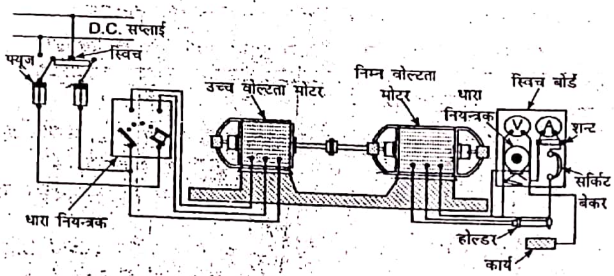
चित्र 4.12 (अ) वेल्डन ट्राँसफार्मर प्लग प्ररूपी



चित्र 4.12 (ब) वेल्डन ट्रांसफार्मर स्विच प्ररूपी

§ 4.6. दिष्ट धारा वेल्डन जनित्र
(D.C. Welding Generator)

चित्र 4.13 में एक दिष्टधारा वेल्डन जनित्र उपकरण दिखाया गया है। इसमें एक निम्न वोल्टता दिष्ट जनित्र होता है जिसे उच्च वोल्टता की दिष्ट धारा मोटर से चलाया जाता है जैसा कि चित्र 4.13 में दिखाया गया है। जनित्र की सहायता से निम्न वोल्टता तथा उच्च धारा उत्पन्न की जाती है तथा वेल्डन धारा को धारा नियन्त्रक की सहायता से परिवर्तित किया जा सकता है। उन स्थानों पर जहाँ दिष्टधारा उपलब्ध न हो, वहाँ दिष्टधारा जनित्र को प्रत्यावर्ती धारा मोटर द्वारा भी चलाया जा सकता है।



चित्र 4.13 दिष्ट धारा आर्क वेल्डन जनित्र उपकरण
(D.C. arc Welding generator equipment)

Scanned by CamScanner

§ 4.7. प्रत्यावर्ती धारा तथा दिष्ट धारा वेल्डन की तुलनात्मक तालिका (Comparison between A.C. and D.C. Welding)

क्रम संख्या	प्रत्या० धारा वेल्डन (A.C. Welding)	दिष्ट धारा वेल्डन (D.C. Welding)
1.	प्रत्या० धारा सप्लाई होने पर केवल ट्राँसफार्मर की आवश्यकता होती है जिसमें आवश्यकतानुसार निम्न वोल्टता (80 से 100 वोल्ट) प्राप्त की जा सकती है तथा आर्क बनाये रखने के लिये 30 से 40 वोल्ट काफी रहता है।	दिष्टधारा सप्लाई पर वेल्डन करने के लिये विशेष मोटर जनित्र सेट की आवश्यकता पड़ती है जिससे 60 से 80 वोल्ट तक की निम्न वोल्टता प्राप्त की जा सकती है तथा आर्क बनाये रखने के लिये 15 से 25 वोल्ट काफी रहता है।
2.	ट्राँसफार्मर द्वारा उच्च दक्षता प्राप्त होती है।	मोटर जनित्र की दक्षता अपेक्षाकृत निम्न होती है।
3.	प्रत्या० धारा वेल्डन में दिष्ट धारा की अपेक्षा समरूप ताप प्राप्त नहीं होता क्योंकि प्रत्येक चक्र में शून्य स्थिति से दो बार धारा गुजरती है।	समरूप ताप प्राप्त होता है।
4.	धारा रुक-रुक कर चाहिये तथा ऊर्जा व्यय कम होता है।	मोटर जनित्र सैट को सतत चलाना पड़ता है, जबकि वेल्डन रुक-रुक कर करना होता है। जिसमें ऊर्जा व्यय बढ़ जाता है।
5.	वेल्डन ट्राँसफार्मर सस्ता पड़ता है।	मोटर जनित्र सैट महंगा पड़ता है।
6.	अनुरक्षण व्यय बहुत कम है।	अनुरक्षण व्यय अधिक होता है।
7.	ध्रुवता स्थायी नहीं होती।	ध्रुवता स्थायी होती है।

§ 4.8. प्रतिरोध वेल्डन तथा आर्क वेल्डन की तुलनात्मक तालिका (Comparison between Resistance and Arc Welding)

क्रम संख्या	प्रतिरोध वेल्डन	आर्क वेल्डन
1.	धारा प्रवाह तथा सम्पर्क प्रतिरोध के कारण ताप उत्पन्न होता है।	इलेक्ट्रोड तथा कार्य (work) के मध्य आर्क बनने के कारण ताप उत्पन्न होता है।
2.	बाह्य यान्त्रिक दाब की आवश्यकता होती है।	बाह्य यान्त्रिक दाब की आवश्यकता नहीं होती।
3.	प्राय: प्रत्या० धारा सप्लाई प्रयोग की जाती है।	प्रत्या० धारा (A.C.) तथा दिष्टधारा (D.C.) दोनों का प्रयोग किया जा सकता है।
4.	आर्क वेल्डन की अपेक्षा कम ताप उत्पन्न होता है।	अधिक ताप उत्पन्न होता है।
5.	निम्न वोल्टता की आवश्यकता पड़ती है।	उच्च प्रहार वोल्टता (striking voltage) की आवश्यकता पड़ती है, जिसमें वोल्टता नियन्त्रण आवश्यक है।
6.	इसमें वेल्डन के लिये फिल्लर की आवश्यकता नहीं पड़ती है।	फिल्लर की आवश्यकता पड़ती है।
7.	नियन्त्रण अपेक्षाकृत कठिन है।	नियन्त्रण अपेक्षाकृत सरल है।
8.	शक्ति गुणक बहुत निम्न होता है।	शक्ति गुणक निम्न होता है।
9.	मरम्मत कार्यों के लिये उपयोगी नहीं है। उच्च उत्पादन (mass production) के लिये अति उत्तम है।	यह मरम्मत कार्यों के लिये उपयोगी है तथा उच्च उत्पादन के लिये उपयोगी नहीं है।
10.	इसमें किसी प्रकार का आर्क उत्पन्न नहीं होता है इसलिये इसमें अधिक सुरक्षा रहती है।	इसमें आर्क उत्पन्न होने से आँखों पर बुरा प्रभाव पड़ता है।

अभ्यास के लिये सैद्धान्तिक प्रश्न

1. आर्क वेल्डन के लिये प्रत्या० धारा तथा दिष्टधारा प्रदाय स्रोतों की तुलना कीजिये।
2. वेल्डन ट्राँसफार्मर साधारण ट्राँसफार्मर से किस प्रकार भिन्न है?
3. फ्लैश बट वेल्डन, साधारण बट वेल्डन की अपेक्षा क्यों श्रेष्ठ होती है?
4. आर्क वेल्डन के लिए प्रत्या० धारा तथा दिष्ट धारा स्रोतों की तुलना कीजिये। आर्क को स्थिर रखने के लिये वोल्टता के (droping) अभिलक्षण की क्यों आवश्यकता होती है?
5. निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणियाँ लिखिये—
   (अ) वैद्युत प्रतिरोध वेल्डन।
   (ब) वैद्युत आर्क वेल्डन।
6. आर्क भट्टी के प्रचालन को समझाइये।
7. वैद्युत वेल्डन की परिभाषा दीजिये, वैद्युत वेल्डन आजकल क्यों लोकप्रिय है?
8. वैद्युत आर्क वेल्डन में निम्न वोल्टता तथा उच्च धारा क्यों प्रयोग की जाती है?
9. वेल्डन ट्राँसफार्मर किस सिद्धान्त पर कार्य करता है? किसी एक ट्राँसफार्मर का सचित्र वर्णन कीजिए।
10. प्रतिरोध वेल्डन तथा आर्क वेल्डन की तुलना कीजिए।
11. सीवन वेल्डन तथा आर्क वेल्डन की तुलना कीजिए।
12. वैद्युत प्रतिरोध तथा आर्क वेल्डन के गुणों एवं दोषों का विवेचन कीजिये। प्रत्येक के अनुप्रयोग लिखिये।
13. आर्क वेल्डन पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।

Scanned by CamScanner

14. विभिन्न प्रकार के प्रतिरोध वेल्डन के नाम लिखिये। उनके सिद्धान्तों का वर्णन कीजिए तथा अनुप्रयोग लिखिये।
15. वैद्युत आर्क वेल्डन एवं प्रतिरोध वेल्डन में क्या मूल अन्तर है? वैद्युत आर्क वेल्डन को विस्तार से समझाइये। वैद्युत आर्क वेल्डन के लिए किस प्रकार की सप्लाई की आवश्यकता होती है?
16. क्या कारण है कि—
    (i) वैद्युत वेल्डन उच्च धारा तथा निम्न वोल्टता पर होता है?
    (ii) वैद्युत वेल्डन के लिए उच्च धारा क्यों आवश्यक है?
    (iii) प्रतिरोध वेल्डन में आर्क वेल्डन की अपेक्षा कम ताप उत्पन्न होता है?
    (iv) प्रतिरोध वेल्डन में प्रत्या० धारा ही प्रयोग की जाती है?
    (v) आर्क वेल्डन में फिलर की आवश्यकता होती है?
17. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये—
    (i) वैद्युत वेल्डन में आर्क उत्पन्न करने के लिये .... से वोल्ट तक की आवश्यकता पड़ती है।
    (ii) प्रतिरोध वेल्डन में शक्ति गुणक बहुत .... होता है।
    (iii) प्रतिरोध वेल्डन में किसी प्रकार का .... उत्पन्न नहीं होता है।
    (iv) प्रतिरोध वेल्डन में .... की आवश्यकता पड़ती है।
    उत्तर—(i) 60 से 100 वोल्ट, (ii) निम्न, (iii) आर्क, (iv) फिल्लर।
18. (क) वैल्डन के विभिन्न प्रकार के नाम बतलाइये तथा उन्हें समझाइये।
    (ख) तीन प्रकार के प्रतिरोध वैल्डन का उल्लेख कीजिये तथा उनके सामान्य उपयोग बताइये।
19. आर्क वेल्डन की प्रक्रिया का वर्णन कीजिये तथा प्रत्यावर्ती धारा तथा दिष्ट धारा आर्क वेल्डनों की तुलना कीजिये।
20. स्पष्ट चित्रों सहित विभिन्न प्रकार के विद्युत प्रतिरोध वेल्डन विधियों को समझाइये तथा आर्क वेल्डन की तुलना में इनके लाभ एवं हानियों का वर्णन कीजिये।

5

वैद्युत-रासायनिक प्रक्रिया
(ELECTRO-CHEMICAL PROCESSES)

§ 5.1. वैद्युत लेपन की आवश्यकता (Need of Electroplating)

आज के युग में वैद्युत लेपन का बहुत महत्व है। वैद्युत लेपन प्रक्रिया द्वारा एक धातु को दूसरी धातु पर लेपित या विक्षेपित (deposit) किया जाता है, जिसके निम्न मुख्य उपयोग हैं—

(i) धातु का जंग से बचाव (protection against corrosion on metals)।

(ii) धातुओं की सजावट (decoration) के लिये।

(iii) धातुओं के पुनः निर्माण (reconstruction) या धातुओं की मरम्मत एवं अनुरक्षण के लिये।

(iv) निर्माण प्रचालन के मध्य में (as an intermediate manufacturing operation)।

वैद्युत लेपन द्वारा लेपित किये जाने वाली प्रमुख धातुओं में चाँदी, सोना, क्रोमियम (chromium), निकिल, ताँबा तथा जस्ता (zinc) प्रमुख हैं।

§ 5.2. वैद्युत लेपन (Electro-Plating)

लवणों के घोलों में दिष्ट धारा प्रवाहित करने पर धातुओं को उनके लवणों से पृथक किया जा सकता है। लवण से पृथक की गई धातु को किसी अन्य धातु पर पतली परतों में चढ़ाया जा सकता है। इस प्रक्रिया को इलेक्ट्रोप्लेटिंग या वैद्युतलेपन कहते हैं। यही सिद्धान्त कच्ची धातु (Ore) से धातु निष्करण (extraction of metal) तथा धातु परिष्करण (metals refining) में भी प्रयुक्त किया जाता है। जिन विभिन्न विधियों में यह सिद्धान्त प्रयोग किया जा सकता है, उन्हें वैद्युत अपघटनी विधियाँ (electrolytic process) कहते हैं। वैद्युत रसायन से दो प्रकार के वैद्युत चालक प्रयोग किये जाते हैं, (i) धातुयें (metals) तथा (ii) वैद्युत अपघट्य (electrolyte)। वैद्युत लेपन की वैद्युत अपघटनी विधि का अध्ययन करने से पहले वैद्युत अपघट्य का अर्थ जानना आवश्यक है—

वैद्युत अपघट्य (Electrolyte)—वैद्युत अपघट्य सरल अकार्बनिक यौगिक (inorganic compound) होते हैं, जिन्हें जब पानी में घोला जाता है, तो यह आयनीकृत

Scanned by CamScanner

होकर वैद्युत के चालक बन जाते हैं, अर्थात् इन्हें पानी में घोलने पर इनसे वैद्युत प्रवाह होने लगता है। वैद्युत अपघट्य दो प्रकार के होते हैं—

(अ) जिन लवणों में धारा प्रवाहित करने पर, लवण विघटित (decompose) हो जायें तथा धारा प्रवाह होने से पदार्थ का स्थानान्तरण हो, प्रथम श्रेणी में आते हैं—

(i) अम्लों का तनु (dilute) घोल, जैसे गन्धक का अम्ल (H_2SO_4) नाइट्रिक अम्ल (HNO_3), हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl) इत्यादि। उपरोक्त सभी में हाइड्रोजन तथा अम्ल मूलक (radical) हैं।

(ii) अकार्बनिक लवण जैसे मैगनेशियम सल्फेट (एल्सम लवण) $MgSO_4$, सोडियम क्लोराइड NaCl, सिल्वर नाइट्रेट $AgNO_3$, ताम्र सल्फेट $CuSO_4$ इत्यादि। इन सभी में धातु तथा अम्ल मूलक होता है।

(iii) सभी धार (alkalies) विलेय आधार (soluble basis) रखते हैं, जैसे दाहक पोटाश (caustic potash KOH) तथा दाहक सोडा (NaOH)। ये धातुओं के हाइड्रोक्साइड होते हैं।

(ब) इलैक्ट्रॉनिक चालक (Electronic conductor)—ये संगलित (fused) लवण हैं तथा पदार्थ को स्थानान्तरण किये बिना ही धारा प्रवाह होने देते हैं।

§ 5.3. आयनीकरण या आयनी विघटन
(Ionization or Ionic Dissociation)

वैद्युत अपघट्य घोलों में धारा प्रवाहित करने पर पदार्थ का प्रत्येक अणु दो आयनों में विघटित हो जाता है, जिनसे एक ऋण आवेशित (negatively charged) तथा दूसरा धन आवेशित (positively charged) होता है। इस प्रकार जब ताम्र सल्फेट ($CuSO_4$) को पानी में घोला जाता है, तो यह धन ताम्र आयनों (Cu^{++} ions) तथा ऋण सल्फेट आयनों (SO_4^{--}) में विघटित हो जाता है। अब यदि इस घोल में दो इलैक्ट्रोड रखे जायें तथा उनके मध्य एक विभवान्तर (potential difference) स्थापित किया जाये तो ऋण आयन (सल्फेट आयन) धन इलैक्ट्रोड (ऐनोड) की ओर आकर्षित होंगे तथा धन ताम्र आयन ऋण इलैक्ट्रोड (कैथोड) की ओर आकर्षित होंगे। जैसे ही आयन इलैक्ट्रोड के पास पहुँचते हैं वे अपना आवेश छोड़ देते हैं तथा उदासीन अणु बन जाते हैं। इस प्रकार उपरोक्त क्रिया में ताम्र आयन, ताम्र के उदासीन अणु बन जाते हैं जो कि कैथोड पर जमा (deposit) हो जाते हैं, जबकि सल्फेट आयन ऐनोड पर पहुँचने पर सल्फेट (SO_4) के उदासीन अणु बन जाते हैं। बाद की उपरोक्त क्रिया में एक द्वितीयक क्रिया होती है जिसमें सल्फेट (SO_4) पानी के साथ क्रिया करके ऑक्सीजन उत्पन्न करते हैं, जोकि गैस के रूप में निकल जाती है तथा गन्धक का अम्ल भी उत्पन्न होता है जोकि पानी में घुल जाता है या यदि ऐनोड ताम्र का हो तो ऐनोड पर आक्रमण करते हैं तथा अपेक्षाकृत अधिक ताम्र सल्फेट बनता है। इस प्रकार इस विधि में ताम्र, ऐनोड में घुलकर कैथोड पर जमा हो जाता है।

§ 5.4. वैद्युत अपघटनी सिद्धान्त का उपयोग
(Application of Electrolytic)

वैद्युत अपघट्नीय सिद्धान्त के निम्न मुख्य व्यावसायिक उपयोग हैं—

(i) वैद्युत-लेपन तथा वैद्युत-मुद्रण (Electroplating and electrotyping)—इसमें जिस वस्तु पर लेपन (plating) करना होता है, उसे किसी उपयुक्त वैद्युत अपघट्य (electrolytes) में कैथोड के रूप में लगा दिया जाता है तथा जिस धातु को लेपित करना होता है, उसे ऐनोड बना दिया जाता है।

(ii) धातुओं का परिष्करण (Refining of metals)—इसमें अशुद्ध धातु के ऐनोडों को उपयुक्त वैद्युत अपघट्य में रखा जाता है। वैद्युत अपघट्य में दिष्ट धारा प्रवाहित करने पर शुद्ध कैथोड पर जमा हो जाती है।

(iii) कच्ची धातु से धातु निष्करण (Extraction of metals from their ores)—कच्ची धातु को या तो गला (melt) लिया जाता है या तीव्र अम्ल (strong acid) के साथ उपचारित करके परिणामी घोल में दिष्ट धारा प्रवाहित की जाती है जिससे घोल विघटित हो जाता है तथा शुद्ध धातु कैथोड पर जम जाती है।

(iv) रसायनों के निर्माण में (Manufacturing of chemicals)—इसमें किसी यौगिक (compound) के घोल में दिष्ट धारा प्रवाहित की जाती है, जिससे यौगिक अपने घटकों में विघटित हो जाता है, और ऐनोड तथा कैथोड पर युक्त हो जाते हैं तथा जिन्हें एकत्रित किया जा सकता है या मूल घोल (original solution) के साथ द्वितीयक क्रिया करके इच्छित रसायन प्राप्त किया जा सकता है।

§ 5.5. वैद्युत अपघटनी प्रक्रिया सम्बन्धी पदों की परिभाषा
(Definitions of Terms Used in Electrolytic Process)

(अ) इलैक्ट्रोड (Electrode)—ये धातु की प्लेटें होती हैं, जिन्हें वैद्युत अपघट्य (electrolytes) घोल में रखा या डुबाया जाता है तथा इनके द्वारा दिष्ट धारा प्रवाहित की जाती है।

(ब) ऐनोड (Anode)—जिस इलैक्ट्रोड के द्वारा वैद्युत धारा वैद्युत अपघट्य घोल में प्रवेश करती है या जो इलैक्ट्रोड बैट्री या दिष्ट धारा सप्लाई के धनात्मक सिरे से संयोजित होता है, ऐनोड कहलाता है।

(स) कैथोड (Cathode)—जिस इलैक्ट्रोड के द्वारा वैद्युत धारा वैद्युत अपघट्य घोल से बाहर निकलती है या जो इलैक्ट्रोड बैट्री या दिष्ट धारा सप्लाई के ऋणात्मक सिरे से संयोजित होता है कैथोड, कहलाता है।

(द) आयन (Ion)—जब एक परमाणु एक या एक से अधिक इलैक्ट्रॉन को खोता या पाता है, आयन कहलाता है।

Scanned by CamScanner

(क) कैटायन या धनायन (Cation)—जब परमाणु द्वारा एक या एक से अधिक इलेक्ट्रॉन छोड़ा या खोया (lost) जाता है तो यह परमाणु कैटायन कहलाता है। कैटायन धनात्मक आवेशित आयन होता है तथा कैथोड की ओर आकर्षित होता है।

(ख) एनायन या ऋणायन (Anion)—जब परमाणु द्वारा एक या एक से अधिक इलैक्ट्रॉन प्राप्त किया जाता है, तो यह परमाणु एनायन या ऋणात्मक कहलाता है। एनायन ऋणात्मक आवेशित आयन होता है तथा ऐनोड की ओर आकर्षित होता है।

(ग) परमाणु भार (Atomic weight)—किसी तत्व का परमाणु भार, उस तत्व के एक परमाणु भार तथा हाइड्रोजन के एक परमाणु भार का अनुपात होता है।

(घ) संयोजकता (Valency)—संयोजकता किसी तत्व के रासायनिक संयोग करने की क्षमता को प्रदर्शित करती है। किसी तत्व की संयोजकता हाइड्रोजन के परमाणुओं की वह संख्या है, जो उस तत्व के एक परमाणु से संयोग करती है या उससे यौगिक द्वारा रासायनिक क्रिया से हटाई जा सकती है।

(च) रासायनिक तुल्यांक या तुल्यॉंक भार (Chemical equivalent or equivalent weight)—परमाणु भार तथा संयोजकता का अनुपात रासायनिक तुल्यॉंक कहलाता है, अर्थात्

$$\text{रासायनिक तुल्यॉंक} = \frac{\text{परमाणु भार}}{\text{संयोजकता}}$$

या परमाणु भार = रासायनिक तुल्यांक × संयोजकता

(छ) वैद्युत रासायनिक तुल्यॉंक (Electro-chemical equivalent)—तत्व की ग्राम में वह मात्रा जो वैद्युत अपघट्य घोल में एक ऐम्पियर की धारा एक सेकण्ड तक प्रवाहित करने पर मुक्त होती है, वैद्युत रासायनिक तुल्यॉंक कहलाती है। इसकी इकाई ग्राम प्रति कूलम्ब है, जिसे Z अक्षर से प्रदर्शित किया जाता है।

§ 5.6. वैद्युत अपघट्नीय का फैराडे का नियम

(Faraday's Law of Electrolysis Process)

वैद्युत अपघटनी विधि को नियन्त्रित करने वाले नियमों का वैज्ञानिक फैराडे ने आविष्कार किया, जिससे इनका नाम फैराडे नियम पड़ा, जिनका वर्णन नीचे किया गया है।

प्रथम नियम—किसी वैद्युत अपघट्य घोल में इलैक्ट्रोड पर जमा या मुक्त होने वाले पदार्थ की मात्रा (ग्राम में), घोल में प्रवाहित होने वाली वैद्युत धारा की मात्रा (कूलॉम में) के समानुपाती होती है।

यदि Q = वैद्युत की मात्रा = $(I \times t)$ कूलम्ब ...(i)

जहाँ I वह धारा है जो t सेकण्ड में प्रवाहित होती है।

तथा m = ग्राम में पदार्थ की मात्रा जो जमा (deposit) होती है। ...(ii)

तथा $m \propto Q$

$m \propto It$ ...(iii)

या $m = ZIt$ सूत्र ...(iv)

जहाँ Z एक स्थिरॉंक है जिसे वैद्युत रासायनिक तुल्यॉंक कहते हैं, जो पदार्थ पर निर्भर करता है।

द्वितीय नियम—यदि विभिन्न वैद्युत अपघट्य घोलों में से एक ही समय में समान धारा प्रवाहित की जाये तो विभिन्न वैद्युत अपघट्य घोलों द्वारा मुक्त या जमा पदार्थों की मात्रा क्रमशः उन पदार्थों के रासायनिक तुल्यॉंक भार के समानुपाती होती है।

$$\text{रासायनिक तुल्यॉंक या तुल्यॉंक भार} = \frac{\text{परमाणु भार}}{\text{संयोजकता}} = \frac{a}{v} \quad \text{...(v)}$$

जहाँ a परमाणु भार तथा v संयोजकता है।

फैराडे के द्वितीय नियम से हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि समीकरण (iv) में समानुपाती स्थिरॉंक (Z), समीकरण (v) के रासायनिक तुल्यॉंक के समानुपाती है।

$$Z = \frac{m}{It} = \frac{m}{Q} \quad \text{...(vi)}$$

यदि समीकरण (vi) में I तथा t एक (unity) हो, तो

$$Z = m \quad \text{...(vii)}$$

इस प्रकार Z, किसी तत्व की वह मात्रा है जो कि प्रति इकाई वैद्युत की मात्रा द्वारा मुक्त होती है तथा इसे वैद्युत रासायनिक तुल्यॉंक कहते हैं।

तथा $Z \propto \frac{a}{v}$ ...(viii)

या $Z = A\frac{a}{v}$ ...(ix)

जहाँ A एक स्थिरॉंक है तथा ग्राम में मुक्त हाइड्रोजन की मात्रा के बराबर है, जब एक कूलम्ब की वैद्युत धारा वैद्युत अपघट्य घोल से प्रभावित की जाती है तब इसका मान निम्न होता है।

A = 0.00,001,038 ग्राम ...(x)

$Z = 0.00,001,038 \times \frac{a}{v}$ ...(xi)

चाँदी (silver) का परमाणु भार 107.88 तथा संयोजकता 1 होती है।

इस प्रकार $Z = 0.00,001,038 \times \frac{107.88}{1}$

Z = 0.001,118 ग्राम ...(xii)

Scanned by CamScanner

तालिका 5.1 में विभिन्न धातुओं के परमाणु भार संयोजकता, रासायनिक तुल्यांक तथा 100% दक्षता पर प्रति ऐम्पियर घण्टा में जमा पदार्थ की मात्रा (ग्राम में) दिये गये हैं।

§ 5.7. दिये गये धातु की मात्रा को जमा या मुक्त करने के लिये आवश्यक धारा की गणना

(Calculation of current required for depositing or liberating a given mass of metal)

दिये गये धातु की मात्रा को जमा या मुक्त करने के लिये आवश्यक धारा की गणना फैराडे के द्वितीय नियम की समीकरण (vi) द्वारा की जा सकती है। यह देखा गया है कि इसके लिये आवश्यक धारा का वास्तविक मान सैद्धान्तिक मान से अधिक होता है। इसके दो कारण हैं—(i) प्रक्रिया के समय होने वाली कुछ हानियाँ (ii) धातु की अशुद्धियाँ। वास्तविक धारा का मान सैद्धान्तिक धारा के मान की अपेक्षा लगभग 11% होता है जिसे आगे दिये गये कुछ उदाहरणों से अधिक स्पष्ट समझा जा सकता है।

§ 5.8. धारा दक्षता (Current efficiency)

वैद्युत अपघट्य में अशुद्धता के कारण द्वितीयक क्रिया होने लगती है जिससे मुक्त या जमा पदार्थ की मात्रा फैराडे के नियम द्वारा सैद्धान्तिक मान से कम होती है।

$$\text{इस प्रकार धारा दक्षता} = \frac{\text{पदार्थ की वास्तविक मात्रा जो मुक्त या जमा हुई}}{\text{फैराडे नियम द्वारा ज्ञात की सैद्धान्तिक मात्रा}}$$

Current efficiency

$$= \frac{\text{Actual quantity of substance liberated or deposited}}{\text{Theoretical quantity calculated by Faraday's law}}$$

प्रायः धारा दक्षता का मान 80 से 98% के मध्य होता है। कुछ दशाओं में धारा दक्षता का मान काफी कम होता है, उदाहरण के लिये क्रोमियम लेपन (cromium plating) धारा दक्षता लगभग 15% होती है, इसका कारण यह है कि केवल 15% धारा ही क्रोमियम अम्ल घोल में क्रोमियम को जमा कराने में प्रयोग होती है तथा शेष हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन बनाने में व्यय हो जाती है।

§ 5.9. वोल्टता (Voltage)

विद्युत अपघटनी प्रक्रिया में दिष्ट धारा सप्लाई को विद्युत अपघट्य (electrolyte) घोल में प्रवाहित करना पड़ता है, जिसका मान इलैक्ट्रोड तथा विद्युत अपघट्य पर विभव पात (potential drop) पर निर्भर करता है। इसलिये यह आवश्यक है कि जहाँ तक सम्भव हो ये वोल्टतापात न्यूनतम हो। इसके लिये विद्युत अपघट्य में कोई चालक कारक (conducting agent) मिलाना पड़ता है, ताकि विद्युत अपघट्य धारा का अच्छा चालक बन जाये और वोल्टतापात घट जाये। उदाहरण के लिये ताम्र लेपन (copper plating) में

ताम्र सल्फेट में गन्धक का तनु अम्ल मिला दिया जाता है, विद्युत अपघट्य में धारा प्रवाह के लिये प्रसामान्य वोल्टता का मान 1 से 2 वोल्ट के मध्य होता है। विद्युत अपघट्य तथा इलैक्ट्रोड के मध्य विभवान्तर इलैक्ट्रोड विभवान्तर कहलाता है।

तालिका नं० 5.1

	धातु	परमाणु भार (Atomic wt.)	संयोजकता (Valency)	रासायनिक तुल्यांक (Chemical equivlent)	100 दक्षता पर प्रति ऐम्पियर घण्टा में जमा पदार्थ की ग्राम में मात्रा
1.	कैडमियम (Cadmium)	112.41	2	56.20	2.09684
2.	क्रोमियम (Chromium)	52.01	6	8.67	0.32339
	क्रोमियम		3	17.34	0.64678
	क्रोमियम		2	26.00	0.97017
3.	कोबाल्ट (Cobalt)		2	29.47	1.10
4.	ताम्र (Copper) क्यूप्रस (Cuprous)	58.94	1	63.57	2.37161
	क्यूप्रिक (Cupric)	63.57	2	31.78	1.18580
5.	सोना (Gold) ऑरस (Auraus)		1	197.2	7.3564
	आरिक (Auric)	197.2	3	65.73	2.48221
6.	लोहा (Iron)	55.84	2 तथा 3	27.92 18.61	1.042 0.695
7.	सीसा (Lead)	207.22	2	103.6	3.86538
8.	निकिल (Nickle)	58.66	2	29.35	1.09477
9.	प्लेटिनम (Platinum)	195.23	2 तथा 4	97.6 48.8	3.65172 1.82086
10.	जिंक (Zinc)	65.38	2	32.69	1.21957
11.	टिन (Tin)	118.70	2 तथा 3	59.35 29.70	2.21417 1.10709
12.	चाँदी (Silver)	118.70	1	107.88	4.02468

Scanned by CamScanner

§ 5.10. ऊर्जा दक्षता (Energy efficiency)

विद्युत अपघट्य में अशुद्धता के कारण द्वितीयक क्रिया होने लगती है। द्वितीयक क्रिया के कारण, धातु को जमा या मुक्त करने के लिये आवश्यक वास्तविक वोल्टता का मान सैद्धान्तिक मान की अपेक्षा अधिक होता है जिससे वास्तविक ऊर्जा व्यय बढ़ जाता है। ऊर्जा दक्षता को निम्न रूप में परिभाषित किया जा सकता है—

$$\text{ऊर्जा दक्षता} = \frac{\text{ऊर्जा का सैद्धान्तिक मान}}{\text{वास्तविक ऊर्जा व्यय}}$$

साधित उदाहरण

उदाहरण 5.1—एक 10 सेमी अर्द्धव्यास वाले गोले पर चाँदी की 0.1 मिमी मोटी परत चढ़ाने के लिये ऐम्पियर घण्टा की गणना कीजिये। चाँदी का विद्युत रासायनिक तुल्यांक 0.001118 ग्राम प्रति कूलम्ब मानें तथा चाँदी का घनत्व 10 ग्राम प्रति घन सेमी मानें। ऊर्जा दक्षता 95% मानें।

हल—गोले का सतह क्षेत्र $= \pi \times d^2 = \pi \times (2 \times r)^2 = \pi \times (2 \times 10)^2$

$= 400\pi$

$= 1257.14$ वर्ग सेमी

चाँदी की परत की मोटाई जो गोले पर चढ़ानी है $= 0.1$ मिमी

$= 0.01$ सेमी

चाँदी का आयतन जो गोले पर चढ़ाना है $= 0.01 \times 1257.14$

$= 12.5714$ घन सेमी

चाँदी की चढ़ी (deposit) मात्रा,

$m =$ सतह क्षेत्र $\times$ परत की मोटाई $\times$ धातु का घनत्व

$= 1257.14 \times 0.01 \times 10 = 125.714$ ग्राम

$\therefore$ एक कूलम्ब धारा में जमा मात्रा $= 0.001118$ ग्राम $= Z$

125.714 ग्राम चाँदी को चढ़ाने के लिये आवश्यक विद्युत, $It = \frac{m}{Z}$

$\frac{125.714}{0.001118} = 112445.43$ कूलम्ब

$= 11.244543 \times 10^4$ कूलम्ब या ऐ० से०

$= \frac{11.244543 \times 10^4}{3600}$

$= 31.23$ ऐम्पियर घण्टा

परन्तु वास्तविक विद्युत की मात्रा $= \frac{31.23}{95/100}$

$= 32.87$ ऐम्पियर घण्टा

उदाहरण 5.2—एक बर्तन जिसका सतह क्षेत्रफल (surface area) 0.8 वर्ग मीटर है, पर 0.005 मिमी मोटी चाँदी की परत जमा करनी है। धारा 5 ऐम्पियर रखी जाती है। चाँदी का भार 10.5 ग्राम प्रति घन सेन्टीमीटर है तथा रासायनिक तुल्यांक (electrochemical equivalent) 0.001118 ग्राम प्रति कूलम्ब है। इस कार्य को पूर्ण करने के लिये आवश्यक समय का परिकलन कीजिये।

हल—बर्तन का सतह क्षेत्र $= 0.8$ वर्ग मीटर $= 8000$ वर्ग सेमी

चाँदी की परत की मोटाई जो बर्तन पर जमा करनी है $= 0.005$ मिमी

$= 0.0005$ सेमी

चाँदी का विद्युत रासायनिक तुल्यांक,

$Z = 0.001118$ ग्राम प्रति कूलम्ब चाँदी की मात्रा जो बर्तन पर चढ़ानी है।

$=$ सतह क्षेत्र $\times$ परत की मोटाई $\times$ धातु का घनत्व

$= 8000 \times 0.0005 \times 10.5 = 42$ ग्राम

(चाँदी का घनत्व 10.5 ग्राम प्रति घन सेमी माना गया है)

धारा का आवश्यक सैद्धान्तिक मान, $It = Q = \frac{m}{Z}$

$= \frac{42}{0.001118}$ ऐम्पियर सेकण्ड

$= \frac{42}{0.001118 \times 3600}$ ऐम्पियर घण्टा

$= 10.435$ ऐम्पियर घण्टा

$\because$ धारा 5 ऐम्पियर रखी गई है

$\therefore$ आवश्यक समय $= \frac{10.435}{5}$

$= 2.087$ घण्टा

$= 125.2$ मिनट

उदाहरण 5.3—एक 30 सेमी लम्बी तथा 15 सेमी व्यास की गोल शाफ्ट पर निकिल की 1.5 मिमी० मोटी परत चढ़ानी है। इसके लिये धारा का सैद्धान्तिक मान तथा समय ज्ञात कीजिये, यदि 200 ऐम्पियर/मी^{2} की धारा घनत्व प्रयोग की जाये। निकिल का विद्युत-रासायनिक तुल्यांक 0.000304 ग्राम प्रति कूलम्ब है तथा निकिल का घनत्व 8.9 प्रति घन सेमी है।

हल—गोल शाफ्ट का क्षेत्र $= \pi \times 15 \times 30 = 1414.28$ वर्ग सेमी

परत की मोटाई $= 1.5$ मिमी $= 0.15$ सेमी

$Z = 0.000304$ ग्राम

निकिल की मात्रा जो शाफ्ट पर चढ़ानी है।

$=$ सतह क्षेत्र $\times$ परत की मोटाई $\times$ धातु का घनत्व

$= 1414.28 \times 0.15 \times 8.9 = 1888.06$ ग्राम

Scanned by CamScanner

धारा का आवश्यक सैद्धान्तिक मान, $It = Q = \frac{m}{Z}$ कूलम्ब

$$= \frac{1,888.06}{0.000304} \text{ ऐम्पियर सेकेण्ड}$$

$$= \frac{1,888.06}{0.000304 \times 3600} \text{ ऐम्पियर घण्टा}$$

$$= 1725.2 \text{ ऐम्पियर घण्टा}$$

∵ धारा घनत्व 200 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर है, इसलिये 1414.28 वर्ग सेमी या 0.141428 वर्ग मीटर सतह क्षेत्र की शाफ्ट के लिये आवश्यक धारा

$$I = 200 \times 0.141428 = 28.28 \text{ ऐम्पियर}$$

$$\text{आवश्यक समय, } t = \frac{1725.2}{28.28} = 61 \text{ घण्टे}$$

उदाहरण 5.4—ऐल्यूमिनियम ऑक्साइड से 24 घण्टे में कितनी ऐल्यूमिनियम उत्पन्न होगी, यदि औसत धारा 3,000 ऐम्पियर तथा धारा दक्षता 90% हो। ऐल्यूमिनियम की संयोजकता 3 तथा परमाणु भार 27 है। चाँदी का रासायनिक तुल्याँक 107.98 है तथा एक कूलम्ब से 0.00111 ग्राम चाँदी जमा होती है।

हल—ऐल्यूमिनियम का रासायनिक तुल्याँक $= \frac{\text{परमाणु भार}}{\text{संयोजकता}} = \frac{27}{3}$

$$= 9$$

∴ ऐल्यूमिनियम का रासायनिक विद्युत तुल्याँक

$$= \frac{0.00111}{107.98} \times 9 = 92.5 \times 10^{-6} \text{ ग्राम प्रति कूलम्ब}$$

∴ मुक्त ऐल्यूमिनियम की मात्रा,

$$= \frac{3,000 \times 24 \times 36,00 \times 0.9 \times 92.5 \times 10^{-6}}{1,000}$$

$$= 21.578 \text{ kg (किलोग्राम)}$$

उदाहरण 5.5—यदि विद्युत के 96,500 कूलम्ब किसी तत्व को 1 ग्राम मुक्त करते हैं, तो ताम्र सल्फेट के घोल से 25 मिली ग्राम को 0.2 ऐम्पियर द्वारा जमा करने में कितना समय लगेगा ? ताम्र का रासायनिक तुल्याँक 32 लीजिये !

हल—ताम्र का रासायनिक तुल्याँक = 32

समीकरण $Z = A\frac{a}{v}$ का प्रयोग करने पर ताम्र का विद्युत रासायनिक तुल्याँक,

$$Z = A \times \text{रासायनिक तुल्याँक}$$

जहाँ $A = 1$ कूलम्ब द्वारा तत्व में मुक्त ग्रामों की संख्या

$Z = 1$ कूलम्ब द्वारा ताम्र की मुक्त मात्रा

$$\therefore \quad Z = \frac{1}{96,500} \times 32 = \frac{32}{96,500} \text{ ग्राम}$$

जमा किये जाने वाला ताम्र, $m = 25$ मिलीग्राम $= 0.025$ ग्राम

धारा सामर्थ्य $I = 0.2$ ऐम्पियर

25 मिलीग्राम ताम्र की 0.2 ऐम्पियर धारा क्षमता से जमा करने में लगा समय

$$t = \frac{m}{ZI}$$

$$= \frac{0.025}{\frac{32 \times 0.2}{96,500}}$$

$$= \frac{0.025 \times 96,500}{32 \times 0.2}$$

$$= 376.95 \text{ सेकण्ड}$$

§ 5.11. विद्युत निक्षेपण का मूल सिद्धान्त

(Basic principle of electro-deposition)

विद्युत निक्षेपण विद्युत धातु विज्ञान की वह शाखा है जिसमें विद्युत धारा की सहायता से धातुओं को दूसरी धातु पर लेपित या निक्षेपित (deposit) किया जाता है। इस विधि में विद्युत अपघट्य बल का धातु यौगिक रासायनिक रूप में दूसरी स्वच्छ धातु पर लेपित हो जाता है। विद्युत निक्षेपण या लेपन का सिद्धान्त आयनी विघटन (ionic dissociation) तथा विद्युत अपघट्नी प्रक्रिया पर आधारित है जिसका वर्णन पीछे किया जा चुका है। विद्युतलेपन (electroplating), विद्युत मुद्रण (electrotyping) तथा विद्युतफार्मिंग (electroforming), इसके कुछ उपयोग हैं। विद्युत लेपन द्वारा धातु को सजावट तथा अनुरक्षण हेतु दूसरी धातुओं या अधातुओं पर लेपित किया जाता है, विद्युत मुद्रण द्वारा प्रिंटिंग ब्लाक बनाये जाते हैं तथा विद्युत फार्मिंग द्वारा पतली चादरों या पतली पन्नियों (thin foils), ग्रामोफोन रिकार्ड तथा टूटे-फूटे भागों को अपनी मूल मोटाई तक बनाया जा सकता है।

विद्युत निक्षेपण प्रक्रिया को नियन्त्रित करने वाले कारक
(Factor governing electro-deposition process)

यद्यपि तकनीकी दृष्टिकोण से विद्युत-निक्षेपण विधियाँ अन्य सभी वैकल्पिक विधियों की अपेक्षा पूर्णतः मितव्ययी हैं, फिर भी कुई प्रयोगात्मक कठिनाइयों के कारण कुछ सीमित धातुओं का ही सन्तोषजनक रूप में विद्युत निक्षेपण (electro deposition) किया जा सकता है।

निम्न कारकों पर समतल तथा सूक्ष्म कणिक (fine grained) निक्षेपण निर्भर करता है।

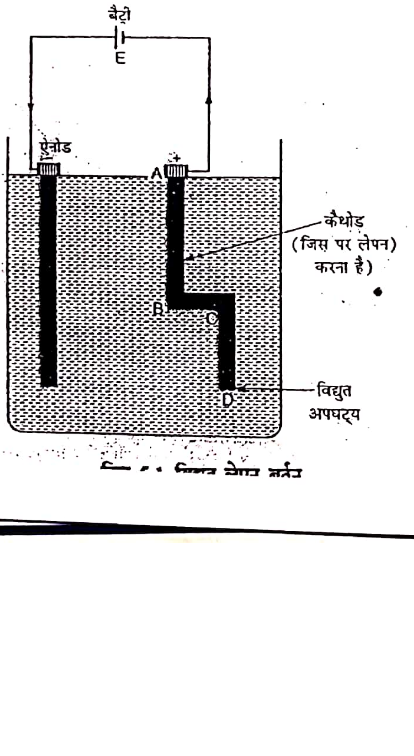
(i) धारा घनत्व (Current density)—उच्च धारा घनत्व पर आयन तथा नाभिकों (nucleus) की निर्माण दर उच्च होती है। इससे धातु निक्षेपण (deposition of metal)

Scanned by CamScanner

समरूप तथा सूक्ष्म कणिक (fine-grained) होता है। यदि बहुत उच्च धारा घनत्व के कारण नाभिकों का निर्माण बहुत उच्च हो तो वैद्युत अपघट्य (electrolyte) घोल के सीमित मान के बढ़ जाने की सम्भावना रहती है। ऐसी स्थिति में निक्षेपण (deposit), नरम (spongy) तथा सरन्ध्र (porous) होता है, जोकि उचित नहीं है।

(ii) वैद्युत अपघट्य की सान्द्रता (Electrolytic concentration)—यदि वैद्युत अपघट्य सान्द्र होगा तो उच्च धारा घनत्व प्राप्त किया जा सकता है जिससे समरूप तथा सूक्ष्म-कणिक निक्षेपण (deposition) प्राप्त किया जा सकता है।

(iii) योगीय कारक (Addition agent)—जैसा कि पहले बताया जा चुका है वैद्युत अपघट्य में कोई चालक कारक (conducting agent) मिलाने से उसका प्रतिरोध कम हो जाता है। इनके अतिरिक्त कुछ ऐसे भी कारक होते हैं जो कि रासायनिक क्रिया में सीधा भाग नहीं लेते, परन्तु निक्षेपण/जमाव पर प्रभाव डालते हैं। यदि इन्हें प्रयोग न किया जाये तो समरूप तथा सूक्ष्म कणिक निक्षेपण प्राप्त नहीं हो पाता। कुछ प्रमुख कारक जिलेटीन (gelatine), ग्लू (glue), गोंद (gum), चीनी (sugar), रबड़ (rubber) इत्यादि हैं, जिनके डालने से निक्षेपण (जमाव) बढ़ जाता है। वैद्युत अपघट्य में डाले गये अतिरिक्त योगीय कारक, रवों की नाभिक (crystal nucleus) द्वारा शोषित कर लिये जाते हैं, इसमें रवों का बढ़ना रुक जाता है, फलस्वरूप निक्षेपण समयरूप तथा सूक्ष्म कणिक होता है। उदाहरण के लिये जिंक के निक्षेपण (जमाव) के लिये जिंक सल्फेट घोल में ग्लूकोस या चीनी (sugar) मिलाई जाती है ताकि सन्तोषजनक निक्षेपण (जमाव) प्राप्त हो।



चित्र 5.1 : विद्युत लेपन बर्तन

(iv) शक्ति फैंकन (Throwing power)—वैद्युत अपघट्य का वह गुण जिससे टेढ़े-मेढ़े कैथोड पर भी धातु का समरूप लेपन हो, **शक्ति फैंकन** (throwing power) कहलाता है। चित्र 5.1 में दिखाये गये एक वैद्युत लेपन बर्तन (electro plating bath) पर विचार करने पर हम देखते हैं कि ऐनोड तथा कार्य वस्तु (कैथोड) जिस पर लेपन (plating) करना है, के प्रत्येक बिन्दु पर विभवान्तर (potential difference) समान है, यद्यपि सतह *CD*, सतह *AB* की अपेक्षा ऐनोड से दुगनी दूरी पर है, जिससे पहली स्थिति में धारा प्रवाह में विद्युत अपघट्य मार्ग का प्रतिरोध, दूसरी स्थिति की अपेक्षा लगभग दुगना होगा, जिससे धारा घनत्व (current density) तथा *CD* सतह पर जमने वाली धातु परत की मोटाई *AB* सतह की अपेक्षा बहुत कम होगी। ऐनोड तथा कैथोड को एक-दूसरे से काफी दूरी पर रख कर इस कठिनाई को काफी हद तक दूर किया जा सकता है, इससे ऐनोड तथा कैथोड के विभिन्न भागों के मध्य अपेक्षाकृत प्रतिरोध परिवर्तन कम हो जाता है। कैथोड सतह (कार्य वस्तु) पर वोल्टता पात का भी प्रभाव पड़ता है। कुछ स्थितियों में धारा घनत्व में कमी से कैथोड पर भी वोल्टता पात में कमी आ जाती है, जिससे वैद्युत अपघट्य के प्रतिरोध पर विजय पाने के लिये अधिक वोल्टता प्राप्त होती है। इससे धारा घनत्व में किसी परिवर्तन का प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। इसी कारण से सायनाइड के घोल साधारण सल्फेट घोलों की अपेक्षा शक्ति फैंकने की सामर्थ्य रखते हैं।

(v) वैद्युत अपघट्य की प्रकृति तथा उसका तापमान (Nature of electrolyte and its temperature)—जिस वैद्युत अपघट्य से बहुयोगी या जटिल आयन (complex ion) प्राप्त होते हैं, उस वैद्युत अपघट्य से समतल तथा समरूप लेपन या निक्षेपण (deposition) प्राप्त किया जा सकता है। यदि वैद्युत अपघट्य का तापमान अधिक होगा तो उसका विसरण (diffusion) अधिक तथा समरूप होगा। यदि धारा घनत्व बहुत अधिक होगा तो लेपन या निक्षेपण (deposition) सूक्ष्म कणिक होगा, परन्तु उच्च तापमान से बड़े रवे उत्पन्न होंगे जिससे निक्षेपण (deposition) स्थूल (coarse) होगा। इसलिये वैद्युत अपघट्य का तापमान ऐसे स्तर पर बनाये रखना चाहिये ताकि स्थूल निक्षेपण या लेपन न होने पाये।

नीचे दी गई तालिका 5.2 में वैद्युत लेपन की विभिन्न धातुओं का धारा घनत्व वैद्युत अपघट्य घोल (electrolytic solution), धारा घनत्व तथा घोल के तापमान दिये गये हैं।

तालिका—5.2

	धातु जिसको लेपन करना है (Metal for Electro plating)	घोल (Solution)	धारा घनत्व ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर में	घोल का तापमान
1.	कैडमियम (Cadmium)	कैडमियम आक्साइड तथा सोडियम सायनाइड	100 से 150	ठण्डा या गर्म

2.	क्रोमियम (Chromium)	क्रोमिक अम्ल	1500 से 2000	35°C
3.	ताम्र (सल्फेट घोल के साथ)	ताम्र सल्फेट	250 से 350	ठण्डा या गर्म
4.	तांम्र (सायनाइड घोल के साथ)	क्यूप्रिस सायनाइड तथा सोडियम सायनाइड	50 से 100	50°C
5.	निकिल (Nickle)	निकिल सल्फेट	100 से 200	50 से 60°C
6.	लोहा (Iron)	फैरस सल्फेट (Ferrous sulphate)	100 से 200	90°C
7.	सोना (Gold)	पोटेशियम तथा सोने का दोहरा सायनाइड	100 से 300	60j से 80°C
8.	टिन (Tin)	सोडियम स्टेनेनेट या स्टैनियम स्टेनेनेट	100 से 200	70°C
9.	पीतल (Brass)	जिंक तथा पोटेशियम और तांम्र तथा पोटेशियम का दोहरा सायनाइड	25 से 40	ठण्डा या गम
10.	सीसा (Lead)	लेड बोरेट	100 से 200	ठण्डा
11.	जिंक (Zinc)	जिंक सल्फेट	200 से 300	ठण्डा
12.	चाँदी (Silver)	चाँदी तथा सोडियम या पोटेशियम का दोहरा सायनाइड	30 से 60	ठण्डा

§ 5.12. मिश्र धातुओं का निक्षेपण
(Deposition of Alloys)

यदि मिश्र धातुओं तथा घटक धातुओं का इलैक्ट्रोड विभवान्तर लगभग समान हो तो मिश्र धातुओं का लेपन/निक्षेपण सम्भव है। पीतल तथा काँसा का वैद्युत लेपन, इसका उदाहरण है। मिश्र धातुओं के वैद्युत लेपन में ऐनोड को मिश्र धातु का बनाया जाता है तथा वैद्युत अपघट्य, मिश्र धातुओं की घटक धातुओं के वैद्युत अपघट्यों का मिश्रण होता है। उदाहरण के लिये पीतल लेपन के लिये जिंक तथा पोटेशियम और ताम्र तथा पोटेशियम का दोहरा सायनाइड, वैद्युत अपघट्य के रूप में प्रयोग किया जाता है।

§ 5.13. वैद्युत लेपन प्रक्रिया के लिये शक्ति सप्लाई
(Power Supply for Electroplating Process)

(i) मोटर जनित्र सैट (Motor generator set)—इसमें दिष्ट धारा के निम्न वोल्टता तथा उच्च धारा क्षमता वाले जनित्र को प्रत्यावर्ती धारा की प्रेरण मोटर से यान्त्रिक युग्मन करके चलाया जाता है। जनित्र द्वारा उत्पन्न दिष्ट धारा सप्लाई को वैद्युत लेपन में प्रयोग किया जाता है।

(ii) ताम्र ऑक्साइड दिष्टकारी (By copper oxide rectifier)—ताम्र ऑक्साइड दिष्टकारी द्वारा प्रत्यावर्त्ती धारा सप्लाई को दिष्ट धारा सप्लाई में बदल लिया जाता है। इस विधि में सर्वप्रथम अवक्रम ट्राँसफार्मर (Step down transformer) की सहायता से उच्च प्रत्या० धारा वोल्टता को निम्न वोल्टता में बदल दिया जाता है तथा तब प्रत्यावर्ती धारा की निम्न वोल्टता को ताम्र आक्साइड दिष्टकारी या सिलेनियम दिष्टकारी (selenium rectifier) द्वारा दिष्टधारा वोल्टता में बदलकर विद्युतलेपन प्रक्रिया में प्रयोग किया जाता है। चित्र 5.4 में उपरोक्त विधि अनुसार प्राप्त दिष्ट धारा सप्लाई में लेपन विधि को दिखाया गया है।

§ 5.14. वैद्युतलेपन प्रक्रिया
(Electroplating Process)

किसी धातु पर वैद्युतलेपन की क्रिया को निम्न पदों में पूर्ण किया जाता है—

(i) धातु की सफाई (Cleaning of metals)

(ii) धातु का वैद्युत निक्षेपण या लेपन (Electro-deposition of metals)

(iii) धातु को चमकाना (Polishing of metals)

(i) धातु की सफाई (Cleaning of metals)—जिस धातु पर वैद्युतलेपन करना होता है उसकी सतह को सर्वप्रथम रासायनिक तथा यान्त्रिक विधि द्वारा पूर्णतया साफ तथा स्वच्छ (neat and clean) कर दिया जाता है ताकि मूल धातु पर अन्य धातु का वैद्युतलेपन ठीक प्रकार तथा टिकाऊ हो सके। रासायनिक विधि में धातु पर से ग्रीस या तेल इत्यादि को हटा लिया जाता है तथा यान्त्रिक विधि द्वारा उस पर वस्तु को परिष्कृत (finished), समतल तथा चिकना कर लिया जाता है। अच्छे तथा सफल वैद्युत लेपन के लिये कार्य वस्तु की सफाई तथा पूर्व उपचार को निम्न प्रक्रियाओं से गुजारा जाता है—

(अ) प्रारम्भिक सफाई या ग्रीस उतारना (Preliminary cleaning or degreasing),

(ब) अम्ल मार्जन या अम्ल में डुबाना (Pickling for bright dipping),

(स) अन्तिम क्षरीयता सफाई (Hot alkaline cleaning),

(द) अन्तिम सफाई (Final cleaning)।

(अ) प्रारम्भिक सफाई या ग्रीस उतारना—प्रारम्भिक सफाई द्वारा कार्य वस्तु (article) पर से गाढ़े तेल (heavy oils) ग्रीस तथा धूल मिट्टी (soils) इत्यादि को उतारा जाता है।

Scanned by CamScanner

वैद्युत लेपन किये जाने वाली वस्तुओं से ग्रीस तथा तेल को उतारने के लिये आजकल वाष्प विलायक (vapour solvent) या ग्रीस उतारने वाले इमल्सिन (decreasing emulsion) प्रयोग किये जाते हैं। वस्तुओं को ट्राइक्लोरोइथाइलीन (trichloroethylene) या परक्लोरोइथाइलीन (perchloroethylene) की वाष्प में डुबोया जाता है। जिन वस्तुओं पर दृढ़ चमक वाले संघटक (compacted polishing component) लगे रहते हैं उन्हें पहले खौलते द्रव (boiling liquid) में डुबोया जाता है, ताकि उन पर लगी धूल मिट्टी पूर्ण रूप से हट जाये। अब इन वस्तुओं को ठण्डा होने दिया जाता है तथा तब इन्हें अन्तिम सफाई के लिये ट्राइक्लोरोइथाइलीन की वाष्प में डुबोया जाता है।

यद्यपि वाष्प विलायक द्वारा वस्तु पर से अधिकतर ग्रीस तथा तेल हट जाता है लेकिन फिर भी वैद्युत लेपन करने के पहले वस्तुओं की और अधिक सफाई करनी पड़ती है।

जलीय-क्षारीय-क्लीनर्स (Aqueous alkaline cleaners)—वैद्युत लेपन करने से पहले जोनक्स (zonax), फैरेक्स (ferrex) तथा एनोडक्स (anodax) को प्रारम्भिक रूप में ग्रीस उतारने तथा अन्तिम सफाई के लिये प्रयोग किया जाता है। ग्रीस उतारने वाले विलायकों (solvent degreasers) की अपेक्षा जलीय क्षारीय क्लीनर्स को प्रयोग करना आसान है, परन्तु भारी ग्रीस की परतों को उतारने में ये कम प्रभाव रखते हैं, तथा यान्त्रिक रूप में परिष्कृत करने से पहले इन्हें पूर्णतः सुखाना पड़ता है।

इमल्सिन क्लीनर्स (Emulsion cleaners)—वस्तुओं की प्रारम्भिक सफाई के लिये आजकल मल्सीक्लीन (mulsiclene) अधिकतर प्रयोग किया जाता है। वस्तुओं को मल्सीक्लीन-इमल्सिन में डुबोया जाता है जिससे धूल मिट्टी तथा ग्रीस इत्यादि उनकी सतह से ढीली पड़ जाती हैं, तथा तब उसे पानी के उच्च दाब पर धो लिया जाता है जिससे इमल्सिन परत, धूल मिट्टी तथा ग्रीस इत्यादि उतर जाती है। मल्सीक्लीन इमल्सिन क्लीनर को निम्न रूप से बनाया जाता है—

सांद्र मल्सीक्लीन (concentrate mulsiclene) : 150 ml
सफेद स्प्रिट (white spirit) : 1 litre

उपरोक्त अनुपात में दोनों को मिलाकर अच्छी प्रकार हिला लिया जाता है।

(ब) अम्ल मार्जन या अम्ल में डुबाना (Pickling and dipping)—धातु उद्योग में पिकलिंग का अर्थ धातुओं को अम्ल में साफ करने से है, ताकि उनमें ऑक्साइड (oxide) या कोई अन्य पपड़ी (scale) इत्यादि उतर जायें। धातु पर से रेत (sand), जंग (corrosion) या ढलाई त्वचा (casting skin) इत्यादि उतारने के लिये भी यह विधि अपनाई जाती है।

डिपिंग (Dipping)—परिष्करण प्रचालन को डिपिंग कहते हैं जिसके द्वारा पिकलिंग प्रक्रिया के पश्चात् स्वच्छ चमकीली सतह (clean lustrous surface) प्राप्त होती है। डिपिंग पीतल, ताम्र तथा ताम्र मिश्र धातुओं के लिये प्रयोग की जाती है। इस विधि में धातु वस्तुओं को थोड़ी देर के लिये नाइट्रिक तथा गन्धक के तेजाब के मिश्रण में, जिसका ट्रेड नाम एकूया फोरटिस (Aqua fortis) है, डुबा लिया जाता है।

गन्धक अम्ल द्वारा पिकलिंग करना (Sulphuric acid pickling)—गन्धक का तनु अम्ल लोहा, इस्पात, ताम्र, पीतल, निकिल, चाँदी तथा अन्य ताम्र मिश्र धातुओं के पिकलिंग या अम्ल मार्जन के लिये प्रयोग किया जाता है। इसके लिये 100 ग्राम गन्धक के सान्द्र अम्ल में 1 लीटर पानी मिलाया जाता है तथा इस तनु गन्धक के अम्ल को ठोस सीसे के टैंक या रबर अस्तर वाले वेल्ड इस्पात टैंक में रखा जाता है जिससे वस्तुओं को डुबाकर बाहर निकालते रहते हैं।

पिकिल को तैयार करना—इसके लिए टैंक को लगभग $\frac{2}{3}$ भाग तक भर लिया जाता है तथा तब धीरे-धीरे उसमें अम्ल डाला जाता है। टैंक में घोल को लगातार हिलाते रहना चाहिये तथा अन्त में सही अनुपात में और पानी मिला लेना चाहिये। कभी भी सान्द्र अम्ल में पानी नहीं मिलाना चाहिये। पिकिल को और तनु करने के लिये तनु अम्ल में पानी मिलाया जा सकता है।

नमक के अम्ल द्वारा पिकलिंग करना (Hydrochloric acid pickling)—ठण्डे तनु नमक के अम्ल को बिन्दु वैल्डिड इस्पात शीटों (Spot welded steel articles) या अन्य लौह तथा इस्पात भागों जिन पर ऑक्साइड की बहुत पतली परत होती है, पिकलिंग के लिये अच्छा समझते हैं। इस विधि को अधिक मोटी ऑक्साइड की पपड़ी को उतारने के लिये प्रयोग नहीं किया जा सकता है। इस पिकिल को प्रसामान्य तापमान से अधिक पर प्रयोग नहीं किया जा सकता, क्योंकि तब इनसे गैस निकलने लगती है जो कि हानिकारक होती है। इसको बनाने का सूत्र नीचे दिया गया है—

सान्द्र नमक का अम्ल	1 भाग
पानी	5 भाग

अधिक मात्रा में पिकिल को रखने के लिये रबड़ अस्तर वाले वैल्डिड इस्पात टैंक प्रयोग किये जा सकते हैं जबकि थोड़ी मात्रा से पिकिल को रखने के लिये कँचाई मिट्टी के बर्तन (glazed earthen vessel) प्रयोग किये जा सकते हैं। नमक के अम्ल के पिकिल को रखने के लिये सीसे के टैंक प्रयोग नहीं किये जाते।

चमकीली डिपिंग (Bright dipping)—तनु गन्धक के अम्ल में पिकलिंग के पश्चात् पीतल, ताम्र, ताम्र मिश्र धातुओं तथा निकिल, चाँदी को प्रायः नाइट्रिक तथा गन्धक के अम्ल के मिश्रण (जिनका ट्रेड नाम एकूया फोरटिस है) में डुबा लिया जाता है। एकूया फोरटिस प्रायः बाजार से तैयार अवस्था में प्राप्त होता है। एक भाग नाइट्रिक अम्ल को 5 भाग तनु गन्धक के अम्ल के साथ मिलाकर तथा मिश्रित अम्ल के प्रत्येक लीटर में 1.5625 ग्राम साधारण नमक मिलाकर एकूया फोरटिस डिपिंग तैयार कर लिया जाता है। डिपिंग क्रिया को कार्यशाला से लगे किसी खुले स्थान पर करना चाहिये।

एकूया फोरटिस उच्च जंग लगाने वाला द्रव है इसलिये इसे प्रायः चमकीले मिट्टी के बर्तनों (glazed earthen ware), उपयुक्त प्लास्टिक या स्टेनलैस इस्पात के बर्तनों में रखा जाता है। लेपन किये जाने वाले पदार्थों को तार से बाँधकर या तार जाली वाली टोकरी में रखकर (जोकि स्टेनलेस स्टील या ऐल्यूमिनियम की बनी होती है) डुबोया जाता है।

Scanned by CamScanner

चमकीली डिपिंग करने की विधि (Bright dipping procedure)

फिजिंग (Fizzing)—चमकीली डिपिंग करने में सर्वप्रथम वस्तुओं को पुराने बचे एकूया फोरटिस घोल (जिसमें थोड़ी मात्रा में नमक का अम्ल भी मिला होता है) में कुछ सेकण्डों के लिये डुबाया जाता है, उस प्राथमिक डुबाने की प्रक्रिया का ट्रेडनाम फिजिंग (fizzing) है। यह किसी चिकने मिट्टी के बर्तन में रखा जाता है तथा प्रत्येक लीटर में 12.5 ग्राम नमक का तेजाब मिलाकर प्रयोग किया जाता है। इस घोल में वस्तुओं को कुछ सेकण्ड तक डुबाकर निकाल लिया जाता है तथा पानी से धो लिया जाता है। यदि आवश्यक होता है तो पुनः घोल में डुबाया जा सकता है जब तक कि वस्तु की सतह पूर्णतः स्वच्छ न हो जाये।

चमकीली डिपिंग (Bright dipping)—चमकीली डिप के लिये एकूया फोरटिस को बिना तनु किये प्रयोग किया जाता है तथा उसमें कुछ क्षणों के लिये वस्तु को डुबाकर निकाल लेते हैं। अधिक देर तक डुबाने से धातु की सतह खुरदरी हो सकती है। घोल में से वस्तु को निकालने पर उसे दो या तीन बार ठण्डे पानी से अच्छी प्रकार धोना चाहिये ताकि उस पर कोई दाग इत्यादि न रहे तथा तब पुनः अच्छी प्रकार से पानी से धोकर सुखा लेना चाहिये।

इसके बाद वस्तु को उदासीनकारी डिप (neutralising dip) दिया जाता है, जो कि सोडियम सायनाइड (sodium cyanide) या सोडियम कार्बोनेट का घोल (25 ग्राम प्रति लीटर) होता है।

(स) गर्म क्षारीय क्लीनर्स (Hot alkaline cleaners)—विद्युत लेपन की जाने वाली वस्तुओं पर से ग्रीस तथा धूल मिट्टी उतारने के लिये गर्म जलीय क्षारीय क्लीनर्स (hot aqueous cleaners) प्रयोग किये जाते हैं। धातु क्लीनर्स का चयन साफ की जाने वाली धातु तथा उस पर लगी ग्रीस या मिट्टी के प्रारूप पर निर्भर करता है। विभिन्न धातुओं की सफाई के लिये अलग क्षारीय क्लीनर्स प्रयोग किये जाते हैं जिसमें से कुछ का वर्णन नीचे किया गया है।

जोनक्स धातु क्लीनर्स (Zonax metal cleaner)—लोहीय (ferrous) तथा अलोहीय (non ferrous) धातुओं, ताम्र तथा ताम्र की मिश्र धातुओं (पीतल, काँसा तथा निकिल, चाँदी इत्यादि) जिंक, बेस डाई कास्टिंग, ऐल्यूमिनियम तथा मैग्नीशियम मिश्र धातुओं की सफ़ाई के लिये जोनक्स धातु क्लीनर अधिकतर प्रयोग किया जाता है। इसके द्वारा पीतल तथा इस्पात या पीतल सोल्डर जोड़ सहित धातुओं पर से ग्रीस उतारने का भी काम लिया जा सकता है।

40 से 50 ग्राम जोनक्स को 1 लीटर पानी में घोल कर किसी वैल्डिंग इस्पात टैंक में भर लिया जाता है तथा साधारण सफाई के लिये घोल का तापमान 82°C से 100°C तक होना चाहिये।

साफ किये जाने वाले पदार्थों को कुछ मिनट के लिये गर्म तेल घोल में डुबाया जाता है तथा तब पानी से धो लिया जाता है। यदि पदार्थ की सतह पर पानी की बूंदें या बुलबुले रह जायें तो पदार्थ पूर्णतः साफ नहीं हुआ, इस स्थिति में उसे घोल में डुबाकर पानी से धो लेना चाहिये।

ज़ोनक्स धातु क्लीनर्स के अतिरिक्त, फैरक्स (ferrax), यूनीमैक्स (unimex) तथा ऐनोडक्स (anodax) धातु क्लीनर भी प्रयोग किये जाते हैं जो कि जोनक्स की अपेक्षा अधिक तेज प्रभाव रखते हैं।

(द) अन्तिम सफाई (Final cleaning)—विद्युतलेपित की जाने वाली वस्तुओं की सफाई इस प्रकार की होनी चाहिये ताकि वस्तुओं पर निक्षेपण जमाव (deposit) पक्का तथा सन्तोषजनक हो।

गर्म क्षारीय क्लीनर का कार्य वस्तु से ग्रीस तथा धूल मिट्टी को हटाना है। इस प्रारम्भिक सफाई के बाद वस्तु पर आगे भी कुछ उपचार किया जाता है ताकि उस पर से हल्के धब्बे मलिनता (tarnish) या प्रारम्भिक जंग (rust) इत्यादि हट जाये।

कभी-कभी धातु वस्तु जिस पर विद्युतलेपन करना होता है, पर ऑक्साइड की इतनी सूक्ष्म परत रह जाती है कि धातु सतह को लेपन का अवरोधी बना देती है और उस पर लेपन करना असम्भव हो जाता है।

वस्तुओं की अन्तिम सप्लाई की सबसे साधारण विधि में कटाव ब्रुश (scouring brush) द्वारा वस्तुओं की सतह को पानी झाँबा चूर्ण (pumice) द्वारा साफ किया जाता है। इससे उसके दाग धब्बे साफ हो जाते हैं। आजकल उपरोक्त विधि के स्थान पर वस्तु की अन्तिम सप्लाई के लिए ठण्डे विद्युत अपघट्य घोल जैसे क्लीनेक्स (cleenax) या क्लीनवैल (klenewell) क्लीनर प्रयोग किये जाते हैं, जिनके द्वारा वस्तु के ऊपर के दाब धब्बे तथा आक्साइड की पतली परत भी साफ हो जाती है।

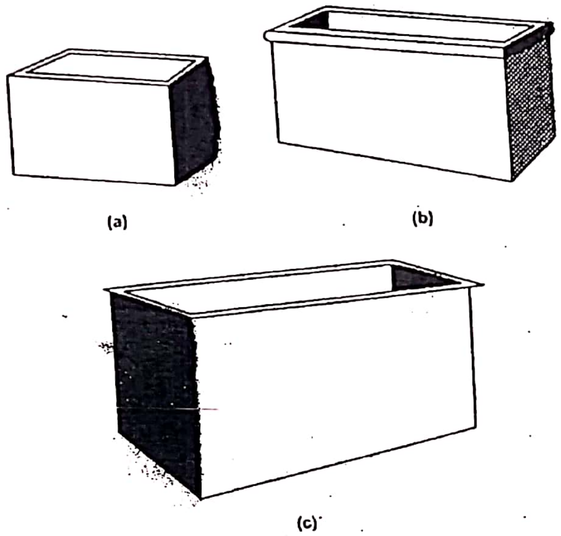
§ 5.15. धातु के विद्युत विक्षेपण या लेपन में प्रयुक्त उपकरण तथा विद्युतलेपन क्रिया

(Description of Equipment and Processes used for Electroplating)

वैद्युत लेपन के लिये प्रयुक्त बर्तन को टैंक (tank) कहते हैं जो लकड़ी, काँच या सीमेंट या ठोस सीसे या स्टेनलैस स्टील का बना हो सकता है, जिनमें सीसे का अस्तर (lining of lead) या रबर अस्तर लगा रहता है। दूसरे शब्दों में सीसा अस्तर या रबर अस्तर वाले टैंक प्रयोग किये जाते हैं। पाषण भाँड (stone ware), इनमैल्ड (enemelled) या प्लास्टिक अस्तर (plastic lined) वाले टैंक भी प्रयोग किये जा सकते हैं। टैंक पर ऐनोड तथा कैथोड छड़ें लगाने का प्रबन्ध होता है, जिन पर क्रमशः ऐनोड तथा लेपन की जाने वाली वस्तुओं को लटकाया जाता है। चित्र 5.2 में तीन प्रकार के टैंक दिखाये गये हैं।

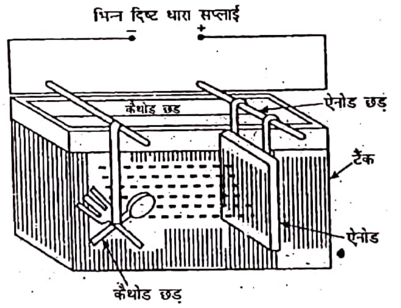
टैंक को उपयुक्त विद्युत अपघट्य से भर लिया जाता है जिसमें ऐनोड तथा कैथोड लगा दिये जाते हैं। विद्युत लेपन प्रक्रिया में जिस धातु का लेपन करना होता है, उसे एनोड बनाया जाता है तथा जिस धातु या वस्तु पर लेपन करना होता है उसे कैथोड बनाया जाता है। अब वैद्युत अपघट्य में उचित निम्न वोल्टता की दिष्ट धारा (2 से 20 वोल्ट) ऐनोड तथा कैथोड

Scanned by CamScanner



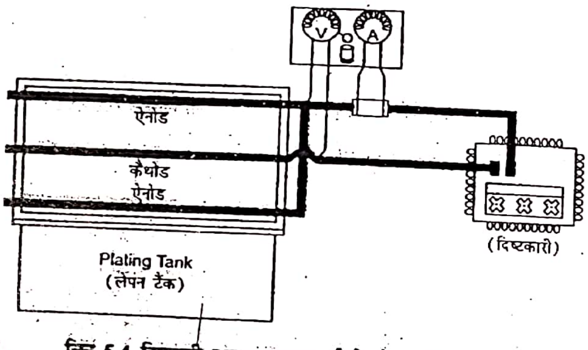
चित्र 5.2 विभिन्न प्रकार के विद्युत लेपन टैंक

के द्वारा प्रवाहित की जाती है जिससे वैद्युत अपघट्य क्रिया होती है जिसमें धातु, कैथोड लेपन की जाने वाली वस्तु पर जमने लगती है तथा ऐनोड से धातु वैद्युत अपघट्य घोल में घुलती



चित्र 5.3 वैद्युत लेपन प्रक्रिया

रहती है तथा इस प्रकार घोल की सान्द्रता स्थिर बन रहती है। किसी वस्तु पर समरूप लेपन करने के लिये कैथोड (वस्तु) को दो ऐनोडों (anode) के मध्य रखा जाना चाहिये या वस्तु (कैथोड) को लेपन काल में लगातार चारों ओर घुमाते रहना चाहिये। धातुओं पर समरूप तथा चमकीली लेपन के लिये आवश्यक है कि वैद्युत अपघट्य घोल की सान्द्रता, तापमान तथा घनत्व सही हो। उनकी समय-समय पर जाँच करते रहना चाहिये।



चित्र 5.4 दिष्टकारी द्वारा प्राप्त सप्लाई से वैद्युत लेपन प्रक्रिया

विभिन्न प्रकार की धातुओं का वैद्युत लेपन करने के लिये विभिन्न प्रकार के विद्युत अपघट्य घोल प्रयोग में लाये जाते हैं जिनका वर्णन तालिका 5.2 में किया जा चुका है। नीचे विद्युत धातु लेपन के लिये विस्तृत विवरण दिया है। चित्र 5.3 में विद्युत लेपन विधि को चित्रित किया गया है।

§ 5.16. क्रोमियम लेपन (Chromium Plating)

क्रोमियम लेपन प्रायः दो कार्यों के लिये प्रयोग की जाती है। प्रथम चमकदार बदरंग रहित परिसज्जा (brilliant untarnishable finish) या कठोर अपघर्षण रोधी सतह (abrasion resistant surface) प्राप्त करने के लिये की जाती है।

विद्युत अपघट्य—क्रोमियम लेपन के लिये विद्युत अपघट्य निम्न रूप से बनाया जा सकता है।

क्रोमियम अम्ल (Chromium acid)	250 ग्राम
गन्धक का अम्ल	2.5 ग्राम
पानी	1 लीटर
या	
क्रोमियम लवण (Chromium salt)	300 ग्राम
पानी	1 लीटर

Scanned by CamScanner

विद्युत अपघट्य का आपेक्षिक गुरुत्व—क्रोमियम लेपन के विद्युत अपघट्य का 26.7°C तापमान पर आपेक्षिक गुरुत्व (Specific gravity) 1.2 होना चाहिये।

घोल का टैंक में तल (Solution level in tank)—टैंक में विद्युत अपघट्य घोल की गैस निर्वात नली (exhaust duct) से 20 सेमी नीचे होनी चाहिये। निकास नली द्वारा क्रोमियम लवण की गैसें बाहर निकलती हैं।

तापमान—अच्छा तथा चमकीला लेपन प्राप्त करने के लिये, टैंक में पड़े घोल का तापमान 26.7°C तक बनाये रखना चाहिये। यदि तापमान 21°C से नीचे होगा तो लेपन कम चमकीला होगा, तापमान यदि 26.7°C से अधिक होगा तो फैंकन शक्ति (throwing power) घट जायेगी।

धारा घनत्व—क्रोमियम लेपन के लिये विद्युत अपघट्य को 250 से 350 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर की धारा घनत्व पर प्रचालित किया जा सकता है।

वोल्टता—विद्युत अपघट्य घोल के 25 से 26.7°C तापमान तथा ऐनोड तथा कैथोड के मध्य 1.75 सेमी० के अन्तर पर 3 से 4 वोल्ट की वोल्टता चाहिये, यदि वस्तुओं का सतह क्षेत्र अधिक हो तो 5 से 6 वोल्ट की वोल्टता भी प्रयुक्त की जा सकती है।

ऐनोड—क्रोमियम लेपन में मिश्र सीसा धातु ऐनोड (alloy lead anode) प्रयोग किये जाते हैं। क्रोमियम लेपन में मिश्र सीसा धातु ऐनोड दो काम करते हैं, प्रथम धनात्मक इलैक्ट्रोड का कार्य तथा दूसरा घोल को सन्तोषजनक बनाये रखते हैं, जिसे यह ट्रिवीलेन्ट क्रोम को पुनः आक्सीकृत करके क्रोम अम्ल में बदल देते हैं।

लेपन समय—निकिल लेपित वस्तुओं की क्रोमियम लेपन के लिये लगभग 15 मिनट का समय पर्याप्त होता है लेकिन निकिल चाँदी (nickle silver) बर्तनों पर निकिल के पूर्व लेपन के बिना (without precoating of nickle) वस्तु को काफी लम्बे समय तक टैंक (tank) में रखना पड़ता है।

विधि—क्रोमियम लेपन घोल काफी उच्च धारा घनत्व पर कार्य करते हैं तथा इनका प्रचालन परास अपेक्षाकृत कम है। इसलिये यह आवश्यक है कि लेपन टैंक में वस्तुओं (कैथोड) को सही स्थिति में रखा जाये और वस्तुयें एक-दूसरे के पीछे छिपनी नहीं चाहिये तथा जहाँ तक सम्भव हो, प्रत्येक वस्तु ऐनोड से सीधी लाइन में हो।

§ 5.17. ताम्र लेपन (Copper Plating)

ताम्र एक बहुत ही अच्छी सजावट धातु है जिसका प्रयोग घरेलू सामान जैसे तस्वीरों के कुण्डे, फोटोग्राफ, फ्रेम तथा दराजों को खींचने के लिये पुल (pull) हैण्डल इत्यादि के लेपन में भी किया जाता है। ताम्र लेपन प्रायः दो विधियों द्वारा किया जाता है—

(i) अम्ल ताम्र सल्फेट घोल द्वारा

(ii) सायनाइड ताम्र घोल के साथ।

सायनाइड ताम्र लेपन का प्रयोग आजकल व्यापारिक लेपन में बढ़ता जा रहा है क्योंकि लोहा, इस्पात, जिंक या जिंक मिश्र धातुओं पर लेपन केवल सायनाइड ताम्र घोल द्वारा ही सम्भव है तथा सायनाइड ताम्र घोलों की फैंक शक्ति (throwing power) काफी होती है तथा इससे अलोहीय तथा लोहीय दोनों प्रकार की धातुयें लेपित की जा सकती हैं।

उच्च गति से तथा अधिक मात्रा में ताम्र लेपन के लिये अम्ल ताम्र सल्फेट लेपन घोल प्रयोग किया जाता है, विशेषकर जहाँ वस्तुओं का आकार सरल होता है। अलोहीय धातु जैसे पीतल, काँसा, निकिल, चाँदी इत्यादि को सीधे ही अम्ल घोल द्वारा ताम्र लेपित किया जा सकता है। इस्पात तथा जिंक की वस्तुओं को अम्ल ताम्र लेपन द्वारा सीधे ताम्र लेपित नहीं किया जा सकता क्योंकि ये धातुयें ताम्र को अम्ल ताम्र घोल से विस्थापित (displace) कर देती हैं तथा इस प्रकार इस्पात तथा जिंक की वस्तुओं पर चढ़ी ताम्र की परत उचित प्रकार से नहीं जमती। इसलिये लोहा, इस्पात तथा जिंक से बनी वस्तुओं को अम्ल ताम्र घोल में लेपन करने से पहले सायनाइड के घोल में डुबाना पड़ता है। इस्पात वस्तुओं पर निकिल लेपन करके भी अम्ल ताम्र लेपन विधि अपनाई जा सकती है। नीचे दोनों विधियों के विभिन्न अभिलक्षण दिये गये हैं—

(i) अम्ल ताम्र घोल के साथ ताम्र लेपन

विद्युत अपघट्य :

ताम्र सल्फेट (copper sulphate) : 200 ग्राम

पोटाश फिटकरी (potash alum) : 12 ग्राम

गन्धक का अम्ल (शुद्ध) आपेक्षिक गुरुत्व 1.48 के साथ : 56 ग्राम

या : 31 मिली लीटर (द्रव रूप में)

पानी (water) : 1 लीटर

ताम्र सल्फेट तथा फिटकरी को पहले अलग से किसी इनेमल या सीसा अस्तर वाले टैंक में गर्म पानी में घोल लिया जाता है। जब ताम्र सल्फेट तथा फिटकरी पानी में घुल जाती है तब इसे टैंक में छान कर स्थानान्तरित कर दिया जाता है। तब घोल को ठण्डा होने दिया जाता है, अब इसमें गन्धक के अम्ल की उचित द्रव मात्रा थोड़ी-थोड़ी मिला दी जाती है तथा अब घोल को प्रचालन के लिये अन्तिम रूप में आवश्यकता अनुसार सही अनुपात में तनु कर लिया जाता है।

विद्युत अपघट्य घोल का आपेक्षिक गुरुत्व—सल्फेट घोल के साथ ताम्र लेपन विद्युत अपघट्य घोल का आपेक्षिक गुरुत्व (specific gravity) 1.15 होना चाहिये।

तापमान—प्रायः घोल को कमरे के तापमान पर प्रयोग किया जाता है। परन्तु घोल का तापमान 15.5°C से कम नहीं होना चाहिये। तीव्र लेपन के लिए घोल का तापमान 37°C तक बढ़ाया जा सकता है।

Scanned by CamScanner

धारा घनत्व (Current density)—कमरे के तापमान पर विद्युत अपघट्य घोल को 100 से 150 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर के धारा घनत्व पर प्रचलित किया जा सकता है। तीव्र लेपन के लिये 250 से 300 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर के धारा घनत्व को भी प्रयोग किया जा सकता है।

वोल्टता—विद्युत अपघट्य घोल की कमरे के तापमान पर एनोड तथा कैथोड के 10 सेमी के अन्तर पर प्रयुक्त वोल्टता 2 से 4 वोल्ट तक होनी चाहिये। यद्यपि यह घोल के तापमान तथा घनत्व पर निर्भर करता है तथा इसका मान 4 से 12 वोल्ट तक भी हो सकता है।

लेपन समय—अम्ल ताम्र सल्फेट घोल में कैथोड की दक्षता बहुत उच्च होती है, इसलिये जब किसी विशिष्ट मोटाई की परत लेपन करने के लिए समय तथा धारा की गणना करनी हो तो यह मानना भय रहित है, कि 1.08 ऐम्पियर प्रति मिनट प्रति वर्ग फुट (0.3 वर्ग मीटर) सतह क्षेत्र पर 0.1 मिल (mils) या (0.0001'') ताम्र लेपित होगा। ताम्र लेपन में 15 मिनट का समय काफी होता है जिससे उपयुक्त धारा घनत्व का चयन करके प्रयोग किया जा सकता है।

विधि—अम्ल ताम्र सल्फेट घोल के लिए सीसा अस्तर वाले टैंक या रबड़ अस्तर वाले टैंक प्रयोग किये जाते हैं। टैंक में आवश्यक ऐनोड तथा कैथोड छड़ें होती हैं। जहाँ उच्च धारा घनत्व प्रयोग किये जाते हैं, वहाँ कैथोड (वस्तुयें जिन पर लेपन करना होता है) को घुमाने का भी प्रबन्ध होना चाहिये ताकि वस्तुओं पर समरूप लेपन हो सके। विद्युत अपघट्य घोल को ठण्डा करने का प्रबन्ध भी होना चाहिये क्योंकि उच्च घनत्व पर घोल को ठण्डा करना पड़ता है।

(ii) ताम्र लेपन सायनायड घोल के साथ

(i) सामान्य कार्यों के लिये हल्का विद्युत अपघट्य घोल

ताम्र लवण* (copper salt) : 50 ग्राम

मुक्त सोडियम सायनायड : 1 ग्राम

पानी (water) : 1 लीटर

उपरोक्त घोल बनाने के लिये पहले सोडियम सायनायड को किसी इनेमल बर्तन में गर्म पानी में घोल लिया जाता है तथा अब धीरे-धीरे ताम्र लवण को थोड़ा-थोड़ा उपरोक्त घोल में मिलाया जाता है तथा साथ-साथ घोल को हिलाते जाते हैं। अब घोल को ठण्डा होने देते हैं, जब घोल ठण्डा हो जाता है तो उसे लेपन टैंक में डाल देते हैं।

प्रचालन शर्तें (Operating conditions)—उपरोक्त विद्युत अपघट्य घोल 49°C तापमान तथा 50 से 100 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर धारा घनत्व पर प्रचलित होती है। इस

*ताम्र लवण ट्रेड नाम है जिसमें पहले से ही सायनायड मिला रहता है।

धारा घनत्व पर ऐनोड तथा कैथोड छड़ों के मध्य 2 से 2.5 वोल्ट तक की वोल्टता प्रयुक्त करनी चाहिये।

(ii) उच्च धारा घनत्व पर प्रयोग के लिये भारी घोल

(Heavy solution for use at high current density)

ताम्र लवण* (copper salt) : 125 ग्राम

सोडियम सायनायड (sodium cyanide) : 5 ग्राम

पानी (water) : 1 लीटर

प्रचालन शर्तें (Operating condition)—उपरोक्त घोल को भी ऊपर वर्णित (हल्के घोल) के समान ही बनाया जाता है तथा यह घोल 55°C तापमान तथा 300 से 400 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर धारा घनत्व पर प्रचालित किया जा सकता है। इस धारा घनत्व पर ऐनोड तथा कैथोड छड़ों के मध्य 3.5 से 5 वोल्ट की वोल्टता प्रयुक्त की जा सकती है।

उपरोक्त दोनों घोलों में समय-समय पर उच्च श्रेणी का सोडियम सायनायड मिलाते रहना चाहिये ताकि घोल में मुक्त सायनायड के अंश बने रहें। इसके लिए घोल को समय-समय पर जाँचते रहना चाहिये।

आपेक्षिक गुरुत्व—घोल का आपेक्षिक गुरुत्व प्रयोग के साथ-साथ बढ़ता रहता है क्योंकि सायनायड के लगातार विघटन के कारण कार्बोनेट की मात्रा घटती रहती है। इस कारण से प्रयोग किये जा रहे घोल के आपेक्षिक गुरुत्व को धातु अंशों के लिए मार्गदर्शक के रूप में नहीं लिया जाता। इसलिए समय-समय पर घोल में ताम्र की उपस्थिति को जाँचते रहना चाहिये।

ताम्र घोलों में ताम्र की उपस्थिति निम्न से कम नहीं होनी चाहिये—

हल्का घोल (Light solution)

मुक्त सोडियम सायनायड : 4–6 ग्राम प्रति लीटर

ताम्र : 8 ग्राम प्रति लीटर

भारी घोल (Heavy solution)

मुक्त सोडियम सायनाइड : 14 ग्राम प्रति लीटर

ताम्र : 18 ग्राम प्रति लीटर

(iii) गुलाबी ताम्र लवण के साथ (Pink copper salt)—गुलाबी ताम्र लवण में 50% ताम्र होता है। यह लवण पानी में नहीं घुलते परन्तु सायनायड घोलों में घुल जाते हैं। ताम्र लेपन घोलों में मुक्त सायनायड की मात्रा को बनाये रखने में तथा ताम्र लेपन घोल बनाने में भी इनका प्रयोग किया जा सकता है। इस घोल को कमरे के तापमान पर या 50°C से 71°C पर सफलतापूर्वक प्रचालित किया जा सकता है तथा अच्छे परिणाम प्राप्त होते हैं। इस प्रकार ठण्डे तथा गर्म दोनों प्रकार के घोल बनाकर प्रयोग किये जाते हैं।

Scanned by CamScanner

ठण्डा घोल (Cold solution)

गुलाबी ताम्र लवण : 25 ग्राम
सोडियम सायनायड : 38 ग्राम
पानी : 1 लीटर

उपरोक्त घोल को कमरे के तापमान (लगभग 20°C) पर 30 से 50 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर के धारा घनत्व पर प्रयोग किया जा सकता है।

गर्म घोल (Warm solution)

गुलाबी ताम्र लवण : 25 ग्राम
सोडियम सायनायड : 38 ग्राम
पानी : 1 लीटर

गर्म घोल को बनाने के लिय पहले सोडियम सायनायड को किसी इनेमल के बर्तन में गर्म पानी में घोल कर गुलाबी ताम्र लवण को हिलाते हुए थोड़ा-थोड़ा मिलाया जाता है तथा मिश्रण को क्वथनांक बिन्दु (boiling point) तक गर्म किया जाता है। जब लवण घुल जाता है तो घोल को ठण्डा होने दिया जाता है तथा ठण्डा होने पर लेपन टैंक में स्थानान्तरित कर दिया जाता है।

प्रचालन शर्तें—गुलाबी ताम्र लवण के लेपन घोल को 59°C से 71°C तापमान पर तथा 80 से 100 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर की धारा घनत्व पर प्रचालित किया जा सकता है। इस धारा घनत्व पर 2.5 से 3 वोल्ट तक वोल्टता, ऐनोड तथा कैथोड की छड़ों के मध्य होनी चाहिये।

गुलाबी ताम्र लवण लेपन के गर्म तथा ठण्डे घोलों की आपेक्षिक गुरुत्व 1.045 तक होनी चाहिये तथा इसे भी ताम्र घोल के समान बनाये रखना चाहिये तथा समय-समय पर सोडियम सायनायड 6.25 ग्राम से 12.5 ग्राम प्रति लीटर में मिलाते रहना चाहिये।

ऐनोड—ताम्र लेपन के लिये शीशे को छिद्र युक्त प्लेटों पर ताम्र लेप कर बनाये गये ऐनोड प्रयोग किये जाते हैं। इस प्रकार बने ऐनोड से ताम्र को अन्तिम अंश तक प्रयोग में लाया जा सकता है।

§ 5.18. चाँदी लेपन (Silver Plating)

चाँदी एक ऐसी प्रथम धातु है जिसे व्यापारिक रूप में लेपन कार्यों में प्रयोग किया गया और आज भी खाने-पीने के बर्तनों का लेपन करने में इसका अपना विशेष स्थान है। विभिन्न विद्युत उपकरणों तथा उनके सम्पर्कों को भी चाँदी लेपित बनाया जाता है क्योंकि चाँदी एक अच्छा चालक तथा अच्छा परावर्ती (reflective) गुण रखता है।

चाँदी लेपन के लिये विद्युत अपघट्य—आधुनिक चाँदी लेपन का घोल चाँदी तथा सोडियम या पोटेशियम का दोहरा सायनायड होता है। इस घोल में सोडियम या पोटेशियम

सायनायड तथा कुछ अतिरिक्त कारक मिलाने से इसकी फैंकन शक्ति (throwing power) तथा जमाव क्रिया को सुधारा जा सकता है।

इस प्रकार के घोल, चाँदी लवणों (silver salts) को आवश्यक मात्रा में गर्म पानी में घोल कर सीधे ही बनाये जा सकते हैं तथा इन्हें तुरन्त प्रयोग में लाया जा सकता है। नीचे अकेले चाँदी सायनायड तथा पोटेशियम सायनायड के घोल को बनाने का एक सूत्र दिया गया है।

अकेला चाँदी सायनायड (80.5%) (single silver cyanide) : 19 ग्राम
पोटेशियम सायनायड (potassium cyanide) : 157 ग्राम
पोटेशियम कार्बोनेट (potassium carbonate) : 25 ग्राम

कार्बोनेट का प्रयोग चालकता को बढ़ाता है, अच्छा जमाव लेपन देता है तथा घोल की फैंकन शक्ति को बढ़ाता है। घोल बनाते समय सबसे पहले पोटेशियम सायनायड को गुनगुने कम पानी, जिसका तापमान लगभग 38°C तक होता है, में घोल लिया जाता है-इसके बाद चाँदी सायनायड (silver cyanide) को मिलाया जाता है तथा अच्छी प्रकार से हिलाकर मिला लिया जाता है। अब घोल को अच्छी प्रकार कपड़छन कर लेपन टैंक में डाल दिया जाता है।

आजकल अधिक जमाव दर प्राप्त करने में तथा कम समय में अच्छा लेपन प्राप्त करने के लिये शक्तिशाली घोल प्रयोग में लाये जाते हैं। जिनके लिये घोलों की रचना को नीचे दिया गया है—

हल्के जमाव के लिये

चाँदी लवण* (silver salt) 30%	40 ग्राम
पोटेशियम सायनायड	2 ग्राम
पानी	1 लीटर

आक्सीकृत चाँदी कार्यों के लिये

चाँदी लवण* (30%)	22 ग्राम
पोटेशियम सायनायड	3 ग्राम
पानी	1 लीटर

भारी जमाव के लिये

चाँदी लवण* (20%)	62.5 ग्राम
पानी	1 लीटर

घोल बनाना—चाँदी लवण को पोटेशियम सायनायड सहित 38°C तापमान के पानी में

* बाजार में चाँदी लेपन के लिये चाँदी लवण बना बनाया मिलता है। जिसे कि गर्म पानी में घोलकर विद्युत अपघटय बनाया जा सकता है। इसमें 30% चाँदी तथा 10% मुक्त पोटेशियम सायनायड होता है।

Scanned by CamScanner

तथा किसी इस्पात के वैल्ड-टैंक या लोहे के इनेमल बर्तन में घोल लिया जाता है। जब पूरा लवण घुल जाता है तब इस घोल को लेपन टैंक में जोकि पहले से ही आधे तक ठण्डे पानी में भरा रहता है, डाल दिया जाता है। अब घोल में आवश्यक अनुपात में पानी मिलाकर और तनु कर लिया जाता है।

आपेक्षिक गुरुत्व (Specific gravity)—चाँदी लेपन के विद्युत अपघट्य घोल का आपेक्षिक गुरुत्व उसकी सान्द्रता (concentration) पर निर्भर करता है, (अर्थात् प्रति लीटर कितना चाँदी लवण प्रयोग किया गया है) परन्तु लेपन अवधि के साथ-साथ धीरे बढ़ता है। इसलिये समय-समय पर घोल में चाँदी अंश की मात्रा को जाँचते रहना चाहिये।

ऐनोड—चाँदी लेपन में परिष्कृत चाँदी (99.99% शुद्ध) के तापानुशीतित (annealed) ऐनोड प्रयोग किये जाते हैं। इस पर ऑक्साइड की कोई काली परत जमा नहीं होनी चाहिये तथा ये घोल में अच्छी प्रकार से घुल जाने चाहियें तथा इनकी संख्या अधिक होनी चाहिये या इनका आकार बड़ा होना चाहिये।

टैंक तथा उपकरण—आजकल चाँदी लेपन के लिये शुद्ध शीशे का प्रबलित काँच चादर की अस्तर वाला टैंक प्रयोग किया जाता है, परन्तु रबर अस्तर या सीमेंट अस्तर वाला टैंक, पाषाण-भान्ड (stone ware), या ऐनेमल टैंक भी प्रयोग किये जा सकते हैं। चाँदी लेपन में यह आवश्यक है कि टैंक में लटकी प्रत्येक वस्तु पर समान मोटाई की परत जमा हो। इसके लिये आवश्यक है कि वस्तुयें ऐनोड से समान दूरी पर रखी हों। वस्तुओं (कैथोड) पर भारी जमाव के लिये आवश्यक है कि वस्तुओं (कैथोड) को टैंक में घुमाने का प्रबन्ध किया जाये या वस्तुओं को टैंक से समय-समय पर (एक घण्टे में एक बार) बाहर निकाला जाये तथा उसे पानी में धोकर तथा खुरचकर बुश द्वारा चिकनी सतह प्रदान करके पुनः टैंक में डाला जाये। यह विधि आजकल नहीं अपनाई जाती। आजकल चाँदी लेपन के लिये ऐसे टैंक प्रयोग किये जाते हैं जिन पर कैथोड को घुमाने का प्रबन्ध लगा रहता है।

प्रचालन शर्तें—चाँदी लेपन के उपरोक्त विद्युत अपघट्य घोलों को कमरे के तापमान (परन्तु 16°C तापमान से कम पर नहीं) पर तथा धारा घनत्व 20 से 30 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर पर प्रयोग किया जाता है। इस धारा घनत्व पर ऐनोड तथा कैथोड के मध्य 17.5 से 20 सेमी॰ का अन्तर होना चाहिये तथा ऐनोड एवं कैथोड के मध्य 0.75 से 1 वोल्ट का विभव प्रयुक्त किया जाता है।

जमाव की गति (Speed of deposition)—चाँदी का विद्युत अपघट्य घोल उच्च कैथोड दक्षता रखता है जो कि सैद्धान्तिक मान का लगभग 99 में से 100% तक होता है, जिससे 37 ऐम्पियर मिनट प्रति वर्ग फुट की धारा 0.1 मिल्स (0.0001 इन्च) मोटी परत जमती है। दूसरे शब्दों में 370 मिनट में 2 मिल्स (0.001 इन्च) मोटी परत जम सकती है जबकि 1 ऐम्पियर प्रति वर्ग फुट की धारा प्रयोग की जा रही हो या लगभग 2 घण्टे (123 मिनट) में 3 ऐम्पियर प्रति वर्ग फुट (या 30 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर) की सामान्य धारा घनत्व प्रयोग की जा रही हो।

लेपन की मोटाई—प्रायः होटलों में खाने-पीने की प्लेटों तथा चम्मचों इत्यादि पर 2 मिल्स (0.002″) मोटी परत काफी होती है। ऐसी वस्तुयें उचित शर्तों के साथ 20 वर्ष तक अच्छी सेवा प्रदान कर सकती हैं। साधारण घरेलू बर्तनों पर 0.75 से 1 मिल्स (0.001″) मोटी परत चढ़ाई जाती है तथा 0.3 से 0.5 मिल्स मोटी परत आभूषणों तथा मूर्तियों इत्यादि पर चढ़ाई जाती है।

चाँदी के विद्युत अपघट्य का रखरखाव—चाँदी के वैद्युत अपघट्य घोल को सही बनाये रखने के लिये समय-समय पर उनमें पोटेशियम सायनायड (potassium cyanide) की थोड़ी मात्रा मिलाते रहना चाहिये। सामान्य तौर पर मानक घोल में 6.25 ग्राम सायनायड की मात्रा होनी चाहिये। चाँदी के जिन विद्युत अपघट्यों में कार्बोनेट होते हैं उनमें सायनायड 18.75 ग्राम से 25 ग्राम प्रति लीटर तक हो सकता है। इसके लिये घोल को कम से कम एक हफ्ते में एक बार अवश्य जाँच लेना चाहिये। यदि ऐनोड पर सफेद पपड़ी जमा हो जाये तो घोल में सायनायड की मात्रा कम हो गई है। इस स्थिति में ऐनोड तथा कैथोड के मध्य वोल्टता बढ़ जायेगी तथा धारा घट जायेगी। घोल में सायनायड की मात्रा अधिक होने पर सामान्य वोल्टता पर धारा बढ़ जाती है तथा ऐनोड पर चमकीले रवे दिखाई देने लगते हैं। इसके लिये घोल में एकल चाँदी सायनायड (single silver cyanide) (80%) मिला देना चाहिये, इसे सीधे घोल में नहीं डालना चाहिये, पहले हल्की सी लुग्दी बनाकर उसे थोड़ा-थोड़ा घोल हिलाते हुये मिलाना चाहिये।

§ 5.19. निकिल लेपन (Nickle Plating)

निकिल एक चमकीली सफेद धातु है। यह कठोर होती है तथा इसे सन्तोषजनक रूप में ब्रश इत्यादि से चमकाया नहीं जा सकता परन्तु उच्च परिसज्जा (high finish) तक पालिश किया जा सकता है। निकिल वातावरण में उपस्थित सल्फर के यौगिकों द्वारा बदरंग नहीं होता जैसे कि चाँदी हो जाती है। यह बहुत कम आक्सीकृत होता है, वह भी जब हवा में गर्म किया जाये। यह नमक के अम्ल (hydrochloric acid) या गन्धक के तनु अम्ल में धीरे-धीरे घुलता है। इस पर तनु नाइट्रिक अम्ल शीघ्र प्रहार करता है परन्तु सान्द्र गन्धक अम्ल इसे अस्थाई रूप में निष्क्रिय बना देता है जिससे इस अवस्था में इन पर कोई प्रतिकारक प्रभाव नहीं पड़ता।

निकिल लेपन की महत्ता इस बात से और भी बढ़ जाती है कि निकिल एक ऐसा धातु है जिस पर क्रोमियम लेपन सबसे अच्छा होता है।

निकिल लेपन घोलों का मुख्य आधार निकिल सल्फेट है जिसमें कोई क्लोराइड मिला रहता है, जिससे यह अपने अन्दर निकिल घोल सकता है। निकिल लेपन घोल में बोरिक अम्ल भी मिलाया जाता है। बोरिक अम्ल एक दुर्लभ अम्ल है जोकि प्रतिरोधक (buffer) का कार्य करता है ताकि घोल का pH मान शीघ्रता से परिवर्तित न हो, विशेषकर कैथोड की सतह पर।

प्रभावी प्रचालन के लिये यह आवश्यक है कि घोल का pH मान संतुति किये गये

Scanned by CamScanner

मान पर बनाये रखा जा सके। कम निकिल सान्द्रता, धारा घनत्व को घटा देती है। जिस पर घोल जमाव (deposit) को बिना दाहक (burning) किये प्रचालित किया जा सकता है। यदि घोल में क्लोराइड की मात्रा कम होगी तो घोल की चालकता कम हो जायेगी तथा लेपन के लिये अधिक वोल्टता की आवश्यकता होगी, जिससे ऐनोड ध्रुवित (polarise) होने लगते हैं तथा इन पर एनोड की दक्षता घट जाती है और इससे घोल में कम निकिल घुलता है और घोल की सान्द्रता कम हो जाती है। यदि बोरिक अम्ल की मात्रा कम होगी तो pH का मान चढ़ जायेगा, विशेष कर कैथोड के पास। इससे कैथोड सतत शीघ्रता से हाइड्रोक्साइड हो जाती है, जिसके कारण चमकीले निकिल लेपन से भी तुषारित जमाव (frosted deposit) प्राप्त होता है। इसके अतिरिक्त कुछ और भी रसायन निकिल लेपन घोल में मिलाये जाते हैं जिससे उसकी स्थिरता बनी रहती है तथा निकिल जमाव पर भी नियन्त्रण रखा जा सकता है। मन्द निकिल लेपन (dull nickle plating) के घोलों का pH मान 5.5 से 5.8 के मध्य होना चाहिये। चमकीले निकिल लेपन में pH का मान लगभग 4 होना चाहिये। यदि pH मान बढ़ाया गया हो तो घोल अधिक क्षारीय हो जाता है, जिससे निकिल घोल अवक्षेपित (precipited) हो जाता है, जिससे हाइड्रोक्साइड तथा असन्तोषजनक लेपन प्राप्त होता है, यदि pH का मान कम हो जायेगा तो घोल अधिक अम्लीय हो जाता है, जिससे घोल की दक्षता कम हो जाती है।

pH का मान तुल्यनात्मक पेपर (comparator paper) द्वारा ज्ञात किया जाता है जोकि सबसे सरल विधि है। यह छोटी-छोटी पत्तियाँ कई रंगों में मिलती हैं। जब इस पेपर को घोल में डुबाया जाता है तो घोल की अम्लीयता के अनुसार पेपर का रंग परिवर्तित हो जाता है। इस रंग के शेड को तुलनात्मक रंगों से मिला कर pH का मान ज्ञात कर लिया जाता है।

निम्न तीन श्रेणियाँ प्रायः निकिल लेपन के लिये बनाई गई हैं।

A (सफेद लेबल) pH मान 2.5 से 6.7 मन्द निकिल लेपन घोल के लिये

B (पीला लेबल) pH मान 3.9 से 5.4 तक (अर्द्ध-चमक तथा चमक निकिल घोलों के लिये)

K (लाल लेबल) pH मान 3.4 से 4.5 (चमकीली निकिल लेपन घोल के लिये)।

आजकल pH मीटर द्वारा सीधे घोल का pH मान ज्ञात किया जाता है, जिसके द्वारा pH का अतिशुद्ध मान ज्ञात किया जा सकता है।

निकिल लेपन घोल (Nickle plating solution)—सुविधा तथा विश्वसनियता की दृष्टि से निकिल लेपन के लिये निकिल लवण प्रयोग किये जाते हैं। पुराने समय में प्रयोग किये जाने वाले निकिल लेपन घोल मन्द या धूमिल (dull or matt) जमाव देते थे तथा चमकीली परिसज्जा प्राप्त करने के लिये लेपन के बाद वस्तुओं को यान्त्रिक रूप से पोलिश या परिसज्जा (finish) करना पड़ता था। पिछले कुछ वर्षों में चमकीली निकिल लेपन प्राप्त करने के लिये काफी प्रयत्न किये गये, जिससे ऐसे घोल तैयार किये गये जिनसे चमकीली

निकिल लेपन प्रक्रिया का विकास हो गया है, जिसने मन्द निकिल लेपन का स्थान ले लिया है। चमकीली निकिल लेपन प्रक्रिया प्रयोग करने से निकिल लेपन के पश्चात् वस्तुओं को परिसज्जित करने की आवश्यकता नहीं पड़ती तथा उन पर सीधे ही क्रोमियम लेपन किया जा सकता है—

नीचे मन्द तथा चमकीली निकिल लेपन घोल बनाने में कुछ सूत्र दिये गये हैं।

(i) मन्द निकिल लेपन के लिये घोल (Solution for dull or matt Nickle plating)

ठण्डा घोल (Cold Solution)

(अ) निकिल लवण (Nickle salt)* : 125 ग्राम
पानी : 1 लीटर

निकिल लवण को किसी इनेमल के लोहे के बर्तन में घोल लिया जाता है। घोल बनाने के समय पानी का तापमान 18°C तक रखा जा सकता है तथा घोल का आपेक्षिक गुरुत्व 1.065 होना चाहिये।

निकिल लेपन घोल में निम्न अवयवों की मात्रा होनी चाहिये।

निकिल (धातु के रूपों में) : 14 ग्राम प्रति लीटर
निकिल क्लोराइड : 19 ग्राम प्रति लीटर
बोरिक अम्ल : 10 ग्राम प्रति लीटर
अमोनिया सल्फेट : 14 ग्राम प्रति लीटर

प्रचालन शर्तें—उपरोक्त घोल को कमरे के तापमान (20°C) पर 30 से 60 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर की धारा घनत्व पर प्रचालित किया जा सकता है। इस धारा घनत्व पर ऐनोड तथा कैथोड छड़ों के मध्य 1 से 2 वोल्ट का विभव प्रयुक्त किया जाना चाहिये।

अब वस्तुओं को लेपन टैंक में रखा जाये तो धारा न्यूनतम पर समंजन करके सप्लाई ऑन करनी चाहिये। टैंक में पहले काफी वस्तुयें रखनी चाहिये ताकि दाहक (burning) से सुरक्षा हो सके तथा जैसे-जैसे कोड बढ़ाया जाये, उसी अनुपात में धारा को भी बढ़ाया जाये।

जमाव की दर (Rate of deposition)—50 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर पर एक घण्टे में 0.25 मिल्स (या 0.00025″) की मोटी परत जम सकती है।

pH का मान—घोल को pH मान प्रत्येक दिन जाँचना चाहिये तथा 1.065 आपेक्षिक गुरुत्व पर pH का मान 5.6 से 5.8 के मध्य होना चाहिये।

(ब) गर्म घोल (Warm solution)—जहाँ तीव्र गति से लेपन करना हो वहाँ गर्म घोल प्रयोग में लाना चाहिये।

निकिल लवण : 200 ग्राम
पानी : 1 लीटर

* निकिल लवण बाजार में बना बनाया मिलता है।

Scanned by CamScanner

लवण को उपरोक्त विधि द्वारा ही किसी लोहे के इनेमल के बर्तन में गर्म पानी में घोल लेना चाहिये तथा इस घोल का आपेक्षिक गुरुत्व 1.11 से 11.5 तक होना चाहिये। तैयार गर्म घोल में निम्न अवयवों की मात्रा होनी चाहिये।

निकिल (धातु के रूप में) : 22 ग्राम प्रति लीटर
निकिल क्लोराइड : 32 ग्राम प्रति लीटर
बोरिक अम्ल : 16 ग्राम प्रति लीटर
अमोनिया सल्फेट : 22 ग्राम प्रति लीटर

प्रचालन शर्तें—उपरोक्त गर्म घोल को 32°C से 38°C तापमान पर 140 से 160 ऐम्पियर वर्ग मीटर के धारा घनत्व पर प्रचालित किया जा सकता है। धारा घनत्व पर एनोड तथा कैथोड छड़ों के मध्य 2.5 से 3.5 वोल्ट का विभव प्रयुक्त किया जाना चाहिये। वस्तु को टैंक में रखने से पहले बहुत कम वोल्टता प्रयुक्त करनी चाहिये, तब लोड बढ़ने के साथ-साथ धारा को बढ़ाना चाहिये, इस बात की सावधानी रखनी चाहिये कि वस्तुयें दाहक (burning) से बची रहें।

जमाव दर—एक घण्टे में 150 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर के धारा घनत्व पर 0.75 मिल्स (0.00075 इन्च) की औसतन मोटी परत जमती है।

pH मान—घोल का pH मान 5.0 से 5.8 के मध्य होना चाहिये। शीघ्र जमाव प्राप्त करने के लिये निकिल लवण की प्रति लीटर मात्रा को 300 ग्राम तक लिया जा सकता है।

(ii) चमकीला निकिल लेपन घोल (Bright nickle plating solution)—

चमकीला निकिल लवण : 400 ग्राम
पानी : 1 लीटर

सर्वप्रथम रबड़ अस्तर वाले टैंक को गर्म तनु अम्ल द्वारा साफ करके $\frac{2}{3}$ भाग तक साफ ठण्डे पानी से भर लिया जाता है। अब इस पानी में शुद्ध गन्धक का अम्ल 2 मिली लीटर (ml.) प्रति लीटर की दर से सावधानी पूर्वक मिला लिया जाता है। अब इस तनु गन्धक के अम्ल का तापमान 49°C तक बढ़ाया जाता है तथा तब चमकीले निकिल लवण की आवश्यक मात्रा को धीरे-धीरे उपरोक्त घोल में मिलाया जाता है। मिश्रण को अच्छी प्रकार हिलाकर मिलाते रहते हैं, जब तक कि पूरा लवण घुल न जाये। अब इस घोल में कार्यकारी आयतन तक आवश्यकतानुसार पानी मिला लिया जाता है। अब इस घोल को अन्तिम रूप में शोधित कर लिया जाता है ताकि इसमें से धातु अशुद्धता दूर हो जाये।

इसके लिये घोल का तापमान लगभग 60°C तक बढ़ाया जाता है तथा इस तापमान को बनाये रखते हैं। अब इस घोल में तनु सोडियम हाइड्रोक्साइड घोल (5 से 10% तक) को मिलाया जाता है ताकि घोल का pH मान 4.5 से बढ़ जाये। अब इस घोल में ऐनोड को कॉटन ऐनोड थैलों में रखकर ऐनोड छड़ों से लटका दिया जाता है तथा घोल को निम्न धारा घनत्व पर ताम्र तथा जिंक को दूर करने के लिये प्रयोग किया जाता है। अच्छे प्रचालन के लिये समय-समय पर इस घोल को छानते रहना चाहिये।

उपरोक्त चमकीले निकिल लेपन घोल में अवयवों की मात्रा निम्न होनी चाहिये—

निकिल (धातु के रूप में) : 62 से 75 ग्राम प्रति लीटर
निकिल क्लोराइड : 66 ग्राम प्रति लीटर
बोरिक अम्ल : 34 से 40 ग्राम प्रति लीटर

प्रचालन शर्तें—घोल को 52°C से 58°C तापमान पर 350 से 750 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर में धारा घनत्व पर प्रचालित किया जा सकता है। प्रायः 400 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर की धारा घनत्व को प्रयोग किया जाता है। इस धारा घनत्व पर एनोड तथा कैथोड छड़ों के मध्य 4 से 12 वोल्ट का विभव प्रयुक्त किया जाता है। यदि धारा घनत्व अधिक उच्च रखी जायेगी तो अवरोध भागों पर जमाव की मोटाई समान नहीं होगी।

जमाव दर—400 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर की धारा घनत्व पर 30 मिनट में निकिल लेपन की मोटाई 0.1 मिल्स (या 0.001 इन्च) प्राप्त होती है।

pH मान—घोल pH का मान 3.9 से 4.5 तक बनाये रखना चाहिये। 15.5°C पर घोल का आपेक्षिक गुरुत्व 1.205 होना चाहिये तथा प्रचालन तापमान पर 1.185 होना चाहिये। जब घोल ठण्डा हो जाता है तो उसमें कुछ रवे बने दिखाई दे सकते हैं जिन्हें हटाना नहीं चाहिये, बल्कि घोल गर्म करने पर इन्हें घोल लेना चाहिये।

ऐनोड—मन्द निकिल लेपन के लिये निकिल के अण्डाकार ऐनोड (Nickle oval anode) प्रयोग किये जाते हैं। यदि यह प्राप्त न हों तो शुद्ध वेल्लित निकिल ऐनोड (pure rolled nickle anode) प्रयोग किये जा सकते हैं। यदि घोल उत्तेजित हो तो ऐनोड को कॉटन ऐनोड थैलों में रखकर प्रयोग करना चाहिये।

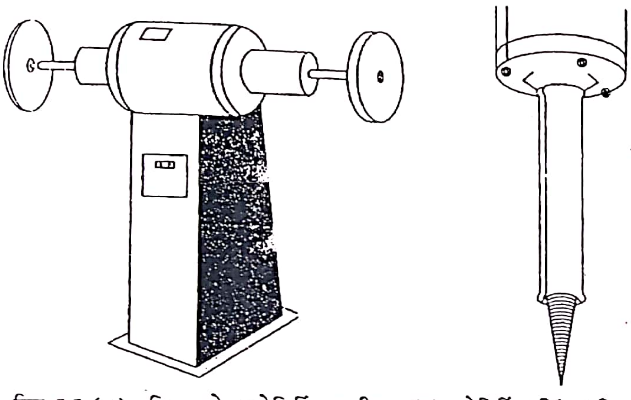
चमकीली निकिल लेपन के लिये निध्रुवीय (depolarised) ऐनोड प्रयोग किये जाते हैं : इन ऐनोडों को भी कॉटन ऐनोड थैलों में रखकर प्रयोग किया जाता है ताकि ऐनोड सतह से कोई कण लेपन घोल में न जाने पाए और लेपन को स्थूल होने से बचाया जा सके। ऐनोड थैले ऐनोडों से लम्बे होने चाहियें तथा थैलों की तली तथा ऐनोडों के मध्य कम से कम 7.5 सेमी का अन्तर होना चाहिये। ऐनोडों की समय-समय पर जाँच करते रहना चाहिये ताकि यह सुनिश्चित रहे कि ऐनोड थैले अच्छी हालत में हैं। जब ऐनोडों को घोल से निकाला जाए तो यह सावधानी रखनी चाहिये कि थैलों में एकत्रित अवयव लेपन घोल में न जा पाए अन्यथा बाद में स्थूल जमाव प्राप्त होगा। ऐनोड थैलों को क्षतिग्रस्त (damage) होने से बचाने की सावधानी बरतनी चाहिये। घोल से निकलने पर ऐनोड को किसी छड़ पर टाँग देना चाहिये तथा फर्श पर किसी भी हालत में नहीं रखना चाहिये।

§ 5.20. धातु को चमकाना तथा प्रयुक्त उपकरण
(Polishing of Metals and Equipments-Required)

वैद्युत लेपन के पश्चात् धातु को चमकाया जाता है जोकि पोलिशिंग शाप में किया जाता है। इस प्रक्रिया से धातु अधिक चमकदार हो जाती है तथा उस पर वैद्युत अपघट्य घोल

Scanned by CamScanner

इत्यादि के धब्बे साफ हो जाते हैं। धातुओं को चमकाना अर्थात् उनकी पॉलिशिंग एक पृथक् हवादार कमरे में करनी चाहिये। लेपन तथा पोलिशिंग दोनों क्रियाओं को अलग स्थानों पर करने का मुख्य कारण यह है कि पोलिशिंग करते समय किसी प्रकार की पोलिशिंग धूल इत्यादि लेपन घोल में न चली जाये, दूसरा कारण यह है कि लेपन कार्यशालाओं में कई प्रकार की गैसें तथा भाप वातावरण में चली जाती हैं जोकि चमकी हुई वस्तुओं की सतह को बदरंग कर सकती हैं।



चित्र 5.5 (अ) विद्युत मोटर पोलिशिंग मशीन (ब) पोलिशिंग स्पिंडल जिस पर गोलक (bob) चढ़ाया जाता है

पोलिशिंग मशीन—धातुओं को चमकाने के लिये आजकल वैद्युत मोटर चालित पोलिशर मशीनें प्रयोग की जाती हैं जिनके दोनों ओर नुकीली शाफ्ट निकली रहती हैं तथा जिन पर उपयुक्त व्यास के चमड़े या कपड़े के गोलक (mop or bob) या पहिये (wheels) लगे रहते हैं। मोटर के दोनों ओर निकली शाफ्ट चूड़ीदार नुकीली तथा टेपर सिरों वाली होती है ताकि उस पर गोलक या पहिये आसानी से चढ़ सकें तथा चलते समय उतर न पायें। इन मोटरों की गति 2800 r.p.m. या 1440 r.p.m. होती है। चित्र 5.5 में सामान्य रूप में प्रयोग होने वाली सरल वैद्युत मोटर पोलिशर मशीन को दिखाया गया है।

विभिन्न प्रकार की वस्तुओं के लिये विभिन्न प्रकार तथा प्रारूप की पोलिशिंग मशीनें प्रयोग की जाती हैं।

पोलिशिंग विधि—चमकीली सतह करने के लिये दो प्रक्रियायें करनी पड़ती हैं—(i) अपघर्षक परिसज्जन (abrasive finishing), (ii) पोलिशिंग या चमकाना (polishing or buffing)।

प्रथम प्रक्रिया को बोबिंग (bobbing) भी कहते हैं तथा इसमें अपघर्षक (abrasives)

प्रयोग किये जाते हैं जो कि वस्तुओं की सतह से विषमताओं (irregularities) तथा अपूर्ण आकृति को हटाते हैं। द्वितीय प्रक्रिया पोलिशिंग या चमकाना (polishing or buffing) में गोलक (bob) तथा पोलिशिंग घटक (polishing components) प्रयोग किये जा सकते हैं, जिससे चिकनी तथा चमकदार सतह प्राप्त होती है।

§ 5.21. अपघर्षक परिसज्जन (Abrasive Finishing)

इस प्रक्रिया में कई परिसज्जन प्रक्रियायें आती हैं जिनमें अपघर्षक कोटित पहिये या गोलक, अपघर्षक बैन्ड या अपघर्षक यौगिक (abrasive band or composition) प्रयोग किये जाते हैं। अपघर्षकों से कोटित गोलकों द्वारा लोहीय वस्तुओं की सतह को काफी अच्छी प्रकार चमकाया जा सकता है जिससे उन पर अच्छा चमकीला निकिल लेपन प्राप्त हो। अलोहीय पदार्थों पर चमकीली परावर्ती परिसज्जा (bright reflective finish) प्राप्त करने के लिये, पदार्थों के लेपन से पहले अपघर्षक परिसज्जन भी करना पड़ता है।

यदि वस्तुओं पर गहरी खरोंच (scratches) या विषमतायें हों तो यहाँ काफी मोटे अपघर्षण प्रयोग किये जाते हैं तथा तब धीरे-धीरे सूक्ष्म अपघर्षक प्रयोग करते जाते हैं जब तक कि आवश्यक परिसज्जा प्राप्त न हो जाये।

मोटे अपघर्षकों द्वारा सतह पर बहुत गहरी खरोंचे पड़ सकती हैं, इसलिये यह आवश्यक है कि उपयुक्त अपघर्षक प्रयोग किये जायें। अति सूक्ष्म अपघर्षक प्रयोग करने से विशेषकर जिन वस्तुओं की सतह स्थूल (rough) होती हैं, पोलिशिंग प्रक्रिया में काफी समय लग सकता है।

जहाँ तक सम्भव हो पोलिशिंग की दिशा बदलते रहना चाहिये, इसमें वस्तुओं पर प्रथम प्रचालन में पड़ी खरोंचे काफी हद तक दूर हो जाती हैं, यदि सभी प्रचालन (operation) एक ही दिशा में किये गये हों, तो हो सकता है कि प्रथम मोटे अपघर्षक की खरोंचे वस्तु सतह पर रह जायें, तथा बाद की प्रत्येक पोलिशिंग प्रक्रिया में यह खरोंचें अधिक गहरी हो जायें।

उपरोक्त विधि को प्रायः क्रोसिंग कहते हैं। इसमें प्रथम प्रचालन में वस्तुओं को ऊपर से नीचे तक घर्षित करते हैं तथा द्वितीय प्रचालन में बायें से दायें तथा तृतीय प्रचालन में मूल दिशा में घर्षित करते हैं तथा यह प्रक्रिया तब तक दोहराते रहते हैं जब तक कि पूर्ण परिसज्जा प्राप्त नहीं हो जाती।

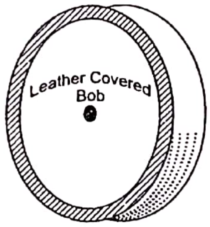
अपघर्षक—आजकल धातु परिसज्जन के लिये तीन प्रकार के अपघर्षक प्रयोग किये जाते हैं—(i) कॉर्न रेगमाल (corn emery), (ii) ऐल्यूमिनियम ऑक्साइड (aluminium oxide) तथा सिलिकॉन कारबाइड (silicon carbide), अन्तिम दोनों संश्लिष्ट पदार्थ (synthetic materials) हैं।

रेगमाल विभिन्न परास के दानों में मिलता है। यह अति सूक्ष्म चूर्ण के रूप में 220, 180, 120, 90 से 60 नं० की जाली में या काफी मोटे दाने में भी मिलता है। रेगमाल को

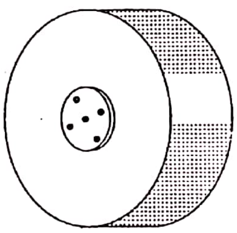
Scanned by CamScanner

चमड़े या कपड़े के गोलकों पर सरेस लगाकर चढ़ा दिया जाता है। अपघर्षक कार्यों के लिये निम्न प्रकार के रेगमाल कपड़े या कार्न ऐमरी प्रयोग की जाती है।

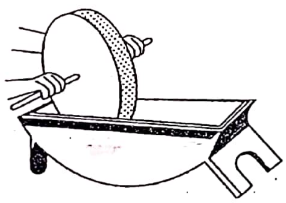
कॉर्न रेगमाल (Corn emery)	चूर्ण	120	90	70	60	54	40	36	30	20	8
रेगमाल कपड़ा	0	FF	F	1	1.5	2	2.5	0	4	5	6



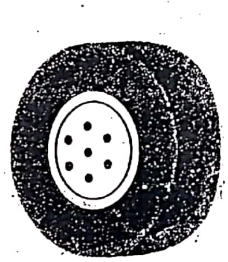
(अ) चमड़े के ढके गोलक (Leather covered bob)



(ब) रेगमाल युक्त नम्दे का गोलक (Emery dressed felt bob) वस्तु की सफाई के लिये यह बहुत प्रचलित है।

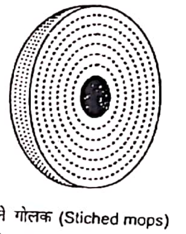


(स) गोलक पर सरेस द्वारा रेगमाल लगाने की विधि

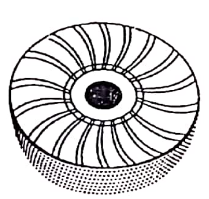


(द) विद्युत लेपन से पहले सतह को काटने या समान करने के लिये प्रयोग किये जाने वाले फाइबर ब्रुश वाले गोलक या पहिये

चित्र 5.6



(क) सिले गोलक (Stiched mops) ये कठोर सतह को चमकाने के लिये प्रयोग होते हैं।



(ख) बायस गोलक (Bias mops) ये उच्च श्रेणी की पोलिशिंग के लिये प्रयोग होते हैं।

चित्र 5.6 कुछ भिन्न प्रकार के गोलक

ऐल्यूमीनियम ऑक्साइड तथा सिलिकॉन कारबाइड में छोटे कोणीय अपघर्षक दाने होते हैं जोकि रेगमाल की अपेक्षा तीव्र कटिंग के लिये प्रयोग किये जाते हैं।

अपघर्षकों को चमड़े या कपड़े के ड्रेसिंग पहियों अपघर्षक बैण्डों पर सरेस लगाकर लगाया जाता है। चित्र 5.6 में कुछ प्रकार के ऐसे गोलक या पहियों को दिखाया गया है।

(iii) पोलिशिंग या चमकाना (Polishing)—पोलिशिंग प्रक्रिया का मुख्य कार्य कम से कम पदार्थ को हटाकर चिकनी परावर्ती सतह प्राप्त करना है। चिकनी परावर्ती सतह को उचित समय में प्राप्त करने के लिये यह आवश्यक है कि पोलिशिंग घटकों (polishing composition) के साथ कोई नरम अपघर्षक प्रयोग किया जाये, ताकि सतह चिकनी होने के साथ-साथ अपघर्षण क्रिया भी होती रहे।

सतह चिकनी होने की दर प्रयोग किये जाने वाले पोलिशिंग घटकों पर तथा गोलक (mop) के कपड़े (fabric) के प्रारूप पर (जिसका कि गोलक बना हुआ है) तथा पोलिश किये जाने वाले पदार्थ पर निर्भर करती है।

पोलिशिंग प्रचालन दो अवस्थाओं में होती है, प्रथम अवस्था में कुछ कठोर गोलक प्रयोग किये जाते हैं जिन पर ऐसे पोलिशिंग घटक लगे रहते हैं जो कि तेजी से साथ सतह को काटते हैं। इसके पश्चात् मुलायम गोलकों पर सफेद फिनिश घटक या कुँकुनी (rouge) (विभिन्न प्रकार की धातुओं की सतहों को चमकाने के लिये प्रयोग किये जाने वाले रंग या रासायनिक घटक) लगाकर सतह का अन्तिम परिसज्जन (final finishing) प्राप्त किया जाता है। चित्र 5.6 (क) तथा (ख) में इस कार्य के लिये दो प्रकार के गोलक (mops) दिखाये गये हैं। विभिन्न धातुओं पर पोलिश करने के लिये विभिन्न प्रकार की कुँकुनियाँ (rouges) प्रयोग की जाती हैं।

जैसे पियरलैस पोलिश, कुँकुनी चूर्ण, ग्रीन ऑक्साइड कम्पाउण्ड (green oxide compound) इत्यादि।

Scanned by CamScanner

§ 5.22. ऐनोडाइसिंग (Anodising)

ऐल्यूमिनियम पर रक्षात्मक तथा सजावटी परिसज्जा देने के लिये ऐनोडाइसिंग का प्रयोग विस्तृत रूप से किया जाता है। ऐनोडाइसिंग प्रक्रिया में ऐल्यूमीनियम या ऐल्यूमीनियम ऑक्साइड की पतली अदृश्य फिल्म (film) चढ़ाई जाती है, जोकि सतह पर स्वाभाविक रूप से लेती है तथा जंग प्रतिरोधी होती है।

ऐनोडाइसिंग प्रक्रिया वस्तुओं को परिपथ में ऐनोड बनाया जाता है, न कि कैथोड जैसा कि विद्युत लेपन में होता है तथा ऐनोड पर मुक्त ऑक्सीजन मूल धातु पर सम्बद्ध ऑक्साइड फिल्म बनाती है। ऐनोडाइस्ड फिल्म कई प्रकार के रंगों में प्राप्त की जा सकती है तथा आजकल इस प्रणाली का प्रयोग कृत्रिम सुनहरे रंग के आभूषण बनाने तथा रसोई में प्रयोग आने वाले विभिन्न घरेलू उपकरणों में सजावटी कार्यों के लिये किया जाता है।

ऐल्यूमीनियम ऐनोडाइसिंग के लिये दो प्रकार की प्रक्रियायें अधिक प्रचलित हैं, प्रथम (i) गन्धक अम्ल प्रक्रिया (sulphuric acid process) तथा (ii) क्रोमिक अम्ल क्रिया (chromic acid process) गन्धक अम्ल प्रक्रिया रक्षात्मक तथा सजावटी परिसज्जा के लिये अधिकतर प्रयोग की जाती है। क्रोमिक अम्ल प्रक्रिया केवल वहाँ प्रयोग की जाती है जहाँ न्यूनतम धातु खण्ड हानि पर अधिकतम सुरक्षा की आवश्यकता है। आजकल ऐल्यूमीनियम की कठोर घिसाई प्रतिरोधी सतह (hardware resistance surface) प्राप्त करने के लिये भी ऐनोडाइसिंग प्रक्रिया प्रयोग की जाती है।

§ 5.23. ऐनोडाइसिंग की गन्धक अम्ल प्रक्रिया

गन्धक अम्ल प्रक्रिया में 5 से 20% गन्धक के अम्ल के आयतन वाले घोल बनाये जाते हैं। नीचे दो प्रकार के प्रचलित घोलों को बनाने का सूत्र दिया गया है।

10% वाले घोल

शुद्ध गन्धक का अम्ल जिसका आपेक्षिक—
गुरुत्व 1.84 हो : 10 लीटर
पानी : 100 लीटर

15% वाले घोल

शुद्ध गन्धक का अम्ल : 15 लीटर
जिसका आपेक्षिक गुरुत्व (S.P.G.) : 1.84 हो
पानी : 100 लीटर

यह देखा गया है कि कम सान्द्रता वाले घोल में तथा निम्न प्रचालन तापमान पर अधिक कठोर फिल्म बनती है। अधिक सान्द्रता वाले घोल अधिक चालकीय होते हैं, तथा इस प्रकार थोड़ी कम प्रचालन वोल्टता की आवश्यकता होती है, तथा इस घोल द्वारा प्राप्त ऐनोडाइसिंग फिल्म थोड़ी मुलायम तथा अधिक खुली संरचना (open structure) वाली होती है।

सामान्य कार्यों के लिये जहाँ अधिक गहरे रंग के शेड की आवश्यकता हो वहाँ 15% सान्द्रता वाले घोल प्रयोग किये जाते हैं। चमकीला ऐनोडाइसिंग तथा कठोर फिल्म प्राप्त करने के लिये 10% सान्द्रता वाले घोल प्रयोग किये जाते हैं। सामान्य रूप में घोल का तापमान 22°C से 24°C तक रखा जाता है। यदि अधिक कठोर तथा अधिक घिसाई प्रतिरोधी फिल्म की आवश्यकता हो तो इस तापमान को और भी कम किया जा सकता है। कठोर ऐनोडाइज्ड फिल्म प्राप्त करने के लिये गन्धक अम्ल घोल का तापमान 5.5°C तक घटाया जा सकता है।

ऐनोडाइसिंग उपकरण—गन्धक अम्ल प्रक्रिया में सीसा अस्तर या रबड़ अस्तर वाले टैंक प्रयोग किये जा सकते हैं। विद्युत अपघट्य विधि के समय उत्पन्न धुआँ गैसों को बाहर निकालने के लिये टैंक पर प्रबन्ध करना पड़ता है। बड़ी संस्थाओं तथा जहाँ बहुत कम तापमान पर कार्य करना होता है, वहाँ रेफ्रीजरेशन (refrigeration) प्रयोग किये जाते हैं।

कैथोड—जहाँ सीसा अस्तर वाले टैंक प्रयोग किये जाते हैं, वहाँ सीसा अस्तर ही कैथोड का कार्य करता है। रबड़ अस्तर वाले टैंकों में टैंक के केन्द्र में कैथोड छड़ पर सीसे या ऐल्यूमिनियम के कैथोड लटकाये जाते हैं।

ऐनोडाइसिंग घोल बनाने की विधि—ऐनोडाइसिंग घोल बनाने के लिये सर्वप्रथम टैंक को $\frac{2}{3}$ भाग तक स्वच्छ ठण्डे पानी से भर लिया जाता है अब इसमें आवश्यक आयतन में गन्धक का अम्ल धीरे-धीरे डाला जाता है। चूँकि घोल बनाते समय काफी ताप उत्पन्न होता है, इसलिये यह आवश्यक है कि अम्ल रुक-रुक कर डाला जाये तथा घोल को ठण्डा होने दिया जाये। जब घोल बन जाये तो उसमें आवश्यक अनुपात में पानी मिलाकर टैंक को कार्यकारी तल तक भर लिया जाता है। जब रबड़ अस्तर वाले टैंक प्रयोग करने हों तो घोल को पहले किसी अलग बर्तन में बनाना चाहिये।

प्रचालन शर्तें—10 या 15% सान्द्रता वाले घोलों का प्रचालन तापमान 22 से 24°C तक होना चाहिये तथा साधारणतः ऐल्यूमिनियम मिश्र धातुओं की धारा घनत्व 120 से 200 ऐम्पियर प्रति वर्ग मीटर होती है। इस धारा घनत्व को प्राप्त करने के लिये 12 से 16 वोल्ट की आवश्यकता होती है।

ऐनोडाइसिंग समय 10 से 30 मिनट तक हो सकता है। जहाँ उच्च श्रेणी की सुरक्षा (protection) आवश्यक हो वहाँ 10 से 30 मिनट का काफी समय होता है। सजावट कार्यों के लिये 10 मिनट का समय काफी रहता है।

ऐनोडाइसिंग की जाने वाली वस्तुओं को ऐल्यूमिनियम चालक या ऐल्यूमिनियम मिश्र धातु चालक द्वारा अच्छी प्रकार से कस कर बाँधकर टैंक में लटकाना चाहिये। ऐसी वस्तुएं जो बाहर से खोखली हों, को इस प्रकार से टैंक में लटकाना चाहिये ताकि हवा उन भागों में न रुके तथा प्रक्रिया के समय गैस उन भागों में न जाने पाये तथा इन भागों की भी अच्छी प्रकार ऐनोडाइसिंग हो सके।

Scanned by CamScanner

§ 5.24. जिंक लेपन या जस्तीकरण
(Zinc Plating or Galvanising)

लोहे तथा इस्पात पर जंग रोधी (rust proof) फिनिश के लिये जस्ते (zinc) का प्रयोग बहुत लम्बे-समय से किया जा रहा है तथा लगभग दो शताब्दियों (centuries) से पिघले धातु के द्वारा जस्तीकरण प्रयोग किया जा रहा है। हाल के वर्षों में जिंक (zinc) का विद्युत निक्षेपण (electro deposition) तेजी के साथ बढ़ा है तथा इसका प्रयोग विस्तृत रूप से ढली हुई वस्तुओं (castings), फोरजिंग्स (forgings), तथा शीट स्टील प्रैसिंग (sheet steel pressings) पर किया जा रहा है।

आज भी हॉट डिप (hot dip) प्रक्रिया द्वारा जस्तीकरण का प्रयोग छत की नालीदार चादरें (roofing sheets), टैंक (tank), सिस्टर्न (cisterns) तथा घरेलू बर्तनों जैसे बालटियाँ (bucket) इत्यादि जंगरोधी पर सुरक्षा पर्त चढ़ाने में किया जाता है। इन वस्तुओं में धातु की मोटी परत की आवश्यकता होती है ताकि जोड़ सील हो जाये तथा ये कठोर घिसाई (hard wear) को सह सकें। हॉट डिप प्रक्रिया में लागत भी कम आती है।

छोटी तथा हल्की वस्तुओं के निर्माण में विशेषकर इन्जीनियरी वस्तुयें जो कि सूक्ष्म परिमाप सीमा (fine dimensional limits) में बनाई जाती हैं, वहाँ वैद्युत निक्षेपण (electro deposition) अधिक निश्चित लाभकारी है क्योंकि इससे अधिक सजावट परिसज्जा (attractive finish) प्राप्त होती है तथा इसमें पिघली डिपिंग प्रक्रिया (molten dipping process) की तरह विकार (distortion) नहीं होता। इसके अतिरिक्त विद्युत निक्षेपित (electro deposited) कोटिंग गर्म जस्तीकरण (hot galvanising) की अपेक्षा अधिक समरूप मोटाई में होती है तथा इससे खाँचों (slots) तथा पेंच छिद्रों (screw holes) या चूड़ियाँ तथा सूक्ष्म कार्यों में बाधा उत्पन्न नहीं होती।

जिंक के पूरी वस्तु के चारों ओर समान रूप से कोटिंग के कारण से लोहे तथा इस्पात (steel) को पूर्ण आवश्यक सुरक्षा ही नहीं मिलती बल्कि जिंक नीचे की धातुओं को जंग से बचाता है। इससे हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि यह सुरक्षा थोड़े समय के लिये है तथा निक्षेपण शीघ्र ही नष्ट हो जाता है, लेकिन व्यावहारिक रूप में देखा गया है कि शीघ्र ही जिंक कोटिंग नष्ट नहीं होती, जब तक कि जिंक आर्द्र वायुमण्डल स्थिति (humid atmospheric condition) में नहीं आता, इससे वस्तु की सतह पर आक्साइड (oxide) फिल्म आ जाती है, जिससे जंग लगने का खतरा बढ़ जाता है।

अधिक सुरक्षा के लिये, वस्तुओं पर क्रोमियम की प्लेटिंग की जाती है जिसका वर्णन पीछे किया जा चुका है।

जिंक घोल (Zinc solution)—जिंक के वैद्युत विश्लेषण के लिये कई प्रकार के घोल उपलब्ध हैं, जोकि अभिलक्षण तथा संघटकों में भिन्न हैं। लेकिन फिर भी इन्हें मुख्य रूप से अम्ल (acid) या क्षारीय घोलों में वर्गीकृत किया जाता है।

घोल का चयन (Choice of solution)—जिंक लेपन के लिये लवण या घोल का चयन निम्न पर निर्भर करता है।

(अ) मूल धातु की प्रकृति, जैसे ढलवाँ लोहा या इस्पात,

(ब) चमकीली (bright) या गंद (matt) परिसज्जा चाहिये।

नीचे कुछ मुख्य जिंक घोल बनाने के सूत्र दिये हैं।

(i) गैल्वेनैक्स जिंक घोल (Galvanax zinc solution)—यह घोल इस्पात पत्तियों (Steel pressing) तथा अन्य शीट मैटल वस्तुओं के लिये सिफारिश किया गया है, जहाँ भंगुर सफेद जमाव (ductile white deposit) की आवश्यकता होती है।

यह प्रक्रिया बनाये रखने में सरल है तथा इसकी फैंकन शक्ति (throwing power) बहुत अच्छी है। यह विशेषकर ढलवाँ लोहे के लेपन के लिये उपयुक्त है।

सान्द्रता (Concentration)

'गैलवेनैक्स' जिंक लवण (Galvanax zinc salts) : 150 ग्राम

पानी (Water) : 1 लीटर

घोल बनाने की विधि—सामान्य रूप से आधा टैंक गर्म पानी से भर लिया जाता है जिसका तापमान 37.7°C से अधिक नहीं होना चाहिये। अब इसमें जिंक लवण को डालें तथा तब तक हिलायें जब कि पूरा घुल न जाये। अब इसमें इतना ठण्डा पानी डालें ताकि टैंक कार्यकारी सतह तक भर जाये, तब पुनः घोल को अच्छी प्रकार मिला लें तथा इस घोल का घनत्व 18° से 19° तक Dull कर लें। समय-समय पर गुरुत्व को जाँचते रहें क्योंकि प्रयोग के दौरान कार्बोनेट तत्वों में गुरुत्वता बढ़ जाती है।

टैंक—जिंक घोल वेल्डिंग स्टील या रबर लाइन टैंक में बनाया जाना चाहिये। सीसा टैंक प्रयोग नहीं किये जाने चाहिये। घोल गर्म करने का प्रबन्ध होना चाहिये।

ऐनोड (Anode)—अधिक सफेदी के लिये शुद्ध जिंक ऐनोड (99.99% सीसा रहित) प्रयोग किये जाने चाहिये। ढलवाँ, रोल्ड (rolled) तथा ओवल (oval) आकृति के ऐनोड प्रयोग किये जा सकते हैं। जब लेपन न किया जा रहा हो तो ऐनोडों को घोल से निकाल लेना चाहिये।

घोल का प्रचालन—बर्तन में घोल 32.2°C पर गर्म रखना चाहिये तथा धारा घनत्व 10 से 15 ऐम्पियर प्रति वर्ग फुट रखना चाहिये तथा वोल्टता 2 से 4 वोल्ट होनी चाहिये।

जमाव की दर (Rate of deposition)—100% कैथोड दक्षता पर 83 ऐम्पियर प्रति मिनट की धारा आवश्यक है जिसमें 0.0001 इंच जिंक की परत प्रति वर्ग फुट सतह क्षेत्र पर जमती है।

(ii) सुपर ज़ाइन्टैक्स ब्राइट जिंक घोल (Super zyntax bright zinc solution)—इस घोल द्वारा उच्च गति से चमकीली जिंक निक्षेपण होता है तथा इसका

Scanned by CamScanner

प्रयोग इस्पात वस्तुओं की रक्षा के लिये, जहाँ चमकीली आकर्षक जिंक प्रतिरोधी चमक चाहिये, किया जाता है। इसके द्वारा वैद्युत संचरण भागों का लिंक लेपन भी किया जाता है।

घोल—

सुपर 'जाइनटैक्स' लवण : 200 ग्राम

पानी : 1 लीटर

घोल बनाने के लिये टैंक को उपयुक्त अनुपात में 2/3 भाग तक साफ गरम पानी से भर लिया जाता है। जब आवश्यक माप से जिंक लवण को टैंक में डाला जाता है तथा अच्छी प्रकार घोल लिया जाता है तथा घोल को 60°C से 70°C तक गर्म कर लिया जाता है।

घोल को तब तक हिलाते हैं जब तक कि पूरा लवण घुल न जाये। अब घोल में इतना पानी मिलाया जाता है कि घोल का घनत्व 22° से 28° तक dull हो जाये। क्योंकि गुरुत्वता (gravity) बढ़ने की सम्भावना रहती है इसलिये हाइड्रोमीटर द्वारा समय-समय पर गुरुत्वता जाँचते रहना चाहिये।

टैंक एवं उपकरण—सुपर जाइनटैक्स घोल के लिये सादा वेल्डिंग टैंक (plain welded tank) या रबर लाइनित (rubber lined) टैंक प्रयोग किया जा सकता है। रबर लाइनित टैंक को गर्म कास्टिक घोल द्वारा पूर्व उपचारित (pretreated) कर लेना चाहिये।

ऐनोड (Anode)—इसके लिये अदि शुद्ध जिंक ऐनोड (99.99%—सीसा रहित) प्रयोग किये जाते हैं। ढलवाँ (rolled), तथा ओवल (oval) प्रारूपी ऐनोड प्रयोग किये जाते हैं इससे सफेद चमक प्राप्त होती है।

घोल का प्रचालन—इस घोल को 29.5°C से 37.7°C तापमान पर प्रयोग किया जा सकता है तथा 26 से 60 ऐम्पियर प्रति वर्ग फुट की धारा घनत्व प्रयोग की जा सकती है। इसके लिये 3 से 5 वोल्ट तक की वोल्टता की आवश्यकता होती है।

जमाव की दर—सुपर जाइनटैक्सी द्वारा जमाव की दर घोल के तापमान पर निर्भर करती है। उच्च ताप पर कैथोड दक्षता उच्च होती है तथा 35 से 37°C तापमान पर उच्च दक्षता प्राप्त होती है।

12 से 15 मिनट में 50 ऐम्पियर प्रति वर्ग फुट पर जिंक की 0.3 मिल्स (0.0003″) से 0.05 (0.0005 इन्च) मोटी परत जम जाती है, जोकि घोल के तापमान पर भी निर्भर करती है।

जिंक लेपन के पश्चात् उपचार—जिंक लेपन के पश्चात् टैंक से वस्तुयें निकालने पर उन पर हरे-पीले रंग की परत जमा हो सकती है जिसे निम्न विधि द्वारा दूर कर देना चाहिये :

सबसे पहले कार्य (वस्तु) को स्वच्छ ठण्डे चलते पानी में अच्छी प्रकार धो लेना चाहिये जब तक कि उस पर से लेपन घोल उतर न जाये। अब इसे 5 ग्राम (तरल नाइट्रिक अम्ल) प्रति लीटर के ठण्डे पानी से बने तरल नाइट्रिक घोल में डुबा लें जोकि पहले से काँच बर्तन में रखा हो। वस्तुओं को लगभग 3 सेकण्ड तक इस घोल में डुबाये रखें तथा तब निकाल कर अच्छी प्रकार सुखा लें।

अपघर्षक तथा पोलिशिंग—अन्य लेपनों के समान होते हैं।

विचार प्रश्न 5.1—किसी विद्युत-लेपन संक्रिया में grinding तथा polishing में विभेद दीजिये।

उत्तर—देखें § 5.20 and § 5.21

विचार प्रश्न 5.2—धारा घनत्व बढ़ाने से वैद्युत लेपन की गुणवत्ता पर क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर—§ 5.11 (i) का अवलोकन करें।

अभ्यास के लिये सैद्धान्तिक एवं विचार प्रश्न

1. वैद्युत लेपन क्या होता है तथा यह किस प्रकार किया जाता है?
2. वैद्युत अपघटनी (electrolytic) से आप क्या समझते हैं? वैद्यत अपघटनी के फैराडे के नियम का वर्णन कीजिये तथा इस सिद्धान्त के प्रयोग भी लिखिये।
3. वैद्युत अपघट्य (electrolyte) की परिभाषा लिखिये।
4. वैद्युत अपघट्य कितने प्रकार के होते हैं?
5. आयनीकरण या आयनी विघटन से क्या तात्पर्य है?
6. वैद्युत अपघटन के नियमों को समझाइये। वैद्युत अपघट्य अनुप्रयोगों को समझाइये।
7. निम्न की परिभाषा लिखिये—
   (i) इलैक्ट्रोड, (ii) ऐनोड, (iii) कैथोड, (v) रासायनिक तुल्यांक भार, (v) वैद्युत रासायनिक तुल्यांक।
8. वैद्युत अपघटनी का फैराडे का नियम लिखिये।
9. धारा दक्षता से आप क्या समझते हैं?
10. ऊर्जा दक्षता की परिभाषा दीजिये।
11. वैद्युत निक्षेपण (electro-deposition) का मूल सिद्धान्त बताइये, जिन कारकों पर सूक्ष्म कणिक (fine grained) निक्षेपण निर्भर करता है, उनका वर्णन कीजिये।
12. वैद्युत निक्षेपण (electro-deposition) के मूल सिद्धान्त क्या हैं? वैद्युत निक्षेपण की quality किन-किन बातों पर निर्भर करती है?
13. वैद्युत अपघट्य के शक्ति फेंकन (throwing power) गुण की व्याख्या कीजिये।
14. वैद्युत लेपन प्रक्रिया के लिये किस शक्ति सप्लाई की आवश्यकता पड़ती है तथा इसे किस प्रकार से प्राप्त किया जाता है?
15. ऐनोडीकरण (anodising) से क्या तात्पर्य है? ऐनोडीकरण की प्रक्रिया (process) को समझाइये।
16. वैद्युत लेपन प्रक्रिया में किन तीन पदों (steps) को पूर्ण किया जाता है। ताम्र लेपन के लिये इन पदों का संक्षेप में वर्णन कीजिये।
17. किसी वस्तु पर वैद्युत लेपन करने से पहले उसकी सफाई क्यों आवश्यक है?
18. क्रोमियम लेपन विधि का संक्षेप में वर्णन कीजिये।

Scanned by CamScanner

19. मन्द निकिल लेपन विधि का संक्षेप में वर्णन कीजिये।
20. चाँदी लेपन विधि का संक्षेप में वर्णन कीजिये।
21. ताम्र लेपन विधि पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।
22. धातु की सफाई करने में किन चार प्रक्रियाओं को पूर्ण करना पड़ता है?
23. लेपन की जाने वाली वस्तु की प्रारम्भिक सफाई या ग्रीस उतारने से आप क्या समझते हैं? इस प्रक्रिया का वर्णन कीजिये।
24. धातुओं पर लेपन करने से पहले अम्ल मार्जन प्रक्रिया का क्या महत्व है?
25. अम्ल मार्जन का पिकिल (pickle) किस प्रकार तैयार किया जाता है?
26. चमकीली डिपिंग से आप क्या समझते हैं?
27. धातुओं की गर्म क्षारीय क्लीनर्स विधि का वर्णन कीजिये।
28. धातुओं की अन्तिम सफाई से आप क्या समझते हैं? इसका लेपन पर क्या प्रभाव पड़ता है?
29. धातु का वैद्युत निक्षेपण या लेपन विधि को सचित्र समझाइये।
30. वैद्युत लेपन में किस प्रकार के टैंक प्रयोग किये जा सकते हैं?
31. क्रोमियम लेपन के लिये वैद्युत अपघट्य बनाने के लिये सूत्र दीजिये। क्रोमियम लेपन का आजकल क्या उपयोग है?
32. ताम्र लेपन में कौन-सा सायनायड प्रयोग किया जाता है, ताम्र लेपन के लिये वैद्युत अपघट्य घोल बनाने के लिए सूत्र दीजिये तथा बनाने की विधि भी लिखिये।
33. अम्ल ताम्र लेपन घोल को बनाने की विधि का पूर्ण वर्णन कीजिये तथा इसकी प्रचालन शर्तें भी दीजिये।
34. ताम्र लेपन सायनायड घोल के साथ प्रचालन शर्तें दीजिये।
35. चाँदी लेपन के लिए प्रक्रिया का पूर्ण वर्णन कीजिए तथा इसकी प्रचालन शर्तें भी लिखिये।
36. निकिल लेपन की मन्द तथा चमकीली निकिल लेपन में से कौन-सी लेपन अच्छी है, कारण सहित बताइये?
37. चमकीली निकिल लेपन विधि का पूर्ण वर्णन कीजिये तथा प्रचालन शर्तें भी लिखिये।
38. धातु को चमकाना (polishing) क्यों आवश्यक है?
39. पोलिशिंग विधि का संक्षेप में वर्णन कीजिये।
40. पोलिशिंग विधि में जिन दो प्रक्रियाओं को करना पड़ता है उनका संक्षेप में वर्णन कीजिये।
41. पोलिशिंग की अपघर्षक परिसज्जन (abrasive finishing) विधि कब-कब आवश्यक है? क्या इसका प्रयोग लेपन करने से पहले भी करना पड़ता है?
42. पोलिशिंग में कितने प्रकार के अपघर्षक प्रयोग किये जाते हैं तथा इनका पोलिशिंग में किस क्रम से प्रयोग करना चाहिये?
43. पोलिशिंग से आप क्या समझते हैं? इस प्रक्रिया का संक्षेप में वर्णन कीजिये।
44. ऐनोडाइसिंग से आप क्या समझते हैं? इसका क्या प्रयोग है?

45. ऐनोडाइसिंग की गन्धक अम्ल प्रक्रिया का वर्णन कीजिये।
46. ऐनोडाइसिंग घोल बनाने की विधि का वर्णन कीजिये।
47. ऐनोडाइसिंग उपकरणों का वर्णन कीजिये।
48. वैद्युत निक्षेपण (electro deposition) के प्रारम्भिक सिद्धान्तों की व्याख्या कीजिये।
49. ऐनोडाइसिंग करने की विधि का वर्णन कीजिये।
50. निकिल प्लेटिंग पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।
51. कॉपर प्लेटिंग पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।
52. वैद्युत-निक्षेपण (electro-deposition) का मूल सिद्धान्त क्या है? इसके व्यावहारिक अनुप्रयोग कीजिये।
53. उद्योग निकिल लेपन की प्रक्रिया को विस्तार से वैद्युत अपघट्य के संगठन (composition) को देते हुये समझाइये। वैद्युत लेपन की quality किन-किन खण्डों (factors) पर निर्भर करती है?
54. ऐनोडाइसिंग से क्या तात्पर्य है? ऐनोडाइसिंग की प्रक्रिया को समझाइये तथा इसके लिये प्रयोग किये जाने वाले उपकरणों का वर्णन कीजिये।
55. जिंक लेपन या जस्तीकरण का उपयोग लिखिये।
56. वैद्युत-लेपन से क्या तात्पर्य है तथा यह किस उद्देश्य के लिये किया जाता है? वैद्युत-लेपन में निहित विभिन्न संक्रियाओं (operations) का वर्णन कीजिये।
57. किसी वैद्युत-लेपन संक्रिया में grinding तथा polishing में विभेद कीजिये।
58. वैद्युत अपघट्य के नियमों का उल्लेख कीजिये। निकिल लेपन (Nickle plating) की प्रक्रिया का वर्णन कीजिये।
59. निम्नलिखित में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये—
    (i) चाँदी लेपन के लिये ……… घोल प्रयोग किया जाता है।
    (ii) वैद्युत अपघट्य के धातु निक्षेपण (metal deposition) ……… के प्रति संरक्षण प्रदान करते हैं।
    (iii) ताम्र के जमाव के लिये ……… का घोल प्रयोग किया जाता है।
    (iv) जो इलैक्ट्रोड बैट्री या दिष्ट धारा सप्लाई के धनात्मक सिरे के संयोजित होता है ……… कहते हैं।
    (v) जिस इलैक्ट्रोड के द्वारा धारा वैद्युत अपघट्य घोल से बाहर निकलती है, उसे ……… कहते हैं।
    (vi) परमाणु द्वारा प्राप्त किया गया एक इलैक्ट्रॉन ……… कहलाता है।
    (vii) अम्ल ताम्र घोल के साथ ताम्र लेपन घोल का आपेक्षिक गुरुत्व ……… होना चाहिये।
    (viii) चाँदी लेपन के लिये ……… ऐनोड प्रयोग किये जाते हैं।

Scanned by CamScanner

(ix) ताम्र लेपन के लिये शीशे को ·········· पर ·········· लेपकर बनाये गये ऐनोड प्रयोग किये जाते हैं।

(x) निकिल के लिये ·········· के ········· ऐनोड प्रयोग किये जाते हैं।

(xi) क्रोमियम लेपन में ·········· ऐनोड प्रयोग किये जाते हैं।

उत्तर—(i) चाँदी तथा सायनायड का दोहरा घोल, (ii) जंग, (iii) ताम्र सल्फेट या क्यूप्रिस सायनाइड तथा सोडियम सायनायड, (v) ऐनोड, (v) कैथोड, (vi) एनायन या धनायन, (vii) 1.5 (viii) परिष्कृत चाँदी, (99.99% शुद्ध) के तापानुशीतित, (ix) छिद्रित प्लेटों, ताम्र, (x) निकिल, अण्डाकार, (xi) मिश्र सीसा धातु।

60. धारा घनत्व बढ़ने से वैद्युत लेपन की गुणवत्ता (quality) पर क्या प्रभाव पड़ता है?

61. विद्युत लेपन के क्या उद्देश्य हैं? इसके लिये कौन-कौन से उपकरण तथा उपसाधन आवश्यक हैं? विद्युत लेपन प्रक्रिया का वर्णन कीजिये।

62. विद्युत लेपन में विद्युत निक्षेपण (electro deposition) किन बातों से प्रभावित होता है? कौन-से विद्युत सप्लाई लेपन में उपयोग में लाई जाती है? वर्णन कीजिये।

63. विद्युत लेपन का उद्देश्य क्या है? इसके लिये कौन-से उपकरणों एवं सहायकों की आवश्यकता होती है? वैद्युत लेपन प्रक्रिया समझाइये।

संख्यात्मक प्रश्न

1. 40.248 ग्राम चाँदी के निक्षेपण के लिये समय ज्ञात कीजिये जबकि सिल्वर नाइट्रेट के घोल में 10 ऐम्पियर की धारा प्रवाहित की जाती है। चाँदी का वैद्युत रासायनिक तुल्याँक 0.001118 ग्राम प्रति कूलम्ब है।
[उत्तर—62 मिनट]

2. एक 10 सेमी अर्द्धव्यास वाले गोले पर चाँदी की 0.1 मिली मोटी परत चढ़ाने के लिये ऐम्पियर घण्टा की गणना कीजिये। चाँदी का वैद्युत रासायनिक तुल्याँक 0.001118 ग्राम प्रति कूलम्ब मानें। चाँदी का घनत्व 10 ग्राम प्रति घन सेमी मानें तथा ऊर्जा दक्षता 95% मानें।
[उत्तर—34.57 ऐम्पियर घण्टा]

3. एक धातु की प्लेट की 200 वर्ग सेमी सतह को चाँदी से लेपित करना है। यदि 0.5 ऐम्पियर की धारा एक के लिये प्रयोग की जाये तो प्लेट पर चाँदी की कितनी मोटाई बन जायेगी। चाँदी का वैद्युत रासायनिक तुल्याँक 0.001118 ग्राम प्रति कूलम्ब है तथा इसका घनत्व 10.6 ग्राम/घन सेमी॰ है।
[उत्तर—0.0095 मिमी]

4. यदि वैद्युत के 9,65000 कूलम्ब किसी तत्व का एक ग्राम मुक्त करते हैं, तो ताम्र सल्फेट घोल से 20 मिली ग्राम ताम्र को युक्त करने के लिये 0.15 ऐम्पियर द्वारा जमा करने में कितना समय लगेगा। ताम्र का रासायनिक तुल्याँक 32 है।
[उत्तर—402 सेकण्ड]

5. (क) फैराडे के वैद्युत-अपघटन के नियमों (Faraday's law of electrolysis) को समझाकर लिखिये।

(ख) व्यवसायिक रूप से चाँदी लेपन (silver plating) किस प्रकार की जाती है।

(ग) एक बर्तन पर जिसका पृष्ठ क्षेत्रफल (surface area) 0.8 वर्गमीटर है, 0.005 मिमी॰ मोटी चाँदी की तह जमा करनी है। धारा 5 ऐम्पियर रखी जाती है। चाँदी का भार 10.5 ग्राम प्रति घन सेन्टीमीटर है तथा इसका (electrochemical equivalent) 0.001118 ग्राम प्रति कूलम्ब है। इस कार्य को पूर्ण करने के लिए आवश्यक समय का परिकलन कीजिये।

6. धातु की एक वर्गाकार प्लेट जिसकी नाप 4 सेमी॰ × 4 सेमी × 1 सेमी है, पर निकिल का वैद्युत लेपन करना है, यदि परिपथ में 0.4 ऐम्पियर धारा बह रही हो तो कितने समय में 0.1 मिमी मोटा लेपन प्राप्त होगा? निकिल का घनत्व 8.6 ग्राम प्रति घन सेमी॰ एवं विद्युत रसायन समनांक 0.000304 ग्राम/कूलम्ब है।
[संकेत—हल के लिये उदाहरण 5.2 का अवलोकन करें।]

❑

Scanned by CamScanner

6

वैद्युत शक्ति का अर्थशास्त्र

(ECONOMIC CONSIDERATION)

§ 6.1. प्रस्तावना

वैद्युत उत्पादन शक्ति केन्द्र से उपभोक्ताओं की आवश्यकताओं के अनुसार वैद्युत ऊर्जा प्राप्त होनी चाहिये। किसी शक्ति केन्द्र की अभिकल्पना एवं स्थापना करते समय इस बात का ध्यान रखना आवश्यक है कि समग्र रूप में उत्पादन प्रणाली मितव्ययी हो। अर्थात् प्रति यूनिट उत्पादन की लागत न्यूनतम हो। इस आधार पर वैद्युत उत्पादन प्रणाली आर्थिक लाभ के साथ ही विश्वसनीय सेवा अपने उपभोक्ताओं को देने में सक्षम होगी। उत्पादन लागत को ज्ञात करना एक सम्मिश्रित समस्या है। उत्पादन को प्रभावित करने वाले अनेक घटक हैं जिनका आकलन शक्ति केन्द्र की अभिकल्पना एवं स्थापना से सम्बन्धित इन्जीनियर को करना आवश्यक है। आकलन के लिये मुख्य घटक है—

भूमि एवं उपकरणों को प्राप्त करने में लगी लागत, उपकरणों का अवमूल्यन, निवेशित पूँजी ब्याज आदि की गणना इत्यादि। इस प्रकार उत्पादन लागत का आकलन अत्यधिक सूक्ष्मता के साथ किया जाना आवश्यक है।

वैद्युत उत्पादन शक्ति केन्द्र की उपयोगिता का आकलन इसके आर्थिक पक्ष के आधार पर किया जाता है। किसी तापीय वैद्युत उत्पादन केन्द्र की ऊष्मीय दक्षता अधिक होना ही उत्पादन के सफलतापूर्वक कार्यरत रहने को प्रकट नहीं कर देता है। बहुधा ऐसा होता है कि अधिकतम ऊष्मीय दक्षता वाला संयन्त्र आर्थिक दृष्टि से मितव्यीय हो। अन्य इन्जीनियरिंग विषयों से सम्बन्धित अर्थशास्त्र के समान ही शक्ति प्रणाली का अर्थशास्त्र भी पूर्व में अच्छी प्रकार से परीक्षण किये गए तकनीकी तथ्यों पर आधारित है।

§ 6.2 शक्ति उत्पादन केन्द्रों का आगणन

(Load estimation on generating stations)

वैद्युत सम्भरण प्रणाली से सम्बद्ध उपभोक्ताओं की मांग प्रत्येक समय निश्चित नहीं रहती है। इस अनिश्चित मांग के कारण उत्पादन केन्द्रों पर लोड भी प्रत्येक समय परिवर्तित होता रहता है। इस प्रकार का परिवर्तनशील लोड वैद्युत उत्पादन केन्द्रों के लिये **परिवर्ती लोड (variable load)** कहलाता है।

शक्ति उत्पादन केन्द्र की अभिकल्पना करते समय उपभोक्ता की लोड की आवश्यकता को आधार माना जाता है। किसी भी शक्ति उत्पादन केन्द्र पर आदर्श लोड के लिये इसके आपातीपयोगी केन्द्र की तरह उपयोगी या सामान्य क्रम के उपयोग के अनुसार इससे सम्बद्ध लोड को स्थिर परिमाण एवं निश्चित अवधि के लिये माना जाता है। यद्यपि वास्तविक प्रचालन अवस्था में इस प्रकार के स्थिर परिमाण के लोड की स्थिति कभी नहीं आती है। इसके साथ ही एक उपभोक्ता की लोड की मांग दूसरे उपभोक्ता के समान कभी नहीं होती है। इस कारण वैद्युत उत्पादन केन्द्र पर लोड प्रत्येक समय परिवर्ती (variable) ही रहता है।

परिवर्ती लोड का उत्पादन केन्द्र के प्रचालन पर प्रभाव—वैद्युत शक्ति उत्पादन केन्द्र पर परिवर्ती लोड के कारण इसके प्रचालन में कई कठिनाइयाँ आती हैं। परिवर्ती लोड के कारण उत्पादन केन्द्र पर होने वाले प्रमुख प्रभाव निम्नानुसार हैं—

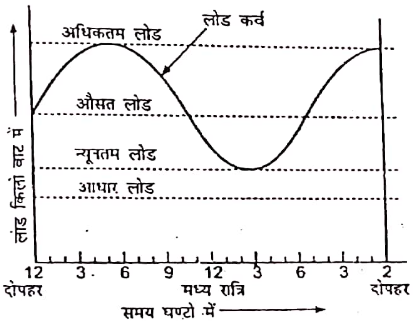
(1) अतिरिक्त भार-समायोजी उपकरणों की आवश्यकता (Necessity of additional load adjusting equipments)—शक्ति उत्पादन केन्द्रों पर परिवर्ती लोड के कारण अतिरिक्त उपकरणों की आवश्यकता होती है। इस तथ्य को भाप शक्ति संयन्त्र के उदाहरण के द्वारा समझा जा सकता है। भाप शक्ति संयन्त्र में निवेशित कच्ची सामग्री, वायु, कोयला एवं जल हैं। परिवर्ती लोड के अनुसार परिवर्ती शक्ति उत्पादन के लिये इन कच्ची सामग्रियों की मात्रा भी निवेशित करते समय परिवर्ती होगी। जैसे कि जब संयन्त्र पर शक्ति की मांग में वृद्धि हो तो दहन के लिये लगने वाले कोयले की मात्रा अधिक होगी। इसके साथ ही बॉयलर में वायु एवं जल की आवश्यकता भी अधिक होगी। कोयला, वायु एवं जल की इस मात्रा को समायोजित (adjust) करने के लिये अतिरिक्त उपकरणों की आवश्यकता होगी। आधुनिक शक्ति संयन्त्रों में कच्ची सामग्री के समायोजन के लिये कई उपकरण इस प्रकार लगाये जाते हैं कि परिवर्तित लोड के अनुसार ही द्रुत गति से निवेश्य कच्ची सामग्री की मात्रा में परिवर्तन किया जा सके।

(1) उत्पादन लागत में वृद्धि—परिवर्ती लोड के कारण संयन्त्र की उत्पादन लागत में भी वृद्धि होती है। प्रत्यावर्तित्र की दक्षता इसकी संनिर्धारित क्षमता (rated capacity) पर अधिकतम होती है। यदि पूरे लोड को सम्पारित करने के लिये एक अकेले प्रत्यावर्तित्र का उपयोग किया जाये तो इसकी दक्षता क्रम लोड पर बहुत कम होगी। अतः एक से अधिक प्रत्यावर्तित्रों का उपयोग किया जाना आवश्यक रहता है। ये एकाधिक संख्या के प्रत्यावर्तित्र इस प्रकार स्थापित किये जाते हैं कि पूर्ण भार की अवस्था में सभी प्रत्यावर्तित्र लोड वहन करते हैं। जब उत्पादन संयन्त्र केन्द्र में उत्पादन इकाइयों की संख्या अधिक की जाती है तो प्रति किलोवाट संयन्त्र क्षमता के लिये लागत अधिक आती है। इसके साथ ही संयन्त्र लगाने के लिये अधिक क्षेत्रफल की भूमि आवश्यक रहती है। इन दोनों कारणों से ऊर्जा उत्पादन के मूल्य में वृद्धि हो जाती है।

Scanned by CamScanner

§ 6.3. लोड कर्व (Load Curve)

किसी शक्ति उत्पादन केन्द्र पर समय के सापेक्ष लोड के परिवर्तन को दर्शाने वाले कर्व (वक्र) को लोड कर्व कहते हैं।



चित्र 6.1—दैनिक लोड कर्व

शक्ति केन्द्र पर लोड (भार) कभी भी स्थिर परिमाण का नहीं होता है। शक्ति केन्द्र पर लोड में प्रत्येक समय उपभोक्ता की आवश्यकता के अनुसार परिवर्तन होता रहता है। सम्पूर्ण दिवस के लिये लोड के इस परिवर्तन को प्रत्येक आधे घण्टे या एक घण्टे के अन्तराल से ज्ञात किया जाता है। फिर समय के सापेक्ष इस लोड के पाठ्यांकों को ग्राफ के द्वारा निरूपित किया जाता है। इस प्रकार से एक सम्पूर्ण दिवस (24 घण्टे) के लिये लोड के परिवर्तन को निरूपित करने वाले वक्र को दैनिक भार वक्र कहते हैं। उदाहरण के लिये चित्र 6.1 में एक संयन्त्र के लिये एक दिन के लिये दैनिक लोड कर्व प्रदर्शित किया गया है।

समय के अनुसार लोड कर्व तीन प्रकार के होते हैं—

(i) दैनिक लोड कर्व (daily load curve)

(ii) मासिक लोड कर्व (monthly load curve)

(iii) वार्षिक लोड कर्व (annual load curve)

मासिक लोड कर्व खींचने के लिये, उस माह के प्रत्येक दिन के लोड का औसत मान ज्ञात करके, X-अक्ष पर दिनों की संख्या तथा Y-अक्ष पर प्रत्येक दिन के लोड का औसतमान प्रदर्शित किया जाता है। वार्षिक लोड कर्व खींचने के लिये वर्ष के प्रत्येक माह के औसत लोड को Y-अक्ष तथा महीनों को X-अक्ष पर दर्शाया जाता है।

6.3-1 लोड कर्व का महत्व—वैद्युत उत्पादन में लोड कर्व का महत्व अत्यधिक है। इनके द्वारा अग्रलिखित महत्वपूर्ण निष्कर्ष निकाले जाते हैं—

(i) किस शक्ति केन्द्र पर परिवर्तनीय लोड को सम्पूर्ण दिवस के लिये दैनिक लोड कर्व के द्वारा दर्शाया जाता है।

(ii) लोड कर्व के नीचे के क्षेत्र के द्वारा सम्पूर्ण दिवस में उत्पादित ऊर्जा की यूनिटों को ज्ञात किया जा सकता है। इस प्रकार

उत्पादित यूनिटें/दिन = दैनिक लोड कर्व के नीचे का क्षेत्रफल किलो वाट घण्टा में

(iii) उत्पादन केन्द्र के किसी दिन की अधिकतम मांग को दैनिक लोड कर्व के उच्चतम बिन्दु के द्वारा प्राप्त किया जा सकता है।

(iv) लोड कर्व के नीचे के क्षेत्रफल को घण्टों की कुल संख्या से विभाजित करके केन्द्र पर औसत भार की गणना की जा सकती है। अर्थात्

$$\text{औसत भार} = \frac{\text{किलो वाट घण्टा (kWh) में लोड कर्व के नीचे का क्षेत्रफल}}{\text{24 घण्टे}}$$

(v) लोड कर्व के नीचे के क्षेत्र को उस आयत के क्षेत्रफल से विभाजित करके, जिसमें लोड कर्व स्थित है, लोड गुणांक (load factor) प्राप्त किया जाता है। अतः—

$$\text{लोड गुणक} = \frac{\text{औसत लोड}}{\text{अधिकतम लोड}}$$

$$= \frac{\text{औसत लोड} \times 24}{\text{अधिकतम मांग} \times 24}$$

$$= \frac{\text{लोड कर्व के नीचे का क्षेत्रफल, किलोवाट घण्टे (kWh) में}}{\text{लोड स्थित होने के आयत का सम्पूर्ण क्षेत्रफल}}$$

(vi) लोड कर्व के द्वारा उत्पादन इकाइयों की संनिर्धारित क्षमता (rated capacity) तथा इनकी संख्या को निर्धारित किया जा सकता है।

(vii) उत्पादन केन्द्र के प्रचालन सम्बन्धी नियोजन (scheduling) को निश्चित करने के लिये लोड कर्व का उपयोग किया जा सकता है।

§ 6.4. भार वक्र से सम्बन्धित महत्वपूर्ण शब्दावली
(Important technical terms related with load curve)

भार वक्र से सम्बन्धित महत्वपूर्ण शब्दावली का ज्ञान होना आवश्यक है। इससे सम्बन्धित महत्वपूर्ण शब्दावली निम्नानुसार है—

विद्युत लोड (Electric load)—किसी विद्युत प्रदाय प्रणाली द्वारा किये गये कार्य की दर को लोड कहते हैं। यह विद्युत लोड, प्रणाली पर भार की तरह होता है, अतः इसे विद्युत भार भी कहा जाता है। इसका मात्रक वाट (W), किलोवाट (kW) या किलो वोल्ट ऐम्पियर (kVA) है। विभिन्न प्रकार के विद्युत भार आगे दी गई परिभाषाओं के अनुसार हैं।

Scanned by CamScanner

परिवर्तनीय लोड (Variable load)—समय के सापेक्ष बदलते रहने वाले लोड को परिवर्तनीय (परिवर्ती) लोड कहते हैं।

स्थिर लोड (Constant load)—सदैव एक समान रहने वाले लोड अथवा समय के अनुसार अपरिवर्ती लोड को स्थिर लोड कहते हैं।

मूल-लोड या आधार-भार (Base load)—सामान्यतः न्यूनतम लोड की एक निश्चित मात्रा, जो शक्ति संयन्त्र से सदैव सम्बद्ध रहती है, 'मूल लोड' या 'आधार भार' कहलाती है।

आधार भार के अनुसार विद्युत शक्ति केन्द्रों की अभिकल्पना करते समय संयन्त्र की संनिर्धारण क्षमता को निश्चित किया जाता है।

शिखर लोड (Peak load)—निर्धारित समयावधि (दिन, महीना या वर्ष) में परिवर्ती लोड के निम्नतम मान को न्यूनतम लोड कहते हैं।

संयोजित लोड या सम्बंद्धित लोड (Connected load)—वैद्युत सम्भरण प्रणाली से संयोजित सम्पूर्ण उपभोगन उपकरण लोड की सतत उच्चतम निर्धारण के योग को 'संयोजित-लोड', 'सम्बन्धित-लोड', या 'कनेक्टेड लोड' कहते हैं।

औसत लोड (Average load)—यह कुल उत्पादित 'विद्युत ऊर्जा की यूनिटों (kWh)' तथा तत्सम्बन्धित 'घण्टों में समय' का अनुपात है। इसका मात्रक वाट (W) या किलोवाट (kW) है। औसत लोड को समयावधि के साथ व्यक्त किया जाता है। जैसे, प्रतिदिन-औसत लोड, मासिक औसत लोड इत्यादि।

लोड की विविधता (Diversity of load)—विभिन्न विद्युत उपभोक्ताओं द्वारा भिन्न-भिन्न समय में की गई उच्चतम मांग के योग को लोड की विविधता या विभिन्नता कहते हैं। इस विविधता (विभिन्नता) को 'विविधता गुणक' के द्वारा व्यक्त किया जाता है।

§ 6.5. गुणक या गुणांक या घटक (Factors)

वैद्युत ऊर्जा संभरण प्रणाली (supply system) द्वारा उत्पादित ऊर्जा की कीमत निम्नलिखित पारिभाषिक घटकों पर निर्भर करती है—

(1) अधिकतम मांग (Maximum demand)—यह निर्धारित समायावधि में किसी शक्ति संयन्त्र पर संयोजित भार की अधिकतम मांग है।

शक्ति संयन्त्र पर लोड प्रत्येक समय परिवर्ती रहता है। सभी मांगों में से अधिकतम मांग जो किसी निर्धारित समय की अवधि (उदाहरण: दिन भर में) आती है, महत्वपूर्ण घटक है। इसके द्वारा शक्ति संयन्त्र की स्थापन क्षमता को ज्ञात किया जाता है। शक्ति संयन्त्र की संनिर्धारित क्षमता इतनी पर्याप्त होनी चाहिये कि वह अधिकतम मांग की पूर्ति कर सके।

(2) मांग गुणक (Demand Factor)—किसी शक्ति संयन्त्र की अधिकतम मांग एवं 'संयोजित लोड' के अनुपात को मांग गुणक कहते हैं।

अतः, मांग गुणक (Demand Factor) $= \dfrac{\text{अधिकतम मांग (Maximum Demand)}}{\text{संयोजित भार (Connected load)}}$

मांग गुणक का मान सामान्यतः एक से कम होता है। यह इसलिये कि शक्ति संयन्त्र की अभिकल्पना में अधिकतम मांग का मान, संयोजित भार से कम रहता है। इस प्रकार यदि शक्ति संयन्त्र पर किसी समयावधि के लिये लोड कर्व से अधिकतम मांग 50 मेगावाट है एवं संयन्त्र से संयोजित लोड 80 मेगावाट है तो मांग गुणक का मान $50/80 = 0.625$ होगा। उत्पादन संयन्त्र की क्षमता निर्धारित करने के लिये मांग गुणक ज्ञात होना आवश्यक है।

(3) लोड गुणक (Load factor)—किसी शक्ति संयन्त्र के लिये निश्चित समयावधि में औसत लोड एवं अधिकतम मांग के अनुपात को लोड गुणक कहते हैं। अतः

$$\text{लोड गुणक (Load factor)} = \frac{\text{औसत लोड}}{\text{अधिकतम मांग}}$$

यदि संयन्त्र की निर्धारित समयावधि T घंटे है, तो

$$\text{लोड गुणक} = \frac{\text{औसत लोड} \times T \text{ घंटे}}{\text{अधिकतम मांग लोड} \times T \text{ घंटे}}$$

$$= \frac{T \text{ घंटों में उत्पादित ऊर्जा यूनिटें}}{\text{अधिकतम मांग} \times T}$$

लोड गुणक की समयावधि के अनुसार 'दैनिक-लोड गुणक', 'मासिक-लोड गुणक' या 'वार्षिक-लोड गुणक' के रूप में व्यक्त किया जा सकता है। लोड गुणक का मान सदा 1 से कम होता है। क्योंकि औसत लोड का मान सदैव अधिकतम मांग से कम होता है। लोड गुणक का महत्वपूर्ण उपयोग उत्पादित यूनिट की कीमत की गणना करने में होता है। यदि किसी संयन्त्र का लोड गुणक का मान अधिक है तो उत्पादित यूनिट की कीमत कम होगी।

(4) विविधता गुणक (Diversity factor)—यह विभिन्न उपभोक्ताओं द्वारा भिन्न-भिन्न समय पर की गई व्यक्तिगत मांग का योग तथा विद्युत संभरण प्रणाली पर उसी समयावधि में आने वाली सर्वोच्च मांग का अनुपात है। अतः

$$\text{विविधता गुणक (Diversity Factor)} = \frac{\text{अधिकतम मांगों का योग}}{\text{शक्ति संयन्त्र पर अधिकतम मांग}}$$

विभिन्न उपभोक्ताओं की व्यक्तिगत अधिकतम मांग एक ही समय पर नहीं होती है। अतः शक्ति संयन्त्र पर आने वाली अधिकतम मांग सदैव विभिन्न उपभोक्ताओं की व्यक्तिगत अधिकतम मांगों के योग से कम होती है। इस प्रकार **विविधता गुणक** या **विभिन्नता गुणक** का मान सदैव 1 से अधिक होता है। विविधता गुणक का मान जितना अधिक होगा शक्ति उत्पादन की लागत उतनी ही कम होगी।

Scanned by CamScanner

(5) संयन्त्र गुणक या संयन्त्र क्षमता गुणक (Plant factor or Plant Capacity Factor)—यह वह अनुपात है जो 'संयन्त्र के द्वारा वास्तविक ऊर्जा उत्पादन' को 'निर्धारित समयावधि के लिये अधिकतम संभाव्य ऊर्जा जिसे उत्पादित किया गया होता है' के द्वारा विभाजित करने से प्राप्त होता है। अतः

$$\text{संयन्त्र क्षमता गुणक (Plant Capacity factor)} = \frac{\text{वास्तविक उत्पादित ऊर्जा}}{\text{संभाव्य उत्पादित ऊर्जा}}$$

$$= \frac{\text{औसत मांग} \times \text{समयावधि } (T \text{ घंटे})}{\text{अधिकतम मांग} \times \text{समयावधि } (T \text{ घंटे})}$$

$$= \frac{\text{औसत मांग}}{\text{संयन्त्र क्षमता}}$$

अतः यदि समयावधि एक वर्ष हो, तो—

$$\text{वार्षिक क्षमता गुणक} = \frac{\text{वार्षिक किलोवाट घण्टा निर्गमित ऊर्जा}}{\text{संयन्त्र क्षमता} \times 8760}$$

इस घटक का उपयोग लोड गुणक की तरह ही संयन्त्र क्षमता तथा प्रति यूनिट वैद्युत ऊर्जा की कीमत निर्धारण में होता है। इसका मान 1 से कम होता है। क्षमता गुणक का उपयोग संयन्त्र की आरक्षित क्षमता (reserve capacity) ज्ञात करने के लिये किया जाता है। संयन्त्र की अभिकल्पना इस प्रकार की जाती है कि इसमें निश्चित आरक्षित क्षमता अवश्य हो जिससे भविष्य में आने वाली अतिरिक्त मांग की पूर्ति की जा सके। अतः संयन्त्र की स्थापित क्षमता (installed capacity) का मान संयन्त्र पर अधिकतम मांग से अधिक होता है। अतः,

$$\text{आरक्षित क्षमता} = \text{संयन्त्र की क्षमता} - \text{अधिकतम मांग।}$$

यदि अधिकतम मांग तथा संयन्त्र क्षमता एक समान हो तो लोड गुणक एवं संयन्त्र क्षमता गुणक का मान भी एक समान ही होगा। इस अवस्था में संयन्त्र में आरक्षित क्षमता बिल्कुल नहीं होगी।

(6) संयन्त्र उपयोगिता गुणक (Plant use Factor)—यह उत्पादित किलो वाट घण्टा (उत्पादित यूनिटों) एवं संयन्त्र क्षमता तथा संयन्त्र के उपयोग के घण्टों के गुणनफल का अनुपात है। अर्थात्

$$\text{संयन्त्र उपयोगिता गुणक} = \frac{\text{संयन्त्र की निर्गम ऊर्जा (किलो वाट घंटा में)}}{\text{संयन्त्र क्षमता} \times \text{उपयोगिता के घंटे}}$$

उदाहरण के लिये यदि संयन्त्र की स्थापन क्षमता 50 मेगावाट है तथा इसकी वार्षिक उत्पादित यूनिटें 45×10^6 किलो वाट घंटा है जबकि संयन्त्र को 3500 घंटे तक उपयोग किया गया है तो

$$\text{संयन्त्र उपयोगिता गुणक} = \frac{45 \times 10^6}{(50 \times 10^3) \times 3500} = 0.257$$

$$= 25.7\%$$

(7) प्रचक्रमान आरक्षित क्षमता (Spinning reserve capacity)—किसी शक्ति उत्पादन केन्द्र के लिये वह आरक्षित क्षमता का संयन्त्र जो प्रचक्रमान (चालू) अवस्था में है तथा इसे बस बार से संयोजित करके रखा गया है जिससे तात्क्षणिक रूप से भार लेने को तैयार है; 'प्रचक्रमान आरक्षित क्षमता' या 'स्पिनिंग रिजर्व' कहलाती है।

§ 6.6. प्रति वर्ष उत्पादित यूनिटें (किलो वाट घंटा)

(Units generated per annum)

उत्पादन संयन्त्र की अधिकतम मांग एवं लोड गुणक के आधार पर उत्पादित यूनिटों की संख्या निम्नानुसार ज्ञात कर सकते हैं—

$$\text{लोड गुणक (L.F.)} = \frac{\text{औसत लोड}}{\text{अधिकतम मांग}}$$

अतः औसत लोड = अधिकतम मांग × लोड गुणक

$$\text{उत्पादित यूनिटें प्रतिवर्ष} = \text{औसत लोड (kW) में} \times \text{एक वर्ष में घंटों की संख्या}$$

$$= \text{अधिकतम मांग (kW) में} \times \text{लोड गुणक} \times 8760$$

अतः इस विधि के अनुसार अधिकतम मांग तथा लोड गुणक के ज्ञात होने पर वर्ष में उत्पादित यूनिटों की गणना की जा सकती है।

§ 6.7. भार अवधि वक्र

(Load duration curve)

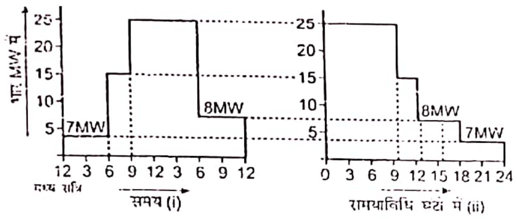
भार-वक्र की कोटियों (Ordinates) को यदि भार के परिमाण के अवरोही क्रम (descending order) में समायोजित किया जाये तो इस प्रकार प्राप्त होने वाला वक्र भार-अवधि वक्र (load duration curve) कहलाता है।

भार अवधि वक्र खींचने के लिये भार वक्र (लोड कर्व) के आंकड़े ही उपयोग में लाये जाते हैं। भार वक्र में भुज (abscissa) के रूप में समय को क्रमवार लेकर प्रत्येक समय पर संयन्त्र के भार को कोटि (Ordinate) के रूप में अंकित करके प्राप्त बिन्दुओं को मिलाकर वक्र खींचा जाता है। अब यदि अधिकतम भार के परिमाण को वक्र के बांयी ओर अंकित किया जाये तथा अवरोही क्रम में दाहिनी ओर बढ़ते हुए अन्य भार परिमाणों को अंकित करके वक्र खींचा जाये तो यह वक्र भार-अवधि वक्र होगा। इस प्रकार भार वक्र के नीचे का क्षेत्रफल तथा भार-अवधि के नीचे का क्षेत्रफल एक दूसरे के समान होगा।

चित्र 6.2 (i) में दैनिक लोड कर्व दर्शाया गया है। इस लोड कर्व से दैनिक भार अवधि

Scanned by CamScanner

वक्र को खींचा जा सकता है। चित्र (i) के भार वक्र में अवरोही क्रम के भार के परिमाण 25 MW--9 घंटे के लिये, 15 MW—3 घंटे के लिये, तथा 8 MW—6 घंटे के लिये। अवरोही क्रम में इन भार के परिमाणें को खींचने पर हमें चित्र 6.2 (ii) के अनुसार भार-अवधि वक्र प्राप्त होता है।



चित्र—6.2

6.7-1 भार अवधि वक्र के लाभ

भार अवधि वक्र के निम्नलिखित लाभ हैं—

(1) भार अवधि वक्र के द्वारा किसी परिमाण के भार की अवधि कितनी है, यह तुरन्त ज्ञात हो जाता है।

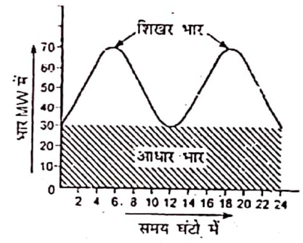
(2) भार अवधि वक्र के नीचे का क्षेत्रफल भार वक्र के नीचे के क्षेत्रफल के बराबर है। अतः भार अवधि वक्र के नीचे का क्षेत्रफल उस दिन के लिये उत्पादित यूनिटों को दर्शाता है।

(3) भार अवधि वक्र की अवधि किसी भी समय अन्तराल के अनुसार ली जा सकती है। यदि भुज (abscissa) को 0 से 8760 घंटों (एक वर्ष) के लिये लिया जाये तो पूरे वर्ष के लिये संयन्त्र पर मांग को संक्षिप्त रूप में एक ही वक्र के द्वारा निरूपित किया जा सकता है। इस प्रकार से प्राप्त वक्र को वार्षिक भार अवधि वक्र कहते हैं।

§ 6.8. शक्ति संयन्त्र पर आधार भार एवं शिखर-भार

(Base load and peak load on power stations)

शक्ति संयन्त्र पर परिवर्ती भार के कारण इसका भार वक्र का अभिलक्षण भी परिवर्ती प्रकार का रहता है। चित्र 6.3 में एक शक्ति संयन्त्र का भार वक्र दर्शाया गया है। इस भार वक्र को देखने पर यह निष्कर्ष निकलता है कि शक्ति संयन्त्र पर भार का परिमाण प्रत्येक समय अपरिवर्तनशील रहता है। इस भार वक्र के आधार पर शक्ति संयन्त्र के भार को दो भागों में विभाजित माना जा सकता है। ये हैं—



चित्र—6.3

(i) आधार भार (Base load)

(ii) शिखर भार (Peak load)

(ii) आधार भार—दिन के अधिकतम समय में जो लोड बना ही रहता है उसे अपरिवर्तनीय माना जा सकता है तथा आधार भार कहलाता है। चित्र के अनुसार 30 मेगावाट के भार की पूर्ति शक्ति संयन्त्र को पूरे दिन ही करनी पड़ती है। अतः संयन्त्र का आधार भार 30 मेगावाट है। चूँकि आधार भार लगभग अपरिवर्तनीय है अतः इसकी पूर्ति करने में कोई विशेष समस्या उत्पन्न नहीं होती।

(ii) शिखर भार—आधार भार से अधिक परिमाण की अन्य अधिकतम मांगे शिखर भार कहलाती है। चित्र 6.3 के अनुसार आधार भार के अतिरिक्त एकाधिक बार शिखर भार की मांग संयन्त्र को सप्लाई करनी पड़ती है। ये शिखर भार की मांगे पूरे दिन में कई बार आ सकती हैं तथा सम्पूर्ण भार का अल्प भाग हो सकती हैं।

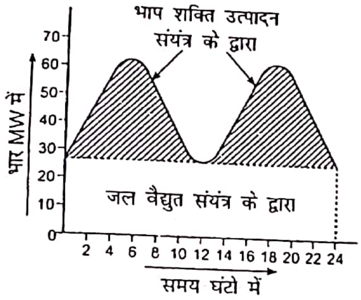
§ 6.9. भार की आवश्यकता पूर्ति

(Supplying the need of load)

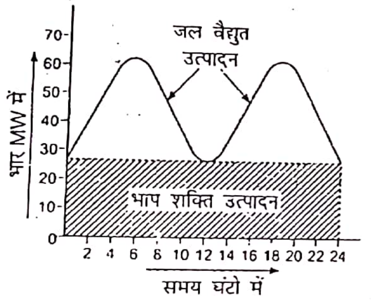
शक्ति उत्पादन केन्द्र पर सम्पूर्ण भार को दो भागों में विभाजित माना जा सकता है—आधार भार एवं शिखर भार। अधिकतम मितव्ययता के लिये दो प्रकार के प्राकृतिक ऊर्जा स्त्रोत से वैद्युत उत्पादन करने वाले केन्द्रों को परस्पर सम्बद्ध किया जा सकता है। जिस संयन्त्र की दक्षता अधिक हो उसे आधार भार की पूर्ति करने के लिये उपयोग किया जा सकता है। इस प्रकार के संयन्त्र को जो आधार भार की पूर्ति करता है, **'आधार भार शक्ति संयन्त्र'** कहा जाता है। कम दक्षता वाले संयन्त्र को शिखर भार की पूर्ति के लिये उपयोग किया जा सकता है। इस प्रकार के संयन्त्र को जो शिखर भार की पूर्ति करता है, **'शिखर भार शक्ति संयन्त्र'** कहा जाता है। स्थिति के अनुसार शक्ति संयन्त्रों को आधार भार संयन्त्र या शिखर भार संयन्त्र की तरह उपयोग करने को चुना जा सकता है। उदाहरणतः जल वैद्युत एवं

Scanned by CamScanner

भाप शक्ति संयन्त्र दोनों ही दक्षता पूर्ण हैं, परन्तु इनको विशेष परिस्थितियों के अनुसार दोनों प्रकार के भार में किसको आपूर्ति किस संयंत्र के द्वारा की जाये इसके लिये चुना जा सकता है।



(i) अधिक प्रवाह काल



(ii) निम्न प्रवाह काल

चित्र–6.4 भार आपूर्ति की नदी जल की उपलब्धता के आधार पर

चित्र 6.4 (i) में परस्पर सम्बद्ध प्रणाली में जल वैद्युत संयन्त्र को आधार भार की आपूर्ति के लिये उस समय के लिये चुना गया है जब वर्षा काल में जल की उपलब्धता अधिक है। इसी काल के लिये भाप शक्ति संयन्त्र का चयन शिखर भार की आपूर्ति के लिये किया गया है। शीतकाल में जल की उपलब्धता कम हो सकती है तब भाप शक्ति संयन्त्र को आधार भार आपूर्ति तथा जल वैद्युत शक्ति संयन्त्र को शिखर भार की आपूर्ति के लिये चित्र 6.4 (ii) के अनुसार चयन किया जा सकता है।

साधित उदाहरण (Solved examples)

उदाहरण 6.1—एक वैद्युत शक्ति उत्पादन केन्द्रों के द्वारा आपूर्ति किये जाने वाले भार 15000 kW, 10,000 kW, 8500 kW, 6000 kW, तथा 500 kW हैं। केन्द्र पर अधिकतम मांग 20,000 kw है। केन्द्र का वार्षिक भार-गुणक 50% है। निम्नलिखित घटकों की गणना कीजिये—

(अ) प्रतिवर्ष सप्लाई की जाने वाली उत्पादित यूनिटें

(ब) विविधता गुणक

(स) मांग गुणांक।

हल—शक्ति केन्द्र पर अधिकतम मांग = 20,000 kW

संयोजित भार = 15000 + 10,000 + 8,500 + 6000 + 500

= 40,000 kW

भार गुणक = 50% = 0.50

(अ) प्रतिवर्ष सप्लाई की जाने वाली ऊर्जा यूनिटें

= अधिकतम मांग × 8760 × भार गुणांक

= 20,000 × 8760 × 0.5

= **87.6 × 10^6 kWh**

$$\text{(ब) विविधता गुणक} = \frac{\text{व्यक्तिगत अधिकतम मांगों का योग}}{\text{शक्ति केन्द्र पर अधिकतम मांग}}$$

$$= \frac{40{,}000 \text{ kW}}{20{,}000 \text{ kW}} = 2$$

$$\text{(स) मांग गुणक} = \frac{\text{अधिकतम मांग}}{\text{संयोजित भार}} = \frac{20{,}000}{40{,}000} = \mathbf{0.5}$$

उदाहरण 6.2—एक वैद्युत उत्पादन संयन्त्र की अधिकतम मांग 50,000 किलोवाट **है।** निम्नलिखित आंकड़ों के आधार पर प्रति किलोवाट घण्टा (kWh) ऊर्जा **की कीमत की गणना** कीजिये—

(i) पूँजीगत व्यय (Capital cost) = रु० 9.5 × 10^5

(ii) ईंधन एवं तेल पर वार्षिक व्यय = रु० 9 × 10^5

(iii) कर, पारिश्रमिक (मजदूरी) एवं वेतन, प्रतिवर्ष = रु० 6 × 10^5

ब्याज दर एवं मूल्य ह्रास (depreciation) 10% है।

वार्षिक भार गुणक 40% है।

हल—एक वर्ष में उत्पादित ऊर्जा की यूनिटें

= अधिकतम मांग × 8760 × भार गुणक

= 50,000 × 8760 × 0.40 = 175.2 × 10^6 kWh

Scanned by CamScanner

पूँजीगत व्यय $= 9.5 \times 10^5$ रुपये

ब्याज दर एवं मूल्य ह्रास की सम्मिलित दर $= 10\%$

$= 0.1$

अतः वार्षिक व्यय की गणना निम्नानुसार होगी—

(i) पूँजी पर ब्याज एवं ह्रास की मद में व्यय $= 9.5 \times 10^5 \times 0.1$

$= 0.95 \times 10^5$ रुपये

(ii) ईंधन एवं तेल पर वार्षिक व्यय $= 9 \times 10^5$ रुपये

(iii) कर, मजदूरी एवं वेतन विषयक वार्षिक व्यय $= 6 \times 10^5$ रुपये

अतः प्रतिवर्ष व्यय = (i) + (ii) + (iii) $= 15.95 \times 10^5$ रुपये

अतः उत्पादित ऊर्जा की कीमत

$$= \frac{\text{कुल वार्षिक व्यय}}{\text{कुल वार्षिक उत्पादित यूनिटें}} = \frac{15.95 \times 10^5}{175.2 \times 10^6} \text{ रुपये/यूनिट}$$

$= 0.0091$ रुपये/यूनिट

$=$ **0.91 पैसे/यूनिट**

उदाहरण 6.3—एक शक्ति संयन्त्र की अधिकतम मांग 35,000 kW तथा कुल संयोजित भार 65,000 kW है। प्रतिवर्ष उत्पादित ऊर्जा यूनिटें 25.6×10^7 यूनिट हैं। निम्न घटकों की गणना कीजिये—

(a) भार गुणक (Load factor)

(b) मांग गुणक (Demand factor)

हल—(a) भार गुणक $= \frac{\text{औसत भार}}{\text{अधिकतम मांग}} = \frac{\text{वर्ष में उत्पादित यूनिटें}}{\text{अधिकतम मांग} \times 8760}$

$$= \frac{25.6 \times 10^7}{35{,}000 \times 8760} = 0.835$$

$= 83.5\%$

(b) मांग गुणक (D.F.) $= \frac{\text{अधिकतम मांग}}{\text{संयोजित भार}} = \frac{35000}{65000}$

$= 0.538 = 53.8\%$

उदाहरण 6.4—एक 120 MW का शक्ति उत्पादन केन्द्र के द्वारा आपूर्ति भार निम्नानुसार है—

120 MW ...... 4 घण्टे के लिये

60 MW ...... 8 घण्टे के लिये

दिन के शेष समय में यह उत्पादन केन्द्र काम बन्दी (शट डाउन) में रहता है। इसके अतिरिक्त वर्ष भर में 60 दिन भी केन्द्र काम बन्दी में रहता है।

वार्षिक भार गुणक की गणना कीजिये।

हल—भार गुणक (Load factor) $= \frac{\text{औसत मांग}}{\text{अधिकतम मांग}}$

औसत मांग $= \frac{\text{प्रतिवर्ष उत्पादित यूनिटें}}{\text{एक वर्ष में घण्टों की संख्या}}$

$$= \frac{(120 \times 10^3 \times 4 + 60 \times 10^3 \times 8)(365 - 60)}{8760}$$

$= 33.42$ MW

अतः भार गुणक $= \frac{33.42}{120} =$ **0.2875 या 28.85%**

उदाहरण 6.5—एक वैद्युत उत्पादन केन्द्र पर अधिकतम मांग 70 MW है। भार गुणक 70% है। क्षमता गुणक 61% है। निम्नलिखित मान ज्ञात कीजिये—

(i) वैद्युत केन्द्र पर औसत भार

(ii) केन्द्र की संनिर्धारित क्षमता

(iii) केन्द्र की आरक्षित क्षमता

(iv) केन्द्र पर प्रतिदिन वैद्युत ऊर्जा उत्पादन

(v) केन्द्र पर प्रतिदिन सम्भावित अधिकतम ऊर्जा उत्पादन।

हल—(i) वैद्युत केन्द्र पर औसत भार

= लोड गुणक × अधिकतम मांग

$= 0.7 \times 70 =$ **49 MW**

(ii) केन्द्र की संनिर्धारित क्षमता $= \frac{\text{औसत मांग}}{\text{क्षमता गुणक}}$

$= \frac{49}{0.61} =$ **80 MW**

(iii) केन्द्र की आरक्षित क्षमता = संयन्त्र क्षमता − अधिकतम मांग

$= 80 - 70 =$ **10 MW**

(iv) केन्द्र पर प्रतिदिन वैद्युत ऊर्जा उत्पादन

= औसत मांग × समय $= 49 \times 24 = 10^3$ kWh

$=$ **1176 × 10³ kWh**

(v) केन्द्र पर प्रतिदिन संभावित ऊर्जा उत्पादन

= केन्द्र की क्षमता $= 24 = 80 \times 10^3 \times 24 =$ **1920 × 10³ kWh**

Scanned by CamScanner

उदाहरण 6.6—एक डीजल शक्ति केन्द्र के द्वारा अपने उपभोक्ताओं का आपूर्तित भार इस प्रकार है—

औद्योगिक उपभोकता = 1000 kW,

घरेलू उपभोक्ता = 400 kW,

व्यावसायिक प्रतिष्ठान = 750 kW

यदि उत्पादन केन्द्र पर अधिकतम मांग 1800 kW है तथा उत्पादित यूनिटें 35×10^5 यूनिट प्रतिवर्ष हैं, तो ज्ञात कीजिये—

(i) विविधता गुणक एवं, (ii) भार गुणक।

हल—(i) विविधता गुणक $= \dfrac{1000 + 400 + 750}{1800} = 1.19$

(ii) औसत मांग = प्रतिवर्ष उत्पादित यूनिटें/8760

$= 35 \times 10^5/8760 = 399.54$ kW

अतः भार गुणक $= \dfrac{\text{औसत भार}}{\text{अधिकतम मांग}} = \dfrac{399.54}{1800}$

$= \mathbf{0.222 = 22.2\%}$

उदाहरण 6.7—एक शक्ति उत्पादन केन्द्र की अधिकतम मांग 25 MW है। इसका वार्षिक भार गुणक 50% तथा क्षमता गुणक 40% है। केन्द्र की आरक्षित क्षमता ज्ञात कीजिये।

हल—प्रतिवर्ष उत्पादित ऊर्जा यूनिटें = अधिकतम मांग × भारगुणक × एक वर्ष में घण्टों की संख्या = (25000) × (0.5) × (8760) kWh

$= \mathbf{109.5 \times 10^6}$ **kwh**

क्षमता गुणक $= \dfrac{\text{प्रतिवर्ष उत्पादित ऊर्जा यूनिटें}}{\text{संयन्त्र की क्षमता} \times \text{एक वर्ष में घण्टों की संख्या}}$

अतः संयन्त्र की क्षमता $= \dfrac{109.5 \times 10^6}{0.4 \times 8760} = 31250$ kW

अतः आरक्षित क्षमता = संयन्त्र की क्षमता − अधिकतम मांग

= 31250 − 25000 = **6250 किलोवॉट**

उदाहरण 6.8—एक उपभोक्ता का कनेक्टेड लोड 15 लेम्प है जो कि प्रत्येक 100 वॉट के हैं। उसकी माँग अग्रानुसार है—

(i) अर्द्धरात्रि से 6 बजे सुबह — कोई लोड नहीं

(ii) 6 बजे सुबह से 7 बजे शाम — 100 W

(iii) 7 बजे शाम से 9 बजे रात्रि — 800 W

(iv) 9 बजे रात्रि से अर्द्धरात्रि — 400 W

(अ) लोड कर्व बनाइये।

(ब) 24 घण्टों में हुई बिजली की खपत निकालिये।

(स) डिमाण्ड फेक्टर, औसत लोड तथा दैनिक लोड फेक्टर की गणना कीजिये।

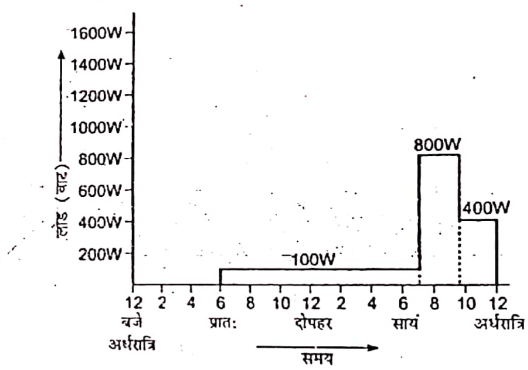
हल—(अ) लोड कर्व चित्र 6.5 में दिखाया गया है।

(ब) 24 घण्टों में हुई बिजली की खपत

$= (0 \times 6) + (100 \times 13) + (800 \times 2) + (400 \times 3)$

= 4100 वाट घण्टा

= **4.1 किलोवाट घण्टा**



चित्र—6.5

(स) डिमाण्ड फेक्टर (मांग गुणक)

$= \dfrac{\text{अधिकतम मांग}}{\text{संयोजित भार}} = \dfrac{800}{15 \times 100} \times 100 = \mathbf{53.33\%}$

उदाहरण 6.9—एक कारखाने की अधिकतम माँग 900 किलोवाट है तथा लोड फेक्टर 30% है। उसे चलाने हेतु निजी ऑयल इन्जन प्लांट एवं सार्वजनिक सप्लाई के बीच वार्षिक खपत की तुलना कीजिये। निम्न बातें दी गई हैं—

निजी प्लांट : प्रारम्भिक लागत रु० 500,000

ईंधन का मूल्य रु० 80/- प्रति टन

उत्पादन हेतु ईंधन खपत 0.3 किग्रा० प्रति किलोवाट घण्टा

Scanned by CamScanner

सुधार संरक्षण, चिकनाई (स्नेहक तेल), पानी आदि का खर्च 0.55 पैसा प्रति किलोवाट घण्टा।

मजदूरी खर्च रु० 18,000 प्रति वर्ष।

ब्याज एवं ह्रास का खर्च 10% प्रतिवर्ष।

सार्वजनिक सप्लाई : अधिकतम माँग पर 80 रु० प्रति किलोवाट एवं विद्युत खपत पर 3 पैसे प्रति यूनिट की दर से।

हल—प्रतिवर्ष सप्लाई की जाने वाली ऊर्जा यूनिटें

= अधिकतम माँग = 8760 × भार गुणक

= 900 kW × 8760 × 0.30

= 2,365,200 kWh किलोवाट घण्टा

निजी प्लांट का एक वर्ष का ऊर्जा व्यय—

(i) प्रारम्भिक लागत = 500,000

(ii) ईधन की मात्रा = $2,365,200 \times \frac{0.3}{1000}$ टन = 709.56 टन

ईधन का मूल्य = 709.56 × 80 रुपये = रु० 56764.80

(iii) सुधार, सुरक्षण, स्नेहन, पानी आदि का खर्च

= 0.55 × 2,365,200 = 1,300,860 रुपये

(v) मजदूरी खर्च प्रतिवर्ष = 18000 रुपये

अतः एक वर्ष का कुल व्यय = (i) + (ii) + (iii) + (iv)

= (500,000 + 56764.80 + 1,300,860 + 18,000)

= **रु० 18,75,624.80**

सार्वजनिक सप्लाई के द्वारा एक वर्ष का ऊर्जा मूल्य—

= (80 × 900 किलोवाट × 12 महीने) रुपये

+ $\left(\frac{3}{100} \times 2,365,200\right)$ रुपये = 934,956 रुपये

तुलना—सार्वजनिक सप्लाई के द्वारा निजी प्लांट की तुलना में एक वर्ष में बचत

= रु० (18,75,624.80 – 934,956)

= **रु० 940,668.80**

उदाहरण 6.10—एक घरेलू प्रकाश व्यवस्था के लिये 60 वाट के 10 बल्ब निम्नानुसार चालू रखे जाते हैं—

4 बल्ब; सायं 6 बजे से रात्रि 9 बजे तक

2 बल्ब; रात्रि 9 बजे से प्रातः 6 बजे तक

6 बल्ब; रात्रि 8 बजे से 12 बजे मध्य रात्रि तक

ज्ञात कीजिये—

(i) संयोजित भार, अधिकतम माँग, माँग गुणक एवं दैनिक भार गुणक।

(ii) यदि एक 2 kW के हीटर को सायं 5 बजे से रात्रि 9 बजे तक चालू रखा जाये तो संशोधित भार गुणक कितना होगा ?

हल—(i) संयोजित भार = 60 × 10 = **600 W**

अधिकतम माँग = 60 × 6 = 360 W

$$\text{माँग गुणक} = \frac{\text{अधिकतम मांग}}{\text{संयोजित भार}} \times 100$$

$$= \frac{360}{600} \times 100 = \mathbf{60\%}$$

एक दिन में व्यय की गई ऊर्जा की इकाइयाँ

= (4 × 60 × 3) + (2 × 60 × 9) + (6 × 60 × 4)

= 3240 Watt hour

$$\text{अतः} \quad \text{दैनिक भार गुणक} = \frac{3240}{24 \times 360} \times 100$$

$$= \mathbf{37.5\%}$$

(ii) हीटर के द्वारा व्यय की गई ऊर्जा = 2 × 4 = 8 kWh

कुल व्यय की गई ऊर्जा की इकाइयाँ = 8 + 3.420 = 11.420 kWh

अधिकतम माँग रात्रि 8 बजे से 9 बजे तक

= 2000 W + (60 × 4) + (60 × 6)

= 2600 W

$$\text{अतः भार गुणक} = \frac{11.420 \times 100}{2.600 \times 24} = \mathbf{18.3\%}$$

उदाहरण 6.11—एक वैद्युत वितरण उपकेन्द्र पर सप्लाई लिये जाने वाले भार एवं समयावधि (time duration) का विवरण निम्नानुसार हैं—

भार (Load)—	1000 kW	6000 kW	500 kW	2500 kW
समय (Time)—	6 घण्टे	3 घण्टे	6 घण्टे	6 घण्टे

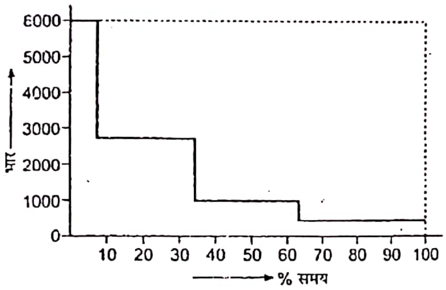
इन आँकड़ों के आधार पर भार-समयावधि वक्र (load-duration curve) खींचिये। यदि उपकेन्द्र पर संयोजित भार 10,000 kw हो तो माँग गुणक, भार गुणक एवं विविधता गुणक ज्ञात कीजिये।

हल—भार-समयावधि वक्र के विभिन्न बिन्दु नीचे की तालिका के द्वारा दर्शाये जा सकते हैं—

भार	दिन के घण्टे	प्रतिशत समय
6000 kW	3	12.5
2500 kW	6 + 3 = 9	37.5
1000 kW	6 + 3 + 6 = 15	62.5%
500 kW	6 + 3 + 6 + 9 = 24	100%

Scanned by CamScanner

भार-समयावधि वक्र चित्र 6.6 में दिखाया गया है।



चित्र 6.6—भार-समयावधि वक्र

$$\text{माँग गुणक} = \frac{\text{अधिकतम माँग}}{\text{संयोजित भार}} = \frac{6000}{10000} = 0.60 = 60\%$$

$$\text{भार गुणक} = \frac{\text{उत्पादित ऊर्जा यूनिटें}}{\text{अधिकतम मांग} \times 24}$$

$$= \frac{(6000 \times 3) + (2500 \times 6) + (1000 \times 6) + (500 \times 9)}{6000 \times 24}$$

$$= 0.30 = 30\%$$

$$\text{विविधता गुणक} = \frac{\text{अधिकतम माँगों का योग}}{\text{उपकेन्द्र पर अधिकतम माँग}}$$

$$= \frac{(6000 + 2500 + 1000 + 500)}{6000} = 1.666$$

§ 6.10. जनित्र इकाइयों की संख्या एवं उनकी क्षमता का चयन (Selection of Generating units)

किसी भी शक्ति उत्पादन केन्द्र पर भार स्थिर नहीं रहता है। उत्पादन केन्द्र पर भार परिवर्तनशील रहता है। अतः मितव्ययता के आधार पर एक ही उत्पादन इकाई के द्वारा भार की आपूर्ति करना उचित नहीं है। यदि एक ही उत्पादन इकाई के द्वारा प्रत्येक समय भार की आपूर्ति की जाये तो न्यून भार की स्थिति में उस उत्पादन केन्द्र की क्षमता बहुत कम होगी। अतः मितव्यता के लिये एक ही शक्ति उत्पादन केन्द्र पर एकाधिक उत्पादन संयन्त्रों को स्थापित किया जाना उचित रहता है। उत्पादन केन्द्र की कुल क्षमता के लिये एक इकाई की स्थापना सम्बन्धी लागत अनेक इकाइयों से उतनी ही क्षमता की पूर्ति करने के लिये यद्यपि

कम रहती है। परन्तु प्रणाली की प्रचालन (operation) की अवस्था में अधिक उत्पादन इकाइयों की संख्या के द्वारा भार की आपूर्ति करना कम खर्चीला रहता है तथा प्रति उत्पादित यूनिट (kWh) कीमत भी कम आती है।

उत्पादन इकाइयों की संख्या एवं क्षमता का चयन करने के लिये केन्द्र के वार्षिक भार वक्र को आधार बनाया जाता है। उत्पादन इकाइयों की संख्या एवं क्षमता का चयन इस प्रक्रिया किया जाता है कि केन्द्र के भार वक्र (लोड कर्व) से उनका सुमेलन (matching) हो सके। इस आधार पर उत्पादन केन्द्र की इकाइयों का प्रचालन इस प्रकार नियन्त्रित किया जा सकता है कि शक्ति उत्पादन केन्द्र अपनी पूर्ण दक्षता के साथ कार्यशील रहे।

§ 6.11. जनित्र इकाइयों के चयन सम्बन्धी महत्वपूर्ण तथ्य (Important facts to be remembered for selection of generating units)

जब किसी शक्ति उत्पादन केन्द्र की संख्या एवं उनकी क्षमता को निर्धारित किया जाना हो तो निम्नलिखित तथ्यों पर विचार करना आवश्यक है—

(i) जनित्र (उत्पादन) इकाइयों की संख्या एवं क्षमता को इस प्रकार निश्चित किया जाना चाहिये कि एक निश्चित कार्यक्रम के अनुसार इनकी क्षमता के तथा भार वक्र के बीच सुमेलन रहे।

(ii) विभिन्न इकाइयों की क्षमता सामान्यतः पृथक-पृथक होनी चाहिये। एक क्षमता की विभिन्न इकाइयों को उपयोग करने से यद्यपि इनकी स्थापना में लगने वाली सहायक सामग्री का आकार इत्यादि एक-सा रहता है, जिससे लागत में थोड़ी कमी हो सकती है। परन्तु इसके साथ ही एक समान क्षमता की इकाइयों से उत्पादन तथा भार वक्र के बीच मेल बनाना कठिन भी हो जाता है। जिससे सम्पूर्ण उत्पादन केन्द्र की क्षमता प्रभावित होती है।

(iii) भविष्य के भार में वृद्धि के अनुसार संयन्त्र की क्षमता अधिकतम माँग की तुलना में लगभग 20 से 25% अधिक होनी चाहिये।

(iv) बहुत अधिक संख्या में जनित्र इकाइयों का इस प्रकार चयन करना उचित नहीं है कि प्रत्येक इकाई की क्षमता बहुत कम रह जाये। क्योंकि जब इकाई का आकार कम होता है तो इसमें प्रति किलोवाट क्षमता के आधार पर आने वाली लागत बढ़ जाती है।

(v) शक्ति उत्पादन केन्द्र में अतिरिक्त उत्पादन इकाई (spare generating unit) का होना आवश्यक रहता है। इसका उपयोग कार्यशील उत्पादन इकाइयों की मरम्मत तथा ओवरहॉलिंग करने में किया जा सकता है।

§ 6.12. अन्तर्संयोजित ग्रिड प्रणाली (Interconnected Grid System)

कई उत्पादन केन्द्रों को एक-दूसरे से पार्श्व सम्बद्ध करने की संयोजित प्रणाली को **"अन्तर्संयोजित ग्रिड प्रणाली"** या **"प्रस्पर सम्बद्ध ग्रिड प्रणाली"** कहा जाता है।

Scanned by CamScanner

शक्ति केन्द्रों को परस्पर सम्बद्ध करने से कई समस्यायें दूर होती हैं। परस्पर सम्बद्धन में अतिरिक्त व्यय अवश्य होता है परन्तु इसके द्वारा जो लाभ मिलता है उसके कारण शक्ति केन्द्रों के परस्पर सम्बन्द्धन को निरन्तर समर्थन मिलता है। शक्ति केन्द्रों के परस्पर सम्बद्धन के लाभ निम्नानुसार हैं—

(i) शिखर भार का पारस्परिक विनिमय—शक्ति केन्द्र पर आने वाले शिखर लोडों को दो शक्ति केन्द्रों के बीच अदला-बदली (विनिमय) करके आपूर्तित किया जा सकता है।

(ii) पुराने शक्ति संयन्त्रों का उपयोग—अन्तर्संयोजित प्रणाली में पुराने शक्ति संयन्त्रों का उपयोग कम समय के लिये शिखर भार वहन के लिये किया जा सकता है। पुराने शक्ति उत्पादन संयन्त्र की क्षमता कम होती है, परन्तु कम समय के लिये इनका उपयोग किया जा सकता है।

(iii) आपूर्ति की विश्वसनीयता—संभरण (आपूर्ति) की विश्वसनीयता में परस्पर सम्बद्धन के द्वारा वृद्धि होती है। यदि कोई शक्ति केन्द्र फेल हो जाता है अर्थात् बड़े स्तर पर इसका ब्रेकडाउन हो जाता है दूसरे ठीक अवस्था वाले शक्ति केन्द्र से वैद्युत आपूर्ति की सततता (continuity) बनाये रखी जा सकती है।

(iv) केन्द्र की आरक्षित क्षमता में कमी—प्रत्येक शक्ति उत्पादन केन्द्र में एक आपातोपयोगी (stand-by) इकाई होना आवश्यक है। जब कई उत्पादन केन्द्रों को परस्पर अन्तर्संयोजित कर दिया जाता है तो सम्पूर्ण प्रणाली की आरक्षित क्षमता में कमी आ जाती है। इस तरह प्रणाली की क्षमता भी बढ़ जाती है।

(v) प्रणाली का मितव्ययी प्रचालन—सम्बन्धित शक्ति उत्पादन केन्द्रों का प्रचालन अन्तर्संयोजन के द्वारा कम खर्चीला हो जाता है। अन्तर्संयोजित प्रणाली को इस प्रकार चलाया जाता है कि अधिकतम दक्ष शक्ति केन्द्र पूरे वर्ष सतत् रूप से चलते रहते हैं तथा कम दक्षता वाले शक्ति संयन्त्र को शिखर भार की आपूर्ति के समय ही चलाया जाता है।

§ 6.13. वैद्युत ऊर्जा का मूल्य
(Cost of electrical energy)

किसी विशेष कार्य को पूर्ण करने के लिये किस प्रकार के ऊर्जा स्रोत का चयन किया जाये, इसका निश्चय लागत एवं लाभ के विश्लेषण के द्वारा किया जाता है। वैद्युत संस्थापन के सम्बन्ध में लागत-लाभ विश्लेषण तुलनात्मक रूप में सरल हो जाता है। क्योंकि विश्लेषण के मापन कार्य को उचित यन्त्रों का संयोजित करके किया जा सकता है। वैद्युत प्रणाली सम्भवतः सबसे अधिक दक्षतापूर्ण प्रणाली है जिसके द्वारा लम्बी दूरी तक के उपभोग के स्थान तक ऊर्जा स्रोत से संचरण किया जा सकता है।

वैद्युत ऊर्जा का मूल्य, उत्पादन केन्द्र, संचरण एवं वितरण प्रणाली में विनियोजित धन एवं प्रचालन तथा मरम्मत कार्य में लगी लागत पर निर्भर करता है। उपभोक्ता की वैद्युत आपूर्ति की विश्वसनीयता बनाये रखने के लिये कई बार अतिरिक्त क्षमता का उत्पादन संयन्त्र लगाना पड़ता है इससे भी वैद्युत ऊर्जा का मूल्य अधिक हो जाता है। सामान्यतः किसी भी उपकरण का मूल्य तीन भागों में विभाजित माना जा सकता है—

(i) स्थिर मूल्य (Fixed cost)।

(ii) अर्ध-स्थिर मूल्य (Semi-Fixed cost)।

(iii) 'गतिमान मूल्य' या 'चल मूल्य' (Running or operating cost)।

6.13.1 स्थिर मूल्य (Fixed Cost)

'स्थिर मूल्य' वह मूल्य है जो अधिकतम माँग तथा उत्पादित ऊर्जा की यूनिटों (kwh) पर निर्भर नहीं है।

स्थिर मूल्य का कारण उत्पादन एवं शेष वैद्युत प्रणाली की केन्द्रीकृत संस्थानों पर किया गया व्यय तथा भूमि एवं उच्चाधिकारों के वेतन इत्यादि के व्यय पर आने वाला ब्याज है। केन्द्रीकृत संस्थान जो उत्पादन प्रणाली का संचालन करता है तथा इससे सम्बन्धित उच्चाधिकारियों के वेतन इत्यादि पर होने वाला वार्षिक व्यय स्थिर रहता है। यदि संयन्त्र का उत्पादन कम या अधिक कुछ भी हो फिर भी इस स्थिर व्यय को कम नहीं किया जा सकता। इसके उपरान्त भूमि पर किया गया पूँजी विनियोजन स्थिर रहता है। इस प्रकार इन दोनों मदों में विनियोजित पूँजी पर ब्याज भी स्थिर रहता है। इस ब्याज की राशि उत्पादन के न्यूनाधिक होने पर निर्भर नहीं रहती।

6.13.2 अर्द्ध स्थिर मूल्य
(Semi-Fixed Cost)

'अर्द्ध स्थिर मूल्य' वह मूल्य या लागत है जो अधिकतम माँग के ऊपर निर्भर रहता है तथा इसका उत्पादित ऊर्जा यूनिटों से कोई सम्बन्ध नहीं रहता।

'अर्द्ध स्थिर मूल्य' शक्ति उत्पादन केन्द्र की अधिकतम माँग के समानुपाती होता है। अर्द्ध स्थिर मूल्य, भवन एवं संयन्त्र में पूँजी विनियोजन कर (taxes), प्रबन्धक तथा कर्मचारियों के वेतन की मदों में हुए व्यय पद वार्षिक ब्याज की गणना के द्वारा ज्ञात किया जाता है। शक्ति केन्द्र पर अधिकतम माँग के द्वारा इसकी क्षमता तथा स्थापना में लागत का आकलन किया जाता है। किसी शक्ति केन्द्र पर अधिकतम माँग जितनी अधिक होगी उतना ही अधिक इसकी क्षमता, आकार तथा स्थापना सम्बन्धी व्यय होगा। इसके अनन्तर, कर तथा कर्मचारियों का वेतन व्यय, संयन्त्र के आकार एवं क्षमता पर निर्भर है। संयन्त्र का आकार एवं इसकी क्षमता अधिकतम माँग (maximum demand) पर निर्भर है। इस निष्कर्ष रूप में अर्द्ध-स्थिर-मूल्य अधिकतम माँग पर निर्भर रहता है।

6.13.3. गतिमान मूल्य या चल-मूल्य (Running Cost)

गतिमान या चल मूल्य वह है जो केवल उत्पादित ऊर्जा यूनिटों पर ही निर्भर करता है। गतिमान मूल्य की निर्भरता—ईंधन की वार्षिक लागत, स्नेहन तेल, मरम्मत तथा प्रचालन

Scanned by CamScanner

सम्बन्धी स्टाफ के वेतन पर होता है। ये व्यय निर्गम ऊर्जा पर निर्भर करते हैं, अतः चल मूल्य प्रत्यक्ष रूप में उत्पादन केन्द्र के द्वारा अधिक ऊर्जा यूनिटों का उत्पादन होता है तो इसका चल मूल्य भी अधिक होगा।

§ 6.14. वैद्युत ऊर्जा के मूल्य के लिये व्यंजक

किसी भी शक्ति उत्पादन केन्द्र के द्वारा समग्र वार्षिक मूल्य को निम्नलिखित दो प्रकार से व्यक्त किया जा सकता है—

(i) त्रिभागीय ऊर्जा मूल्य व्यंजक (Three part form of expression for energy cost)।

(ii) द्विभागीय ऊर्जा मूल्य व्यंजक (Two part form of expression for energy cost)।

(i) त्रिभागीय ऊर्जा मूल्य व्यंजक विधि—इस विधि के अनुसार वैद्युत ऊर्जा के वार्षिक मूल्य (लागत) को तीन भागों में विभाजित माना जा सकता है। ये हैं—स्थिर मूल्य, अर्द्ध स्थिर मूल्य एवं चल (गतिमान) मूल्य। इस प्रकार,

ऊर्जा का वार्षिक मूल्य

$$= \text{स्थिर मूल्य} + \text{अर्द्ध-स्थिर मूल्य} + \text{चल मूल्य}$$

$$= (A + B.\text{kW} + C.\text{kWh}) \text{ रुपये}$$

जहाँ,

$A =$ वार्षिक स्थिर मूल्य जो अधिकतम माँग एवं ऊर्जा यूनिटों पर निर्भर नहीं है।

$B =$ यह वह स्थिरांक है जिसके द्वारा जब अधिकतम माँग से गुणा किया जाता है तो प्राप्त गुणनफल वार्षिक अर्द्ध स्थिर मूल्य के बराबर होता है।

$C =$ स्थिरांक है, जिसे यदि KWh (ऊर्जा यूनिटों) से गुणा किया जाये तो प्राप्त गुणनफल वार्षिक गतिमान (चल) मूल्य के बराबर होता है।

(ii) द्विभागीय ऊर्जा मूल्य व्यंजक विधि—इस विधि के अनुसार ऊर्जा का वार्षिक मूल्य दो रूपों में विभाजित माना जाता है। ये भाग हैं—

(a) प्रति किलोवाट अधिकतम माँग के लिये एक स्थिर राशि,

(b) ऊर्जा की प्रति यूनिट के लिये एक चल मूल्य। इन दोनों का योग वार्षिक ऊर्जा मूल्य कहलाता है। इस प्रकार वार्षिक ऊर्जा मूल्य के लिये व्यंजक निम्नानुसार लिखा जा सकता है—

ऊर्जा का समग्र वार्षिक मूल्य $= (a.\text{kW} + b.\text{kWh})$ रुपये

जहाँ,

$a =$ एक स्थिरांक है, जिसे अधिकतम माँग से गुणा करके प्राप्त राशि से प्रथम भाग का वार्षिक मूल्य प्राप्त होता है।

$b =$ एक स्थिरांक है, जिसके द्वारा वार्षिक यूनिटों (kWh) को गुणा करने से प्राप्त राशि वार्षिक चल-मूल्य कहलाती है।

निष्कर्ष रूपेण द्विभागीय व्यजक, त्रिभागीय व्यजक का सरल रूप है। त्रिभागीय व्यंजक का स्थिरांक '*A*' को द्विभागीय व्यंजक के स्थिर मूल्य में सम्मिलित कर दिया गया है।

§ 6.15. अवमूल्यन ज्ञात करने की विधियाँ
(Methods of Determining Depreciation)

शक्ति उत्पादन के प्रत्येक उपकरण के मूल्य का प्रति वर्ष ह्रास होता जाता है। अतः एक निश्चित राशि का मूल्य ह्रास या अवमूल्यन के रूप में निर्धारण आवश्यक है। इस निर्धारित राशि को ऊर्जा के उत्पादन की लागत में जोड़ने से जो राशि प्राप्त होगी उससे केन्द्र के जीवन काल की समाप्ति पर केन्द्र को पुनः स्थापित करने के लिये धन प्राप्त हो जायेगा।

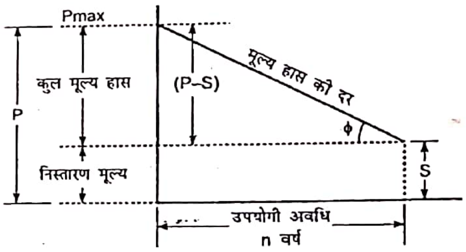
वार्षिक अवमूल्यन ज्ञात करने की निम्नलिखित विधियाँ हैं—

(i) सरल-रेखा विधि (Straight-line method)।

(ii) घटोत्तरी मान (Diminishing value method)।

(iii) शोधन निधि विधि (Sinking fund method)।

(i) सरल रेखा विधि (Straight-line method)—इस विधि के अन्तर्गत उत्पादन केन्द्र की सम्पत्ति के आधार पर ज्ञात किये गये कुल मूल्य ह्रास को एक स्थिर अवमूल्यन दर से व्यक्त करते हैं। इस प्रकार वार्षिक अवमूल्यन की राशि प्राप्त करने के लिये समग्र अवमूल्यन की राशि को सम्पत्ति के उपयोगिता के वर्षों की संख्या से विभाजित किया जाता है।



चित्र 6.7—सरल रेखा विधि

चित्र 6.7 के द्वारा सरल रेखा विधि को निरूपित किया गया है। चित्रानुसार,

वार्षिक अवमूल्यन (मूल्य ह्रास) की राशि $= \dfrac{P - S}{n}$

Scanned by CamScanner

जबकि,

P = रुपयों में संयन्त्र का कुल प्रारम्भिक मूल्य

n = संयन्त्र का उपयोगी काल, वर्षों में

S = रुपयों में संयन्त्र का निस्तारण मूल्य (Scrap value)

इस विधि की कमियाँ निम्नलिखित हैं—

(1) इस विधि में अवमूल्यन की दर को स्थिर माना गया है जो वास्तविक रूप में सही नहीं है।

(2) इस विधि में ब्याज को शामिल नहीं किया जाता है। अर्थात् प्रति वर्ष जमा की गई राशि किश्त पर ब्याज या कर सम्मिलित नहीं किया जाता है।

उदाहरण 6.12—एक ट्रांसफार्मर का मूल्य 1,20,000 रुपये है तथा इसका उपयोगी काल 20 वर्ष है। सरल रेखा विधि का उपयोग करके वार्षिक मूल्य ह्रास की दर ज्ञात कीजिये। उपकरण का निस्तारण मूल्य (Scrap Value) 10,000 रुपये है।

हल—ट्रांसफार्मर का प्रारम्भिक मूल्य,

$P = 1{,}20{,}000$ रुपये

उपयोगिता काल, $n = 20$ वर्ष

निस्तारण मूल्य $S = 10{,}000$ रुपये

सरल रेखा विधि के अनुसार,

$$\text{वार्षिक ह्रास मूल्य} = \frac{P - S}{n} = \frac{1{,}20{,}000 - 10{,}000}{20}$$

$$= 5500 \text{ रुपये}$$

उदाहरण 6.13—किसी शक्ति संयन्त्र का सरल रेखा वार्षिक मूल्य ह्रास क्या होगा ? यदि इसकी मौलिक लागत 90,00,000 रुपये हो, और 25 प्रतिशत रह जाती है।

हल—संयन्त्र की मौलिक (प्रारम्भिक) लागत $P = 9 \times 10^6$ रुपया

संयन्त्र के बेचने की कीमत $S = 9 \times 10^6 \times \frac{25}{100}$

$= 2.25 \times 10^6$ रुपया

संयन्त्र का उपयोगी जीवन $n = 25$ वर्ष

$$\therefore \text{ संयन्त्र का वार्षिक मूल्य ह्रास } q = \frac{P - S}{n}$$

$$= \frac{9 \times 10^6 - 2.25 \times 10^6}{25}$$

$$= 27 \times 10^4 \text{ रुपया/वर्ष}$$

(ii) घटोत्तरी मान विधि (Diminishing Value Method)—इस विधि में मूल्य

ह्रास की गणना प्रत्येक वर्ष के लिये की जाती है। उपकरण के प्रारम्भिक मूल्य में से एक निश्चित दर के मूल्य ह्रास को घटा दिया जाता है। इस प्रकार घटाने पर प्राप्त उपकरण के मूल्य को अगले वर्ष के मूल्य से उसी निश्चित मूल्य ह्रास दर से घटाता जाता है। इस प्रकार इस विधि में मूल्य ह्रास को संयन्त्र के प्रति वर्ष घटते हुए मूल्य पर लागू किया जाता है। तदनुसार यह घटोत्तरी मान विधि कहलाती है।

उदाहरण के लिये यदि किसी उपकरण का प्रारम्भिक मूल्य 100 रुपये है तथा मूल्य ह्रास की वार्षिक दर 5% है, तो पहले वर्ष के लिये अवमूल्यन $0.05 \times 100 = 5$ रुपये होगा। इस प्रकार उपकरण का मूल्य 5 रुपये कम होकर एक वर्ष बाद इसका घटा हुआ मूल्य 95 रु० होगा। दूसरे वर्ष के लिये अवमूल्यन 95 रु० पर 50% की दर से घटाया जायेगा अर्थात् दूसरे वर्ष का मूल्य ह्रास $= 95 \times .05 = 4.75$ रु० तथा तीसरे वर्ष के लिये उपकरण का घटा हुआ मूल्य $= 95 - 4.75 = 90.25$ रुपये। इस प्रकार इस विधि से मूल्य ह्रास की गणना की जा सकती है।

गणनात्मक व्यंजक—

माना कि

P = उपकरण (या संयन्त्र) की प्रारम्भिक कीमत (initial cost of plant)

n = उपकरण (संयन्त्र) का उपयोगी काल (useful life of plant)

S = संयन्त्र की निस्तारण कीमत (Salvage cost of plant)

x = वार्षिक इकाई मूल्य ह्रास (annual unit depreciation)

अब, एक वर्ष बाद संयन्त्र का मूल्य, $S_1 = P - Px = P(1 - x)$

दो वर्ष बाद संयन्त्र का मूल्य $S_2 = P(1 - x) - P(1 - x)x$

$= P(1 - x)^2$

तीन वर्ष बाद संयन्त्र का मूल्य $S_3 = P(1 - x)^2 - P(1 - x)^2 x$

$= P(1 - x)^3$

....

....

n वर्ष बाद संयन्त्र का मूल्य $S_n = P(1 - x)^n = S$

या $$\left(\frac{S}{P}\right)^{1/n} = 1 - x$$

या $$x = 1 - \left(\frac{S}{P}\right)^{1/n}$$

प्रथम वर्ष के लिये अवमूल्यन

$$= xP$$

$$= P[1 - (S/P)^{1/n}]$$

Scanned by CamScanner

इसी प्रकार अन्द आगे के वर्षों के लिये वार्षिक मूल्य ह्रास की कीमत ज्ञात की जा सकती है।

तुलना—यह विधि सरल रेखीय विधि से श्रेष्ठ है। इस विधि के द्वारा मूल्य ह्रास की कीमत प्रारम्भिक वर्षों में अधिक तथा आगे आने वाले वर्षों में कमी होती जाती है। इस विधि की मुख्यतः दो कमियाँ हैं (i) इस विधि के द्वारा बाद के वर्षों में मूल्य ह्रास कीमत कम आती है, जबकि उपकरण के पुराने होने से इस पर मरम्मत आदि का व्यय अधिक होता है, (ii) मूल्य ह्रास मूल्य, ब्याज की दर पर निर्भर नहीं है।

उदाहरण 6.14—एक 300 kVA क्षमता वाले वितरण परिणामित्र (distribution transformer) की कीमत 50 हजार रुपया है और 20 वर्ष बाद इसकी निस्तारण कीमत 5000 रुपया रह जाती है। घटोत्तरी मान विधि तथा सरल रेखीय विधि के द्वारा 10 वर्ष बाद इस परिणामित्र की कीमत क्या होगी ? संयुक्त ब्याज की दर 10% प्रतिवर्ष है।

हल—दिया हुआ है—

परिणामित्र का उपयोग काल $n = 20$ वर्ष

परिणामित्र की प्रारम्भिक कीमत $P = 50{,}000$ रुपया

परिणामित्र की निस्तारण मूल्य $= S_{20} = 5{,}000$ रुपया

20 वर्ष बाद कुल मूल्य ह्रास $= Q_{20} = P - S$

$= 50{,}000 - 5{,}000 = 45{,}000$ रुपया

संयुक्त वार्षिक ब्याज की दर $i = 10\% = 0.10$ रुपया प्रति लागत रुपया प्रति वर्ष

(i) सरल रेखीय मूल्य ह्रास विधि के अनुसार—

$$\text{वार्षिक जमा किस्त } q = \frac{Q}{n} = \frac{P-S}{n} = \frac{45{,}000}{20}$$

$= 2250$ रुपया

10 वर्ष तक जमा कुल धन राशि $= Q_{10} = q \times n$

$= 2250 \times 10$

$= 22500$ रुपया

$\therefore$ 10 वर्ष बाद परिणामित्र की कीमत $S_{10} = (P - Q_{10})$

$= 50{,}000 - 22500$

$= 27{,}500$ रुपया

(ii) घटोत्तरी मूल्य ह्रास विधि के अनुसार—

वार्षिक इकाई मूल्य ह्रास

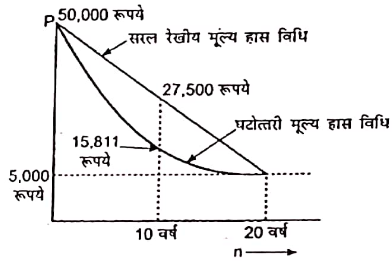
$$x = 1 - \left(\frac{S}{P}\right)^{1/n}$$

$$\therefore \quad x = \left[1 - \frac{5000}{50{,}000}\right]^{1/10} = 0.308$$

10 वर्ष बाद संयन्त्र कीमत

$$S_{10} = P(1-x)^{10}$$

$= 50{,}000\,(1 - 0.308)^{10} = 15{,}811$ रुपये



चित्र 6.8—सरल रेखीय मूल्य ह्रास विधि एवं घटोत्तरी मूल्य ह्रास विधि की तुलना।

चित्र के द्वारा 10 वर्ष बाद परिणामित्र की कीमत की तुलना दोनों विधियों के द्वारा प्राप्त P/n वक्र से दर्शायी गई है।

(ii) शोधन निधि विधि (Sinking fund method)—इस विधि में प्रतिवर्ष जमा की गई राशि पर ब्याज भी गणना में सम्मिलित किया जाता है। प्रत्येक वर्ष स्थिर दर पर मूल्य ह्रास तथा चक्रवर्ती ब्याज की दर से प्रतिवर्ष के लिये ब्याज को सम्मिलित किया जाता है। स्थिर मूल्य ह्रास की राशि तथा ब्याज की जमा राशि का प्रतिवर्ष के लिये योग इतना होता है कि इससे उपकरण के उपयोगिता काल की समाप्ति पर इसे पुर्नस्थापित (replace) किया जा सके।

माना कि,

$P =$ उपकरण का प्रारम्भिक मूल्य

$n =$ उपकरण के उपयोगिता काल के वर्ष

$S =$ उपकरण का निस्तारण मूल्य

$r =$ दशमलव अंकों में प्रतिवर्ष ब्याज की दर

$Q =$ कुल जमा की गई धन राशि

$= (P - S)$

$q =$ प्रथम वर्ष के अन्त में जमा की गई रुपयों में धन राशि की किश्त

द्वितीय वर्ष के अन्त में ब्याज $= qr$

$\therefore$ द्वितीय वर्ष के अन्त में कुल जमा राशि $= q + qr$

$= (1 + r)$

Scanned by CamScanner

तृतीय वर्ष के अन्त में ब्याज $= q(1+r)r$

$\therefore$ तृतीय वर्ष के अन्त में कुल जमा राशि $= q(1+r) + q(1+r)r$

$$= q(1+r)^2$$

इसी प्रकार चतुर्थ वर्ष के अन्त में कुल जमा राशि

$$= q(1+r)^3$$

....

....

n वर्ष के अन्त में कुल जमा राशि $= q(1+r)^{n-1}$

इसी प्रकार n वर्षों के समय में कुल जमा की गई धन राशि (रुपयों में),

$$Q = q + q(1+r) + q(1+r)^2 + q + (1+r)^3 + \ldots\ldots + q(1+r)^{n-2} + q(1+r)^{n-1}$$

या $Q = q\{1 + (1+r) + (1+r)^2 + (1+r)^3 + \ldots\ldots + (1+r)^{n-2} + (1+r)^{n-1}\}$

उपरोक्त व्यंजक गुणोत्तर श्रेणी (geometrical progression) में है, जिसका सार्वअनुपात (common ratio), $(1+r)$ है।

इस प्रकार गुणोत्तर श्रेणी के समस्त पदों के योग के सूत्रानुसार,

$$Q = q\left\{\frac{(1+r)^n - 1}{(1+r) - 1}\right\} = q\left\{\frac{(1+r)^n - 1}{r}\right\}$$

या $$q = \frac{Qr}{(1+r)^n - 1}$$

या $$q = (P - S)\left[\frac{r}{(1+r)^n - 1}\right]$$

इस प्रकार एक समान वार्षिक मूल्य ह्रास q का मान ज्ञात किया जा सकता है।

उदाहरण 6.15—एक शक्ति संयन्त्र के उपकरणों का मूल्य 25,20,000 रुपये है। इसका निस्तारण मूल्य 20 वर्ष बाद 45,000 रुपये है। शोधन निधि विधि (Sinking fund method) से 10 वर्ष बाद संयन्त्र की कीमत ज्ञात कीजिये। वार्षिक चक्रवर्ती ब्याज की दर 5% है।

हल—ब्याज की दर $r = 5\% = 0.05$

शोधन निधि में वार्षिक जमा राशि

$$q = (P - S)\left[\frac{r}{(1+r)^n - 1}\right]$$

$$= (25,20,000 - 45000)\left[\frac{0.05}{(1+0.05)^{20} - 1}\right]$$

$$= 74850 \text{ रुपये}$$

10 वर्ष बाद शोधन निधि (Sinking Fund)

$$Q_{10} = q\left[\frac{(1+r)^{10} - 1}{r}\right] = 74850 \cdot \left[\frac{(1+0.05)^{10} - 1}{0.05}\right]$$

$$= 9,41,455 \text{ रुपये}$$

अतः 10 वर्ष बाद संयन्त्र की कीमत = (25,20,000 – 9,41,455) रुपये

= 15,78,545 रुपये

§ 6.16. विद्युत प्रशुल्क (Electricity Tariff)

वैद्युत शक्ति केन्द्रों के द्वारा ऊर्जा उत्पादित करने के साथ ही बड़ी संख्या में उपभोक्ताओं को इसकी आपूर्ति की जाती है। उपभोक्ता इस विद्युत ऊर्जा का उपयोग सही रूप से करने में तब सफल होता है जब विद्युत आपूर्ति की प्रति यूनिट दर युक्ति संगत हो।

पारिभाषिक रूप से टैरिफ या प्रशुल्क विद्युत शक्ति ऊर्जा प्रदाय की दर है। विद्युत शक्ति उत्पादन करने वाली संस्थानों को इस दर को उचित रूप में कम करने का प्रयास करना पड़ता है। टैरिफ को निर्धारित करने में इस बात का ध्यान रखना पड़ता है कि इसके द्वारा विद्युत ऊर्जा उत्पादन की लागत को पुनः पूर्णरूप से वापिस प्राप्त किया जा सके। इसके साथ ही टैरिफ के आकलन एवं निर्धारण में दूसरा तथ्य यह है कि उत्पादन में विनियोजित (inverted) पूँजी पर लाभ भी अर्जित किया जा सके। लाभ का परिमाण हमारे देश की परिस्थिति के अनुसार कम से कम रखा जाना चाहिये।

इस प्रकार टैरिफ या प्रशुल्क वैद्युत ऊर्जा को उपभोक्ताओं को आपूर्ति करने की वह दर है जिसके द्वारा वैद्युत ऊर्जा उत्पादक संस्थान उसके द्वारा पूँजी के विनियोजन पर ब्याज, अवमूल्यन को सम्मिलित करके सीमित परिमाण में लाभ अर्जन भी करता है।

§ 6.17. टैरिफ निर्धारण का उद्देश्य (Object of fixing tariff)

टैरिफ निर्धारण का मुख्य उद्देश्य विद्युत उत्पादन में व्यय किये गये धन को विद्युत उपभोक्ताओं की सुविधा का ध्यान रखते हुए वसूल करना है, जिससे समयोपरान्त नयी वैद्युत स्थापना की योजनाओं को लागू किया जा सके। सभी के विद्युत प्रशुल्क (टैरिफ) के द्वारा निम्न प्रभार (charges) प्राप्त होते हैं—

(i) वार्षिक नियत प्रभार (Annual fixed charges)—सम्पूर्ण विद्युत प्रणाली की प्रारम्भिक कीमत (initial cost) अर्थात् मूलधन (capital cost), जैसे—विद्युत उत्पादन, संचरण, वितरण, रक्षण एवं मापन यंत्र इत्यादि के लिये प्रयुक्त मशीनों उपकरणों पर व्यय तथा उच्चाधिकारियों के वेतन आदि।

(ii) वार्षिक प्रचालन प्रभार (Annual operating cost)—सम्पूर्ण विद्युत प्रणाली को

Scanned by CamScanner

प्रचालन में व्यय जैसे—विद्युत उत्पादन में प्रयुक्त ईंधन, जल, तेल तथा स्नेहक की कीमत, प्रणाली के अवयवों की मरम्मत, देखभाल तथा अनुरक्षण की कीमत, कर, ब्याज, बीमा आदि का प्रसार, लघु पदासीन कर्मचारियों तथा कारीगरों के वेतन इत्यादि।

§ 6.18. टैरिफ की वांछनीय अर्हतायें (आवश्यकतायें)

विद्युत प्रशुल्क या टैरिफ को निम्नलिखित अर्हतायों की पूर्ति करनी चाहिये--

(1) सरलता—टैरिफ की दर इस प्रकार निर्धारित होनी चाहिये कि सामान्य उपभोक्ता भी इसे भली-भाँति समझने में समर्थ हो। यदि टैरिफ में जटिलता है तो जन सामान्य की ओर से इसके लिये विरोध किये जाने की सम्भावना रहती है। जिससे विद्युत प्रदाय संस्थान के प्रति अविश्वसनीयता उत्पन्न होती है।

(2) उचित लाभ—टैरिफ के द्वारा लाभार्जन युक्तिसंगत तथा जन सामान्य के हित की दृष्टि से न्यूनतम ही होना चाहिये। विद्युत सप्लाई करने वाले संस्थानों का हमारे देश में एकाधिकार रहता है। इससे उन्हें प्रतियोगिता का सामना नहीं करना पड़ता। इस प्रकार लाभ की दर न्यूनतम रखते हुए भी किसी प्रकार की पूँजी विनियोजन पर होने वाले घाटे की सम्भावना नहीं रहती है।

(3) उचित वसूली—प्रत्येक उपभोक्ता से प्राप्त राशि से विनियोजन पर सही रूप से वसूली हो सके, इस प्रकार से टैरिफ का निर्धारण किया जाना चाहिये।

(4) अपक्षपात—विभिन्न वर्ग के उपभोक्ताओं से प्राप्त टैरिफ में पक्षपात नहीं होना चाहिये। बड़े उपभोक्ताओं की विद्युत प्रदाय सस्ती दर पर मिलनी चाहिये जिससे औद्योगिक उत्पादन भलीभाँति हो सके।

(5) आकर्षण—टैरिफ में इस प्रकार का आकर्षण रहना चाहिये जिससे उपभोक्ताओं की बहुत बड़ी संख्या विद्युत ऊर्जा उपयोग के लिये प्रोत्साहित हो। उपभोक्ता विद्युत प्रभार को आसानी से अदा कर सकें, इसका ध्यान टैरिफ निर्धारण में रखना आवश्यक है।

§ 6.19. टैरिफ निर्धारण के घटक (Factors of fixing the tariff)

टैरिफ निर्धारण के लिये निम्नलिखित घटकों का विचरण आवश्यक है—

(1) कुल वार्षिक नियत भार (Total annual fixed charges)
(2) कुल वार्षिक चल प्रसार (Total annual running charges)
(3) उपभोक्ता द्वारा की गई उच्चतम मांग (Maximum demand)
(4) उपभोक्ता द्वारा उपयोग की गई वैद्युत ऊर्जा (kWh)
(5) भार की मात्रा (Quantum of load in kW or kVA)
(6) भार की प्रकृति (Nature of load, domestic or power load)

(7) भार का शक्ति गुणक-न्यून या उच्च (Power factor load—low or high)
(8) भार की अवधि (Load duration)
(9) बिल बनाने की विधि (Method of preparing the bill)
(10) उपभोक्ता द्वारा उपयोग की गई यूनिटों पर रियायत (Rebate)
(11) भार गुणक (Load factor)
(12) विविधता गुणक (Diversity factor)

§ 6.20. टैरिफ के प्ररूप (Types of Tariff)

टैरिफ के प्ररूप कई हैं। सामान्य रूप से उपयोग आने वाले टैरिफ निम्नलिखित हैं--

(1) सरल दर टैरिफ (Simple rate tariff)
(2) सम दर टैरिफ (Flat rate tariff)
(3) खण्ड दर टैरिफ (Block rate tariff)
(4) द्वि-भाग टैरिफ (Two part tariff)
(5) अधिकतम मांग टैरिफ (Maximum demand tariff)
(6) शक्ति गुणक टैरिफ (Power factor tariff)
(7) त्रिभाग-टैरिफ (Three part tariff)।

6.20.1. सरल दर टैरिफ (Simple rate tariff)

जिस व्यय की गई ऊर्जा के लिये प्रतियूनिट निर्धारित दर हो वह सरल दर टैरिफ या एक समान दर टैरिफ कहलाता है।

यह टैरिफ उपभोक्ता के द्वारा उपभोग की गई वैद्युत यूनिटों (इकाइयों) पर प्रत्यक्ष रूप से निर्भर करता है। इसलिये इस टैरिफ के अन्तर्गत वैद्युत आपूर्ति कर्ता के द्वारा उपभोक्ता से उपभोगिता के आधार पर ऊर्जा का मूल्य लिया जाता है। वैद्युत ऊर्जा की कीमत प्रति यूनिट निम्नलिखित सूत्रानुसार ज्ञात की जा सकती है—

$$\text{प्रति यूनिट कीमत} = \frac{\text{वार्षिक नियत भार} + \text{वार्षिक चल प्रभार}}{\text{उपभोक्ता के द्वारा उपभोगिता कुल वैद्युत इकाइया}}$$

सरल दर टैरिफ के गुण—(1) इस टैरिफ की निर्धारण विधि में सरलता है जो उपभोक्ता को आसानी से समझ में आ जाती है।

(2) बिल बनाने में कम समय लगता है क्योंकि परिकलन अति सरल है।

सरल दर टैरिफ के दोष—(1) विभिन्न वर्ग के उपभोक्ताओं के मध्य कोई अन्तर नहीं रखा जाता अतः प्रत्येक उपभोक्ता को समान दर पर अपने द्वारा की गई खपत के लिये भुगतान करना पड़ता है।

Scanned by CamScanner

(2) इस टैरिफ में प्रति यूनिट कीमत अधिक होती है।

6.20.2 सम दर टैरिफ (Flat rate tariff)

जिस टैरिफ में विभिन्न उपभोक्ता वर्ग से अलग दर पर तो प्रभार लिया जाता है परन्तु एक ही उपभोक्ता वर्ग के लिये टैरिफ एक समान दर पर निर्धारित रहता है, वह सम दर टैरिफ कहलाता है।

टैरिफ के इस प्ररूप (प्रकार) में उपभोक्ताओं को उनके उपभोगी उपकरणों के आधार पर कई वर्गों में वर्गीकृत किया जाता है। वर्गीकरण के लिये प्रकाश (lighting), त्रिकला मोटर, वेल्डिंग परिणामित्र, घरेलू उपकरण जिनकी क्षमता अधिक हो, बड़े उद्योग आदि को उपभोक्ता वर्ग माना जा सकता है। टैरिफ दर प्रत्येक उपभोक्ता वर्ग के लिये अलग-अलग निश्चित की जाती है।

सम दर टैरिफ के गुण—(1) यह टैरिफ सरल है। प्रत्येक व्यक्ति आसानी से समझ सकता है।

(2) आपूर्तिकर्त्ता को एक उपभोक्ता वर्ग का बिल बनाने में कम समय लगता है।

(3) प्रत्येक उपभोक्ता वर्ग के उपकरणों के अभिलक्षण के आधार पर टैरिफ निर्धारित होता है अतः कोई भी उपभोक्ता ऊर्जा के लिये व्यर्थ व्यय नहीं करता है। ना ही कोई उपभोक्ता अनुत्साहित होता है।

दोष—(1) इस टैरिफ में प्रत्येक प्रकार के भार के लिये अलग-अलग मीटर लगाने पड़ते हैं। इससे व्यय बढ़ता है।

(2) उपभोक्ता के लिए एक वर्ग विशेष को एक ही दर से प्रभार लिया जाता है। उपभोक्ता वैद्युत ऊर्जा का खर्च चाहे कम करे या अधिक ऊर्जा के परिमाण से टैरिफ दर में कोई अन्तर नहीं आता है।

6.20.3 खण्ड दर टैरिफ (Block rate tariff)

जब ऊर्जा की इकाइयों के एक खण्ड को एक विशेष दर से प्रभावित (charge) किया जाता है तथा और अधिक व्यय की गई इकाइयों को श्रेणी क्रम से घटती हुई दरों से प्रभावित किया जाता है, तो इस प्रकार के टैरिफ को खण्ड दर टैरिफ कहा जाता है।

उदाहरण के लिये 300 यूनिट वैद्युत व्यय के लिये खण्ड दर टैरिफ से प्रभारण इस प्रकार हो सकता है—प्रथम खण्ड की 100 यूनिटों की दर 3.50 रु० प्रति यूनिट 100 यूनिटों से अधिक अगली 100 यूनिटों की दर 3.00 रु० प्रति यूनिट तथा शेष यूनिटों की दर 2.50 रु० से प्रति यूनिट। इस प्रकार कुल वैद्युत प्रभार,

$$= [(100 \times 3.50) + (100 \times 3.00) + (100 \times 2.50)]$$

$$= 900 \text{ रुपये}$$

खण्ड दर टैरिफ के गुण—इस टैरिफ के द्वारा उपभेक्ता को अधिक ऊर्जा व्यय के लिये प्रोत्साहित किया जा सकता है। कई बार उपभोक्ता को ऊर्जा बचत करने के लिय प्रोत्साहित करने के लिये टैरिफ की दरें विभिन्न यूनिट खण्डों के लिये आरोही (बढ़ते हुए) क्रम मे निर्धारित की जा सकती हैं।

(2) इस टैरिफ के द्वारा प्रणाली के भार गुणक (load factor) में सुधार किया जा सकता है। विभिन्नता गुणक (diversity factor) भी बढ़ता है। इससे प्रति यूनिट ऊर्जा की कीमत कम आती है।

दोष—(1) बिल बनाने के लिये परिकलन में कठिनता आती है। क्योंकि प्रत्येक यूनिटों के खण्ड के लिये दर अलग-अलग रहती है।

(2) जटिलता के कारण सामान्य जन को समझने में सरलता नहीं रहती है।

6.20.4 द्वि-भाग टैरिफ (Two-part tariff)

द्वि-भाग टैरिफ (Two-part tariff) के उपभोक्ता की अधिकतम मांग तथा उसके द्वारा व्यय की गई ऊर्जा यूनिटों के आधार पर वैद्युत ऊर्जा प्रभार (charge) का परिकलन किया जाता है।

द्वि-भाग टैरिफ में उपभोक्ता से लिये जाने वाले प्रभार को दो भागों में विभाजित किया जाता है। पहला भाग नियत प्रभार (fixed charges) तथा दूसरा भाग चल प्रभार (running charges) का होता है। नियत भार अधिकतम मांग के समानुपाती होता है। प्रभार का द्वितीय भाग चल प्रभार के ऊपर निर्भर रहता है। द्वि-भाग टैरिफ को गणितीय सूत्र के रूप में निम्नानुसार व्यक्त किया जा सकता है—

कुल प्रभार (Total charges) $= (b \times CW + C \times \text{kWh})$ रुपये

जहाँ, $b =$ अधिकतम मांग के प्रत्येक kW पर प्रभार, रुपयों में।

$c =$ व्यय की गई यूनिटों के प्रत्येक kWh पर प्रभार, रुपयों में।

उपयोग—इस प्रकार के टैरिफ को अधिकांशतः औद्योगिक उपभोक्ताओं के लिये लागू किया जाता है, जिनकी अधिकतम मांग का अनुपात अन्य वर्ग के उपभोक्ताओं की तुलना में अधिक रहता है।

द्वि-भाग टैरिफ के गुण—(1) यह टैरिफ उपभोक्ताओं की समझ में आसानी से आ जाती है।

(2) इस टैरिफ के द्वारा नियत प्रभार को अधिकतम मांग के अनुसार निर्धारित किया जाता है। अधिकतम मांग के द्वारा ही उत्पादन में नियत लागत निश्चित की जाती है। व्यय की गई ऊर्जा यूनिटों से नियत प्रभार प्रत्यक्षतः प्रभावित नहीं होता है।

दोष—(1) उपभोक्ताओं ने यदि किसी माह में बिल्कुल भी ऊर्जा व्यय नहीं की हो तो भी उसे उसकी अधिकतम मांग के आधार पर एक नियत प्रभार राशि चुकानी पड़ती है।

Scanned by CamScanner

(2) अधिकतम मांग के आकलन में सदा त्रुटि की सम्भावना रहती है। इससे प्रभार भी उसी अनुपात में त्रुटि पूर्ण हो सकता है।

6.20.5. अधिकतम मांग टैरिफ (Maximum demand tariff)

अधिकतम मांग टैरिफ में अधिकतम मांग का आकलन या कल्पना करने के स्थान पर वास्तविक रूप में एक **अधिकतम मांग सूचक यंत्र** को उपभोक्ता के यहाँ स्थापित करके मापन के द्वारा टैरिफ को परिगणना में लिया जाता है।

इस टैरिफ में द्वि-भाग टैरिफ के उस दोष को दूर कर दिया जाता है जिसके द्वारा उपभोक्ता को एक ही बार में 'अधिकतम मांग के निर्धारण' के द्वारा प्रभार देना होता है।

उपयोग—इस टैरिफ को अधिकांशतः बड़े उपभोक्ताओं जैसे कि उद्योगों इत्यादि के लिये लागू किया जाता है।

गणितीय सूत्र—सूत्र रूप में,

अधिकतम मांग टैरिफ के द्वारा कुल प्रभार (total charges)

$$= (b.\text{kW} + C.\text{kWh}) \text{ रुपये।}$$

जहाँ b = प्रति किलोवाट अधिकतम मांग के लिये प्रभार, रुपयों में। अधिकतम मांग को अधिकतम मांग सूचक यंत्र के द्वारा मापन करके प्राप्त किया जाता है।

c = उपभोक्ता के द्वारा प्रति यूनिट व्यय पर प्रभार रुपयों में।

अधिकतम मांग टैरिफ के गुण—(1) उपभोक्ता से वास्तविक एवं यथोचित रूप में प्रभार लिया जाता है।

(2) अधिकतम मांग को एक सूचक यंत्र के मापन द्वारा ज्ञात करने से कम उर्जा व्यय पर भी एक निश्चित राशि प्रभार उपभोक्ता को नहीं देना पड़ता। इस प्रकार द्वि-भाग पर टैरिफ के इस दोष को इस विधि में दूर कर दिया गया है।

दोष—(1) अतिरिक्त मापक यंत्र 'अधिकतम मांग सूचक यंत्र' का व्यय बढ़ जाता है।

(2) बिल तैयार करने में अधिक समय लगता है।

20.6. शक्ति गुणक टैरिफ (Power factor tariff)

जिस टैरिफ में उपभोक्ता के लोड के शक्ति गुणक (power factor) को प्रभार की गणना करने के आधार बनाया जाता है वह **शक्ति गुणक टैरिफ** कहलाता है।

प्रत्यावर्ती धारा परिपथ प्रणाली में शक्ति गुणक की महत्वपूर्ण भूमिका रहती है। यदि शक्ति गुणक कम हो तो उपकरण की संनिर्धारित क्षमता अधिक होती है तथा लाइन में हानि भी अधिक होती है। अतः कम शक्ति गुणक लोड वाले उपभोक्ता को अधिक प्रभार देना चाहिये।

शक्ति गुणक टैरिफ के प्ररूप—शक्ति गुणक टैरिफ निम्न प्रकार के होते हैं—

(i) किलो वोल्ट ऐम्पियर अधिकतम मांग टैरिफ (kVA maximum demand tariff)

(ii) सर्पी पैमाना टैरिफ या स्लाइडिंग स्केल टैरिफ (Sliding Scale tariff)

(iii) कार्यकारी एवं प्रतिघाती शक्ति टैरिफ (kWh and kVAR tariff)

(i) किलो वोल्ट ऐम्पियर अधिकतम मांग टैरिफ—यह द्वि-भाग टैरिफ का संशोधित रूप है। इसमें नियत प्रभार को kVA में अधिकतम मांग के आधार पर लागू किया जाता है। जबकि द्वि-भाग टैरिफ में अधिकतम मांग को kW में लेकर गणना की जाती है। जब उपभोक्ता का शक्ति गुणक कम होता है तो kVA अधिक होता है। अतः कम शक्ति गुणक के भार के उपभोक्ता को अधिक शक्ति गुणक रखने के लिये प्रोत्साहित किया जाता है।

(ii) स्लाइडिंग स्केल टैरिफ—इसे औसत शक्ति गुणक टैरिफ कहा जा सकता है। इसमें शक्ति गुणक के एक औसत मान जैसे कि 0.8 को सन्दर्भ मान लिया जाता है। यदि इस सन्दर्भ औसत शक्ति गुणक से कम मान का शक्ति गुणक होता है तो उपभोक्ता को अधिक प्रभार देना होता है। इसके विपरीत यदि शक्ति गुणक अधिक हो तो उपभोक्ता को रियायत दी जाती है।

(iii) कार्यकारी एवं प्रतिघाती शक्ति टैरिफ (kWh and kVAR tariff)—इस टैरिफ में कार्यकारी शक्ति (kWh) तथा प्रतिघाती शक्ति (reactive power, kVAR) के घटकों के आधार पर पृथक्-पृथक् प्रभार लिया जाता है। उपभोक्ता के लोड की शक्ति का प्रतिघाती घटक यदि अधिक है तो शक्ति गुणक कम होगा तथा उसे अधिक प्रभार देना चाहिये।

इस टैरिफ में दो ऊर्जा मापी की स्थापना का व्यय अधिक आता है।

6.20.7 त्रिभाग टैरिफ (Three part tariff)

जब उपभोक्ता कुल प्रभार को तीनों भागों में विभक्त करके गणना करते हैं तो यह त्रिभाग टैरिफ कहलाता है। गणना करने के लिये तीन भाग हैं—नियत प्रभार, अर्द्ध-नियत प्रभार (semi-fixed charge) एवं चल प्रभार।

गणितीय व्यंजक के रूप में इस त्रि-भाग टैरिफ के प्रभार को निम्नानुसार व्यक्त किया जा सकता है—

$$\text{कुल प्रभार} = (a + b \times \text{kW} + c \times \text{kWh}) \text{ रुपये}$$

जबकि, a = बिल बनाने की अवधि (जैसे कि प्रति माह) के लिये एक नियत प्रभार। इसमें द्वितीयक वितरण के लिये ब्याज एवं मूल्य ह्रास तथा प्रभार एकत्रित करने के लिये लगा पारिश्रमिक है।

b = अधिकतम मांग की प्रत्येक kW पर प्रभार

c = ऊर्जा की प्रत्येक यूनिट (kWh) पर प्रभार

Scanned by CamScanner

त्रिभाग टैरिफ के गुण—केवल इसी टैरिफ में तीनों प्रभारों के आधारों पर यथार्थ रूप में उपभोक्ता से प्रभार लिया जाता है।

त्रिभाग टैरिफ के दोष—(i) अतिरिक्त मापक यन्त्रों की स्थापना में व्यय आता है।

(ii) इस टैरिफ में तीन प्रकार के प्रभारों के कारण गणना करने में जटिलता है।

(iii) इस टैरिफ के अनुसार बिल तैयार करने में अधिक समय लगता है।

साधित उदाहरण (Solved Examples)

उदाहरण 6.16—वैद्युत ऊर्जा प्रदाय संस्थान के द्वारा औद्योगिक उपभोक्ता के लिये दो प्रकार के टैरिफ में से चयन करने के लिये कहा गया है। ये टैरिफ निम्नानुसार हैं—

(a) 500 रुपया प्रति माह एवं 3.00 रु० प्रति kWh.

(b) 3.50 रु० प्रति kWh.

उपभोक्ता का ऊर्जा यूनिटों का व्यय कितना होना चाहिये जब वह टैरिफ (a) को चयन करेगा ?

हल—माना कि टैरिफ (a) को चुनने के लिये ऊर्जा यूनिटों का खर्च x यूनिटों से अधिक है। अतः x यूनिटों पर दोनों प्रकार के टैरिफ से उपभोक्ता द्वारा देय प्रभार एक समान होगा। इस प्रकार

$$500 + (3.0 \times x) = (3.5 \times x)$$

या $0.5 \times x = 500$

या $x = 1000$ **यूनिटें**

जब उपभोक्ता का व्यय 1000 यूनिटों से अधिक होगा तब वह टैरिफ (a) को चुनेगा।

उदाहरण 6.17—एक औद्योगिक उपभोक्ता का भार 500 kW, 0.8 शक्ति गुणक पर 8 घण्टे प्रति दिन तथा वर्ष में 300 दिन के लिये है। वार्षिक विद्युत बिल को निम्नलिखित टैरिफों के लिये ज्ञात करो—

(a) (400 रुपया प्रति kVA × प्रतिवर्ष की अधिकतम मांग) + 3.00 रु० प्रति kWh.

(b) 3.50 रु० प्रति kWh.

हल—(a) अधिकतम मांग $= \frac{500}{0.8} = 625$ kVA

वार्षिक ऊर्जा खपत $= 500 \times 8 \times 300 = 12{,}00{,}000$ kWh

विद्युत बिल $= (400 \times 625 + 3.0 \times 12{,}00{,}000)$

$= 38{,}50{,}000$ **रुपये**

(b) विद्युत बिल $= 3.50 \times 12{,}00{,}000$

$= 42{,}00{,}000$ **रुपये**

उदाहरण 6.18—एक घरेलू उपभोक्ता का विद्युत ऊर्जा व्यय निम्नानुसार हैं—

प्रकाश व्यवस्था का भार	—3 ट्यूब लाइट, 40 वाट प्रत्येक 3 घण्टे के लिये
	—60 वाट प्रत्येक के 3 बल्ब 3 घण्टे के लिये
पंखे का लोड	—60 वाट प्रत्येक के 3 पंखे प्रतिदिन 6 घण्टे
रेफ्रिजरेटर	—1 kWh प्रति दिन

नियत दिनांक तथा उपभोक्ता के द्वारा भुगतान करने पर 5% की छूट मिलती है। निम्नलिखित टैरिफ के अनुसार मासिक बिल (30 दिन के लिये) को ज्ञात कीजिये।

पहली 10 यूनिट	3.50 रु० प्रति यूनिट
अगली 50 यूनिट	3.00 रु० प्रति यूनिट
शेष यूनिटें	2.50 रु० प्रति यूनिट
नियत भार	50 पैसे प्रति यूनिट

हल—30 दिन में कुल ऊर्जा का व्यय KWh में,

$$= \frac{1}{1000}(3 \times 40 \times 3 \times 30 + 3 \times 60 \times 6 \times 30$$
$$+ 3 \times 60 \times 6 \times 30) + 30 \times 1$$

$= 105.6$ kWh

कुल मासिक बिल $= 3.50 \times 10 + 3.00 \times 50 + 2.50\,(105.6 - 10 - 50) + 52.8$

$=$ **रुपये 351.8**

उदाहरण 6.19—एक वैद्युत भार की अधिकतम मांग 1000 kW, 0.8 शक्ति गुणक पर तथा भार गुणक 0.40 है। यदि टैरिफ अधिकतम मांग के प्रति kW के लिये 75 रुपये; 3 पैसे प्रति kWh तथा 1.5 पैसे प्रति kVARh हो, तो प्रति यूनिट विद्युत व्यय कितना होगा ?

हल— भार गुणक $= \frac{\text{एक वर्ष में व्यय ऊर्जा यूनिटें}}{\text{अधिकतम मांग} \times 8760}$

अतः, प्रतिवर्ष व्यय ऊर्जा यूनिटें

$= 1000 \times 8760 \times 0.4 = 35.04 \times 10^5$ kWh

अब kVAh

$$= \frac{\text{kW}}{\text{शक्ति गुणक}} = \frac{35.40 \times 10^5}{0.8}$$

$= 43.8 \times 10^5$ kVAh

Scanned by CamScanner

ऊर्जा का प्रतिघाती घटक (kVARh)

$$= kVAh \times \sin\phi = 43.8 \times 10^5 \times \sqrt{1-(0.8)^2}$$

$$= 26.28 \times 10^5 \text{ kVARh}$$

अतः एक वर्ष में ऊर्जा का प्रभार (Charge)

$$= \text{रुपये } (75 \times 1000 + \frac{3}{100} \times 35.04 \times 10^5 + \frac{1.5}{100} \times 26.28 \times 10^5)$$

= 2,19,540 रुपये

अतः प्रति यूनिट ऊर्जा की दर $= \frac{2,19,540}{35.40 \times 10^5}$

= 0.0625 रुपये

= 6.25 पैसे प्रति यूनिट उत्तर

उदाहरण 6.20—एक उपभोक्ता को निम्नलिखित टैरिफ से विद्युत प्रभार देना होता है—

रु० 70.00 प्रति kVA × अधिकतम मांग,

3.00 रु० प्रति व्यय की गई यूनिट पर।

उपभोक्ता का लोड 250 kW, 0.8 पश्चगामी शक्ति गुणक पर है।

उपभोक्ता का वार्षिक बिल कितना होगा ?

(आवश्यकतानुसार अन्य आंकड़ों की परिकल्पना की जा सकती है।)

हल—माना कि भार गुणक 100% है।

एक वर्ष में व्यय की गई ऊर्जा

$$= 250 \times 8760 \times 1$$

$$= 21.9 \times 10^5 \text{ kWh}$$

व्यय ऊर्जा पर वार्षिक मूल्य

$$= \text{रुपये } 21.9 \times 10^5 \times 3.00 = \text{रुपये } 6.57 \times 10^6$$

kVA में अधिकतम मांग

$$= \frac{250}{0.8} = 312.5 \text{ kVA}$$

अधिकतम मांग पर आधारित वार्षिक मूल्य

$$= \text{रु० } 312.5 \times 70 = \text{रुपये } 2.18 \times 10^4$$

कुल वार्षिक बिल = रुपये $(6.57 \times 10^6 + 2.18 \times 10^4)$

= रुपये 65,91,800 उत्तर

प्रश्नावली

1. निम्नलिखित परिभाषिक शब्दों को परिभाषित कीजिये।
   (i) अधिकतम मांग (Maximum demand)
   (ii) विविधता गुणक (Diversity factor)
   (iii) लोड गुणक (Load factor)
   (iv) शिखर लोड (Peak load)
   (v) भार वक्र या लोड कर्व (Load curve)
2. लोड गुणक तथा संयन्त्र क्षमता गुणक एक-दूसरे के समान किस अवस्था में हो सकते हैं ?
3. भार अवधि वक्र (load duration curve) को समझाइये।
4. आधार लोड संयन्त्र (base load plant) किसे कहते हैं।
5. शिखर-लोड संयन्त्र (peak load plant) किसे कहते हैं ?
6. परस्पर सम्बद्ध शक्ति-संयन्त्रों (Interconnected power stations) के लाभ बताइये।
7. प्रत्यावर्तित्रों के पार्श्व सम्बद्धन (parallel connection) के लिये किन अर्हताओं (शर्तों) की पूर्ति होना आवश्यक है ?
8. भार गुणक तथा विविधता गुणक का महत्व समझाइये।
9. विविधता गुणक (Diversity factor) तथा संयन्त्र गुणक (Plant factor) को परिभाषित कीजिये तथा स्पष्ट कीजिये कि इनके द्वारा उत्पादन की लागत किस प्रकार प्रभावित होती है ?
10. भार गुणक तथा विविधता गुणक का मान अधिक होने का क्या प्रभाव होता है ?
11. 'मांग की विविधता' से क्या तात्पर्य है ?
12. लोड गुणक का उत्पादन लागत पर क्या प्रभाव होता है ?
13. शक्ति संयन्त्र के उत्पादन को प्रभावित करने वाले कौन से घटक (गुणक) हैं ?
14. भार वक्र से आप क्या समझते हैं ?
15. भार वक्र द्वारा प्राप्त सूचनाओं को कहाँ और किस प्रकार प्रयोग किया जाता है ?
16. भार वक्र खींचने की विधि समझाइये।
17. विविधता गुणक (Diversity factor) का प्रभाव, विद्युत उत्पादन केन्द्र की क्षमता पर क्या है ?
18. लोड गुणक का प्रभाव, विद्युत उत्पादन केन्द्र की क्षमता पर क्या पड़ता है ?
19. कनेक्टेड लोड, डिमांड फेक्टर तथा डावर्सिटी फेक्टर समझाइये।
20. पीक लोड प्लांट तथा बेस लोड प्लांट से आप क्या समझते हैं ?
   (a) इन दोनों संयन्त्रों की क्या विशेषतायें हैं ?
   (b) इनमें से प्रत्येक वर्ग के संयन्त्रों के नाम लिखिये।

Scanned by CamScanner

21. बेस लोड तथा पीक लोड स्टेशनों पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।
22. शक्ति उत्पादन एवं वितरण की अर्थव्यवस्था को प्रभावित करने वाले घटक की विवेचना करिये।
23. टैरिफ किसे कहते हैं? टैरिफ निर्धारण में कौन से आवश्यक बिन्दुओं पर विचार किया जाना चाहिये?
24. टैरिफ के द्वारा किन उद्देश्यों की पूर्ति होनी चाहिये?

अथवा

टैरिफ की अर्हतायें (आवश्यकतायें) लिखिये।

25. नियत (स्थिर, fixed) मूल्य क्या है?
26. चल-मूल्य (running cost or operating cost) किसे कहते हैं?
27. नियत मूल्य तथा चल मूल्य को उदाहरण देकर समझाइये।
28. प्रचलन में कितने प्रकार के टैरिफ हैं?
29. निम्नलिखित टैरिफों पर टिप्पणी लिखिये—
    (i) शक्ति गुणक टैरिफ (Power factor tariff)
30. द्वि-भाग टैरिफ को लागू करने का आर्थिक आधार क्या है?
31. कुछ मुख्य प्रकार के टैरिफ बताइये।
32. मध्यम उद्योग में कौन-सा टैरिफ लागू करना चाहिये?
33. कारण बताइये कि मध्यम उद्योग में द्वि-भाग टैरिफ क्यों उपयुक्त है?
34. विभिन्न प्रकार के विद्युत उपभोक्ताओं से विद्युत खपत की वसूली करने के लिये सामान्य इस्तेमाल में आने वाले विद्युत टैरिफों के विभिन्न प्रारूपों का वर्णन करिये तथा उनके लाभों तथा अलाभों को भी दीजिये?
35. टैरिफ को लागू करने के लिये शक्ति गुणक के महत्व की व्याख्या कीजिये?

गणनात्मक प्रश्न

1. एक वैद्युत शक्ति उत्पादन केन्द्र के द्वारा सप्लाई किये जाने वाले भार 20 MW, 18 MW, 10 MW तथा 2 MW है। केन्द्र पर अधिकतम मांग 32 MW है। केन्द्र वार्षिक भार गुणक 45% है। विविधता गुणक तथा मांग गुणक ज्ञात कीजिये।
   उत्तर—2.5, 0.64
2. एक वैद्युत शक्ति संयन्त्र पर अधिकतम मांग 100 MW है और इससे संयोजित भार 135 MW है। यदि संयन्त्र के द्वारा वार्षिक उत्पादित इकाईयाँ (units) की संख्या 325×10^6 kWh हो तो ज्ञात कीजिये—
   (i) मांग गुणक (Demand factor), (ii) भार गुणक (load factor)
   उत्तर—(i) 74%, (ii) 37%

3. एक वैद्युत उपकेन्द्र पर अधिकतम मांग 95 MW है। उपकेन्द्र का वार्षिक भार गुणक 40 प्रतिशत है। उपकेन्द्र पर संस्थापित वैद्युत ऊर्जा मापी में एक के लिये कितना ऊर्जा व्यय प्रदर्शित होगा?
   उत्तर—332.9×10^6 kWh (यूनिटें)
4. एक वैद्युत उत्पादन केन्द्र पर वार्षिक अधिकतम मांग 120 MW है। इसके उपकेन्द्रों पर वार्षिक अधिकतम मांगें क्रमशः 60 MW, 50 MW, 30 MW, 15 MW हैं। केन्द्र पर वार्षिक विविध गुणक (Diversity factor) ज्ञात करो।
   उत्तर—1.29
5. एक विद्युत उत्पादन केन्द्र पर अधिकतम मांग 100 MW है। भार गुणक 60% है। क्षमता गुणक 50% है। ज्ञात कीजिये—
   (i) विद्युत केन्द्र पर औसत भार (average load)
   (ii) केन्द्र की संनिर्धारित क्षमता (rated capacity)
   (iii) केन्द्र की आरक्षित क्षमता (rserve capacity)
   (iv) केन्द्र पर प्रतिदिन वैद्युत ऊर्जा उत्पादन।
   (v) केन्द्र पर प्रतिदिन सम्भावित अधिकतम ऊर्जा उत्पादन।
   उत्तर—(i) 60 MW, (ii) 120 MW, (iii) 20 MW, (iv) 1440×10^3 kWh, (v) 2880×10^3 kWh.
6. एक 100 MW का शक्ति उत्पादन केन्द्र का आपूर्तित भार, –100 MW 4 घण्टे के लिये; 40 MW 10 घण्टे के लिये तथा दिन के शेष समय में भारहीन रहता है। प्रत्येक वर्ष में 60 दिन के लिये केन्द्र में काम बन्दी (शट-डाउन) रहता है। इस केन्द्र के लिये वार्षिक भार गुणक की गणना कीजिये।
   उत्तर—27.85%
7. एक शक्ति उत्पादन केन्द्र पर संयोजित भार 40 MW है तथा इस पर अधिकतम मांग 32 MW है। प्रतिवर्ष उत्पादित यूनिटें 82.5×10^6 हैं। ज्ञात कीजिये—
   (i) मांग गुणक, (ii) भार गुणक।
   उत्तर—(i) 0.80, (ii) 0.29
8. एक शक्ति उत्पादन केन्द्र की अधिकतम मांग 1500 kW है। इसका वार्षिक भार गुणक 65% तथा क्षमता गुणक 50% है। केन्द्र की आरक्षित क्षमता ज्ञात कीजिये।
   उत्तर—4500 किलोवाट
9. एक वैद्युत शक्ति उत्पादन संयन्त्र के द्वारा आपूर्तित भार एवं समयावधि के आंकड़े निम्नानुसार हैं—

भार (Load)—	5 MW	30 MW	2.5 MW	12.5 MW
समय (Time)—	3 घण्टे	6 घण्टे	9 घण्टे	6 घण्टे

उपर्लिखित आंकड़ों के आधार पर भार-समयावधि वक्र खींचिये। यदि उत्पादन केन्द्र

Scanned by CamScanner

से संयोजित भार 60 MW हो तो (i) मांग गुणक, (ii) भार गुणक एंव (iii) विविधता गुणक ज्ञात कीजिये।

उत्तर—(i) 0.50, (ii) 0.406, (iii) 1.667

10. एक वैद्युत उत्पादन केन्द्र पर संयोजित वैद्युत भार 43 मेगावाट (MW) है। यदि अधिकतम वैद्युत भार 20 मेगावाट एवं प्रतिवर्ष उत्पादित इकाइयाँ 615×10^6 (किलोवाट घण्टा) हों तो भार गुणक और मांग गुणक की गणना कीजिये।

उत्तर—35.1%, 46.5%

11. एक वैद्युत उपभोक्ता की उच्चतम मांग 5000 kW है। यदि उपभोक्ता का वार्षिक भार गुणांक 45% प्रतिशत हो तो पूर्ण वर्ष में उपभोक्ता द्वारा व्यय की गई विद्युत इकाइयों का आगणन कीजिये।

उत्तर—1971×10^4 kWh.

12. एक परमाणु बिजलीघर पर वार्षिक वैद्युत भार की उच्चतम मांग 100 MW है। और पृथक-पृथक् वार्षिक वैद्युत भार की अधिकतम मांगें क्रमशः 55 MW, 45 MW, 35 MW, 25 MW तथा 15 MW हैं। परमाणु बिजली घर का वार्षिक घनत्व गुणांक (annual diversity factor) ज्ञात करिये।

उत्तर—1.75

13. यदि एक विद्युत उत्पादन केन्द्र पर एक वर्ष के लिये अधिकतम विद्युत भार 18 MW, भार गुणांक 0.5 प्रतिशत तथा विघूत उपकेन्द्रों पर, अधिकतम विद्युत भार क्रमशः 7.5 MW, 5 MW, 3.4 MW, 4.6 MW तथा 2.8 MW हो तो (a) उस वर्ष उत्पादित कुल इकाइयों (kWh) की गणना कीजिये। (b) विद्युत उत्पादन केन्द्र के लिये भिन्नता गुणांक (diversity factor) ज्ञात करिये।

उत्तर—(a) 38,92,400 kWh (b) 1.3

14. एक शक्ति संयन्त्र का अधिकतम भार 30 MW है। भार, जिनकी अधिकतम मांग 25 MW, 10 MW, 5 MW तथा 7 MW है। इन्हें एक शक्ति संयन्त्र से जोड़ा गया है। इस शक्ति संयन्त्र की क्षमता 40 MW है तथा वार्षिक भार गुणक 50 प्रतिशत है। ज्ञात कीजिए—

(i) इस केन्द्र पर औसत भार (average load)

(ii) प्रतिवर्ष प्राप्त ऊर्जा (supplied energy yearly)

(iii) मांग गुणक (demand factor)

(iv) नानत्व अनुपात (diversity factor)

उत्तर—(i) 15 MW, (ii) 1314×10^5 kWh, (iii) 0.6383, (iv) 3.567

15. एक वैद्युत ऊर्जा सप्लाई संस्थान के द्वारा उपभोक्ता को औद्योगिक संस्थापना के लिये दो प्रकार के टैरिफ उसके चयन करने के लिये सुझाये गये हैं—

(a) 400 रुपया प्रति माह एवं 20 पैसे प्रति kWh

(b) 50 पैसे प्रति kWh

उपभोक्ता की कितनी ऊर्जा यूनिटों (kWh) से अधिक व्यय के लिये टैरिफ (a), उसके लिये लाभदायक रहेगा?

उत्तर—1333.3 kWh से अधिक

16. 40 प्रतिशत भार गुणक पर एक विद्युत उपभोक्ता की अधिकतम मांग 200 kW है। निम्न विद्युत दर (tariff) के आधार पर विद्युत के वार्षिक प्रभार (charge) की तुलना कीजिये—

(a) अधिकतम मांग के प्रति किलोवाट पर 100 रुपया + 5 पैसा प्रति किलोवाट घंटा।

(b) 10 पैसे प्रति किलोवाट घंटा की समान दर से।

उत्तर—(a) 55,040 रुपया (b) 7,00,80 रुपया।

तुलना—(a) द्वि-भागीय टैरिफ द्वारा 15,040 रुपया समान दर टैरिफ (b) की तुलना में कम है। अतः (a) टैरिफ उपभोक्ता के लिये कम खर्चीला है।

17. एक विद्युत जनन संयन्त्र का प्रतिष्ठापन स्थिर वार्षिक व्यय 25 रुपया प्रति kW है और चालू व्यय 1 पैसे प्रति यूनिट है। यदि संयन्त्र का वार्षिक निर्गत 24×10^6 यूनिटें हों और वार्षिक भार गुणक 40 प्रतिशत हो तो औसत यूनिट (kWh) मूल्य क्या होगा?

उत्तर—1.714 पैसे प्रति यूनिट

18. वर्ष में 365 दिन के लिये, 16 घण्टे प्रतिदिन की दर से सतत रूप से कार्यरत, एक औद्योगिक यूनिट की अधिकतम मांग 100 MW है तथा इसका वार्षिक भार-गुणांक 50 प्रतिशत है। वैद्युत ऊर्जा की वार्षिक लागत ज्ञात करो, यदि प्रयुक्त टैरिफ 120 रुपया प्रति किलोवाट उच्चतम मांग प्रतिवर्ष जमा 15 पैसे प्रति किलोवाट घंटा हो।

उत्तर—558×10^5 रुपया

19. एक विद्युत उपभोक्ता, निम्न दो टैरिफों में अपना चयन कर सकता है।

(a) 200 रुपया (स्थिर) + 3 पैसे प्रति किलोवाट घंटा (kWh)

(b) 7 पैसे प्रति किलोवाट घंटा की समेकित दर (flat rate)

ज्ञात कीजिये कि किस खपत पर उपभोक्ता द्वारा टैरिफ (a) को पसन्द किया जायेगा?

उत्तर—5000 यूनिटों से अधिक की खपत पर

20. एक उपभोक्ता की वार्षिक विद्युतीय-ऊर्जा 2×10^5 यूनिट है। उसे अधिकतम मांग का 50 रुपया प्रति किलोवाट (kW) तथा 0.10 रुपया प्रति यूनिट (kWh) का टैरिफ देय है। तो उपभोक्ता के लिये सम्पूर्ण वार्षिक व्यय तथा प्रति यूनिट समग्र (overall) मूल्य ज्ञात कीजिये यदि भार गुणक 35 प्रतिशत हो ? उपभोक्ता के लिये प्रति यूनिट सर्वांगीय व्यय भी ज्ञात कीजिये यदि (i) समान भार-गुणक पर 25% खपत कम कर दी जाये तथा (ii) 25% भार गुणक पर वार्षिक ऊर्जा खपत 2×10^5 यूनिट हो।

उत्तर—11.63 पैसे प्रति यूनिट (ii) 12.285 पैसे प्रति यूनिट

Scanned by CamScanner

21. एक विद्युत जनन-केन्द्र का निर्गत 500×10^6 kWh प्रति वर्ष है और भार गुणक 70 प्रतिशत है। यदि वार्षिक स्थिर व्यय संयन्त्र की संस्थापित क्षमता के लिये 50 रुपया प्रति किलोवाट है और वार्षिक चालू व्यय 5 पैसे प्रति यूनिट है तो बसबार पर प्रति यूनिट विद्युतीय ऊर्जा का मूल्य क्या होगा?

उत्तर—5 : 185 पैसे प्रति यूनिट

वस्तुनिष्ठ प्रश्न

1. भार गुणक में वृद्धि का परिणाम होता है—
   (अ) प्रति यूनिट ऊर्जा उत्पादन की लागत में वृद्धि
   (ब) ऊर्जा का कम उत्पादन
   (स) प्रति यूनिट ऊर्जा उत्पादन की लागत में कमी
   (द) अधिकतम मांग में वृद्धि
   उत्तर—(स)
2. दो प्रत्यावर्तित्रों के एक समान सहभाजन के द्वारा एक लोड की आपूर्ति की जा रही है। यदि एक प्रत्यावर्तित्र के मूल गति उत्पादक के निवेशित ईधन में वृद्धि की जाती है, तो इसके कारण होने वाले परिवर्तन हैं—
   (अ) प्रणाली के द्वारा बढ़ी हुई शक्ति सम्भरण किया जायेगा।
   (ब) जिस प्रत्यावर्तित्र के मूल गति उत्पादक में अधिक ईधन निवेशित किया गया है, उस प्रत्यावर्तित्र की वोल्टता परिवर्तित होगी।
   (स) सम्बन्धित प्रत्यावर्तित्र की गति में परिवर्तन होगा।
   (द) सम्बन्धित प्रत्यावर्तित्र लोड का सहभाजन नहीं करेगा।
   उत्तर—(स)
3. एक शक्ति संयन्त्र के लिये निम्नलिखित आँकड़े उपलब्ध हैं—
   आधार लोड—25 मेगावाट
   औसत लोड—40 मेगावाट
   अधिकतम लोड—60 मेगावाट
   इनके आधार पर संयन्त्र का भार गुणक होगा—
   (अ) 66.67% (ब) 62.5%
   (स) 50% (द) 41.6%
   उत्तर—(अ)
   (संकेत भार गुणक $= \frac{\text{औसत मांग}}{\text{अधिकतम मांग}} = \frac{40}{60} = 0.6667$ या 66.67%)
4. लोड-अवधि वक्र से निम्नलिखित से सम्बन्धित अध्ययन में सफलता प्राप्त होती है—
   (i) संचरण में मितव्ययता
   (ii) भविष्य के उत्पादन के लिये आकलन

   (iii) जल शक्ति संयन्त्र के लिये जल की आवश्यकता का आकलन।
   (अ) केवल (ii), (ब) केवल (ii)
   (स) (i), (ii) एवं (iii) (द) केवल (ii) एवं (iii)
   उत्तर—(स)
5. शक्ति संयन्त्रों के परस्पर संबद्धन का मुख्य उद्देश्य है—
   (अ) सप्लाई की विश्वसनीयता प्राप्त करना
   (ब) अधिक शक्ति उत्पादित करना
   (स) सामान्य रूप से संचरण करने के लिये
   (द) सरलता से लाइन में दोष का पता लगाने के लिये
   उत्तर—(अ)
6. जल वैद्युत एवं भाप संयन्त्रों की परस्पर सम्बद्ध प्रणाली में, भाप शक्ति उत्पादन संयन्त्र के द्वारा आधार भार (base load) सम्भरण (supply) की अवधि होती है—
   (अ) जब जल का प्रवाह अधिक हो (ब) जब जल का प्रवाह कम हो
   (स) प्रणाली पर भार नहीं हो (द) कोयले का भण्डार अपर्याप्त हो
   उत्तर—(ब)
7. किसी शक्ति संयन्त्र की स्थापित क्षमता (installed capacity) अधिकतम मांग की तुलना में—
   (अ) सामान्यतः कम होती है (ब) सामान्यतः अधिक होती है
   (स) हमेशा समान-होती-है (द) निश्चित करना कठिन है
   उत्तर—(ब)
8. डीजल शक्ति केन्द्र का सामान्यतः उपयोग है—
   (अ) आधार लोड केन्द्र की तरह (ब) शिखर लोड केन्द्र की तरह
   (स) औसत लोड के आधार पर (द) न्यूनतम भार सम्भरण के लिये
9. विविधता गुणक के ज्ञात होने पर, जिस मान की गणना की जा सकती है, वह है—
   (अ) औसत भार (ब) उत्पादित यूनिटें
   (स) संयन्त्र की क्षमता (द) अधिकतम मांग
   उत्तर—(स)
10. परस्पर सम्बद्ध उत्पादन संयन्त्र में प्रणाली में जिस शक्ति संयन्त्र की दक्षता सर्वाधिक होती है उसका उपयोग है—
   (अ) आधार भार संयन्त्र की तरह
   (ब) शिखर भार संयन्त्र की तरह
   (स) औसत भार संयन्त्र की तरह
   (द) केवल औद्योगिक भार सम्भरण के लिये
   उत्तर—(अ)

Scanned by CamScanner

11. दैनिक लोड कर्व के क्षेत्रफल को 24 से विभाजित करके प्राप्त मान है—
(अ) औसत लोड (ब) अधिकतम मांग
(स) उत्पादित यूनिटें (द) कनेक्टेड लोड

12. परपस्पर सम्बद्ध ग्रिड प्रणाली में, समस्त प्रणाली का विविधता गुणक—
(अ) बढ़ जाता है (ब) कम हो जाता है
(स) एक समान रहता है (द) अपरिवर्तनीय रहता है
उत्तर—(अ)

13. बड़े औद्योगिक उपभोक्ता के लिये सर्वाधिक उपयुक्त टैरिफ है—
(अ) सम दर टैरिफ (ब) खण्ड दर टैरिफ
(स) द्वि-भाग टैरिफ (द) त्रिभाग टैरिफ
उत्तर—(स)

14. आवासीय (residential) उपभोक्ताओं के लिये सामान्यतः लागू किया जाने वाला टैरिफ है—
(अ) सम दर टैरिफ (ब) सरल दर टैरिफ
(स) खण्ड दर टैरिफ (द) शक्ति गुणक टैरिफ
उत्तर—(स)

15. नीचे दिये गये किस शक्ति उत्पादन संयन्त्र का नियत मूल्य (fixed cost) सर्वाधिक होता है ?
(अ) भाप संयन्त्र (ब) जल वैद्युत संयन्त्र
(स) डीजल शक्ति संयन्त्र (द) गैस शक्ति संयन्त्र
उत्तर—(ब)

16. सबसे अधिक प्रचालन लागत (Operating cost) वाला शक्ति संयन्त्र है—
(अ) जल वैद्युत शक्ति संयन्त्र (ब) डीजल शक्ति संयन्त्र
(स) भाप शक्ति संयन्त्र (द) सौर ऊर्जा संयन्त्र
उत्तर—(ब)

17. उत्पादन केन्द्र का चल मूल्य निर्भर है, निम्नलिखित घटकों पर—
(I) उत्पादित ऊर्जा किलो वाट में (II) ईधन की लागत
(III) प्रचालन सम्बन्धी लागत (IV) अनुरक्षण व्यय
(अ) I केवल (ब) I एवं II
(स) I, II एवं III (द) I, II, III एवं IV
उत्तर—(द)

18. उत्पादन संयन्त्र में जनरेटर पर लोड इतना रखने का प्रयास किया जाता है, जब कि संयन्त्र की—
(अ) वोल्टता संनिर्धारित मान (rated value) की हो
(ब) आवृत्ति का मान संनिर्धारण के अनुसार हो

(स) दक्षता अधिक हो
(द) गति संनिर्धारित मान के बराबर हो।
उत्तर—(स)

19. उत्पादन केन्द्र में ईधन की लागत निर्भर होती है—
(I) उत्पादित यूनिटों पर
(II) संयन्त्र की दक्षता पर
(III) जनरेटर टर्मिनलों की वोल्टता पर
(अ) I केवल (ब) I एवं II
(स) II एवं III (द) I एवं III
उत्तर—(ब)

20. उत्पादन संयन्त्र की प्रचालन लागत (operating cost) निम्नलिखित में से किस घटक पर निर्भर नहीं होती है—
(I) श्रमिकों का वेतन
(II) तकनीकी स्टाफ का वेतन
(III) उत्पादित ऊर्जा यूनिटें
(अ) I (ब) II
(स) III (द) इनमें कोई नहीं
उत्तर—(स)

21. भार गुणक के मान में वृद्धि होने पर—
(अ) प्रति kWh ऊर्जा का मूल्य बढ़ जाता है
(ब) अधिकतम मांग बढ़ जाती है
(स) प्रति kWh ऊर्जा का मूल्य कम हो जाता है
(द) अधिकतम मांग घट जाती है।
उत्तर—(स)

22. अर्न्तसंयोजित शक्ति प्रणाली (interconnected power system) के लाभ हैं—
(i) विश्वसनीय में सुधार
(ii) दोष धाराओं के मान में कमी
(iii) प्रचालन में मितव्ययिता
(अ) (i) एवं (ii) (ब) (ii) एवं (iii)
(स) (i) एवं (iii) (द) (i), (ii), एवं (iii)
उत्तर—(अ)

23. यदि भार गुणक तथा संयन्त्र गुणक (load factor and plant factor) का मान एक समान हो, तो—
(अ) अधिकतम मांग बराबर होगी संयोजित भार के
(ब) अधिकतम मांग अधिक होती है संस्थापित क्षमता के (installed capacity) से

Scanned by CamScanner

(स) अधिकतम मांग कम होती है संस्थापित क्षमता से
(द) अधिकतम मांग बराबर होती है संस्थापित क्षमता के
उत्तर—(द)

24. प्रत्यावर्तित्रों के पार्श्व सम्बद्ध प्रचालन में तुल्यकालक शक्ति (Synchronising power) अधिकतम तब होगी, जब कि—
(अ) आरमेचरों की प्रतिघातें (reactances) अधिक होंगी प्रतिरोधों से
(ब) आरमेचरों की प्रतिघातें कम होंगी प्रतिरोधों से
(स) आरमेचरों की प्रतिघातें तथा प्रतिरोध एक-दूसरे के बराबर हों
(द) आरमेचरों के प्रतिरोधें का मान शून्य हो
उत्तर—(स)

25. शक्ति संयन्त्र के नियत (स्थिर) प्रभारों में शामिल घटक हैं—
(I) पूँजी पर ब्याज
(II) अवमूल्यन
(III) इन्श्योरेंस एवं टैक्स
(अ) केवल I (ब) I एवं II
(स) II एवं III (द) I, II एवं III
उत्तर—(द)

26. प्रबन्धकों तथा लिपिकृत वर्गीकृत स्टाफ के वेतन निम्नलिखित में सम्मिलित होते हैं—
(अ) स्थिर प्रभार में (ब) चल प्रभार में
(स) मरम्मत व्यय में (द) प्रचालन मूल्य में
उत्तर—(अ)

27. शक्ति संयन्त्र की चल लागत में घटक हैं—
(I) ईंधन की लागत
(II) प्रचालन तथा मरम्मत में व्यय
(III) उपभोग्य पदार्थ भन्डार (consumable material stores)
(अ) केवल I (ब) I एवं II
(स) II एवं III (द) I, II एवं III
उत्तर—(द)

28. भार गुणक बढ़ने का निम्न में कौन-सा प्रभाव होगा—
(अ) प्रति इकाई बिजली की कीमत बढ़ेगी
(ब) कम इकाइयों का उत्पादन किया गया
(स) प्रति इकाई विद्युत की कीमत घटेगी
(द) अधिकतम मांग बढ़ेगी
उत्तर—(स)

29. स्ट्रीट लाइटिंग के भार गुणक का 24 घंटे के समय के आधार पर माना जा सकने वाला मान है—
(अ) 20 से 25% (ब) 40 से 50%
(स) 80 से 90% (द) 100%
उत्तर—(ब)

30. भारी उद्योगों के लिये भार गुणक का मान हो सकता है—
(अ) 10 से 20% (ब) 25 से 40%
(स) 70 से 80% (द) 24%
उत्तर—(स)

31. शक्ति गुणक को सम्मिलित करने वाला टैरिफ है—
(अ) समान दर टैरिफ (ब) खण्ड दर टैरिफ
(स) द्वि-भाग टैरिफ (द) kVA, अधिकतम मांग टैरिफ
उत्तर—(द)

❑

Scanned by CamScanner

7

विद्युत संकर्षण
(ELECTRIC TRACTION)

§ 7.1 परिचय

आज के आधुनिक युग में यात्रियों और दूसरे सामानों का एक स्थान से दूसरे स्थान पर कम समय में पहुँचना आवश्यक है। काफी समय से ही रेलवे का इसमें सहयोग रहा है तथा सुरक्षा और आर्थिक दृष्टि से इसको प्राथमिकता दी जाती है।

संकर्षण प्रणाली (traction system) को हम मुख्यतः तीन भागों में विभाजित कर सकते हैं।

(अ) भाप इंजन संकर्षण (Steam Engine or Locomotive Traction)

(ब) डीजल विद्युत संकर्षण (Diesel Electric Traction)

(स) विद्युत संकर्षण (Electric Traction)

विद्युत संकर्षण में उन्नति के साथ भाप इन्जन संकर्षण का प्रयोग पश्चिमी देशों में काफी कम हो गया है। क्योंकि इसमें धुआँ (smoke) निकलता है जिसके कारण वातावरण दूषित होता है तथा इस प्रणाली की दक्षता भी कम होती है और कहीं-कहीं कोयला प्राप्त करने में भी असुविधा रहती है। डीजल-विद्युत संकर्षण का प्रयोग भी अधिक लाभप्रद नहीं रहता तथा इसकी निर्गत शक्ति (output power) भी सीमित है। इसलिये इसका प्रयोग मर्चेन्ट नेवी (merchant navy) तथा अन्य छोटे कार्यों में होता है, जहाँ कुल भार लगभग 15,000 टन तक होता है।

विद्युत संकर्षण के आरम्भ में दिष्ट धारा सप्लाई का प्रयोग था क्योंकि दिष्ट धारा श्रेणी मोटरें 1500 और 3000 वोल्ट पर अच्छा कार्य करती हैं तथा अधिक वोल्टता के कारण उप-केन्द्र (sub-station) को दूर-दूर बनाया जा सकता है। धीरे-धीरे एक फेज प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) सप्लाई का प्रयोग होने लगा तथा एक-फेजी प्रत्यावर्ती धारा श्रेणी कुण्डलित दिक्परिवर्तक मोटरें (Single phase A.C. series wound commutator motors) 25 Hz पर ही संतोषजनक कार्य करने के लिये बनाई गयी जिन्हें रेलवे, राष्ट्रीय ग्रिड (National grid) की अनुपस्थिति में स्वयं हाइड्रो जनित्रों (hydro generators) द्वारा प्राप्त बिजली से चलती थी। यूरोप में विद्युत संकर्षण प्रणाली $16\frac{2}{3}$ Hz आवृत्ति पर कार्य

करती थी जो 50 Hz के घूर्णक परिवर्तक (rotatory convertor) द्वारा आसानी से प्राप्त की जा सकती है। इस प्रकार आज भी दिष्ट धारा मोटरों का प्रयोग होता है परन्तु विद्युत शक्ति 25 kV, 50 Hz पर संचारित (transmit) की जाती है। जिसको ट्राँसफार्मर की सहायता से कम किया जाता है तथा दिष्टकारी (rectifier) द्वारा दिष्टधारा में बदल दिया जाता है और मोटरों को दिष्ट धारा वोल्टता प्राप्त होती है। ट्राँसफार्मर तथा दिष्टकारी रेल इंजन में लगे होते हैं, अतः संचरण लाइन (transmission line) 25 kV, और 50 Hz आवृत्ति के लिये बनी होती हैं और $16\frac{2}{3}$ Hz आवृत्ति का प्रयोग नहीं होता।

§ 7.2 आदर्श संकर्षण प्रणाली
(Ideal Traction System)

आदर्श संकर्षण प्रणाली में निम्नलिखित विशेषतायें होनी चाहियें—

(i) तीव्र त्वरण (acceleration) प्राप्त करने के लिये प्रारम्भन में संकर्षण प्रयास (tractive effort) का मान अधिकतम होना चाहिये।

(ii) यन्त्र की दक्षता इतनी होनी चाहिये कि वह कम समय के लिये आवश्यकता पड़ने पर अधिक लोड सह सके।

(iii) पहिये में टूट-फूट (tear-wear) और मार्ग में घिसाई (wearing of track) कम से कम होनी चाहिये।

(iv) इन्जन या गाड़ी स्वयं में एक पूर्ण इकाई होनी चाहिये जिससे उसे किसी भी मार्ग पर चलाया जा सके।

(v) इसके द्वारा संचार प्रणाली (Communication system) में कोई बाधा उत्पन्न नहीं होनी चाहिये।

(vi) ब्रेक (brake) प्रयोग करते समय ब्रेक कम से कम घिसना चाहिये तथा जहाँ तक हो सके, ब्रेक लगाने में व्यय उर्जा सप्लाई का पुनर्जनन होकर वापिस पहुँच जाये।

(vii) गति नियन्त्रण आसान होना चाहिये।

(viii) गाड़ी गुजरने के पश्चात् आस-पास का वातावरण दूषित नहीं होना चाहिये।

(ix) प्रारम्भिक मूल्य कम होना चाहिये।

(x) रख-रखाव व्यय कम होना चाहिये।

(xi) प्रणाली की दक्षता अधिक होनी चाहिये।

(xii) स्वच्छता अधिक रहनी चाहिये।

(xiii) कम से कम कर्मचारियों की आवश्यकता पड़े।

(xiv) ईधन आसानी से प्राप्त होना चाहिये।

(xv) गाड़ी का कुल भार कम होना चाहिये।

Scanned by CamScanner

§ 7.3 भाप, डीजल तथा विद्युत संकर्षण प्रणालियों के सापेक्ष गुण तथा दोष (Relative merit and demerit of steam and diesel electric traction)

कोई भी संकर्षण प्रणाली उपरोक्त सभी विशेषताओं से परिपूर्ण नहीं होती परन्तु प्रत्येक प्रणाली की अपनी कुछ विशेषतायें तथा लाभ हैं जिनका नीचे वर्णन किया गया है।

7.3 (अ) भाप इन्जन संकर्षण (Steam Engine Traction)

इस विधि में इन्जन द्वारा रेलगाड़ी को चलाया जाता है। भारत में अभी भी इस प्रणाली का प्रयोग होता है। इस प्रणाली के निम्नलिखित गुण हैं—

गुण—(i) यह एक स्वावलम्बी (self dependent) प्रणाली है जिसे किसी भी ऐसे मार्ग पर चलाया जा सकता है जहाँ इसके लिये उपयुक्त पटरियाँ प्राप्त हों। यद्यपि इसकी दक्षता 6 से 8 प्रतिशत तक ही होती है। परन्तु संघनन प्रणाली (condensation system) लगाकर दक्षता को लगभग 15 प्रतिशत तक बढ़ाया जा सकता है। भाप इन्जन में केवल कोयला और पानी की आवश्यकता होती है जो इन्जन के साथ ही रखा जाता है।

(ii) इस प्रणाली में मार्ग का विद्युतीकरण नहीं होता अतः संचार प्रणाली में बाधा की सम्भावना नहीं रहती।

(iii) इनका प्रारम्भन बलघूर्ण उच्च होता है।

(iv) यह अविकसित क्षेत्रों के प्राथमिक संकर्षण कार्यों के लिये अति उत्तम तथा सस्ती है जहाँ विद्युत सप्लाई की सुविधा नहीं होती तथा विद्युत ऊर्जा अधिक महंगी होती है।

(v) भाप इन्जन संकर्षण प्रणाली का गति नियन्त्रण सुगमता से किया जा सकता है।

(vi) दूसरी प्रणाली की अपेक्षा इसका प्रारम्भिक मूल्य कम होता है।

(vii) आवश्यकता के समय अपेक्षाकृत यह अधिक लोड पर भी कार्य कर सकती है।

(viii) इसका डिजाइन सरल होता है।

(ix) इसके प्रचालन पर निर्भर रहा जा सकता है।

दोष—(i) भाप इन्जन की दक्षता सीमित होती है।

(ii) विद्युत इन्जन की अपेक्षा भाप इन्जन द्वारा कम गति प्राप्त की जा सकती है, इसलिये कोई विशेष गति प्राप्त करने के लिये विद्युत संकर्षण प्रणाली की अपेक्षा अधिक इन्जनों (एक से अधिक) की आवश्यकता पड़ती है।

(iii) इनकी दक्षता 6 से 8 प्रतिशत तक होती है।

(iv) कोयले की राख धूल तथा केरी इत्यादि के कारण यह चालन स्वच्छ नहीं होता।

(v) रख-रखाव लागत अधिक है।

(vi) इस प्रणाली में पटरियों (tracks) की घिसाई अधिक होती है, क्योंकि भाप इन्जन का पश्चाग्र भार (reciprocating weight) असन्तुलित रहता है। भाप इन्जन को कार्य रूप में लाने के लिये कम से कम 2 घण्टे लगते हैं।

उपरोक्त तथ्यों से स्पष्ट है कि भाप रेलवे इंजन को कार्य दिवस के 60% भाग में ही प्रयोग किया जा सकता है, शेष समय रख-रखाव, मरम्मत तथा उसे गर्म करने में बेकार चला जाता है। अनुभव के आधार पर देखा गया है कि यह प्रणाली वहाँ सस्ती पड़ती है जहाँ ट्रैफिक तथा दूरी कम हो।

7.3 (ब) डीजल विद्युत संकर्षण (Diesel Electric Traction)

इस प्रणाली में डीजल इंजन के साथ दिष्ट धारा जनित्र युग्मित रहता है तथा डीजल इंजन के r. p. m. स्थिर रखे जाते हैं। इस प्रकार उत्पन्न ऊर्जा, इंजन तथा ट्रेन को चलाने में प्रयोग होती है। इसके निम्नलिखित गुण हैं—

(i) भाप इंजन संकर्षण की तरह इस प्रणाली में भी, मार्ग विद्युतीकरण की आवश्यकता नहीं होती क्योंकि यह स्वयं में पूर्ण इकाई होती है।

(ii) डीजल विद्युत संकर्षण प्रणाली की दक्षता भाप इंजन संकर्षण प्रणाली की अपेक्षा अधिक होती है। यह लगभग 25% तक है।

(iii) डीजल विद्युत संकर्षण प्रणाली में प्रयोग होने वाले प्रति किमी० डीजल का भार भाप इंजन के प्रति किमी कोयले के भार से लगभग एक चौथाई होता है।

(iv) इस प्रणाली का गति नियन्त्रण जनित्र की क्षेत्र नियन्त्रण (field control) विधि द्वारा किया जा सकता है।

(v) इसकी ब्रेकिंग प्रणाली अति सरल होती है।

(vi) यह भाप इंजनों की अपेक्षा अधिक साफ-सुथरे होते हैं क्योंकि इनमें धुआँ, कोयला, आदि के कण नहीं होते।

(vii) यह शीघ्र प्रारम्भ हो जाते हैं क्योंकि इसमें भाप इत्यादि बनाने की आवश्यकता नहीं पड़ती है।

(viii) भाप इन्जनों की अपेक्षा इनके अनुरक्षण में कम समय लगता है।

(ix) इनका प्रारम्भन बलघूर्ण उच्च होता है, इसलिये ही इनमें तीव्र त्वरण (rapid acceleration), तीव्र मंदन (rapid retardation), शीघ्र ब्रेकिंग (quick braking) तथा उच्च निर्धारित गति होती है। इसलिये इसे भाप इंजन की अपेक्षा वरीयता दी जाती है।

(x) विद्युत रेलवे की अपेक्षा लागत कम होती है क्योंकि इसमें विद्युत केन्द्र एवं फीडर इत्यादि नहीं बनाने पड़ते।

दोष—(i) डीज़ल इंजन की आयु (life) कम होती है।

(ii) इनकी अति भार क्षमता कम होती है, इसलिये इन्हें अति भार (over load) पर प्रचलित नहीं किया जा सकता है।

Scanned by CamScanner

(iii) मोटर जनित्र के अतिरिक्त डीजल इंजनों के शीतलन के लिये भी विशेष शीतलन प्रणाली की आवश्यकता पड़ती है।

(iv) प्रचालन तथा रख-रखाव व्यय अधिक होता है।

(v) डीजल इंजनों का भार अधिक होता है जिससे इनमें प्रयोग होने वाली धुरियों की संख्या बढ़ जाती है।

(vi) इन इंजनों में प्रयुक्त होने वाले तेल का बहुत बड़ा भाग विदेशों से आता है जिससे इसकी प्रचालन लागत तेल के भावों में बार-बार वृद्धि के कारण अक्सर बढ़ती रही है। जिसका देश की आर्थिक अवस्था पर बुरा प्रभाव पड़ता है।

7.3 (स) विद्युत संकर्षण

इस प्रकार के चालन में रेलगाड़ी को चलाने के लिये विद्युत इन्जनों का प्रयोग किया जाता है। विद्युत इंजनों में दिष्ट धारा श्रेणी मोटरें या एक फेज़ी० प्रत्या० धारा मोटरें या फेजी प्रेरण मोटरें प्रयोग की जाती हैं। विद्युत ऊर्जा फिसलन सम्पर्क द्वारा शिरोपरि वितरण लाइन से सीधे मोटर को प्रयुक्त की जाती है तथा मोटर में उत्पन्न बलघूर्ण द्वारा गाड़ी को चलाया जाता है। इस प्रणाली के निम्न गुण तथा दोष हैं—

गुण—(i) दूसरी सब प्रणालियों की अपेक्षा यह प्रणाली अधिक स्वच्छ होती है जिसके कारण यह भूमिगत रेलवे (underground railway) के लिये भी उपयुक्त है।

(ii) इसका प्रारम्भिक बलघूर्ण उच्च होता है। इसलिये त्वरण (acceleration), मंदन (retardation) तथा ब्रेकिंग तीव्र होती है।

(iii) इसका रख-रखाव सरल है तथा इसमें कम समय लगता है। इसमें भाप इन्जन की अपेक्षा कम व्यय होता है। भाप इंजन की अपेक्षा इसमें 50% कम लागत आती है।

(iv) चूँकि इस प्रणाली में धुआँ इत्यादि नहीं बनता इसलिये वातावरण दूषित होने का प्रश्न नहीं उठता।

(v) विद्युत ब्रेकिंग यान्त्रिक ब्रेकिंग की अपेक्षा अच्छी रहती है तथा इसमें पहिये तथा पटरिया (tracks) कम घिसते हैं।

(vi) इस प्रणाली को तुरन्त प्रचालन में लाया जा सकता है, जबकि भाप इन्जनों में भाप बनाने में लगभग दो घण्टे का समय लगता है।

(vii) यदि देश में विद्युत ऊर्जा का उत्पादन अधिक हो तथा विद्युत ऊर्जा सस्ती प्राप्त हो तो यह विधि भी सस्ती पड़ती है। भारत में उच्च श्रेणी के कोयलों का भण्डार सीमित है। इस प्रकार विद्युत संकर्षण का प्रयोग करके उच्च श्रेणी के कोयले को अन्य कार्यों में प्रयोग किया जा सकता है।

(viii) विद्युत उपकरणों (मोटर इत्यादि) की अतिभार क्षमता उच्च होती है इसलिये यह अस्थाई अधिक उच्च भार को भी सह सकती है।

(ix) रेलगाड़ी में रोशनी तथा पंखों के लिये विद्युत लाइन धारा सीधे ही प्राप्त की जा

सकती है। इसलिये इसमें रोशनबर्ग जनित्रों (Rosenburg generators) की कोई आवश्यकता नहीं पड़ती।

(x) विद्युत चालनों द्वारा अच्छा गति नियन्त्रण प्राप्त होने के कारण इनसे अच्छा गति नियन्त्रण प्राप्त हो सकता है तथा काफी कम गति भी प्राप्त हो सकती है।

(xi) यात्रियों के ले जाने की अधिक क्षमता तथा उच्च गति के कारण यह अधिक ट्रैफिक को कम समय में ले जा सकती है। समय पड़ने पर विद्युत ट्रेन को खण्डों में विभाजित किया जा सकता है तथा ऐसे स्थानों पर प्रयोग किया जा सकता है जहाँ कम ट्रैफिक हो। विद्युत ट्रेनों द्वारा भाप इंजन की अपेक्षा दुगने यात्रियों को एक स्थान से दूसरे स्थान को ले जाया तथा लाया जा सकता है।

दोष—(i) विद्युत संकर्षण की सबसे बड़ी हानि यह है कि इसकी प्रारम्भिक लागत अधिक है, क्योंकि विद्युत वितरण के लिये इस्पात ढाँचे खड़े करने, स्थान-स्थान पर विद्युत उपकेन्द्र बनाने में लागत अधिक आती है।

(ii) विद्युत सप्लाई के कुछ घण्टों के लिये ही फेल होने पर सारी प्रणाली फेल हो जाती है।

(iii) वितरण लाईनों (distribution lines) तथा पटरियों (tracks) के डिजाइन में विशेष सावधानी रखनी पड़ती है, क्योंकि वितरण लाइनों में क्षरण धारा तथा पटरियों में वोल्टता पात (यदि पटरी वापसी पथ का कार्य करती है) को एक सीमा में रखना पड़ता है।

(iv) विद्युत चालित इन्जन केवल विद्युतीकरण पथों पर ही चलाया जा सकता है जबकि भाप तथा डीजल इन्जन के साथ ऐसी कोई समस्या नहीं है।

(v) विद्युत ब्रेकिंग तथा नियन्त्रण प्रयुक्त करने के लिये अतिरिक्त उपकरण लगाने पड़ते हैं। दिष्ट धारा श्रेणी मोटर में पुनर्जनन ब्रेकिंग (regenerative braking) प्राप्त करना सरल नहीं है।

(vi) भाप इन्जन वाली गाड़ियों में ट्रेन के डिब्बों को इन्जन की भाप द्वारा आसानी से गर्म किया जा सकता है, जबकि विद्युत इन्जन वाली गाड़ियों में अतिरिक्त उपकरण लगाने पड़ते हैं।

(vii) जब विद्युत संकर्षण के लिये प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) प्रयोग की जाती है तो रेल के पथ के साथ चलने वाली टेलीफोन तथा टेलीग्राफ लाइनों में बाधा पड़ती है, जिसको समाप्त करने के लिये या तो इन लाइनों को रेल पथ के पास से हटाना पड़ता है या विशेष भूमिगत लाइनें बिछानी पड़ती हैं जिसमें 15% तक अधिक लागत आती है।

विचारणीय—रेलवे में विद्युत संकर्षण प्रणाली के प्रयोग में सबसे महत्वपूर्ण बात आर्थिक समस्या है। यदि विद्युत संकर्षण प्रणाली अन्य विधियों में सस्ती पड़े या विद्युत ऊर्जा सस्ती हो तथा ट्रैफिक अधिक हो तो अधिक धन का प्रयोजन करके भाप संचरण (steam traction) को विद्युत संकर्षण में बदला जाना हितकर होगा। यद्यपि अब इस ओर अधिक ध्यान दिया जा रहा है तथा अब इन उपनगरीय लाइनों को मुख्य लाइनों से भी जोड़ दिया गया है,

Scanned by CamScanner

विशेषकर उन लाइनों पर जहाँ ट्रैफिक अधिक रहता है, जैसे दिल्ली-हावड़ा, मुम्बई-पूना, चेन्नई तथा चेन्नई ताराकोनम (tarakonam), शियाराफुली से तारकेश्वर इत्यादि।

§ 7.4 विद्युतीकरण की अनेक प्रणालियों की तुलना (Comparison of different system of track electrification)

मार्ग विद्युतीकरण के लिये निम्नलिखित पाँच प्रणालियाँ प्रयोग की जाती हैं—

(i) दिष्ट धारा प्रणाली (Direct current system)

(ii) एक फेजी निम्न आवृत्ति प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली (Single phase low frequency A.C. system)

(iii) एक-फेजी उच्च आवृत्ति प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली (Single phase high frequency A.C. system)

(iv) त्रिफेजी प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली (Three phase A.C. system)

(v) सम्मिश्रण प्रणाली (Composite system)

§ 7.5 दिष्टकारी प्रणाली (Direct current system)

इस प्रणाली में गाड़ी को चलाने के लिये दिष्टधारा श्रेणी मोटरों द्वारा आवश्यक बलघूर्ण प्राप्त किया जाता है। परन्तु कभी-कभी ट्रामवे (tramways) और ट्राली (trolley) में कम्पाऊण्ड मोटरों का भी प्रयोग किया जाता है। ट्रामवे तथा ट्राली कम वोल्टता पर कार्य करती हैं प्रायः यह वोल्टता 600 V होती है। रेलगाड़ी (train) में वोल्टता का मान 1500 V से 3000 V तक होता है। संकर्षण जाल (traction network) को ऊर्जा देने के लिये अनेक विद्युत उपकेन्द्रों (sub-stations) का प्रयोग किया जाता है। परन्तु यदि रेलवे, ट्रामवे या ट्राली का पथ (route) छोटा हो तो एक ही विद्युत-उपकेन्द्र का प्रयोग किया जा सकता है। उपनगरीय (suburban) रेलवे में वोल्टता का मान 1500 से 3000 V तक होता है तथा दो उपकेन्द्रों को 33 kV से 100 kV तक प्रत्यावर्ती धारा फीडर द्वारा प्रयुक्त की जाती है। उपकेन्द्र में वोल्टता को आवश्यकतानुसार कम करने तथा प्रत्यावर्ती धारा को दिष्टधारा में बढ़ाने के लिये क्रमशः ट्राँसफार्मर तथा घूर्णक परिवर्तक (rotary converter) या दिष्टकारी (rectifier) लगाये जाते हैं जिससे निम्नलिखित लाभ होते हैं।

(अ) संचरण लाइन (transmission line) का मूल्य कम हो जाता है।

(ब) संचरण में ताम्र हानियाँ कम हो जाती हैं तथा इन उपकेन्द्रों की समस्त देख-रेख नहीं करनी पड़ती।

दिष्टधारा प्रणाली के लाभ (Advantages of D.C. system)

(i) संकर्षण में दिष्टधारा श्रेणी मोटरों के अभिलक्षण (characteristics) प्रत्यावर्ती धारा संकर्षण मोटरों की अपेक्षा अधिक उपयुक्त होते हैं।

(ii) दिष्टधारा प्रणाली में रख-रखाव (maintenance) व्यय कम होता है।

(iii) दिष्टधारा मोटरों का त्वरण तथा मंदन, प्रत्यावर्ती धारा मोटरों की अपेक्षा ठीक होता है। परन्तु इस प्रणाली का कुल मूल्य अतिरिक्त उपकेन्द्रों तथा उपकरणों के कारण अधिक होता है। इस प्रकार यह प्रणाली छोटे पथों (short routes) के लिये उपयुक्त है, जहाँ गाड़ी को थोड़ी-थोड़ी दूर पर रुकना पड़ता है।

§ 7.6 एक फेजी निम्न आवृत्ति प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली (Single phase low frequency A.C system)

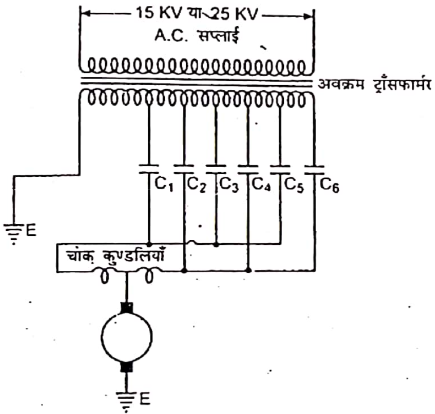
एक-फेजी श्रेणी मोटर में निम्न आवृत्ति की सप्लाई प्रयोग करने से दिक्-परिवर्तक (commutator) गुणों में वृद्धि होती है। साथ ही साथ शक्ति गुणक (power factor) में सुधार तथा दक्षता (efficiency) में वृद्धि होती है। श्रेणी मोटर 300 V से 400 V तक ही उपयुक्त कार्य करती है। छोटे पाट (span) में शिरोपरि सप्लाई संरचना (overhead supply structure) में आर्थिक दृष्टि से एक चालक (single conductor) का प्रयोग किया जाता है तथा वोल्टता 15 kV से 25 kV तक होती है और आवृत्ति का मान $16\frac{2}{3}$ से 25 c/s तक रखा जाता है। पटरी (track) धारा के वापसी मार्ग (return path) का कार्य करती है। उच्च वोल्टता से धारा का मान कम हो जाता है। निम्न आवृत्ति व कम धारा के कारण प्रतिबाधा पात (impedance drop) का मान कम हो जाता है। यदि संकर्षण प्रणाली को विशेष रूप से निर्मित केन्द्रों (generating station) द्वारा सप्लाई दी जा रही हो तो उपकेन्द्र में केवल ट्राँसफार्मर की आवश्यकता होती है। परन्तु यदि सप्लाई औद्योगिक आवृत्ति जाल (industrial frequecy network) द्वारा दी जाती हो तो ट्राँसफार्मर के साथ आवृत्ति बदलने के लिये आवृत्ति परिवर्तक (frequency converter) की भी आवश्यकता होती है। आवृत्ति परिवर्तक में तीन फेज तुल्यकाली मोटर तथा प्रत्यावर्तक (alternator) समायोजित होते हैं। इसमें तीन-फेज सप्लाई दी जाती है तथा इससे एक-फेज की सप्लाई प्राप्त होती है।

इस प्रकार की एक विधि चित्र 7.1 में दिखाई गई है। इन्जन में लगा अवक्रण ट्राँसफार्मर (Step down transformer) 15 kV या 25 kV वोल्टता को 300 या 400 वोल्ट में बदल देता है क्योंकि यह वोल्टता श्रेणी मोटरों के लिये उपयुक्त होती है। श्रेणी मोटर का गति नियमन (Speed regulation) परिवर्तनशील वोल्टता (variable voltage) द्वारा होता है। लोड पर कार्य करने वाला टेपिंग परिवर्तक (top changer) लगाया जाता है जिससे यह निश्चित रहता है कि टेपिंग बदलते समय मोटर का सम्बन्ध सप्लाई से बना रहेगा।

एक ही समय में दो सम्पर्कों (conductors) C_1 और C_2 द्वारा परिपथ पूर्ण किया जाता है तथा मोटर पर वोल्टता का मान इन दोनों सम्पर्कों (contactors) द्वारा प्रयुक्त वोल्टताओं के औसत (mean) के बराबर होता है। सम्पर्कों C_1 और C_2 को बन्द करने से

Scanned by CamScanner

परिचालन धारा (circulating current) प्रवाहित होती है जिसका मान लघुपथित (short circuited) टेपिंग पर निर्भर करता है। इस धारा के मान को सीमित करने के लिये चित्रानुसार दो चोक कुण्डलियाँ (chock coils) लगी होती हैं जिनमें मोटर धारा विपरीत दिशाओं में प्रवाहित होती हैं और उत्पादित चुम्बकीय क्षेत्र एक-दूसरे को निरस्त (cancel) कर देते हैं तथा यह कुण्डलियाँ परिपथ में प्रतिघात (reactance) की तरह कार्य नहीं करती।



चित्र—7.1

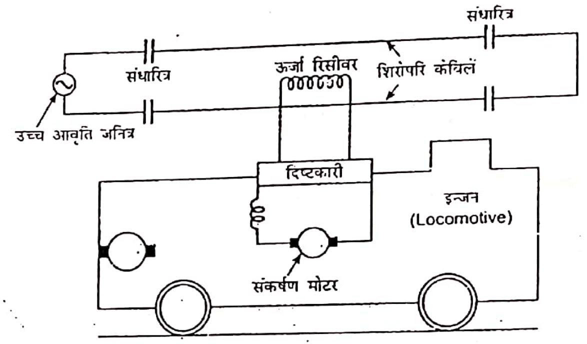
वोल्टता का मान बढ़ाने के लिये सम्पर्क (contactor) C_1 को खोल दिया जाता है तथा C_3 को बन्द कर दिया जाता है, इस प्रकार मोटर का सम्बन्ध भी बना रहता है तथा वोल्टता का मान भी बढ़ जाता है और मोटरों को सम्पर्कों C_2 तथा C_3 द्वारा वोल्टता प्राप्त होती है।

इस विधि में निम्न आवृत्ति के कारण पटरी में वोल्टता पात (voltage drop) का मान कम होने के साथ-साथ टेलिफोनिक बाधायें (telephonic interference) भी कम हो जाती है।

§ 7.7 एक-फेजी उच्च आवृत्ति प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली
(Single phase high frequency A.C. system)*

खानों (mines) आदि में जहाँ विशेष प्रकार की गैसें (gases) उपस्थित होती हैं, यह आवश्यक होता है कि शिरोपरि (overhead) सम्पर्क से धारा संग्रह (collect) करते समय

चिंगारी (arc) उत्पन्न हों, इसलिये इन्जन शक्ति को दो शिरोपरि (overhead) केबिलों से प्राप्त करते हैं। इसमें विद्युत चुम्बक प्रेरण (electromagnetic induction) का प्रयोग किया जाता है। जनित्र (generators) द्वारा उच्च आवृत्ति (high frequency) पर दो केबिलों को सप्लाई दी जाती है जैसा कि चित्र 7.2 में दिखाया गया है।



चित्र—7.2

आवृत्ति का मान 2500 से 3000 Hz तक होता है। केबिलों से लगभग 4 सेमी पर रखे हुये ऊर्जा रिसिवर (energy receiver) में प्रत्यावर्ती धारा प्रेरित (induced) होती है। इस प्रत्यावर्ती धारा को दिष्टकारी (rectifier) द्वारा दिष्ट धारा में बदल दिया जाता है तथा दिष्ट धारा संकर्षण मोटर को सप्लाई प्रयुक्त की जाती है। इस प्रकार चिंगारी की अनुपस्थिति के कारण विद्युत चालक तथा उपकरण किसी प्रकार के विस्फोट (explosion) से बचे रहते हैं।

§ 7.8 त्रिफेजी प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली
(Three phase A.C. System)

इस प्रणाली में प्रेरण मोटर को 3.3 kV वोल्टता तथा $16\frac{2}{3}$ Hz की आवृत्ति पर दो शिरोपरि चालकों तथा पटरियों द्वारा तीन फेज़ सप्लाई दी जाती है। प्रेरण मोटर स्वयं 3.3 kV पर कार्य कर सकती है अतः अवक्रम ट्रॉंसफार्मर की आवश्यकता नहीं होती। वोल्टता का मान अधिक होने के कारण धारा का मान कम हो जाता है। इसके साथ-साथ इस प्रणाली का प्रचालन (operation) सरल होता है। प्रेरण मोटर में स्वपुनर्जनन ब्रेकिंग (automatic regenerative braking) का गुण होता है जिससे ब्रेकिंग के लिये किसी अन्य उपकरण की आवश्यकता नहीं पड़ती। इस प्रणाली का यह एक अतिरिक्त लाभ है। **परन्तु अग्रलिखित कारकों से यह प्रणाली प्रायः उपयुक्त नहीं है—**

Scanned by CamScanner

(i) दो चालकों द्वारा फीडिंग प्रणाली (feeding system) अधिक जटिल हो जाती है विशेषकर क्रोसिंग (crossing) तथा जोड़ों (junctions) पर।

(ii) प्रेरण मोटर का स्थिर गति अभिलक्षण संकर्षण के लिये उपयुक्त नहीं रहता फिर भी ध्रुवों की संख्या बदलकर चार गतियों वाला मोटर बनाया जा सकता है।

(iii) प्रेरण मोटर का गति बलघूर्ण अभिलक्षण दिष्टधारा शन्ट मोटर की तरह होता है जो समान्तर प्रचालन (parallel operation) के लिये उपयुक्त नहीं होता तथा संकर्षण में पहियों का व्यास अलग-अलग होने से घूर्ण गति (rotational speed) का मान बदल जाता है और मोटरों पर असमान लोड पड़ता है। दूसरे शब्दों में मोटरों द्वारा विभाजित बलघूर्ण का मान अलग-अलग होता है।

§ 7.9 सम्मिश्र प्रणाली (Composite System)

ऊपर दी गई प्रणालियों में कोई भी प्रणाली मार्ग विद्युतीकरण के लिये पूर्ण रूप से उपयुक्त नहीं है। सम्मिश्र प्रणाली में उपरोक्त में किन्हीं दो प्रणालियों को मिलाकर, उनसे एक अच्छी प्रणाली बनाई जा सकती है। यह दो प्रकार की होती है—

(i) कैंडों प्रणाली या एक-फेज से तीन-फेज प्रणाली (Kando system or single phase to three phase system)

(ii) एक-फेज से दिष्टधारा प्रणाली (Single phase to D.C. system)।

§ 7.10 कैण्डों प्रणाली (Kando system)

इस प्रणाली में इन्जन में एक-फेज परिवर्तक (single phase converter) लगा रहता है जिसके द्वारा एक-फेज शिरोपरि (over-head) सप्लाई को तीन-फेज सप्लाई में परिवर्तित किया जाता है तथा यह सप्लाई तीन फेज प्रेरण मोटर को दी जाती है। उसका मुख्य लाभ यह है कि इससे जटिल 3-फेज शिरोपरि प्रणाली के एक तार एक-फेज प्रणाली में परिवर्तित कर लेते हैं। संकर्षण के लिये प्रेरण मोटर में मुख्य दोष यह है कि इनमें प्रारम्भिक बलघूर्ण कम तथा धारा अधिक होती है तथा इसका सूक्ष्म गति नियन्त्रण नहीं किया जा सकता जो संकर्षण के लिये आवश्यक है। आजकल SCR (silicon controlled rectifier) की सहायता से $\frac{1}{2}$ से 9 Hz तक निम्न आवृत्ति प्राप्त की जा सकती है। निम्न आवृत्ति पर प्रेरण मोटरों का प्रारम्भिक बलघूर्ण बढ़ जाता है तथा धारा कम हो जाती है और गति नियन्त्रण सप्लाई में आवृत्ति परिवर्तन द्वारा सुगमता से किया जा सकता है। क्योंकि प्रेरण मोटर की गति आवृत्ति f के सीधे समानुपाती होती है

$$N_s = \frac{120f}{P}$$

§ 7.11 एक फेज से दिष्टधारा प्रणाली (Single Phase to D.C. System)

भारत में इस प्रणाली के लिये 24 kV पर औद्योगिक आवृत्ति की प्रत्यावर्ती धारा सप्लाई को चुना गया है। इसमें 15 kV से 25 kV और 50 Hz की सप्लाई प्रयोग की जाती है जिसको इन्जन में रखे हुये अवक्रम ट्राँसफार्मर (step down transformer) द्वारा कम किया जाता है तथा दिष्टकारी (rectifier) द्वारा दिष्टधारा में परिवर्तित कर लिया जाता है तथा इस प्रकार दिष्टधारा श्रेणी मोटर को संकर्षण में प्रयोग कर लेते हैं।

§ 7.12 25 kV प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली के दिष्टधारा प्रणाली की अपेक्षा लाभ (Advantages of 25 kV A.C. System Over D.C. System)

(i) शिरोपरि केटेनरी प्रणाली के भार में कमी
(Reduction of weight in overhead catenary system)

(अ) प्रणाली में वोल्टता का मान अधिक होने के कारण किसी निश्चित संकर्षण शक्ति के लिये धारा कम हो जाती है जिसके कारण चालक का अनुप्रस्थ काट (cross section) कम होने के साथ साथ संचरण टावर (transmission tower) का भार कम तथा नींव (foundation) कम गहरी रखी जा सकती है। उदाहरण के लिये दिष्टधारा प्रणाली में 6000 कि० वाट (kW) शक्ति प्राप्त करने के लिये 1500V पर लाइन धारा (line current) का मान 4000 ऐम्पियर होगा परन्तु 25kV तथा 0.8 शक्ति गुणक पर प्रत्यावर्ती धारा के समान क्षमता के लिये लाइन धारा का मान केवल 300 ऐम्पियर होगा। इसलिए धारा की कमी से चालक का अनुप्रस्थ काट काफी कम हो जाता है। चालक का भार अनुप्रस्थ काट के समानुपाती होता है। किसी भी विद्युत प्रणाली में चालक का अनुप्रस्थ काट धारा घनत्व (current density) अर्थात् इकाई काट द्वारा प्रवाहित होने वाली धारा पर निर्भर करता है जो 25kV प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली मे 1500V की दिष्टधारा प्रणाली की अपेक्षा काफी कम होगा।

(ब) वोल्टता का मान अधिक होने के कारण विद्युतरोधन तल (insulation level) अधिक हो जाता है जिससे शिरोपरि उपयन्त्रों (overhead equipment) का मूल्य बढ़ जाता है, परन्तु इसकी क्षतिपूर्ति चालक के अनुप्रस्थ काट में आने से हो जाती है तथा सहायक संरचना या ढाँचे (supporting structure) सरल हो जाते हैं। इस सरलता के कारण ऊँचे तथा नीचे मार्गों के लिये अलग-अलग ढाँचे या संरचनायें (structures) लगाये जा सकते हैं। जिससे शिरोपरि उपयन्त्रों का रख-रखाव तथा निर्माण व्यय कम हो जाता है और दक्षता बढ़ जाती है।

Scanned by CamScanner

(ii) उपकेन्द्रों की संख्या में कमी (Reduction in number of sub-station)

(अ) उपकेन्द्रों के बीच की दूरी मुख्यतः वोल्टता नियम (voltage regulation) पर निर्भर करती है जिसे इंजन का विद्युत मोटर सहन (tolerate) कर सकता है। साधारण दशाओं में यह सामान्य वोल्टता (normal voltage) का 20 प्रतिशत तक सीमित होता है। सप्लाई प्रणाली या उपकेन्द्रों के उपकरणों में कोई दोष आने पर भी यह आवश्यक होता है कि कम से कम ब्रेक, निकास पद्धति (exhauster) और धौंकनी (blower) कार्य करते रहें। इसलिये असाधारण दशाओं में वोल्टता नियमन (voltage regulation) का मान 40 प्रतिशत तक सीमित रखा जाता है। दिष्टधारा प्रणाली में वोल्टता पात (voltage drop) का मान प्रतिरोधी (resistive) होता है। अतः वोल्टता नियमन का मान अनुप्रस्थ काट तथा उपकेन्द्रों के बीच की दूरी के विलोमानुपाती होता है। प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली में वोल्टता नियमन लाइन के प्रतिघात (reactance) के कारण होता है जिसका मान चालक के अनुप्रस्थ काट पर निर्भर नहीं करता, इसलिये उच्च वोल्टता प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली में चालक का क्षेत्रफल (area) यान्त्रिक दृढ़ता (mechanical strength) को ध्यान में रखते हुये न्यूनतम रखा जाता है तथा इसका प्रभाव उपकेन्द्रों के बीच की दूरी निर्धारित करने में दिष्ट धारा प्रणाली की अपेक्षा कम रहता है क्योंकि उच्च वोल्टता के कारण वोल्टता पात (voltage drop) घट जाता है। दिष्टधारा प्रणाली में पटरी के प्रतिरोध का प्रभाव उपकेन्द्रों के बीच की दूरी निर्धारित करने में अधिक पड़ता है परन्तु प्रत्यावर्ती धारा में प्रायः वापसी धारा भूमि (earth) से प्रवाहित होती है जिसके कारण मार्ग पटरी (track rail) की प्रतिबाधा (impedance) का प्रभाव उपकेन्द्रों के बीच की दूरी पर नहीं पड़ता।

इन बातों के साथ-साथ प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली में लाइन धारा का मान उच्च वोल्टता के कारण कम रहता है अतः वोल्टता में कमी घट जाती है और उपकेन्द्रों के बीच की दूरी बढ़ाई जा सकती है जिससे उपकेन्द्रों की संख्या कम हो जाती है जो आर्थिक दृष्टि से लाभप्रद है।

(ब) प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली में उपकेन्द्रों के बीच की दूरी अधिक होने से उनके लिये स्थान का चुनाव करने में सरलता रहती है तथा उनके लिये सप्लाई भी राष्ट्रीय उच्च वोल्टता ग्रिड (national high voltage grid) से प्राप्त की जा सकती है तथा उपकेन्द्रों को ग्रिड के पास बनाये जाने पर उनको सप्लाई देने के लिये संचरण लाइन का व्यय कम हो जाता है परन्तु दिष्टधारा प्रणाली में सप्लाई प्राप्त करने के लिये रेलवे को अपनी संचरण लाइन की व्यवस्था करनी पड़ती है जिसके कारण व्यय बढ़ जाता है।

(स) दिष्ट धारा प्रणाली में उपकेन्द्रों को घूर्णक परिवर्तक (rotatory converters) तथा दिष्टकारी की आवश्यकता पड़ती है जिसके कारण उपकेन्द्र जटिल हो जाता है तथा इन सब उपकरणों के कारण रख-रखाव का व्यय भी बढ़ जाता है इसके विपरीत प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली में उपकेन्द्रों पर केवल ट्रांसफार्मरों की आवश्यकता होती है और उपकेन्द्र सरल बने रहते हैं।

(द) दिष्ट धारा प्रणाली में धारा का मान अधिक होता है जिसके कारण उपकेन्द्रों की कार्यक्षमता कम करनी पड़ती है। परन्तु प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली में उच्च वोल्टता के कारण धारा का मान कम रहता है और उपकेन्द्रों की कार्यक्षमता बढ़ जाती है अर्थात् उपकेन्द्रों की संख्या कम हो जाती है।

(iii) प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली में प्रारम्भिक दक्षता दिष्ट धारा प्रणाली की अपेक्षा अधिक होती है। इसका मुख्य कारण दिष्टधारा प्रणाली में प्रतिरोधों की उपस्थिति है क्योंकि दिष्टधारा प्रणाली में प्रारम्भ वोल्टता मान प्रतिरोधों द्वारा नियन्त्रित किया जाता है जिसमें अधिक शक्ति हानि होती है, इसके विपरीत प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली में वोल्टता का मान लोड पर कार्य करने वाले टेप परिवर्तक (tape changer) द्वारा परिवर्तित किया जाता है तथा शक्ति हानि नहीं होती।

(iv) 25 kV प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली को स्थापित करने में 3000V दिष्टधारा प्रणाली को स्थापित करने की अपेक्षा कम व्यय होता है और 3000V दिष्टधारा प्रणाली में 1500V दिष्टधारा प्रणाली की अपेक्षा कम व्यय होता है अर्थात् वोल्टता का मान घटाने से व्यय बढ़ जाता है परन्तु अनेक कारणों को ध्यान में रखते हुये वोल्टता का मान अत्यधिक भी नहीं किया जा सकता। इसी प्रकार यातायात घनत्व (traffic density) का मान अधिक होने पर भी वोल्टता घटने से आर्थिक दृष्टि से कम लाभ होते हैं परन्तु कुछ विशेष स्थितियों में कम यातायात घनत्व पर भी प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली लाभप्रद हो सकती है।

§ 7.13 25 kV प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली की हानियाँ (Disadvantages of 25 kV A.C. System)

प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली में मुख्यतः निम्नलिखित हानियाँ हैं—

(i) सप्लाई प्रणाली में असन्तुलन (Unbalancing in supply system)

(ii) दूर संचार परिपथ में बाधायें (Interferences in telecommunication circuit)

परन्तु कुछ सावधानियों द्वारा इन दोनों समस्याओं को दूर किया जा सकता है। एक-फेज संकर्षण लोड द्वारा धारा तथा वोल्टता दोनों में असन्तुलन उत्पन्न होता है। धारा असन्तुलन के कारण शक्ति प्रदान करने वाला प्रत्यावर्तक (alternator) गर्म हो जाता है तथा वोल्टता असन्तुलन के कारण प्रणाली से सम्बन्धित प्रेरण मोटर गर्म हो जाती है। इस असन्तुलन प्रभावों को निम्नलिखित प्रकार से कम किया जा सकता है।

(अ) शक्ति सप्लाई (power supply) को 132 kV के बहुत उच्च वोल्टता उपकेन्द्रों से प्राप्त किया जाता है।

(ब) सप्लाई प्रणाली की क्षमता अधिक होनी चाहिये।

(स) संकर्षण लोड को तीन फेजी RY, YB तथा BR क्रम में अलग-अलग उपकेन्द्रों से जोड़कर तीन फेजों से सन्तुलित किया जाता है।

Scanned by CamScanner

(द) जहाँ असन्तुलन का मान सुरक्षा सीमा से बाहर होता है वहाँ उपकेन्द्र में स्काट संयोजित (scott connected) ट्राँसफार्मर होता है।

संचार लाइन में बाधायें स्थित वैद्युत (electrostatic) तथा विद्युत चुम्बकीय (electro-magnetic) प्रेरण द्वारा होती हैं जिनको निम्न रूप से कम किया जा सकता है—

(अ) कभी खुली ऐरियल संचार लाइनों को भूमिगत (under-ground) सीसा या एल्युमीनियम कवचित (lead or aluminium sheathing) केबिलों में बदल दिया जाता है। थोड़ी-थोड़ी दूरी पर केबिलों के शीथन (sheating) को भू (earth) कर दिया जाता है।

(ब) विलग ट्राँसफार्मर (isolating transformer) लगाकर प्रेरित वोल्टता को काफी हद तक (लगभग 60 वोल्ट) किया जा सकता है।

§ 7.14 मुख्य लाइन रेलवे सेवा तथा उपनगरीय रेलवे सेवा के विद्युतीकरण के लिये प्रत्यावर्ती धारा (A.C.) तथा दिष्टधारा (D.C.) प्रणालियों की तुलना

(Comparison between A.C. and D.C. System of Railway Electrification for Main Line & Suburban Line Railway Service)

(अ) **मुख्य लाइन रेलवे सेवा** (Main line railway service)—मुख्य लाइन रेलवे सेवा के लिये निम्न महत्वपूर्ण आवश्यकतायें हैं—

(i) मुख्य लाइन रेलवे सेवा में त्वरण (acceleration) तथा मन्दन (retardation) का कोई विशेष महत्व नहीं है।

(ii) रेलगाड़ी की गति अत्यन्त तेज होनी चाहिए।

(iii) शिरोपरि ढाँचे (overhead structure) की लागत न्यूनतम होनी चाहिये। इसे एक फेजी प्रत्या० धारा प्रणाली प्रयोग करके कम किया जा सकता है **जिसके निम्न लाभ हैं—**

(क) एक फेजी प्रत्यावर्ती धारा प्रयोग करने से चालकों की संख्या कम हो जाती है। यदि उच्च वोल्टता प्रयोग की गई हो तो चालक का आकार भी कम हो जाता है तथा दो निकटवर्ती उपकेन्द्रों के मध्य दूरी बढ़ जाती है। उपरोक्त से शिरोपरि ढाँचों के भार तथा उपकेन्द्रों की संख्या में भी कमी आ जाती है।

(ख) दिष्टधारा की अपेक्षा प्रत्या० धारा उपकेन्द्रों पर प्रयोग होने वाले उपकरण सस्ते तथा दक्ष होते हैं तथा उनका रख-रखाव सरल तथा लागत भी कम आती है।

उपरोक्त से हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि एक फेज प्रत्या० धारा प्रणाली मुख्य लाइन रेलवे सेवा के लिये अधिक उपयुक्त है, यद्यपि सम्मिश्रण प्रणाली के एक फेज से त्रिफेजी प्रणाली भी प्रयुक्त की जाती है जिससे लगभग उपरोक्त परिणाम प्राप्त हो जाते हैं।

(ब) **उपनगरीय लाइन रेलवे सेवा** (Suburban line railway service)—उपनगरीय लाइन रेलवे सेवा की निम्न महत्वपूर्ण आवश्यकतायें हैं—

(i) उपनगरीय लाइन रेलवे सेवा में तीव्र त्वरण तथा तीव्र मन्दन होना चाहिये, क्योंकि इन लाइनों पर कम अन्तरों पर काफी स्टेशन होते हैं।

(ii) रेलवे इंजन में प्रयुक्त मोटर के प्रचालन पर सप्लाई वोल्टता में घटाव-बढ़ाव (fluctuation) का प्रभाव नहीं पड़ना चाहिये।

(iii) उपनगरीय लाइन रेलवे सेवा में प्रयोग की जाने वाली सप्लाई प्रणाली के कारण टेलीफोन तथा टेलीग्राफ लाइनों में बाधायें नहीं पड़नी चाहिये।

उपरोक्त आवश्यकतायें दिष्टधारा प्रणाली द्वारा पूरी हो जाती हैं तथा इसी कारण उपनगरीय सेवाओं में दिष्टधारा प्रणाली प्रयोग की जाती है। दिष्टधारा प्रणाली के कुल अतिरिक्त निम्न लाभ भी हैं।

लाभ—(i) समान परिस्थिति में प्रत्या० धारा प्रणाली की अपेक्षा दिष्ट धारा प्रणाली में ऊर्जा व्यय कम होता है।

(ii) प्रत्या० धारा की अपेक्षा दिष्ट धारा प्रणाली में समान बलघूर्ण उत्पन्न करने के लिये कम धारा की आवश्यकता पड़ती है।

(iii) प्रत्या० धारा (A.C.) की अपेक्षा दिष्ट धारा प्रणाली में प्रयोग होने वाले इंजन, मोटर को चलाने इत्यादि में प्रयोग होने वाले उपकरण हल्के तथा लागत में सस्ते होते हैं। यह अधिक दक्ष होते हैं तथा इनके रख-रखाव में अपेक्षाकृत कम लागत आती है।

हानियाँ—दिष्ट धारा प्रणाली में कुछ हानियाँ भी होती हैं—

(i) चूँकि दिष्ट धारा प्रणाली में वितरण निम्न वोल्टता पर होता है इसलिये समान शक्ति वितरण के लिये उच्च धारा की आवश्यकता होती है जिससे चालक का आकार बढ़ जाता है, फलस्वरूप वितरण प्रणाली का भार बढ़ जाता है तथा लागत अधिक आती है।

(ii) इसके साथ निम्न वोल्टता पर वितरण करने पर उपकेन्द्र पास-पास बनाने पड़ते हैं तथा इस प्रकार उपकेन्द्रों (sub-stations) की संख्या बढ़ जाती है, फलस्वरूप लागत बढ़ जाती है।

(iii) दिष्ट धारा उपकेन्द्रों की दक्षता कम होती है।

(iv) वापसी पटरी पथ में वोल्टता को सीमा में स्थिर रखने के दिष्टधारा उपकेन्द्रों में ऋणात्मक बूस्टर (negative booster) तथा अन्य उपकरण लगाने पड़ते हैं, जिससे लागत बढ़ जाती है।

उपरोक्त कमियों को सम्मिश्र प्रणाली (compositive system) की तरह एक फेज प्रत्या० धारा से दिष्टधारा प्रणाली करके दूर किया जा सकता है।

Scanned by CamScanner

§ 7.15 भारत में वर्तमान विद्युत संकर्षण प्रणाली
(Existing Electric Traction System in India)

भारत में संकर्षण प्रणाली का विद्युतीकरण सन् 1925 से 1932 के बीच किया गया था तथा सर्वप्रथम इसका उपयोग बम्बई, पूना, मद्रास आदि में प्रारम्भ हुआ, इसके पश्चात् लगभग सन् 1954 में कलकत्ता में हावड़ा से वर्धमान (Howrah to Burdhwan) तथा शियोराफुली से तारकेश्वर (Sheoraphuli to Tarakeshwar) तक के रेलवे मार्ग को 1500 वोल्ट तथा 3000 वोल्ट दिष्टधारा प्रणालियों द्वारा विद्युतीकरण किया गया क्योंकि उस समय यही प्रणाली प्रचलित थी। इसके पश्चात् तीव्र उन्नति के कारण भारत ने भी अन्य देशों की सहायता से 2500 वोल्ट (25 kV), 50 Hz एक फेजी प्रणाली का उपयोग करने का निश्चय किया।

परन्तु पहले से उपस्थित दिष्ट धारा प्रणालियों का, जिनमें काफी व्यय होता था, एक फेज प्रणाली में बदलना, आर्थिक दृष्टि से लाभप्रद नहीं था, क्योंकि दिष्ट धारा प्रणाली के उपकरण प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली में प्रयोग नहीं हो सकते ये जिसके कुछ तकनीकी कारण हैं उदाहरण के लिये विद्युतरोधन (insulation) आदि। परन्तु बाद में समस्त 3000 वोल्ट दिष्ट धारा प्रणालियों को 25 kV, 50 Hz एक फेज प्रणाली में बदलने का निश्चय किया गया। अभी भी कुछ स्थानों पर दिष्ट धारा प्रणाली का प्रयोग होता है जहाँ पर प्रणाली बदलने के विशेष लाभ नहीं हैं। उदाहरण के लिये (i) बम्बई क्षेत्र में अधिक यातायात घनत्व की उपनगरीय सेवाओं के लिये 1500 वोल्ट दिष्ट धारा प्रणाली हानिकारक नहीं रहती। (ii) कल्यान और लोनावाला (Kalyan and Lonawala) तथा कसारा और इगतपुरी (Kasara and Igatpuri) के बीच घाटों (ghats) की उपस्थिति के कारण सुरंगों का चौड़ा करने में अधिक व्यय होगा तथा सिविल इंजीनियरिंग कार्य के कारण बाधा उत्पन्न होगी। इसके अतिरिक्त दिष्टधारा प्रणाली में पुनर्जनन ब्रेकिंग की दक्षता अधिक होती है तथा प्रणाली कम जटिल होती है। परन्तु आजकल सभी नवीन विद्युतीकरण 25 kV, 50 Hz प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली द्वारा किया जाता है।

§ 7.16 संकर्षण सेवाओं के लिये दिष्टधारा तथा प्रत्यावर्ती धारा मोटरों की उपयुक्तता
(Suitability of D.C. and A.C. motors for traction service)

विद्युत संकर्षण की सभी प्रणालियों में विद्युत मोटरों का प्रयोग होता है परन्तु इन मोटरों की कार्य करने की स्थितियाँ तथा सेवा शर्तें औद्योगिक मोटरों से भिन्न तथा अधिक कठिन होती हैं।

किसी भी संकर्षण मोटर का चुनाव करते समय उसके विद्युत तथा यान्त्रिक अभिलक्षणों को ध्यान में रखा जाता है ताकि वह सन्तोषजनक कार्य कर सकें।

वैद्युत अभिलक्षण (Electrical Characteristics) :

(i) उच्च प्रारम्भिक बलघूर्ण (High starting torque)
(ii) श्रेणी गति बलघूर्ण अभिलक्षण (Series speed—torque characteristics),
(iii) सुगम गति नियन्त्रण (Simple speed control)
(iv) वैद्युत ब्रेकिंग की क्षमता,
(v) सप्लाई वोल्टता में तीव्र घटाव-बढ़ाव सह सकने की क्षमता,
(vi) सप्लाई में अस्थाई रुकावट को सह सकने की क्षमता,
(vii) अति भार क्षमता (Over-load capacity),
(viii) समान्तर प्रचालन (Parallel running)।

यान्त्रिक गुण (Mechanical Characteristics) :

(i) पुष्टता (robustness),
(ii) लगातार कम्पन को सहन करने की क्षमता,
(iii) न्यूनतम भार का परिमाप,
(iv) धूल तथा नमी से सुरक्षा प्रबन्ध (Protection against dirts and dampness)

कोई भी मोटर उपरोक्त सब गुणों से पूर्ण नहीं होती। संकर्षण कार्यों में सन्तोषजनक कार्य करने ∴ दिष्टधारा प्रणाली में श्रेणी तथा कम्पाउण्ड मोटरों का, एक फेज प्रत्या० धारा प्रणाली में प्रत्यावर्ती धारा श्रेणी मोटरें का तथा तीन फेज प्रणाली में त्रिफेजी प्रेरण मोटर का प्रयोग होता है।

§ 7.17. वैद्युत लक्षण

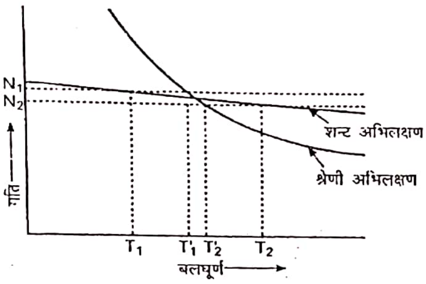
(i) उच्च प्रारम्भिक बलघूर्ण—प्रारम्भ में मोटर द्वारा उत्पादित बलघूर्ण गाड़ी को त्वरित करने तथा पटरी के प्रतिरोध की पूर्ति करने के लिये पर्याप्त होना चाहिये। कुछ समय पश्चात् गाड़ी की गति बढ़ जाती है तथा बलघूर्ण को केवल प्रतिरोध की पूर्ति (जो घर्षण के कारण उपस्थित होता है) करनी होती है और इस दशा में बलघूर्ण का मान कम हो जाता है।

(ii) गति बलघूर्ण अभिलक्षण—यदि गाड़ी में अलग-अलग चालन-धुरियों (axles) पर दो मोटर लगी हुई हैं तो उनकी सापेक्ष गति धुरियों की सापेक्ष गति पर निर्भर करती है। परन्तु पहिये सब एक ही प्रकार से नहीं घिसते जिसके कारण मोटर तथा धुरियों की परिधि गतियों (peripheral speed) में अन्तर आ जाता है तथा सब परिधि गतियाँ समान नहीं मानी जा सकती अन्यथा स्लिप की अनुपस्थिति में सब चालन पहियों की परिधि गति समान होती। **(दो आपस में सम्बन्धित पहियों की परिधि गतियों के अन्तर को स्लिप कहते हैं।)**

उदाहरण के लिये माना चित्र 7.3 के अनुसार मोटरों की गतियाँ N_1 तथा N_2 हैं। यदि मोटरों के अभिलक्षण शन्ट अभिलक्षण हैं तो N_1 गति से घूमने वाली मोटर के आघूर्ण

Scanned by CamScanner

(T_1), N_2 गति से घूमने वाली मोटर के बलघूर्ण (T_2) का लगभग आधा होगा जैसा कि चित्र 7.3 में दिखाया गया है परन्तु सन्तोषजनक कार्य के लिये दोनों मोटरों पर बराबर लोड पड़ना चाहिये, इस प्रकार शन्ट अभिलक्षण वाली मोटर संकर्षण कार्य के लिये उपयुक्त नहीं रहती। इसके विपरीत श्रेणी अभिलक्षण की मोटरों की गति में अन्तर के कारण उनके द्वारा उत्पन्न बलघूर्णों (T'_1 तथा T'_2) पर बहुत कम अन्तर आता है जो चित्र 7.3 से स्पष्ट है। शन्ट मोटरें भी प्रयोग की जा सकती हैं परन्तु इस दशा में सब धुरियों को एक दण्ड (rod) द्वारा जोड़ना होता है जिससे गति में अन्तर की सम्भवना नहीं रहती।



चित्र 7.3—समान्तर में प्रचालित मोटरों पर गति अन्तर का प्रभाव

(iii) सुगम गति नियन्त्रण—संकर्षण मोटर इस प्रकार की होनी चाहिये कि उसका गति नियन्त्रण सरल विधि द्वारा किया जा सके क्योंकि विद्युत ट्रेन को बार-बार रुकना तथा प्रारम्भ होना पड़ता है।

(iv) ब्रेकिंग क्षमता—संकर्षण मोटर का चयन इस प्रकार करना चाहिये कि पुर्न ब्रेकिंग तथा रीओस्टेटिक ब्रेकिंग का सुगमता से प्रयोग किया जा सके।

(v) सप्लाई वोल्टता में तीव्र घटाव-बढ़ाव को सह सकने की क्षमता—संकर्षण कार्यों में प्रारम्भ धारा का मान अधिक होता है अतः वोल्टता में घटाव-बढ़ाव (fluctuation) स्वाभाविक है इसलिये संकर्षण मोटर में इस वोल्टता में घटाव-बढ़ाव को सह सकने की क्षमता होनी चाहिये।

(vi) सप्लाई में स्थाई रुकावट को सह सकने की क्षमता—संकर्षण की विद्युत वितरण प्रणाली में क्रोस ओवरों (cross-overs) तथा खण्ड विद्युतरोधकों (section-insulator) को पार करते समय मोटर से सप्लाई वोल्टता का क्षणिक विलगाव (separation) हो सकता है, इसलिये संकर्षण मोटर में इस अस्थायी रुकावट को बिना अनुचित धारा बढ़े, सह सकने की क्षमता होनी चाहिये।

(vii) अतिभार क्षमता (over-load capacity)—चूँकि संकर्षण कार्यों में किसी भी समय अति भार स्थिति हो सकती है, इसीलिये इनमें प्रयोग की जाने वाली मोटरों की अति भार क्षमता उच्च होनी चाहिये।

(viii) समान्तर में प्रचालन—संकर्षण कार्यों में प्रायः एक से अधिक मोटर (दो या चार मोटरें प्रति मोटर कार) प्रयोग की जाती हैं। इसलिये संकर्षण मोटर का गति-बलघूर्ण तथा धारा-बलघूर्ण अभिलक्षण इस प्रकार का होना चाहिये ताकि जब इन्हें समान्तर में प्रचलित तथा यान्त्रिक रूप में युग्मित (coupled) किया जाये तो वे समान रूप से लोड बाँटे।

§ 7.18 यान्त्रिक अभिलक्षण

ढुलाई (transportation) के कार्य आने वाली प्रत्येक गाड़ी में प्रत्येक कि० ग्रा० भार के अनुसार ऊर्जा का व्यय होता है अर्थात् गाड़ी का भार बढ़ने के साथ ऊर्जा का व्यय भी बढ़ जाता है। इसलिये मोटर का डिजाइन (design) करते समय शक्ति/भार के अनुपात का ध्यान रखा जाता है तथा यह प्रयत्न किया जाता है कि गाड़ी का भार कम से कम हो और लोड क्षमता अधिक से अधिक हो। यह गुण प्राप्त करने के लिये मोटर की गति उच्च रखी जाती है जिसका मान अपकेन्द्री प्रतिबल (centrifugal stress) पर आधारित होता है। इन्जन में विद्युत मोटरों को रखने के लिये सीमित स्थान होता है अतः मोटर की कुल परिमाप इस प्राप्त स्थान पर निर्भर करती है। संकर्षण मोटर की कुल परिमाप (overall dimension) न्यूनतम होनी चाहिये विशेषकर मोटर का व्यास कम से कम होना चाहिये। मोटर की भौतिक माप उसमें प्रयोग किये गये विद्युतरोधन (insulation) पर निर्भर करती है। आजकल संकर्षण मोटर में H श्रेणी का विद्युतरोधन प्रयोग किया जाता है।

कार्यकाल में मोटर में अनेक प्रकार के कम्पन होते हैं अतः मोटर इन कम्पनों को सहन करने के लिये पुष्ट तथा दृढ़ होनी चाहिये। इनके साथ-साथ मोटर का धूल तथा नमी से सुरक्षा के लिये भी आवश्यक प्रतिबन्ध होना चाहिये, विशेषकर जब मोटर को इन्जन या मोटर कोच के निचले भाग में लगाया गया हो।

इस प्रकार हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि संकर्षण मोटर के चुम्बकीय पथ के लिये ढलवाँ लोहे का फ्रेम उपयुक्त नहीं होगा, क्योंकि वह सतत् कंम्पनों के लिये उपयुक्त नहीं रहता। ढलवाँ इस्पात या गढ़ित इस्पात (fabricateed or forged steel) के फ्रेम जोकि यांत्रिक रूप से अधिक दृढ़ तथा पुष्ट होते हैं, प्रयोग किये जाने चाहिये। मोटर के वे भाग जो कि उच्च प्रतिबलित नहीं होते, गढ़ित इस्पात प्लेटों (forged-steel plates) तथा हल्की मिश्र धातुओं के बनाये जा सकते हैं।

§ 7.19 विद्युत संकर्षण कार्यों के लिये विभिन्न प्रकार की मोटरें

विद्युत-संकर्षण कार्यों के लिये मोटर का चयन § 7.16 में वर्णित अभिलक्षणों पर निर्भर करता है। परन्तु उपरोक्त सभी गुण किसी एक मोटर में नहीं होते। यद्यपि दिष्टधारा श्रेणी मोटरें, प्रत्या० धारा श्रेणी मोटरें तथा प्रेरण मोटरें संकर्षण कार्यों के लिये प्रयोग की जा सकती

Scanned by CamScanner

हैं, परन्तु ये समान रूप से सभी प्रकार की संकर्षण सेवाओं के लिये उपयुक्त नहीं हैं। विभिन्न प्रकार की सेवाओं के लिये निम्न प्रकार की मोटरें अधिक उपयुक्त रहती हैं।

(अ) दिष्ट धारा श्रेणी मोटरें (D.C. series motors)

दिष्ट धारा श्रेणी मोटरें अपनी सरलता तथा पुष्टता के कारण सभी प्रकार की संकर्षण सेवाओं के लिये अधिक उपयुक्त हैं, परन्तु उपनगरीय सेवाओं (suburban work) के लिये विशेषकर अधिक उपयुक्त हैं, जहाँ उच्च प्रारम्भन तीव्र त्वरण (acceleration) की आवश्यकता पड़ती है, क्योंकि उपनगरीय सेवाओं में गाड़ी को बार-बार रुकना तथा चलना पड़ता है। दिष्टधारा श्रेणी मोटरों की एक और मुख्य विशेषता यह भी है कि ये निम्न गति पर उच्च बलघूर्ण तथा उच्च गति पर निम्न बलघूर्ण विकसित करती हैं जो कि संकर्षण मोटरों के लिये आवश्यक है। उच्च प्रारम्भन बलघूर्ण गाड़ी को त्वरित करने के लिये आवश्यक है। दिष्टधारा श्रेणी मोटरों में अतिभार (overload) पर (दुगने पूर्ण लोड पर) भी दिक्परिवर्तक (commutation) सर्वोत्तम होता है, जिससे ब्रुशों को बार-बार बदलने तथा दिक्परिवर्तक को बार-बार घिसने की आवश्यकता नहीं पड़ती। 60 से 90 H.P. तक का बनाया जा सकता है तथा इनका भार 4 किग्रा० से 12 किग्रा० प्रति H.P. तक हो सकता है।

(ब) प्रत्यावर्ती धारा श्रेणी मोटरें (A.C. series motors)

यद्यपि कई प्रकार की एक-फेजी मोटरें संकर्षण कार्यों के लिये प्रयोग की जाती हैं परन्तु प्रतिकारित श्रेणी मोटर (compensated series motors) अन्य मोटरों की अपेक्षा अधिक उपयुक्त है जिससे 12,000 H.P. के इंजनों के लिये, 725 r.p.m. तक का बनाया जा सकता है। इनकी प्रचालन वोल्टता 300 वोल्ट तक सीमित रहती है तथा इनका भार दिष्टधारा मोटर की अपेक्षा $1\frac{1}{2}$ गुना तक होता है। प्रारम्भन प्रारम्भिक बलघूर्ण दिष्टधारा मोटरों की अपेक्षा काफी कम होता है, इसलिये प्रत्यावर्ती धारा की मोटरें उपनगरीय सेवाओं में जहाँ बार-बार रुकना पड़ता है, उपयुक्त नहीं है, परन्तु मुख्य लाइन सेवाओं के लिये एक-फेजी लाइनों पर यह विभिन्न देशों तथा भारत में भी सफलतापूर्वक तथा सन्तोषजनक रूप में प्रयोग की जा रही है।

(स) त्रिफेजी प्रेरण मोटरें (Three phase Induction motors)

त्रिफेजी प्रेरण मोटरें अन्य सभी प्रकार की विद्युत मोटरों की अपेक्षा सबसे सरल संरचना वाली मोटर है, परन्तु इनका नियन्त्रण श्रेणी मोटरों की अपेक्षा काफी जटिल है तथा आवृत्ति परिवर्तन द्वारा ही अच्छा गति नियन्त्रण प्राप्त किया जा सकता है। ध्रुव परिवर्तन द्वारा एक सीमित गति नियन्त्रण प्राप्त किया जा सकता है। इनके प्रारम्भ में भी बड़े धारा नियन्त्रकों की आवश्यकता पड़ती है क्योंकि इनकी प्रारम्भन धारा अति उच्च होती है। स्थिर गति बलघूर्ण अभिलक्षण के कारण प्रेरण मोटरें समान्तर प्रचालन के लिये भी उपयुक्त नहीं होती हैं।

उपरोक्त कारणों से त्रिफेजी प्रेरण मोटर का संकर्षण कार्यों में उपयोग सीमित है तथा कैण्डो प्रणाली में ही इनका प्रयोग किया जाता है, विशेषकर हंगरी तथा इटली के पहाड़ी क्षेत्रों में आजकल इन मोटरों का प्रयोग नई विद्युत संकर्षण लाइनों पर नहीं किया जाता।

विचार प्रश्न 7.1—क्या दिष्टधारा शन्ट मोटर तथा श्रेणी मोटर को प्रत्यावर्ती धारा सप्लाई पर चलाया जा सकता है, कारण सहित बताइये।

हल—दिष्ट धारा शन्ट तथा श्रेणी मोटरें सदैव एक ही दिशा में घूमती हैं चाहे सप्लाई की ध्रुवता कुछ भी हो अर्थात् सप्लाई की ध्रुवता (polarity) बदलने पर भी मोटर के घूमने की दिशा पहले के समान रहती है। इस प्रकार यह आशा की जा सकती है कि दिष्टधारा श्रेणी तथा शन्ट मोटरें A.C. पर प्रचलित हो जायें। परन्तु यह देखा गया है कि D.C. शन्ट मोटरें A.C. सप्लाई पर संयोजित होने पर अपेक्षाकृत कम बलघूर्ण विकसित करती है। इसका कारण यह है कि शन्ट क्षेत्र के उच्च प्रतिघात के कारण शन्ट क्षेत्र धारा, आर्मेचर धारा के काफी बड़े कोण के पश्चगामी होती है फलस्वरूप बहुत कम बलघूर्ण विकसित होता है।

दिष्टधारा श्रेणी मोटर को A.C. सप्लाई से संयोजित करने पर क्षेत्र तथा आर्मेचर धारा समान होती है तथा समान फेज में होती है। इस प्रकार ये मोटरें सैद्धान्तिक रूप में दिष्टधारा तथा प्रत्यावर्ती धारा पर समान बलघूर्ण विकसित करती हैं। यदि कोई साधारण दिष्ट धारा श्रेणी मोटर A.C. सप्लाई पर संयोजित की जाये तो यह प्रचलित तो होगी परन्तु वह सन्तोषजनक कार्य नहीं करेगी। जिसके निम्न कारण हैं—

(i) चूँकि क्षेत्र तथा आर्मेचर धारायें प्रत्येक आधे चक्र में विपरीत हो जाती हैं, इससे बलघूर्ण दुगनी आवृत्ति पर एक दिशा में लगेगा।

(ii) क्षेत्र फ्लक्स में प्रत्यावर्तन के कारण क्षेत्र तथा आर्मेचर क्रोड में अधिक भंवर धारा हानियाँ उत्पन्न होंगी जिससे मोटर अधिक गर्म हो जायेगी परिणामस्वरूप प्रचालन दक्षता घट जाती है।

(iii) दिक्परिवर्तन के समय आर्मेचर कुण्डलियों में प्रेरित वोल्टेज तथा धारायें ब्रुश द्वारा लघुपथित हो जाती हैं, जिससे उच्च स्फुलिंग (sparking) होती है।

(iv) क्षेत्र कुण्डलियों के प्रेरकत्व के कारण असाधारण वोल्टतापात तथा निम्न शक्ति गुणक होता है जिससे मोटर का प्रदर्शन (performance) दुर्बल हो जाता है।

§ 7.20 विद्युत ब्रेकिंग (Electric Braking)

परिचय—अधिक यातायात घनत्व के लिये संकर्षण प्रणाली में तीव्र गति की गाड़ियों की आवश्यकता पड़ती है। आधुनिक संकर्षण यन्त्रों की उन्नति से गाड़ी को तीव्रता से त्वरित करने में किसी विशेष प्रकार की बाधा का सामना नहीं करना पड़ता तथा तीव्र त्वरण में असफलता का भी कोई विशेष खतरा नहीं होता। परन्तु इस प्रकार गतिज ऊर्जा (kinetic energy) में अत्याधिक वृद्धि हो जाती है और अचानक ब्रेक लगाने पर उत्पन्न ऊर्जा को समय में क्षय (dissipate) करने में कठिनाई आती है तथा ब्रेकिंग में असफलता से खतरा भी उत्पन्न हो सकता है। इसीलिये ब्रेकिंग प्रणाली को अधिक महत्व दिया जाता है।

Scanned by CamScanner

§ 7.21 ब्रेकिंग प्रणाली की मुख्य आवश्यकतायें

ब्रेकिंग प्रणाली की मुख्यतः निम्नलिखित आवश्कतायें होती हैं—

(i) ब्रेकिंग प्रणाली साधारण होनी चाहिये जिसका ट्रेन चालक (driver) सुगमता से प्रयोग कर सके। इसका रखरखाव व्यय कम तथा प्रणाली विश्वसनीय (reliable) होनी भी आवश्यक है।

(ii) सब डिब्बों में ब्रेक का प्रयोग एक साथ होना चाहिये।

(iii) ब्रेकिंग का समय कम होना चाहिये।

(iv) ब्रेक का प्रयोग इस प्रकार होना चाहिये कि किसी प्रकार की क्षति या यात्रियों को असुविधा अर्थात् झटका आदि न लगे। इसके लिये ब्रेक का क्रमिक (gradual) तथा सूक्ष्म (smooth) लगना आवश्यक है।

(v) आपातकालीन दशा में अचानक ब्रेक लगाने पर सुरक्षा का पूर्ण ध्यान रखना चाहिये तथा ब्रेक लगाने पर गाड़ी को न्यूनतम सम्भव दूरी तय करनी चाहिये।

(vi) एक समान मन्दन (deacceleration) प्राप्त करने के लिये ब्रेकिंग बल का मान धुरी वाले अक्षीय भार (axle load) के समानुपाती होना चाहिये।

(vii) ब्रेकिंग प्रणाली इस प्रकार की होनी चाहिये कि बिना समय नष्ट किये अनेक बार प्रयोग की जा सके।

(viii) ब्रेकिंग समय में एकत्रित गतिज ऊर्जा (kinetic energy) (विद्युत ऊर्जा के रूप में) को पुनः गाड़ी को त्वरित करने में प्रयोग होने का प्रबन्ध होना चाहिये।

§ 7.22 ब्रेकिंग प्रणालियाँ (Braking Systems)

ब्रेकिंग को निम्न तीन भागों में विभाजित किया जा सकता है—

(i) यान्त्रिक ब्रेकिंग (Mechanical braking)

(ii) विद्युत ब्रेकिंग (Electric braking)

(iii) द्रवीय ब्रेकिंग (Hydraulic braking)

इस अध्याय में केवल विद्युत ब्रेकिंग का वर्णन किया गया है। विद्युत ब्रेकिंग अग्रलिखित प्रकार की होती है।

विद्युत ब्रेकिंग के प्रारूप—

(i) प्लगिंग (Plugging)

(ii) रीओस्टेटिक ब्रेकिंग (Rheostatic braking)

(iii) पुनर्जनन ब्रेकिंग (Regenerative braking)

(iv) विद्युत चुम्बकीय ब्रेकिंग (Electromagnetic braking)

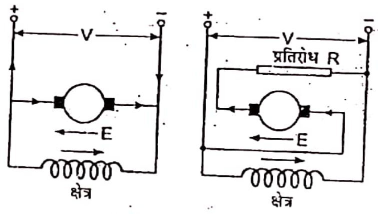
(v) भंवर धारा ब्रेकिंग (Eddy current braking)

इन पाँच ब्रेकिंग प्रणालियों में से केवल प्रथम तीन का ही अधिक प्रयोग होता है तथा कहीं-कहीं भंवर धारा ब्रेकिंग का भी प्रयोग किया जाता है।

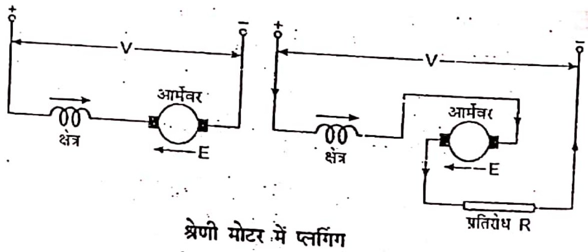
§ 6.23 प्लगिंग (Plugging)

इस विधि को उत्क्रम धारा ब्रेकिंग (reverse current braking) भी कहा जाता है। इस विधि में मोटर को सप्लाई से इस प्रकार संयोजित किया जाता है कि ब्रेकिंग के समय मोटर में उत्पन्न बलघूर्ण की दिशा रोटर के घूमने की दिशा के विपरीत होती है। इस प्रकार धीरे-धीरे मोटर की गति शून्य हो जाती है परन्तु शून्य गति होने के पश्चात् रोटर पहले से विपरीत दिशा में घूमना प्रारम्भ कर देता है। अतः शून्य गति के समय मोटर का सम्बन्ध सप्लाई से काटना पड़ता है परन्तु इस विधि में चल भागों (moving parts) की गतिज ऊर्जा (kinetic energy) व्यर्थ हो जाती है और इसके साथ मोटर में विपरीत दिशा में बलघूर्ण उत्पन्न करने में अतिरिक्त ऊर्जा की आवश्यकता पड़ती है। अतः प्रणाली की दक्षता कम हो जाती है तथा सप्लाई फेज होने पर यह प्रणाली कार्य नहीं कर सकती।

दिष्ट धारा मोटर में प्लगिंग प्रणाली प्रयोग करने के लिये आर्मेचर संयोजनों को क्षेत्र की अपेक्षा बदल दिया जाता है जिसके कारण आर्मेचर में धारा प्रवाह की दिशा विपरीत हो जाती है जैसे चित्र 7.4 में दिखाया गया है।



शंट मोटर में प्लगिंग



श्रेणी मोटर में प्लगिंग

चित्र 7.4—दिष्ट धारा मोटरों में प्लगिंग

Scanned by CamScanner

साधारण दशा में विरोधी वि॰ वा॰ बल दिशा, आर्मेचर धारा की दिशा के विपरीत होती है परन्तु ब्रेकिंग के समय विरोधी वि॰ वा॰ बल E तथा आर्मेचर धारा की दिशा एक ही हो जाती है। इस प्रकार परिवर्तन के समय आर्मेचर परिपथ के पार्श्व में प्रयुक्त वोल्टता का मान $V+E$ हो जाता है, जहाँ V सप्लाई वोल्टता है। E का मान लगभग V के मान के बराबर होता है। अतः आर्मेचर के पार्श्व में वोल्टता $2V$ हो जाती है जिसके कारण आर्मेचर धारा का मान अधिक हो जाता है। इस धारा वृद्धि को रोकने के लिये ब्रेकिंग के समय आर्मेचर परिपथ में प्रारम्भिक प्रतिरोध R को लगाया जाता है जैसा कि चित्र 7.4 में दिखाया गया है। इस प्रकार ब्रेकिंग के समय गतिज ऊर्जा तथा सप्लाई द्वारा दी गई ऊर्जा का अंश प्रतिरोध द्वारा क्षय (dissipate) हो जाता है और प्रणाली की दक्षता कम हो जाती है। विद्युत ब्रेकिंग बलघूर्ण मोटर की गति पर निर्भर करता है, जिसे अग्रलिखित समीकरण द्वारा दिया जाता है।

वैद्युत ब्रेकिंग बलघूर्ण $T_{EB} \propto \phi I$

जहाँ $\phi =$ एक ध्रुव द्वारा उत्पन्न फ्लक्स

$I =$ आर्मेचर धारा

अतः वैद्युत ब्रेकिंग बल $T_{EB} = K_1 \phi I$ जहाँ $K =$ एक स्थिरांक

लेकिन $$I = \frac{V+E}{R}$$

जहाँ $V =$ सप्लाई वोल्टता

$E =$ विरोधी वि॰ वा॰ बल

$R =$ आर्मेचर परिपथ में कुल प्रतिरोध

इसलिये विद्युत ब्रेकिंग बलघूर्ण,

$$T_{EB} = \frac{V+E}{R} \times \phi K_2$$

परन्तु $E = N_2 N \phi$

जहाँ $K_2 =$ अन्य स्थिरांक

$N =$ मोटर की गति r.p.m. में

इसलिये विद्युत ब्रेकिंग बलघूर्ण

$$T_{EB} = K_1 I \phi = \frac{(V + K_2 N\phi) K_1 \phi}{R}$$

$$= \frac{K_1 \phi V}{R} + \frac{K_1 K_2 N \phi^2}{R}$$

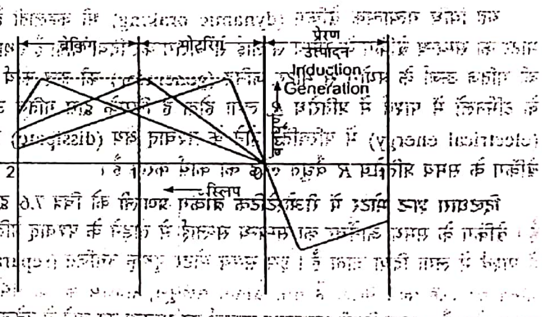
$$= K_3 \phi + K_4 N \phi^2$$

$$= K_3 + K_4 N$$

जहाँ $K_3 = \frac{K_1}{P}$ तथा $K_2 = \frac{K_1 K_2}{R}$

हम जानते हैं कि शन्ट मोटर में ϕ का मान स्थिर होता है। दिष्ट धारा श्रेणी मोटर में फ्लक्स का मान लोड पर निर्भर करता है तथा आर्मेचर धारा के समानुपाती होता है तथा बलघूर्ण का मान केवल चुम्बकन वक्र (magnetising curve) से प्राप्त किया जा सकता है। चित्र 7.4 (ब) में श्रेणी मोटर के प्लगिंग के समय संयोजन दिखाये गये हैं।

प्रेरण मोटरों में प्लगिंग का प्रयोग—किन्हीं दो टर्मिनलों को आपस में बदलकर किया जाता है। इस प्रकार घूर्णीय चुम्बकीय क्षेत्र या घूर्ण मान फ्लक्स के घूमने की दिशा विपरीत हो जाती है अर्थात् बलघूर्ण की दिशा भी विपरीत हो जाती है। टर्मिनलों को बदलने के पश्चात् उस क्षण स्लिप S का मान दुगुना हो ($S = 2$)। चित्र 7.5 में यह वक्र दिखाया गया है।



चित्र—7.5

ब्रेकिंग बलघूर्ण का मोटर के अधिकतम बलघूर्ण के मान की अपेक्षा काफी कम होता है, इसका कारण रोटर का कम प्रतिरोध होना है। इस प्रकार हम देखते हैं कि पिंजरा वेष्ठित प्रेरण मोटर प्लगिंग के लिये उपयोगी नहीं होती क्योंकि इनके रोटर प्रतिरोध का मान कम होता है परन्तु अतिरिक्त प्रतिरोध द्वारा प्लगिंग बलघूर्ण का मान बढ़ाया जा सकता है। इसके विपरीत स्लिप रिंग प्रेरण मोटर का रोटर प्रतिरोध अधिक रखा जा सकता है अतः यह मोटर प्लगिंग के लिये अधिक उपयोगी रहती है। यदि प्रतिरोध का मान इस प्रकार व्यवस्थित किया जाये कि समस्त ब्रेकिंग बलघूर्ण का मान अधिकतम रहे तो ब्रेकिंग समय कम हो जायेगा।

यदि स्लिप का मान S_1 से बदलकर S_2 हो जाता है तो रोटर में उत्पन्न ऊष्मा

$= $ तुलयकाली गति पर गतिज ऊर्जा $(S_1^2 - S_2^2)$। —(i) (सूत्र)

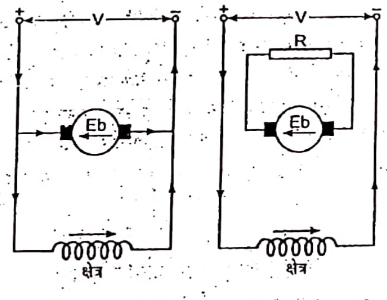
अर्थात् रोटर में ऊष्मा का मान प्रारम्भ से लेकर (जब $S_1 = 1$) पूर्ण लोड स्लिप (जब

$S_2 = 0$) तक प्रणाली की तुल्यकाली गति पर गतिज ऊर्जा के बराबर होता है। ब्रेकिंग के समय में रोटर में उत्पन्न ऊष्मा का मान समीकरण में $S_1 = 2$ तथा $S_2 = 1$ रखकर प्राप्त किया जा सकता है, इस प्रकार प्राप्त मान मोटर की तुल्यकाली गति तक घूमने पर उत्पन्न ऊष्मा के मान से तीन गुना होता है अतः प्रेरण मोटर का चयन करते समय लोड के साथ-साथ ब्रेकिंग दशाओं का भी ध्यान रखा जाता है। पिंजरा वेष्ठित प्रेरण मोटर में पूर्ण ऊष्मा मोटर के अन्दर ही क्षय होती है परन्तु स्लिप रिंग मोटर में यह ऊर्जा बाहरी (external) प्रतिरोध में भी क्षय होती है। स्लिप रिंग प्रेरण मोटर का पिंजरा वेष्ठित प्रेरण मोटर की अपेक्षा लाभ यह है कि इस मोटर से रोटर में परिवर्तनशील प्रतिरोध का प्रयोग बलघूर्ण परिवर्तन के लिये किया जा सकता है।

§ 7.24 रीओस्टेटिक ब्रेकिंग (Rheostatic Braking)

यह विधि गत्यात्मक ब्रेकिंग (dynamic braking) भी कहलाती है। इस विधि में मोटर का सम्बन्ध ब्रेकिंग के समय सप्लाई से अलग कर दिया जाता है तथा लोड और मोटर की गतिज ऊर्जा के प्रयोग से मोटर, जनित्र (generator) की तरह कार्य करती है। मोटर के टर्मिनलों में पार्श्व में प्रतिरोध R लगा होता है जिसके द्वारा गतिज ऊर्जा, वैद्युत ऊर्जा (electrical energy) में परिवर्तित होने के पश्चात् क्षय (dissipate) हो जाती है, अतः ब्रेकिंग के समय प्रतिरोध R वैद्युत लोड का कार्य करता है।

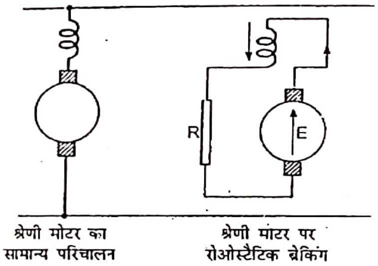
दिष्टधारा शन्ट मोटर में रीओस्टेटिक ब्रेकिंग प्रणाली को चित्र 7.6 द्वारा दिखाया गया है। ब्रेकिंग के समय आर्मेचर का सम्बन्ध सप्लाई से तोड़ने के पश्चात् प्रतिरोध R, आर्मेचर में पार्श्व में लगा दिया जाता है। इस समय मोटर पृथक् उत्तेजित (separately excited) जनित्र की तरह कार्य करती है तथा ब्रेकिंग बलघूर्ण, प्रतिरोध को दी गयी धारा के कारण उत्पन्न होता है। परन्तु किसी कारणवश सप्लाई का सम्बन्ध टूट जाने से उत्तेजन (excitation) शून्य हो जाता है और ब्रेकिंग कार्य भी रुक जाता है। इस दोष को दूर करने के लिये आर्मेचर



चित्र 7.6—दिष्ट धारा शन्ट मोटरों में रीओस्टैटिक ब्रेकिंग

की श्रेणी में केवल ब्रेकिंग के समय श्रेणी क्षेत्र कुण्डलन (series field coil) का प्रयोग किया जाता है। इस प्रकार ब्रेकिंग के समय मोटर स्वयं उत्तेजित (self excited) जनित्र की तरह कार्य करती है तथा ब्रेकिंग बलघूर्ण प्राप्त हो जाता है।

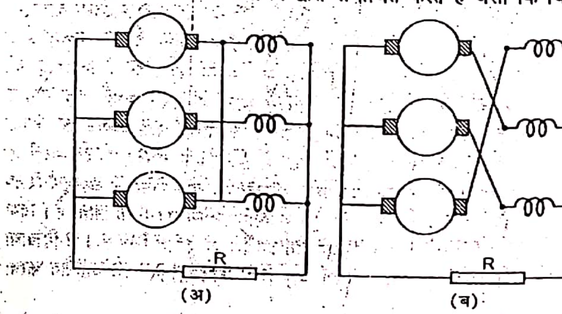
दिष्ट धारा श्रेणी मोटर में रीओस्टेटिक ब्रेकिंग के समय मोटर का सम्बन्ध सप्लाई से अलग कर दिया जाता है तथा मोटर स्वतः उत्तेजित (self excited) श्रेणी जनित्र की तरह



चित्र 7.7—दिष्ट धारा श्रेणी मोटरों में रीओस्टैटिक ब्रेकिंग

कार्य करती है। इस दशा में मोटर के पार्श्व में अतिरिक्त प्रतिरोध R इस प्रकार लगा दिया जाता है कि क्षेत्र कुण्डली में धारा की दिशा परिवर्तित नहीं होती। इस बात का ध्यान रखना चाहिये कि मोटर परिपथ में कुल प्रतिरोध का मान क्रांतिक प्रतिरोध (critical resistance) से कम रहे अन्यथा जनित्र में कोई उत्तेजन (excitation) नहीं होगा। फ्लक्स उत्पन्न करने के लिये आर्मेचर के संयोजन क्षेत्र की अपेक्षा बदल दिये जाते हैं जैसा कि चित्र 7.7 में दिखाया गया है।

यदि एक से अधिक श्रेणी मोटरें हों, जैसा कि प्रायः विद्युत संकर्षण कार्यों में होता है तो हम श्रेणी मोटरों को समकारी संयोजन द्वारा संयोजित करते हैं जैसा कि चित्र 7.8 (अ) में



दिखाया गया है या एक मशीन के उत्तेजन को दूसरी मशीन की आर्मेचर धारा द्वारा उत्तेजित किया जाता है जैसा कि चित्र 7.8 (ब) में दिखाया गया है।

श्रेणी मोटर में वैद्युत ब्रेकिंग बलघूर्ण $= K_1\phi I$ होता है, जहाँ K_1 स्थिरांक तथा ब्रेकिंग धारा $I = \frac{E}{R_1}$ जहाँ $E =$ विरोधी वि० वा० बल तथा $R_1 =$ मोटर परिपथ में कुल प्रतिरोध है।

इसलिये विद्युत ब्रेकिंग बलघूर्ण $= K_1\phi \times \frac{E}{R_1}$

$$= \frac{K_1}{R_1} \times \phi E$$

$$= \frac{K_1}{R_1}\phi\,(K_2N\phi) = \frac{K_1K_2}{R_1} \times \phi^2 N$$

या $$= K_3 N \phi^2$$

जहाँ $$K_3 = \frac{K_1R_2}{R_1}$$

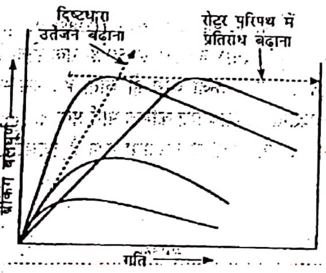
शन्ट मोटर में ϕ का मान स्थिर होता है इसलिये वैद्युत ब्रेकिंग बलघूर्ण $= K_3N$.

प्रेरण मोटर में रीओस्टैटिक ब्रेकिंग के समय स्टेटर को दिष्टधारा सप्लाई दी जाती है तथा स्लिप रिंग में अतिरिक्त प्रतिरोध लगा दिये जाते हैं। इस दशा में आवृत्ति का मान गति पर निर्भर करता है तथा मोटर एक तुल्यकाली प्रत्यावर्तक (synchronous alternator) की तरह कार्य करती है। दिष्टधारा सप्लाई को स्टेटर से दो प्रकार से संयोजित किया जा सकता है।

(i) दो तार संयोजन द्वारा (By two leads connection)

(ii) तीन तार संयोजन द्वारा (By three leads connection)

प्रथम विधि में स्टेटर कुण्डली स्टार में संयोजित होती है तथा किन्हीं दो टर्मिनलों को दिष्ट धारा सप्लाई से जोड़ दिया जाता है तथा तीसरा टर्मिनल खुला छोड़ दिया जाता है। दूसरी विधि में दो फेज कुण्डलियों को समान्तर में जोड़ दिया जाता है, इस प्रकार स्टेटर कुण्डली की एक फेज कुण्डलन शेष दो फेज कुण्डलों के समान्तर की श्रेणी में आ जाती है। अब क्योंकि दिष्ट धारा सप्लाई दी जाती है। इसलिये स्टेटर में स्थित उत्तरी तथा दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव उत्पन्न होते हैं। इस प्रकार अब स्टेटर में लघुपथित धारा स्लिप की अपेक्षा गति पर निर्भर करती है (लघुपथित धारा प्रेरण मोटर में स्लिप पर अधिक निर्भर करती है) इसलिये तुल्यकाली जनित्र में ब्रेकिंग बलघूर्ण गति अभिलक्षण, प्रेरण मोटर के बलघूर्ण-स्लिप अभिलक्षण के समान होते हैं, केवल स्लिप को गति से स्थानान्तरित कर दिया जाता है। दिष्ट धारा उत्तेजन तथा रोटर प्रतिरोधों का गति-बलघूर्ण अभिलक्षण पर प्रभाव चित्र 7.9 में दिखाया गया है। वक्र का अधिक ढाल (slope) वाला भाग स्थिर ब्रेकिंग क्रिया को प्रदर्शित करता



चित्र 7.9

है अर्थात् अधिकतम बलघूर्ण बिन्दु से बायीं दिशा में ब्रेकिंग क्रिया स्थिर होती है अर्थात् किसी भी कारणवश मोटर की गति बढ़ाने पर बलघूर्ण का मान अधिकतम होने के पश्चात् कम होना प्रारम्भ हो जाता है। इस प्रकार ब्रेकिंग के प्रारम्भ में रोटर परिपथ में प्रतिरोध का मान अधिक होता है तथा गति कम होने के साथ धीरे-धीरे कम किया जाता है ब्रेकिंग बलघूर्ण का मान दिष्ट धारा उत्तेजन तथा रोटर प्रतिरोध द्वारा नियन्त्रित किया जा सकता है।

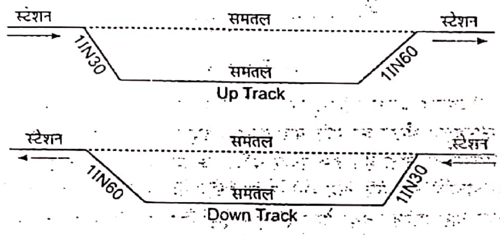
§ 7.25 पुनर्जनन ब्रेकिंग (Regenerative Braking)

गाड़ी के किसी गति तक त्वरित होने के पश्चात् उसमें गतिज ऊर्जा एकत्रित हो जाती है जिसका मान गाड़ी के भार तथा गति पर निर्भर करता है। गाड़ी का भार स्थिर होता है अर्थात् गतिज ऊर्जा गति पर निर्भर करती है (गतिज ऊर्जा $KE = \frac{1}{2}mV^2$) जहाँ m, भार तथा V, गति है। गाड़ी को शक्ति देना बन्द करने के पश्चात् यह गतिज ऊर्जा घर्षण प्रतिरोध की क्षतिपूर्ति तथा गाड़ी को आगे बढ़ाने में व्यय होती है। इस समय गाड़ी को आगे बढ़ाने वाली गतिज ऊर्जा का यह भाग, लाभप्रद कार्य करता है अतः इसे हम यान्त्रिक पुनर्जनन ब्रेकिंग कह सकते हैं चूंकि धीरे-धीरे गाड़ी की गति शून्य हो जाती है जिसके कारण त्वरण के पश्चात् एकत्रित गतिज ऊर्जा का व्यय होना है।

वैद्युत पुनर्जनन ब्रेकिंग के समय संकर्षण मोटर जनित्र की तरह कार्य करती है जिसमें एकत्रित गतिज-ऊर्जा का प्रयोग होता है। इस प्रकार प्राप्त वैद्युत ऊर्जा को सप्लाई में वापस भेज दिया जाता है।

पुनर्जनन ब्रेकिंग द्वारा किन्हीं दो बिन्दुओं के बीच उपलब्ध ऊर्जा, वह ऊर्जा होती है जो जनित्र द्वारा वैद्युत ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है तथा सप्लाई को वापिस भेज दी जाती है। यदि गाड़ी की मूल निर्धारित गति को बनाये रखा जाना हो, तो त्वरण में वृद्धि करनी पड़ेगी जो कि केवल बड़ी मोटर प्रयोग करके ही सम्भव है। इस प्रकार गाड़ी का भार बढ़ाकर तथा अतिरिक्त उपकरणों की लागत से ऊर्जा व्यय को काफी हद तक निष्प्रभावित किया जा सकता है।

उपनगरीय संकर्षण सेवाओं में कोस्टिंग समय (coasting period) गाड़ी के कुल चलने के समय (running period) का 20 से 50% तक होता है, और इस प्रकार ब्रेकों में काफी अधिक प्रतिशत से गतिज ऊर्जा व्यय हो जाती है। इस समस्या को हल करने के लिये यान्त्रिक पुनर्जनन सिद्धान्त पर आधारित क्रमिक मार्ग प्रणाली (graded track system) प्रयोग की जाती है जिसे चित्र 7.9 (अ) में दिखाया गया है, जिससे 5% तक की ऊर्जा व्यय में बचत हो जाती है।



चित्र 7.9—(अ) क्रमिक मार्ग (Graded track)

क्रमिक मार्ग प्रणाली में स्टेशन समतल मार्ग (level track) से कुछ ऊँचाई पर स्थित होते हैं जैसा कि चित्र 7.9 (अ) से स्पष्ट है तथा स्टेशन छोड़ते समय मार्ग का ढाल 1 : 30 के बीच होता है तथा स्टेशन पहुँचते समय 1 : 60 के बीच होता है। इस प्रणाली से ट्रेन की गतिज ऊर्जा ब्रेकों में व्यय नहीं होती बल्कि स्थितिज ऊर्जा (potential energy) के रूप में एकत्रित हो जाती है। जोकि ट्रेन के 1 : 60 के बीच ढाल पर स्टेशनों पर चढ़ते समय प्रयोग हो जाती है। ट्रेन के स्टेशन छोड़ते समय स्थितिज ऊर्जा ट्रेन के नीचे ले जाने तथा त्वरण प्रदान करने में सहयोग देती हैं। इस प्रणाली को प्रयोग करके ट्रेन चलाने में छोटी मोटरें लगाई जा सकती हैं तथा इस प्रकार समतल मार्ग की अपेक्षा विशिष्ट ऊर्जा व्यय में 75% तक की कमी की जा सकती है। यह प्रणाली भूमिगत रेलवे में प्रयोग की जाती है क्योंकि सतह रेलवे से क्रमिक मार्ग बनाने में काफी कठिनाई आती है।

§ 7.26 वैद्युत पुनर्जनन ब्रेकिंग प्रयोग करने के लिये निम्नलिखित आवश्यक शर्तों का पूर्ण होना आवश्यक है

(i) जनित्र में विरोधी वि० वा० बल का मान सदा सप्लाई वोल्टता से अधिक होता है तथा वोल्टताओं के अन्तर के कारण आर्मेचर धारा प्रवाहित होती है, इसलिये ब्रेकिंग के समय विरोधी वि० वा० बल का सप्लाई वोल्टता से अधिक होना आवश्यक होता है जिसे केवल उत्तेजन बढ़ाकर ही प्राप्त किया जा सकता है, क्योंकि गाड़ी की गति कम होती है।

(ii) सुरक्षा की दृष्टि से ब्रेकिंग प्रणाली में यान्त्रिक स्थिरता होनी चाहिये अर्थात् अधिक से अधिक ब्रेकिंग बलघूर्ण प्राप्त होना चाहिये।

(iii) ब्रेकिंग प्रणाली में वैद्युत स्थिरता होनी चाहिये अर्थात् [illegible] सप्लाई वोल्टता की अस्थिरता पर निर्भर नहीं होना चाहिये।

(iv) यदि किसी विशेष दशा में ब्रेकिंग द्वारा प्राप्त ऊर्जा अत्यधिक हो जाती है तो ऐसा प्रबन्ध होना चाहिये कि कुछ ऊर्जा व्यय की जा सके अन्यथा ब्रेकिंग प्रणाली का प्रभाव नहीं होगा।

§ 7.27 दिष्ट धारा मोटरों में पुनर्जनन ब्रेकिंग

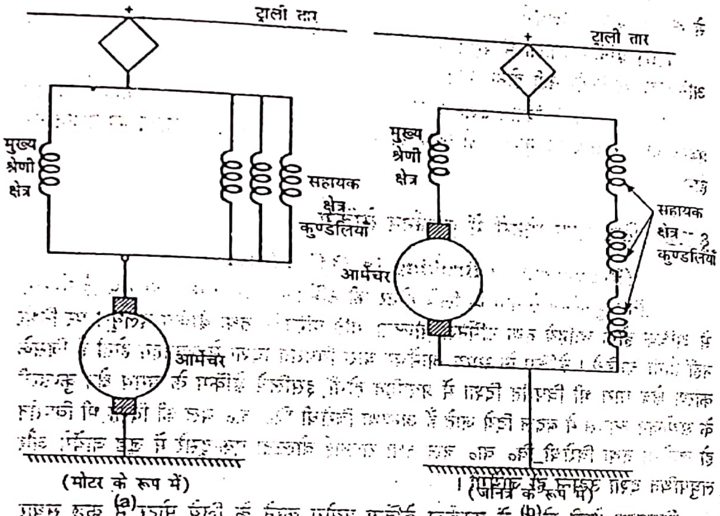
(Regenerative Braking in D.C. Motors)

प्रभावित पुनर्जनन ब्रेकिंग के लिये मोटर की टर्मिनल वोल्टता का मान सप्लाई वोल्टता से अधिक होना चाहिये तथा टर्मिनल वोल्टता, गति परिवर्तन तथा ब्रेकिंग बलघूर्ण पर निर्भर नहीं होनी चाहिये। ब्रेकिंग के समय आर्मेचर धारा विपरीत दिशा में प्रवाहित होती है जिसके कारण क्षेत्र धारा भी विपरीत दिशा में प्रवाहित होगी, इसलिये ब्रेकिंग के समय क्षेत्र कुण्डली के संयोजन आपस में बदल दिये जाते हैं अन्यथा विरोधी वि० वा० बल की दिशा भी विपरीत हो जायेगी तथा विरोधी वि० वा० बल तथा सप्लाई वोल्टता एक-दूसरे में जुड़ जायेंगे और लघुपथित दशा उत्पन्न हो जायेगी।

दिष्टधारा श्रेणी मोटर में पुनर्जनन ब्रेकिंग प्रयोग करने के लिये मोटर में कुछ सुधार किया जाता है, अन्यथा § 7.26 में दी गई आवश्यक शर्ते प्राप्त नहीं हो पाती। इसके लिये दिष्टधारा श्रेणी मोटर में सहायक कुण्डली का प्रयोग किया जाता है। गाड़ी के चलने पर अर्थात् मोटरिंग के समय सहायक क्षेत्र कुण्डलियों को समान्तर में जोड़कर, तथा इस समान्तर समूह को मुख्य श्रेणी के समान्तर में लगा दिया जाता है। जब ट्रेन पर पुनर्जनन ब्रेकिंग प्रयुक्त की जाती है तो श्रेणी मोटर, जनित्र के रूप में कार्य करने लगती है। इसके लिये सहायक क्षेत्र कुण्डलियों को श्रेणी में जोड़कर तथा इस श्रेणी समूह को मुख्य श्रेणी के समान्तर में जोड़ दिया जाता है। जैसाकि 7.10 (ब) में दिखाया गया है। इस प्रबन्ध द्वारा मशीन अवकल कम्पाउण्ड जनित्र (differentially compound generator) का कार्य करने लगती है।

अब यदि लाइन वोल्टता में थोड़ा भी परिवर्तन होगा तो सहायक कुण्डली (जोकि इस समय शन्ट क्षेत्र का कार्य करती है) अधिक प्रवाहित होगी जिससे उत्पन्न वि० वा० बल बढ़ेगा या घटेगा। यदि सप्लाई वोल्टता का मान बढ़ता है जो विरोधी वि० वा० बल से भी अधिक हो सकता है, तो उस समय सहायक कुण्डली में (जो इस समय शन्ट कुण्डली का कार्य करती है) धारा का मान बढ़ जाता है अर्थात् उत्तेजन बढ़ जाता है, जिसके कारण विरोधी वि० वा० बल का मान स्वतः बढ़ जाता है। इसके विपरीत सप्लाई वोल्टता कम होने पर सहायक कुण्डली में धारा का मान भी कम हो जाता है, अर्थात् उत्तेजन कम हो जाता है तथा विरोधी वि० वा० बल घट जाता है। इस प्रकार यह सहायक कुण्डलियाँ सप्लाई वोल्टता के

Scanned by CamScanner



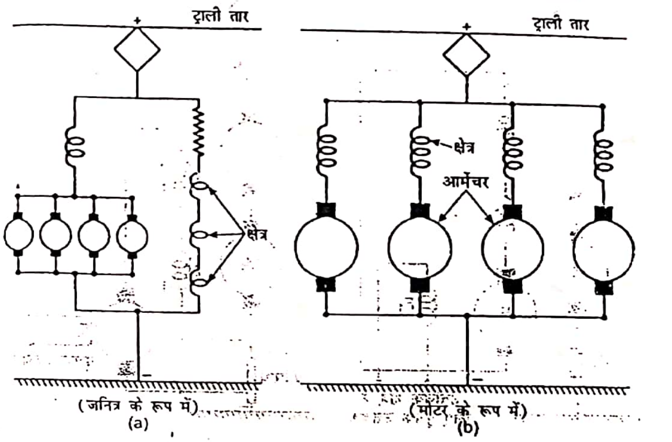
चित्र 7.10—अकेली श्रेणी मोटर के साथ-साथ ट्रामवे, ट्रोली बस इत्यादि में प्रयुक्त पुनर्जनन ब्रेकिंग।

कम या अधिक होने की दशा में आवश्यक सन्तुलन देती है। इस विधि को फ्रेंच विधि (French method) भी कहते हैं।

वैद्युत रेलवे इन्जनों का उपरोक्त परिणाम प्राप्त करने के लिये 4 या 6 श्रेणी मोटरों का प्रयोग किया जाता है परन्तु इस समय सहायक कुण्डली की आवश्यकता नहीं पड़ती। गाड़ी के चलते समय अर्थात् सामान्य स्थिति में भी श्रेणी मोटरों क्रम से अपनी क्षेत्र कुण्डलनी में श्रेणी में जुड़ी होती हैं जैसा कि चित्र 7.11 (ब) में दिखाया गया है परन्तु पुनर्जनन के समय एक को छोड़कर सभी क्षेत्र कुण्डलनी को आर्मेचरों के समान्तर में संयोजित कर दिया जाता है जैसा कि चित्र 7.11 (अ) में दिखाया गया है।

आधुनिक विधि में क्षेत्र कुण्डलनी को अलग से उत्तेजित किया जाता है ताकि पुनर्जनन ब्रेकिंग के समय आवश्यक नियन्त्रण प्राप्त किया जा सके। उत्तेजक, धुरी चालित (axle driven) या सहायक सप्लाई से संयोजित हो सकता है।

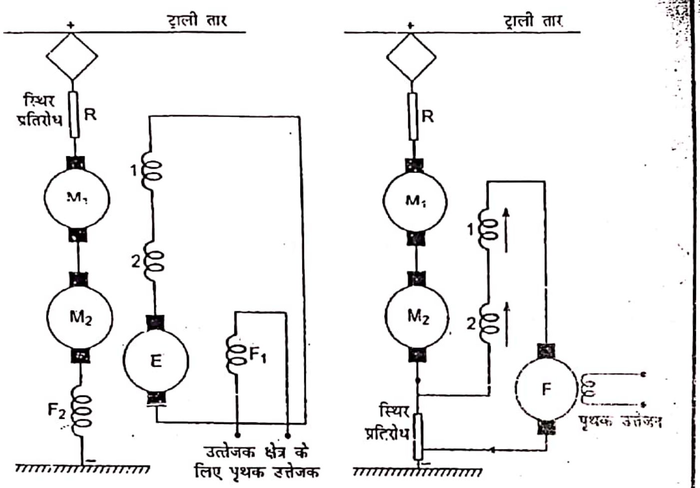
चित्र 7.12 (अ) में उपरोक्त विधि का परिपथ आरेख दिखाया गया है जिसमें उत्तेजक E में पृथकता से उत्तेजित की गई कुण्डली होती है जिसका नियन्त्रण ट्रेन चालक (driver)



चित्र 7.11—कई श्रेणी मोटरों के साथ ट्रेन इन्जन में पुनर्जनन ब्रेकिंग

करता है। उत्तेजक का आर्मेचर M_1 तथा M_2 मोटरों की श्रेणी क्षेत्र कुण्डलियों के परिपथ में जोड़ दिया जाता है। उत्तेजक की दूसरी कुण्डली F_2 मुख्य मोटर परिपथ की श्रेणी में लगी होती है, इसे F_1 उत्तेजित कुण्डली द्वारा पृथकता से उत्तेजित किया जाता है तथा F_1 और F_2 ब्रेकिंग के समय एक-दूसरे की विपरीत दिशा में कार्य करते हैं। अब सप्लाई वोल्टता का मान कम होने पर पुनर्जनन धारा का मान अधिक हो जायेगा जो आर्मेचर M_1 तथा M_2 से प्रवाहित होगी, यह धारा कुण्डली F_2 से भी प्रवाहित होगी, परन्तु F_1 तथा F_2 एक-दूसरे के विपरीत दिशा में कार्य करती हैं इसलिये उत्तेजन कम हो जायेगा, इस प्रकार उत्तेजक के विरोधी वि० वा० बल का परिमाण भी कम हो जायेगा, विरोधी वि० वा० बल कम होने से श्रेणी कुण्डलियों 1 तथा 2 में क्षेत्र धारा कम हो जाती है तथा आर्मेचर M_1 तथा M_2 का विरोधी वि० वा० बल कम हो जाता है। इस प्रकार सप्लाई वोल्टता में कमी की स्वतः क्षतिपूर्ति हो जाती है।

चित्र 7.12 (ब) में उत्तेजक का आर्मेचर क्षेत्र कुण्डलियों के परिपथ में जोड़ा गया है, परन्तु इसमें स्थिर (stabilised) प्रतिरोध भी लगा होता है। इस प्रतिरोध में प्रवाहित होने वाली धारा का मान पुनर्जनन धारा तथा उत्तेजन की धारा के योग के बराबर होता है। यदि सप्लाई वोल्टता का मान कम होता है तो पुनर्जनन धारा का मान बढ़ जाता है और प्रतिरोध में वोल्टतापात (voltage drop) के मान में वृद्धि हो जाती है। इस प्रकार उत्तेजक के आर्मेचर के पार्श्व में वोल्टता कम हो जाती है। अतः क्षेत्र 1 तथा 2 में उत्तेजक धारा कम हो



चित्र—7.12

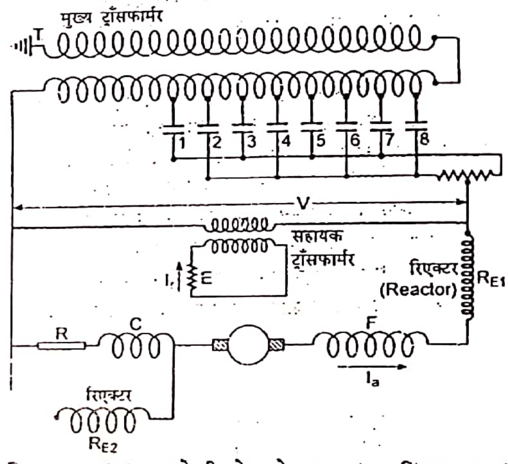
जाती है जिसके कारण जनित्रों का विरोधी वि० वा० बल कम हो जाता है तथा सप्लाई वोल्टता में कमी की स्वतः ही क्षतिपूर्ति हो जाती है।

इस प्रकार यह प्रतिरोध सप्लाई वोल्टता की क्षतिपूर्ति तथा गाड़ी की एक सप्लाई से दूसरी सप्लाई में बदलते समय धारा की तरंगों (surges) से रक्षा करता है।

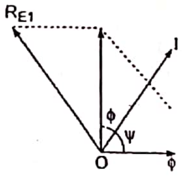
§ 7.28 एक फेजी श्रेणी मोटरों में पुनर्जनन ब्रेकिंग

(Regenerative Braking in Single Phase Series Motors)

एक-फेजी श्रेणी मोटर में पुनर्जनन ब्रेकिंग प्रयोग करने में दिष्ट धारा मोटरों की अपेक्षा अधिक कठिनाइयाँ हैं। पुनर्जनन ब्रेकिंग में पुनर्जनन शक्ति की आवृत्ति मुख्य सप्लाई की आवृत्ति के बराबर होनी चाहिये, इसके लिये क्षेत्र कुण्डली को मुख्य सप्लाई से उत्तेजित करना पड़ता है। दूसरे पुनर्जनन धारा, प्रयुक्त वोल्टता तथा फ्लक्स ϕ से विपरीत फेज में होनी चाहिये जिससे शक्ति को सप्लाई में वापिस भेजा जा सके। क्षेत्र कुण्डली का प्रयुक्त वोल्टता और सप्लाई में वोल्टता में 90° का फेज अन्तर होना चाहिये। यह विधि चित्र 7.13 में दिखायी गयी है। इस विधि द्वारा 90° का आवश्यक फेज अन्तर तथा उच्च शक्ति गुणक प्राप्त होती है। जैसा कि चित्र 7.13 (अ) में दिखाया गया है, एक सहायक ट्राँसफार्मर द्वारा संकर्षण मोटर की उत्तेजन कुण्डली को उत्तेजित किया जाता है। मोटर के आर्मेचर को एक टेप परिवर्तक (tap changer) द्वारा मुख्य ट्राँसफार्मर से संयोजित कर दिया जाता है। इस



चित्र 7.13—(अ) एक-फेजी मोटर के साथ पुनर्जनन ब्रेकिंग (Bohr Escheaburg method)



चित्र 7.13—(ब) सदिश आरेख

परिपथ में चोक कुण्डल (choke winding) F तथा आयरन कोर रिएक्टर (iron core reactor) R_{E1} भी चित्र के अनुसार लगे रहते हैं। दिक्परिवर्तक ध्रुव कुण्डली (commutator pole winding) C तथा प्रतिरोध R की श्रेणी में जोड़कर लोह क्रोड रिएक्टर R_{E2} को इसके समान्तर में लगाते हैं तथा पूर्ण समूह चित्र 7.13 (अ) के अनुसार लगा दिया जाता है। इस समूह द्वारा दिक्परिवर्तक फ्लक्स का उचित फेज प्राप्त होता है।

यदि टेप परिवर्तक की वोल्टता V तथा उत्तेजन कुण्डली की धारा I हो तो धारा I_f वोल्टता से लगभग 90° पर पश्चगामी होगी तथा मोटर में उत्पादित विरोधी वि० वा० बल E तथा धारा I_f एक ही फेज में रहेंगी और V तथा E का सदिश अन्तर (vector difference) रिएक्टर R_{E1} के पार्श्व में वोल्टता को प्रदर्शित करेगा, तथा आर्मेचर धारा I_a, R_{E1} रिएक्टर वोल्टता से लगभग 90° पश्चगामी होगा। टेप परिवर्तक की किसी भी वोल्टता के लिये उत्पादित ब्रेकिंग बलघूर्ण $I_a \cos\phi$ के समानुपाती होगा और हानियों को नगण्य मानने पर सप्लाई को वापिस दी गयी शक्ति भी $I_a \cos\phi$ के समानुपाती होगी।

इस विधि के निम्नलिखित अभिलक्षण हैं—

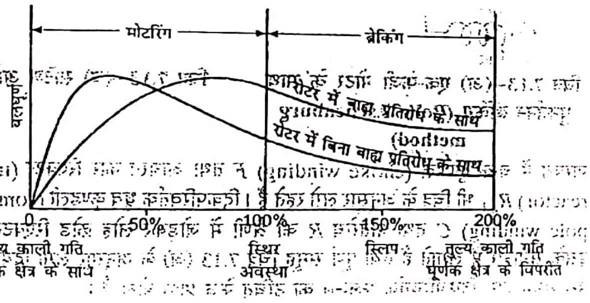
(i) ब्रेकिंग बलघूर्ण प्रत्येक गति पर स्थिर रहता है।

(ii) आर्मेचर में जनित वोल्ट ऐम्पियर (volt ampere) का मान रिएक्टर R_{E1} द्वारा अवशोषित (absorbed) मान की अपेक्षा कम रहता है।

Scanned by CamScanner

(iii) इस प्रकार उत्पादित शक्ति का शक्ति गुणक 0.7 होता है परन्तु प्रणाली से सरल, स्थिर और विश्वसनीय कार्य को ध्यान में रखते हुये यह शक्ति गुणक कम होने के पश्चात् भी हानिकारक नहीं रहता।

(iii) तीन फेजी प्रेरण मोटरों में पुनर्जनन ब्रेकिंग (Regenerative braking in three phase induction motors)—तीन फेजी प्रेरण मोटर की गति तुल्यकाली गति से अधिक हो जाने पर प्रेरण मोटर, जनित्र की तरह कार्य करने लगती है तथा इस समय पुनर्जनन ब्रेकिंग स्वयं प्रयुक्त हो जाती है, अतः तीन फेजी प्रेरण मोटरों का पुनर्जनन ब्रेकिंग अत्यन्त सरल है। चित्र 7.14 में प्रेरण मोटर का बलघूर्ण स्लिप वक्र दिखाया गया है। इसमें रोटर परिपथ में कोई अतिरिक्त प्रतिरोध प्रयोग नहीं होता तथा ब्रेकिंग के समय गति स्थिर रहती है। रोटर परिपथ में प्रतिरोध लगाने से किसी विशेष ब्रेकिंग बलघूर्ण तक गति बढ़ती है अर्थात् प्रतिरोध की अनुपस्थिति में गाड़ी की गति स्थिर रहती है तथा लोड और ढाल (slope) पर निर्भर नहीं करती।



चित्र—7.14

§ 7.29 पुनर्जनन ब्रेकिंग के लाभ

(Advantages of Regenerative Braking)

पुनर्जनन ब्रेकिंग के निम्नलिखित लाभ हैं—

(i) इस विधि में ब्रेकिंग ऊर्जा वैद्युत ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है जिसको सप्लाई में वापस भेज दिया जाता है अतः ऊर्जा का व्यय कम होता है तथा इस प्रकार प्रचालन व्यय (operating cost) काफी हद तक कम हो जाता है।

(ii) इस विधि में अधिक ब्रेकिंग मन्दन (retardation) होता है अर्थात् गाड़ी ब्रेक लगाने के पश्चात् कम दूरी तय करती है, अतः यह प्रणाली प्रयोग करने के पश्चात् गाड़ी को तीव्र गति से चलाया जा सकता है। ढाल मार्गों पर भी गाड़ी को तीव्र गति से चलाया जा सकता है, क्योंकि पुनर्जनन ब्रेकिंग मंदन प्राप्त किया जा सकता है।

(iii) इस विधि में ब्रेक कम घिसते हैं। अतः ब्रेक अधिक समय तक कार्य करते हैं।

(iv) इस प्रणाली में गाड़ी को चलाना अधिक सुरक्षित है।

§ 7.30 पुनर्जनन ब्रेकिंग की हानियाँ

(Disadvantages of Regenerative Braking)

पुनर्जनन ब्रेकिंग की निम्नलिखित हानियाँ हैं—

(i) इस विधि में ब्रेकिंग ऊर्जा के नियन्त्रण तथा संकर्षण उपकरणों की सुरक्षा के लिये अतिरिक्त उपकरणों की आवश्यकता पड़ती है, अतः प्रणाली का प्रारम्भिक मूल्य बढ़ जाता है।

(ii) इस विधि द्वारा गाड़ी को शून्य गति तक नहीं पहुँचाया जाता अतः यान्त्रिक ब्रेक की आवश्यकता होती है।

(iii) सप्लाई को वैद्युत ऊर्जा वापिस भेजने के कारण उपकेन्द्रों का प्रचालन जटिल हो जाता है।

(iv) दिष्ट धारा संकर्षण में पुनर्जनन ऊर्जा का प्रयोग करने के लिये उपकेन्द्रों में अतिरिक्त उपकरणों की आवश्यकता पड़ती है।

§ 7.31 गति-समय वक्र

(Speed-Time Curves)

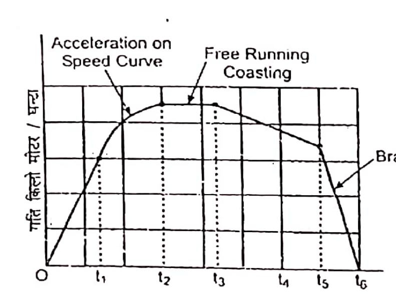
विद्युत संकर्षण में शक्ति का प्रयोग दो प्रकार से किया जाता है, प्रथम विधि में शक्ति, वितरण जाल (distribution network) द्वारा प्राप्त की जाती है तथा यह दिष्टधारा या प्रत्यावर्ती धारा सप्लाई द्वारा हो सकती है, दूसरी विधि में शक्ति इंजन में ही उत्पन्न (generate) होती है, ऐसा डीजल-विद्युत प्रणाली में होता है।

गाड़ी की गति तथा उसमें ऊर्जा व्यय (consumption) का अध्ययन गति-समय तथा गति-दूरी वक्रों द्वारा सरलता से किया जा सकता है। इन वक्रों से विभिन्न समयों तथा दूरियों पर प्रारम्भिक बिन्दु से चलने के पश्चात् गाड़ी की गति ज्ञात होती है। गति-समय वक्र अधिक लाभप्रद होता है क्योंकि इस वक्र का ढाल (slope) त्वरण को तथा वक्र का आन्तरिक क्षेत्रफल, गाड़ी द्वारा चली गई दूरी को प्रदर्शित करता है।

चित्र 7.15 में मुख्य लाइन सेवा (main line service) के लिये प्रतिरूपी (typical) गति-समय वक्र दिखाया गया है। इस वक्र को पाँच भागों में विभाजित किया जा सकता है।

(i) नोचिंग अप (Notching up) अवधि में त्वरण $(O - t_1)$ [Acceleration during notching up period]—इस समय के अन्तराल में प्रारम्भिक प्रतिरोध को परिपथ से हटा लिया जाता है जिसके कारण धारा तथा संकर्षण प्रयास (traction effort) स्थिर हो जाता है और स्थिर त्वरण उत्पन्न होता है तथा लगभग एक मीटर प्रति सेकण्ड त्वरण का प्रयोग किया जाता है। वक्र में त्वरण काल O से t_1 तक दिखाया गया है।

Scanned by CamScanner



चित्र 7.15—मुख्य लाइन सेवाओं के लिये प्रतिरूपी गति-समय वक्र

(ii) गति वक्र के साथ त्वरण t_1 से t_2 तक (Acceleration or speed curve)—यह वक्र t_1 से t_2 तक प्रदर्शित किया गया है। इस समय में गाड़ी धीरे-धीरे त्वरित होती रहती है तथा गति बढ़ने के साथ-साथ बलघूर्ण कम होता जाता है जैसा मोटर के प्रति बलघूर्ण वक्र के वर्णन में बताया जा चुका है। गति, संकर्षण प्रयास और गति में घर्षण प्रतिरोध के सन्तुलित होने तक बढ़ाई जाती है।

(iii) स्वतन्त्र चालन अवधि t_2 से t_3 तक (Free-running period)—बिन्दु t_1 पर प्राप्त की गयी गति से गाड़ी बिन्दु t_2 तक चलती है अतः t_2 से t_3 तक गाड़ी की गति स्थिर रहती है।

(iv) कोस्टिंग (Coasting) t_3 से t_4 तक—बिन्दु t_3 पर गाड़ी को दी जाने वाली विद्युत शक्ति बन्द कर दी जाती है तथा गाड़ी केवल संवेग (momentum) के कारण चलती है और धीरे-धीरे पटरी तथा वायु घर्षण के कारण गति कम होती रहती है।

(v) ब्रेकिंग (Braking) t_4 से t_5 तक—बिन्दु t_4 पर ब्रेक का प्रयोग किया जाता है तथा बिन्दु t_5 तक गाड़ी की गति शून्य हो जाती है। अर्थात् गाड़ी रुक जाती है। ब्रेकिंग अवतरण का मान उपनगरीय सेवाओं में लगभग $\frac{2}{3}$ से 1 मीटर प्रति सेकण्ड होता है क्योंकि इन स्थानों में तीव्र ब्रेक की आवश्यकता होती है।

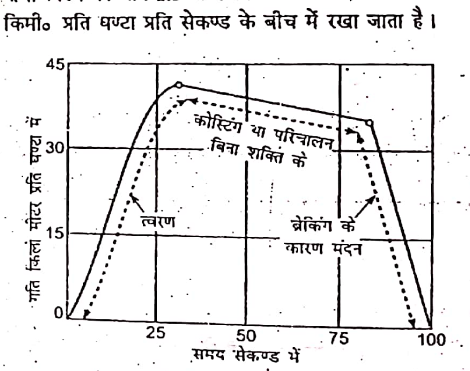
वक्र के त्वरण तथा स्वतन्त्र चालन वाले भाग, मोटर के गति-बलघूर्ण अभिलक्षणों द्वारा शासित (governed) होते हैं इसलिये इन भागों को प्राप्त करने के लिये गति-बलघूर्ण अभिलक्षण प्राप्त होने चाहियें। कोस्टिंग (coasting) और ब्रेकिंग वाले भाग क्रमशः गाड़ी के प्रतिरोध तथा स्वीकृत ब्रेकिंग मन्दन (allowed breaking retardation) द्वारा शासित होते हैं। भिन्न-भिन्न चालित दूरियाँ तथा ढाल की उपस्थिति के कारण, वास्तविक गति-समय वक्र उपरोक्त वक्र के समान नहीं होता है। यह सम्भव है कि कम दूरी तय करने के लिये स्वतन्त्र चालन अवधि शून्य हो और अधिक दूरी तय करने के लिये स्वतन्त्र चालन अवधि

ही मुख्य हो तथा ब्रेकिंग और प्रारम्भिक अवधि अगणनीय हो। प्रायः मुख्य लाइन सेवाओं में स्वतन्त्र चालन की अवधि अधिक रहती है। इसलिये विद्युतीकरण प्रणाली बनाते समय गति-समय वक्र द्वारा ऊर्जा तथा गति आवश्यकताओं का लगभग मान ज्ञात कर लिया जाता है।

चित्र 7.15 में वर्णित वक्र मुख्य लाइन सेवाओं के लिये होता है। जैसा कि बताया जा चुका है, अलग-अलग सेवाओं के लिये यह वक्र भी अलग होते हैं। नीचे नगरीय (urban) तथा उपनगरीय सेवाओं में प्रयोग किये जाने वाले वक्रों का वर्णन किया गया है।

§ 7.32 नगरीय सेवा (Urban or City Service)

नगरीय सेवाओं में दो स्टेशनों (stations) के बीच की दूरी लगभग एक किमी होती है जो कि काफी कम दूरी है। इसलिये गाड़ी की औसत उच्च गति प्राप्त करने के लिये त्वरण तथा मन्दन का उच्च मान रखा जाता है। यह वक्र चित्र 7.16 में दिखाया गया है। इस वक्र के अनुसार गाड़ी की स्वतन्त्र चालन की अवधि स्टेशनों के बीच की दूरी कम होने के कारण शून्य होती है तथा त्वरण का मान 1.5 से 4 किमी० प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड और मन्दन का मान 3 से 5 किमी० प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड के बीच में रखा जाता है।



चित्र 7.16—नगरीय सेवाओं के लिये गति-समय

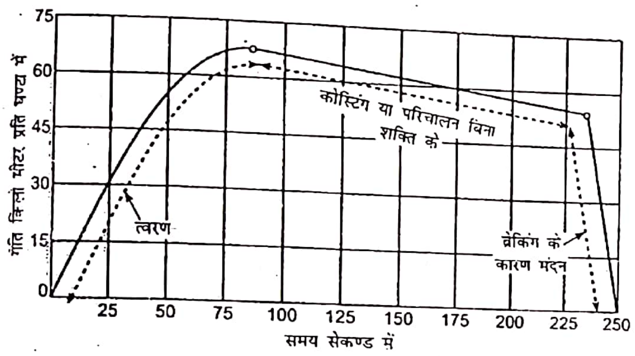
§ 7.33 उपनगरीय सेवा (Suburban Service)

उपनगरीय सेवाओं में दो स्टेशनों के बीच की दूरी 1.5 किमी० से 8 किमी० तक होती है। इस सेवा में कोस्टिंग (coasting) की अवधि नगरीय सेवाओं की अपेक्षा अधिक होती है तथा त्वरण और मन्दन का मान नगरीय सेवाओं के लगभग बराबर होता है। यह वक्र चित्र 7.17 में दिखाया गया है।

(i) मुख्य लाइन सेवा (Main line Service)—मुख्य लाइन सेवाओं में दो स्टेशनों

Scanned by CamScanner

की दूरी प्रायः 10 किमी (km.) से ऊपर होती है। चित्र 7.15 में मुख्य लाइन सेवाओं के लिये गति-समय वक्र दिखाया गया है, जिसका वर्णन § 7.32 में किया जा चुका है। अधिकतम गति 160 किमी॰ प्रति घण्टा होती है। त्वरण तथा मन्दन का मान बहुत कम क्रमशः 0.6 से 0.8 किमी॰ प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड तथा 1.4 km. प्रति सेकण्ड होता है।



चित्र 7.17—उपनगरीय सेवाओं के लिये गति-समय वक्र

विभिन्न सेवाओं का तुलनात्मक वर्णन तालिका 7.1 में किया गया है।

§ 7.34 संकर्षण प्रणाली में प्रयोग होने वाली राशियाँ

(i) **शिखर गति** (crest speed) या अधिकतम गति (Maximum speed)—यह गाड़ी द्वारा चालन अवधि में प्राप्त की गई अधिकतम गति होती है। इसे Vm से प्रदर्शित किया जाता है तथा इसकी इकाई km/h होती है।

(ii) **औसत गति** (Average speed)—यह गाड़ी द्वारा चालन अवधि में प्राप्त औसत गति होती है।

$$\text{औसत गति} = \frac{\text{स्टेशनों के बीच की किमी में दूरी}}{\text{चालन का वास्तविक समय घण्टों में}}$$

इसे V_a से प्रदर्शित किया जाता है तथा इसकी इकाई किलोमीटर प्रति घण्टा है।

(iii) **निर्धारित गति** (Schedule speed)—यह गाड़ी द्वारा तय की गई दूरी तथा इस दूरी को तय करने में व्यतीत कुल समय (स्टेशनों पर गाड़ी रुकने का समय + गाड़ी द्वारा चलने में व्यतीत समय) का अनुपात होती है।

$$\text{निर्धारित गति} = \frac{\text{स्टेशनों के बीच की किमी में दूरी}}{\text{घण्टों में गाड़ी चलने का समय + स्टेशनों पर गाड़ी रुकने का समय घण्टे में}}$$

इसे V_s से प्रदर्शित करते हैं तथा इसकी इकाई km प्रति घण्टा है।

(iv) **संकर्षण प्रयास** (Traction effort)—यह इन्जन के पहिये को आगे चलाने के लिये आवश्यक प्रभावित बल के बराबर होता है। यह सदिश राशि होती है, इसकी इकाई न्यूटन (Newton) है।

संकर्षण प्रयास तीन प्रकार से आवश्यक होता है—

(a) अनुरेख तथा कोणीय गति के लिए $= F_a$

(b) गुरुत्व बल का प्रभाव निष्प्रभावित करने के लिए $= F_g$

(c) घर्षण प्रतिरोध निष्प्रभावित करने के लिए $= F_r$

∴ कुल संकर्षण प्रयास $F_t = F_a + F_g + F_r$

(v) **गाड़ी प्रतिरोध** (Train resistance)—गाड़ी में प्रतिरोध का प्रभाव तीन प्रकार से होता है—

(a) चल स्टाक (rolling stock) अर्थात् गाड़ी के डिब्बों के भिन्न-भिन्न भागों में घर्षण द्वारा।

(b) पटरी और पहियों के बीच घर्षण द्वारा।

(c) वायु द्वारा उपस्थित प्रतिरोध द्वारा।

इनमें से पहले अर्थात् (a) तथा (b) को यान्त्रिक प्रतिरोध कहते हैं तथा इनका मान गाड़ी के कुल भार पर निर्भर करता है।

वायु द्वारा उत्पादित प्रतिरोध का पहला भाग जो इन्जन के सामने के भाग पर कार्य करता है, शीर्ष प्रतिरोध (head resistance) कहलाता है तथा दूसरा भाग इन्जन के ऊपरी दोनों किनारों के पृष्ठों (surfaces) तथा निचली पृष्ठ पर कार्य करता है। इस भाग को त्वाचिक प्रतिरोध (skin-resistance) कहते हैं। गाड़ी की गति के साथ उसके पिछले भाग में निर्वात उत्पन्न हो जाता है जिसके कारण गाड़ी पर चूषण प्रतिरोध (suction resistance) का भी प्रभाव होता है। परन्तु इसका मान कम होता है।

इस प्रकार गाड़ी पर प्रभावित कुल प्रतिरोध

$$= R = K_1 + K_2V + K_3V^2$$

जहाँ K_1, K_2 और K_3 स्थिरांक हैं।

V = गाड़ी की किमी॰ प्रति घण्टा में गति

R = कुल प्रतिरोध न्यूटन में।

इस समीकरण में पहली दो राशियाँ यान्त्रिक प्रतिरोध तथा तीसरी वायु प्रतिरोध को प्रदर्शित करती हैं।

(vi) **अभिलागी भार** (Adhesive weight)—गाड़ी के चालन पहियों (driving wheels) पर ले जाने वाले कुल भार को अभिलागी भार कहते हैं।

Scanned by CamScanner

(vii) अभिलाग गुणाँक (Coefficient of adhesion)—अभिलाग गुणांक μ का मान स्लिप पहियों पर संकर्षण प्रयास और अभिलागी भार के अनुपात के बराबर होता है अर्थात्

$$\text{अभिलाग गुणाँक}, \mu = \frac{\text{स्लिप पहियों पर संकर्षण प्रयास}}{\text{अभिलागी भार}}$$

सारणी 7.1 विभिन्न संकर्षण सेवाओं का तुलनात्मक वर्णन

क्रम सं०	तुलनात्मक कारण	नगरीय सेवा	उपनगरीय सेवा	मुख्य लाइन सेवा
1.	स्टेशनों के मध्य दूरी	1 किलो मीटर	1.5 से 8 किमी	10 किमी से अधिक
2.	अधिकतम गति	100 किमी/घण्टा	120 किमी/घण्टा	160 किमी/घण्टा
3.	त्वरण (acceleration)	1.5 से 4 किमी/घण्टा/सेकण्ड	1.5 से 5 किमी/घण्टा/सेकण्ड	0.6 से 0.8 किमी/घण्टा/सेकेण्ड
4.	मन्दन (retardation)	3 से 5 किमी/घण्टा/सेकेण्ड	3 से 5 किमी०/घण्टा/सेकेण्ड	1.5 किमी/घण्टा/सेकेण्ड
5.	स्वतन्त्र चालन (free running)	सम्भव नहीं	सम्भव नहीं	अधिक होता है।
6.	कोस्टिंग समय (coasting time)	कम	अधिक होता है।	अधिक होता है।
7.	ब्रेकिंग	अधिक होता है।	अधिक होता है।	कम

विचार प्रश्न 7.2—उन कारकों की व्याख्या कीजिये जो कि निर्धारित गति को प्रभावित करते हैं।

उत्तर—निर्धारित गति को प्रभावित करने वाले कारक—निर्धारित गति को निम्न कारक प्रभावित करते हैं—

(अ) शिखर गति (Crest speed) या अधिकतम गति (Maximum speed) I (ब) त्वरण (Acceleration), (स) मन्दन (Retardation), (द) ब्रेकिंग (Braking), (य) स्टेशन पर गाड़ी रुकने का समय।

(अ) शिखर गति या अधिकतम गति—यदि गाड़ी के त्वरण तथा मन्दन का मान स्थिर हो तो किसी निश्चित दूरी के लिये अधिकतम गति चालन समय घट जाता है, जिससे निर्धारित गति बढ़ जाती है। यदि स्टेशनों के मध्य दूरी काफी अधिक है तो अधिकतम गति/शिखर गति के कारण चालन समय कम होगा जिससे निर्धारित गति बढ़ जायेगी। इस प्रकार मुख्य

लाइन सेवा में शिखर गति का निर्धारित गति पर काफी अधिक प्रभाव पड़ता है जबकि उपनगरीय सेवा या शहरी सेवाओं पर शिखर गति का प्रभाव लगभग नगण्य होता है।

(ब) त्वरण (Acceleration)—यदि शिखर या अधिकतम गति का मान स्थिर हो तो किन्हीं दो स्टेशनों के मध्य निश्चित दूरी के लिये त्वरण का मान बढ़ने से गाड़ी का चालन समय (running time) कम हो जाता है, जिससे निर्धारित गति बढ़ जाती है। इस प्रकार त्वरण बढ़ने से निर्धारित गति बढ़ जाती है, यदि स्टेशनों के मध्य दूरी कम हो तो निर्धारित गति में अधिक परिवर्तन होता है, परन्तु स्टेशनों के मध्य दूरी कम हो तो निर्धारित गति में अधिक परिवर्तन होता है, परन्तु स्टेशनों के मध्य अधिक दूरी होने पर निर्धारित गति में कोई विशेष अन्तर नहीं पड़ता है। इस प्रकार त्वरण का उपनगरीय सेवाओं पर अधिक प्रभाव पड़ता है तथा इससे निर्धारित गति बढ़ जाती है। परन्तु मुख्य लाइन सेवाओं पर इसका कोई विशेष प्रभाव नहीं पड़ता।

(स) मन्दन (Retardation)—त्वरण की भाँति ही उच्च मन्दन पर भी निर्धारित गति उच्च होगी, निर्धारित गति पर उच्च मन्दन का प्रभाव कम दूरी वाले स्टेशनों के लिये अधिक होगा तथा अधिक दूरी वाले स्टेशनों पर यह प्रभाव कम होगा। इस प्रकार उपनगरीय सेवाओं में उच्च मन्दन का निर्धारित गति पर अधिक प्रभाव पड़ता है जबकि मुख्य लाइन सेवाओं पर कम।

(द) ब्रेकिंग (Braking)—त्वरण तथा मन्दन के समय ही तीव्र ब्रेकिंग पर निर्धारित गति उच्च होगी। निर्धारित गति पर तीव्र ब्रेकिंग का प्रभाव कम दूरी वाले स्टेशनों पर अधिक होता है। इस प्रकार उपनगरीय सेवाओं में तीव्र ब्रेकिंग से निर्धारित गति बढ़ जाती है।

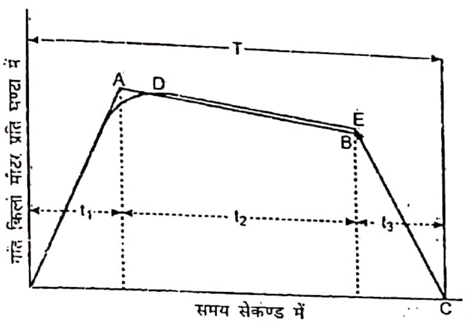
(य) स्टेशन पर गाड़ी रुकने का समय—यदि स्टेशन पर गाड़ी रुकने का समय अधिक है तो सम्पूर्ण समय (गति का समय + रुकने का समय) अधिक होगा जिससे निर्धारित गति घट जायेगी, इसलिये उच्च निर्धारित गति के लिये गाड़ी का स्टेशन पर रुकने का समय कम से कम होना चाहिये।

§ 7.35 सरलीकृत गति-समय वक्र
(Simplified speed-time curve)

चित्र 7.15 व 7.16 इत्यादि में दिये गये वक्रों से सम्बन्धित गणना करने में अधिक समय लगता है तथा गणनायें जटिल हो जाती हैं। इसके लिये उपरोक्त वक्रों को ज्यामितीय रूप में सरल बनाया जाता है। इस सरलीकृत वक्रों से त्वरण, मन्दन औसत गति तथा दूरियों की गणना करना अपेक्षाकृत काफी सरल हो जाता है। यह वक्र चतुर्भुज या समलम्बाकार आकृति के हो सकते हैं चित्र 7.16 में दिखाये गये वक्र को समान आन्तरिक क्षेत्रफल के चतुर्भुज या समलम्बाकार वक्र में बदला जा सकता है तथा चित्र 7.15 में दिखाये गये वक्र को सरलता से समलम्बाकार वक्र में बदला जा सकता है। उपरोक्त दोनों प्रकार के सरलीकृत वक्रों द्वारा विभिन्न राशियों में सम्बन्ध ज्ञात किया जा सकता है।

Scanned by CamScanner

(अ) **चतुर्भुज गति-समय वक्र** (Quadrilateral speed-time curves)—चित्र 7.18 में *ODFC* वास्तविक गति समय वक्र है तथा *OABC* तुल्य गति-समय वक्र है।



चित्र 7.18—चतुर्भुज गति-समय चक्र

माना,

$D =$ स्टेशनों के बीच की दूरी किमी में

$T =$ स्टेशनों के बीच की दूरी तय करने का वास्तविक समय

$\alpha =$ त्वरण, किमी प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड में

$\beta =$ ब्रेकिंग मन्दन, प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड में

$V_1 =$ बिन्दु A पर किमी प्रति घण्टा में गाड़ी की गति

$V_2 =$ बिन्दु B पर किमी प्रति घण्टा में गाड़ी की गति

$\beta_c =$ कोस्टिंग (coasting) मन्दन किमी प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड में

अब,

$$\text{त्वरण के लिये समय } t_1 = \frac{V_1}{\alpha} \text{ सेकण्ड}$$

$$\text{ब्रेकिंग के लिये समय } t_2 = \frac{V_2}{\beta} \text{ सेकण्ड}$$

कोस्टिंग मन्दन के लिये समय $t_2 = \dfrac{V_1 - V_2}{\beta_c}$ सेकण्ड

इसलिये कुल तय की गई दूरी = वक्र का क्षेत्रफल $= D$

अतः $D = \frac{1}{2} V_1 \times \frac{t_1}{3600} + \frac{V_1 + V_2}{2} \times \frac{t_2}{3600} + \frac{1}{2} V_2 \cdot \frac{t_3}{3600}$ किमी

$$= \frac{V_1}{7200}(t_1 + t_2) + \frac{V_2}{7200}(t_2 + t_3) \quad \text{...(i)}$$

परन्तु $t_1 + t_2 = T - t_3$ तथा $t_2 + t_3 = T - t_1$

यह मान समीकरण (i) में रखने पर

$$D = \frac{V_1}{7200}(T - t_3) + \frac{V_2}{7200}(T - t_1)$$

या $$D = \frac{T_1}{7200}(V_1 + V_2) - \frac{V_1 t_3}{7200} - \frac{V_2 t_1}{7200} \quad \text{...(ii)}$$

अब t_3 तथा t_1 के स्थान पर क्रमशः $\frac{V_1}{\beta}$ तथा $\frac{V_2}{\alpha}$ रखने पर

$$D = \frac{T}{7200}(V_1 + V_2) - \frac{V_1}{7200} \times \frac{V_2}{\beta} - \frac{V_2}{7200} \times \frac{V_1}{\alpha}$$

$$D = \frac{T}{7200}(V_1 + V_2) - \frac{V_1 V_2}{7200} \times \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}\right)$$

$$= \frac{1}{7200}\left[T(V_1 + V_2) - V_1 V_2 \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}\right)\right] \quad \text{...(iii)}$$

हम जानते हैं,

$$t_3 = \frac{V_1 - V_2}{\beta_c} \text{ अर्थात् } V_2 = V_1 - \beta_c t_2$$

तथा $$t_2 = T - (t_1 + t_3)$$

$$= T - \left(\frac{V_1}{\alpha} + \frac{V_2}{\beta}\right) \qquad \therefore t_1 = \frac{V_1}{\alpha} \text{ और } t_2 = \frac{V_2}{\beta}$$

अतः $$V_2 = V_1 - \beta_c \left[T - \frac{V_1}{\alpha} + \frac{V_2}{\beta}\right] \quad \text{...(iv)}$$

या $$V_2 = V_1 - \beta_c T + \frac{\beta_c V_1}{\alpha} + \frac{\beta_c V_2}{\beta}$$

या $$V_2 = \frac{\beta_c V_2}{\beta} = V_1 - \beta_c T + \frac{\beta_c V_1}{\beta}$$

या $$V_2 = \left(1 - \frac{\beta_c}{\beta}\right) = V_1 \left(1 + \frac{\beta_c}{\alpha}\right) - \beta_c T$$

या $$V_2 = \left(\frac{\beta - \beta_c}{\beta}\right) = V_1 \left(1 + \frac{\beta_c}{\alpha}\right) + \beta_c T$$

या $$V_2 = \frac{\beta}{\beta - \beta_c}\left[V_1 \left(1 - \frac{\beta_c}{\alpha}\right) + \beta_c T\right] \quad \text{...(v)}$$

इस प्रकार उपरोक्त समीकरणों में ज्ञात राशियों का मान रखकर अज्ञात राशियों का मान प्राप्त किया जा सकता है।

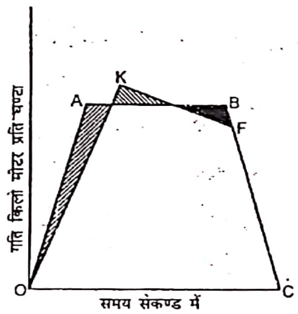
Scanned by CamScanner

§ 7.36 समलम्बाकार गति-समय वक्र

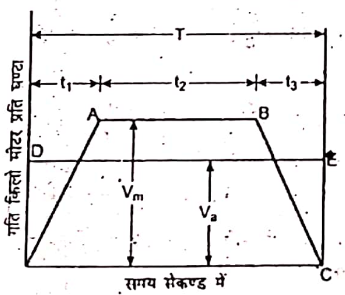
(Trapezoidal speed-time curve)

चित्र 7.19 (अ) *OKFC* वास्तविक गति-समय वक्र तथा वक्र *OABC* तुल्य सरलीकृत गति-समय वक्र दिखाया गया है। समलम्बाकार गति-समय वक्र *OABC* को पुनः आयताकार गति-समय वक्र *ODEC* में बदला जा सकता है, जैसा कि चित्र 7.19 (ब) में दिखाया गया है।

इस वक्र में *OA* त्वरण, *AB* स्वतन्त्र चालन तथा *BC* ब्रेकिंग को प्रदर्शित करते हैं। *ODEC* आयताकार गति-समय वक्र है जिसकी ऊँचाई *OD* का मान गाड़ी की औसत गति के बराबर है।



चित्र 7.19–(अ) सरलीकृत समलम्बाकार गति-समय वक्र



चित्र 7.19–(ब)

माना समलम्बाकार वक्र में,

D = स्टेशन के बीच की किमी में दूरी

T = दूरी D तय करने का वास्तविक समय सेकंण्ड में

α = त्वरण किमी/घण्टा/से

β = मन्दन किमी/घण्टा/से

V_m = अधिकतम गति किमी/घण्टा

V_a = औसत गति किमी/घण्टा

अतः
$$V_a = \frac{D}{T/3600} = \frac{3600\,D}{\alpha}$$

t_1 = त्वरण के लिये सेकण्ड में समय $= \dfrac{V_m}{\alpha}$

t_2 = स्वतन्त्र चालन के लिये सेकण्ड में समय $= T - (t_1 + t_3)$

t_3 = मन्दन के लिये सेकण्ड में समय $= \dfrac{V_m}{\beta}$

अब,

गाड़ी द्वारा तय की गई दूरी, D = वक्र का क्षेत्रफल

या
$$D = \frac{1}{2}\frac{t_1}{3600}V_m + \frac{t_2}{3600}V_m + \frac{1}{2}\frac{t_3}{3600}V_m \text{ किमी}$$
$$= \frac{V_m}{3600}\left\{\frac{1}{2}t_1 + t_2 + \frac{1}{2}t_3\right\}$$
$$= \frac{V_m}{3600}\left[\frac{1}{2}(t_1 + t_3) + T - (t_2 + t_3)\right]$$
$$[\because t_2 = T - (t_1 + t_3)]$$
$$= \frac{V_m}{3600}\left[T - \frac{1}{2}(t_1 + t_3)\right]$$
$$D = \frac{V_m}{3600}\left[T - \frac{1}{2}\left(\frac{V_m}{\alpha} + \frac{V_m}{\beta}\right)\right] \quad \left(\because t_1 = \frac{V_m}{\alpha} \text{ तथा } t_3 = \frac{V_m}{\beta}\right)$$

अतः
$$3600\,D = TV_m - \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}\right)V_m^2$$

या
$$\frac{1}{2}\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}\right)V_m^2 - TV_m + 3600\,D = 0$$

यह V_m में एक द्विघातीय समीकरण है।

$\dfrac{1}{\alpha} + \dfrac{1}{\beta} = K$ रखने पर

Scanned by CamScanner

$$\frac{1}{2}KV_m^2 - TV_m + 3600\,D = 0$$

या $$KV_m^2 - 2TV_m + 7200\,D = 0$$

समीकरण को सरल करने पर,

$$V_m = \frac{2T \pm \sqrt{[(2T)^2 - (4K)\,(7200\,D)]}}{2K}$$

$$V_m = \frac{T}{K} \pm \sqrt{\frac{4T^2 - (4K)\,(7200\,D)}{4K^2}}$$

$$V_m = \frac{T}{K} \pm \sqrt{\left[\left(\frac{T}{K}\right)^2 - \frac{7200\,D}{K}\right]}$$

धनात्मक मान (+ve value) प्रयोग करने से K_m का मान अत्यधिक हो जाता है अतः प्रायः ऋणात्मक मान (−ve value) प्रयोग किया जाता है।

अतः $$V_m = \frac{T}{K} - \sqrt{\left[\left(\frac{T}{K}\right)^2 - \frac{7200\,D}{K}\right]} \quad \text{...(सूत्र)}$$

V_a का मान ज्ञात होने पर α तथा β का मान प्राप्त करने के लिये हमें निम्न समीकरण ज्ञात हैं।

$$3600\,D = V_m T - \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}\right) V_m^2$$

या $$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{2T}{V_m} - \frac{7200\,D}{V_m^2} \quad \text{...(ii)}$$

परन्तु $$V_m = \frac{3600\,D}{T} \quad \text{या} \quad T = \frac{3600\,D}{V_a}$$

T का मान समीकरण (ii) में रखने पर,

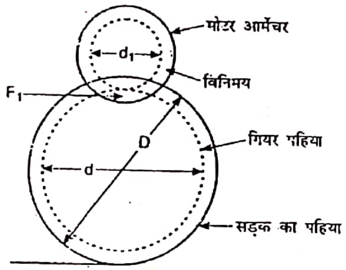
$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{7200\,D}{V_a V_m} - \frac{7200\,D}{V_m^2}$$

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{7200\,D}{V_m^2}\left[\frac{V_m}{V_a} - 1\right] \quad \text{...(सूत्र)}$$

इस प्रकार α तथा β का मान ज्ञात किया जा सकता है।

§ 7.37. गाड़ी के संचालन की यान्त्रिकी (Mechanics of train movement)

गाड़ी की चालन यान्त्रिकी को चित्र 7.20 द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है, जहाँ चालन मोटर का आर्मेचर, चालन पहिये पर गियर पहिये से पिनियन (pinion) द्वारा सम्बन्धित है।



चित्र 7.20—संकर्षण प्रयास का संचरण

चित्र 7.20 में d, d_1 तथा D द्वारा पहिये के व्यासों को अंकित किया गया है। माना चालन मोटर द्वारा प्राप्त बलघूर्ण T है जिसे गियर पहिये द्वारा सड़क के पहिये (rod wheels) को स्थानान्तरित कर दिया जाता है तथा F_1 पिनियन पर संकर्षण प्रयास है।

तब बलघूर्ण = बल × त्रिज्या

$$T = F_1 \times \frac{d_1}{2} \quad \text{या} \quad F_1 = \frac{2T}{d_1}$$

इसलिये चालन पहिये का संकर्षण प्रयास

$$B - \eta F_1 \left(\frac{d}{D}\right)$$

यहाँ η संचरण (transmission) की दक्षता है।

या $$F = \eta \left(\frac{2T}{d_1}\frac{d}{d_1}\right)$$

माना गियर अनुपात $= r = \dfrac{d}{d_1}$

$$\therefore \quad F = \eta\, T \cdot \frac{2r}{D} \quad \text{...(सूत्र)}$$

इस प्रकार d, d_1, D और F_1 का मान ज्ञात करने पर चालन पहिये पर संकर्षण प्रयास का मान ज्ञात किया जा सकता है।

Scanned by CamScanner

§ 7.38 गाड़ी को क्षैतिज समतल में चलाने के लिये संकर्षण प्रयास
(Traction effort for propelling a train in horizontal plane)

हम जानते हैं

अनुरेख दिशा में त्वरण, $a = \frac{\text{बल}}{\text{द्रव्यमान}} = \alpha$ किमी/घण्टा/से

$= \frac{1000}{3600}$ मीटर/से

माना गाड़ी का भार $= W$ टन (1 टन = 1000 किग्रा)

अर्थात् गाड़ी का भार $= 1000\,W$ किग्रा

या $= 1000\,W$ किग्रा का बल

$= 1000\,W$ किग्रा बल

जब गाड़ी का द्रव्यमान $= \frac{1000\,W}{g}$ किग्रा बल

जहाँ $g =$ गुरुत्वाकर्षण के कारण $= f$

अर्थात् द्रव्यमान $= 1000\,W$ किग्रा

∴ अनुरेखीय त्वरण के लिये संकर्षण प्रयास

$F_a =$ द्रव्यमान × त्वरण

$= 1000\,W \times \alpha \frac{1000}{3600}$ न्यूटन

$= 277.8\,W\alpha$ न्यूटन

गाड़ी को त्वरित करते समय घूर्णमान भागों को कोणीय दिशा में त्वरित करने के लिये संकर्षण प्रयास की आवश्यकता होती है तथा कोणीय त्वरण के लिये जड़ता घूर्ण (moment of inertia) पर विचार करना पड़ता है जिसके कारण गाड़ी का भार लगभग 10 से 15 प्रतिशत तक बढ़ जाता है, इस नये भार को W से प्रदर्शित करते हैं।

अतः संकर्षण $= 277.8\,W_e\,\alpha$ न्यूटन (सूत्र)

घर्षण प्रतिरोध को निष्प्रभावित करने के लिये संकर्षण प्रयास

$F_r = W \cdot r$ न्यूटन

जहाँ $r =$ गाड़ी का विशिष्ट प्रतिरोध

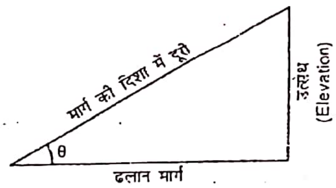
विशिष्ट प्रतिरोध $t =$ गाड़ी की स्थिर अवस्था में भार का प्रति टन प्रतिरोध

∴ कुल संकर्षण प्रयास $F_r = F_a + F_r$

$= 277.8\,W_e\alpha + W \cdot r$ न्यूटन (सूत्र)

§ 7.39 ढलान पर गाड़ी चलाने के लिये संकर्षण प्रयास
(Traction effort for propelling train on slope)

चित्र 7.21 में $\theta =$ उत्तोथ कोण (elevation angle)



चित्र 7.21—ढलान मार्ग

अब ढाल (gradient) $G = \sin\theta$

या $G = \frac{\text{उत्सेध}}{\text{मार्ग की दिशा में दूरी}}$

∴ प्रतिशत ढाल $= 100 \sin\theta$

∴ **गाड़ी को ऊपर चलाने में आवश्यक संकर्षण प्रयास**

$= 277.8\,W_e\alpha + W \cdot r + 1000\,W \sin\theta \times 9.81$ न्यूटन

$= 277.8\,W_e\alpha + W \cdot r + 98.1\,WG$ न्यूटन [(i) सूत्र]

तथा गाड़ी को नीचे लाने के लिये संकर्षण प्रयास

$= 277.8\,W_e\alpha + W \cdot r - 98.1\,WG$ न्यूटन [(ii) सूत्र]

अतः सामान्य समीकरण से प्रदर्शित करने पर

$Ft = 277.8\,W_e\alpha + W \cdot r \pm 98.1\,WG$ न्यूटन [(iii) सूत्र]

जहाँ धनात्मक तथा ऋणात्मक चिन्ह क्रमशः गाड़ी को ऊपर तथा नीचे लाने के लिये प्रयोग किये गये हैं।

§ 7.40. चालन धुरियों से निर्गत शक्ति
(Power output from driving axles)

हम जानते हैं

शक्ति = कार्य करने की दर $= \frac{\text{कार्य}}{\text{समय}}$

Scanned by CamScanner

$$= \frac{\text{बल} \times \text{दूरी}}{\text{समय}} = \text{बल} \times \text{गति} \qquad \left(\because \text{गति} = \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}}\right)$$

$\because$ किसी क्षण निर्गत शक्ति = संकर्षण प्रयास × गति $= F_t \times V$

F_t = मी/से में गति

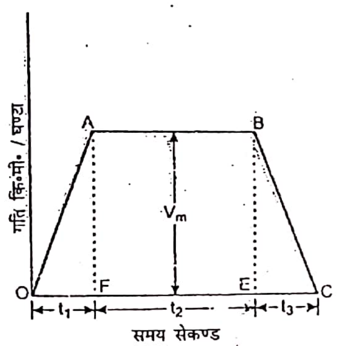
जहाँ गति $= V$ किमी प्रति घण्टा $= \frac{1000}{3600}$ मी/से

$\therefore \quad P = F_t . V \left(\frac{1000}{3600}\right)$ न्यूटन मी/से (या वाट) (न्यूटन मी/से = वाट)

§ 7.41 चालन धुरियों से निर्गत ऊर्जा

(Energy output from driving axles)

चित्र 7.22 में समलम्बाकार गति-समय वक्र दिखाया गया है।



चित्र 7.22—सरलीकृत गति-समय वक्र

त्वरण अवधि t_1 में औसत गति $= \frac{0 + V_m}{2} = \frac{V_m}{2}$

$\therefore$ चालन धुरियों से निर्गत ऊर्जा

= औसत शक्ति × समय

$$= \frac{1}{2} \times F_t V_m \times \frac{1000}{3600} t_1 \text{ वाट-सेकण्ड} \qquad ...(i)$$

$$= \frac{1}{2} \frac{F_t V_m}{3600} t_1 \text{ किलोवाट-सेकण्ड} \qquad [\text{सूत्र}]$$

($\because$ 1 किलोवाट = 1000 वाट)

जहाँ V_m, t_1 सेकण्ड पश्चात् त्वरण गति किमी प्रति घण्टा है।

इसी प्रकार स्वतन्त्र चालन अवधि t_2 में चालन धुरियों से निर्गत ऊर्जा

$$= \frac{F_t^1 V_m}{3600} t_2 \text{ किलोवाट से}$$

(F_t^1 = स्वतन्त्र चालन अवस्था में संकर्षण प्रयास)

$$\therefore \quad \text{कुल निर्गत ऊर्जा} = \frac{F_t V_m}{2 \times 3600} t_2 + \frac{F_t V_m}{3600} t_2 \text{ किलोवाट से}$$

परन्तु निर्गत शक्ति को वाट-घण्टा या किलोवाट घण्टा/टन किमी में प्रदर्शित किया जाता है तथा इसे **विशिष्ट निर्गत ऊर्जा** कहते हैं।

अर्थात् $\therefore$ **विशिष्ट निर्गत ऊर्जा**

$$= \frac{\text{निर्गत ऊर्जा वाट-घण्टा में}}{\text{स्थिर अवस्था में गाड़ी का टनों में भार} \times \text{तय की गई दूरी किमी में}}$$

अब समीकरण (i) से त्वरण के समय ऊर्जा $= \frac{1}{2} \times \frac{F_t \times v_m}{3600} \times t_1$ किलोवाट से

परन्तु $\quad t_1 = \frac{V_m}{\alpha}$

$$\therefore \quad \text{त्वरण की अवधि में ऊर्जा } E_a = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_m}{\alpha} \left(\frac{F_t V_m}{3600}\right) \text{ किलोवाट-से}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{V_m}{\alpha} \left(\frac{277.8 W_e \alpha}{3600} V_m\right) \text{ किलोवाट-से}$$

($\because F_t = 277.8 W_e \alpha$ न्यूटन)

$$= \frac{1}{2} Vm^2 W \times \frac{277.8}{3600} \times \frac{1000}{3600} \text{ वाट-घण्टा}$$

$$= 0.01072 V_m^2 W_e \text{ वाट-घण्टा}$$

$\therefore$ त्वरण की अवधि में विशिष्ट निर्गत ऊर्जा

$$E_{sa} = \frac{0.01072 V_m^2}{D} \times \frac{W_e}{W} \text{ वाट-घण्टा/टन-किमी}$$

जहाँ D = त्वरण अवधि में चली गई दूरी किमी में,

माना कुल चली गई दूरी $= D_1$ किमी

$\therefore \quad D_1$ = क्षेत्रफल $OABE$

यदि गाड़ी का विशिष्ट प्रतिरोध स्थिर है तथा उसका मान r न्यूटन/टन है तब प्रतिरोध द्वारा विशिष्ट ऊर्जा वृद्धि

$$= \frac{1000 \times W_r \times D_1}{WD} \times \frac{1}{3600} \text{ वाट-घण्टा/टन-मी}$$

Scanned by CamScanner

$$= 0.278r \cdot \frac{D_1}{D} \text{ वाट-घण्टा/टन-किमी}$$

अतः कुल विशिष्ट निर्गत ऊर्जा (पूर्ण चालन के लिये)

$$= \frac{0.0102\, V^2}{D} \times \frac{W_e}{E} + 0.278\, r \cdot \frac{D_1}{D} \text{ वाट-घण्टा/टन-किमी} \quad \text{(सूत्र)}$$

सम्बन्धित उदाहरण

उदाहरण 7.1—समलम्बाकार गति समय वक्र की सहायता से गाड़ी की अधिकतम गति ज्ञात कीजिये जबकि दो स्टेशनों के बीच की दूरी 2 किमी० तथा निर्धारित गति 50 किमी प्रति घण्टा है तथा त्वरण और मन्दन क्रमशः 2.5 किमी/घण्टा/से तथा 3 किमी/घण्टा/से है और गाड़ी रुकने की अवधि 20 सेकण्ड है।

हल—हम जानते हैं कि

$$\text{निर्धारित गति} = \frac{\text{दूरी}}{\text{गाड़ी द्वारा चलने की अवधि + रुकने की अवधि}}$$

$$= 50 \text{ किमी/घण्टा} \quad \text{(दी हुई है)}$$

$D = 2$ किमी, $\alpha = 2.5$ किमी/घण्टा/सेकण्ड

$\beta = 3.0$ किमी/घण्टा/सेकण्ड

$$\text{कुल समय} = \frac{\text{दूरी}}{\text{निर्धारित गति}} = \frac{2 \times 3600}{50} = 144 \text{ सेकण्ड}$$

$\therefore$ गाड़ी चलने का वास्तविक समय, $M = 144 - 20 = 124$ सेकण्ड

अब अधिकतम गति

$$V_m = \frac{T}{K} - \sqrt{\left[\left(\frac{T}{K}\right)^2 - 7200\frac{D}{K}\right]}$$

जहाँ $$K = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{\alpha + \beta}{\alpha\beta} = \frac{2.5 + 3}{2.5 \times 3} = \frac{5.5}{7.5} = 0.73$$

($\because \alpha = 2.5$ किमी/घण्टा/से तथा $\beta = 3.0$ किमी/घण्टा/से)

अतः $$V_m = \frac{124}{0.73} - \sqrt{\left[\left(\frac{124}{0.73}\right)^2 - 7200 \times \frac{2}{0.73}\right]}$$

$$= 169.86 - \sqrt{[28852.419 - 19726.02]}$$

$$= 169.86 - 95.53 = 74.33 \text{ किमी/घण्टा}$$

उदाहरण 7.2—एक विद्युत गाड़ी की निर्धारित गति 30 किमी/घण्टा है। 1 किमी दूर स्थित दो स्टेशनों की दूरी तय करने में गाड़ी 20 सेकण्ड के लिये रुकती है तथा इस अवधि में अधिकतम गति औसत गति की 1.25 गुनी रहती है तथा त्वरण 1.7 किमी/घण्टा/से है। ब्रेकिंग मन्दन का मान ज्ञात कीजिये।

हल—दिया है—

$D = 1$ किमी

$\alpha = 1.7$ किमी/घण्टा/से

प्रश्नानुसार,

$$\frac{V_m}{V_a} = 1.25$$

कुल समय, $$T = \frac{\text{दूरी}}{\text{निर्धारित गति}} = \frac{1 \times 3600}{30} = 120 \text{ से}$$

$\therefore$ गाड़ी चलने का वास्तविक समय $= 120 - 20 = 100$ से

$\therefore$ औसत गति, $V_m = \frac{1}{100} \times 3600 = 36$ किमी/घण्टा

अर्थात् $V_m = 36 \times 1.25 = 45$ किमी/घण्टा

अब $$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{7200D}{V_m^2}\left(\frac{V_m}{V_a} - 1\right)$$

$$= \frac{7200 \times 1}{45 \times 45}(1.25 - 1)$$

$$= \frac{7200 \times 0.25}{2025} = 0.89$$

या $$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = 0.89$$

$\therefore$ $$\frac{1}{\beta} = 0.89 - \frac{1}{\alpha} \quad (\because \alpha = 1.7 \text{ किमी/घण्टा/सेकण्ड})$$

$\therefore$ $$\frac{1}{\beta} = 0.89 - \frac{1}{1.7} = 0.89 - 0.58 = 0.31$$

$\therefore$ $$\beta = \frac{1}{0.31} = 3.225 \text{ किमी०/घण्टा/से०}$$

उदाहरण 7.3—एक रेलगाड़ी दो स्टेशनों के बीच जो एक किमी दूरी पर है, 30 किमी/घण्टा की सामान्य चाल से चलती है। स्टेशन पर रुकने का समय 20 सेकण्ड है। रेलगाड़ी की उच्चतम चाल, औसत चाल से, 25 प्रतिशत अधिक है तथा 3 किमी/घण्टा/सेकण्ड से मंदित होने की कल्पना करते हुये, गाड़ी के चलने हेतु त्वरण की गणना कीजिये।

हल—दौड़ का कुल समय

Scanned by CamScanner

$$T = \frac{1}{30} \times 3600 = 120 \text{ सेकण्ड}$$

$\therefore$ गाड़ी के चलने का वास्तविक समय = 120 − 20 = 100 सेकण्ड

$\therefore$ औसत गति $V_{av} = \frac{1}{100} \times 3600 = 36$ किमी/घण्टा

प्रश्नानुसार $\frac{V_m}{V_a} = 1.25$

$\therefore$ $V_m = 36 \times 1.25 = 45$ किमी/घण्टा

अब $\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{7200D}{V_m^2}\left(\frac{V_m}{V_a} - 1\right)$ (समीकरण)

में विभिन्न मान रखने पर

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{3} = \frac{7200 \times 1}{45 \times 45}(1.25 - 1)$$

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{3} = \frac{7200 \times 1}{45 \times 45} \times 0.25 = \frac{8}{9}$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{8}{9} - \frac{1}{3} = \frac{8-3}{9} = \frac{5}{9}$$

$\therefore$ $\alpha = \frac{9}{5} = \mathbf{1.8}$ **किमी/घण्टा**

उदाहरण 7.4—एक विद्युत गाड़ी का चतुर्भुजीय गति-समय वक्र निम्न प्रकार हैं—

(i) स्थिर अवस्था में समान त्वरण = 2 किमी/घण्टा/सेकण्ड, 35 सेकण्ड के लिये

(ii) कोस्टिंग अवधि = 45 से

(iii) ब्रेकिंग अवधि = 25 से

यदि गाड़ी 10% ढलान से ऊपर की तरफ चलती है तो संकर्षण प्रतिरोध 40 न्यूटन/टन है तथा घूर्णीय जड़ता का प्रभार स्थिर भार का 10% है। गाड़ी स्टेशन पर 20 सेकण्ड के लिये रुकती है। गाड़ी की निर्धारित गति ज्ञात कीजिये।

हल—हम जानते हैं

$$V_1 = \alpha + t_1$$

$\therefore$ $V_1 = 2 \times 35 = 70$ किमी०/घण्टा (यहाँ $\alpha = 2$ किमी/घण्टा/सेकण्ड)

$\because$ $t_1 = 35$ सेकण्ड, $t_2 = 45$ सेकण्ड.

कोस्टिंग समय में,

$$\text{मन्दन बल/टन} = 9.81\, WG + W \cdot r$$

$$= 9.81 \times 1 \times 10 + 1 \times 40$$

$$= 138.1 \text{ न्यूटन/टन}$$

$\therefore$ $= 138.1 = 277.8\,(1 + 0.1)\,\beta_e$

$$\beta_e = \frac{138.1}{277.8 \times 1.1} = 0.452 \text{ किमी/घण्टा/से}$$

अब $V_1 = V_1 - \beta_e t_2$

$$= 70 - 0.542 \times 45$$

$$= 70 - 20.34 = 49.66 \text{ किमी/घण्टा}$$

$$\beta = \frac{V_2}{t_3} = \frac{49.66}{25} = 1.986 \text{ किमी/घण्टा/से}$$

त्वरण अवधि में चलित दूरी $= \frac{1}{2} t_3 V_1 = \frac{1}{2} \times \frac{25}{3600} \times 70$

$= 0.243$ किमी

कोस्टिंग अवधि में चालित दूरी $= \frac{V_1 + V_2}{2} \times t_2 = \frac{(72 + 49.66)}{2} \times \frac{45}{3600}$

$= 0.760$ किमी

ब्रेकिंग अवधि में चालित दूरी $= \frac{1}{2} \cdot V_2 t_3 = \frac{1}{2} \times 49.66 \times \frac{25}{3600}$

$= 0.172$ किमी

$\therefore$ कुल दूरी, $D = 0.243 + 0.760 + .172 = 1.175$ किमी

कुल निर्धारण समय = 35 + 45 + 25 + 20 = 125 से

$\therefore$ निर्धारित गति $= \frac{1.175 \times 3600}{125}$ किमी/घण्टा

$= \mathbf{33.84}$ **किमी/घण्टा**

उदाहरण 7.5—एक उपनगरीय विद्युत ट्रेन की अधिकतम गति 65 किलोमीटर प्रति घण्टा है। स्टेशन पर 30 सेकण्ड के ठहराव (stop) सहित ट्रेन की निर्धारित गति (Schedule speed) 43.5 किलोमीटर प्रति घण्टा है, यदि त्वरण 1.3 Km/घण्टा/सेकण्ड हो तो मन्दन (retardation) का मान ज्ञात कीजिये, जब स्टेशनों के बीच की औसत दूरी 3 किलोमीटर हो।

हल— $\alpha = 1.3$, $D = 3$ km, $V_m = 65$ km

$$\text{गति का निर्धारित समय} = \frac{\text{स्टेशनों के बीच की दूरी}}{\text{निर्धारित गति}}$$

$$= \frac{3}{43.5} \text{ घण्टे}$$

Scanned by CamScanner

या $= \frac{3 \times 3600}{43.5}$ सेकण्ड

$= 248.275$ सेकण्ड

गति का वास्तविक समय, $T = 248.275 - 30 = 218.275$ सेकण्ड

∴ औसत गति, $V_a = \frac{3 \times 3600}{218.275} = 49.478$ km/घण्टा

निम्न सूत्र से,

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{7200\,D}{V_m^2}\left[\frac{V_m}{V_a} - 1\right] \quad \text{...सूत्र}$$

उपरोक्त सूत्र में विभिन्न उपयुक्त मान रखने पर,

$$\frac{1}{1.3} + \frac{1}{\beta} = \frac{7200 \times 3}{65^2}\left[\frac{65}{49.478} - 1\right]$$

$$\frac{1}{1.3} + \frac{1}{\beta} = \frac{7200 \times 3}{65 \times 65}[1.313 - 1]$$

$$\frac{1}{1.3} + \frac{1}{\beta} = 5.112 \times 0.313$$

∴ $\frac{1}{1.3} + \frac{1}{\beta} = 1.6$

∴ $\frac{1}{\beta} = 1.6 - \frac{1}{1.3}$

$= 1.6 - 0.769 = 0.831$

∴ $\beta = 1.20333$ **km घण्टा/सेकण्ड**

उदाहरण 7.6—एक गाड़ी की निर्धारित गति (schedule speed) समतल मार्ग (level track) पर 30 किलोमीटर प्रति घण्टा है। स्टेशनों के बीच की दूरी एक किलोमीटर है। स्टेशन पर ठहरने का समय 20 सेकण्ड है। निर्धारित समय, वास्तविक समय तथा औसत गति ज्ञात कीजिये।

हल— गति का निर्धारित समय $= \frac{\text{स्टेशनों के बीच की दूरी}}{\text{निर्धारित गति}}$

$= \frac{1}{30}$ घण्टे

या $= \frac{1 \times 3600}{30}$ सेकण्ड

$= 120$ **सेकण्ड**

गति का वास्तविक समय, $T = 120 - 20 = 100$ सेकण्ड

∴ औसत गति $V_a = \frac{1 \times 3600}{100}$

$= 36$ **km/hr**

उदाहरण 7.7—ट्रेन की निर्धारित गति से आप क्या समझते हैं ? एक विद्युत ट्रेन 2 km की दूरी पर स्थापित दो स्टेशनों के मध्य 45 km/hr की औसत गति से दौड़ती है। यदि स्टेशन पर ठहरने का समय 20 सेकण्ड हो तो इस दौड़ के लिये ट्रेन की अधिकतम गति ज्ञात कीजिये। त्वरण तथा मन्दन (retardation) का मान क्रमशः 2.4 km/hr/second तथा 3.2 km/hr/second है। सरलीकृत समलम्बाकार गति समय वक्र की कल्पना कीजिये।

हल—निर्धारित गति

$$= \frac{\text{दो स्टेशनों के मध्य दूरी}}{\text{घण्टों में गाड़ी चलने का समय + घण्टों में स्टेशन पर गाड़ी रुकने का समय}} \quad \text{...(सूत्र)}$$

ज्ञात है, त्वरण $\alpha = 2.4$ km/hr/second

मन्दन $\beta = 3.2$ km/hr/second

दो स्टेशनों के मध्य दूरी $= 2$ km

∴ कुल समय $= \frac{\text{दो स्टेशनों के मध्य दूरी}}{\text{निर्धारित गति}}$

$= \frac{2}{45}$ घण्टे

$= \frac{2 \times 3600}{45}$ सेकण्ड

$= 160$ सेकण्ड

∵ गति का वास्तविक समय, $T = 160 - 20 = 140$ सेकण्ड

निम्न सूत्र का प्रयोग करने पर,

$$\text{अधिकतम गति}, V_m = \frac{T}{K} - \sqrt{\left[\left(\frac{T}{K}\right)^2 - 7{,}200 \times \frac{D}{K}\right]} \quad \text{...(सूत्र)}$$

जहाँ $K = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{\alpha + \beta}{\alpha\beta} = \frac{2.4 + 3.2}{2.4 \times 3.2} = \frac{5.6}{7.68}$

$= 0.73$

इस प्रकार, $V_m = \frac{140}{0.73} - \sqrt{\left[\left(\frac{140}{0.73}\right)^2 - 7200 \times \frac{2}{0.73}\right]}$

$= \frac{140}{0.73} - \sqrt{17053.533}$

Scanned by CamScanner

$$= \frac{140}{0.73} - 130.59$$

$$= 191.78 - 130.59 = \mathbf{61.19\ km\ प्रति\ घण्टा}$$

उदाहरण 7.8—दो स्टेशन जिनके मध्य 1.5 km की दूरी है, उनकी मध्य समतल मार्ग पर ट्रेन की औसत गति 40 किलोमीटर प्रति घण्टा है। ट्रेन का त्वरण 1.7 किमी प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड तथा मन्दन 3.3 किमी प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड है। इस दौड़ (run) के लिये गति-समय वक्र खींचिये, ट्रेन की धुरियों पर ऊर्जा व्यय प्रति टन किलोमीटर ज्ञात कीजिये, संकर्षण प्रतिरोध को 50 न्यूटन प्रति टन लीजिये तथा घूर्णीय जड़ता (rotational inertia) का प्रभाव स्थिर भार का 10% लीजिये।

हल—ज्ञात है, $V_a = 40$ किमी/घण्टा

$\alpha = 1.7$ किमी/घण्टा/सेकण्ड

$\beta = 3.3$ किमी/घण्टा/सेकण्ड

$D = 1.5$ Km.

दौड़ के लिये वास्तविक समय $T = \frac{D}{V_a} = \frac{1.5}{40}$ घण्टे

$$= \frac{1.5 \times 3600}{40} \text{ सेकण्ड} = 135 \text{ सेकण्ड}$$

अब, $$V_m = \frac{T}{K} - \sqrt{\left[\left(\frac{T}{K}\right)^2 - 7200\frac{D}{K}\right]}$$

जहाँ, $$K = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{\alpha + \beta}{\alpha\beta} = \frac{1.7 + 3.3}{1.7 \times 3.3} = 0.8912$$

$$V_m = \frac{135}{0.8912} - \sqrt{\left[\left(\frac{135}{0.8912}\right)^2 - \frac{7200 \times 1.5}{0.8912}\right]}$$

$$= 151.48 - \sqrt{(22946.19 - 12118.491)}$$

$$= 151.48 - \sqrt{(10827.699)}$$

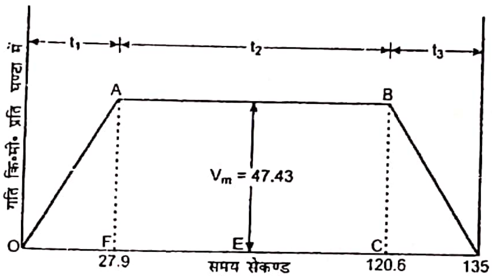
$$= 151.48 - 104.05 = 47.43 \text{ किमी/घण्टा}$$

$$\therefore \quad t_1 = \frac{V_m}{\alpha} = \frac{47.43}{1.7} = 27.9$$

$$\therefore \quad t_3 = \frac{V_m}{\beta} = \frac{47.43}{3.3} = 14.37$$ या 14.4 कह सकते हैं।

$$t_2 = T - (t_1 + t_3) = 135 - (27.9 + 14.4) = 92.7 \text{ सेकण्ड}$$

उपरोक्त आँकड़ो से प्राप्त गति-समय वक्र को चित्र 7.23 में दिखाया गया है।



चित्र—7.23

पूर्ण दौड़ के लिये ऊर्जा व्यय $= \frac{0.0107\, V_m^2}{D} \times \frac{W_e}{W} + 0.278\, r \frac{D_1}{D}$

Wh प्रति टन-किमी

यहाँ $$D_1 = 1.5 - \frac{40 \times 27.9}{2 \times 3600}$$

$$= 1.345 \text{ Km.}$$

$r = 50$ न्यूटन प्रति टन

यदि $W = 100$ टन हो तो $W_e = 110$ ($\because$ 10% अधिक घूर्णक जड़त्व है)

$$\therefore \frac{W_e}{W} = \frac{110}{100}$$

$\therefore$ ऊर्जा व्यय;

$$= \frac{0.0107 \times (47.43)^2}{1.5} \times \frac{110}{100} + 0.278 \times 50 \times \frac{1.345}{1.5}$$

$$= 17.65 + 12.46 = \mathbf{31.11\ Wh\ प्रति\ टन\text{-}किमी}$$

उदाहरण 7.9—एक 150 टन की रेलगाड़ी में चार मोटरें हैं, गाड़ी स्थिर अवस्था में प्रारम्भ होती है तथा त्वरण के समय प्रत्येक मोटर 5000 न्यूटन-मीटर का बलघूर्ण उत्पन्न करती है। गाड़ी द्वारा 60 किलोमीटर प्रति घण्टा की गति प्राप्त करने के लिये लगा समय ज्ञात कीजिये। यदि गाड़ी विराम अवस्था में 1 से 200 ढलान पर प्रारम्भ होती है।

मोटर का गियर अनुपात 5 : 1 है तथा गियर दक्षता 90% है। गाड़ी के पहिये का व्यास 100 सेमी है। गाड़ी का अवरोध (resistance) 45 न्यूटन प्रति टन है तथा घूर्णीय जड़ता (rotational inertia) 10% है।

Scanned by CamScanner

हल—$W = 150$ टन

$\therefore \quad W_e = W \times 1.1 = 150 \times 1.1 = 165$ टन

$T = 5000$ न्यूटन-मीटर प्रति मीटर

$\therefore$ सम्पूर्ण $T = 5000 \times 4 = 20000$

गियर अनुपात, $\gamma = 5$

$V_m = 60$ किमी प्रति घण्टा

ढलान, $G = \frac{1}{200}$

तथा प्रतिशत ढलान, $G = \frac{1 \times 100}{200} = 0.5$

$D = 100$ सेमी $= 1$ मीटर

$r = 45$ न्यूटन प्रति मीटर

$F_i = 277.8\, W_e\alpha + W_r + 98.1\, WG$ ...(सूत्र)

$= 277.8 \times 165\alpha + 150 \times 45 + 98.1 \times 150 \times \frac{1}{200}$

$= 45{,}837\alpha + 6750 + 73.5$

$F_i = 45{,}837\alpha + 6823.5$

तथा $F_i = \eta\, T \times \frac{2\gamma}{D} = \frac{0.9 \times (5000 \times 4) \times 2 \times 5}{1} = 1{,}80{,}000$

$\therefore \quad 45{,}837\alpha + 6823.25 = 1{,}80{,}000$

$\therefore \quad 45{,}837\alpha + 1{,}80{,}000 - 6823.5 = 173176.5$

$\therefore \quad \alpha = \frac{173176.5}{45{,}837} = 3.7$ किमी प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड

$= 3.7$ km/hr/sec

$\therefore$ त्वरण के लिये समय $t_1 = \frac{V_m}{\alpha} = \frac{60}{3.7} = 16.21$ सेकण्ड

उदाहरण 7.10—एक वैद्युत रेलगाड़ी विरामावस्था से 50 किमी प्रति घण्टा (km/hr) की अधिकतम गति तक 25 सेकण्ड में एक समान रूप से त्वरित होती है। इसके बाद रेलगाड़ी 70 सेकण्ड में 60 न्यूटन प्रति टन के स्थिर अवरोध (resistance) पर कोस्ट (coast) या चलती है तथा इसके बाद 10 सेकण्ड में 3.5 किमी प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड से रोकी (brake) जाती है। निम्न की गणना कीजिए।

(i) त्वरण (acceleration) (ii) कोस्टिंग मन्दन (coasting retardation) (iii) अनुसूचित गति (schedule speed) यदि स्टेशन पर रुकने का समय 20 सेकण्ड हो।

अनुसूचित गति (schedule speed) पर क्या प्रभाव पड़ेगा यदि स्टेशन पर रुकने का समय 15 सेकण्ड हो, अन्य शर्तें पहले के समान हैं। घूर्णीय जड़ता (rotational inertia) 10% है।

हल—अधिकतम गति, $V_m = 50$ किमी प्रति घण्टा

त्वरण का समय $t_1 = 25$ सेकण्ड

कोस्टिंग का समय $t_2 = 70$ सेकण्ड

ब्रेकिंग का समय $t_3 = 10$ सेकण्ड

ब्रेकिंग मन्दन, $\beta = 3.5$ किमी प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड

(i) त्वरण, $\alpha = \frac{V_A}{t_1} = \frac{50}{25} = 2$ किमी/घण्टा/सेकण्ड

($\because$ गाड़ी समान गति से चलती है)।

(ii) B पर गति $= V_B = \beta t_3 = 3.5 \times 10$

$= 35$ किमी प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड

$\therefore$ कोस्टिंग मन्दन, $\beta_c = \frac{50 - 35}{70} = $ **0.214 किमी/घण्टा/सेकण्ड**

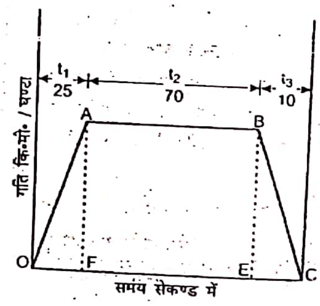
त्वरण के समय तय की गई दूरी $= \frac{1}{2} \times \frac{t_1 \times V_A}{3600}$

$= \frac{1}{2} \times \frac{25 \times 50}{3600}$

$= 0.173$ किमी

कोस्टिंग के समय तय की गई दूरी

$$= \frac{V_A^2 - V_B^2}{2\beta_c \times 3600}$$



चित्र—7.24

Scanned by CamScanner

$$= \frac{50^2 - 35^2}{2 \times 0.214 \times 3600} = 0.827 \text{ किमी (km)}$$

ब्रेकिंग के समय तय की गई दूरी

$$= \frac{1}{2} \times \frac{100}{3600} \times 35$$

$$= 0.486 \text{ किमी (km)}$$

कुल दूरी $= 0.173 + 0.827 + 0.486$

$$= 1.486 \text{ किमी (km)}$$

अनुसूचित समय, $T = t_1 + t_2 + t_3 +$ रुकने का समय

$$= 25 + 70 + 10 + 20$$

$$= 125 \text{ सेकण्ड}$$

(iii) 20 सेकण्ड रुकने पर अनुसूचित गति

$$= \frac{\text{कुल दूरी}}{\text{अनुसूचि समय}}$$

$$= \frac{1.486}{125} \times 3600$$

= 42.79 किमी प्रति घण्टा

(iv) यदि रुकने का समय 15 सेकण्ड हो तो कुल अनुसूचित समय

$$= t_1 + t_2 + t_3 + 15 \text{ सेकण्ड}$$

$$= 25 + 70 + 10 + 15 = 120 \text{ सेकण्ड}$$

∴ 15 सेकण्ड रुकने पर

अनुसूचित गति $= \frac{1.486}{120} \times 3600$

= 44.58 किमी प्रति घण्टा

उदाहरण 7.11—एक उपनगरीय विद्युत-गाड़ी की अधिकतम गति 65 किमी/घण्टा है। स्टेशन में रुकने का समय 30 सेकण्ड लेने पर उसकी निर्धारित गति 43.5 किमी/घण्टा आती है। यदि त्वरण 1.3 किमी/सेकण्ड^2 है और दो रुकावटों की दूरी 3 किमी हो तो मंदक का मान ज्ञात कीजिये।

हल—$\alpha = 1.3, D = 3$ किमी, $V_m = 65$ किमी

गति का निर्धारित समय $= \frac{\text{स्टेशनों के बीच की दूरी}}{\text{निर्धारित गति}} = \frac{3}{43.5}$ घण्टे

$$= 248.275 \text{ सेकण्ड}$$

गति का वास्तविक समय $T = 248.275 - 30 = 218.275$ सेकण्ड

∴ औसत गति $V_a = \frac{3 \times 3600}{218.275} = 49.478$ किमी/घण्टा

निम्न सूत्र से $\quad \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{7200D}{V_m^2}\left[\frac{V_m}{V_a} - 1\right]$

उपरोक्त सूत्र में मान रखने पर

$$\frac{1}{1.3} + \frac{1}{\beta} = \frac{7200 \times 3}{65^2}\left[\frac{65}{49.478} - 1\right]$$

$$= 5.112 \times 0.313$$

$$= 1.6$$

$$\frac{1}{\beta} = 1.6 - \frac{1}{1.3}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1.6 - 0.769 = 0.831$$

$\beta = 1.203$ किमी/सेकण्ड

§ 7.42. संकर्षण मोटरों के लिये गति नियन्त्रण की विधियाँ
(Methods of speed control for traction motor)

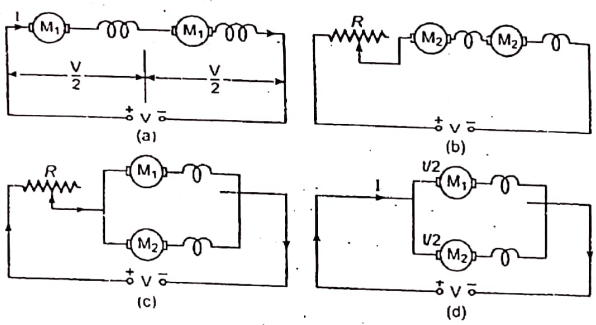
यहाँ केवल संकर्षण प्रणाली में प्रयोग होने वाली कुछ विशेष विधियाँ दी गयी हैं।

§ 7.43. दिष्ट धारा श्रेणी मोटर की श्रेणी-समान्तर नियन्त्रण विधि
(Series parallel control method of DC series motors)

इस विधि में कम से कम दो मोटरों की आवश्यकता होती है जो यांत्रिक विधि से आपस में जुड़ी होती हैं। मोटरों के वैद्युत संयोजन चित्र 7.25 में दिखाये गये हैं। इस विधि से कम गति प्राप्त करने के लिये मोटरों को श्रेणी क्रम में जोड़ा जाता है जिसके कारण प्रत्येक मोटर के पार्श्व में प्रयुक्त वोल्टता का मान आधा हो जाता है तथा अधिक गति के लिये रोटरों का समान्तर क्रम में जोड़ा जाता है, जिसके कारण प्रत्येक मोटर से प्रवाहित होने वाली धारा का मान कम हो जाता है। धारा कम होने से फ्लक्स ϕ का मान घट जाता है, अतः गति बढ़ जाती है ($\because N \propto 1/\phi$)। इन विधियों में गति तथा बलघूर्ण की गणना हम निम्न प्रकार से कर सकते हैं।

श्रेणी क्रम के समय यदि प्रयुक्त वोल्टता V वोल्ट है तो प्रत्येक मोटर के पार्श्व में वोल्टता $V/2$ होगी तथा दोनों मोटरों से पूर्ण लोड धारा I प्रवाहित होगी।

Scanned by CamScanner



चित्र 7.25—श्रेणी—समान्तर नियन्त्रण

परन्तु गति, $N \propto \frac{\text{वोल्टता}}{\text{धारा}} \propto \frac{V/2}{I} \propto \frac{V}{2I}$ ...(i)

तथा बलघूर्ण, $T \propto \phi \times I$ ...(ii)

$\propto I^2$ $(\phi \propto I)$

समान्तर श्रेणी के समय प्रत्येक मोटर के पार्श्व में प्रयुक्त वोल्टता का मान V वोल्ट होगा और प्रत्येक मोटर से पूर्ण लोड धारा का आधा भाग प्रवाहित होगा अर्थात् मोटर से प्रवाहित होने वाली धारा $I/2$ होगी।

अब गति $N \propto \frac{\text{प्रयुक्त वोल्टता}}{\text{फ्लक्स}}$ (लगभग) ...(iii)

तथा गति, $N \propto \frac{V}{I/2} \propto \frac{2V}{I}$

तथा बलघूर्ण, $T \propto \phi = I/2$

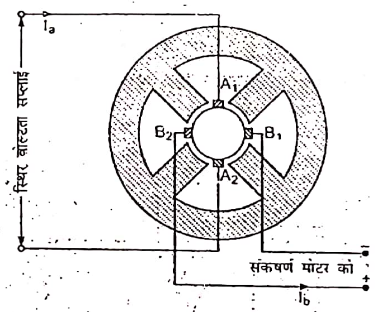
या बलघूर्ण $T \propto I/2 \times I/2 \propto I^2/4$ ...(iv)

$(\because \phi \propto I/2)$

इस प्रकार हम देखते हैं कि श्रेणी क्रम में समय गति का मान समानान्तर क्रम की अपेक्षा एक चौथाई (one fourth) तथा बलघूर्ण का मान चौगुना होता है।

§ 7.44 मैटाडाइन गति नियन्त्रण विधि (Metadyne Speed Control Method)

गति नियन्त्रण की अन्य विधियों में धारा का मान स्थिर नहीं रहता जिसके कारण मोटर में झटका (jerk) लगने की सम्भावना रहती है। मैटाडाइन परिवर्तक (metadyne converter) में प्रयुक्त वोल्टता स्थिर तथा धारा अस्थिर होती है, परन्तु निर्गत वोल्टता अस्थिर तथा निर्गत धारा स्थिर होती है अर्थात् संकर्षण मोटर की प्रयुक्त वोल्टता सूक्ष्मता से बढ़ायी या घटायी जा सकती है। चित्र 7.26 में मैटाडाइन परिवर्तक दिखाया गया है।

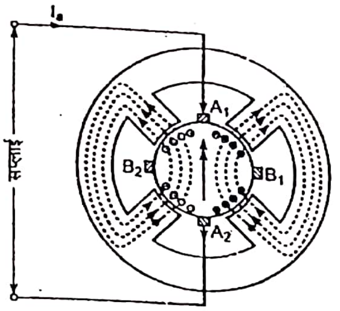


चित्र 7.26—मैटाडाइन का सरल रूप

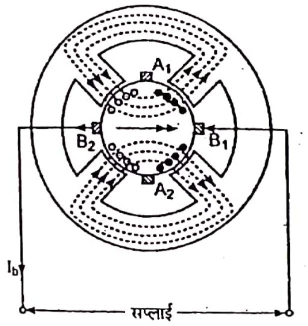
इसकी रचना में एक दिष्टधारा आर्मेचर होता है जिसमें द्विध्रुव कुण्डलन होती है तथा चार ब्रुश लगे होते हैं। स्टेटर में चार ध्रुव होते हैं जिनमें किसी प्रकार की कुण्डली नहीं होती तथा इनका कार्य चुम्बकीय परिपथ को पूर्ण करना होता है। चित्र 7.26 के अनुसार ब्रुश A_1 तथा A_2 को स्थिर वोल्टता सप्लाई दी गयी है तथा ब्रुश B_1 तथा B_2 को लोड (संकर्षण मोटर) से जोड़ दिया जाता है। इस प्रकार मैटाडाइन के सिद्धान्त के अनुसार लोड धारा का मान I_a होता है, यह धारा अस्थिर होती है तथा संकर्षण मोटर ब्रुश B_1 तथा B_2 द्वारा अस्थिर वोल्टता तथा स्थिर धारा प्राप्त होती है।

§ 7.45 कार्य सिद्धान्त (Working Principle)

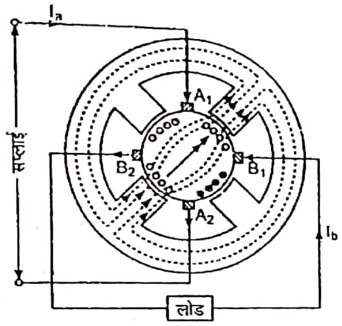
मैटाडाइन परिवर्तक का कार्य सिद्धान्त समझने के लिये माना कि आर्मेचर स्थिर है तथा ब्रुश A_1 तथा A_2 को सप्लाई से संयोजित किया जाता है। इस प्रकार धारा I_a के कारण फ्लक्स ϕ_a का वितरण (distribution) चित्र 7.27 (अ) में दिखाया गया है। यदि आर्मेचर को स्थिर गति से घुमाया जाता है तो चलायमान (varying) फ्लक्स द्वारा ब्रुश B_1 व B_2 के बीच रखे हुए चालकों में वि० वा० बल उत्पन्न होगा तथा ब्रुश A_1 तथा A_2 की अक्ष की दिशा में कोई वि० वा० बल उत्पन्न नहीं होगा और इनके पार्श्व में केवल वोल्टता कार्य



चित्र 7.27—(अ)



चित्र 7.27—(ब)



चित्र 7.27—(स)

के कारण विभवान्तर होगा। ब्रुश B_1 व B_2 में वि० वा० बल के कारण लोड में धारा I_b प्रवाहित होती है जैसा चित्र 7.27 (ब) में दिखाया गया है। धारा I_a के कारण फ्लक्स ϕ_b उत्पन्न होता है जो फ्लक्स ϕ_2 की दिशा के लम्बाकार (perpendicular) होता है। इस समय आर्मेचर की गतिशील अवस्था के कारण फ्लक्स ϕ_b द्वारा ब्रुश A_1 तथा A_2 में भी वि० वा० बल उत्पन्न हो जाता है जो सप्लाई वोल्टता का विरोध करता है।

यदि ब्रुश A_1 तथा A_2 में वि० वा० बल E_a तथा ब्रुश B_1 व B_2 में E_b है तो

$$E_a \propto \phi_b = KI_b$$

तथा $$E_a \propto \phi_a = KI_a \quad \text{...(ii)}$$

यहाँ $K =$ स्थिरांक है

या $$I_a = \frac{E_b}{K}$$

यदि प्रतिरोध पात (resistive drop) का मान नगण्य हो तथा प्रयुक्त वोल्टता का मान स्थिर हो तो धारा I_b भी स्थिर होगी।

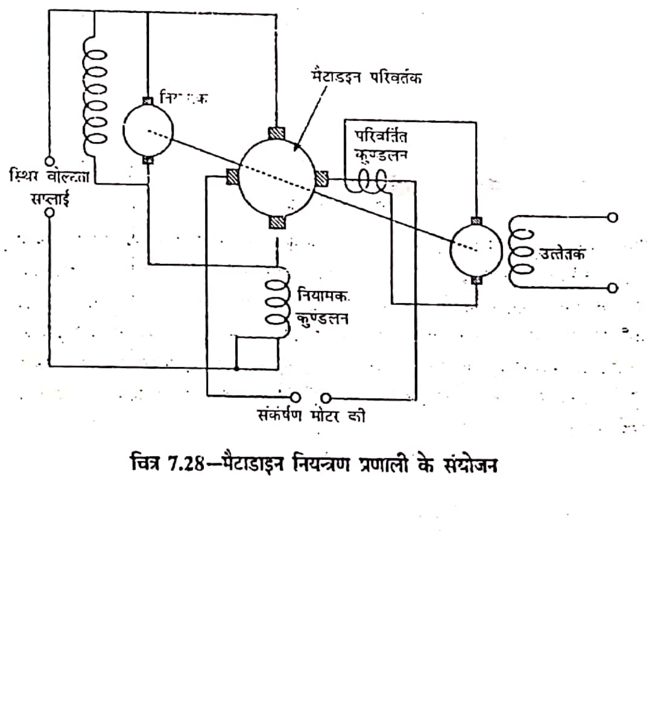
अर्थात् $$E_aI_a = KI_bI_a = KI_b \times E_b/K = E_bI_b \quad \text{...(iii)}$$

या $$E_aI_a = KI_aI_b \quad \text{...(iv)}$$

अर्थात् निविष्ट शक्ति = निर्गत शक्ति

इस प्रकार मैटाडाइन को घुमाने में अतिरिक्त शक्ति की आवश्यकता नहीं होती तथा इसे एक प्रकार से दिष्ट धारा ट्राँसफार्मर माना जा सकता है। लोड बदलने की अवस्था में E_b तथा I_a का मान रहता है और E_b तथा I_a लोड के अनुसार नया मान ग्रहण कर लेते हैं।

परन्तु संकर्षण मोटर में कुछ गति प्राप्त करने के पश्चात् लोड धारा का मान समंजित (adjust) करने के लिये मैटाडाइन के क्षेत्र चुम्बकों पर भी कुण्डली की आवश्यकता होती है, इसे परिवर्तन कुण्डलन (variation winding) कहते हैं। इस कुण्डलन का कार्य लोड धारा I_b द्वारा उत्पन्न फ्लक्स की दिशा में फ्लक्स उत्पन्न करना होता है। इस प्रकार कुल फ्लक्स ϕ का मान बदल जाता है। परन्तु E_a का मान स्थिर रखने के लिये ϕ का मान स्थिर होना चाहिये। इस दशा को पूर्ण करने के लिये ϕ_b तथा I_b का मान स्वयं कम होता है। लोड धारा I_b का मान बढ़ाने के लिए परिवर्तन कुण्डलन में धारा की दिशा धारा I_b के विपरीत होती है। धारा I_b कम होने से निर्गत शक्ति कम हो जाती है तथा गति बढ़ जाती है और निविष्ट शक्ति का मान स्थिर रहता है।



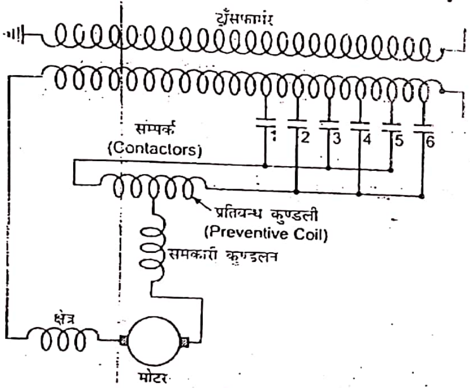
चित्र 7.28—मैटाडाइन नियन्त्रण प्रणाली के संयोजन

Scanned by CamScanner

मैटाडाइन को ट्राँसफार्मर की तरह कार्य करने के लिये नियमन कुण्डलन (regulating winding) का प्रयोग करते हैं। जिसके द्वारा निविष्ट नियन्त्रण से निविष्ट तथा निर्गत शक्तियों का मान बराबर किया जा सकता है। यह विधि चित्र 7.28 में दिखाई गई है। नियमन कुण्डलन को सप्लाई, पृथकता से उत्तेजित (separately excited) जनित्र या उत्तेजक द्वारा दी जाती है।

§ 7.46 एक-फेजी प्रत्यावर्ती धारा मोटर का गति नियन्त्रण (Speed control of single phase A.C. motor)

इस विधि में गति नियन्त्रण प्रयुक्त वोल्टता को परिवर्तित (vary) करके किया जाता है। चूँकि मोटर प्रारम्भ करने में किसी रिओस्टेट (rheostat) का प्रयोग नहीं होता इसलिये प्रारम्भ में कोई शक्ति हानि नहीं होती। परिवर्तित वोल्टता के लिये ट्राँसफार्मर आवश्यक है। चित्र 7.29 (अ) के अनुसार ट्राँसफार्मर की द्वितीय कुण्डलन (secondary winding) में



चित्र 7.29–(अ)

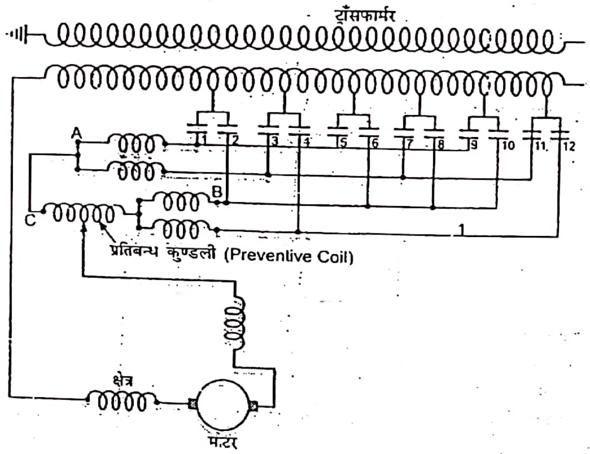
टेपिंग (tapping) होती है और टेपिंग की संख्याओं के बराबर गतियाँ प्राप्त की जा सकती हैं। इस विधि में सम्पर्क (contractors) प्रयोग किये जाते हैं तथा टेपिंग को बदलते समय लघुपथित होने की सम्भावना की सुरक्षा के लिये प्रतिबन्ध कुण्डली (preventive coil) प्रयोग की जाती है जिसके कारण घूर्णीय धारा (circulating current) का मान कम हो जाता है। दो निकटवर्ती सम्पर्कों को एक दाँते (notch) से सम्बन्धित किया जाता है, इसलिये दोनों में आधी-आधी धारा प्रवाहित होती है। सम्पर्कों की कार्य विधि चित्र 7.29 (ब) में दिखाई गई है।

SEQUENCE OF CONTACTORS

STEP	CONTACTORS					
	1	2	3	4	5	6
1	●	●				
2		●	●			
3			●	●		
4				●	●	
5					●	●

चित्र 7.29–(ब) टेप बदलने की सम्पर्कक विधि

चित्र 7.29 (स) में उच्च धारा की दिशा में सम्पर्क विधि दिखाई गई है। यहाँ दो के स्थान पर चार बराबर वाले सम्पर्कों को नियन्त्रण करके एक ही दाँते से जोड़ा जाता है तथा प्रतिबन्ध कुण्डलियों की संख्या पाँच होती है। चित्र 7.29 (स) में इसकी कार्य विधि दिखाई गई है।



चित्र 7.29–(स) उच्च धारा की एक-फेजी मोटरों में टेप परिवर्तन की सम्पर्कक विधि

Scanned by CamScanner

Step	CONTACTORS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	●	●	●	●								
2		●	●	●	●							
3			●	●	●	●						
4				●	●	●	●					
5					●	●	●	●				
6						●	●	●	●			
7							●	●	●	●		
8								●	●	●	●	
9									●	●	●	●

चित्र 7.29—(द)

§ 7.47 त्रिफेजी प्रेरण मोटरों का गति नियन्त्रण

(Speed Control of Three Phase Induction Motors)

त्रिफेजी प्रेरण मोटरों का गति नियन्त्रण निम्न दो विधियों द्वारा किया जा सकता है—

(i) प्रयुक्त वोल्टता में परिवर्तन करके

(ii) प्रयुक्त आवृत्ति में परिवर्तन करके

(iii) स्टेटर ध्रुवों की संख्या में परिवर्तन करके

(iv) रोटर प्रतिरोध या स्लिप बदलकर

(v) दो मोटरों का सोपानी संयोजन करके (by case cade connection)

(vi) रोटर परिपथ में वि० वा० बल का अन्तःक्षेपण (injection) करके।

सम्बन्धित उदाहरण

उदाहरण 7.12—एक मोटर कोच बोगी में दो दिष्ट धारा श्रेणी मोटरें लगी हैं; ये मोटरें श्रेणी समान्तर नियन्त्रण की सहायता से 30 सेकण्ड में 48 किलोमीटर प्रति घण्टे की गति पर समरूपता से त्वरित की जाती है। यदि औसत संकर्षण प्रयास प्रति मोटर 13,350 न्यूटन हो तो प्रारम्भन प्रतिरोधक (starting rheostats) में ऊर्जा की लगभग हानि ज्ञात कीजिये।

हल—अधिकतम गति V_m = 48 किलोमीटर प्रति घण्टा

दोनों मोटरों का संकर्षण प्रयास,

$F_t = 2 \times 13{,}350$ न्यूटन

$= 26{,}700$ न्यूटन

त्वरण काल $t_1 = 30$ सेकण्ड

त्वरण के लिये कुल ऊर्जा $= \frac{1}{2} \frac{F_t \times V_m}{3600} \times t_1$ किलोवाट सेकण्ड

$= \frac{1}{2} \times \frac{26{,}700 \times 48 \times 30}{3600}$

= **5,340 किलोवाट सेकण्ड**

$= \frac{5{,}340}{3{,}600} = \mathbf{1.4833\ kWh}$

प्रारम्भन प्रतिरोधक में ऊर्जा व्यय $= \frac{1}{2} \times$ त्वरण उर्जा (सूत्र)

$= \frac{1}{2} \times 1.4833$

$= \mathbf{0.7416\ kWh}$

§ 7.48 गति नियन्त्रण की संक्रमण विधि

(Speed control method of transition)

इस विधि में कम से कम दो मोटरों की आवश्यकता होती है। दिष्ट धारा मोटर को प्रारम्भ करने की श्रेणी समान्तर विधि में प्रारम्भिक प्रतिरोध की आवश्यकता पड़ती है जिसके द्वारा प्रारम्भिक धारा को सीमित किया जाता है। इस प्रतिरोध को गति बढ़ने के साथ-साथ परिपथ से धीरे-धीरे हटा दिया जाता है, परन्तु इस प्रतिरोध में लोड धारा प्रवाहित होने के कारण शक्ति की हानि होती है जिसके कारण गति नियन्त्रण की श्रेणी-समान्तर विधि आर्थिक दृष्टि से लाभप्रद नहीं होती तथा प्रतिरोध की अनुपस्थिति में यह विधि लाभप्रद रहती है तथा पूर्ण गति की आधी और पूर्ण गति आसानी से प्राप्त की जा सकती है, इसके अतिरिक्त क्षेत्र टेपिंग द्वारा अन्य गतियाँ भी प्राप्त की जा सकती हैं।

परन्तु वास्तव में प्रतिरोध को सूक्ष्मता से कम नहीं किया जा सकता तथा रीओस्टेट के कुछ स्टैप्स (steps) में प्रतिरोध कम किया जाता है जिसके कारण प्रारम्भ अवस्था में धारा का मान स्थिर नहीं रह पाता। प्रारम्भिक धारा का औसत मान स्थिर रखने के लिये श्रेणी समूह को समान्तर समूह में बदलते समय प्रारम्भिक धारा का मान न्यूनतम होना चाहिये तथा मोटर की धारा को सीमित करने के लिये समान्तर समूह की दशा में भी प्रतिरोध को परिपथ में लगाना पड़ता है। संक्रमण विधि द्वारा इस दशा को प्राप्त किया जाता है।

संक्रमण विधि तीन प्रकार की होती है—

(i) खुला परिपथ संक्रमण (Open circuit transition)

(ii) शन्ट संक्रमण (Shunt transition)

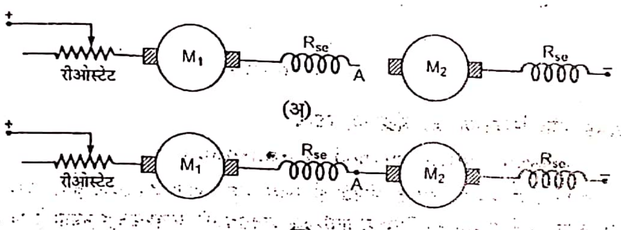
(iii) सेतु संक्रमण (Bridge transition)

Scanned by CamScanner

§ 7.49 खुला परिपथ संक्रमण
(Open circuit transition)

इस विधि में विभिन्न पदों (steps) को चित्र 7.30 में दिखाया गया है।

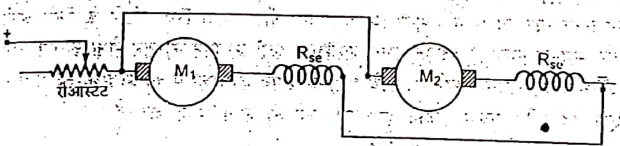
चित्र 7.30 (अ) में दो संकर्षण मोटरों (दो श्रेणी मोटरों) को श्रेणी में दिखाया गया है तथा इस समय सम्पूर्ण प्रारम्भिक प्रतिरोध परिपथ से काट दिया गया है। अब पूर्ण लोड पर सप्लाई बन्द करने के पश्चात् दोनों मोटरों का सम्बन्ध बिन्दु A पर काट दिया जाता है और प्रारम्भिक प्रतिरोध का चित्र 7.30 (ब) के अनुसार पुनः परिपथ में जोड़ दिया जाता है। यह दशा 'खुला संक्रमण' कहलाता है।



चित्र 7.30–(अ) मोटरों का पूर्ण श्रेणी में प्रदर्शन

चित्र 7.30–(ब) मोटरों का खुला संक्रमण प्रदर्शन

तीसरे पद (steps) में मोटरों को चित्र 7.30 (स) के अनुसार समान्तर क्रम में जोड़कर सप्लाई से संयोजित कर पुनः प्रारम्भ कर दिया जाता है, परन्तु इस विधि में गाड़ी से शक्ति का सम्बन्ध तोड़ना पड़ता है, अर्थात् गाड़ी का बलघूर्ण भी टूट (interrupted) जाता है। इस हानि के कारण प्रायः यह विधि प्रयोग में नहीं लायी जाती।

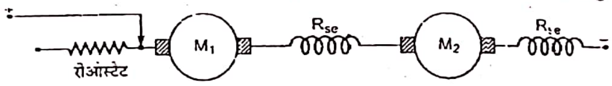


चित्र 7.30–(स) मोटरों का प्रथम समान्तर क्रम

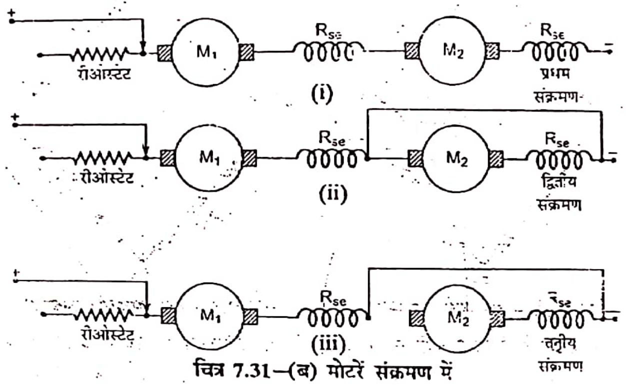
§ 7.50 शन्ट संक्रमण (Shunt transition)

इस विधि में विभिन्न पदों को चित्र 7.31 में दिखाया गया है। चित्र 7.31 (अ) में दो

मोटरों को श्रेणी में दिखाया गया है तथा इस समय प्रारम्भिक प्रतिरोध को पूर्णतया परिपथ से काट दिया जाता है। संक्रमण की प्रथम अवधि में चित्र 7.31 (ब i) के अनुसार अल्प मान का प्रतिरोध परिपथ में जोड़ दिया जाता है तथा दूसरे चरण में एक मोटर को लघुपथित कर दिया जाता है जैसा चित्र 7.31 (ब ii) में दिखाया गया है। तीसरे चरण में लघुपथित

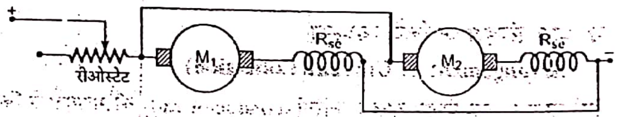


चित्र 7.31–(अ) मोटरों का पूर्ण लोड श्रेणी में प्रदर्शन



चित्र 7.31–(ब) मोटरें संक्रमण में

मोटर का एक किनारा खोल दिया जाता है। जैसा कि चित्र 7.31 (ब iii) में दिखाया गया है, चौथे तथा अन्तिम चरण में मोटरों को समान्तर क्रम में जोड़ दिया गया है जैसा कि चित्र 7.31 (स) में दिखाया गया है।



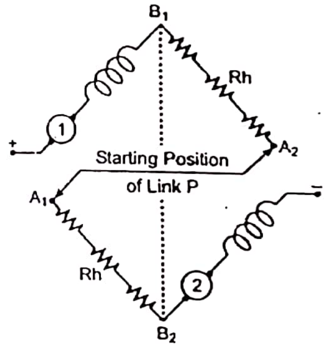
चित्र 7.31–(स) मोटरें समान्तर क्रम में

इस प्रकार हम जानते हैं कि समस्त क्रिया में एक मोटर का सम्बन्ध परिपथ से तोड़ना है जिसके कारण झटके (jerk) का अनुभव होता है। यह विधि प्रायः 600 वोल्ट से अधिक वोल्टताओं के लिये प्रयोग की जाती है।

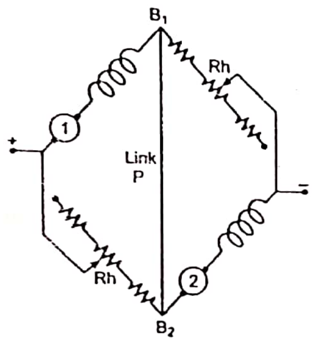
Scanned by CamScanner

§ 7.51 सेतु संक्रमण (Bridge transition)

इस विधि में मोटरों तथा प्रारम्भिक प्रतिरोध को व्हीटस्टोन सेतु (wheat stone bridge) की तरह जोड़ा जाता है जैसा चित्र 7.32 में दिखाया गया है। इस विधि में दो प्रतिरोधकों की आवश्यकता होती है। प्रारम्भ में चित्र 7.32 (अ) के अनुसार संयोजक (connector) A_1, A_2 की सहायता से दोनों मोटरों तथा प्रतिरोधकों को श्रेणी में जोड़ा गया है। अब धीरे-धीरे संयोजक $A_1 A_2$ की स्थिति बदलकर B_1, B_2 कर दी जाती है जैसा चित्र 7.32 (ब) में बिन्दुदार रेखा से दिखाया गया है।



चित्र 7.32–(अ) श्रेणी अवस्था



चित्र 7.32–(ब) संक्रमण अवस्था

इस प्रकार दोनों मोटरें श्रेणी में आ जाती हैं तथा प्रतिरोधक परिपथ से अलग हो जाते हैं। संक्रमण के समय प्रतिरोधकों को चित्र 7.32 (ब) के अनुसार सप्लाई के अनुसार, धनात्मक तथा ऋणात्मक टर्मिनलों द्वारा पुनः परिपथ में जोड़ दिया जाता है। अब संयोजक (link) को हटा लिया जाता है, इस प्रकार दोनों मोटरें समान्तर क्रम में जुड़ जाती हैं तथा प्रारम्भिक प्रतिरोध उनके साथ श्रेणी में लगा रहता है। इस विधि से सूक्ष्म त्वरण प्राप्त होता है क्योंकि दोनों मोटरों से सामान्य त्वरण बलघूर्ण, प्रारम्भ की जाने वाली पूर्ण अवधि में प्राप्त होता है।

§ 7.52 धारा संग्रहण के लिये व्यवस्था

(Arrangement of Current Collection)

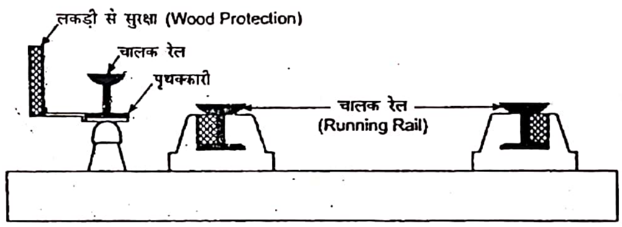
पुराने समय में धारा संग्रहण चालक पटरियों (conductor rail) की सहायता से किया जाता था, क्योंकि शिरोपरि लाइन से गाड़ी की उच्च गति के समय धारा संग्रहण में असुविधा होती थी।

धारा संग्रहण की चालक पटरी उपकरण प्रणाली तथा विभिन्न शिरोपरि लाइन प्रणालियों का वर्णन नीचे किया गया है।

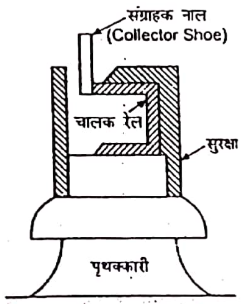
§ 7.53 चालक पटरी उपकरण

(Conductor rail equipment)

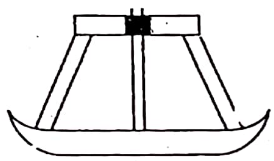
इस विधि में चालक पटरी को रेल मार्ग के समान्तर 0.3 मीटर से 0.4 मीटर दूरी पर बिछाया जाता है, जिससे विद्युत सप्लाई संग्रह (collect) की जाती है तथा रेलमार्ग वापसी चालक (return conductor) का कार्य करता है, जैसा कि चित्र 7.33 (अ) में दिखाया गया है। बड़े शहरों में भूमिगत संकर्षण प्रणाली में विद्युतरोधी वापसी रेल (insulated return rail) प्रयोग की जाती है ताकि रेलवे टनल में अन्य कार्यों के लिये बिछाई गई केबिल पर वापसी धारा के कारण कोई विद्युत अपघटनी क्रिया (electrolytic action) न हो।



चित्र 7.33–(अ) चालक-रेल प्रणाली (Conductor rail system)



चित्र 7.33–(ब) किनारे के स्पर्श सहित चालक रेल (conductor rail with side running contact)



चित्र 7.33 (स) धारा संग्रह नाल (current collection shoe)

Scanned by CamScanner

चालक पटरी प्रणालियों में अधिकतर धारा संग्रह शिखर सतह (top surface) से किया जाता है परन्तु कुछ प्रणालियों में धारा संग्रह किनारे (sides) से या चालक रेल के नीचे की ओर से किया जाता है जैसा कि चित्र 7.33 (ब) में दिखाया गया है। बाद वाली प्रणाली आकस्मिक स्पर्शों (accidental contacts) से सुरक्षा प्रदान करती है। चालक रेल पटरी का प्रतिरोध बहुत निम्न होता है। दो रेलों के जोड़ों पर वोल्टता पात को कम करने के लिये जोड़ वाले स्थानों के ताम्र चालक को दो पट्टियों से रीवटित (rivetted) या वेल्डन कर दिया जाता है। धारा संग्रह चित्र 7.33 (स) में दिखाई गई इस्पात नालों (steel shoe) द्वारा किया जाता है। ये इस्पात नाल रेल पर 15 kg के दाब से लगे रहते हैं तथा 300 ऐम्पियर से 500 ऐम्पियर तक की धारा की धारा संग्रह कर सकते हैं। चूँकि चालक पटरी रेलमार्ग के केवल एक ओर ही बिछाई जाती है, इसलिये इस्पात नालों के रेल इन्जन या रेल डिब्बों के दोनों ओर लगाया जाता है, चालक रेल प्रणाली उच्च धारा संग्रहण के लिये उपयुक्त है तथा शिखर स्पर्श प्रणाली 750 वोल्ट तक किनारा स्पर्श प्रणाली 1200 वोल्ट तक के लिये उपयुक्त है।

§ 7.54 शिरोपरि उपकरणों के लिये धारा संग्रहण गियर (Current Collection Gear of Overhead Equipment)

शिरोपरि प्रणाली में धारा संग्रहक के समय यह ध्यान रखना अनिवार्य है कि प्रत्येक दशा में संग्रहक गियर का सम्बन्ध शिरोपरि उपकरण OHE (Over head equipment) से बना रहे। व्यवहारिक दशा में कभी भी स्पर्श तार (contact wire) को क्षैतिज रूप में नहीं रखा जाता। इसकी ऊँचाई तार के भार तथा मार्ग की स्थिति पर निर्भर करती है। उदाहरण के लिये पुलों आदि के नीचे ऊँचाई कम तथा सामान्य स्थान पर ऊँचाई अधिक रखी जाती है। विद्युत रेल की गति के अनुसार संग्रहण गियर ऊपर तथा नीचे हो जाते हैं ताकि शिरोपरि उपकरणों (OHE) से सम्बन्ध बना रहे।

धारा संग्रहण गियर चार प्रकार के होते हैं—

(i) केबिल संग्रहक (Cable collector)

(ii) खम्बा या पोल संग्रहक (pole collector)

(iii) कमान संग्रहक (Bow collector)

(iv) पैन्टोग्राफ संग्रहक (Pantograph collector)

§ 7.55 केबिल संग्रहक (Cable Collector)

इस विधि का प्रयोग ऐसे स्थानों पर किया जाता है जहाँ चिंगारी आदि की सम्भावना के कारण कोई और विधि प्रयोग नहीं की जा सकती हो। इस विधि में केबल, शक्ति द्वारा चालित रील (reel) के ऊपर लिपटती या खुलती है अर्थात् गाड़ी के साथ-साथ केबिल रील से खुलती जाती है या हम कह सकते हैं कि विद्युत परिपथ केबिल द्वारा पूर्ण होता है, अतः

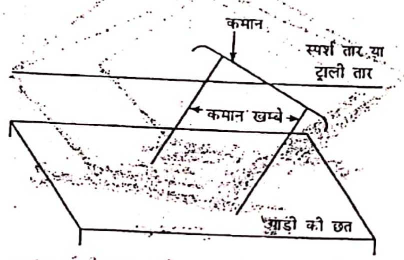
कम दूरी के कार्यों के लिये ही यह विधि उपयोगी है। खानों (mines) आदि में यह विधि प्रयोग नहीं होती है।

§ 7.56 खम्भा या पोल संग्रह (Pole Collector)

यह विधि ट्रामवे, ट्राली इत्यादि में प्रयोग की जाती है तथा 32 किमी प्रति घण्टा की गति तक सुरक्षा से प्रयोग की जा सकती है। सम्बन्ध बनाने के लिये कार्बन भरा हुआ झिर्रीदार चल नाल (grooved sliding shoe) या झिर्रीदार गन धातु पहिया (grooved gun metal wheel) प्रयोग किया जाता है, जिसको एक हल्के खम्भे (pole) के एक सिरे पर लगा दिया जाता है तथा खम्भें के दूसरे सिरे को गाड़ी की छत (Roof) पर स्थिर चूल द्वारा कब्जे से जोड़ दिया जाता है तथा सम्बन्ध बनाने के लिये आवश्यक दाब, स्प्रिंगों (springs) द्वारा दिया जाता है। गाड़ी की दिशा विपरीत करने के लिये संग्रहक को 180° डिग्री० (यान्त्रिक डिग्री) पर घुमाना पड़ता है। गाड़ी की गति अधिक हो जाने पर पोल संग्रहक का सम्बन्ध चालक से टूट सकता है।

§ 7.57 कमान संग्रहक (Bow collector)

कमान संग्रहक का सबसे बड़ा लाभ यह है कि इसे उच्च गति पर प्रयोग किया जा सकता है तथा उच्च गति पर भी संग्रहक (collector) का सम्बन्ध ट्राली चालक से बना रहता है। कमान संग्रहक में दो ट्राली संग्रहक पोल होते हैं जिनके सिरों पर लगभग एक मीटर लम्बी हल्की धातु की पट्टी (metal strip), धारा संग्रह करने के लिये लगी होती है जैसा कि चित्र 7.34 में दिखाया गया है। यद्यपि धातु पट्टी लगाने से गाड़ी को उच्च गति पर ट्राली चालक से सम्बन्ध टूटे बिना चलाया जा सकता है परन्तु इसकी कुशलता नष्ट हो जाती है, इस प्रकार यह ट्राली बसों के लिये उपयुक्त नहीं है। ट्रामवे सेवाओं में, ट्राली तार मार्ग के केन्द्र पर लगभग 15 सेमी की फेरवीं (staggering) चाल पर लटकाई जाती है ताकि धातु पत्ती समान रूप से घिरे तथा उस पर किसी प्रकार का खँचा न बनाने पाये। संग्रहक



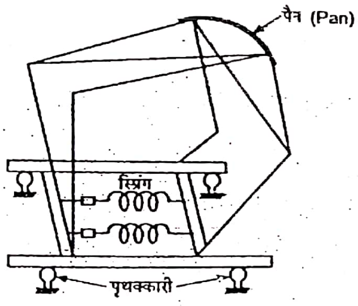
चित्र 7.34—कमान संग्रहक (Bow collector)

Scanned by CamScanner

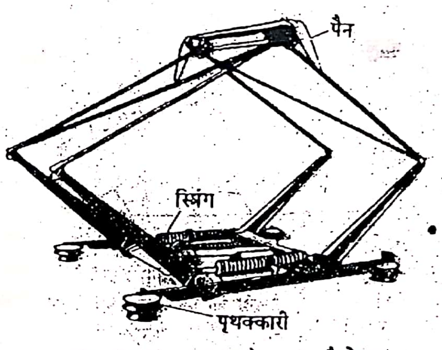
पत्ती मुलायम पदार्थ जैसे ताम्र, ऐल्यूमीनियम या कार्बन इत्यादि की बनी होती है ताकि संग्रहक धातु की पत्ती ही घिसे तथा ट्राली चालक न घिसने पाये, क्योंकि ट्राली चालक की अपेक्षा संग्रहक पत्ती को बदलना सरल है कमान संग्रहक ट्राली संग्रहक की भाँति सदैव घिसती हुई चलती है, इसलिये या तो संग्रहक पर दुहरी कमान लगानी पड़ती है या कमान को विपरीत दिशा में चलाने के लिये विशेष प्रबन्ध करना पड़ता है ताकि गाड़ी को विपरीत दिशा में कठिनाई न हो।

§ 7.58 पैन्टोग्राफ संग्रहक (Pantograph collector)

कमान संग्रहक में मुख्य कमी यह है कि इससे अप्रत्यावर्तित चालन (irreversible operation) प्राप्त नहीं किया जा सकता तथा इसकी धारा संग्रह करने की दक्षता कम है।

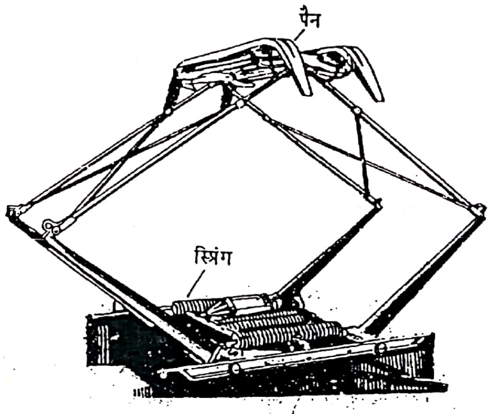


चित्र 7.35–(अ) एक पैन वाले पैन्टोग्राफ का एक रेखीय आरेख



चित्र 7.35–(ब) एक पैन वाला पैन्टोग्राफ

इन कमियों को पैन्टोग्राफ संग्रहक द्वारा दूर कर लिया जाता है। पैन्ट्रो संग्रहक का प्रयोग 100 किमी/घण्टा से 150 किमी घण्टा की गति वाली गाड़ियों में किया जा सकता है तथा इसमें 2000 से 3000 ऐम्पियर तक की धारा को संग्रह किया जा सकता है। धारा संग्रह के लिये ताम्र की पट्टी जिसे पैन (pan) भी कहते हैं, इस्पात चैनल (steel channel) के पंचभुजीय



चित्र 7.35–(स) दो पैन वाला पैन्टोग्राफ

(pantogonal) ढाँचे पर स्प्रिंगों की सहायता से लगी रहती है जैसा कि चित्र 7.35 में दिखाया गया है। यह पैन्टोग्राफ एक पैन (एक ताम्र पट्टी) या दो पैन (दो ताम्र पट्टी) वाला भी हो सकता है। दो पैन लगाने से धारा संग्रहक की क्षमता बढ़ जाती है। चित्र 7.35 में दोनों प्रकार के प्रचालित पैन्टोग्राफ दिखाये गये हैं—

पैन्टोग्राफ विधि से निम्नलिखित लाभ हैं—

(i) यह गति की दोनों दिशाओं में कार्य कर सकता है।

(ii) उच्च गति पर संग्रहक तथा चालक में सम्बन्ध टूटने की सम्भावना कम रहती है।

(iii) इसकी ऊँचाई चालक कक्ष (driver room) से नियन्त्रण की जा सकती है।

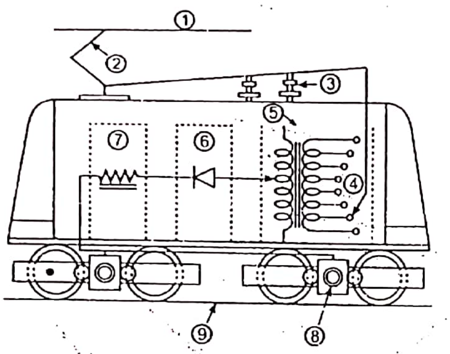
§ 7.59 प्रत्यावर्ती धारा द्वारा प्रचालित संकर्षण इन्जनों का विद्युत परिपथ आरेख

(Electric block diagram of A. C. locomotive)

प्रत्यावर्ती धारा द्वारा संचालन संकर्षण इन्जनों के विद्युत परिपथों द्वारा संकर्षण मोटरों को

Scanned by CamScanner

सप्लाई प्रदान की जाती है। इसके लिये चित्र 7.36 में विभिन्न उपकरणों सहित संकर्षण इन्जन का विद्युत परिपथ आरेख दिखाया गया है।



चित्र 7.36—प्रत्यावर्ती धारा द्वारा संकर्षण इन्जन का विद्युत परिपथ आरेख

(1) O.H.E. (शिरोपरि उपकरण) (2) पैन्टोग्राफ (Pantograph) (3) परिपथ भंग-युक्ति (circuit breaker), (4) ऑन लोड टेप परिवर्तक (On load tap changer), (5) ट्राँसफार्मर (Transformer), (6) दिष्टकारी (Rectifier), (7) चिक्कण चोक (Smoothing choke), (8) संकर्षण मोटर, (9) रेल-मार्ग (Rail track)।

अभ्यास के लिये सैद्धान्तिक प्रश्न

1. विद्युत संकर्षण के लाभ तथा हानियों का वर्णन कीजिये।
2. आदर्श संकर्षण प्रणाली की क्या विशेषताएँ होनी चाहिये।
3. विद्युत भाप तथा डीजल संकर्षण प्रणालियों के लाभों की तुलना कीजिये।
4. विद्युत संकर्षण प्रणाली के लाभ तथा हानियाँ लिखिये।
5. आदर्श संकर्षण प्रणाली में क्या-क्या गुण होने चाहिये? विभिन्न प्रकार की संकर्षण प्रणालियों का वर्णन कीजिये।
6. मार्ग विद्युतीकरण की विधियों का वर्णन कीजिये तथा उनकी तुलना कीजिये।
7. भारत में वर्तमान विद्युत संकर्षण प्रणाली का वर्णन कीजिये।
8. संकर्षण प्रणालियों के लिये मोटरों का चयन किस आधार पर किया जाता है?
9. विद्युत ब्रेकिंग से क्या तात्पर्य है? विभिन्न प्रकार की विद्युत ब्रेकिंग प्रणालियों का वर्णन कीजिये।
10. दिष्ट धारा में प्लेगिंग, रिओस्टैटिक तथा पुनर्जनन ब्रेकिंग प्रणालियाँ किस प्रकार होती हैं? वर्णन कीजिये।

11. एक-फेजी श्रेणी मोटर तथा तीन-फेजी प्रेरण मोटर में रिओस्टैटिक तथा पुनर्जनन ब्रेकिंग प्रणाली किस प्रकार प्रयोग होती है? वर्णन कीजिये।
12. A. C. तथा D. C. traction प्रणालियों की तुलना कीजिये, नगरीय सेवाओं के लिये आप किसकी सिफारिश करेंगे? भारत में कौन-सी प्रणाली प्रचलित है?
13. भारत में प्रचलित संकर्षण प्रणाली की व्याख्या कीजिये।
14. विद्युत संकर्षण एक-फेजी निम्न आवृत्ति प्रत्यावर्ती धारा प्रणाली का वर्णन कीजिए।
15. विद्युत संकर्षण में पुर्नजनन ब्रेकिंग प्रणाली के क्या-क्या लाभ तथा हानियाँ हैं?
16. दिष्ट धारा श्रेणी मोटर में पुर्नजनन ब्रेकिंग प्रणाली प्रयोग करने की विधि बताइये।
17. निम्नलिखित का संक्षेप में वर्णन कीजिये—
    (i) प्लगिंग,
    (ii) रिओस्टैटिक ब्रेकिंग,
    (iii) पुर्नजनन ब्रेकिंग।
18. ट्रैक विद्युतीकरण की दिष्ट धारा प्रणाली के क्या क्या गुण तथा अवगुण हैं?
19. गति-समय वक्र से आप क्या समझते हैं? संकर्षण प्रणाली में यह क्यों आवश्यक है?
20. सरल (simplified) गति-समय वक्र से क्या तात्पर्य है? मुख्य लाइन नगरीय तथा उपनगरीय सेवाओं के लिये गति-समय वक्र खींचकर उनका वर्णन कीजिये।
21. चतुर्भुजाकार तथा समलम्बाकार सरल गति-समय वक्रों का वर्णन कीजिये।
22. समलम्बाकार सरल गति-समय वक्र की सहायता से

$$V_m = \frac{T}{K} - \left[\left(\frac{T}{K}\right)^2 - 7200\frac{D}{K}\right]$$

समीकरण प्राप्त कीजिये। जहाँ V_m, T तथा D क्रमशः अधिकतम गति, गाड़ी चलने का वास्तविक समय तथा स्टेशनों के बीच की दूरी को प्रदर्शित करते हैं तथा $K = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta}$ जहाँ α व β क्रमशः त्वरण तथा मन्दन हैं।

23. समलम्बाकार सरल गति-समय वक्र की सहायता से चालन धुरियों की निर्गत शक्ति तथा ऊर्जा किस प्रकार ज्ञात की जा सकती है?
24. चतुर्भुजाकार सरल गति-समय वक्र की सहायता से गाड़ी द्वारा चली गयी कुल दूरी किस प्रकार ज्ञात की जा सकती है?
25. निर्धारित गति, औसत गति तथा अधिकतम गति से क्या तात्पर्य है?
26. संकर्षण प्रयास से आप क्या समझते हैं, इसकी गणना की विधि का वर्णन कीजिये।
27. चतुर्भुजाकार सरल गति-समय वक्र की सहायता से त्वरण, ब्रेकिंग, मन्दन, अधिकतम गति, कोस्टिंग समय के अन्त में गति तथा चली गयी दूरी में सम्बन्ध ज्ञात कीजिये।
28. संकर्षण में प्रयोग होने वाली दिष्टधारा व प्रत्यावर्ती धारा मोटरों का गति नियन्त्रण किस प्रकार किया जाता है?

Scanned by CamScanner

29. दिष्ट धारा मोटर की गति नियन्त्रण की मैटाडाइन विधि का वर्णन कीजिये।
30. एक फेजी श्रेणी मोटर तथा तीन-फेजी प्रेरण मोटरों की गति नियन्त्रण की विधियों का वर्णन कीजिये।
31. संकर्षण की विधि से आप क्या समझते हैं? खुला परिपथ, शन्ट संकर्षण तथा सेतु संक्रमण की विधि का वर्णन कीजिये।

अथवा

संक्रमण विधियों (transition methods) पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।
32. संकर्षण प्रणाली में धारा संग्रहण की विधियों का वर्णन कीजिये।
33. गाड़ी निर्धारित गति (schedule speed) को प्रभावित करने के लिये खण्डों को लिखिये।
34. संकर्षण के लिये दिष्ट धारा श्रेणी मोटर को उपयुक्त चित्रों के साथ विवेचन कीजिये।
35. संकर्षण मोटरों के श्रेणी समान्तर नियन्त्रण से क्या लाभ तथा विशिष्ट आवश्यकतायें हैं?
36. शन्ट संक्रमण (transition) तथा सेतु संक्रमण के अनुप्रयोग क्षेत्र दीजिये।
37. पुनर्जनन ब्रेकिंग (regenerative braking) पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।
38. वैद्युत संकर्षण तथा डीजल वैद्युत संकर्षण के तुलनात्मक गुण तथा दोष लिखिये।
39. Plugging rheostatic तथा regenerative ब्रेकिंग का दिष्टधारा मोटर के लिये वर्णन कीजिये।
40. संकर्षण मोटरों के चाल नियन्त्रण की श्रेणी-समान्तर विधि का वर्णन कीजिये।
41. (क) निम्नलिखित के लिये गति-समय वक्र (speed-time curves) खींचिये। इसके प्रत्येक भाग का नाम लिखिये तथा त्वरण (acceleration) तथा मन्दन (retardation) का अति समीप मान दीजिये।
   (i) मुख्य लाइन सेवा।
   (ii) उपनगरीय सेवा।
   (iii) शहरी सेवा (city service)।
   (ख) ऊपर के (क) भाग के वक्रों को सरलीकृत गति-समय वक्रों से प्रदर्शित करने के लिए व्याख्या कीजिये।
   (ग) निर्धारित गति (schedule speed) की परिभाषा लिखिये व उन कारकों की व्याख्या कीजिये कि निर्धारित गति को प्रभावित करते हैं।
42. वैद्युत संकर्षण में त्वरण तथा ब्रेकिंग मन्दन (braking retardation) का क्या मान लिया जाता है? एक परिकल्पित गति समय वक्र खींचिये तथा इससे त्वरण तथा मन्दन का मान औसत तथा अधिकतम गति के पदों में ज्ञात कीजिये।
43. परिपथ आरेखों की सहायता से शन्ट संक्रमण (shunt transition) तथा सेतु संक्रमण (bridge transition) की व्याख्या कीजिये। शन्ट संक्रमण की अपेक्षा सेतु संक्रमण के क्या लाभ हैं ?

44. विभिन्न अभिलक्षणों की व्याख्या कीजिये जो कि एक आदर्श संकर्षण मोटर के लिये होने चाहिये।
45. औसत गति तथा निर्धारित गति की व्याख्या कीजिये।
46. भारत में मुख्य लाइन मार्ग के वैद्युतीकरण की चालू प्रणाली की व्याख्या कीजिये। इस प्रणाली को अपनाने के कारण दीजिये।
47. दि० धा० श्रेणी मोटरों की गति को नियन्त्रण में रखने के लिये श्रेणी समान्तर विधि का वर्णन कीजिये। इसके गुणों और अवगुणों की विवेचना कीजिये।
48. वैद्युत ब्रेकिंग की एक विधि का वर्णन कीजिये। पुनर्जनन ब्रेकिंग (regenerative braking) के क्या लाभ हैं?
49. वैद्युत संकर्षण की सम्मिश्र (composite) प्रणाली का विवरण दीजिये। इसके क्या लाभ हैं?
50. विभिन्न प्रकार के संकर्षण तन्त्र कौन-कौन से हैं? वाष्प इन्जन चालन की तुलना में वैद्युत संकर्षण के दोष लिखिये।
51. विभिन्न प्रकार की संकर्षण सेवाओं के लिये गति-समय (speed-time) वक्र खींचिये। प्रत्येक स्थिति में त्वरण एवं मन्दन के समीपी मान दीजिये।
52. वैद्युत आरोधन (ब्रेकिंग) की विभिन्न विधियों के नाम दीजिये। पुनर्जनन अवरोधन के क्या लाभ एवं हानियाँ हैं?
53. ट्रैक वैद्युतीकरण की विभिन्न प्रणालियों की व्याख्या कीजिये। वैद्युतीय एवं यान्त्रिकी विशिष्टताओं के सम्बन्ध में एक सन्तोषजनक संकर्षण मोटर (traction motor) की क्या मुख्य आवश्यकतायें (chief requirements) हैं?
54. दि० धारा संकर्षण मोटर के drum controller की चित्र द्वारा व्याख्या कीजिये।
55. संकर्षण मोटरों के श्रेणी-समान्तर नियन्त्रण से क्या तात्पर्य है? इस प्रकार का नियन्त्रण वाँछनीय क्यों है?
56. उपनगरीय वैद्युत गाड़ी सेवा के लिए प्रति-रूपी गति-समय (speed-time) वक्र खींचिये। वक्र के विभिन्न भागों के नाम लिखिये तथा उनको समझाइये। इस वक्र का क्षेत्रफल क्या प्रदर्शित करता है?
57. नगरीय तथा उपनगरीय सेवाओं के लिये, जहाँ स्टेशनों के बीच की दूरी बहुत कम है, वाष्प इन्जन चालन क्यों उपयुक्त नहीं है?
58. (i) पैंनग्राफ तथा (ii) संक्रमण की विधियों पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।
59. संकर्षण की विभिन्न प्रणालियाँ कौन-कौन सी हैं ? संकर्षण की दूसरी प्रणालियों की तुलना में वैद्युत संकर्षण के क्या गुण एवं दोष हैं?
60. वैद्युत ब्रेकिंग (electric braking) की विभिन्न विधियों को विस्तार से स्वच्छ चित्रों की सहायता से समझाइये। उनके आपेक्षित गुण, दोष एवं अनुप्रयोग भी दीजिये।
61. Track electrification की विभिन्न प्रणालियों की विवेचना कीजिये। भारतीय रेलवे में track electrification की कौन-कौन सी प्रणाली अपनाई जाती है तथा क्यों?

Scanned by CamScanner

62. कोई दो भाग कीजिये—
(क) आदर्श संकर्षण तन्त्र के लिये मुख्य विशेषतायें लिखिये। विभिन्न प्रकार के संकर्षण तन्त्रों के नाम लिखिये। वाष्प इन्जन संकर्षण की तुलना में वैद्युत संकर्षण के गुण एवं दोष लिखिये।
(ख) शिरोपरि सम्पर्क प्रणाली के लिये सामान्यतः प्रयोग किये जाने वाले विभिन्न प्रकार के धारा ग्राहियों का वर्णन कीजिये।
(ग) एक उपनगरीय सेवा वैद्युत गाड़ी उच्चतम चाल 60 किलोमीटर प्रति घण्टा है। विश्राम स्थानों के बीच की औसत दूरी 4 किलोमीटर है। 30 सेकण्ड के विश्राम-स्थल ठहराव सहित निर्धारित चाल (scheduled speed) 40 किलोमीटर प्रति घण्टा है। सरलीकृत चाल-अवधि वक्र मानते हुये आवश्यक त्वरण ज्ञात कीजिये, यदि मन्दन 4 किलोमीटर प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड हो।
63. (i) संकर्षण मोटरों के विशेष लक्षणों (special features) का वर्णन कीजिये।
[उत्तर—§ 7.17 एवं 7.18]
(ii) वैद्युत संकर्षण में त्रिकलीय प्रेरण मोटर प्रयोग नहीं की जाती है। स्पष्ट कीजिये।
[उत्तर—7.19 (स)]
64. ट्रैक विद्युतीकरण की विभिन्न प्रणालियों की तुलना कीजिये।
65. भूमिगत रेलवे के लिये वाष्प इन्जन चालन क्यों उपयुक्त नहीं है?
66. कोई दो भाग कीजिये—
(क) वैद्युत ब्रेकिंग की विभिन्न विधियों के नाम लिखिये। Regenerative braking के गुण तथा सीमायें (limitations) लिखिये।
(ख) दो दिष्ट धारा श्रेणी संकर्षण मोटरों के बीच शन्ट ट्रांजीशन देते हुए ढोल नियन्त्रक (drum controller) का पूर्ण दृश्य खींचिये एवं व्याख्या कीजिये।
(ग) चाल-समय वक्र से आप क्या समझते हैं? व्यवहार में इसका क्या उपयोग है? नगरीय सेवा तथा मुख्य लाइन सेवा के लिये चाल-समय वक्र खींचिये।
67. कोई दो भाग कीजिये—
(क) वाष्प, वैद्युत तथा डीजल विद्युत संकर्षण प्रणालियों की अनपेक्षिक गुणों तथा दोषों की विवेचना कीजिये।
(ख) संकर्षण मोटर से आवश्यक यान्त्रिक तथा वैद्युत अभिलक्षण लिखिये।
(ग) Plugging, रिओस्टैटिक (rheostatic) तथा पुर्नजनन (regenerative) आरोधन (braking) की विवेचना कीजिये तथा उनके गुण दोष लिखिये।
68. रिओस्टैटिक आरोधन (reheostatic braking) को समझाइये। दि० धारा शन्ट तथा दि० धारा श्रेणी मोटरों में यह किस प्रकार की जाती है?
69. कोई दो भाग कीजिये—
(क) भारत में वर्तमान संकर्षण तन्त्रों की विवेचना कीजिये। उनके गुणों दोषों की तुलना कीजिये।

(ख) संकर्षण (traction) सेवाओं के लिये प्रत्यावर्ती धारा तथा दिष्ट धारा मोटरों की उपयुक्तता की विवेचना कीजिये।
(ग) एक संकर्षण तन्त्र से सम्बन्धित सामान्य चाल-समय वक्र (speed-time curve) को समझाइये। मुख्य लाइन तथा उपनगरीय सेवाओं के लिये यह किस तरह सरलीकृत किया जा सकता है।
70. वैद्युत लिफ्ट के प्रचालन को चित्र की सहायता से समझाइये तथा कारणों सहित प्रयुक्त मोटरों का प्ररूप लिखिये।
71. दिष्ट धारा श्रेणी मोटर संकर्षण अनुप्रयोगों में क्यों प्रयोग किया जाता है? इसकी चाल नियन्त्रण विधियों की विवेचना कीजिये।
72. (क) ट्रैक वैद्युतीकरण की विभिन्न प्रणालियों की विवेचना उनके तुलनात्मक गुण तथा दोषों का संक्षिप्त वर्णन कीजिये।
(ख) रिओस्टैटिक (rheostatic) ब्रेकिंग के सिद्धान्त की विवेचना कीजिये?
(i) दिष्ट धारा श्रेणी मोटरें,
(ii) त्रिकला सर्पीवलय प्रेरण मोटर में यह कैसे प्रयुक्त की जाती हैं?
73. (क) एक दिष्ट धारा श्रेणी मोटर आदर्श रूप में (idealy) संकर्षग अनुप्रयोगों के लिये क्यों उपयुक्त है?
(ख) गति-समय वक्र से आप क्या समझते हैं? व्यवहार में इसका क्या उपयोग है?
(ग) विद्युत आरोधन के गुण एवं दोषों को बतलाइये।
74. (अ) निम्न का वर्णन कीजिये—
शिरोपरि तार, चालक रेल प्रणाली, विद्युत संकर्षण प्रणाली, पैंटाग्राफ।
(ब) विद्युत संकर्षण प्रणाली में प्रयुक्त विभिन्न ब्रेकिंग विधियाँ क्या हैं किसी एक का विस्तार से वर्णन कीजिये।
(स) एक विद्युत लोकोमोटिव का विद्युतीय ब्लाक आरेख खींचिये तथा इसमें प्रयुक्त विभिन्न उपकरणों का वर्णन कीजिये।
75. (अ) एक लोकोमोटिव का ब्लाक चित्र बनाकर उपकरणों व उपसाधनों का वर्णन कीजिये।
(ब) ए० सी० और डी० सी० की कौन-कौन सी संकर्षण पद्धतियाँ अपने देश में उपयोग में लाई जाती हैं? वर्णन कीजिये।
(स) विद्युत संकर्षण व अन्य प्रकार के संकर्षण के गुण व दोष स्पष्ट कीजिये।

संख्यात्मक उदाहरण

1. एक वैद्युत ट्रैन की 800 मीटर दूरी स्थित दो स्टेशनों के मध्य निर्धारित गति 25 km प्रति घण्टा है। स्टेशन पर रुकने का समय 20 सेकण्ड है। गाड़ी की अधिकतम गति, औसत चालन गति (average running speed) से 20% अधिक है तथा ब्रेकिंग

Scanned by CamScanner

मन्दन 3 km प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड है। इस गाड़ी को चलाने के लिये त्वरण की दर ज्ञात कीजिये।

[उत्तर—1.851 किमी प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड]

2. एक वैद्युत ट्रैन 2.5 किमी की दूरी पर स्थापित दो स्टेशनों के बीच 50 km/h की औसत गति से चलती है। यदि ट्रेन का त्वरण 2 km प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड हो तो समलम्बाकार चतुर्भुज गति-समय वक्र की कल्पना करते हुये गाड़ी की अधिकतम गति ज्ञात कीजिये, इस दौड़ के लिये गति-समय वक्र खींचिये तथा ब्रेक (brake) प्रयोग करने से पहले की कुल तय की गई दूरी की भी गणना कीजिये।

[उत्तर—57.71 km/h, 2.34579 km]

3. एक उपनगरीय वैद्युत संकर्षण लाइन पर ट्रेन की अधिकतम गति 60 किलोमीटर प्रति घण्टा है। दो स्टेशनों के मध्य औसत दूरी 2 km है तथा गाड़ी की निर्धारित गति 40 km प्रति घण्टा है तथा स्टेशनों के मध्य रुकने का समय 20 सेकण्ड है। सरलीकृत गति-समय वक्र मानते हुए, आवश्यक त्वरण ज्ञात कीजिये, यदि मन्दन 4 km प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड है।

[उत्तर—0.923 km p.h.p.s.]

4. दो 6 km दूर स्थित स्टेशनों के मध्य एक ट्रेन की निर्धारित गति 60 km प्रति घण्टा है। इस दूरी के लिये शिखर गति (crest speed) ज्ञात कीजिये, निम्न ज्ञात है।
(i) स्टेशनों पर रुकने का समय 60 सेकण्ड, (ii) त्वरण 2 km प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड, (iii) मन्दन (retardation) 3 km प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड, (iv) गति-समय वक्र सरलीकृत समलम्बाकार गति समय वक्र।

[उत्तर—81 किलोमीटर प्रति घण्टा]

5. एक उपनगरीय वैद्युत ट्रैन की अधिकतम गति 60 km प्रति घण्टा है। इसकी निर्धारित गति 40 km प्रति घण्टा है तथा स्टेशन पर रुकने का समय 30 सेकण्ड है। यदि 2 किमी दूर स्थित दो स्टेशनों के मध्य त्वरण 2 km प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड हो तो मन्दन ज्ञात कीजिये।

[उत्तर—2 किमी प्रति घण्टा प्रति सेकण्ड]

6. एक 254 टन की मोटर गाड़ी में चार मोटर हैं जिससे स्थिर अवस्था में 40.25 किमी/घण्टा की गति प्राप्त करने में 20 सेकण्ड लगते हैं। मार्ग का ऊपर की ओर ढलान 10% गियर अनुपात 3.5 तथा गियर दक्षता 95% है। पहिये का व्यास 91.5 सेमी तथा गाडी का प्रतिरोध 44 न्यूटन/टन तथा घूर्णीय जड़त्व (rational inertia) स्थिर भार का 10 प्रतिशत है तो मोटर द्वारा उत्पन्न बलघूर्ण ज्ञात कीजिये।

[उत्तर—6,600 न्यूटन/मीटर]

7. एक 200 टन की मोटर गाड़ी में चार मोटरें हैं। यह स्थिर अवस्था से आरम्भ होती है। त्वरण की अवधि में प्रत्येक मोटर द्वारा 6000 न्यूटन-मीटर का बलघूर्ण उत्पन्न होता है। ऊपर की ओर ढलान 1000 से 30 है तथा गियर अनुपात 4.2, गियर संचरण दक्षता 95%, पहिये का व्यास 42 सेमी, गाड़ी का प्रतिरोध 52 न्यूटन/टन और घूर्णीय जड़त्व 10% है तो गाड़ी द्वारा 50 किमी घण्टा की गति प्राप्त करने के लिये समय ज्ञात कीजिये।

8. एक उपनगरीय वैद्युत गाड़ी की अधिकतम गति 25 किमी/घण्टा है तथा निर्धारित गति 44 किमी/घण्टा है जबकि गाड़ी स्टेशन पर 30 सेकण्ड के लिये रुकती है। यदि त्वरण 1.4 किमी/घण्टा/सेकण्ड तथा स्टेशनों के बीच की औसत दूरी 3 किमी है तो मन्दन ज्ञात कीजिये।

9. सरल समलम्बाकार समय-गति वक्र की सहायता से गाड़ी की अधिकतम गति V_m ज्ञात कीजिये, यदि गाडी की निर्धारित गति 40 किमी/घण्टा तथा स्टेशन के बीच की दूरी 4.5 किमी है। गाड़ी का स्टेशनों पर रुकने का समय 60 सेकण्ड तथा त्वरण और मन्दन क्रमशः 2.1 किमी/घण्टा/सेकण्ड और 2 किमी/घण्टा/सेकण्ड है।

10. एक उपनगरीय वैद्युत गाड़ी की अधिकतम गति 60 किमी/घण्टा है। निर्धारित गति 42 किमी/घण्टा तथा स्टेशनों पर रुकने का समय 30 सेकण्ड है, यदि स्टेशनों की दूरी 2 किमी तथा उनके बीच में त्वरण 2 किमी/घण्टा/सेकण्ड हो तो मन्दन का मान ज्ञात कीजिये।

11. एक वैद्युत रेलगाड़ी विरामावस्था से 50 किलोमीटर प्रति घण्टा की अधिकतम गति तक 25 सेकण्ड में एक समान रूप से त्वरित होती है। मुक्त चाल (free run) 55 सेकण्ड है। इसके बाद ब्रेक लगाये जाते हैं तथा रेलगाड़ी 20 सेकण्ड में रोक ली जाती है। चाल-समय वक्र को समलम्बीय (trapezoidal) कल्पना करते हुये निम्नलिखित की गणना कीजिए—
(i) स्टेशनों के बीच की दूरी,
(ii) त्वरण तथा मन्दन
(iii) अनुसूचित चाल (scheduled speed), यदि स्टेशन पर रुकने का समय 20 सेकण्ड हो।

विचार प्रश्न

1. एक आदर्श संकर्षण मोटर में क्या-क्या गुण होने चाहिये?
2. एक एक-फेजी प्रत्यावर्ती धारा श्रेणी मोटर के निम्न गुणों में किस प्रकार संशोधन किया जाता है।
(अ) शक्ति गुणक, (ब) दिक्परिवर्तन, (स) प्रारम्भ बलघूर्ण, (द) मोटर दक्षता।
3. निम्न संकर्षण कार्यों के लिये कौन-सी मोटर का चयन करना चाहिये।
(अ) नगर सेवा, (ब) उपनगरीय सेवा, (स) मुख्य लाइन सेवा।
4. क्या कारण है कि
(अ) दिष्ट धारा शन्ट मोटर का उपयोग संकर्षण कार्यों के लिये नहीं होता है।
(ब) तुल्यकाली मोटर का उपयोग संकर्षण कार्यों के लिये नहीं होता है।

Scanned by CamScanner

(स) शहरी सेवाओं के लिये प्रत्यावर्ती धारा श्रेणी मोटर की अपेक्षा दिष्ट धारा श्रेणी मोटर का उपयोग किया जाता है।

(द) एक-फेजी प्रत्यावर्ती धारा मोटर का संकर्षण कार्यों के लिये निम्न आवृत्ति पर उपयोग किया जाता है।

(इ) दिष्ट धारा श्रेणी मोटर को उपनगरीय सेवाओं के लिये प्रत्यावर्ती धारा श्रेणी मोटर की अपेक्षा अधिक उपयुक्त समझा जाता है?

(ई) मुख्य लाइन सेवाओं में उच्च वोल्टता तथा निम्न आवृत्ति की सप्लाई प्रयोग की जाती है।

(क) पैन्टोग्राफ धारा संग्रहक, कमान धारा संग्रहक की अपेक्षा अधिक अच्छे होते हैं।

(ख) क्या कारण है कि खुला परिपथ संक्रमण का व्यवसायिक उपयोग सीमित है?

5. निम्न मोटरों पर पुर्नजनन ब्रेकिंग किस प्रकार प्रयुक्त किया जाता है?

(अ) दिष्ट धारा श्रेणी मोटर,

(ब) दिष्ट धारा शन्ट मोटर,

(स) एक-फेजी प्रत्यावर्ती धारा मोटर।

6. प्रेरण मोटर की गति किन घटकों पर निर्भर करती है?

7. पुर्नजनन ब्रेकिंग अन्य ब्रेकिंग की अपेक्षा क्यों अधिक अच्छी है?

8. शन्ट संक्रमण से आप क्या समझते हैं?

9. शन्ट तथा सेतु संक्रमण में मुख्य अन्तर समझाइये।

10. संकर्षण मोटरों से श्रेणी समान्तर गति नियन्त्रण की क्या विशेष आवश्यकतायें हैं?

11. शन्ट संकर्षण की अपेक्षा सेतु संकर्षण के क्या लाभ हैं?

12. एक सन्तोषजनक ब्रेकिंग की आवश्यकतायें क्या हैं?

13. निम्नलिखित में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये। जहाँ कोष्ठक में सम्भावना दी गई हों उसका उत्तर उनमें से चुनिये—

(i) एक फेजी प्रत्यावर्ती धारा श्रेणी मोटर का शक्ति गुणक ___ होता है। (उच्च, निम्न, मध्य)

(ii) संकर्षण मोटरों का आकार ___ होना चाहिये। (छोटा, बड़ा)

(iii) दिष्ट धारा श्रेणी मोटर की अपेक्षा समान अश्व-शक्ति की एक-फेजी प्रत्या० धारा संकर्षण मोटर का प्रारम्भन बलघूर्ण ___ होता है। (उच्च, निम्न, समान)

(iv) संकर्षण मोटरों की अति भार क्षमता ___ होनी चाहिये। (उच्च, मध्यम)

(v) स्थिर गति वाली मोटर संकर्षण कार्यों के लिये ___ है। (उपयुक्त, अनुपयुक्त)

उत्तर—(13) (i) निम्न, (ii) छोटा, (iii) निम्न, (iv) उच्च, (v) अनुपयुक्त।

14. निम्नलिखित में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये—

(i) गाड़ी की निर्धारित गति स्टेशनों के बीच की दूरी तथा दूरी तय करने में व्यतीत ___ का अनुपात के बराबर होती है।

(ii) त्वरण तथा मन्दन की इकाई ___ है।

(iii) दो प्रकार के सरल समय-गति वक्रों के नाम ___ तथा ___ हैं।

(iv) संकर्षण प्रणाली में दिष्टधारा ___ मोटर प्रयोग होती हैं क्योंकि इसका बलघूर्ण उच्च होता है।

(v) भारत में वर्तमान संकर्षण प्रणाली की वोल्टता ___ तथा आवृत्ति ___ है।

(vi) संकर्षण प्रणाली में दिष्टकारी का प्रयोग ___ वोल्टता को ___ वोल्टता में बदलने के लिये है।

(vii) गति-समय वक्र का क्षेत्रफल गाड़ी द्वारा चली गयी ___ के बराबर होता है।

(viii) गाड़ी की स्वतन्त्र चालन की अवधि में निविष्ट ऊर्जा केवल ___ की क्षति पूर्ति के लिये दी जाती है।

(ix) वैद्युत ब्रेकिंग में प्राप्त ऊर्जा ___ सप्लाई को भेज दी जाती है।

(x) मुख्य लाइन सेवा के अन्तर्गत दो स्टेशनों के बीच निम्नतम दूरी लगभग ___ होती है।

(xi) कोस्टिंग अवधि में ___ तथा ___ के कारण गाड़ी की गति कम हो जाती है।

(xii) वैद्युत संकर्षण की दक्षता भाप इन्जन की अपेक्षा ___ होती है।

(xiii) गाड़ी से प्रवाहित भार (W_e) का मान स्थिर (dead weight) W से ___ होता है।

(xiv) वैद्युत ब्रेकिंग द्वारा गाड़ी की स्थिर ___ गति नहीं प्राप्त होती।

(xv) वैद्युत ब्रेकिंग में गाड़ी से पहिये तथा पटरी, भाप इन्जन प्रणाली की अपेक्षा ___ घिसते हैं।

(xvi) पुराने समय में संकर्षण प्रणाली में सप्लाई आवृत्ति ___ तथा ___ होती थी।

(xvii) समय-गति वक्र का ढलान (slope) के ___ या ___ को प्रदर्शित करता है।

(xviii) वैद्युत संकर्षण में भाप इन्जन संकर्षण की अपेक्षा गाड़ी की ___ गति प्राप्त की जा सकती है।

(xix) संकर्षण मोटरों का प्रारम्भन बलघूर्ण ___ होना चाहिये।

(xx) प्रत्यावर्ती धारा संकर्षण प्रणाली में वैद्युत उपकेन्द्रों की संख्या दिष्ट धारा संकर्षण प्रणाली की अपेक्षा कम होती है क्योंकि इसमें ___ का मान अधिक होता है।

उत्तर—(i) समय (ii) किमी/घण्टा/सेकण्ड (iii) (a) समलम्बाकार (b) चतुर्भुजाकार (iv) श्रेणी, प्रारम्भिक (v) 25 KV, 50 c/s (vi) प्रत्या० धारा, दिष्ट धारा, (vii) दूरी (viii) पटरी प्रतिरोध (ix) वापिस (x) 10 km. (xi) पटरी प्रतिरोध, वायु प्रतिरोध (xii) अधिक (xiii) 1.1 गुना (xiv) शून्य (xv) कम (xvi) 25 c/s, $16\frac{2}{9}$ c/s (xvii) त्वरण, मन्दन (xviii) उच्च (xix) उच्च (xx) वोल्टता।

15. (i) संकर्षण मोटरों के विशेष लक्षणों (special features) का वर्णन कीजिये।

(ii) वैद्युत संकर्षण में त्रिकलीय प्रेरण मोटर प्रयोग क्यों नहीं की जाती है, स्पष्ट कीजिये।

Scanned by CamScanner

16. भूमिगत रेलवे के लिये वाष्प इन्जन चालन उपयुक्त क्यों नहीं हैं?
17. निम्नलिखित प्रचालनों में से प्रत्येक के लिये संक्षिप्त नाम लिखिए—
    (i) संकर्षण सेवा, जिसमें मुक्त चाल (free run) अवधि अनुपस्थित है।
    (ii) अवरोधन प्रचालक (braking operation) जिसमें ऊर्जा स्रोत को वापस की जाती है।
18. प्लगिंग शब्द की व्याख्या अधिक से अधिक तीन लाइनों में कीजिए।
19. औसत चाल (average speed) तथा अनुसूचित चाल (scheduled speed) पदों का संक्षेप में विभेद कीजिये।
20. प्लगिंग तथा रिओस्टैटिक आरोधन में अन्तर कोजिये।
21. ब्लाक आरेख की सहायता से किसी प्रत्यावर्ती धारा locomotive की कार्य प्रणाली संक्षेप में समझाइये।
22. एक आदर्श संकर्षण मोटर की क्या आवश्यकतायें हैं? संकर्षण सेवाओं के लिये दिष्ट धारा श्रेणी मोटर तथा त्रिकला सर्पीवलीय प्रेरण की उपयुक्तता की विवेचना कीजिये।
23. दो दिष्ट धारा श्रेणी संकर्षण मोटरों के बीच शन्ट संक्रमण (Transition) दर्शाते हुए ढोल नियन्त्रक का पूर्ण चित्र खींचिये एवं समझाइये।

❑

8

ऊर्जा संरक्षण
(ENERGY CONSERVATION)

§8.1 प्रस्तावना (Introduction)

किसी भी व्यक्त औद्योगिक क्षेत्र, वाहन तथा घरों के उपकरण को चलाने के लिए प्रतिदिन ऊर्जा की आवश्यकता पड़ती है। जिसकी माँग (demand) दिन-प्रतिदिन बढ़ती ही जा रही है। ऊर्जा ही एक मात्र ऐसा स्रोत है जिस पर किसी भी देश का विकसित होना निर्भर करता है। हमारे देश में प्रति व्यक्ति ऊर्जा का उपयोग अन्य देशों की अपेक्षा बहुत कम है। जबकि हमारे पास ऊर्जा के विभिन्न स्रोत उपयुक्त मात्रा में उपलब्ध हैं। अत: ऊर्जा की बचत ही एक मात्र ऐसा विकल्प है जिसकी सहायता से प्रति व्यक्ति ऊर्जा की खपत को बढ़ाया जा सकता है।

किसी भी ऊर्जा का अधिकतम दक्षता (efficiently) के रूप में उपयोग अथवा ऊर्जा ह्रास कम (reducing) होना, ऊर्जा संरक्षण (energy conservation) कहलाता है। यह आवश्यक है कि किसी भी ऊर्जा संरक्षण प्लान के तहत इस बात का ध्यान रखा जाता है कि उत्पादकता (productivity) पर प्रभाव के बिना ऊर्जा ह्रास कम से कम हो।

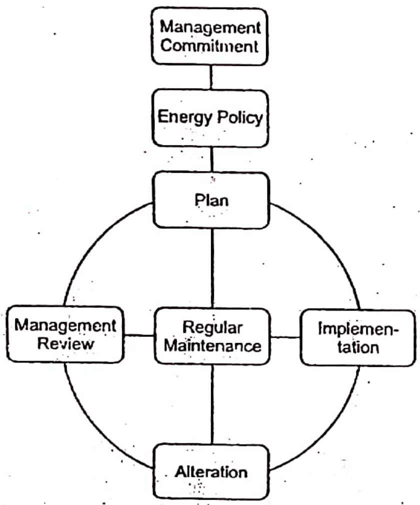
§8.2 ऊर्जा प्रबन्धन का सामान्य विवरण (Overview of Energy Management)

चाइना के मानक को प्रमाणित करने वाले केन्द्र [Chinas Standard Certification Centre (CSC)] ने ऊर्जा प्रबन्धन प्रणालियों में विकास एवं राजकीय मानकों (National Standards) को उच्च स्तरीय करने का कार्य सन् 2002 में प्रारम्भ किया तथा सन् 2009 में चाइना की सरकार (government) ने इस सन्दर्भ में नवीनतम् विकसित खोज/अनुसंधान GT/T— 23331-2009 "Requirements for Energy Management Systems" की, तब से चाइना सरकार ने अपनी ऊर्जा उत्पादन एवं उपयोग प्रणालियों को अपने देश के मानकों को मानकोकरण के लिए अन्तर्राष्ट्रीय संगठन [International Organization for Standardization (ISO)] से निरन्तर मिलान किया इसके पश्चात् नवीनतम् अन्तर्देशीय ऊर्जा प्रबन्धन मानक ISO-50001 जून 2011 में प्रकाशित हुआ।

Scanned by CamScanner

सम्पूर्ण विश्व को ऊर्जा से सम्बन्धित चुनौतियों का सामना करना होगा जिसमें ऊर्जा आपूर्ति, विश्वसनीयता एवं जलवायु परिवर्तन की समस्या भी सम्मिलित हैं। ISO - 50001 एक कार्य का दायरा (frame work) है जोकि कम्पनियों (companies) को ऊर्जा प्रणालियों के प्रबन्ध एवं ऊर्जा बचत की अच्छी योजना बनाने एवं प्रदूषण को घटाने के साथ ऊर्जा के मूल्य को घटाने में भी सहायता करता है। ISO यह अनुमान करता है कि उसके मानकों (standards) का पालन करके सम्पूर्ण विश्व अपने ऊर्जा व्यय को 60% तक घटा सकता है।

ISO-50001 2011 निम्न लाभ उपलब्ध कराता है अर्थात् ISO का अनुपालन करने पर निम्न लाभ होते हैं—



चित्र 8.1 ऊर्जा प्रबन्धन मॉडल का ब्लॉक आरेख

(i) ऊर्जा दक्षता की समस्याओं को हल करता है।
(ii) ऊर्जा के उपयोग हेतु ऊर्जा व्यय करने वाले उपकरणों में सुधार की सिफारिश (recommendation) करके ऊर्जा के व्यय को कम करने की प्रेरणा देता है।
(iii) वातावरण पर ग्रीन हाउस गैसेस (gases) के प्रभाव का अनुमान लगाता है।
(iv) ऊर्जा के प्रबन्धन एवं संचार (management and communication) को सुधारता है।
(v) ऊर्जा दक्षता को बढ़ाने के लिए अच्छा अभ्यास प्रदान करता है।

(vi) नवीन ऊर्जा तकनीक को प्रधानता प्रदान करता है।
(vii) ऊर्जा आपूर्ति की दक्षता में सुधार करता है।
(viii) ग्रीन हाउस गैसेस के उत्पादन को घटाने की योजना का विस्तार करता है।

चित्र 8.1 में ऊर्जा प्रबन्धन मॉडल का ब्लॉक-आरेख दर्शाया गया है।

§8.3 ऊर्जा संरक्षण की आवश्यकता एवं उद्देश्य (Need of Energy Conservation and Objectives)

वह विद्युत ऊर्जा जोकि हम अपने उपयोग के लिए क्रय करते हैं उसका लगभग 8% भाग, उपकरणों के डिजाइन में कमी एवं उनको सही प्रकार से संस्थापित नहीं किए जाने के कारण व्यर्थ (waste) हो जाता है। इसके अतिरिक्त मशीनों/उपकरणों पर लोड उनकी पूर्ण क्षमता से अधिक डालने एवं इन्हें इनके पहले से निर्धारित किए गए समय की अपेक्षा अधिक समय के लिए प्रतिदिन प्रचालित करने पर इनकी दक्षता शनैः शनैः घटने लगती है जिसके परिणाम स्वरूप विद्युत ऊर्जा की हानि होती है। विद्युत ऊर्जा उसके उत्पादन हेतु प्रयोग में लाए जाने वाले प्रति कि० वाट पर व्यय होने वाले कोयले के मूल्य की अपेक्षा आठ गुना महँगी एवं पैट्रोलियम गैस की अपेक्षा छः गुनी महँगी पड़ती है इसलिए यदि विद्युत ऊर्जा का उपयोग समझदारी के साथ किया जाए तब विद्युत ऊर्जा के संरक्षण के द्वारा विद्युत ऊर्जा के उत्पादन हेतु प्रयोग में लाए जाने वाले ईंधनों को भविष्य की आवश्यकता की पूर्ति हेतु पर्याप्त मात्रा में सुरक्षित रखा जा सकता है।

किसी भी आकार का संगठन (organisation) अपने संगठन, में होने वाले लाभांश में सुधार होने की अनदेखी (over look) नहीं कर सकता जोकि ऊर्जा की बचत में प्रतिस्पर्धात्मक पहल करने से प्राप्त किया जा सकता है किसी प्रोजेक्ट को पूर्ण करने हेतु प्रोजेक्ट के मूल्यांकन एवं पूँजी निवेश (investment) करते समय प्रोजेक्ट प्रबन्धन (project management) के द्वारा इस प्रोजेक्ट में संस्थापित की जाने वाली मशीनों एवं उपकरणों की तुलनात्मक न्यूनतम मूल्य दर एवं उनकी विशिष्टियों (specifications) पर ध्यान दिया जाता है परन्तु प्रोजेक्ट के मूल्यांकन के समय विद्युत ऊर्जा की बचत के विषय में पहल नहीं की जाती अर्थात् प्रोजेक्ट के मूल्यांकन पूँजी निवेश के समय प्रोजेक्ट प्रबन्धन के द्वारा विद्युत ऊर्जा बचत को प्राथमिकता नहीं देकर प्रोजेक्ट के अंतर्गत संस्थापित किए जाने वाले संयंत्र (plant) के द्वारा किए जाने वाले उत्पादन को शीघ्र से शीघ्र प्रारम्भ करने हेतु प्राथमिकता दी जाती है परन्तु सच्चाई यह है कि प्रोजेक्ट के मूल्यांकन एवं पूँजी निवेश के समय विद्युत ऊर्जा की बचत पर ध्यान देने से विद्युत ऊर्जा की बचत की पहल करने से धन के व्यय राशि की मात्रा (expenditure) में कमी अवश्य हो आएगी तथा इस प्रकार धन की बचत निरन्तर होती रहेगी।

यदि प्रोजेक्ट को प्रारम्भ करते समय प्रबन्धन के द्वारा विद्युत ऊर्जा बचत को

Scanned by CamScanner

प्राथमिकता नहीं दी जाती है, तब विद्युत ऊर्जा मैनेजर/प्रबन्धक को ऊर्जा बचत प्रोजेक्ट को पूर्ण करने हेतु सहारा (support) नहीं मिल पाएगा।

ऊर्जा बचत करने के अवसरों की पहिचान योजनाबद्ध (systematically) विधि से की जानी चाहिए। नए भवनों एवं संयंत्र की योजना बनाते समय बचत के बड़े अवसर सामने आते हैं जैसेकि—बहुत पुरानी, घिसी हुई (out dated) मशीनों एवं उपकरणों को हटाकर उनके स्थान पर नवीन तकनीक के द्वारा निर्मित की गई अधिक दक्षता वाली मशीनों एवं उपकरणों को क्रय में जो अतिरिक्त मूल्यराशि व्यय होती है, वह इन मशीनों एवं उपकरणों के लाम्बे समय तक निरन्तर उपयोग में लाए जाने से लम्बी अवधि तक विद्युत ऊर्जा की बचत होने से क्षतिपूर्ति (compensate) हो जाती है।

इसके अनेक उदाहरण हैं कि बहुत अधिक पुरानी मशीनों एवं उपकरणों को हटाकर अधिक दक्षता वाली मशीनों एवं उपकरणों को उनके स्थान पर संस्थापित करना अधिक लाभकारी होता है।

उपरोक्त कथन के सत्यापन हेतु पुराने संयंत्र के प्रदर्शन (performance) की जाँच-पड़ताल (monitoring) के लेखा-जोखा (records) की नवीन संयंत्र के प्रदर्शन के लेखा-जोखा (records) से तुलना करके दोनों के प्रदर्शनों में अन्तरों के अध्ययन से पुराने संयंत्र की अपेक्षा नए संयंत्र से होने वाले लाभ का पता लगाया जा सकता है।

दोनों संयंत्रों के द्वारा एक वर्ष के विद्युत ऊर्जा व्यय के अन्तरों (differences) का अध्ययन करने पर ज्ञात होता है कि नए संयंत्र के द्वारा विद्युत ऊर्जा की खपत पुराने संयंत्र की अपेक्षा लगभग 65% होती है अर्थात् नवीन संयंत्र के द्वारा पुराने संयंत्र की अपेक्षा विद्युत ऊर्जा खपत 35% कम होती है अर्थात् 35% लाभ होता है।

व्यापार में प्राय: विद्युत ऊर्जा व्यय में बचत पर ध्यान कम दिया जाता है तथा पहले व्यापार के साथ-साथ अन्य व्यापार को प्रारम्भ करने पर अधिक ध्यान दिया जाता है अथवा पहले व्यापार के विस्तार की ओर ध्यान दिया जाता है परन्तु व्यापार का विस्तार पहले व्यापार के लाभ से किया जाना उचित रहता है। विद्युत ऊर्जा की बचत से संयंत्र का प्रचालन मूल्य (running cost) घटने के साथ-साथ विद्युत ऊर्जा की माँग भी घटती है जिससे विद्युत ऊर्जा के उत्पादन को और अधिक बढ़ाने की आवश्यकता कम हो जाती है इस प्रकार ऊर्जा उत्पादन हेतु प्रयोग में लाए जाने वाले ईंधन जैसे—डीजल, कोयला, पैट्रोलियम गैस की खपत घट जाती है। जिससे पैट्रोलियम पदार्थों का आयात कम होता है।

वैद्युत मशीनों एवं उपकरणों की दक्षता सदा उच्च मानी जाती है एवं व्यापारिक औद्योगिक वातावरण में होने वाली बर्बाद (wasted) विद्युत ऊर्जा को सामान्यत: वास्तविक राशि से कम अनुमानित किया जाता है साथ ही यह भी माना जाता है कि इस बर्बादी को रोका नहीं जा सकता। परन्तु वास्तव में विद्युत मशीनों एवं उपकरणों की दक्षता को कम मूल्य पर सरलतापूर्वक सुधारा जा सकता है लेकिन उच्च दक्षता की विद्युत मशीनें एवं उपकरणों का चयन (select) करके अधिक मात्रा में विद्युत ऊर्जा की बचत की जा सकती है। एक बार यदि सही-सही उच्च दक्षता के विद्युत मशीन एवं उपकरणों का चयन कर लिया गया, इसका तात्पर्य यह है कि चयन की गई विद्युत मशीनों एवं उपकरणों की दक्षतापूर्ण लोड पर 75% है ताकि मशीनों एवं उपकरणों की सामान्य से अधिक (प्रचुर) रेटिंग संयंत्र की मूलधन एवं प्रचालन मूल्य (capital and running cost) को बढ़ा सके। दूसरी ओर पॉवर केबिल जब पूर्णतया लोडिड होते हैं तब यह कम दक्ष (least efficient) होते हैं इसलिए सामान्य से अधिक रेटिंग वाला पॉवर केबिल संयंत्र के प्रचालन मूल्य को बहुत कम कर देता है।

विद्युत मशीनों/उपकरणों में शक्ति हानि (power loss) उनमें प्रयोग किए गए चालकों में वैद्युत प्रतिरोध (electrical resistance) एवं चुम्बकीय पदार्थों में भंवर धारा एवं हिस्टेरेसिस हानियों (eddy current and hysteresis losses) के कारण होती है। चालक हानियाँ $(I^2 \cdot R)$ के समानुपाती होती है जहाँ I = चालक में प्रवाहित होने वाली धारा एवं R = चालक का प्रतिरोध होता है अत: चालक का उचित प्रकार प्रयोग करके चालक में होने वाली शक्ति हानि को कम किया जा सकता है तथा चुम्बकीय हानि को उच्च ग्रेड की चुम्बकीय कोर को प्रयोग करके कम किया जा सकता है।

§8.4 ऊर्जा लेखा परीक्षण के विषय में मौलिक विचार (Basic Idea about Energy Audit)

ऊर्जा लेखा परीक्षण (energy audit) किसी भवन, प्रक्रिया अथवा प्रणाली (building, process or system) में ऊर्जा प्रवाह का निरीक्षण, सर्वेक्षण एवं विश्लेषण (inspection, survey and analysis) होता है। प्रणाली का ऊर्जा गतिकी विज्ञान सम्बन्धी (energy dynamic of the system) अध्ययन के अन्तर्गत आदर्श रूप से ऊर्जा लेखा परीक्षण प्रणाली में निर्गत/आउटपुट पर बिना विपरीत प्रभाव हुए ही निविष्ट/इनपुट की मात्रा को घटाने के अवसर प्राप्त करने हेतु संचालित (conduct) किया जाता है। जब अध्ययन के उद्देश्य को कार्यान्वित किया जाता है तब भवन के ऊर्जा व्यय को घटाने के प्रयत्नों पर विशेष ध्यान दिया जाता है तथा इन्सानों के आराम, स्वास्थ्य एवं सुरक्षा के प्रति सहानुभूति को प्राथमिकता दी जाती है। ऊर्जा स्त्रोतों के उपयोग को साधारण रूप से पहचानने के पीछे ऊर्जा लेखा परीक्षण, कम से कम मूल्य पर ऊर्जा बचत के अवसर प्राप्त करने को प्राथमिकता देता है।

एक मकान के ऊर्जा लेखा परीक्षण में मकान की दीवारों, छतों, फर्श, खिड़की एवं आकाशीय प्रकाश आदि के अभिलक्षण (characteristics) को आंकित (record) करना सम्मिलित होता है। इन प्रत्येक घटकों के लिए ऊष्मा प्रवाह के मार्ग में आने वाले प्रतिरोध को मापा जाता है अथवा इसका मूल्यांकन किया जाता है। लेखा परीक्षण में भवन की भौतिक दशा, यांत्रिक प्रणालियों की दशा जैसे कि तापन, संवातन, वायु वातानुकूलित प्रणालियों एवं थर्मोस्टेट आदि की दक्षता को आंकना भी होता है।

Scanned by CamScanner

एक मकान के ऊर्जा लेखा परीक्षण में ऊर्जा के उपयोग दिए हुए मौसम (climate) के अनुसार वातानुकूलित प्रणाली, रेफ्रीजरेटर आदि के थर्मोस्टेट सैटिंग्स, छत की ऊँचाई एवं सौर अभिविन्यास/अनुकूलन (orientation) का आंकलन एवं लिखित रिपोर्ट तैयार करना सम्मिलित रहता है जोकि दी हुई समय अवधि के लिए ऊर्जा व्यय को दर्शाता है। यह अवधि एक वर्ष होती है तथा ऊर्जा लेखा परीक्षण की अवधि में पाई गई कमियों का सुधार करने हेतु ऊर्जा लेखा परीक्षण रिपोर्ट में निर्देश दिए जाते हैं।

ऊर्जा लेखा परीक्षण एक मौलिक औजार (tool) है जिसके द्वारा घूर्णन ऊर्जा प्रबन्धन (rotating energy management) प्रोग्राम किसी भी ऊर्जा उपयोग करने वाले क्षेत्र में विकसित किया जा सकता है। जब तक की अधिष्ठान (establishment) के अन्दर इस बात का मूल्यांकन नहीं किया जाए कि वहाँ ऊर्जा किस प्रकार प्रवाहित होती है। वे क्षेत्र जहाँ ऊर्जा व्यर्थ होती है वहाँ ऊर्जा व्यर्थ होने के कारणों को प्रकाश मय (high light) किया जाता है तथा उनके सुधार किए जाने हेतु समाधान खोजा जा सकता है।

ऊर्जा लेखा परीक्षण वित्तीय लेखा परीक्षण के समान होता है इसमें उस स्थान से सम्बन्धित प्रणाली का संक्षिप्त सर्वेक्षण एवं विश्लेषण (survey and analysis) सम्मिलित रहते हैं। यह ऊर्जा संरक्षण-विभव (energy conservation potential) को आँकने की एक तकनीक है। यह पृथक-पृथक क्रियाओं में व्यय हुई कुल ऊर्जा व्यय की गणना करता है। औद्योगिक ऊर्जा लेखा परीक्षण एक प्रभावशाली औजार/टूल है एवं विस्तृत ऊर्जा-प्रबन्धन प्रोग्राम का अनुसरण करता है।

ऊर्जा संरक्षण ऊर्जा के उपयोग के नियम 2001 के अनुसार ऊर्जा लेखा परीक्षण के सत्यापन, देख-रेख (monitoring) विश्लेषण की तकनीकी रिपोर्ट जिसमें ऊर्जा दक्षता के सुधार एवं इसका मूल्य सहित विश्लेषण एवं ऊर्जा व्यय को घटाने हेतु इसकी क्रिया योजना (action plan) सम्मिलित रहती है; की प्रस्तुति (submission) करनी होती है।

§8.5 ऊर्जा संरक्षण के सिद्धान्त
(Principles of Energy Conservation)

ऊर्जा संरक्षण के सिद्धान्त को साधारणतया दो भागों में विभक्त किया जा सकता है—

(i) अधिकतम ऊर्जा दक्षता (Maximum energy efficiency)

(ii) ऊर्जा के प्रयोग में अधिकतम प्रभावित मूल्य (Maximum cost effectiveness in energy use)

8.5-1 अधिकतम ऊर्जा दक्षता
(Maximum energy efficiency)

जब कोई युक्ति (device) तथा निकाय (system) दी गयी ऊर्जा के परिमाण (magnitude) को अधिकतम कार्य में प्रयोग करती है तब ये युक्ति तथा निकाय अधिकतम ऊर्जा दक्षता पर कार्य करती है। किसी भी निकाय को दी गयी ऊर्जा का कुछ ही

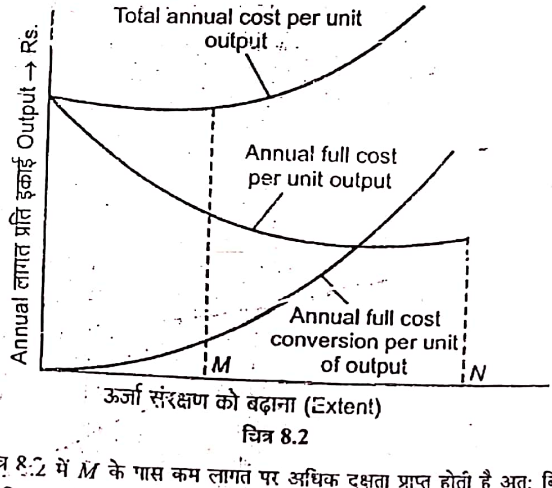
भाग कार्य में परिवर्तित होता है। बाकी शेष भाग ऊर्जा परिवर्तन ह्रास तथा ऊर्जा क्षय में होता है। अतः

कार्य = दी गई ऊर्जा – ऊर्जा परिवर्तन ह्रास – ऊर्जा क्षय

ऊर्जा परिवर्तन तथा ऊर्जा संचरण (Transfer) में ऊर्जा ह्रास (energy loss) होना निकाय का एक अभिन्न अंग है। यह ऊर्जा ह्रास, विद्युत, यांत्रिक, ऊष्मा अथवा केमिकल रूप में निकाय में उपस्थित रहता है। अतः यह ह्रास ऊष्मा के रूप में वायुमण्डल में क्षय हो जाता है। किसी भी युक्ति तथा निकाय की दक्षता को बढ़ाने के लिए उसमें होने वाले ऊर्जा ह्रास को कम करने के प्रयास करने होंगे। सभी ऊर्जा परिवर्तन तकनीकी का एक ही सिद्धान्त होता है कि ऊर्जा ह्रास कम से कम हो।

8.5-2 ऊर्जा के प्रयोग में अधिकतम प्रभावित मूल्य
(Maximum cost effectiveness in energy use)

ऊर्जा संरक्षण को बढ़ाने के लिए हमें अतिरिक्त लागत की आवश्यकता पड़ती है। यह अतिरिक्त लागत उस निकाय (system) में अधिक से अधिक ऊर्जा संरक्षण कर सकती है। तब ऐसी स्थिति में उस निकाय को चलाने में लगे ईंधन के मूल्य में कमी कर सकते हैं। अतः निकाय पर आने वाली अधिकतम लागत को भी प्रभावित किया जा सकता है। इस तरह की प्रक्रिया को चित्र 8.2 में दर्शाया गया है।



चित्र 8.2

चित्र 8.2 में M के पास कम लागत पर अधिक दक्षता प्राप्त होती है अतः बिन्दु M के पास निकाय की अधिकतम लागत प्रभावित होती है।

Scanned by CamScanner

§8.6 छोटे औद्योगिक क्षेत्र में विद्युत ऊर्जा संरक्षण (Electrical Energy Conservation in Small Scale Industries)

छोटे औद्योगिक क्षेत्र में ऊर्जा संरक्षण निम्न की कार्य-विधि को ध्यान में रख कर किया जाता है--

(i) प्रदीपन (Illumination)
(ii) विद्युत शक्ति वितरण (Electric power distribution)
(iii) परीक्षण सुविधा (Testing facilities)
(iv) वैद्युत चालन का चुनाव (Selection of electric drives)

8.6-1 प्रदीपन (Illumination)

किसी भी औद्योगिक क्षेत्र में प्रदीपन एक महत्वपूर्ण रोल (role) अदा करता है। क्योंकि औद्योगिक क्षेत्र के कुछ स्थानों पर कम तीव्रता के प्रदीपन की आवश्यकता पड़ती है तथा कुछ स्थानों पर अधिक तीव्रता के प्रदीपन की आवश्यकता पड़ती है। यदि हम इस बात की गणना कर लें कि किस क्षेत्र को कितनी प्रकाश ऊर्जा की आवश्यकता है तो हम ऊर्जा संरक्षण कर सकते हैं। निम्न विधियों में से कोई एक या अधिक का प्रयोग कर ऊर्जा संरक्षण किया जा सकता है।

(a) अधिक से अधिक स्वाभाविक प्रकाश (natural light) का प्रयोग करें। ऐसा करने के लिए कारखानों की छत (roof) में फाइबर कांच (fibre glass) लगाये जाते हैं तथा इन स्थानों पर वैद्युत लाइटिंग फोटो सेल से नियन्त्रित होती है। जब प्रकाश की तीव्रता एक नियत मान से अधिक होती है तो वैद्युत बल्ब स्वतः ही बन्द हो जाते हैं।

(b) उच्च दक्षता वाले लैम्पों का प्रयोग करके।

(c) प्रदीपन तीव्रता को कम करके भी ऊर्जा संरक्षण किया जा सकता है।

(d) प्रकाश देने वाले लैम्पों तथा उपकरण को समय-समय पर साफ करते रहना चाहिए।

(e) उपयुक्त लाइटिंग नियन्त्रण करके भी ऊर्जा संरक्षण किया जा सकता है।

8.6-2 वैद्युत शक्ति वितरण (Electric power distribution)

वैद्युत शक्ति वितरण के सम्बन्ध में निम्न बिन्दुओं पर ध्यान रखा जाता है—

(a) वैद्युत शक्ति वितरण निकाय का संस्थापन तथा डिजाइन (design) उचित (proper) ढंग से होना चाहिए।

(b) वितरण संस्थापन निकाय का शक्ति गुणांक अधिक रखना चाहिए क्योंकि कम शक्ति गुणांक वितरण संस्थापन निकाय (Distribution Installation System) में अधिक ऊर्जा की हानि होती है। किसी भी वितरण निकाय का शक्ति गुणक आवश्यकता पड़ने पर संधारित्र का प्रयोग कर बढ़ाया जा सकता है। ताकि ऊर्जा ह्रास कम हो।

(c) जहाँ तक सम्भव हो उच्च लोड (peak load) कम होना चाहिए।

8.6-3 परीक्षण सुविधा (Testing facilities)

औद्योगिक क्षेत्र में प्रयोग होने वाले उपकरणों की समय-समय पर जाँच करते रहना चाहिए। ताकि उन उपकरणों में होने वाली ऊर्जा ह्रास कम की जा सके।

8.6-4 वैद्युत चालन का चुनाव (Selection of electric drives)

किसी भी औद्योगिक क्षेत्र में प्रयोग होने वाली वैद्युत चालन का चुनाव उसको उसकी जीवन काल (life-line) को आधार बना कर किया जाना चाहिए ना कि उसकी लागत (cost) को आधार बनाकर। इस तरह से चुनाव मशीनों को अधिक कार्यक्षम (efficient) बनाती है। जैसा कि प्रेरण मोटर का प्रयोग औद्योगिक क्षेत्र में सबसे अधिक किया जाता है लेकिन कम लोड पर इस मोटर की दक्षता कम हो जाती है अथवा ऊर्जा की हानि अधिक होती हैं। अतः प्रेरण मोटर को पूर्ण लोड पर चलाया जाये तो उसकी दक्षता सबसे अधिक प्राप्त होती है। विभिन्न प्रेरण मोटरों में विभिन्न लोडों (loads) पर होने वाली प्रतिशत में हानि तालिका 8.1 में दर्शायी गयी है।

तालिका 8.1

Motor Rating in h.p.	No Load	25% load	50% load	Full load
5	50	40	25	17
10	44	26	18	17
20	42	21	16	14
30	41	19	15	13
40	40	17	14	11
50	40	16	13	10
75	38	15	12	9
100	35	15	12	9

§8.7 घरों में ऊर्जा संरक्षण (Energy Conservation in Household)

घरों में ऊर्जा का प्रयोग साधारणतया प्रदीपन, तापन, प्रशीतन तथा खाना बनाने में किया जाता है। अतः घरों में निम्न सावधानियों की सहायता से ऊर्जा का संरक्षण किया जा सकता है।

(a) रेफ्रिजरेटर (refrigerator) को नियत अन्तराल के बाद डीफ्रोस्ट (defrost) कर देना चाहिए।

(b) रेफ्रिजरेटर में रखे सभी प्रकार के द्रव को ढककर (cover) रखना चाहिए।

Scanned by CamScanner

(c) खाना बनाने में शुद्ध पानी तथा नियत मात्रा का प्रयोग किया जाना चाहिए। अधिक पानी का प्रयोग करने पर ईंधन की मात्रा अधिक लगती है।

(d) खाना बनाने में सही आकार (proper size) के बर्तनों का प्रयोग किया जाना चाहिए।

(e) ट्यूब लाइट में इलैक्ट्रोनिक चोक का प्रयोग किया जाना चाहिए।

(f) खराब स्विचों तथा तत्वों (elements) को शीघ्र बदल देना चाहिए।

(g) कपड़े धोने वाली मशीनों पर कभी भी अधिक भार (over load) नहीं रखना चाहिए।

§8.8 परिवहन में ऊर्जा संरक्षण (Energy Conservation in Transport)

परिवहन निकाय (transport system) में सबसे अधिक ईंधन की आवश्यकता पड़ती है। इस ईंधन की अधिकतम मात्रा दूसरे देशों से मंगाई (import) जाती है। निजी (private) परिवहन निकाय सरकारी परिवहन निकाय से अधिक ऊर्जा का संरक्षण करती है। ये निजी परिवहन निकाय अपनी गाड़ियों (vehicles) का नियत समय पर सर्वेक्षण करते रहते हैं तथा अपनी गाड़ियों को 50-60 किमी प्रति घण्टे चाल से चलाते हैं जिससे ऊर्जा का संरक्षण होता रहता है। हमारे देश में सड़कों की खराब स्थिति से भी अधिक ऊर्जा का ह्रास होता है अतः सड़कों को समतल बनाकर भी करोड़ों रूप के ईंधन की बचत की जा सकती है।

§8.9 ऊर्जा संरक्षण ऐक्ट (Energy Conservation Act)

ऊर्जा संरक्षण की महत्ता को समझाते हुए बहुत से देशों ने सरकारी तथा निजी कारखानों के सर्वेक्षण के आधार पर ऊर्जा संरक्षण ऐक्ट का गठन किया है। भारत सरकार ने भी इसी ऐक्ट का गठन किया जो ऊर्जा संरक्षण के सम्बन्ध में निम्न बिन्दुओं पर ध्यान केन्द्रित करता है—

(a) इस ऐक्ट के आधार पर BEE (Bureau of Energy Efficiency) का गठन किया गया जो सरकारी तथा गैर सरकारी क्षेत्रों में ऊर्जा संरक्षण का अध्ययन करती है।

(b) ऊर्जा संरक्षण के क्षेत्र में होने वाली रिसर्च तथा आधुनिकीकरण के लिए सुविधा उपलब्ध प्रदान करना।

(c) ऊर्जा का प्रयोग करने वाले उपकरणों की दक्षता का समय-समय पर अध्ययन।

(d) उपकरणों पर ऊर्जा दक्षता का डिस्प्ले (display) होना।

(e) Inefficient उपकरणों का बन्द करना।

(f) इमारतों में ऊर्जा दक्षता के नियमों का पालन करना।

(g) संचरण एवं वितरण (Transmission and Distribution) हानि को कम करना।

(h) ऊर्जा संरक्षण के विकास के लिए प्रौद्योगिकी कॉलेजों में ऊर्जा संरक्षण सेटअप (setup) तैयार करने के लिए वित्त सहायता प्रदान करना।

(i) विभिन्न प्रकार के उपभोक्ताओं को ऊर्जा संरक्षण के लिए जागरूक करना।

अभ्यास के लिए सैद्धान्तिक प्रश्न

1. ऊर्जा संरक्षण के सिद्धान्तों को समझाइये।
2. छोटे उद्योगों में ऊर्जा संरक्षण को किस प्रकार बढ़ावा दिया जा सकता है? समझाइये।
3. "घरों में ऊर्जा संरक्षण" पर संक्षिप्त में टिप्पणी लिखिए।
4. "वैद्युत चालन के चुनाव" पर संक्षिप्त में टिप्पणी लिखिए।
5. ऊर्जा संरक्षण ऐक्ट किन बिन्दुओं पर ध्यान केन्द्रित करता है लिखिए।

Scanned by CamScanner

2016
ANNUAL EXAMINATION
Utilization of Electrical Energy

Time : 2½ Hrs.] [M.M. : 50

नोट—सभी प्रश्नों को हल कीजिये। प्रत्येक प्रश्न से केवल दो भागों के उत्तर दीजिये।

1. (a) प्रदीप्ति के संदर्भ में—

   (i) प्रदीप्ति तीव्रता (ii) चौंध

   (iii) ह्रास गुणक (iv) सॉलिड कोण

   (v) उपयोगिता गुणांक की परिभाषा दीजिये।

   (b) आन्तरिक प्रकाशन के लिए प्रकाश बिन्दुओं की संख्या ज्ञात करने की विधि का वर्णन कीजिये। एक वर्कशाप को उपर्युक्त प्रकाशन प्रदान करने की मुख्य अपेक्षाओं की विवेचना कीजिये।

   (c) विसर्जन लैम्प के कार्य-सिद्धान्त को समझाइये। विसर्जन तथा ताप दीप्त लैम्पों के गुण-दोषों की तुलना कीजिये। $2 \times 5 = 10$

2. (a) प्रतिरोध तापन तथा प्रेरण तापन को समझाइये। इनके विशिष्ट अनुप्रयोग बताइये।

   (b) आर्क तापन की कार्य विधि का वर्णन कीजिये। किसी एक आर्क भट्टी की संरचना तथा प्रचालन का वर्णन कीजिये।

   (c) ऊर्जा संरक्षण की आवश्यकता की विवेचना कीजिये। ऊर्जा-अंकेक्षण से क्या अभिप्राय है? $2 \times 5 = 10$

3. (a) प्रतिरोध वेल्डन एवं आर्क वेल्डन में मूल अन्तर बताइये। धातु आर्क वेल्डन का वर्णन कीजिये।

   (b) विद्युत लेपन में निहित विभिन्न संक्रियाओं का वर्णन कीजिये। विद्युतरोधी पदार्थों के विद्युत लेपन की विधियाँ बताइये।

   (c) एनोडाईजिंग का सिद्धान्त एवं अनुप्रयोग दीजिये। लेपन प्लांट की कार्य-विधि का वर्णन कीजिये। $2 \times 5 = 10$

4. (a) विद्युत संकर्षण की भारत में प्रयोग होने वाली विभिन्न प्रणालियों का वर्णन कीजिये। प्रत्येक प्रणाली में किस प्रकार की मोटर प्रयुक्त होती है?

   (b) स्वच्छ चित्रों की सहायता से संकर्षण शिरोपरि लाइन से धारा संग्रह करने की विधि का वर्णन कीजिये।

   (c) शीतलीकरण के कार्य सिद्धान्त का वर्णन कीजिये। प्रशीतक (Refrigerator) में प्रयोग होने वाले विद्युत परिपथ का संक्षेप में वर्णन कीजिये। $2 \times 5 = 10$

Scanned by CamScanner

5. (a) निम्न की व्याख्या कीजिये—

(i) भार वक्र (ii) भार गुणक

(iii) माँग गुणक (iv) संयंत्र क्षमता गुणक व

(v) उपयोग-गुणक

(b) विद्युत जनन लागत पर भार गुणक तथा डाइवर्सिटी गुणक के प्रभावों को समझाइये। विद्युत केन्द्रों में परस्पर किफायती भार विभाजन का वर्णन कीजिये।

(c) टैरिफ निर्धारन के मुख्य सिद्धान्तों की व्याख्या कीजिये। भारत में प्रयोग किये जाने वाले विभिन्न टैरिफों का वर्णन कीजिये। $2 \times 5 = 10$

2017

Diploma Semester Examination

Utilization of Electrical Energy

Time : 2 1/2 Hrs.] **[M.M. : 50**

नोट—सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

1. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिये— $2 \times 5 = 10$

(a) प्रदीपन से सम्बन्धित निम्न को परिभाषित कीजिये—

(i) ह्रास गुणांक, (ii) लैम्बर्ट का कोज्या नियम, (iii) घन कोण, (iv) अन्तराल-ऊँचाई अनुपात, (v) उपयोगिता गुणांक।

(b) परावैद्युततापन का कार्यसिद्धान्त व क्षेत्रीय अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिये। इसके लाभों को लिखिए।

(c) विद्युत संकर्षण की विभिन्न प्रणालियों के नाम लिखिए। विद्युतचालन की संकर्षण प्रणाली के गुण-दोषों का वर्णन कीजिये।

2. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिये— $2 \times 5 = 10$

(a) एक औद्योगिक इकाई प्रतिदिन 16 घण्टे कार्यरत् रहती है, उसकी (i) वार्षिक उच्चतम मांग = 10 MW (ii) वार्षिक भार गुणांक = 50% है इसके वार्षिक ऊर्जा बिल की गणना कीजिये—अगर प्रयुक्त टैरिफ 120 रु/kW उच्चतम मांग +15 पैसे प्रतियूनिट (kWH) हो।

(b) रेफ्रीजरेटर में प्रयुक्त विद्युत-परिपथ बनाइए व उसकी कार्यविधि का संक्षिप्त वर्णन कीजिये।

(c) विद्युत-विश्लेषण के मूलसिद्धान्त का वर्णन कीजिये। विक्षेपण की गुणवत्ता को प्रभावित करने वाले का कारकों का उल्लेख कीजिये।

3. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिये— $2 \times 5 = 10$

(a) विद्युत आर्क-वेल्डिंग के सिद्धान्त का वर्णन कीजिये। इसमें प्रयुक्त फ्लक्स लेपित उदग्र के लाभों का उल्लेख कीजिये।

(b) एक जनन-केन्द्र की अधिकतम मांग (M.D.) 40 mW है व उस पर संयोजित भार 75 mW है। वर्ष भर में जनित इकाईयाँ 250×10^6 kWH है। (i) भार गुणांक (L.F.) (ii) मांग गुणांक (demand factor) की गणना कीजिये।

(c) ऊर्जा संरक्षण की आवश्यकता का वर्णन कीजिये। ऊर्जा-ऑडिट के अर्थ समझाइए तथा इसका प्रयोजन बताइए।

4. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिये— $2 \times 4 = 8$

(a) एनोडीकरण (Anodizing) के सिद्धान्त व उसके अनुप्रयोग की व्याख्या कीजिये।

Scanned by CamScanner

(b) एक क्रोडहीन प्रत्यक्ष प्रेरण भट्टा के कार्य-सिद्धान्त व उसके लाभों की व्याख्या कीजिये।

(c) एक कार्यशाला जिसका आकार 60 m × 15 m है, उसका प्रदीपन कार्य सतह से 5 m ऊँचाई पर लटके हुए लैंपों की सहायता से करता है। वांछित प्रदीपन लगभग 90 लक्स है। दिया है (i) उपयोगिता गुणांक (U.F.) = 0.5 (ii) लैंपदक्षता =15 ल्यूमैन/वाट (iii) अन्तराल-ऊँचाई अनुपात =1 (iv) प्रकाश अवक्षय गुणांक (W.L.F.) = 1.4; लैंपों की Wattage व लैंपों की संख्या की गणना कीजिये।

5. किन्हीं तीन भागों के उत्तर दीजिये— 3 × 4 = 12

(a) उच्च दाब पारद वाष्पीय दीप की संरचना व अभिलक्षणों का वर्णन कीजिये।

(b) किन्हीं दो पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये—

(i) प्लगिंग, (ii) रिओस्टेटिक ब्रेकिंग, (iii) पुनर्जनीयब्रेकन

(c) एक जनन केन्द्र का दैनिक (i) विद्युत भार वक्र, (ii) भार-समयावधि वक्र खींचिये। इनके प्रयोजन बताइए।

(d) स्टीफन के नियम के अनुसार तापन-तन्तु (Heating-Element) के डिजाइन का संक्षिप्त वर्णन कीजिये।

❑

2018

UTILIZATION OF ELECTRICAL ENERGY

Time : 2 : 30 Hrs.] [M.M. : 50

नोट—सभी प्रश्न को हल कीजिए—

1. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— 2 × 5 = 10

(a) निम्नलिखित की परिभाषा दीजिये एवं उन की इकाईयाँ लिखिये—

(i) ज्योति दक्षता

(ii) प्रदीप्ति

(iii) प्रदीप्ति फ्लक्स

(iv) स्पेस व हाईट का अनुपात

(v) परावर्तन गुणक

(b) एक लैम्प की हर दिशा में एक समान C.P. 200 है एवं इसे एक 5 m व्यास वाले गोल क्षेत्र के सैन्टर (मध्य) के ऊपर 2.5 m पर लटकाया गया है। (i) इस क्षेत्र के सेन्टर पर एवं (ii) क्षेत्र के सिरों पर प्रदीप्ति की गणना कीजिये।

(c) फ्लोरसैन्ट-ट्यूब (प्रतिदीप्ति-नलिका) में चोक एवं स्टार्टर के कार्य की व्याख्या कीजिये।

2. निम्नलिखित में से किन्हीं चार भागों के उत्तर दीजिए— 4 × 3 = 12

(a) प्रेरण तापन के लाभों की विवेचना कीजिये।

(b) तापन-अवयव (हीटिंग-ऐलिमेन्ट) का डिज़ाइन करने के विभिन्न चरणों का वर्णन कीजिये।

(c) डायरेक्ट व इन डायरेक्ट आर्क भट्टीयों का संक्षिप्त विवरण दीजिये।

(d) कोर वाली एवं बिना कोर वाली प्रेरण भट्टीयों की तुलना कीजिये।

(e) ऊर्जा संरक्षण कार्यक्रम में 'ऊर्जा दक्ष उपकरणों' की भूमिका की व्याख्या कीजिये।

3. निम्नलिखित में से किन्हीं तीन भागों के उत्तर दीजिए— 3 × 4 = 12

(a) एक जल-शीतक के विद्युत परिपथ का चित्र बनाकर उसका वर्णन कीजिये।

(b) रेफ्रिजरेटर में प्रयोग होने वाले वेपर-कम्प्रेशन चक्र का संक्षेप में विवरण दीजिये।

(c) एनोडाइजिंग से क्या आशय है? एनोडाईजिंग के सिद्धान्त की व्याख्या कीजिए एवं इसके अनुप्रयोग दीजिये।

(d) विद्युत-लेपन के लिए जॉब को साफ करने की आवश्यकता की विवेचना कीजिये। यह सफाई किस प्रकार की जाती है?

Scanned by CamScanner

4. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— $2 \times 4 = 8$

(a) वेल्डन क्या है? कार्बन एवं घातुक आर्क वेल्डन के अन्तर का वर्णन कीजिये।

(b) एक विद्युत रेल इन्जन का विद्युत ब्लॉक चित्र बनाओं एवं संक्षेप में इसके विभिन्न भागों के कार्य का वर्णन कीजिये।

(c) विद्युत आरोधन की विभिन्न विधियों का संक्षेप में वर्णन कीजिये।

5. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— $2 \times 4 = 8$

(a) निम्नलिखित की व्याख्या कीजिये—

(i) विद्युत भार का आंकलन

(ii) विद्युत भार वक्र

(iii) स्थिर एवं चालू लागतें

(iv) खपत गुणांक

(b) एक पावर स्टेशन की उच्चतम मांग 200 MW है। वार्षिक भार गुणांक 60% है। हर वर्ष उत्पन्न होने वाली कुल ऊर्जा की गणना कीजिये।

(c) ब्लाक रेट टैरिफ क्या है? इस की फ्लेट रेट टैरिफ से तुलना कीजिये।

❑

Scanned by CamScanner