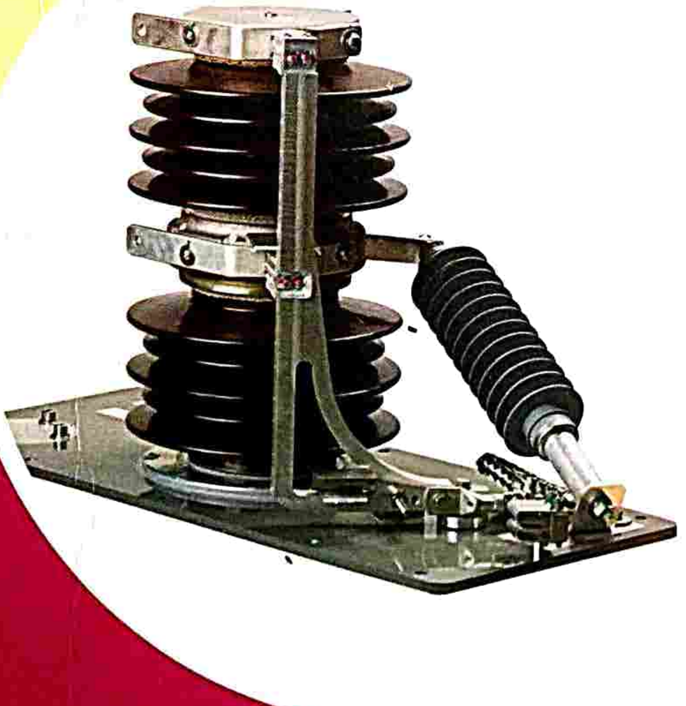
सार्थक

प्राविधिक शिक्षा परिषद् उ० प्र० द्वारा स्वीकृत
नवीनतम् "N.S.Q.F." पाठ्यक्रमानुसार

स्विच यंत्रावली एवं रक्षण

Switch Gear & Protection

नरेन्द्र कुमार



Jai Prakash Nath Publications
Meerut

Khushboo gautam

प्राविधिक शिक्षा परिषद्, उत्तर प्रदेश द्वारा
स्वीकृत "NSQF" नवीनतम् संशोधित पाठ्यक्रमानुसार

सार्थक

स्विच यंत्रावली एवं रक्षण

(Switch Gear & Protection)

[पंचम सेमेस्टर (तृतीय वर्ष) : इलैक्ट्रिकल इंजीनियरिंग विद्यार्थियों के लिये]

लेखकगण :

नरेन्द्र कुमार
विभागाध्यक्ष (विद्युत इंजी०)
डी० एन० पालीटेक्निक, मेरठ

महेश कुमार
बी० एस-सी०, बी० टैक०

परामर्शदाता :

श्री सी. पी. सिंह
प्रवक्ता (विद्युत इंजी०)
राजा बलवन्त सिंह रूरल इंस्टीट्यूट, बिचपुरी, आगरा

प्रकाशक :

जय प्रकाश नाथ पब्लिकेशन्स
जागृति विहार
गढ़ रोड, मेरठ-250 004 (उ०प्र०)

SYLLABUS

SWITCH GEAR AND PROTECTION

RATIONALE

In view of the complexities associated with the modern interconnected power stations, the responsibilities and the job requirements of a diploma passouts have become more complex than what they used to be earlier. He is required to work with modern electrical equipment and maintain reliabiklity of supply.

The course is designed to develop understanding of the principles and working of protective switchgear so that one can hancle, install and maintain them and also take decisions at his level in different situations.

This subject teaching requires reinforcement from visits to substations, power stations and well disigned laboratory experiences. A practical orientation to the teaching of this subject is suggested.

LEARNING OUTCOMES

After undergoing the subject, students will be able to :

- Assess type of fault diagnosis
- Know circuit breaker operation
- Know relay operation
- Know read about protection schemes
- Know about different types of sutstations and read single line diagrams

DETAILED CONTENTSDETAILED CONTENTS

1. Faults *(15 Periods)*

Type of faults, three phase symmetrical faults, effects of faults on system reliability and stability abnormalities, short circuits and their effects, representation of fault conditions through single line diagrams.

2. Switch Gear *(24 Periods)*

2.1. Purpose of protective gear, characteristics of a protection system.

2.2. Classification of fuses. H. V. Fuses, application and working, grading and co-ordination. L, V. fuses, selection of fuses, characteristics.

2.3. Isolators and switches, out door isolators, functions, air break switches, breaking capacity of switches.

2.4. **Circuit breakers :** requirements of circuit breakers, definition of terms associated with circuit-breakers, reasons for arc formation, principles of arc extinction, type of circuit breakers, comparision with oil circuit breaker classification, rating of circuit breakers, working of different types of air and oil circuit breaker, specification of circuit breakers, maintenance schedule. SF-6 and Vaccum circuit breakers.

2.5. **Relays :** Requirement of relays, operation principles induction type over current, directional over current, differential, percentage differential relays working, application and characteristics, basic principles of static relays, introduction of distance relay.

Protective Schemes *(15 Periods)*

3.1. Protection of alternators, stator faults, rotor faults, mechanical conditions, external faults-their reasons, effect and protections used.

3.2. Protection of power transformer : types of faults, its effects, types of protective schemes over current earth fault, differential protection, Buckholtz devices, winding temp. protection.

3.3. Motor Protection : types of faults and protection in motors, thermal relays, protection of small motors, under voltage protection.

3.4. Protection of feeders : Radial, parallel and ring feeders protection, directional time and current graded schemes, differential protection.

Protection Against over Voltages *(15 Periods)*

Causes of over voltages, travelling waves earth wire, protective zone, lightening arrestors, space-gap and electrolytic arrestors, surge absorber, location and rating of lightening arrestors, Thyrite lightening arrestors.

Different Types of Sub-Stations *(15 Periods)*

5.1. Layout, single line diagram busbar arrangement, equipments their functions, accessories, study of protective schemes, batteries and their maintenance, operation of small sub-station.

5.2. Reactors : types of reactors, busbar reactor, 'tuning reactor, arc-suppression reactor, connection of reactors in power stations, uses of reactors.

5.3. Neutral grouding ; types of grounding, solid grounding, reactance grounding, arc suppression coil grounding, choice of method of neutral earthing. Grounding of sub-station, grounding of line structure and sub-station equipment.

5.4. Concept of G.I.S. (Gas Insulated Substation).

SUGGESTED DISTRIBUTION OF MARKS

Topic No.	Time Alloted (Periods)	Marks Allocation (%)
1	15	16
2	24	30
3	15	18
4	15	18
5	15	18
Total	25	100

विषय-सूची

पृष्ठ संख्या

1. स्विच-यंत्रावली का परिचय/उल्लेख (Introduction to Switchgear) 1-20
2. वैद्युत प्रदोष (Electrical Faults) 21-51
3. फ्यूज (Fuses) 52-69
4. परिपथ वियोजक या सर्किट ब्रेकर (Circuit Breaker) 70-94
5. रिले (Relays) 95-115
6. प्रोटेक्शन ऑफ अल्टरनेटर्स, ट्रांसफॉर्मर्स एण्ड मोटर्स (Protection of alternator, transformer and motor) 116-158
7. प्रोटेक्शन ऑफ बस-बार एण्ड लाइन्स (Protection of bus-bars and lines) 159-167
8. प्रोटेशन अगेन्स्ट ओवरवोल्टेज (Protection Against Overvoltage) 168-189
9. सब-स्टेशन (Sub-station) 190-211
10. न्यूट्रल ग्राउंडिंग (Neutral Grounding) 212-227
11. प्रतिघातक (Reactors) 228-241
12. गैस विद्युतरोधी उप-स्थान का उद्भव (Concept of Gas Insulated Sub-station) 242-244
- Objective Type Questions 245-255
- परीक्षा प्रश्न-पत्र

1 स्विच-यंत्रावली का परिचय/उल्लेख (Introduction to Switchgear)

1.1 स्विच-यंत्रावली का परिचय/उल्लेख (Introduction to Switchgear)

Electrical Energy की बढ़ती खपत Modern Civilization की आवश्यकता बन गई है। ज्यादा वैद्युत शक्ति की खपत Light, heating, domestic appliances, industrial electrical machinery electric transaction में होती है। हमारे जीवन में वैद्युत शक्ति की आवश्यकता बहुत अधिक बढ़ गई है तथा इसलिए दोषपूर्ण स्थिति से बचाने के लिए वैद्युत परिपथों का विभिन्न विधियों द्वारा रक्षण करने की आवश्यकता पड़ती है ताकि वैद्युत शक्ति की Continuity बनी रहे। सप्लाई की Continuity को बनाये रखने के लिए विभिन्न स्विच-यंत्रावली की आवश्यकता पड़ती है। जैसे On-Off स्विच, transmission lines, distributors and other equipments. A switchgear essentially consists of switching and protecting devices such as—switches, fuses, circuit breakers, relays etc.

सामान्य अवस्था में स्विच यंत्रावली के द्वारा स्विच On-Off generators, transmission, distributors तथा अन्य वैद्युत उपकरण तथा दूसरी तरफ जब किसी वैद्युत परिपथ में short circuit के कारण सप्लाई रुक जाती है तो स्विच यंत्रावली के द्वारा फाल्ट को मालूम करके Unhealthy section को सप्लाई सिस्टम से अलग कर दिया जाता है।

Switchgear

The apparatus used for switching, controlling and protecting electrical circuits and equipment is known as switchgear.

स्विच यंत्रावली उपकरणों के द्वारा किसी भी परिपथ में धारा को कंट्रोल सामान्य या असामान्य स्थिति में कर सकते हैं। जैसे Tumbler Switch तथा fuse स्विच-यंत्रावली के सामान्य उपकरण हैं जिनके द्वारा हम कंट्रोल तथा रक्षण घरों में कर सकते हैं।

High Current circuits के लिये हम H.R.C. Fuse (High rapturing capacity) को कंट्रोल तथा रक्षण के लिए उपयोग करते हैं।

Power system में नई टेक्नोलॉजी के द्वारा लाइन तथा अन्य उपकरणों को अधिक वोल्टेज तथा अधिक धारा पर Use कर सकते हैं। जब सिस्टम के अन्दर Short circuit होता है तो परिपथ में बहुत अधिक धारा बहने लगती है तथा फॉल्टी स्थिति में बहने वाली धारा को Automatic Circuit Breaker के द्वारा कट्रोल किया जाता है। अत:

A Circuit Breaker is a switchgear which can open or close an electrical circuit in both normal and abnormal conditions.

Switchgear Equipments

Switchgear के अन्तर्गत आने वाले उपकरणों के द्वारा हम धारा को कंट्रोल सामान्य तथा असामान्य स्थितियों में कर सकते हैं। इसके अन्तर्गत switches, fuses, circuits, breakers, relays तथा अन्य उपकरण आते हैं।

1. Switches—स्विच एक ऐसी युक्ति है जिसके द्वारा हम किसी भी विद्युत परिपथ को खोल (open) या बन्द (close) कर सकते हैं। स्विच को हम full-load तथा no-load दोनों अवस्थाओं में use कर सकते हैं। परन्तु faulty condition में स्विच के द्वारा बड़ी हुई धारा को कंट्रोल नहीं किया जा सकता है। जब हम स्विच को open करते हैं तो स्विच के contact के बीच में एक आर्क उत्पन्न होती है। स्विचों का वर्गीकरण निम्न प्रकार किया जा सकता है—

(1) Air switches (2) Oil switches

(i) Air switches—यह एक वायु स्विच है तथा इसे इस प्रकार डिजाइन किया जाता है कि यह परिपथ पर लोड लगे होने की दशा में आसानी से अपना कार्य कर सकता है।

इस प्रकार के स्विच में अलग तरह के Arcing horn लगाये जाते हैं ताकि जब हम स्विच को ऑन करें तो Arc उत्पन्न होने की स्थिति में Arcing horn के सम्पर्क एक-दूसरे से अलग होकर Arc की लम्बाई को बढ़ा देते हैं जिसके कारण Arc का प्रतिरोध बढ़ जाने के कारण Arc जल्दी से जल्दी बुझ जाती है। Airbreak switches को ज्यादातर medium capacity की लाइनों में बाहरी स्विच के रूप में काम में लाये जाते हैं।

1.2 स्विचों के प्ररूप (Types of Switches)

कारखानों की विद्युत मशीनों को चलाने तथा बन्द करने के लिए, निम्न प्रकार के मुख्य स्विच प्रयोग किये जाते हैं—

(i) चाकू स्विच (Knife switch)
(ii) चेन्ज ओवर स्विच (Change over switch)
(iii) पुश बटन (Push Button switch)
(iv) नियन्त्रण स्विच (Control switch)
(v) शक्ति परिपथों के लिये प्रवर्तन स्विच (Starting switch for three phase power circuit or triple pole iron clad switch)
(vi) सम्पर्कक (Contractor)

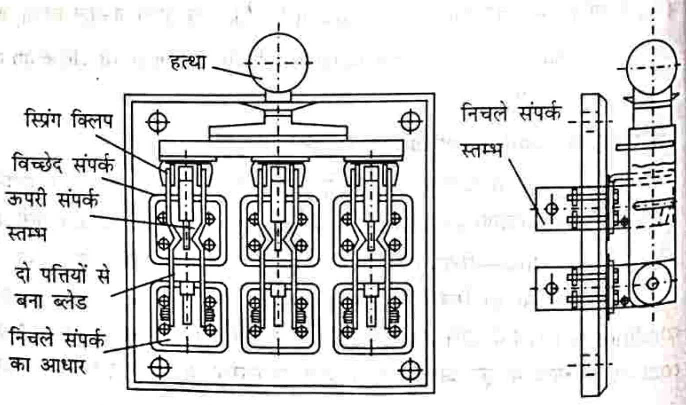
नोट—नीचे उपरोक्त विभिन्न स्विचों के बारे में संक्षेप में वर्णन किया गया है।

1.3 नाइफ स्विच तथा चेन्ज ओवर स्विच (Knife switch and Change over switch)

नाइफ स्विच तथा चेन्ज ओवर स्विच, हस्तचालित स्विच है। चाकू स्विच एक ध्रुवी (single pole), द्विध्रुवी तथा तीन ध्रुवी होते हैं तथा ये विद्युत धारा को चालू तथा बन्द करने के काम आते हैं, जबकि चेन्ज ओवर स्विच (Change over switch) का प्रयोग निर्धारित धाराओं (rated currents) तथा निर्धारित वोल्टताओं पर विद्युत परिपथों को बदलने तथा बिना लोड की स्थिति में प्रचालन के लिए किया जाता है।

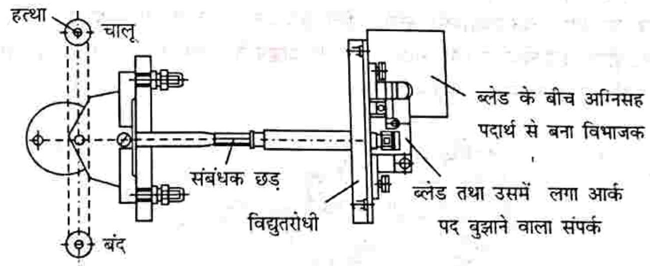
संचालन विधि के अनुसार चाकू तथा चेन्ज ओवर स्विच दो प्रकार के होते हैं—(i) केन्द्रीय हत्थे वाले स्विच, जिनमें हत्था स्विच बोर्ड के अग्र भाग में लगा रहता है तथा (ii) लीवर द्वारा काम करने वाले स्विच, जिनमें स्विच तो तख्ते के पीछे चौखटे में लगा रहता है, पर हत्था स्विच बोर्ड के अग्र भाग से बाहर निकला रहता है। चाकू तथा चेन्ज ओवर स्विच का संचालन स्विच बोर्ड के अग्र भाग से किया जाता है।

केन्द्रीय हत्थे वाले चाकू स्विचों का प्रयोग 220 वोल्ट तक की निर्धारित वोल्टता वाली निर्धारित धारा के बन्द करने के लिए किया जा सकता है, इससे अधिक वोल्टता होने पर चाकू स्विचों का प्रयोग, केवल बिना लोड वाले परिपथों को बन्द करने के लिए (अर्थात् निम्न वोल्टता परिपथ, वियोजकों के रूप में) किया जाता है। चित्र 1.1 में इस प्रकार त्रिध्रुवी चाकू स्विच दिखाया गया है।



चित्र 1.1 : केन्द्रीय हत्थे वाले चाकू स्विच

लीवर द्वारा संचालित चाकू स्विचों का प्रयोग 220 वोल्ट की दिष्ट धारा (d.c.) तथा 440 वोल्ट प्रत्यास्थ धारा (a.c.) तक की निर्धारित धाराओं को बन्द करने के लिये किया जाता है। इससे अधिक वोल्टता होने पर, इस प्रकार के चाकू स्विचों का प्रयोग केवल बिना लोड वाले परिपथों को बन्द करने के लिए किया जाता है। लीवर द्वारा संचालित चाकू स्विच चित्र 1.2 में दिखाया गया है।

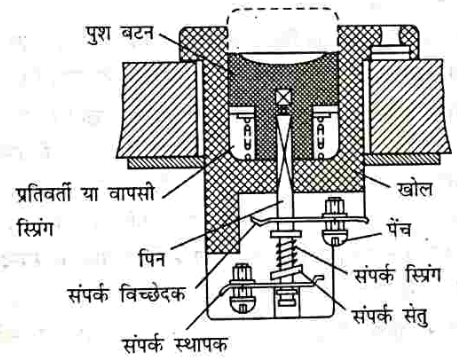


चित्र 1.2 : लीवर द्वारा संचालित नाइफ स्विच की संरचना

1.4 पुश बटन स्विच तथा नियन्त्रण स्विच (Push Button switch and Control switch)

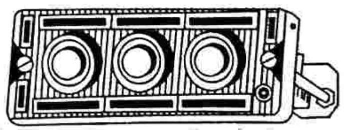
इन स्विचों का प्रयोग सुदूर नियन्त्रण (remote control) के लिये किया जाता है।

(अ) पुश बटन स्विच—पुश बटन स्विच का काट दृश्य चित्र 1.3 में दिखाया गया है। इनका प्रयोग प्रायः विद्युत-चुम्बकीय उपकरणों के सुदूर नियन्त्रण (remote control) के लिये किया जाता है। इस स्विच में प्लास्टिक का एक पुश बटन तथा एक खोल होता है। खोल में विभिन्न सम्पर्क तथा स्प्रिंग होते हैं। पुश बटन इस्पात के एक पिन पर लगा होता है। इस पिन के एक सिरे पर एक सम्पर्क सेतु तथा एक सम्पर्क स्प्रिंग लगे होते हैं। नियन्त्रण परिपथ के सिरे, सम्पर्क वियोजक (contact breaker) तथा सम्पर्क स्थापक के साथ पेंचों से जुड़े होते हैं। खोल के अन्दर जाने वाले पुश बटन के बेलनाकार हिस्से पर, एक वापसी स्प्रिंग (return spring) चढ़ा होता है। पुश बटन को स्विच बोर्ड पर पेंचों द्वारा लगाया जाता है। कई पुश बटनों को एक साथ लगाकर पुश बटन केन्द्र (चित्र 1.4) बनाया जाता है।



चित्र 1.3 : पुश बटन स्विच की संरचना

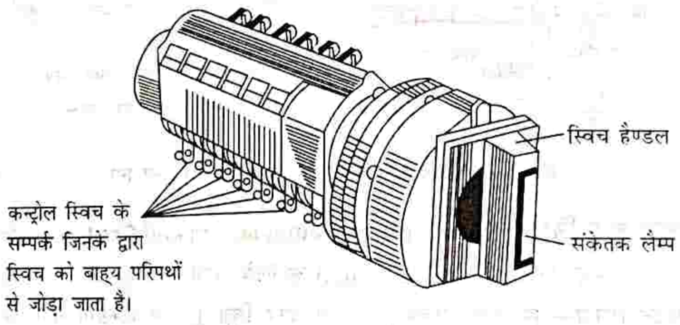
प्रयोजन के आधार पर प्रायः पुश बटन स्विच, ऐसे स्प्रिंग वाले बनाये जाते हैं, जो सम्पर्कों को अपने आप, वापस अपने स्थान पर ले जाते हैं।



चित्र 1.4 : एक साथ संलग्न कई पुश बटनों की संरचना

(ब) नियन्त्रण स्विच (Control switch)—नियन्त्रण स्विचों का प्रयोग, उच्च वोल्टता वाले सुदूर नियन्त्रित (remote controlled) परिपथ वियोजकों (circuit breakers) तथा विलगकारियों (isolators) के नियन्त्रण तथा संकेतन (signalling) परिपथों को चालू तथा बन्द करने के लिए किया जाता है।

चित्र 1.5 में एक सरल नियन्त्रण स्विच दिखाया गया है, जिसके हैण्डल में लैम्प वाला संकेतन लगा होता है, जिसमें सम्पर्कों को अपने स्थान पर वापस लाने तथा स्थिर करने के लिए स्प्रिंग लगा होता है। यह नियन्त्रण स्विच एक ब्लॉक के रूप में जुड़े कई भागों में बना होता है। प्रत्येक भाग में बाह्य परिपथ से जोड़ने के लिए बाह्य सम्पर्क तथा चाल एवं स्थिर सम्पर्कों (fixed contact) से बनी आंतरिक सम्पर्क व्यवस्था होती है।



चित्र 1.5 : नियन्त्रण स्विच

प्रयोजन के आधार पर नियन्त्रण स्विच के सम्पर्कों में संचालन, संकेतन तथा संकट सूचक परिपथ सम्पर्कों में विभाजित किया जाता है।

नियन्त्रण परिपथ सम्पर्कों का प्रयोग परिपथ वियोजकों (circuit breakers) को चालू या बन्द करने का आदेश देने के लिए किया जाता है। ये सम्पर्क केवल आदेश देने के समय जुड़ जाते हैं तथा आदेश पूरा होते ही अपने आप (स्प्रिंग द्वारा व्यवस्था के कारण) बन्द हो जाते हैं।

संकेतन सम्पर्कों का प्रयोग परिपथ वियोजकों की स्थिति जानने के लिये किया जाता है। परिपथ वियोजक के चालू होने के आदेश प्राप्त होने के बाद ये सम्पर्क जुड़ जाते हैं तथा इसी स्थिति में स्थिर हो जाते हैं।

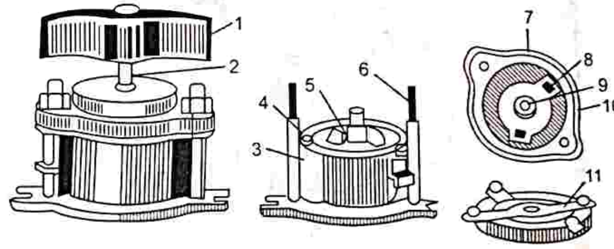
सम्पर्कों के स्विच ओवर के लिये संकेतक लैम्प लगे हैण्डल को घुमाया जाता है। यह लैम्प पारदर्शक प्लास्टिक के बने प्रिज्माकार खोल में बन्द होता है। स्विच की स्थिति तथा उनके अनुसार वियोजक की स्थिति स्मृति-सहायक परिपथ* की बनावट पर निर्भर करती है। अधिकतर परिपथों में हैण्डल की क्षैतिज स्थिति तथा प्रकाशित लैम्प, नियन्त्रण स्विच तथा वियोजक (breaker) की चालू स्थिति का संकेत देते हैं। हैण्डल में लगे लैम्प का टिमटिमाना इस बात का सूचक है कि नियन्त्रण स्विच की स्थिति वियोजक की स्थिति के अनुसार नहीं है। टिमटिमाते प्रकाश के लिये लैम्प को स्पन्द रिले से प्राप्त स्पन्द मान वोल्टता (pulsating voltage) से संयोजित किया जाता है।

नियन्त्रण तथा संकेतन परिपथ की बाह्य तारें (outer wires), स्विच के खोल पर लगे सम्पर्कों से जोड़ी जाती हैं।

* *स्मृति-सहायक परिपथ, उस परिपथ को कहते हैं, जो स्विच-बोर्ड नियन्त्रण पैनल पर बना होता है तथा विद्युत प्रणाली के विभिन्न भागों या किसी उपकरण के चालू या बन्द होने की स्थिति को दिखाता है।*

1.5 घूर्णी स्विच तथा प्रवर्तन स्विच या प्रारम्भन स्विच (Rotary switch and Starting switch)

(अ) घूर्णी स्विच (Rotary switch)—घूर्णी स्विच का प्रयोग 400 वोल्ट माप के विद्युत परिपथों को चालू (प्रारम्भ) तथा बन्द करने के लिये किया जाता है। चित्र 1.6 में इस प्रकार का एक स्विच दिखाया गया है। यह स्विच इस्पात की मोटी पिन पर लगे हैण्डल तथा विद्युरोधन पदार्थ से बने पैकेट-रिंगों (packet ring) की ऐसेम्बली से बना होता है। प्रत्येक रिंग के अन्दर अलग-अलग ध्रुवों के लिये अलग-अलग सम्पर्क व्यवस्था होती है। यह सम्पर्क पैकेट रिंग पर लगे स्थिर सम्पर्कों तथा हैण्डल पर लगे पिन द्वारा 10° या 120° पर घुमाये जाने वाले चल सम्पर्कों (movable contacts) से बनी होती है।



चित्र 1.6 : रोटरी स्विच में संरचनात्मक अंग

पैकेट रिंगों को स्टडों (studs) द्वारा जोड़कर एक ब्लॉक बनाते हैं। सम्पर्कों के तुरन्त स्विचन (switching) तथा हैण्डल की स्थिति, नियत करने के साधन एक ढक्कन में लगे होते हैं। यह प्रबन्ध रोक (arresting device), स्प्रिंग तथा लग (lug) से बनी होती है।

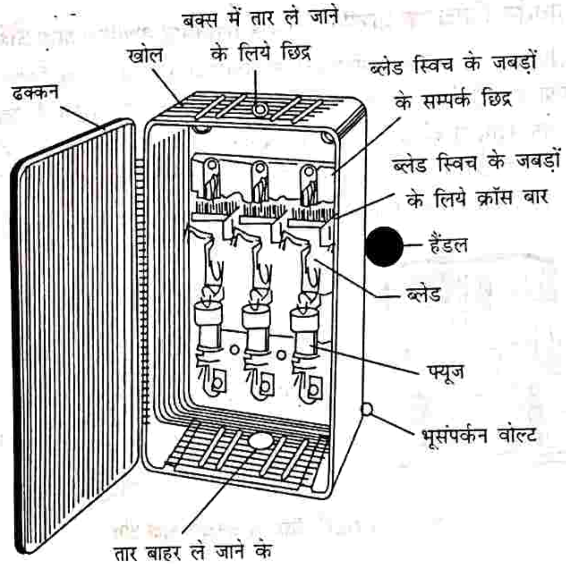
प्रत्येक ध्रुव की सम्पर्क व्यवस्था, दो स्थानों पर परिपथ का विच्छेदन करती है। सम्पर्कों द्वारा परिपथ काटने पर घूर्णी स्विच में उत्पन्न आर्क एक बन्द कक्ष में बुझाई जाती है। इस कक्ष में रेशे आदि, जैसे गैस उत्पादक पदार्थ से बनी प्लेटें लगी रहती हैं।

घूर्णी स्विच एक ध्रुवी, दो ध्रुवी, तीन ध्रुवी होते हैं तथा इनमें अधिक से अधिक 7 पैकट रिंग होते हैं। इन्हें 220V की निर्धारित धारा 10 से 400A तथा 400V (a.c.) के लिये निर्धारित धारा 60 से 250A तक बनाया जाता है।

(ब) प्रारम्भन स्विच (Starting switch)—औद्योगिक स्थानों की विद्युत प्रणाली में इस प्रकार के स्विच शक्ति परिपथों तथा उनमें लगे विद्युत उपकरणों को चालू (प्रारम्भ) तथा बन्द करने के लिये तथा उनकी रक्षा के लिये प्रयोग किये जाते हैं।

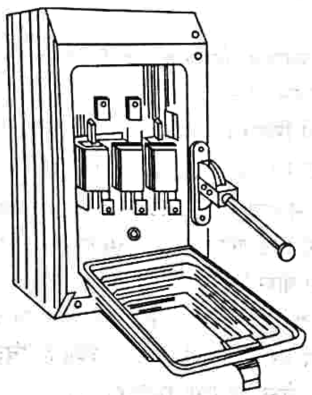
पारम्भन स्विच दो प्रकार के होते हैं, एक प्रकार के स्विच में चाकू स्विच तथा फ्यूज समुच्चय (assembly) लगी होती है तथा दूसरे प्रकार के स्विच में फ्यूजों तथा वियोजकों (breakers) का एक ब्लॉक लगा रहता है। प्राय: बाजार में ये धातु लौह आवरण स्विच (iron clad switch) के नाम से मिलते हैं, एक ध्रुवी, दो ध्रुवी तथा तीन ध्रुवी, न्यूट्रल सहित मिलते हैं। इन्हें I.C.D.P. switch, I.C.T.P. switch तथा I.C.T.P.N. switch के लघु नाम से जाना जाता है।

प्रारम्भन स्विच का खोल लोहे की चादर से बना होता है, जिस पर एक ढक्कन लगा रहता है। इसके अन्दर अग्निसह (Fireproof) तथा विद्युतरोधी पदार्थ से बनी एक प्लेट लगी रहती है, जिस पर त्रिध्रुवी चाकू तथा तीन फ्यूज लगे रहते हैं। चाकू स्विच का हैण्डल खोल में दायीं ओर बने छेद से बाहर निकलता है। प्रारम्भन स्विच के ऊपरी तथा निचले भागों में भी छेद होते हैं, जिनमें से तारें, स्विच के अन्दर तथा बाहर जाती हैं। ये तारें चाकू स्विच के अन्दर तथा बाहर जाती हैं। ये तारें चाकू स्विच जबड़ों के सम्पर्क बोल्टों तथा फ्यूजों के निचले सम्पर्क स्थानों से जोड़ी जाती हैं। चित्र 1.7 में इस प्रकार का स्विच दिखाया गया है। स्विच के दायीं ओर एक भू-सम्पर्कन बोल्ट भी लगा रहता है।



चित्र 1.7 : शक्ति परिपथों के लिए प्रारम्भन स्विच

दूसरे प्रकार के प्रारम्भन स्विच का खोल तथा ढक्कन भी लौह चादर से बना होता है। चादर की मोटाई 1 से 1·5 मिलीमीटर तक होती है। इस स्विच के अन्दर तीन फ्यूजों का एक ब्लॉक तथा छः सम्पर्क जबड़े होते हैं। ब्लॉक का संचालन एक हैण्डल द्वारा होता है, जो स्विच के सामने वाले भाग में दायीं ओर लगा रहता है। हैण्डल को नीचे से ऊपर ले जाने पर फ्यूज क्षैतिज दशा में आ जाते हैं तथा ऊपर वाली छुरियाँ ऊपर वाले जबड़ों में तथा नीचे वाली छुरियाँ नीचे वाले जबड़ों मे चली जाती हैं, तथा इस प्रकार परिपथ चालू (प्रारम्भ) हो जाते हैं। हैण्डल को नीचे घुमाने पर फ्यूजों की सम्पर्क छुरियाँ जबड़ों से बाहर निकल आती हैं तथा विद्युत परिपथ में दोहरा अन्तराल (gap) बन जाता है, जिसके कारण सामान्य चाकू स्विचों की अपेक्षा इस स्विच की स्विचन (switching) सामर्थ्य बढ़ जाती हैं। चित्र 1.8 में इस प्रकार का स्विच दिखाया गया है।



चित्र 1.8 : शक्ति परिपथ के लिए प्रारम्भन स्विच

1.6 सम्पर्कक (Contactor)

सम्पर्कक वह सुदूर नियन्त्रित विद्युत-चुम्बकीय उपकरण है, जिसे सामान्य कार्य परिस्थितियों में विद्युत के शक्ति परिपथों को चालू तथा बन्द करने में प्रयोग किया जाता है। औद्योगिक संस्थाओं की विद्युत प्रणाली में ऐसे सम्पर्ककों का प्रयोग किया जाता है, जिनकी सम्पर्क प्रणाली विद्युत-चुम्बक द्वारा कार्य करती है।

विद्युत-चुम्बकीय सम्पर्कक में निम्न मुख्य भाग होते हैं—

(i) विद्युत परिपथ को चालू तथा बन्द करने के लिए मुख्य सम्पर्क।

(ii) सम्पर्कक परिपथ को बन्द करते समय मुख्य सम्पर्ककों में उत्पन्न आर्क को बुझाने की व्यवस्था।

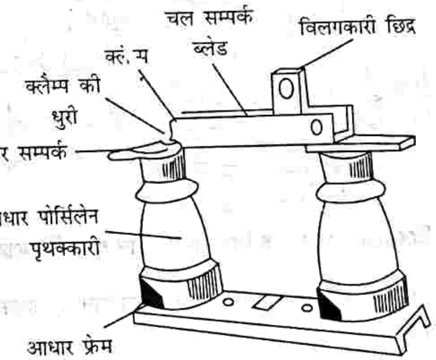
(iii) सम्पर्कक के सुदूर-नियन्त्रण (remote control) के लिये उन्हें चालू या बन्द करने के लिये, विद्युत-चुम्बकीय प्रणाली।

(iv) सम्पर्क के नियन्त्रण अथवा संकेतन परिपथों (signalling circuits) के स्विचन के लिये अन्तःबद्ध सम्पर्क (interlocking contacts) सम्पर्ककों का प्रयोग प्रत्यावर्ती तथा दिष्टधारा वाले परिपथों में किया जाता है। त्रिफेजी प्रत्यावर्ती धारा के लिये प्रायः त्रिध्रुवी सम्पर्कक प्रयोग किये जाते हैं, जबकि दिष्टधारा परिपथों के लिये प्रायः एक ध्रुवी सम्पर्कक प्रयोग किये जाते हैं।

(ii) **Oil switches**—Oil switches के Contact oil के अन्दर डूबे रहते हैं। यहाँ Oil का कार्य Cooling तथा आर्क को बुझाने का होता है। Contact के बीच में जो Oil काम में लाया जाता है वह transformer oil होता है। इन स्विचों को अधिक वोल्टेज तथा अधिक धारा वाले परिपथों में काम में लाया जाता है।

2. विलगकारी या आइसोलेटर (Isolators)

विलगकारियों (isolators) का प्रयोग उच्च वोल्टता वाली विद्युत प्रणाली के भागों को चालू (प्रारम्भ) या बन्द करने के लिये किया जाता है, जबकि उनमें कोई भार धारा न हो। इसके अलावा इनका प्रयोग विद्युत-परिपथ को प्रत्यक्ष रूप में तोड़ने के लिये भी किया जाता है, ताकि इस बात में कोई शक न रहे कि मरम्मत स्थल पर काम करने वालों को कोई खतरा नहीं है।



चित्र 1.9 : 6.6 kV के लिये अन्दर लगने वाला विलगकारी

ब्लेडों की संख्या के अनुसार विलगकारी एक ध्रुवी (single pole) अथवा त्रिध्रुवी (three pole) हो सकते हैं। भवन के अन्दर अथवा बाहर लगाने के लिये भी अलग-अलग प्रकार के विलगकारी होते हैं। त्रिध्रुवी विलगकारी, तीन एक ध्रुवी विलगकारी से बने होते हैं, जो कि एक शाफ्ट द्वारा जुड़े रहते हैं।

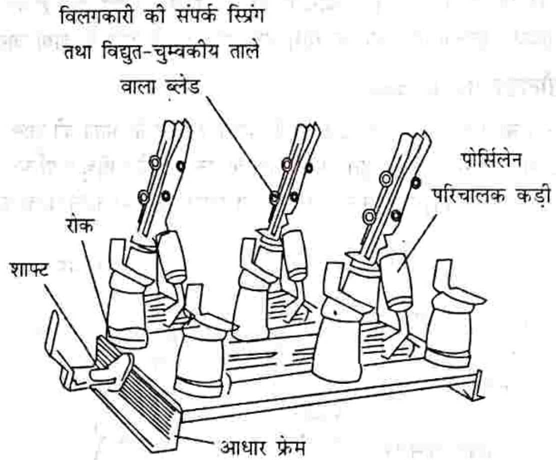
नीचे प्रमुख विलगकारियों (isolators) का वर्णन किया गया है—

1.7 अन्दर लगने वाला विलगकारी (Indoor type isolators)

चित्र 1.9 में 6·6 kV के लिये अन्दर लगने वाला विलगकारी दिखाया गया है। इसमें एक आधार फ्रेम होता है, जिस पर पोर्सिलेन के दो आधार विद्युतरोधक लगे रहते हैं, इनके निचले भाग पर ढलवाँ लोहे की कोर (flange) लगी रहती है तथा ऊपर वाले भाग पर ढलवाँ लोहे की टोपी (cap) चढ़ी होती है। आधार विद्युतरोधकों की टोपी पर स्थिर सम्पर्कक लगे होते हैं। धुरी (axle) तथा क्लैम्प द्वारा स्थिर सम्पर्क ब्लेड, चल सम्पर्क ब्लेड द्वारा जुड़ा होता है। चल सम्पर्क ब्लेड पर एक छेद बना होता है, जिसमें छड़ लगाकर विलगकारी को चालू या बन्द किया जा सकता है।

1.7-1 त्रिध्रुवी विलगकारी (Three pole isolators)

चित्र 1.10 में 11kV के लिये अन्दर लगने वाला त्रिध्रुवी विलगकारी दिखाया गया है, जिसमें एक आधार फ्रेम पर विलगकारी के तीन ध्रुव लगे रहते हैं, जोकि आपस में एक ही शाफ्ट द्वारा जुड़े रहते हैं। शाफ्ट को घुमाने का कोण रोक (barrier) द्वारा नियन्त्रित किया जाता है। विलगकारी (isolators) के सम्पर्क ब्लेडों में स्प्रिंग तथा विद्युत-चुम्बकीय ताले लगे रहते हैं, जो सम्पर्कों पर आवश्यक दबाव बनाये रखते हैं तथा लघु पथ धारा आने पर विलगकारी को अपने आप खुल जाने से रोकते हैं। पॉर्सिलेन की कड़ियों द्वारा सम्पर्क ब्लेड शाफ्ट के साथ जुड़े रहते हैं।

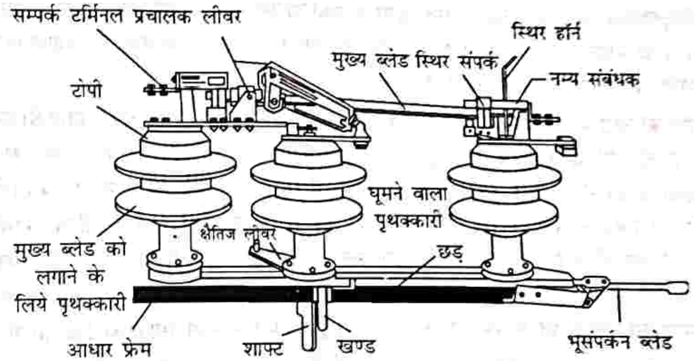


चित्र 1.10 : 11 kV के लिये अन्दर लगने वाला विलगकारी

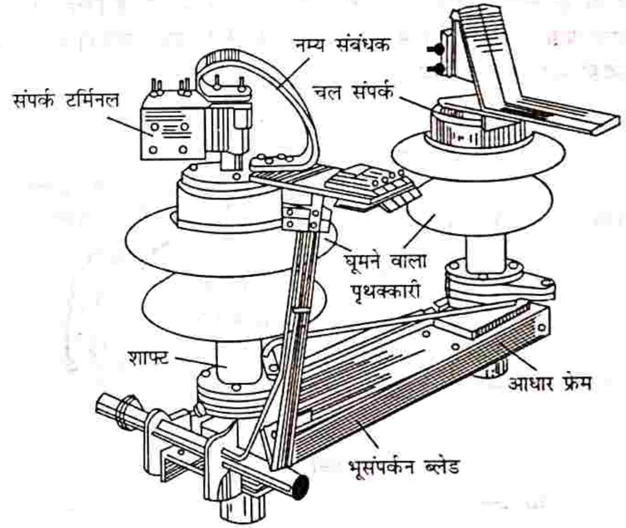
अन्दर लगने वाले त्रिध्रुवी विलगकारी की बनावट अपेक्षाकृत सरल होती है, इनका संचालन हाथ से चलाये जाने वाले लीवर प्रचालकों द्वारा किया जाता है।

1.7-2 बाहर वाला विलगकारी (Outdoor type isolators)

चित्र 1.11 में 33 kV लाइनों के लिये लगने वाला विलगकारी दिखाया गया है, जिसके ब्लेड घुमाने पर सम्पर्क तोड़ते अथवा बनाते हैं। यह अलग ध्रुवों के रूप में बना होता है। ये ध्रुव नली की आकार वाली कड़ियों द्वारा आपस में जुड़कर त्रिध्रुवी विलगकारी बनाते हैं। तीनों ध्रुवों का संचालन हाथ से चलाये जाने वाले एक ही लीवर प्रचालक द्वारा किया जाता है।



चित्र 11.1 : 33 kV प्रणाली के लिये बाहरी विलगकारी



चित्र 1.12 : 33 kV प्रणाली के लिये बाहरी विलगकारी

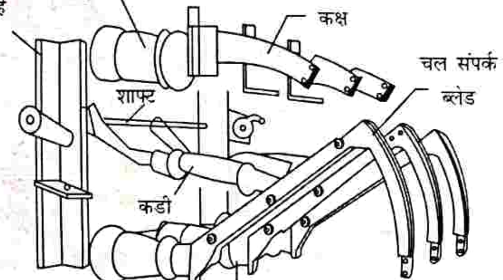
इस विलगकारी का फ्रेम कोणी लोहे (angle iron) का बना होता है, जिस पर कुछ प्लेटें बैल्डिंग द्वारा लम्बवत् जुड़ी रहती हैं। जिस स्थान पर विलगकारी को लगाया जाता है, वहाँ पर ध्रुवों को जोड़ने के लिये फ्रेम में छेद बने रहते हैं।

विलगकारी के प्रत्येक ध्रुव के लिये तीन पद विद्युतरोधकों (post insulator) होते हैं, जिनमें से बीच वाले विद्युतरोधक को घुमाया जा सकता है। इस ऊर्ध्वाधर अक्ष (vertical axis) के चारों ओर घूम सकता है। इस विद्युतरोधक के स्तम्भ का निचला हिस्सा एक क्षैतिज लीवर (horizontal lever) पर लगा होता है। यह लीवर शाफ्ट के साथ वेल्ड किया होता है तथा ध्रुवों के बीच की छड़ों को आपस में जोड़ने का काम करता है। यह शाफ्ट ढलवाँ लोहे के आधार फ्रेम पर लगे एक बेयरिंग में घूमती है। लीवर में एक किंग पिन लगी होती है, जो उसकी बनी प्लेट में बने छिद्र में घूमती है।

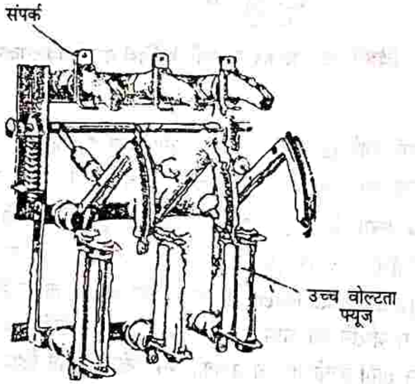
शेष दो पद विद्युतरोधक (post insulator) स्थिर होते हैं, तथा नलिकाकार आधारों द्वारा मुख्य आधार फ्रेम पर लगे होते हैं। बायें पृथक्कारी (3) का प्रयोग प्रचालक लीवर तथा सम्पर्क को लगाने के लिये किया जाता है, जबकि दायें विद्युतरोधक (1) का प्रयोग स्थिर सम्पर्क को लगाने के लिये किया जाता है।

मुख्य ब्लेड ताँबे की नली के आकार का होता है, जिनका एक सिरा बेलचे की तरह चपटा होता है। इसके चपटे सिरे पर एक-एक इस्पाती लोहे का चल हार्न (movable horn) रिवेट द्वारा लगा होता है। ताँबे की नली तथा उस पर चढ़ी लोहे की टोपी क्रॉस बेस (cross base) में घूमती हैं; जबकि क्रॉस बेस विलगकारी के आधार फ्रेम में लगे बेयरिंगों में उर्ध्वाधर तल (vertical place) में घूमती है। इस प्रकार मुख्य ब्लेड न केवल अपने अक्ष के चारों तरफ ही बल्कि ऊर्ध्वाधर अक्ष के चारों तरफ भी घूम सकता है। ढलवाँ लोहे की छड़ कब्जों द्वारा क्लैम्प से जुड़ी रहती है। इस छड़ का दूसरा सिरा घूमने वाले विद्युतरोधक (insulator) के मुख्य लीवर के साथ रिंग (ring) द्वारा जुड़ा रहता है। स्थिर सम्पर्क ताँबे के दो क्लैम्पों द्वारा बना होता है, तथा चपटे स्प्रिंगों द्वारा ढलवाँ लोहे के ब्रैकेट से जुड़ा होता है। ब्रैकेट में एक स्थिर शृंग (fixed horn) भी लगा रहता है।

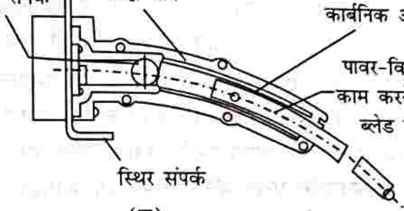
ब्रैकेट, इस्पात के एक डिस्क (disc) पर लगे होते हैं, तथा दोनों के मध्य लचक पदार्थ की परतें होती हैं। इस्पात की यह डिस्क पेंचों द्वारा विद्युतरोधकों की टोपियों पर विशेष प्रकार की प्लेटों द्वारा लगी रहती हैं, जिनके सिरों पर भू-सम्पर्कन ब्लेडों के लिये सम्पर्क लगे रहते हैं। भू-सम्पर्कन ब्लेड इस्पात की नली के आकार के होते हैं जिन्हें शाफ्ट के साथ लम्बवत् वेल्ड किया जाता है। शाफ्ट, आधार फ्रेम में लगे बेयरिंगों में घूमता है। भू-सम्पर्कन ब्लेड विलगकारी द्वारा काटी गई लाइन की फेज तारों को भू (earth) से जोड़ने का कार्य करती है।



(अ)



(ब)



(स)

चित्र 1.13 : (अ, ब, स)-आर्क बुझाने का कक्ष

ताँबें के पहियों से बनी नम्य सम्बन्धक (flexible connector) शाफ्ट को आधार फ्रेम से जोड़ता है। नलिकाकार ब्लेड के कोने पर ताँबे का एक सम्पर्क संयोजक लगा रहता है।

चित्र 1.12 में अन्य 33 kV तथा 600 ऐम्पियर क्षमता का बाहरी विलगकारी (outdoor insulator) दिखाया गया है। इसकी रचना चित्र 1.11 के विलगकारी से सरल होती है। इसमें विलगकारी के विद्युतरोधकों के कोर (flange), एक छड़ द्वारा आपस में जुड़ें रहते हैं। अत: विलगकारी (isolator) को चालू अथवा बन्द करने पर दोनों विद्युतरोधक अपने अक्ष के चारों तरफ 90° के कोण पर एक साथ घूम जाते हैं। विद्युतरोधकों के साथ-साथ चल सम्पर्क भी घूम जाते हैं। अत: विद्युत रोधकों को दोनों शाफ्ट, जो छड़ द्वारा जुड़ी होती हैं, के घूमने पर, विलगकारी (isolator) चालू या बन्द किया जा सकता है।

चल सम्पर्कों में से एक चपटे ब्लेड जैसा होता है; जबकि दूसरे चल सम्पर्क के चपटे ब्लेड के सिरे से इस्पात स्प्रिंग वाली पट्टियाँ लगी रहती हैं। विलगकारी को चालू करने के लिए सम्पर्कों की पट्टियों के बीच में चलाया जाता है। पट्टियों के स्प्रिंग, सम्पर्कों के बीच आवश्यक दबाव बनाये रखते हैं। विलगकारी में एक भू-सम्पर्कन ब्लेड भी होता है, जो विलगकारी द्वारा काटी गई लाइन की फ्रेज तारों भू (earth) से जोड़ने का काम करती हैं।

1.7-3 शक्ति विलगकारी स्विच (Power isolator switch)

शक्ति विलगकारी स्विचों का प्रयोग 6·6 तथा 11kV वाली विद्युत प्रणालियों को भार तथा भार रहित (Without load) दोनों ही स्थितियों में बन्द करने के लिये किया जाता है। चित्र 1.13 (अ) तथा (ब) में दो प्रकार की शक्ति विलगकारी स्विच दिखाये गये हैं, जिनमें से चित्र 1.13 (अ) का विलगकारी स्विच बिना फ्यूज वाला है; जबकि चित्र 1.13 (ब) वाले विलगकारी स्विच में फ्यूज भी लगे होते हैं। शक्ति विलगकारी स्विच कोणी लोहे (angle iron) के फ्रेम पर लीवर वली शाफ्ट तथा आधार विद्युतरोधकों का सेट लगा रहता है। इन विद्युतरोधकों पर चल तथा स्थिर सम्पर्क लगे रहते हैं; जिनमें आर्क बुझाने की व्यवस्था होती है। शाफ्ट तथा ब्लेड आपस में पॉर्सिलेन कड़ियों द्वारा जुड़े रहते हैं।

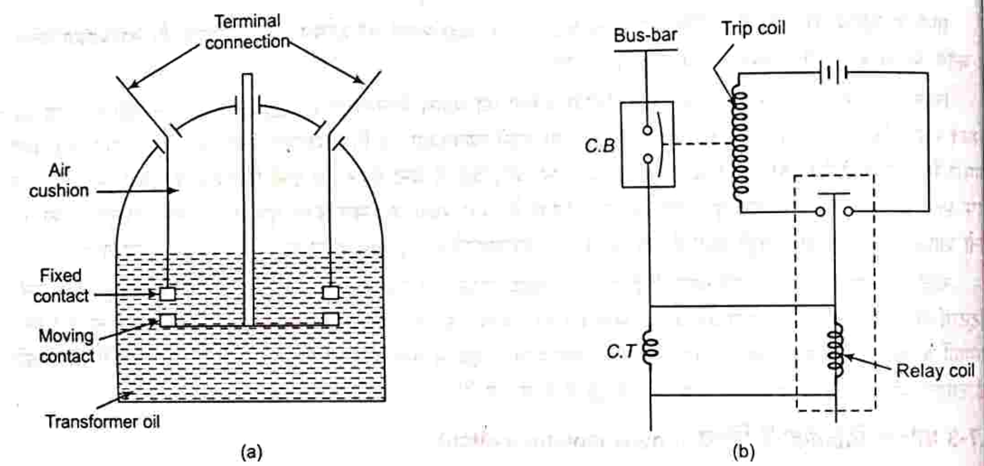
विद्युत परिपथ के भंग (break) होने पर उत्पन्न आर्क एक विशेष कक्ष में बुझाया जाता है। आर्क बुझाने का यह कक्ष चित्र 1.13 (स) प्लास्टिक के दो अर्द्धभागों से बना होता है, जिनमें गैस पैदा करने वाले कार्बनिक (carbonic) पदार्थ का अस्तर (lining) लगा रहता है, प्रत्येक अर्द्धभाग के कार्बनिक अस्तर में एक लम्बा कटाव होता है तथा दोनों अर्द्धभागों के कटाव मिलकर एक तंग सुरंग सी बनाते हैं, जिसका आकार चल सम्पर्क के ब्लेड के अनुरूप होता है।

शक्ति विलगकारी स्विच के काम करने पर उत्पन्न आर्क के उच्च तापमान के कारण कार्बनिक अस्तर की सतह से काफी मात्रा में गैसें निकलती हैं। ये गैसें सम्पर्क ब्लेड तथा कार्बनिक अस्तर के बीच बने तंग स्थान में से बाहर नहीं निकल पातीं, जिसके कारण सुरंग के अन्दर दबाव बढ़ जाता है तथा आर्क शीघ्र बुझ जाता है।

3. Fuses—फ्यूज एक छोटा तार होता है तथा जब इस तार के अन्दर अधिक धारा एक निश्चित समय के लिए प्रवाहित होती है तो फ्यूज तार melt होकर परिपथ को break कर देता है। फ्यूज तार को उस परिपथ के श्रेणी में लगाया जाता है जिस परिपथ का हमें रक्षण करना है। सामान्य अवस्था में फ्यूज तार का तापमान melting point से कम होता है। अत:

सामान्य रूप से लोड धारा को सहन कर लेता है। परन्तु जैसे ही परिपथ में Short Circuit होता है तो परिपथ में बहने वाली धारा का मान बढ़ जाता है जिसके कारण फ्यूज तार का तापमान बढ़ने के कारण वह melt होकर परिपथ को ब्रेक कर देता है एवं machine तथा उपकरण की बढ़ी हुई धारा के कारण कोई नुकसान नहीं हो पाता है।

4. Circuit Breakers—सर्किट ब्रेकर एक ऐसा उपकरण है जो सामान्य तथा असामान्य परिस्थितियों में परिपथ को खुला (Open) तथा बन्द (Close) कर सकता है। सर्किट ब्रेकर को इस तरह से डिजाइन किया जाता है कि सामान्य परिस्थितियों में आदमी के द्वारा (manually) तथा असामान्य परिस्थितियों में स्वत: परिचालित (Automatically Operated) होकर परिपथ को ब्रेक कर देता है। सर्किट ब्रेकर के अन्दर चलित सम्पर्क (Moving Contact) तथा अचल सम्पर्क (Fixed Contact) होते हैं जोकि ट्रांसफार्मर ऑयल में डूबे रहते हैं। चित्र 1.14 (a)।



चित्र 1.14

सामान्य अवस्था में चल सम्पर्क तथा अचल सम्पर्क एक-दूसरे से मिले रहते हैं तथा सर्किट ब्रेकर परिपथ में बहने वाली धारा को वहन करता है। इस अवस्था में C.T. की द्वितीयक कुण्डली में e.m.f. सर्किट ब्रेकर की Trip coil को excite नहीं कर पाता है परन्तु सम्पर्कों को आदमी के द्वारा manually या रिमोट कंट्रोल के द्वारा अलग किया जाता है। जब परिपथ में प्रदोष उत्पन्न होता है तो अधिक धारा होने के कारण C.T. की द्वितीयक कुण्डली में अधिक e.m.f. होता है जिसके कारण सर्किट ब्रेकर की trip coil excite होकर सम्पर्कों को अलग हटा देती है। जब सम्पर्कक अलग हटते हैं तो Arc उत्पन्न होती है। इस Arc को oil quench (बुझाना) कर देता है। यहाँ relay fault को detect करने का काम करती है तथा सर्किट ब्रेकर सर्किट को (break) करने का काम करता है।

5. Relays—रिले वह युक्ति है जो fault को detect करके सर्किट ब्रेकर को सूचना देती है सर्किट को ब्रेक करने के लिए। चित्र 1.14 (b) में रिले के कार्य को दिखाया गया है।

(1) C.T. की प्राथमिक कुण्डली को उस सर्किट के श्रेणी में जोड़ा जाता है जिस सर्किट का हमें रक्षण करना है।

(2) द्वितीय सर्किट में C.T. की द्वितीयक कुण्डली को Relay की operating coil से जोड़ा जाता है।

(3) तृतीयक सर्किट Tripping circuit है जिसमें एक supply, सर्किट ब्रेकर की trip coil तथा relay के Stationary Contacts होते हैं।

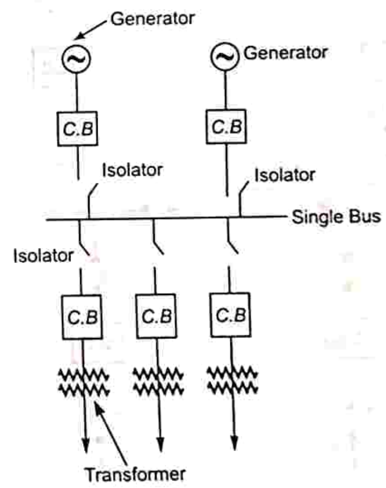
सामान्य अवस्था में relay coil सामान्य धारा होने के कारण सर्किट ब्रेकर की trip coil energized नहीं हो पाती है जिसके कारण सर्किट ब्रेकर के सम्पर्क आपस में मिले रहते हैं तथा परिपथ में सामान्य धारा बहती रहती है। परन्तु प्रदोष स्थिति में relay coil में अधिक धारा बहने के कारण सर्किट ब्रेकर की trip coil energized हो जाती है जिसके कारण सम्पर्क हट जाते हैं तथा सर्किट में धारा बहनी बंद हो जाती है।

1.8 बस बार व्यवस्था (Bus-bar Arrangement)

जब अनेक जनरेटर तथा फीडर समान वोल्टेज पर कार्य करते हैं तो जनरेटर तथा फीडर को आपस में इलेक्ट्रिकली जोड़ने के लिए बस-बार की आवश्यकता पड़ती है। अत: बस-बार कॉपर की रोड या पतली लेयर वाली नली (Thin walled tube) हैं जोकि एकसमान वोल्टेज (Constant voltage) पर कार्य करती है। हम कुछ महत्वपूर्ण बस-बार अवस्थाओं पर विचार करेंगे, जोकि पावर स्टेशन तथा विद्युत उपकेन्द्रों पर कार्य करती है। यहाँ सभी चित्र त्रिफेज अवस्था के लिए परन्तु समझने या आसानी के लिए एकल-फेज अवस्था द्वारा दिखाया गया है।

(1) सिंगल बस-बार प्रणाली (Single Bus-bar System)

सिंगल बस-बार प्रणाली का डिजाइन आसान है तथा पॉवर स्टेशन में उपयोग में लाई जाती है। इस प्रणाली को छोटे बाहरी उपकेन्द्रों पर जहाँ सीमित आने वाले तथा जाने वाले फीडर तथा लाइन होती हैं उपयोग में लाया जाता है। चित्र में सिंगल बस-बार प्रणाली को दिखाया गया है। जनरेटर, बाहर जाने वाली लाइन तथा ट्राँसफार्मर को बस-बार से जोड़ा गया है। प्रत्येक जनरेटर तथा फीडर को सर्किट ब्रेकर के द्वारा कन्ट्रोल किया जाता है। आइसोलेटर का कार्य जनरेटर, फीडर तथा सर्किट ब्रेकर को अनुरक्षण के समय बस बार से अलग करना है। इस प्रकार की प्रणाली का सबसे सस्ता लाभ कम प्रारम्भिक कीमत (Low Initial Cost), कम अनुरक्षण (Less Maintenance) तथा चालन में सरल (Simple operation) है।



चित्र 1.15

हानियाँ (Disadvantages)

(i) पूरी प्रणाली को बन्द करने के बाद ही बस-बार की सफाई, अनुरक्षण तथा टेस्ट कर सकते हैं।

(ii) अगर बस बार के अन्दर ही प्रदोष उत्पन्न होता है तो पूरी सप्लाई प्रभावित होगी।

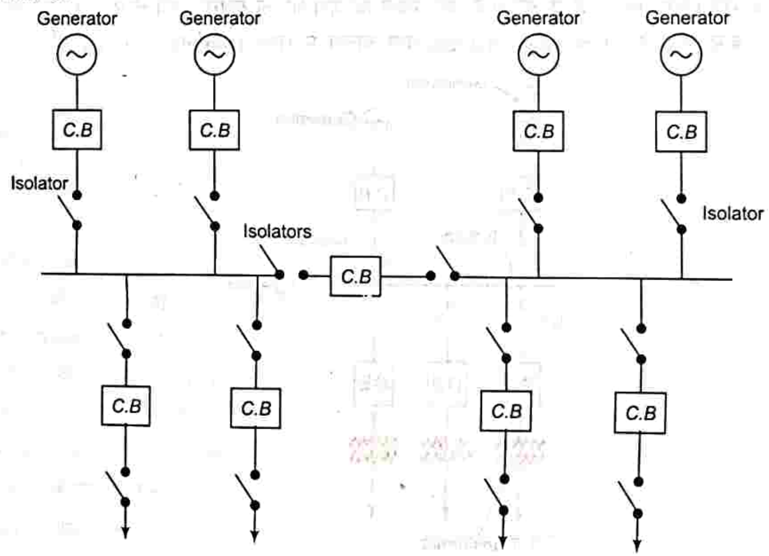
(iii) प्रणाली में प्रदोष उत्पन्न होने पर सभी जनरेटरों की क्षमता प्रभावित होगी जिसके कारण प्रदोषी धारा का मान ब अधिक बढ़ जाएगा।

(2) विभाजकीय सिंगल बस-बार प्रणाली (Single Bus-bar System with sectionalization) :

बड़े उत्पादन केन्द्रों पर जहाँ अनेकों यूनिटों का संस्थापन किया जाता है वहाँ पर विभाजकीय सिंगल बस-बार प्रणाली काम में लाया जाता है ताकि एक हिस्से में प्रदोष उत्पन्न होने की दशा में पूरा सिस्टम फेल ना हो। चित्र में विभाजकीय सिंग बस-बार प्रणाली को दिखाया गया है। आइसोलेटर तथा सर्किट ब्रेकर के द्वारा बस-बार को दो हिस्सों में बाँटा गया है। इ प्रणाली के निम्न लाभ हैं—

(i) किसी भी हिस्से में प्रदोष उत्पन्न होने की दशा में सप्लाई को बाधित किये बिना उस हिस्से को हटा दिया जाता है।
(ii) किसी भी फीडर में प्रदोष उत्पन्न होने की दशा में प्रदोषी धारा का मान अविभाजकीय की अपेक्षा कम होगा जिस कारण कम क्षमता वाले सर्किट ब्रेकर का उपयोग किया जा सकता है।
(iii) किसी भी हिस्से की मरम्मत तथा अनुरक्षण की जा सकती है। केवल उसी हिस्से को बन्द करके, जबकि अ हिस्से से सप्लाई की निरन्तरता बनी रहेगी।

यहाँ इस बात का ध्यान रखा गया है कि बस बार को सर्किट ब्रेकर तथा आइसोलेटर की सहायता से दो हिस्सों बाँटा गया है ताकि एक हिस्से से लोड को दूसरे हिस्से में आसानी से लगाया जा सके तथा सर्किट ब्रेकर के दो तरफ लगे आइसोलेटर की सहायता से सर्किट ब्रेकर का अनुरक्षण बस बार में धारा होने के उपरान्त भी किया सकता है।

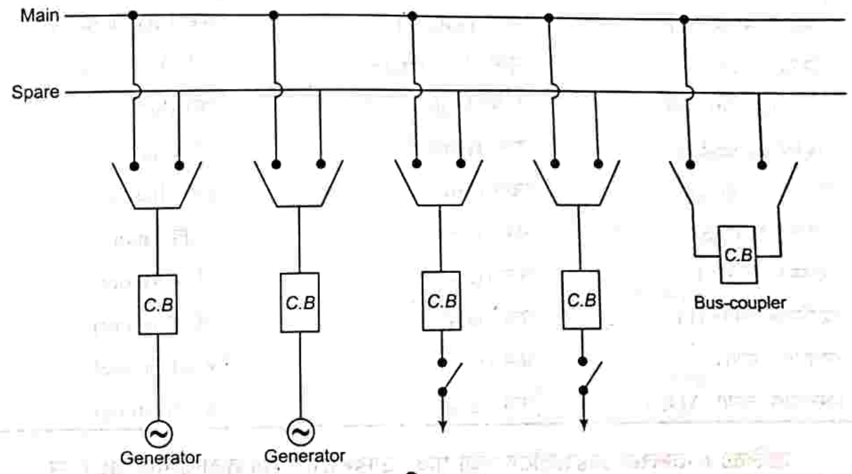


चित्र 1.16

(3) डबल बस-बार प्रणाली (Duplicate Bus-bar System)

बड़े केन्द्रों पर यह आवश्यक है कि फाल्ट तथा अनुरक्षण के कारण सप्लाई बन्द नहीं होनी चाहिये। इस उद्देश्य को प्राप्त करने के लिए केन्द्रों, स्टेशनों पर डबल बस-बार प्रणाली में दो बस काम में लाई जाती हैं। पहली बस को मेन्स बस तथा दूसरी बस को स्पेयर बस कहते हैं। प्रत्येक जनरेटर तथा फीडर को मेन्स बस या स्पेयर बस से बस कपलर (Bus coupler) के द्वारा

जोड़ा जाता है। बस कपलर में सर्किट ब्रेकर तथा आइसोलेटर होता है। चित्र में दिखाई गई प्रणाली में एक बस से दूसरी बस पर लोड लगाते समय सप्लाई में बाधा उत्पन्न होती है। अगर हम यह चाहते हैं कि लोड को एक बस से दूसरी बस पर लगाते समय सप्लाई की निरन्तरता बनी रहे तो इसके लिए दो सर्किट ब्रेकर का उपयोग करना पड़ेगा जोकि अत्याधिक महँगा हो जाएगा।



चित्र 1.17

लाभ (Advantages)

(i) अगर मेन बस पर मरम्मत तथा अनुरक्षण का कार्य किया जा रहा है तो सप्लाई बाधित नहीं होगी क्योंकि पूरा लोड स्पेयर बस पर लगा दिया जाता है।
(ii) मेन बस से लोड हटाये बिना स्पेयर बस के द्वारा फीडर तथा सर्किट ब्रेकर की जाँच या टेस्ट किया जा सकता है जिसके कारण सप्लाई की निरन्तरता बनी रहेगी।
(iii) मेन बस के प्रदोष उत्पन्न होने की दशा में स्पेयर बस के द्वारा सप्लाई की निरन्तरता (Regularity) बनी रहती है।

तालिका B-स्विच तथा आइसोलेटर का तुलनात्मक अध्ययन

क्रमांक (S.N.)	तुलनात्मक घटक (C.E.)	स्विच (Switch)	आइसोलेटर (Isolator)
1.	परिभाषा (definition)	वह हस्त चालित निकट नियन्त्रित साधन जो वैद्युत परिपथ को खोलने या बन्द करने अथवा संयोजन बदलने का कार्य करता है।	वह हस्त चालित (सुदूर नियन्त्रित) साधन जो निर्भार पर उच्च वोल्टता की वैद्युत लाइन को चालू अथवा बन्द करने का कार्य करता है।
2.	संरचना (construction)	जटिल (complicated)	सादा (simple)
3.	कार्य (work)	परिपथ खोलना या बन्द करना या संयोजन बदलना।	निर्भार पर लाइन चालू करना या बन्द करना।
4.	प्रचालन स्थिति	लोड स्थिति में प्रचालित	लोड रहित स्थिति में प्रचालित

5.	आर्क बुझाने की व्यवस्था	एयर टाइप स्विच से नहीं परन्तु ओयल टाइप स्विच में होती है।	जनरल आइसोलेटर में नहीं परन्तु पावर आइसोलेटर में होती है।
6.	प्रचालन वोल्टता (O.V.)	1kV से नीचे (below 1 kV)	1 kV से ऊपर (above 1 kV)
7.	परिपथ आरेख (C.D.)	सरल (simple)	जटिल (complicated)
8.	प्रमाप (size)	सुसंगठित (compact)	सादा व बड़ा (big)
9.	भार (weight)	हल्का (light)	भारी (heavy)
10.	क्षमता (capacity)	निम्न (low)	उच्च (high)
11.	निर्धारण (rating)	निम्न (low)	उच्च (high)
12.	जीवनकाल (life)	कम (less)	अधिक (more)
13.	मरम्मतकाल (R.P.)	कम (less)	अधिक (more)
14.	प्रारम्भिक लागत (I.C.)	कम (less)	अधिक (more)
15.	प्रचालन लागत (O.C.)	कम (less)	अधिक (more)
16.	अनुरक्षण लागत (M.C.)	कम (less)	अधिक (more)

तालिका C-जनरल आइसोलेटर तथा पावर आइसोलेटर का तुलनात्मक अध्ययन

क्रमांक (S.N.)	तुलनात्मक घटक (C.E.)	स्विच (G.I.)	पावर अइसोलेटर (P.I.)
1.	परिभाषा (definition)	वह हस्त चालित, निकट नियन्त्रित साधन जो निर्भार पर उच्च वोल्टता की विद्युत लाइन को चालू या बन्द करने का कार्य करता है।	वह हस्त चालित द्रिकट नियन्त्रित साधन जो निर्भार पर उच्च वोल्टता की विद्युत शक्ति लाइन को चालू अथवा बन्द करने का कार्य करता है।
2.	बनावट (construction)	सरल (simple)	अपेक्षाकृत जटिल (complicated)
3.	कार्य (work)	जनरल लाइन को चालू करना या बन्द करना।	पावर लाइन को चालू करना या बन्द करना।
4.	प्रचालन स्थिति	निर्भार पर होती है।	निर्भार या भार पर होती है।
5.	आर्क बुझाने की व्यवस्था	रहित (no)	सहित (yes)
6.	परिपथ आरेख (C.D.)	सरल (simple)	अपेक्षाकृत जटिल
7.	प्रमाप (size)	लघु (small in size)	अपेक्षाकृत दीर्घ
8.	भार (weight)	कम (less in weight)	अपेक्षाकृत अधिक
9.	प्रचालन वोल्टता (O.V.)	1 kV से ऊपर (मध्यम)	1 kV से ऊपर (उच्च)
10.	निर्धारित धारा (R.A.)	कम (less)	अधिक (more)
11.	निर्धारित क्षमता (K.V.C.)	कम (less)	अधिक (more)
12.	जीवन काल (life)	अधिक (more)	कम (less)

13.	मरम्मत लागत (R.P.)	कम (less)	अधिक (more)
14.	प्रारम्भिक लागत (I.C.)	कम (less)	अधिक (more)
15.	प्रचालन लागत (O.C.)	कम (less)	अधिक (more)
16.	अनुरक्षण लागत (M.C.)	कम (less)	अधिक (more)

तालिका D-आइसोलेटर तथा लोड ब्रेकिंग स्विच का तुलनात्मक अध्ययन

क्रमांक (S.N.)	तुलनात्मक घटक (Comparative factors)	विलगकारी (Isolator)	भार वियोजन स्विच (Load breaking switch)
1.	परिचय (introduction)	निर्भार पर कार्य करने वाली स्विचन युक्ति	भार पर कार्य करने वाली स्विचन युक्ति
2.	किस्म या प्रारूप (type)	निर्भारीय स्विच	भारीय स्विच
3.	सहायक सम्पर्कों का प्रयोग	नहीं होता है	होता है (yes)
4.	स्पार्किंग रोक-थाम व्यवस्था	नहीं होता है	होती है (yes)
5.	प्रचालन गति (O.S.)	मंद (slow)	तीव्र (fast)
6.	संयोजन (making)	शनैः (slow)	शीघ्र (quick)
7.	वियोजन (breaking)	शनैः (slow)	शीघ्र (quick)
8.	धारा वहन क्षमता (C.C.C.)	निम्न (low)	उच्च (high)
9.	अति भार क्षमता (O.I.C.)	अति कम (less)	अत्यधिक (more)
10.	जीवन काल (life)	अधिक (more)	कम (less)
11.	मरम्मत काल (R.P.)	कम (less)	अधिक (more)
12.	प्रारम्भिक लागत (I.C.)	कम (less)	अधिक (more)
13.	प्रचालन लागत (O.C.)	कम (less)	अधिक (more)
14.	अनुरक्षण लागत (M.C.)	कम (less)	अधिक (more)

तालिका E- इन्डोर तथा आउटडोर टाइप ओइसोलेटर का तुलनात्मक अध्ययन

क्रमांक (S.N.)	तुलनात्मक घटक (C.E.)	इन्डोर आइसोलेटर (I.D.I.)	आउटडोर आइसोलेटर (O.D.I.)
1.	परिभाषा (definition)	छावनी या इमारत के अन्दर प्रतिष्ठापित आइसोलेटर को इन्डौर आइसोलेटर कहते हैं।	छावनी या इमारत के बाहर प्रतिष्ठापित आइसोलेटर को इन्डौर आइसोलेटर कहते है।
2.	संरचना (construction)	सादा (simple)	जटिल (complicated)
3.	परिपथ (circuit)	सादा (simple)	जटिल (complicated)
4.	आकार (size)	लघु (small)	दीर्घ (big)
5.	भार (weight)	हल्का (light)	भारी (heavy)

6.	आवश्यक स्थान (space)	कम (less required)	अधिक (more required)
7.	प्रारम्भिक कीमत (I.C.)	कम (less)	अधिक (more)
8.	प्रचालन कीमत (C.C.)	कम (less)	अधिक (more)
9.	अनुरक्षण कीमत (M.C.)	कम (less)	अधिक (more)
10.	सहायक अंग संख्या (A.P. Nos)	कम (less)	अधिक (more)
11.	मरम्मत काल (M.C.)	कम (less)	अधिक (more)
12.	जीवन काल (Life)	अधिक (more)	कम (less)

तालिका F-आइसोलेटर तथा सर्किट ब्रेकर का तुलनात्मक अध्ययन

क्रमांक (S.N.)	तुलनात्मक घटक (C.E.)	आइसोलेटर (Isolator)	सर्किट ब्रेकर (C. B.)
1.	परिभाषा (definition)	वह हस्त चालित निकट नियन्त्रित साधन जो निर्भार पर लाइन को चालू या बन्द करने का कार्य करता है।	वह स्वचालित सुदूर नियन्त्रित साधन जो भार पर लाइन को चालू या बन्द करने का कार्य करता है।
2.	संरचना (construction)	सरल (simple)	जटिल (complicated)
3.	परिपथ आरेख (C.D.)	सरल (simple)	जटिल (complicated)
4.	कार्य (work)	निर्भार पर परिपथ का खोलना या बन्द करना	भार या निर्भार पर परिपथ खोलना या बन्द करना।
5.	प्रचालन स्थितियाँ (O.C.)	सिर्फ निर्भार पर सामान्य स्थितियों में चालित।	निर्भार या भार पर सामान्य या असामान्य स्थितियों में प्रचालित।
6.	अभिकल्पना (design)	निर्भार प्रचालन स्थिति के लिए	भार प्रचानल स्थिति के लिये
7.	प्रचालन प्रकृति	हस्त प्रचालित (hand operated)	स्वचालित (self operated)
8.	आर्क बुझाने की व्यवस्था	प्राय: रहित (without)	प्राय: सहित (with)
9.	सम्पर्क माध्यम (C.M.)	केवल वायु मध्यम	वायु तेल गैस पानी
10.	आधार (size)	लघु (small)	सामान्य व दीर्घ (big)
11.	भार (weight)	हल्का (light)	भारी (heavy)
12.	जीवन काल (life)	कम (less)	अधिक (more)
13.	मरम्मत काल (R.P.)	कम (less)	अधिक (more)
14.	प्रारम्भिक कीमत (I.C.)	कम (less)	अधिक (more)
15.	प्रचालन कीमत (O.C.)	कम (less)	अधिक (more)
16.	अनुरक्षण कीमत (M.C.)	कम (less)	अधिक (more)

तालिका G-स्विच आइसोलेटर तथा सर्किट ब्रेकर का तुलनात्मक अध्ययन

क्रमांक (S.N.)	तुलनात्मक घटक (C.E.)	स्विच (Switch)	आइसोलेटर (Isolator)	सर्किट ब्रेकर (Circuit breaker)
1.	परिभाषा (definition)	वह साधन जिसकी अभिकल्पना निम्न धारा के परिपथ को असामान्य स्थितियों में खोलने तथा बन्द करने के लिये की जाती है।	वह साधन जिसकी अभिकल्पना मध्य धारा के परिपथ को सामान्य स्थितियों में खोलने तथा बन्द करने के लिए की जाती है।	वह साधन, जिसकी अभिकल्पना उच्च धारा के परिपथ को सामान्य स्थितियों में खोलने तथा बन्द करने के लिए की जाती है।
2.	कार्य (function)	निम्न वोल्टता पर निम्न धारा के परिपथ को खोलना तथा बन्द करना।	उच्च वोल्टता पर मध्यम धारा के परिपथ को खोलना तथा बन्द करना।	उच्च वोल्टता पर उच्च धारा के परिपथ को खोलना तथा बन्द करना
3.	संरचना (construction)	जटिल (complicated)	सादा (simple)	अति जटिल
4.	आकार (size)	अति लघु साइज	मध्यम साइज	सामान्य या दीर्घ साइज
5.	भार (weight)	अति कम भार	मध्यम भार	अत्यधिक भार
6.	परिपथ आरेख (C.D.)	अति सरल	सरल (simple)	जटिल (complicated)
7.	प्रचालन स्थितियाँ (O.C.)	भार या निर्भार पर सभी सामान्य तथा असामान्य स्थितियों में	निर्भार पर सभी सामान्य स्थितियों में	भार या निर्भार पर सभी सामान्य तथा असामान्य स्थितियों में
8.	आर्क बुझाना व्यवस्था	प्राय: रहित (without) परन्तु तेल स्विच सहित	प्राय: रहित (without) परन्तु पॉवर आइसोलेटर में सहित	सदैव सहित (with)
9.	प्रचालन वोल्टता (O.V.)	निम्न (low)	उच्च (high)	उच्च (high)
10.	प्रचालन धारा (O.C.)	निम्न (low)	मध्यम (medium)	अति उच्च (very high)
11.	क्षमता (kVA)	निम्न (low)	उच्च (high)	अधिक (more)
12.	जीवन काल (life)	कम (less)	मध्यम (medium)	अधिक (more)
13.	मरम्मत काल (R.P.)	कम (less)	मध्यम (medium)	अधिक (more)
14.	प्रारम्भिक काल (I.C.)	अति कम (very less)	मध्यम (medium)	अत्यधिक (too much)
15.	प्रचालन कीमत (O.C.)	नगण्य (negligible)	कम (less)	अधिक (more)
16.	अनुरक्षण कीमत (M.C.)	अति कम (very less)	कम (less)	अधिक (more)

अभ्यास

1. What do you understand by switchgear?
2. Differentiate between single pole Isolator and three pole Isolator.
3. अन्तर स्पष्ट कीजिये—
   (i) स्विच एवं C.B. (ii) फ्यूज एवं C.B.
   (iii) Isolator एवं C.B. (iv) Isolator एवं स्विच *(B.T.E. 2007)*

4. स्विच, C.B. व आइसोलेटर में अन्तर स्पष्ट कीजिए। (B.T.E. 2008)
5. What is the difference between Isolator and circuit breaker?
6. अन्तर स्पष्ट कीजिए—
   (i) Isolator एवं Switch
   (ii) Insulator एवं Lightning Arrestor (B.T.E. 2010)
7. Isolator व C.B. में अन्तर स्पष्ट कीजिए।
8. आइसोलेटर का महत्व तथा इसकी उपकेन्द्र में स्थिति कहाँ होती है बताइये। किसी विद्युत परिपथ के खोलने व बन्द करने के उपाय आइसोलेटर व C.B. के प्रचालन के अनुक्रम बताइये। (B.T.E. 2007)
9. What is the difference between :
   (i) Switch and circuit breaker?
   (ii) Fuse and circuit breaker?
10. Isolator व Switch के कार्य बताइये। वायु भाग स्विच क्या होता है? स्विच की भंजन सामर्थ्य पद का अर्थ स्पष्ट कीजिए। (B.T.E. 2012)
11. स्विचगियर पद से क्या तात्पर्य है? एक अच्छी रक्षण युक्ति के मुख्य लक्षणों की व्याख्या कीजिए। (B.T.E. 2015)
12. Explain the working of Indoor Isolator with fig.
13. Why do we use Isolators on both sides of circuit breaker?
14. Switch, Insulator व C.B. के अन्तर बताइये। (B.T.E. 2015)
15. Discuss the various types of switches.
16. Differentiate between outdoor and Indoor Isolators.
17. Explain significance of Isolator.
18. What is Rotary switch? How does it work?
19. पुश-बटन स्विच कितने प्रकार के होते हैं? उनके अनुप्रयोग लिखिए।
20. Difference between Isolator, switch and circuit-breaker. (BTE 2016)
21. विभिन्न प्रकार के स्विच गियर बताइये। (BTE 2017)

Fill in the blanks

(i) A fuse is a .... device.
(ii) A C.B. is a .... device.
(iii) An isolator is designed to open a circuit under ....
(iv) When a switch is opened .... is produced.
(v) Under normal operating conditions, the contact of the C.B. remains ....
(vi) Under fault conditions .... supplies information to the C.B. to open.
(vii) The outdoor type switchgear is generally used for voltage beyond .... kV.
(viii) Isolator is an .... switch.

Answers :

(i) protective, (ii) circuit interrupting, (iii) no load, (iv) arc, (v) closed, (vi) relay, (vii) 66, (viii) air.

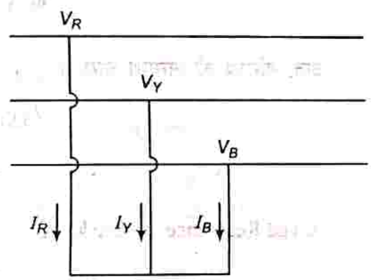
2 वैद्युत प्रदोष (Electrical Faults)

2.1 वैद्युत प्रदोष (Electrical Faults)

सिस्टम के अन्दर सबसे अधिक मात्रा में होने वाला प्रदोष लघुपथ प्रदोष (short circuit fault) है। जब यह स्थिति उत्पन्न होती है तो परिपथ के अन्दर बहुत अधिक धारा बहती है जिसके कारण उपयन्त्र को नुकसान होता है तथा विद्युत की सप्लाई बाधित होती है। यहाँ पर हमारा मुख्य उद्देश्य लघुपथ धारा के मान को ज्ञात करना है ताकि हम अपने उपयन्त्र इस तरह के बनायें कि वो लघुपथ धारा को सहन कर सकें तथा हमारे सिस्टम को कम से कम नुकसान हो। वैद्युत प्रदोषों को हम मुख्यत: दो भागों में विभाजित करते हैं—

(1) सममित प्रदोष (Symmetrical faults)
(2) असममित प्रदोष (Unsymmetrical faults)

(1) सममित प्रदोष (Symmetrical faults)—पावर सिस्टम के अन्दर वह प्रदोष जिसके अन्तर्गत तीनों लाइनों में बराबर बढ़ी हुई प्रदोष धारा तथा 120° के विस्थापन पर बहती है, सममित प्रदोष (Symmetrical faults) कहलाता है।



चित्र 2.1

सममित प्रदोष में 3-फेज लाइन के तीनों तार आपस में मिल जाते हैं। जब भी पावर सिस्टम में सममित प्रदोष उत्पन्न होगा तो तीनों फेजों में बराबर बढ़ी हुई धारा प्रवाहित होगी तथा तीनों धारायें I_R, I_Y, I_B एक-दूसरे से 120° के विस्थापन पर होंगी जैसा कि चित्र 2.1 में दिखाया गया है।

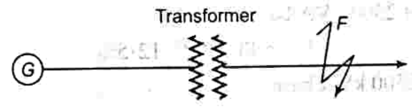
यहाँ पर निम्न बातों को ध्यान में रखना आवश्यक है—

(1) सममित प्रदोष (symmetrical faults) पावर सिस्टम में बहुत कम होता है। ज्यादातर प्रदोष असममित प्रदोष (Unsymmetrical faults) होते हैं।

(2) सममित प्रदोष (symmetrical faults) के द्वारा प्रदोष धारा का मान बहुत अधिक होता है जिसके कारण सिस्टम में काम करने वाले यन्त्रों जैसे सर्किट ब्रेकर (circuit breaker) पर अधिक प्रभाव पड़ता है।

2.2 प्रदोष धारा की सीमा (Limitation of fault current)

जब किसी परिपथ के किसी बिन्दु पर लघुपथ प्रदोष होता है तो उस परिपथ की लघुपथ धारा (short circuit current) उस परिपथ की प्रतिबाधा (Impedance) पर निर्भर करती है। जैसा कि चित्र 2.2 में दिखाया गया है कि परिपथ की लघुपथ प्रदोष धारा परिपथ में लगे हुये जनरेटर व ट्रांसफार्मर तथा लाइन की प्रतिबाधा पर निर्भर करती है।



चित्र 2.2

अत: परिपथ की लघुपथ प्रदोष धारा (short circuit current) का मान ज्ञात करने के लिये परिपथ की प्रतिबाधा का ज्ञान होना आवश्यक है।

2.3 प्रतिशत प्रतिघात (Percentage Reactance)

जनरेटर, ट्रांसफार्मर तथा रिएक्टर्स की प्रतिघात को प्रतिशत प्रतिघात में दर्शाते हैं ताकि लघुपथ धारा (short circuit current) की गणना आसान या सरल हो सके।

किसी भी परिपथ की percentage reactance की परिभाषा निम्न प्रकार है—

It is the percentage of the total phase-voltage dropped in the circuit when full load current is flowing.

$$\% X = \frac{IX}{V} \times 100$$

I = फुल लोड धारा

V = फेज वोल्टेज

X = रिएक्टेन्स इन ओम पर फेस

Percentage Reactance को kVA तथा kV में निम्न प्रकार लिख सकते हैं—

$$\% X = \frac{(\text{kVA})\, X}{10(\text{kV})^2}$$

अत: परिपथ की लघुपथ धारा ($I_{S.C.}$)

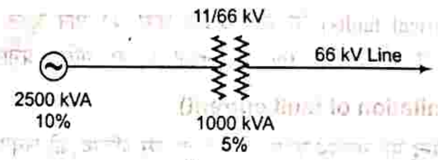
$$I_{S.C.} = \frac{V}{X}$$

$$= I \times \left(\frac{100}{\%X}\right)$$

% age Reactance at base kVA

$$= \frac{\text{Base kVA}}{\text{Rated kVA}} \times \%\text{age reactance at rated kVA}$$

Base kVA का मान लघुपथ धारा (short circuit current) को प्रभावित नहीं करता है। इस उदाहरण के द्वारा यह दिखाया गया है।



चित्र 2.3

माना कि 2500 kVA as the common base kVA.

Reactance of transformer at 2500 kVA base.

$$= 5 \times 2500/1000 = 12{\cdot}5\%$$

Reactance of generator at 2500 kVA base

$$= 10 \times 2500/2500 = 10\%$$

Total percentage reactance

$$\%X = 12{\cdot}5 + 10 = 22{\cdot}5\%$$

Full load current at 2500 kVA base

$$I = \frac{2500 \times 1000}{\sqrt{3} \times 66 \times 1000} = 21{\cdot}87 \text{ A}$$

$$I_{S.C.} = I \times \frac{100}{\%X} = 21{\cdot}87 \times \frac{100}{22{\cdot}5} = 97{\cdot}2 \text{ A}$$

अब हमने 500 kVA as the common base kVA.

Reactance of transformer at 5000 kVA base

$$= 5 \times 5000/1000 = 25\%$$

Reactance of generator at 5000 kVA base

$$= 10 \times 5000/2500 = 20\%$$

Total percentage reactance

$$\%X = 25 + 20 = 45\%$$

Full load current at 5000 kVA base

$$I = \frac{5000 \times 1000}{\sqrt{3} \times 66 \times 1000} = 43{\cdot}74 \text{ A}$$

∴ Short circuit current $I_{S.C.} = I \times \frac{100}{\%X} = 43{\cdot}74 \times \frac{100}{45} = 97{\cdot}2 \text{ A}$

उपरोक्त उदाहरण से स्पष्ट है कि base kVA का मान कुछ भी हो परन्तु लघुपथ धारा का मान समान होगा।

Short circuit current kVA—यद्यपि फॉल्ट बिन्दु पर विभव शून्य होता है परन्तु फिर भी लघुपथित धारा (Short circuit current) को हम लघुपथित kVA से दर्शाते हैं क्योंकि लघुपथित kVA (Short circuit current kVA) साधारण वोल्टेज के ऊपर फॉल्ट बिन्दु तक निर्भर करती है।

अत: The Product of normal system voltage and short-circuit current at the point of fault expressed in kVA is called short circuit kVA.

माना

V = Normal phase voltage in volts

I = Full load current in amperes at base kVA.

$\%X$ = Percentage reactance of the system on base kVA up to the fault point

Short circuit current (लघुपथित धारा)

$$I_{S.C.} = I \times \frac{100}{\%X}$$

अत: 3-phase circuit के लिये short circuit kVA

$$= \frac{3V\, I_{S.C}}{1000}$$

$$= \frac{3V\,I}{1000} \times \frac{100}{\%X}$$

$$= \text{Base kVA} \times \frac{100}{\%X}$$

Steps for symmetrical fault calculation:

(1) एक single line diagram बनाइये जिस पर पूरे परिपथ की rating, voltage तथा %age reactance लिखी हो।

(2) कोई भी एक base kVA मानकर %age reactance को base kVA में बदलें।

(3) Reactance का एक single diagram बनायें जिसमें एक phase तथा neutral को दर्शाया गया हो।

(4) फॉल्ट बिन्दु तक परिपथ की कुल (reactance) निकलें।

(5) Full load current base kVA पर निकालें तथा वोल्टेज Fault बिन्दु पर।

(6) गणना करें short circuit current $I_{S.C} = I \times \frac{100}{\%X}$

$$\text{Short circuit kVA} = \text{Base kVA} \times \frac{100}{\%X}$$

Example 1. Fig. 2.4 shows the single line diagram of a 3-phase system. The percentage reactance of each alternator is based on its own capacity. Find the short circuit current that will flow into complete 3-phase short circuit at *F*.

Sol. Let the base kVA be 35,000 kVA.

% Reactance of alternator A at the base kVA.

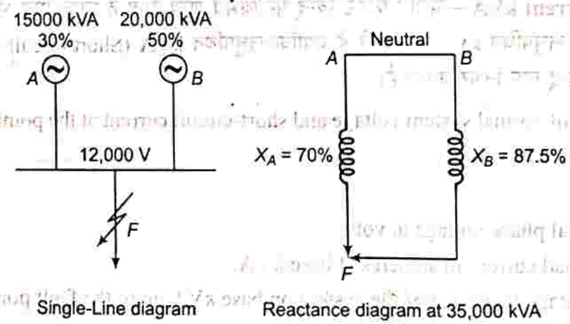
$$\% X_A = \frac{35{,}000}{15{,}000} \times 30 = 70\%$$

%Reactance of alternator B at the base kVA.

$$\% X_B = \frac{35{,}000}{20{,}000} \times 50 = 87 \cdot 5\%$$

Line current corresponding to 35000 kVA at 12 kV.

$$I = \frac{35{,}000 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 12 \times 10^3} = 1684 \text{ A}$$



चित्र 2.4

Total % reactance from generator neutral up to fault point

$$\%X_A = X_A \parallel X_B$$

$$\text{Short circuit current} = \frac{X_A X_B}{X_A + X_B} = \frac{70 \times 87 \cdot 5}{70 + 87 \cdot 5} = 38 \cdot 89\,\%$$

$$I_{S.C.} = I \times \frac{100}{\%X} = 1684 \times \frac{100}{38 \cdot 89} = 4330 \text{ A}$$

Example 2. A 3-phase 20 MVA, 10 kV alternator has internal reactance of 5% and negligible resistance. Find the external reactance per phase to be connected in series with the alternator so that steady current on short circuit does not exceed 8 times the full load current.

Sol. Full load current $I = \frac{20 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 10 \times 10^3} = 1154 \cdot 7$ A

Voltage per phase $V = \frac{10 \times 10^3}{\sqrt{3}} = \frac{10{,}000}{\sqrt{3}}$ volt

As the short circuit current is to be 8 times the full-load current.

∴ Total percentage reactance required

$$= \frac{\text{Full load current}}{\text{Short circuit current}} \times 100$$

$$= \left(\frac{1}{8}\right) \times 100 = 12 \cdot 5\%$$

∴ External reactance required $= 12 \cdot 5 - 5 = 7 \cdot 5\,\%$

Let $X\,\Omega$ be the per phase external reactance required.

Now, percentage reactance $= \frac{IX}{V} \times 100$

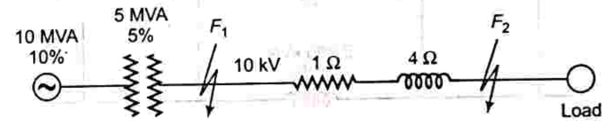
$$7 \cdot 5 = \frac{1154 \cdot 7\, X}{\frac{10{,}000}{\sqrt{3}}} \times 100$$

$$X = \frac{7 \cdot 5 \times 10{,}000}{\sqrt{3} \times 100 \times 1154 \cdot 7} = 0 \cdot 375\,\Omega$$

Example 3. A 3-phase transmission operating at 10 kV and having a resistance of 1Ω and reactance of 4Ω is connected to the generating station bus-bars through 5 MVA step-up transformer having a reactance of 5%. The bus-bars are supplied by a 10 MVA alternator having 10% reactance. Calculate the short circuit kVA fed to symmetrical fault between phases if it occurs :

(i) At the load end of transmission line.

(ii) At the voltage terminals of the transformer.



चित्र 2.5

Sol. Fig. 2.5 shows the single line diagram of the network.

Let 10,000 kVA be the base kVA.

% reactance of alternation on base kVA

$$\%X_A = \frac{10{,}000}{10 \times 10^3} \times 10 = 10\%$$

% reactance of transformer on base kVA

$$\%X_T = \frac{10{,}000}{5 \times 10^3} \times 5 = 10\%$$

The line impedance is given in ohms. It converts into percentage reactance.

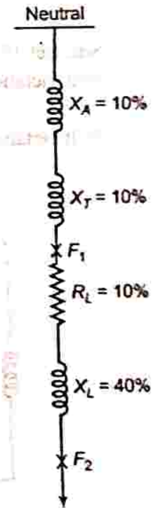
% Reactance of transmission line

$$\%\,X_L = \frac{(\text{kVA}) \times \text{reactance in } \Omega}{10(kV)^2}$$

$$= \frac{10{,}000 \times 4}{10 \times (10)^2} = 40\%$$

%age resistance of transmission line

$$\%R_L = \frac{10{,}000 \times 1}{10 \times (10)^2} = 10\%$$



चित्र 2.6

The reactance diagram of the network at base kVA is shown in Fig. 2.6.

Total % reactance at fault F_2 is :

$$= \%X_A + \%X_T + \%X_L$$
$$= 10 + 10 + 40 = 60\%$$

% Resistance = 10%

∴ % Impedance from generator neutral upto fault F_2

$$= \sqrt{(60)^2 + (10)^2} = 60{\cdot}83\%$$

Short circuit kVA

$$= 10{,}000 \times \frac{100}{60{\cdot}83} = 16{,}440 \text{ kVA}$$

(ii) For a fault at the high voltage terminals of the transformer at point F_1

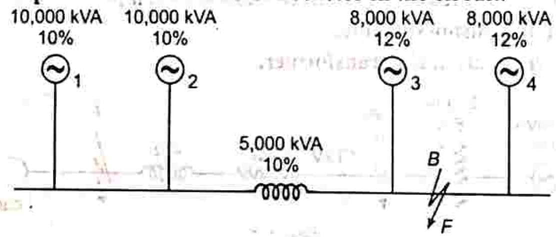
Total % reactance upto point F_1

$$= \%X_A + \%X_T$$
$$= 10 + 10 = 20\%$$

∴ Short circuit kVA

$$= 10{,}000 \times \frac{100}{20} = 50{,}000 \text{ kVA}$$

Example 4. The section bus bars A and B are linked by a bus-bar reactor rated at 5000 kVA with 10% reactance on bus bar A, there are two generators each of 10,000 kVA with 10% reactance and on B two generators each of 8000 kVA with 12% reactance. Find the steady MVA fed into a dead short circuit between all phases on B with bus-bar reactor in the circuit.



चित्र 2.7

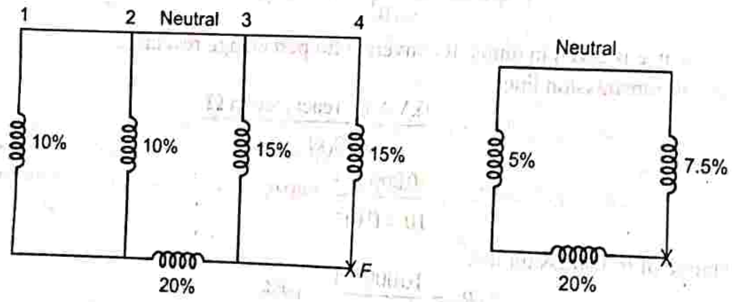
Sol. Let 10,000 kVA be the base kVA.

% Reactance of generator 1 or 2 on the base kVA

$$= 10 \times 10{,}000/10{,}000 = 10\%$$

% Reactance of generator 3 or 4 on the base kVA

$$= 12 \times 10{,}000/8{,}000 = 15\%$$



चित्र 2.8

% Reactance of bus-bar reactor on the base kVA

$$= 10 \times 10{,}000/5{,}000 = 20\%$$

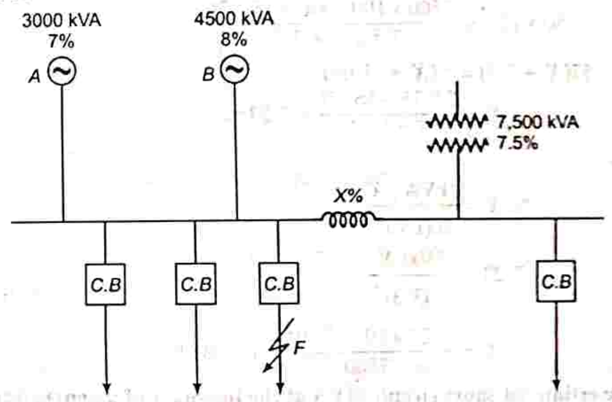
Total % reactance from generator neutral upto fault point F :

$$= (5\% + 20\%) \,||\, 7{\cdot}5\%$$
$$= \frac{25 \times 7{\cdot}5}{25 + 7{\cdot}5} = 5{\cdot}77\%$$

$$\text{Fault kVA} = 10{,}000 \times \frac{100}{5{\cdot}77} = 173310$$

$$\text{Fault MVA} = 173{\cdot}71$$

Example 5. A small generating station has two alternators of 3000 kVA and 4500 kVA and percentage reactance of 7% and 8%. The C.B. have a rupturing capacity of 150 MVA. It is desired to extend the system by a supply from the grid via a transformer of 7500 kVA and 7·5 % reactance. Find the reactance of the reactor connected in the Bus-bar section to prevent the circuit breakers being overloaded, if a symmetrical short circuit occurs on an outgoing feeder connected to it. Assume the bus voltage = 3300 V.



चित्र 2.9

Sol. Fig. 2.9 shows the single line diagram of the system.

Let 7500 kVA be the base kVA.

% Reactance of generator A on the base kVA

$$\%X_A = 7 \times \frac{7500}{3000} = 17{\cdot}5\%$$

% Reactance of generator B on the base kVA

$$\%X_A = 8 \times \frac{7500}{4500} = 13{\cdot}34\%$$

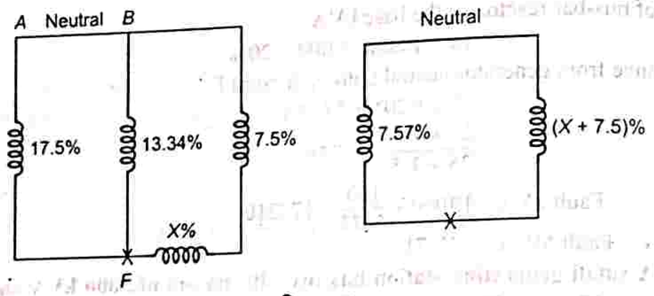
% Reactance of transformer on the base kVA

$$= 7{\cdot}5 \times \frac{7500}{7500} = 7{\cdot}5\%$$

Let the percentage reactance of the bus-bar reactor be X%. The reactance diagram will be shown in Fig.

Total % reactance from generator neutral to fault point F :

$$= (7{\cdot}57\% \,||\, (X + 7{\cdot}5)\%$$
$$= \frac{7{\cdot}57(X + 7{\cdot}5)}{X + 15{\cdot}07}\%$$



चित्र 2.10

$$\text{Short circuit kVA} = 7500 \times 100 \times \frac{(X + 15\cdot 07)}{7\cdot 57(X + 7\cdot 5)}$$

But short circuit kVA should not exceed 150×10^3 then rupturing capacity of the breaker

$$150 \times 10^3 = \frac{7500 \times 100 \times (X + 15\cdot 07)}{7\cdot 57(X + 7\cdot 5)}$$

$$7\cdot 57(X + 7\cdot 5) = 5\,(X + 15\cdot 07)$$

$$X = \frac{75\cdot 35 - 56\cdot 77}{7\cdot 57 - 5} = 7\cdot 23\,\%$$

and % reactance

$$\%\,X = \frac{(\text{kVA})\,X}{10(\text{kV})^2}$$

$$7\cdot 23 = \frac{7500\,X}{10\,(3\cdot 3)^2}$$

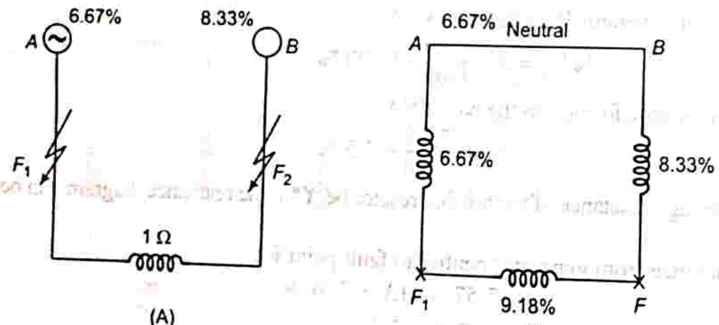
$$X = \frac{7\cdot 23 \times 10 \times (3\cdot 3)^2}{7500} = 0\cdot 105\,\Omega$$

Example 6. The estimated short circuit MVA at the bus-bars of a generating station A is 15[00] MVA and of another station B is 1200 MVA. The generated voltage at each station is 33 kV. If the stations are connected through a line having a reactance of 1 Ω and negligible resistance, calcula[te] the possible short circuit MVA at both stations.

Sol. Fig.2.11 (A) shows the single line diagram

Let the base MVA be 100.

% Reactance of station A on the base MVA



चित्र 2.11

$$\%X_A = \frac{\text{Base MVA}}{\text{Short circuit MVA}} \times 100$$

$$= \left(\frac{100}{1500}\right) \times 100 = 6\cdot 67\,\%$$

% Reactance of Station B on the base MVA

$$\%X_B = \left(\frac{100}{1200}\right) \times 100 = 8\cdot 33\,\%$$

% Reactance of Inter connector on the base MVA

$$\%\,X_1 = \frac{(kVA)\,X}{10(kV)^2} = \frac{(100 \times 10^3) \times 1}{10 \times (33)^2} = 9\cdot 18\,\%$$

(i) Fault on station A

$$= (8\cdot 33 + 9\cdot 18)\%\,\|\,6\cdot 67\,\%$$

Total % reactance upto fault point F_1

$$= \frac{17\cdot 51 \times 6\cdot 67}{17\cdot 51 + 6\cdot 67} = 4\cdot 83\%$$

$$\text{Short circuit MVA} = \text{Base MVA} \times \frac{100}{\%\ \text{Reactance}}$$

$$= 100 \times \frac{100}{4\cdot 83} = 2070$$

(ii) Fault on station B

$$= (6\cdot 67 + 9\cdot 18)\%\,\|\,8\cdot 33\,\%$$

Total % reactance upto fault point F_2

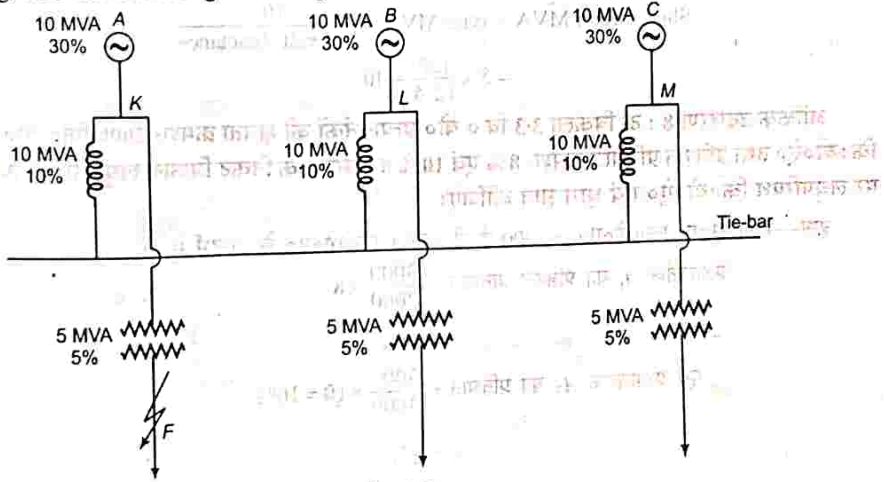
$$= \frac{15\cdot 85 \times 8\cdot 33}{15\cdot 85 + 8\cdot 33} = 5\cdot 46\%$$

Short circuit MVA

$$= 100 \times \frac{100}{5\cdot 46} = 1831$$

Example 7. A generating station is laid out as shown in fig. 2.12. The ratings and percentage reactances of different elements are as indicated. If a 3-phase short circuit occurs on any feeder near transformer secondary (Point F) find the short circuit MVA fed to the fault.

Sol. Fig. 2.12 shows the single line diagram



चित्र 2.12

Consider 5 MVA as the base value

% Reactance of each generator on the base MVA

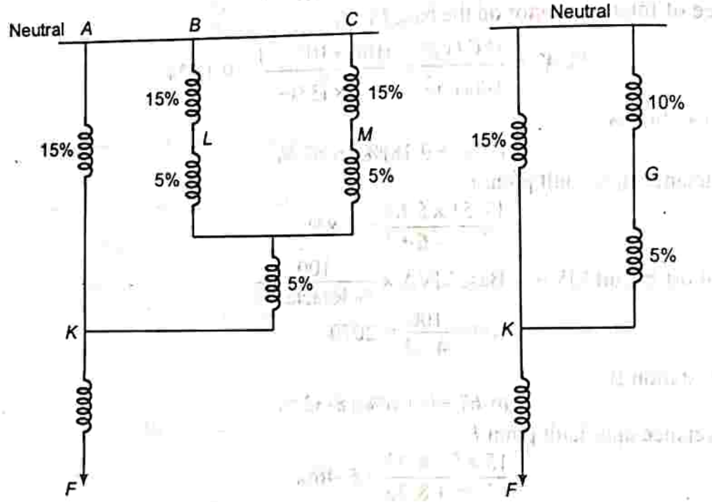
$$= 30 \times 5/10 = 15\%$$

% Reactance of each reactor on the base MVA

$$= 10 \times 5/10 = 5\%$$

% Reactance of each transformer on the base MVA

$$= 5 \times 5/5 = 5\%$$



चित्र 2.13

Total % reactance from generator neutral upto fault point F

$$= (10\% + 5\%) \parallel 15\% + 5\%$$

$$= \frac{15 \times 15}{15 + 15} + 5 = 7\cdot5 + 5 = 12\cdot5\%$$

$$\text{Short circuit MVA} = \text{Base MVA} \times \frac{100}{\%\text{ Fault Reactance}}$$

$$= 5 \times \frac{100}{12\cdot5} = 40$$

आंकिक उदाहरण 8 : दो त्रिकला 3·3 कि० वो० प्रत्यावर्तकों की क्षमता क्रमशः 2000 कि० वो० ऐ० एवं 30[00] कि०वो०ऐ० तथा प्रतिशत प्रतिघात क्रमशः 8% एवं 10% है। बसबार के निकट त्रिकला लघुपरिपथ दोष विकसित [होने] पर लघुपरिपथ कि०वो०ऐ० एवं धारा ज्ञात कीजिए।

हल—माना आधार कि०वो०ऐ० = 3000 है तो आधार कि०वो०ऐ० के सन्दर्भ में,

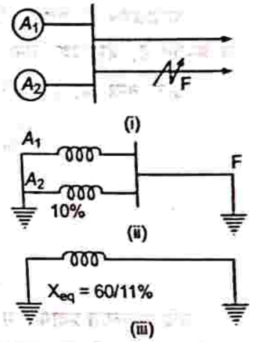
प्रत्यावर्तक A_1 का प्रतिशत प्रतिघात $= \frac{3000}{2000} \times 8$

$$= 12\%$$

एवं प्रत्यावर्तक A_2 का प्रतिघात $= \frac{3000}{3000} \times 10 = 10\%$

दोष बिन्दु F तक तन्त्र का तुल्यमान प्रतिशत प्रतिघात

$$\%X_{eq} = \frac{12 \times 10}{12 + 10} = \frac{60}{11}\%$$



चित्र 2.14

लघुपरिपथित कि०वो०ऐ०

$$= \frac{\text{आधार कि०वो०ऐ०}}{\%X_{eq}} \times 100$$

$$= \frac{3000}{60/11} \times 100 = \frac{3000 \times 11 \times 100}{60}$$

$$= 55000 \text{ कि०वो०ऐ०}$$

तथा लघुपरिपथ धारा $I_{sc} = \frac{I}{\%X_{eq}} \times 100$

जिसमें $I = \frac{\text{आधार कि०वो०ऐ०}}{\sqrt{3} \times \text{कि०वो०}}$

$$= \frac{3000/\sqrt{3} \times 3\cdot3}{60/11} \times 100$$

$$= \frac{3000 \times 11 \times 100}{\sqrt{3} \times 3\cdot3 \times 60} = \frac{55000}{1\cdot732 \times 3\cdot3}$$

$$= \frac{50000}{5\cdot196} = 9622\cdot789 \text{ ऐ०}$$ **उत्तर**

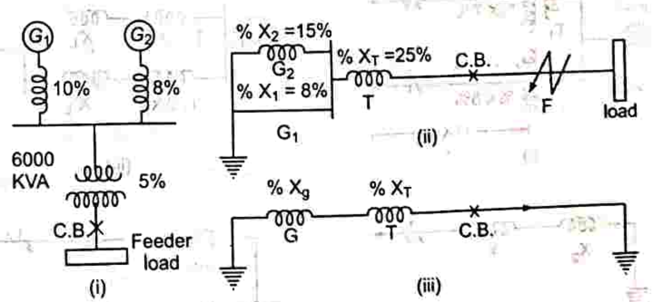
आंकिक उदाहरण 9 : एक वैद्युत उत्पादन केन्द्र पर बसबार से 2000 कि०वो०ऐ० एवं 3000 कि०वो०ऐ० के दो प्रत्यावर्तक (Alternator) संयोजित हैं जिनके प्रतिशत प्रतिघात क्रमशः 10% एवं 8% हैं। वैद्युत् भार प्रदायन हेतु प्रदायक (Feeder) को एक 5% प्रतिघात वाले 6000 कि०वो०ऐ० परिणामित्र (Transformer) के माध्यम से बसबार से संयोजित किया गया है तो, प्रदायक तथा परिणामित्र के मध्य संयोजित परिपथ वियोजक (Circuit Breaker) का निर्धारण (Rating) मेगा वो०ऐ० में ज्ञात कीजिए।

हल—माना आधार कि०वो०ऐ० 3000 है तो आधार कि०वो०ऐ० के सन्दर्भ में

प्रत्यावर्तक G_1 का % प्रतिघात $X_1 = \frac{3000}{2000} \times 10 = 15\%$

प्रत्यावर्तक G_2 का % प्रतिघात $X_2 = \frac{3000}{3000} \times 8 = 8\%$

परिणामित्र T का % प्रतिघात $X_T = \frac{3000}{6000} \times 5 = 2\cdot5\%$



चित्र 2.15

प्रत्यावर्तक G_1 एवं G_2 के प्रतिशत प्रतिघात एक-दूसरे के समान्तर में हैं तथा परिणामित्र के प्रतिशत प्रतिघात के श्रेणी क्रम में प्रयुक्त हैं, जैसा कि उक्त तन्त्र के प्रतिरूपी एकल रेखीय आरेख (ii) में प्रदर्शित है।

अतः तन्त्र का तुल्यमान (Equivalent) प्रतिशत प्रतिघात

$$X_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{X_1}+\frac{1}{X_2}} + \%X_T = \frac{X_1X_2}{X_1+X_2} + \%X_T$$

$$= \frac{15\times 8}{15+8} + 2\cdot5\% = \frac{120}{23} + 2\cdot5\%$$

$$= 5\cdot2174 + 2\cdot5\% = 7\cdot7174\%$$

यदि त्रिकलीय प्रदायक में वैद्युत भार के निकट एक दोष उत्पन्न हो जाये तो परिपथ में लघुपथित धारा प्रवाहित होगी जिस पर उच्चतम कि०वो०ऐ० आभासी शक्ति होगी।

$\therefore$ लघुपरिपथ कि०वो०ऐ० $= \frac{\text{आधार कि०वो०ऐ०}}{\text{प्रतिशत प्रतिघात}} \times 100$ कि०वो०ऐ०

$$= \frac{3000}{7\cdot7174} \times 100 \text{ कि०वो०ऐ०}$$

$$= 388\cdot732 \text{ मेगा वो०ऐ०}$$

अतः परिपथ वियोजक का निर्धारण $= 388\cdot732$ मेगा वो०ऐ०

आंकिक उदाहरण 10. : एक एकल कला 1000 के०वी०ऐ० प्रत्यावर्तक G का प्रतिशत प्रतिघात 8% है, जिसकी बसबार से दो प्रदायक दो परिणामित्रों जिनके प्रतिशत प्रतिघात क्रमशः 7% एवं 8% तथा के०वी०ऐ० क्रमशः 600 एवं 500 हैं। प्रदायक लाइन का प्रतिघात 0·2 ओम प्रति कि०मी० तथा लाइन वोल्टता 3·3 कि०वो० है। परिणामित्रों से 15 कि०मी० की दूरी पर लाइनों में परस्पर लघुपरिपथ दोष उत्पन्न हो जाने पर लघुपथित धारा एवं कि०वो०ऐ० का परिकलन कीजिए।

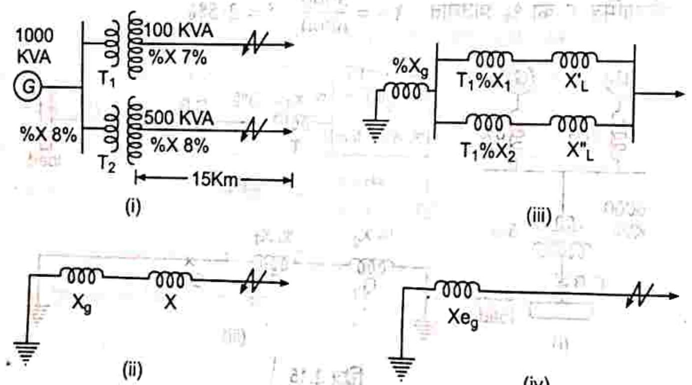
हल—माना कि आधार के०वी०ऐ० $= 1000$ है तो आधार कि०वो०ऐ० के सन्दर्भ में प्रत्यावर्तक का % प्रतिघात

$$X_g = \frac{1000}{1000} \times 8 = 8\%$$

तथा परिणामित्र T_1 प्रतिघात

$$X_1 = \frac{1000}{600} \times 7 = \frac{35}{3}$$

$$= 11\cdot667\%$$



चित्र 2.16

एवं परिणामित्र T_2 का % प्रतिघात

$$X_2 = \frac{1000}{500} \times 8 = 2\times 8 = 16\%$$

पूर्ण भार लाइन धारा

$$I = \frac{\text{आधार कि०वो०ऐ०}}{\text{लाइन वोल्टता}} = \frac{1000}{3\cdot30} = 303 \text{ ऐ०}$$

$\therefore$ लाइन का प्रतिशत प्रतिघात

$$X_L = \frac{IX}{V} \times 100$$

$$= \frac{303\times 0\cdot2\times 15\times 100}{3300}$$

$$= \frac{303}{11} = 27\cdot5455\%$$

दोनों लाइनें परस्पर लघुपरिपथित होने पर परिणामित्र T_1 एवं लाइन L_1 का प्रतिघात एक श्रेणी में तथा परिणामित्र T_2 एवं लाइन L_2 का प्रतिघात दूसरी श्रेणी में होकर दोनों श्रेणियाँ आपस में समान्तर में होंगी।

$\therefore$
$$X'_{sc} = X_1 + X'_L$$

$$= 11\cdot667 + 27\cdot5455$$

$$= 39\cdot2125\%$$

एवं
$$X''_{sc} = X_2 + X''_L = 16 + 27\cdot5455$$

$$= 43\cdot5455\%$$

तथा तन्त्र का तुल्यमान प्रतिघात

$$X_{eq} = X_g + \frac{X'_{sc}\cdot X''_{sc}}{X'_{sc}+X''_{sc}}\%$$

$$= 8 + \frac{39\cdot2125\times 43\cdot5455}{39\cdot2125+43\cdot5455}$$

$$= 8 + \frac{1707\cdot528}{82\cdot7580}\%$$

$$= 8 + 20\cdot632\%$$

$$= 28\cdot632\%$$

$\therefore$ लघु परिपथ धारा

$$I_{sc} = \frac{I}{\%X_{eq}} \times 100 = \frac{303}{28\cdot632} \times 100 \text{ ऐ०}$$

$$= 1058\cdot2565 \text{ ऐ०}$$

तथा लघुपथित कि०वो०ऐ० $= \frac{\text{आधार कि०वो०ऐ०}}{\%X_{eq}} \times 100$

$$= \frac{1000\times 100}{28\cdot632} \text{ कि०वो०ऐ०}$$

$$= 3496\cdot0883 \text{ कि०वो०ऐ०}$$

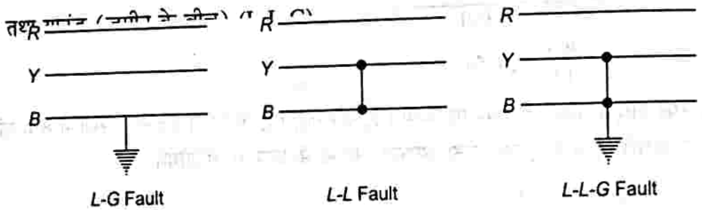
2.4 असममित प्रदोष (Unsymmetrical fault)

पावर सिस्टम के अन्दर वह प्रदोष जिसके अन्तर्गत तीनों लाइनों में अलग-अलग बढ़ी हुई प्रदोष धारा तथा अलग-अलग फेज विस्थापन पर बहती है, असममित प्रदोष (Unsymmetrical fault) कहलाता है।

Those faults on the power system which give rise to unsymmetrical currents (*i.e.* unequal fault current in the line with unequal displacement) are known as unsymmetrical faults.

ज्यादातर यह प्रदोष तीन तरीके से होता है—

1. एकल लाइन तथा ग्राउंड (जमीन) के बीच (L-G)
2. लाइन से लाइन के बीच (L-L)
3. डबल तथा ग्राउंड (जमीन के बीच) (L-L-G)

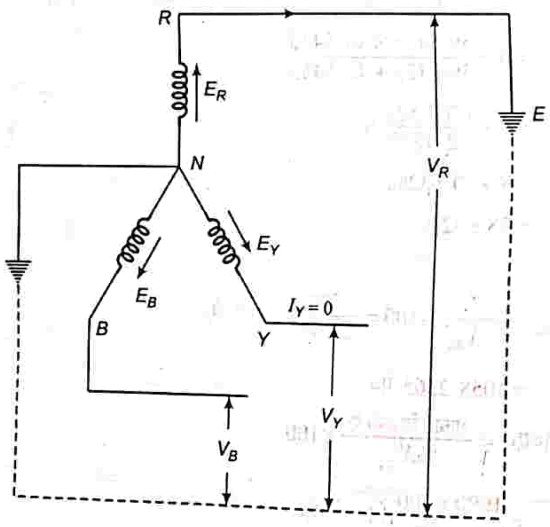


चित्र 2.17

1. Single Line to Ground Fault

माना एक 3-फेज सिस्टम जिसमें neutral को अर्थ (earth) किया हुआ है तथा एकल लाइन तथा ग्राउंड (जमीन) के बीच R-फेज में प्रदोष होता है।

$$I_R = I_0 + I_1 + I_2 = 3I_0$$



चित्र 2.18

चित्र से पता चलता है कि

$$\vec{V}_A = 0 \text{ तथा } \vec{I}_B = \vec{I}_Y = 0$$

तथा R फेज के अन्दर Sequence धारा लाइन धारा के रूप में

$$\vec{I}_0 = \frac{1}{3}(\vec{I}_R + \vec{I}_Y + \vec{I}_B) = \frac{1}{3}\vec{I}_R$$

$$\vec{I}_1 = \frac{1}{3}(\vec{I}_R + a\vec{I}_Y + a^2\vec{I}_B) = \frac{1}{3}\vec{I}_R$$

$$\vec{I}_2 = \frac{1}{3}(\vec{I}_R + a^2\vec{I}_Y + a^2\vec{I}_B) = \frac{1}{3}\vec{I}_R$$

तथा

$$\vec{I}_0 = \vec{I}_1 = \vec{I}_2 = \frac{1}{3}\vec{I}_R$$

प्रदोष धारा (Fault current)—सबसे पहले प्रदोष धारा $\vec{I}_R$ के लिये सभी मानों को निकालेंगे। माना $\vec{Z}_1, \vec{Z}_2, \vec{Z}_0$ धनात्मक, ऋणात्मक तथा शून्य कला अनुक्रम (Positive, Negative and Zero phase sequence) में हैं। किसी जनरेटर की अब बन्द लूप NREN को लेने पर

$$\vec{E}_R = \vec{I}_1\vec{Z}_1 + \vec{I}_2\vec{Z}_2 + \vec{I}_0\vec{Z}_0 + \vec{V}_R$$

क्योंकि $\vec{V}_R = 0$ तथा $\vec{I}_1 = \vec{I}_2 = \vec{I}_0$

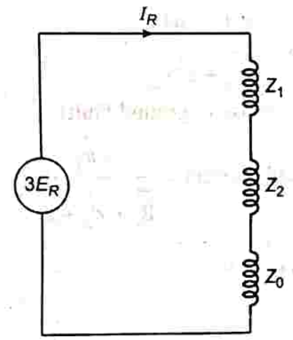
$$\vec{E}_R = \vec{I}_0(\vec{Z}_1 + \vec{Z}_2 + \vec{Z}_0)$$

$$\vec{I}_0 = \frac{\vec{E}_R}{\vec{Z}_1 + \vec{Z}_2 + \vec{Z}_0}$$

तथा प्रदोष धारा $\vec{I}_R = 3\vec{I}_0$

$$= \frac{3\vec{E}_R}{\vec{Z}_1 + \vec{Z}_2 + \vec{Z}_0} \quad \text{.... (A)}$$

अब समी० (A) के लिये समतुल्य सर्किट निम्न है—



चित्र 2.19

यदि जनरेटर की प्रदोष प्रतिबाधा Z_e हो

तो
$$\vec{I_R} = \frac{3\vec{E_R}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2} + \vec{Z_0} + 3\vec{Z_e}}$$

प्रदोष बिन्दु पर फेज वोल्टेज (Phase voltages at faults)
$$\vec{E_0} = 0, \vec{E_2} = 0, \vec{E_1} = \vec{E_R}$$

तथा R फेज में अनुक्रम (Sequence) वोल्टेज
$$\vec{V_1} = \vec{E_R} - \vec{I_1}\vec{Z_1}$$
$$= \vec{E_R} - \frac{\vec{E_R}\vec{Z_1}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2} + \vec{Z_0}}$$
$$= \frac{\vec{Z_2} + \vec{Z_0}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2} + \vec{Z_0}}.\vec{E_R}$$
$$\vec{V_2} = 0 - \vec{Z_2}\vec{I_2}$$
$$= \frac{-\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2} + \vec{Z_0}}.\vec{E_R}$$
$$\vec{V_0} = 0 - \vec{I_0}\vec{Z_0}$$
$$= \frac{-\vec{Z_0}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2} + \vec{Z_0}}.\vec{E_R}$$

क्योंकि $\vec{V_1} + \vec{V_2} + \vec{V_0} = 0$ R-phase shorted to ground

अत: फेज वोल्टेज
$$\vec{V_R} = \vec{V_0} + \vec{V_1} + \vec{V_2} = 0$$
$$\vec{V_R} = \vec{V_0} + a^2\vec{V_1} + a\vec{V_2}$$
$$\vec{V_B} = \vec{V_0} + a\vec{V_1} + a^2\vec{V_2}$$

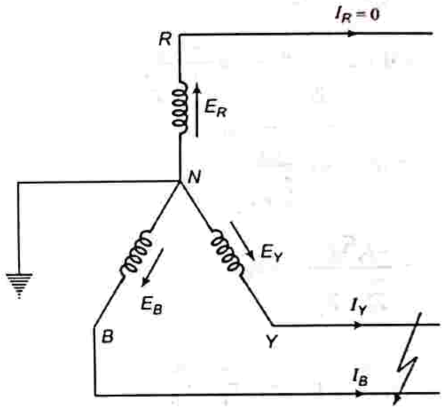
Summary of results : For line (R-phase to ground fault).

(1)
$$\vec{I_R} = \text{Fault current} = \frac{3\vec{E_R}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2} + \vec{Z_0}}$$
$$\vec{I_Y} = 0, \vec{I_B} = 0$$

(2)
$$\vec{V_R} = 0$$
$$\vec{V_Y} = \vec{V_0} + a^2\vec{V_1} + a\vec{V_2}$$
$$\vec{V_B} = \vec{V_0} + a\vec{V_1} + a^2\vec{V_2}$$

2. लाइन से लाइन में प्रदोष (Line to Line Fault)

माना कि लाइन (B) तथा लाइन (Y) में लाइन से लाइन प्रदोष है।
$$\vec{V_Y} = \vec{V_B},\ \vec{I_R} = 0 \text{ तथा } \vec{I_Y} + \vec{I_B} = 0$$



चित्र 2.20

तथा R फेज को reference मानने पर
$$\vec{I_0} = \frac{1}{3}(\vec{I_R} + \vec{I_Y} + \vec{I_B}) = 0$$

एवं
$$\vec{V_Y} = \vec{V_B}$$

Now expressing in terms of sequence components of red line, we have :
$$\vec{V_0} + a^2\vec{V_1} + a\vec{V_2} = \vec{V_0} + a\vec{V_1} + a^2\vec{V_2}$$
$$\vec{V_1}(a^2 - a) = \vec{V_2}(a^2 - a)$$
$$\vec{V_1} = \vec{V_2} \quad \text{... (A)}$$

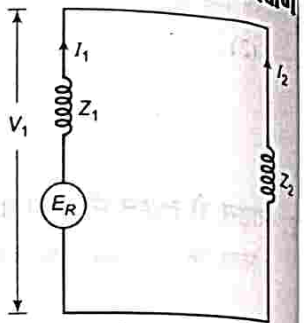
तथा
$$\vec{I_Y} + \vec{I_B} = 0$$
$$(\vec{I_0} + a^2\vec{I_1} + a\vec{I_2}) + (\vec{I_0} + a\vec{I_1} + a^2\vec{I_2}) = 0$$
$$(a^2 + a)(\vec{I_1} + \vec{I_2}) + 2\vec{I_0} = 0$$
$$\vec{I_1} + \vec{I_2} = 0 \quad \text{..... (B)}$$

चूँकि $\vec{I_0} = 0$

प्रदोष धारा (Fault current)

Eq. (A) तथा eq (B) को चित्र द्वारा दर्शाने पर पता चलता है कि

$$\vec{I_1} = -\vec{I_2} = \frac{\vec{E_R}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}$$



चित्र 2.21

प्रदोष धारा (Fault current)

$$\vec{I_Y} = (\vec{I_0} + a^2\vec{I_1} + a\vec{I_2})$$

$$= 0 + a^2 \frac{\vec{E_R}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}} + a \frac{-\vec{E_R}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}$$

$$= (a^2 - a)\frac{\vec{E_R}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}$$

$$= \frac{-j\sqrt{3}\vec{E_R}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}} = -\vec{I_B}$$

फेज वोल्टेज (Phase voltage)

$$\vec{E_0} = 0, \vec{E_2} = 0 \text{ तथा } \vec{E_1} = \vec{E_R}$$

The sequence voltages at the fault for *R*-phase are

$$\vec{V_1} = \vec{E_R} - \vec{I_1}\vec{Z_1}$$

$$= \vec{E_R} - \left(\frac{\vec{E_R}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}\right)\vec{Z_1}$$

$$= \frac{\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}.\vec{E_R}$$

$$\vec{V_2} = 0 - \vec{I_2}\vec{Z_2}$$

$$= \frac{\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}.\vec{E_R}$$

$$\vec{V_0} = 0 - \vec{I_0}\vec{Z_0} = 0$$

The phase voltages at fault are :

$$\vec{V_R} = \vec{V_0} + \vec{V_1} + \vec{V_2}$$

$$= 0 + \frac{\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}.\vec{E_R} + \frac{\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}.\vec{E_R}$$

$$= \frac{2\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}.\vec{E_R}$$

$$\vec{V_Y} = \vec{V_0} + a^2\vec{V_1} + a\vec{V_2}$$

$$= 0 + a^2\left(\frac{\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}.\vec{E_R}\right) + a\left(\frac{\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}.\vec{E_R}\right)$$

$$= (a^2 + a)\left(\frac{\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}.\vec{E_R}\right)$$

$$= -\frac{\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}.\vec{E_R} \qquad [\because a^2 + a = -1]$$

$$\vec{V_B} = \vec{V_0} + a\vec{V_1} + a^2\vec{V_2}$$

$$= 0 + a\left(\frac{\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}\vec{E_R}\right) + a^2\left(\frac{\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}\vec{E_R}\right)$$

$$= (a^2 + a)\left(\frac{\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}\vec{E_R}\right)$$

$$= -\frac{\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}\vec{E_R}$$

Summary

(1) $\vec{I_R} = 0, \vec{I_Y} = -\vec{I_B} = \frac{-j\sqrt{3}\vec{E_R}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}$

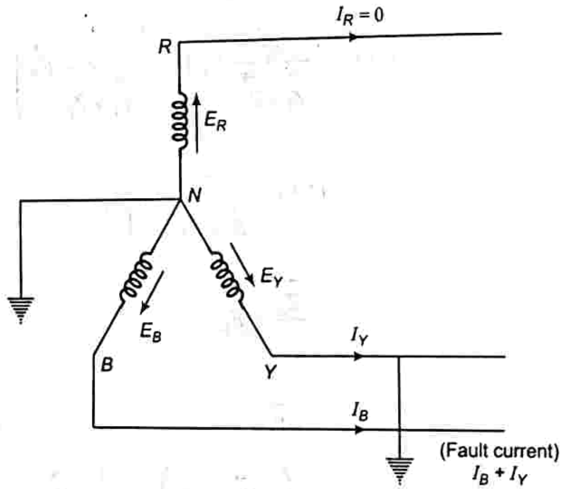
(2) $\vec{V_Y} = \vec{V_B} = \frac{-\vec{Z_2}}{\vec{Z_1} + \vec{Z_2}}.\vec{E_R}$

तथा
$$\vec{V}_R = \frac{2\vec{Z}_2}{\vec{Z}_1 + \vec{Z}_2}.\vec{E}_R$$

3. Double line to ground fault

Consider the double line to ground fault involving Y-B lines and earth as shown in Fig. 2.22.

$$\vec{I}_R = 0, \quad \vec{V}_Y = \vec{V}_B = 0$$



चित्र 2.22

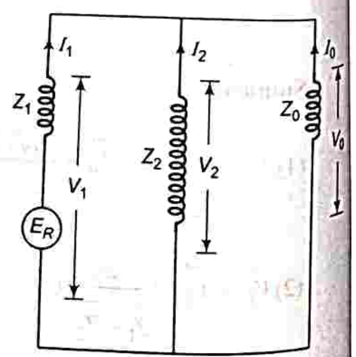
Since
$$\vec{V}_y = \vec{V}_B = 0$$
$$\vec{V}_1 = \vec{V}_2 = \vec{V}_0 = \frac{1}{3}\vec{V}_R$$

तथा
$$\vec{I}_R = \vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_0 = 0$$

Fault current

$$\vec{I}_1 = \frac{\vec{E}_R}{\vec{Z}_1 + \dfrac{\vec{Z}_2\vec{Z}_0}{\vec{Z}_2 + \vec{Z}_0}}$$

$$\vec{I}_2 = -\vec{I}_1.\frac{\vec{Z}_0}{\vec{Z}_2 + \vec{Z}_0}$$



चित्र 2.23

$$\vec{I}_0 = -\vec{I}_1.\frac{\vec{Z}_2}{\vec{Z}_2 + \vec{Z}_0}$$

$$\text{Fault current } \vec{I}_F = \vec{I}_Y + \vec{I}_B$$
$$= 3\vec{I}_0 = \left(-\vec{I}_1.\frac{\vec{Z}_2}{\vec{Z}_2 + \vec{Z}_0}\right)$$
$$= \frac{-3\vec{Z}_2}{\vec{Z}_2 + \vec{Z}_0} \times \frac{\vec{E}_R}{\vec{Z}_1 + \dfrac{\vec{Z}_2\vec{Z}_0}{\vec{Z}_2 + \vec{Z}_0}}$$
$$= \frac{-3\vec{Z}_2\vec{E}_R}{\vec{Z}_0\vec{Z}_1 + \vec{Z}_0\vec{Z}_2 + \vec{Z}_1\vec{Z}_2}$$

Phase voltages—The sequence voltages for phase R are

$$\vec{V}_1 = \vec{E}_R - \vec{I}_1\vec{Z}_1$$
$$\vec{V}_2 = 0 - \vec{I}_2\vec{Z}_2$$
$$\vec{V}_0 = 0 - \vec{I}_0\vec{Z}_0$$

Now

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_2 = \vec{V}_0 = \frac{1}{3}\vec{V}_R$$
$$\vec{V}_R = \vec{V}_1 + \vec{V}_2 + \vec{V}_0 = 3\vec{V}_2$$
$$\vec{V}_Y = a^2\vec{V}_1 + a\vec{V}_2 + \vec{V}_0$$
$$= (a^2 + a + 1)\vec{V}_2 \qquad (\because \vec{V}_1 = \vec{V}_2 = \vec{V}_0)$$
$$= 0 \times \vec{V}_2 = 0 \qquad (\because a^2 + a + 1 = 0)$$
$$\vec{V}_B = a\vec{V}_1 + a^2\vec{V}_2 + \vec{V}_0$$
$$= (a + a^2 + 1)\vec{V}_2 = 0$$

विद्युत शक्ति प्रणाली के स्थायित्व पर विभिन्न प्रकार के प्रदोषों का प्रभाव (Effect of different type of faults on stability of an electrical power system)

किसी वैद्युत शक्ति प्रणाली का स्थायित्व, उस वैद्युत शक्ति की प्रदोषी धारा के विलोमानुपाती (inversely proportional) होती है तथा प्रणाली की प्रदोषी धारा का मान उस प्रणाली की प्रतिबाधा के विलोमानुपाती होता है।

अत: स्थायित्व (stability) $\propto \dfrac{1}{\text{प्रदोषी धारा (Fault current)}}$

तथा प्रदोषी धारा $(I_f) \propto \dfrac{1}{\text{प्रतिबाधा परिपथ की}}$

अत: स्थायित्व (stability) $\propto$ प्रदोषी परिपथ की प्रतिबाधा के (Z_f)

(i) तीनों लाइनों से ग्राउण्ड प्रदोष (Three lines to ground fault)—उपरोक्त चारों प्रदोषों की अपेक्षा, इस प्रदोष से प्रणाली का स्थायित्व अधिक प्रभावित होता है। क्योंकि इस प्रदोष की स्थिति में प्रदोषी धारा अपेक्षाकृत अधिक होती है। अत: सूत्र रूप में सम्बन्ध (relation)—

$$I(O.L.) < I(L \to G) < I(L \to L) < I(2L \to G) < I(3L \to G)$$

(ii) थ्री लाइन लघुपथ प्रदोष (Three line short circuit fault)—उपर्युक्त सभी प्रदोषों की अपेक्षा, प्रस्तुत प्रदोष के कारण प्रणाली का स्थायित्व अधिक प्रभावित होता है, क्योंकि इसकी प्रदोषी धारा अपेक्षाकृत अत्यधिक होती है। अत: सूत्र रूप में सम्बन्ध (relation)—

$$I(O.L.) < I(L \to G) < I(L \to L) < I(2L \to G) < I(3L \to G) < I(3L)$$

टिप्पणी (Note)—वैद्युत शक्ति प्रणाली के अन्तर्गत—

$$\text{स्थायित्व } \alpha \text{ विश्वसनीयता } \alpha \frac{1}{\text{प्रदोषी धारा}}$$

(iii) दो लाइनों से ग्राउण्ड प्रदोष (Two lines to ground fault)—उपरोक्त तीनों प्रदोषों की अपेक्षा, इस प्रदोष के कारण, प्रणाली का स्थायित्व अधिक प्रभावित होता है, क्योंकि इस प्रदोष की धारा का मान, उक्त तीनों प्रदोषों की धाराओं के मानों से अधिक होता है। अत: सूत्र रूप में सम्बन्ध (relation)—

$$I(O.L.) < I(L \to G) > I(L \to L) < I(2L \to G)$$

(iv) अतिभार प्रदोष (Overload fault)—वैद्युत शक्ति प्रणाली के अतिभारित (overloaded) होने से प्रणाली में धारा का मान, निर्धारित धारा के मान से अत्यधिक बढ़ जाता है। इससे प्रणाली का स्थायित्व आँशिक रूप से प्रभावित होता है, क्योंकि प्रणाली का स्थायित्व धारा के बढ़ने से घटता है।

(v) लाइन से लाइन प्रदोष (Line to line fault)—उक्त दोनों प्रदोषों की अपेक्षा प्रस्तुत प्रदोष के कारण, प्रणाली का स्थायित्व अधिक प्रभावित होता है, क्योंकि इसकी प्रदोषी धारा उक्त दोनों प्रदोषी धाराओं से अधिक होती है। अत: सूत्र रूप में सम्बन्ध (relation)

$$I(O.L.) < I(L \to G) < I(L \to L)$$

(vi) लाइन से ग्राउण्ड प्रदोष (Line to ground fault)—उपर्युक्त प्रदोष की अपेक्षा, इस प्रदोष से प्रणाली का स्थायित्व अधिक प्रभावित होता है, क्योंकि इसमें प्रदोष के पाश की प्रतिबाधा (Z_f) का मान कम होने के कारण प्रदोषी धारा (I_f) का मान अपेक्षाकृत अधिक होता है। अत: सूत्र रूप में सम्बन्ध (relation)—

$$I(O.L.) < I(L \to G)$$

1. खुलापथ प्रदोष (Open circuit fault)—किसी वैद्युत शक्ति प्रणाली का जब एक या एक से अधिक फेज किसी प्रकार खुल जाता है, अथवा टूटकर अथवा क्षति या भंग होकर उसके अंग पृथक्-पृथक् हो जाते हैं, तब यह प्रदोष खुला परिपथ प्रदोष या ओपेन सर्किट फॉल्ट अथवा ब्रेक-अप फाल्ट कहलाता है। इस समय प्रस्तुत परिपथ में प्रतिरोध या प्रतिबाधा का मान

अनन्त होने के कारण, धारा का मान शून्य हो जाता है। प्रत्यावर्ती धारा की त्रिकला वैद्युत शक्ति प्रणाली में यह प्रदोष निम्न तीन प्रकार का होता है—

(i) एकल कला खुलापथ प्रदोष (Single phase open circuit fault)

(ii) द्विकला खुलापथ प्रदोष (Two phase open circuit fault)

(iii) त्रिकला खुलापथ प्रदोष (Three phase open circuit fault)

2. खुलापथ प्रदोषों के कारण (Causes of open circuit fault)—किसी वैद्युत शक्ति प्रणाली में खुलापथ प्रदोष उत्पन्न होने के निम्न कारण सम्भव हैं—

(i) तापक्रम से किसी संयोजन के खुल जाने के कारण।

(ii) अधिक तनाव से चालक (तार) के टूट जाने के कारण।

(iii) यान्त्रिक आघात से चालक के "क्षय या कट" जाने के कारण।

(iv) अति धारा पर उत्पन्न ताप से चालक के पिघलकर टूट जाने के कारण।

(v) आँधी या तूफान से शिरोपरि लाइन चालकों के टूट जाने के कारण।

(vi) बरसात की ऋतु में पानी की बाढ़ से शिरोपरि लाइनों के सामने वाले आलम्ब प्राय: झुक जाते हैं, परिणामस्वरूप लाइन चालकों के टूट जाने के कारण।

(vii) गर्मी की ऋतु में सेग रहित शिरोपरि लाइनें, अधिक तनाव के प्रभाव से ये चालक शीतकाल में सिकुड़ने से टूट जाने के कारण।

(viii) चालकों में बल पड़ने की स्थिति में अधिक तनाव बल से लाइन चालकों के टूट जाने के कारण।

(ix) प्राय: अधिक मुड़ाव (sharp turning) के साथ, उच्च यान्त्रिक दाब पर चालकों के टूट जाने के कारण।

(x) शिरोपरि लाइनों पर किसी विशाल वृक्ष से टूटकर या झुककर गिरने से लाइन चालकों के टूटने के कारण।

(xi) यदा-कदा ग्लाइडर, हेलीकॉप्टर, वायुयान आदि के टकराने से शिरोपरि लाइन चालकों के टूटने के कारण।

3. भू-प्रदोष (Earth fault or ground fault)—किसी वैद्युत शक्ति प्रणाली का जब एक या एक से अधिक फेज, किसी प्रकार पृथ्वी के साथ पूर्ण रूप से जुड़ जाता है, अर्थात सम्पर्क स्थापित कर लेता है, तब यह प्रदोष, भू-प्रदोष या अर्थ-फास्ट या ग्राउण्ड फाल्ट कहलाता है। इस समय, भू-प्रदोष, परिपथ में निम्न प्रतिरोध या प्रतिबाधा होने के कारण, वैद्युत धारा का मान अति उच्च होता है। प्र० धा०) की त्रिकला वैद्युत शक्ति प्रणाली में यह प्रदोष निम्न तीन प्रकार का होता है।

(i) एकल कला भू-प्रदोष (single phase earth fault)

(ii) द्विकला भू-प्रदोष (two phase earth fault)

(iii) त्रिकला भू-प्रदोष (three phase earth fault)

भू-प्रदोषों के कारण (Causes of earth fault)—किसी वैद्युत शक्ति प्रणाली में भू-प्रदोष उत्पन्न होने के निम्न कारण सम्भव हैं—

(i) पॉर्सिलेन इंस्यूलेटर की विफलता से शिरोपरि लाइन चालक के आलम्ब से सम्पर्कित होने के कारण।

(ii) किसी विशाल पेड़ की टहनी, हवा के झोंके या सामान्य स्थिति से अधिक झुककर, शिरोपरि लाइन चालक से जुड़ने के कारण।

(iii) आलम्ब (support) या क्रोस आर्म पर बैठे हुये परिन्दा (चील, गिद्ध, मोर, कौआ आदि) शिरोपरि लाइन चालक से जुड़ने के कारण।

(iv) भूमिगत केबिल के विद्युतरोधन के यांत्रिक आघात से क्षय (कट) जाने से चालक के पृथ्वी से सम्पर्कित हो जाने के कारण।

(v) भूमिगत केबिल के विद्युतरोधन के पुराने पड़ जाने पर अर्थात जीवनकाल (life) समाप्त हो जाने पर, चालक के जमीन से जुड़ (छू) जाने के कारण।

4. संयुक्त प्रदोष (Combined fault)—वैद्युत शक्ति प्रणाली के उक्त प्रदोषों में से, जब कोई से दो या दो से अधिक प्रदोष एक साथ घटित होते हैं, तब वह प्रदोष संयुक्त प्रदोष या कम्बाइण्ड फाल्ट कहलाता है, जैसे—किन्हीं दो कला तारों का परस्पर जुड़ने के साथ-साथ शेष तृतीय कला तार का पृथ्वी से जुड़ना, द्विकला लघु परिपथ प्रदोष तथा शेष एकल कला भू-योजन प्रदोष कहलाता है और यह प्रदोष, संयुक्त प्रदोष के अन्तर्गत आता है। इसी प्रकार दो कला तारों का परस्पर एक साथ पृथ्वी से जुड़ना तथा शेष तृतीय कला तार का टूटकर उसके अंगों का पृथक्-पृथक् हो जाना, द्विकला भू-योजन प्रदोष एवं शेष एकल कला खुला परिपथ प्रदोष कहलाता है और यह भी संयुक्त प्रदोष के अन्तर्गत आता है। सभी संयुक्त प्रदोष, असममित प्रदोष होते हैं।

संयुक्त प्रदोषों के कारण (Causes of combined faults)—किसी वैद्युत शक्ति प्रणाली से संयुक्त प्रदोष उत्पन्न होने के निम्न कारण सम्भव हैं—

(i) किसी विशाल वृक्ष की टहनी का शिरोपरि लाइन के किन्हीं दो या दो से अधिक चालकों से एक साथ सम्पर्कित होने के कारण।

(ii) किसी ग्लाइडर या हेलिकॉप्टर अथवा वायुयान के शिरोपरि लाइन से टकरा जाने के कारण।

(iii) आँधी, तूफान तथा बाढ़ग्रस्त क्षेत्र में शिरोपरि लाइन चालकों के टूटने तथा परस्पर जुड़ने के कारण।

5. लघुपथ प्रदोष (Short circuit fault)—किसी वैद्युत शक्ति प्रणाली के जब दो या दो अधिक फेज, किसी प्रकार परस्पर लघु परिपथित हो जाते हैं, अर्थात् एक-दसरे से जुड़ जाते हैं, या मिल जाते हैं, तब प्रदोष लघु परिपथ प्रदोष या शोर्ट सर्किट फाल्ट कहलाता है। इस समय इस परिपथ में प्रतिरोध या प्रतिबाधा का मान अति निम्न होने के कारण, वैद्युत धारा का मान अति उच्च होता है। प्रत्यावर्ती धारा की त्रिकला वैद्युत शक्ति प्रणाली में यह प्रदोष निम्न दो प्रकार का होता है—

(i) द्विकला लघुपथ प्रदोष (Two phase short circuit fault)

(ii) त्रिकला लघुपथ प्रदोष (Three phase short circuit fault)

लघुपथ प्रदोषों के कारण (Causes of short circuit faults)—किसी वैद्युत शक्ति प्रणाली में लघुपथ प्रदोष उत्पन्न होने के निम्न कारण सम्भव हैं—

(i) अधिक सेग की उपस्थिति में तेज हवा (आँधी या तूफान) से झूलते हुये शिरोपरि लाइन चालकों के परस्पर लिपटकर जुड़ने के कारण।

(ii) किसी वृक्ष अथवा उसकी टहनी के शिरोपरि लाइन चालक से जुड़ जाने के कारण।

(iii) यांत्रिक आघात से भूमिगत केबिल के विद्युतरोधन के कटकर क्षय हो जाने के कारण।

(iv) भूमिगत केबिल के वैद्युतरोधन के पुराने पड़ने अर्थात् जीवनकाल समाप्त हो जाने के कारण।

(v) खुले केबिल चालकों को चूहा, छिपकली, साँप (snakes) आदि द्वारा जुड़ जाने के कारण।

(vi) शिरोपरि लाइन चालकों के बीच किसी परिंदा या पक्षी (birds), बन्दर (monkey), पतंग की डोरी आदि, जुड़ जाने के कारण।

6. भू-क्षरण प्रदोष (Earth or ground leakage fault)—किसी वैद्युत शक्ति प्रणाली का जब एक या एक से अधिक फेज किसी प्रकार पृथ्वी के साथ आँशिक रूप से जुड़ जाता है, अर्थात सम्पर्क स्थापित कर लेता है, तब यह प्रदोष भू-क्षरण प्रदोष अथवा अर्थ-लीकेज फॉल्ट या ग्राउण्ड लीकेज फाल्ट कहलाता है। इस समय भू-क्षरण प्रदोष परिपथ में प्रतिरोध या प्रतिबाधा का मान घट जाने के कारण, वैद्युत धारा का मान बढ़ जाता है। ए० सी० थ्री फेज पॉवर सिस्टम में यह प्रदोष निम्न तीन प्रकार का होता है—

(i) एकल कला भू-क्षरण प्रदोष (single phase earth leakage fault)

(ii) द्विकला भू-क्षरण प्रदोष (two phase leakage fault)

(iii) त्रिकला भू-क्षरण प्रदोष (three phase earth leakage fault)

भू-क्षरण प्रदोषों के कारण (Causes of earth leakage faults)—

(i) शिरोपरि लाइन में प्रयुक्त पॉर्सिलेन इंस्यूलेटर के आंशिक रूप से क्षय (Partially damage) होने के कारण।

(ii) भूमिगत केबिल में प्रयुक्त विद्युतरोधन (insulation) के आँशिक रूप से क्षय होने के कारण।

(iii) भूमिगत केबिल में प्रयुक्त इंस्यूलेटर के आँशिक रूप से जीर्ण हो जाने के कारण, अर्थात् आँशिक रूप से जीवन काल (life) समाप्त हो जाने के कारण।

7. अतिधारा वैद्युत प्रदोष (Over current electrical fault)—वह वैद्युत प्रदोष, जो वैद्युत शक्ति प्रणाली के अतिधारा प्रवाह का कारण बनता है अर्थात् जिसके कारण वैद्युत शक्ति प्रणाली में धारा का मान सामान्य धारा के मान से कई गुणा बढ़ जाता है, अतिधारा प्रदोष अथवा ओवर करेंट फॉल्ट कहलाता है। इसके मुख्य कारण निम्न शीर्षक के अन्तर्गत लिखित हैं—

अतिधारा वैद्युत प्रदोषों के कारण (Causes of o.c.e. faults)

वैद्युत प्रणाली में अतिधारा प्रदोष के निम्न कारण सम्भव हैं—

(i) लघुपथन प्रभाव के कारण (due to short circuiting effect)

(ii) भू-क्षरण प्रभाव के कारण (due to earth leakage effect)

(iii) किरीट क्षरण प्रभाव के कारण (due to corona leakage effect)

(iv) अतिभार प्रभाव के कारण (due to overload effect)

(v) निम्न शक्तिगुणक के कारण (due to low power factor)

(vi) निम्न वोल्टता या विभव के कारण (due to low voltage)

8. किरीट क्षरण प्रदोष (Corona leakage fault)—किसी वैद्युत शक्ति-प्रणाली की शिरोपरि लाइन के जब एक या एक से अधिक नंगे चालक की सतह से वैद्युत आवेश का क्षरण, प्रत्यक्ष वायुमण्डल में होने लगता है, तब यह प्रदोष किरीट क्षरण प्रदोष या कोरोना लीकेज फाल्ट कहलाता है। इस प्रदोष में प्रत्यक्ष वैद्युत शक्ति हानियाँ होती हैं, जिसके कारण शिरोपरि वैद्युत शक्ति प्रणाली की दक्षता घट जाती है। ए० सी० थ्री फेज ओवर हेड पॉवर सिस्टम में यह दोष निम्न प्रकार का होता है—

(i) एकल कला किरीट क्षरण प्रदोष ($1-\phi$ corona leakage fault)

(ii) द्विकला किरीट क्षरण प्रदोष ($2-\phi$ corona leakage fault)

(iii) त्रिकला किरीट क्षरण प्रदोष ($3-\phi$ corona leakage fault)

किरीट क्षरण प्रदोषों के कारण (Causes of corona leakage faults)—किसी शिरोपरि शक्ति लाइन के चालकों में किरीट क्षरण प्रदोष के उत्पन्न होने के निम्न कारण सम्भव हैं—

(i) लाइन वोल्टता (line voltage) के अधिक बढ़ जाने के कारण।

(ii) लाइन चालकों के बीच की पारस्परिक दूरी घट जाने के कारण।

(iii) लाइन चालकों के समयोपरांत पतले (thin) हो जाने के कारण।

(iv) लाइन चालकों के बीच की, पारस्परिक दूरी (d) तथा चालक की त्रिज्या (r) के अनुपात (d / r) के घट जाने के कारण।

(v) चालकों की सतह के खुरदुरे (rough) हो जाने के कारण।

(vi) चालकों के बीच वायुमण्डलीय माध्यम में आर्द्रता (नमी, पानी, ओस, कुहरा आदि) के अधिक बढ़ जाने के कारण।

9. निम्न वोल्टता वैद्युत प्रदोष (Under voltage electrical fault)—वह वैद्युत प्रदोष, जो वैद्युत शक्ति प्रणाली में निम्न वोल्टता का कारण बनता है, अर्थात् जिसके कारण वैद्युत शक्ति प्रणाली में वोल्टता का मान, सामान्य वोल्टता के मान से कई गुना घट जाता है, निम्न वोल्टता प्रदोष अथवा अण्डर वोल्टता फाल्ट कहलाता है। इसके मुख्य कारण, अग्रिम शीर्षक के अन्तर्गत लिखित हैं—

निम्न वोल्टता प्रदोषों के कारण (Causes of u.v. faults)—निम्न वोल्टता प्रदोष (under voltage fault) के निम्न कारण सम्भव हैं—

(i) लघुपथन प्रभाव के कारण (due to short circuiting effect)

(ii) प्रत्यावर्तक या जनित्र उत्तेजन की असफलता के कारण

10. उत्प्लावी या हिल्लोल प्रदोष (Surge fault)—वह वैद्युत प्रदोष, जो वैद्युत शक्ति प्रणाली में उच्च आवृति की उच्च वोल्टता तरंगें उत्पन्न करता है, उत्प्लावी प्रदोष अथवा सर्ज फॉल्ट कहलाता है। इसे उच्च वोल्टता तरंग प्रदोष (high voltage wave fault) भी कहते हैं, जैसे—वैद्युत शक्ति प्रणाली की संरचना लाइनों पर बादलों की बिजली से उत्पन्न उच्च आवृति पर उच्च वोल्टता की तरंगें (surges) आदि।

11. वापसी शक्ति प्रवाह प्रदोष (R.P.F. fault)—वह वैद्युत प्रदोष, जो अंत: योजित वैद्युत शक्ति प्रणाली (interconnected power system) में विपरीत शक्ति प्रवाह (reverse power flow) का कारण बनता है, अर्थात जिसके कारण वैद्युत शक्ति प्रवाह की दिशा बदलकर विपरीत (reverse) हो जाती है, विपरीत या वापसी शक्ति प्रवाह प्रदोष अथवा रिवर्स पॉवर फ्लो फॉल्ट कहलाता है। प्रस्तुत प्रदोष की उपस्थिति केवल वैद्युत शक्ति की अन्तर्योजित प्रणाली (interconnected system) अर्थात् दोनों सिरा प्रदायित पोषकों का वितरकों में ही सम्भव है।

12. लघुपथ धारा (Short circuit current)—जब किसी वैद्युत शक्ति प्रणाली में किसी बिन्दु पर वैद्युत परिपथ प्रदोष विकसित होता है, अर्थात् धारा को निम्न रोधी (less resistive) पथ प्राप्त होता है, तो उस वैद्युत शक्ति प्रणाली में वैद्युत धारा का मान, सामान्य वैद्युत धारा के मान से कई गुना अधिक बढ़ जाता है; क्योंकि प्रणाली की तुल्य प्रतिबाधा का मान घट जाता है और यह वैद्युत धारा अपने सामान्य पथ से विचलित होकर, अर्थात् अपने वास्तविक पथ से हटकर, प्रदोषी बिन्दु की ओर प्रवाहित होने लगती है। इस घटना या प्रक्रिया को लघुपथन (short circuiting) कहते हैं तथा इस नवीन निर्मित धारा पथ को प्रदोषी परिपथ (faulty circuit) कहते हैं और इस प्रदोषी परिपथ में बहने वाली धारा को लघुपथन धारा या शोर्ट सर्किट करेन्ट कहते हैं। इसका मान प्रदोषी परिपथ की सम्पूर्ण प्रतिबाधा (impedance) पर निर्भर करता है, जबकि प्रणाली की वोल्टता (V), क्षमता (kVa) तथा शक्ति गुणांक ($\cos\phi$) स्थिर कायम की गई हो।

लघुपथ धारा की निर्भरता (Dependency of short circuit current)—प्रदोषी परिपथ की लघुपथ धारा अग्र घटकों पर निर्भर करती है।—

(i) प्रदोषों बिन्दु की स्थिति पर (On the location of the faulty point)—वैद्युत शक्ति प्रणाली में लघुपथ धारा का मान, जनन स्रोत से प्रदोष बिन्दु की दूरी पर निर्भर करता है। यदि प्रदोष बिन्दु ऑल्टर्नेटर के निकट है, तो लघुपथ धारा का मान ऑल्टर्नेटर की उच्च प्रतिबाधा (Z) व प्रतिघात (X) पर निर्भर करेगा, क्योंकि ऑल्टर्नेटर के प्रतिरोध (armature resistance) का मान उसके प्रतिघात (reactance) की अपेक्षा नगण्य है। इस स्थिति में आल्टर्नेटर का प्रतिघात (X) उच्च होने के कारण लघुपथ धारा का मान सीमित (limited) होगा। यदि प्रदोष बिन्दु ऑल्टर्नेटर से अधिक दूर है, अर्थात् प्रणाली में संयोजित ट्रॉसफार्मर के बाद है, तो लघुपथ धारा का मान, इस स्थिति में पहले की अपेक्षा अधिक होगा, क्योंकि प्रणाली के अन्तर्गत,

ऑल्टर्नेटर ट्रॉसफार्मर आदि सभी धारावाही उपकरण परस्पर समानान्तर क्रम में जुड़े रहते हैं। इसलिये प्रणाली के जनित्र स्रोत से प्रदोषी बिन्दु की दूरी बढ़ाने से प्रदोषी परिपथ की प्रतिबाधा (Z) व प्रतिघात (X) घटती है और लघुपथ धारा बढ़ती है।

(ii) प्रदोषी परिपथ की प्रतिबाधा तथा प्रतिघात पर (On the impedance and reactance of faults circuit)—प्रदोषी परिपथ में दोष बिन्दु की ओर बहने वाली लघुपथ धारा का मान, इस प्रदोषी बिन्दु तक की प्रतिबाधा (Z) पर निर्भर करता है, जिसके अन्तर्गत ए० सी० जेनरेटर, ट्रांसफार्मर, लाइन आदि सभी धारावाही उपकरणों की प्रतिबाधा आती है। चूँकि इस परीपथ में प्रतिघात (X) की अपेक्षा प्रतिरोध (R) का मान नगण्य है, इसलिये हम दूसरे शब्दों में कह सकते हैं कि लघुपथ धारा का मान इस प्रदोषी परिपथ के प्रतिघात (X) पर निर्भर करता है। पाठकों को विदित होना चाहिये कि यदि परिपथ में भू-प्रदोष है, तो लघुपथ धारा का मान भू-दोषी प्रतिरोध (earth fault resistance) पर भी निर्भर करेगी।

(iii) प्रणाली में जनित्रों की संख्या पर (On the numbers of generators)—वैद्युत शक्ति प्रणाली में लघुपथ धारा का मान प्रणाली में संयोजित ऑल्टर्नेटर की संख्या के बढ़ने से बढ़ता है और घटने से घटता है। चूँकि प्रणाली में सभी ऑल्टर्नेटर परस्पर समानान्तर क्रम में संयोजित रहते हैं, जो एक निश्चित स्थिर वोल्टता पर प्रणाली की क्षमता (kVa) को बढ़ाते हैं और क्षमता के बढ़ने से प्रणाली को इलेक्ट्रिकल लोड उठाने की क्षमता तथ लघुपथ धारा का मान भी बढ़ता है, क्योंकि प्रणाली की लघुपथ धारा का मान (vaue of short circuit current)—

$$I_{sc} = \frac{\text{Total short circuit kva of the system}}{\text{Constant rated kv of the system}}$$

$$I_{sc} = \frac{\text{No. of alternators} \times \text{s.c. kva each alternator}}{\text{Constant rated kv of the system}}$$

$$I_{sc} = \frac{N \times \text{s.c.kva (each)}}{\text{Rated kv of system}}$$

s. c. current : Isc. α N (Nos. of alternators)

(iv) प्रणाली की क्षमता पर (On the kva of the system)—वैद्युत शक्ति प्रणाली में लघुपथ धारा का मान प्रणाली की क्षमता (kva) के बढ़ाने से बढ़ता है और घटने से घटता है, क्योंकि प्रणाली के प्रदोषी परिपथ में लघुपथ धारा का मान (value of short circuit current)

$$I_{sc} = \frac{\text{short circuit kva}}{\text{Rated kv}}$$

चूँकि प्रणाली में सभी ऑल्टर्नेटर परस्पर समानान्तर क्रम में संयोजित रहते हैं, जो एक निश्चित स्थिर वोल्टता पर प्रणाली की क्षमता (kva) को बढ़ाकर, उसकी लोड उठाने की क्षमता को बढ़ाते हैं और लघुपथन के समय सभी मिलकर एक साथ प्रदोषी बिन्दु धारा भेजते हैं। इस प्रकार प्रणाली में ऑल्टर्नेटर की संख्या के बढ़ने से प्रणाली की क्षमता (kva rating) बढ़ती है और प्रदोष के समय लघुपथ का मान भी बढ़ता है।

(v) प्रणाली में पोषकों की संख्या पर (On the number of feeders)—वैद्युत शक्ति प्रणाली में लघुपथ धारा का मान, उसमें संयोजित पोषकों की संख्या के बढ़ने से बढ़ता है और घटने से घटता है। चूँकि प्रणाली में संयोजित सभी पोषक परस्पर समानान्तर क्रम में जुड़े रहते हैं, जो प्रणाली की परिणामी प्रतिबाधा (Z) व प्रतिघात (X) को कम करते हैं। परिणामस्वरूप पोषकों की संख्या के बढ़ने से प्रणाली में लघुपथ धारा का मान बढ़ता है।

(vi) प्रणाली में परिणामित्रों की संख्या पर (On the number of transformers)—वैद्युत शक्ति प्रणाली में लघुपथ धारा का मान, प्रणाली में संयोजित ट्रॉसफार्मरों की संख्या बढ़ने से बढ़ता है और घटने से घटता है। चूँकि प्रणाली में सभी ट्रॉसफॉर्मर परस्पर समानान्तर क्रम में संयोजित रहते हैं, इसलिये प्रणाली की तुल्य प्रतिबाधा (Z) व प्रतिघात (X) ट्रॉसफॉर्मरों की संख्या के बढ़ने से घटती है। परिणामस्वरूप प्रणाली में लघुपथ धारा का मान बढ़ता है तथा इसक विपर्यय (vice-versa)।

(vii) प्रणाली के शक्ति गुणक पर (On the power factor of the system)—वैद्युत शक्ति प्रणाली में लघुपथ धारा का मान प्रणाली के शक्ति गुणक के घटने से बढ़ता है और बढ़ने से घटता है। सामान्य स्थिति में वैद्युत शक्ति प्रणाली में सामान्य धारा का मान (value of normal current)

$$I = \frac{\text{वाट में शक्ति } (P)}{\text{वोल्टता } (V) \times \text{ शक्ति गुणक } (\cos\phi)}$$

$$\text{धारा } I \propto \frac{1}{\text{शक्ति गुणक } (\cos\phi)}$$

13. लघुपथ धारा का प्रभाव (Effect of short circuit current)—यदि वैद्युत शक्ति प्रणाली के प्रदोषी परिपथ में प्रतिबाधा (Z)/प्रतिघात (X) की कमी के कारण अथवा विकसित वैद्युत प्रदोष की प्रकृति के कारण लघुपथ धारा का मान अति उच्च है, तो यह अत्यधिक असामान्य प्रदोषी धारा प्रणाली में संलग्न, उन सभी उपस्कर तथा उपकरणों को जलाकर नष्ट कर देगी, जिससे होकर यह गुजरती है और वे उपस्कर तथा उपकरण होगें ऑल्टर्नेटर, ट्राँसफार्मर लाइन परिपथ आदि। इस प्रकार करोड़ों रुपयों की मशीनरी जलकर नष्ट हो जायेगी और सप्लाई भंग हो जायेगी। परिणामस्वरूप एक सतत् लम्बे समय तक वैद्युत ऊर्जा का अभाव बना रहेगा, जिससे औद्योगिक उत्पादन तथा कृषि सम्बन्धी उत्पादन रुक जायेगा। इस भीषण तबाही (क्षति) से बचने के लिये, यह नितान्त आवश्यक है कि दुर्घटना (प्रदोष) के समय, प्रदोषी परिपथ या अंग को सम्पूर्ण वैद्युत शक्ति प्रणाली से पृथक् (disconnect) कर दिया जाये, तब इस बचाव हेतु प्रणाली में लगाने के लिये आवश्यकता होगी स्विच गियर एण्ड प्रोटेक्शन की, अर्थात् फ्यूज, सर्किट ब्रेकर रिले आदि रक्षण युक्तियों की।

14. लघुपथ धारा का महत्व (Significance of s.c. current)—वैद्युत शक्ति प्रणाली में निम्न दृष्टिकोणों से लघुपथ धारा का विशेष महत्व है—

(i) क्षमता के दृष्टिकोण से (From safety point of view)—वैद्युत शक्ति प्रणाली की क्षमता (kva) लघुपथ धारा पर निर्भर करती है। अत: जिस प्रणाली में प्राकृतिक रूप से जितनी अधिक लघुपथ धारा होती है, वह प्रणाली उतनी ही अधिक उच्च क्षमता वाली होती है। इस प्रकार प्रणाली की लघुपथ धारा के बढ़ने से प्रणाली की क्षमता बढ़ती है, अर्थात् उच्च क्षमता वाली वैद्युत शक्ति प्रणालियों की लघुपथ धारा का मान स्वाभाविक रूप से ही उच्च होता है। इसलिये उच्च लघुपथ धारा वाली उच्च क्षमता की प्रणाली में उच्च क्षमता के ही यन्त्रों, उपस्करों तथा उपकरणों का प्रयोग होता है, जो अधिक कीमती होते हैं। इस प्रकार हम कह सकते हैं कि लघुपथ धारा के बढ़ने के साथ-साथ प्रणाली की प्रारम्भिक कीमत भी बढ़ती है। जब उच्च लघुपथ धारा वाली प्रणाली की स्टेबिलिटी विकसित करने के लिये, इसमें रिएक्टरों को जोड़ा जाता है, तो रिएक्टरों की कीमत के बढ़ने से प्रणाली की मूल लागत और अधिक बढ़ जाती है, जो एक अभिशाप (disadvantage) है, परन्तु इसके विपरीत उच्च लघुपथ धारा वाली उच्च क्षमता की प्रणाली की अतिभार क्षमता (overload capacity) भी अत्यधिक होती है, जो कि एक वरदान (advantage) है।

(ii) अभिकल्पना के दृष्टिकोण से (From design point of view)—वैद्युत शक्ति प्रणाली की अभिकल्पना, लघुपथ धारा पर निर्भर करती है। अत: जिस प्रणाली की जितनी ही अधिक लघुपथ धारा होती है, उस प्रणाली की अभिकल्पना उतनी ही अधिक क्षमता के लिये की जाती है, अर्थात् उस प्रणाली में उतनी ही अधिक अभिकल्पित क्षमता के उपस्करों, जैसे—स्विच, आइसोलेटर, फ्यूज, सर्किट ब्रेकर, रिले आदि आटोमेटिक प्रोटेक्टिव स्विच गियर तथा मीजरिंग इंस्ट्रूमेंट संयोजित किये जाते हैं और उतनी ही अधिक क्षमता के उपकरणों, जैसे—लाइन कण्डक्टर केबिल, बस बार, इंस्यूलेटर, कनेक्टर, झंपर आदि लगाये जाते हैं। इस प्रकार प्रणाली की लघुपथ धारा के आधार पर ही प्रणाली में प्रयोग होने वाले उपस्करों तथा उपकरण की अभिकल्पना की जाती है।

(iii) सुरक्षा के दृष्टिकोण से (From safety point of view)—वैद्युत शक्ति प्रणाली की सुरक्षा, लघुपथ धारा पर निर्भर करती है। अत: जिस प्रणाली में लघुपथ धारा की मात्रा जितनी ही कम होती है, वह प्रणाली उतनी ही अधिक सुरक्षित होती है, इस प्रकार लघुपथ धारा के घटने से प्रणाली की सुरक्षा बढ़ती है। लघुपथ धारा को कम करने के लिये तथा प्रणाली का स्थायित्व

(stability) बढ़ाने के लिये उस प्रणाली में प्रतिघातकों (reactors) को संयोजित किया जाता है। पाठकों को विदित होना चाहिये कि किसी प्रणाली की सुरक्षा का तात्पर्य उस प्रणाली में संलग्न मशीनों, उपस्करों तथा उपकरणों की सुरक्षा से है।

(iv) टिकाऊपन या जीवन काल के दृष्टिकोण से (From durability or life point of view)—वैद्युत शक्ति प्रणाली की लाइफ भी लघुपथ धारा पर निर्भर करती है। प्राय: उच्च लघुपथ धारा वाली उच्च क्षमता की प्रणाली की लाइफ निम्न होती है, अर्थात् इस प्रणाली के जलकर नष्ट होने की सम्भावना अधिक होती है, इसलिये इसके बचाव के लिये विभिन्न प्रकार के स्वचालित रक्षण उपस्करों, जैसे—फ्यूज, सर्किट, ब्रेकर, रिले आदि को प्रणाली में संयोजित किया जाता है।

(v) स्थायित्व के दृष्टिकोण से (From stability point of view)—वैद्युत शक्ति प्रणाली की स्टेबिलिटी भी लघुपथ धारा पर निर्भर करती है। अत: जिस प्रणाली की जितनी ही कम लघुपथ धारा होती है, उस प्रणाली की उतनी ही अधिक स्टेबिलिटी होती है। इस प्रकार निम्न लघुपथ धारा वाली अर्थात् अधिक प्रतिबाधा (Z) व प्रतिघात (X) वाली प्रणाली अधिक स्थायी (stable) होती है। प्राय: स्थायित्व (stability) संशोधन (improvement) करने के लिये प्रणाली में प्रतिघातकों (reactors) का ही प्रयोग किया जाता है। परन्तु प्रतिघातकों का प्रयोग उच्च लघुपथ धारा वाली प्रणालियों में ही किया जाता है, ताकि लघुपथ धारा का मान घट जाये और प्रणालियों का स्थायित्व बढ़ जाये। लघुपथ धारा वाली निम्न क्षमता की प्रणालियों की प्रतिबाधा (Z) व प्रतिघात (X) स्वाभाविक ही उच्च होने के कारण उनका स्थायित्व भी उच्च होता है और उनमें किसी प्रकार के प्रतिघातों को प्रयोग करने की आवश्यकता नहीं होती है।

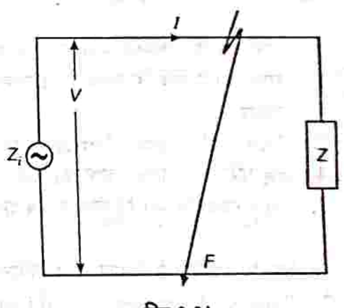
टिप्पणी (Note)—उक्त महत्व को देखते हुए, यह आवश्यक हो जाता है कि वैद्युत शक्ति प्रणाली की लघुपथ धारा का परिकलन करके, उसके वास्तविक मान से अवगत हुआ जाये अर्थात् जाना जाये।

2.5 लघुपथ प्रदोष (Short circuit fault)

जब कभी किसी परिपथ में ऐसा प्रदोष उत्पन्न होता है कि एक या एक से अधिक फेज में बहुत अधिक धारा प्रवाह होने लगती है तो इस स्थिति को लघुपथ प्रदोष का होना कहेंगे।

जब कभी लघुपथ प्रदोष उत्पन्न होता है तो परिपथ के अन्दर बहुत अधिक धारा बहती है जैसा कि चित्र 2.24 में दिखाया गया है।

एक एकल फेजी जनरेटर जिसकी वोल्टेज V तथा आन्तरिक प्रतिबाधा Z_i एवं लोड Z सामान्य अवस्था में परिपथ की धारा लोड प्रतिबाधा (Z) के द्वारा नियन्त्रित होती है। अब अगर किसी कारण से लोड के टर्मिनल आपस में मिल जायें तो परिपथ की प्रतिबाधा Z_i (जिसका मान बहुत कम है) रह जाती है जिसके कारण परिपथ के अन्दर बहुत अधिक धारा बहने लगती है जिसे लघुपथ धारा (Short circuit current) कहते हैं।



चित्र 2.24

Under normal condition

$$I = \frac{V}{Z_i + Z}$$

When fault occurs, then

$$I_{S.C.} = \frac{V}{Z_i}$$ (जिसका मान बहुत अधिक है क्योंकि Z_i का मान बहुत कम है)

Short circuit तथा Overload में अन्तर

जब कभी किसी परिपथ में लघुपथ होता है तो परिपथ में प्रदोष बिन्दु तक वोल्टेज का मान लगभग शून्य के बराबर होता है तथा परिपथ के अन्दर प्रदोष बिन्दु तक धारा का मान बहुत अधिक बढ़ जाता है, जबकि ओवरलोड की स्थिति में परिपथ में

प्रदोष बिन्दु तक वोल्टेज का मान कम हो जाता है परन्तु शून्य के बराबर नहीं होता है तथा धारा का मान अधिक होता है परन्तु लघुपथ धारा से कम रहता है।

लघुपथ होने के कारण (Causes of short circuit)

लघुपथ होने के दो कारण होते हैं—

(1) आन्तरिक कारण (Internal Cause)

(2) बाह्य कारण (External Cause)

1. आन्तरिक कारण (Internal Cause)—ट्रांसमिशन लाइन में लगे ट्रांसफार्मर तथा जनरेटर का विद्युतरोधन खराब हो जाने के कारण तथा इस प्रकार के प्रदोष विद्युतरोधन की अधिक आयु होने के कारण या यन्त्र का डिजाइन सही नहीं किया गया हो या यन्त्र का संस्थापन सही नहीं किया गया हो।

2. बाह्य कारण (External Cause)—

(i) विद्युत रोधन का विफल होना प्रत्यक्ष तड़ित आघात के कारण (Due to direct lighting surges)

(ii) अधिक लोड होने के कारण अधिक गर्म हो जाना

(iii) पब्लिक द्वारा यान्त्रिक हानि पहुँचाना।

लघुपथ धारा का प्रभाव (Effect of short circuit current)—जब लघुपथ होता है तो प्रदोष धारा का मान बहुत अधिक बढ़ जाता है तथा वोल्टेज का मान बहुत कम हो जाता है।

(1) लघुपथ धारा का मान बहुत अधिक होने के कारण अधिक हीट उत्पन्न होती है जिसके कारण आग लग सकती है या सप्लाई को पूरी तरह से बाधित कर सकता है।

(2) कम वोल्टेज होने के कारण पूरी सप्लाई पर इसका प्रभाव पड़ता है। कम वोल्टेज के कारण मोटर बंद हो सकती है तथा जनरेटर के ऊपर भी बुरा प्रभाव पड़ता है तथा सप्लाई की उपलब्धता भी बाधित हो सकती है।

अभ्यास

1. Discuss the possible faults on overload lines.
2. वैद्युत तन्त्र में दोषों के प्रकार का उल्लेख कीजिए। वैद्युत तन्त्र की विश्वसनीयता एवं स्थायित्व पर दोषों के प्रभावों की विवेचना कीजिए। *(B.T.E. 2012-13)*
3. Explain the harmful effects of short circuit fault on the power system.
4. लघु परिपथ से उत्पन्न दोषों की विवेचना कीजिए। *(B.T.E. 2015)*
5. लघु परिपथ दोष क्या है? लघु परिपथ दोषों का वर्गीकरण कीजिए। इन दोषों का शक्ति प्रणाली पर क्या प्रभाव होता है? *(B.T.E. 2011)*
6. एक शक्ति प्रणाली में होने वाले विभिन्न दोषों का वर्णन कीजिए। *(B.T.E. 2013)*
7. What is a 3-ϕ unsymmetrical fault? Discuss the different types of unsymmetrical faults that can occur in 3-ϕ system.
8. विद्युत तंत्र में स्थायित्व को इसमें घटित होने वाले दोष किस प्रकार प्रभावित करते हैं? व्याख्या कीजिए। स्थायित्व में किस प्रकार सुधार किया जा सकता है? व्याख्या कीजिए। *(B.T.E. 2006)*
9. What is the importance of short circuit calculations?
10. शक्ति-प्रणाली में क्या असामान्यताएँ होती हैं? असामान्यताओं के प्रभावों की व्याख्या कीजिए। *(B.T.E. 2011)*
11. What is the importance of base kVA in short circuit calculations?
12. एक वैद्युत प्रणाली में विविध प्रकार के दोषों की विवेचना (discussion) कीजिए। तन्त्र की विश्वसनीयता तथा स्थायित्व (reliability and stability of a system) पर इन दोषों के प्रभाव को समझाइए।

13. What is the advantage of expressing reactance in percentage values?
14. वैद्युत शक्ति तंत्र में घटित होने वाले विभिन्न सममितीय एवं असममितीय दोषों की उनके सम्भावित कारणों सहित विवेचना कीजिए। *(B.T.E. 2006)*
15. Express unbalanced phase current in a 3-ϕ system in terms of symmetrical composnents.
16. प्रदोष तथा लघुपथ में अन्तर बताइये। पावर प्रणाली में घटित होने वाले प्रदोषों की सूची बनाइये, इन प्रदोषों का सममित तथा असममित प्रदोषों में वर्गीकरण कीजिए। *(B.T.E. 2007)*
17. वैद्युत तंत्र पर दोषों से क्या तात्पर्य है? विद्युत तंत्र की विश्वसनीयता एवं स्थायित्व पर दोषों के प्रभाव की विवेचना कीजिए। *(B.T.E. 2008)*
18. 3 – ϕ सिरों पर लाइनों के दोषों के प्रकारों की विवेचना कीजिए। इन दोषों को एकल लाइन आरेख पर प्रदर्शित कीजिए। *(B.T.E. 2010)*
19. 3 – ϕ विद्युत तंत्र के कार्य सम्पादन पर लघुपरिपथन दोष प्रभावों की विवेचना कीजिए। *(B.T.E. 2010)*
20. दोषी प्रणाली को एकल रेखीय आरेख से कैसे दर्शाया जाता है? साथ ही साथ संकेत चित्र बनाएँ (i) विभव परिणामित्र, (ii) रिएक्टर। *(B.T.E. 2011)*
21. What do you understand by a short circuit? Discuss the possible causes of short circuit in the power system.
22. लघु परिपथ तथा विद्युत तंत्र पर इसके प्रभावों की विवेचना कीजिए। *(B.T.E. 2013)*
23. शक्ति तंत्र में प्रमुख दोषों के कारण बताइये। दोषों के नाम सहित व्याख्या कीजिए। *(B.T.E. 2015)*
24. शक्ति प्रणाली में त्रिकली समितीय व असमितीय दोषों व उनके होने वाले प्रभावों का वर्णन कीजिए। *(B.T.E. 2016)*
25. विभिन्न प्रकार की त्रुटियाँ क्या होती हैं? एकाकी रेखा-चित्र में त्रुटियों को कैसे दर्शायेंगे? *(B.T.E. 2017)*
26. किसी प्रणाली की सत्यता और स्थिरता का त्रुटियों पर क्या प्रभाव पड़ता है? समझाइये। *(B.T.E. 2017)*
27. एक तीन फेजीय 5 एम०वी०ए० 6.6 के०वी० अल्टरनेटर जिसका रियक्टेन्श 8% है को फीडर से प्रेणीक्रम जिसका इंम्पोडेन्स (0.12 + j 0.48) ohm phase/km जोड़ा गया है। एक ट्रान्सफार्मर 3 एम०वी०ए० 6.6 के० वी०/33 के० वी० जिसका रियेक्टेनस 5% है। 6.9 के०वी० वोल्टता पर लोड पर चल रहे जनरेटर में बह रही त्रुटिधारा की गणना कीजिये। साथ ही 15 किमी० दूरी पर तीन फेजीय फीडर सिमेट्रिकल त्रुटि की भी गणना कीजिये।। *(B.T.E. 2017)*

Fill in the blanks

(i) When a short circuit occurs, a .... current flows through the system.

(ii) The most serious result of a major in uncleared short circuit fault is the ....

(iii) When all the three phase are short circuited, it gives rise to .... current.

(iv) The rating of a circuit breaker is generally determined on the basis of............ short circuit currents.

(v) The most common type of fault in overhead lines is ....

(vi) The .... short circuit fault gives very heavy duty on the circuit breaker.

(vii) Short circuit kVA is obtained by multiplying the base kVA by ....

(viii) The most common type of 3-ϕ unsymmetrical fault is ....

(ix) In a balanced system, negative and zero phase sequence currents are ....

(x) A 1000 kVA transformer with 5% reactance will have a reactance of .... at 2000 kVA base.

Answers:

(i) heavy, (ii) fire, (iii) symmetrical fault, (iv) symmetrical, (v) phase to ground fault, (vi) 3-phase (vii) 100/% *X*, (viii) single line to ground, (ix) zero, (x) 10%.

3 फ्यूज (Fuses)

3.1 परिचय (Introduction)

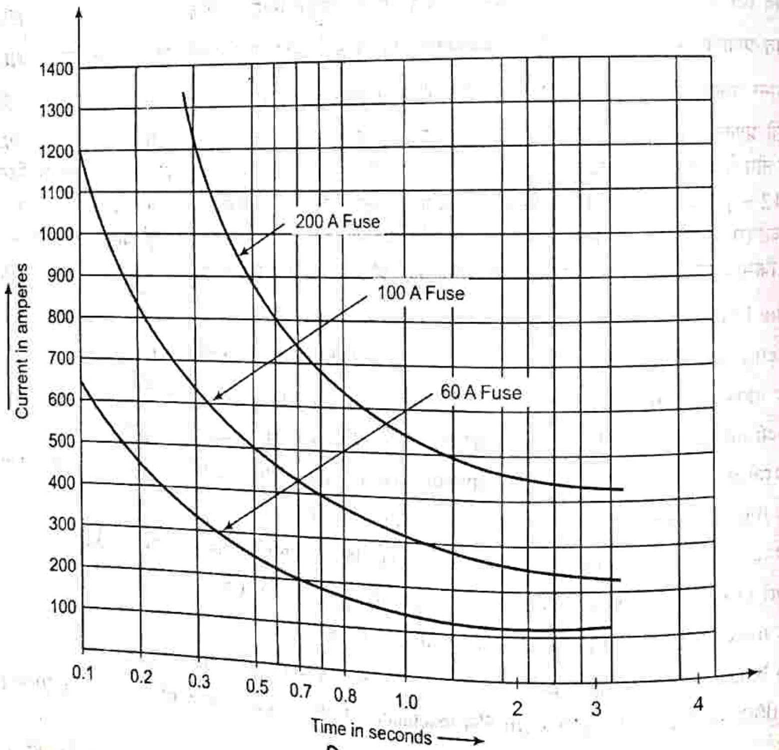
जिस तरह से circuit breaker, fault की condition में circuit को अपने आप break करता है उसी प्रकार fuse भी एक प्रकार का protective device है जो circuit के series में संयोजित करने पर short circuit, overloading की condition में circuit को ब्रेक करता है।

3.1.1 फ्यूज (Fuses)

सामान्यत: Fuse एक धातु का छोटा-सा टुकड़ा होता है जो circuit के श्रेणी क्रम में संयोजित करने पर यदि circuit में एक unit current से ज्यादा flow होने पर fuse पिघल कर circuit को break करता है, fuse कहलाता है।

"वह protective device जो उच्च वैद्युत धारा के विरुद्ध केबिलों तथा उपकरणों की रक्षा के लिये वैद्युत परिपथ के श्रेणी क्रम में संयोजित किया जाता है फ्यूज कहलाता है।"

किसी fuse के current rating से ज्यादा flow current तथा circuit break करने में लगा समय में वक्र



चित्र 3.1

इस वक्र से यह स्पष्ट होता है कि किसी भी fuse के current rating से ज्यादा current flow होने पर circuit को ब्रेक करने में लगा समय उतना ही कम होता है अर्थात् दोनों में inverse का सम्बन्ध है।

संगलकों से सुविधाएँ (Advantages of Fuses)

संयुक्त रूप से सभी संगलकों से प्राप्त निम्नवत् सुविधाएँ (Advantages) हैं :

1. रक्षण युक्तियों में सबसे अधिक मितव्ययी रक्षण युक्ति है।
2. परिपथ वियोजकों की अपेक्षा प्रचालन के न्यूनतम समय (Minimum time of operation) को बहुत ही कम किया जा सकता है।
3. समय और धारा का व्युत्क्रम (Inverse of current) अभिलक्षण संगलक को अतिभार रक्षण (Overload protection) के सुयोग्य बनाता है।
4. लघुपरिपथ धारा के बड़े से बड़े मान पर बिना आवाज, ज्वाला (flame), धुंआ तथा गैस उत्पन्न किये बिना अवरुद्ध करता है।
5. अपुरक्षण (Maintenance) की कोई आवश्यकता नहीं है।

असुविधाएँ (Disadvantages)

संयुक्त रूप से सभी प्रारूपी संगलकों से अनुभव की जा सकने वाली असुविधाएँ निम्नवत् हैं :

1. संगलक के संगलित होने पर उसे बदलने में सपय लगता है।
2. संगलक के द्वारा भूक्षरण (Earth leakage) से रक्षण प्राप्त नही किया जा सकता।
3. अति वोल्टता एवं निम्न वोल्टता से रक्षण प्राप्त नहीं होता है।
4. तन्त्र में प्रयुक्त संगलक अतिभार पर तन्त्र के किसी भी खण्ड को विच्छिन्न कर देता है। भले ही दोष किसी अन्य उपखण्ड में उत्पन्न हुआ हो, अत: संगलक विवेचन हीन (Non-discriminate) होते हैं।
5. परिशुद्ध अंशशोधन (Accurate calibration) के योग्य नहीं होते हैं।

3.1.2 Desirable Characteristics of Fuse element

नॉर्मल current की उपस्थिति में fuse element बिना overheating की स्थिति में रहता है। लेकिन current, normal current से ज्यादा flow होती है तो fuse element, melting point तक गर्म होकर पिघल जाता है और circuit को break करता है। इसके निम्नलिखित अभिलक्षण होने चाहिए—

(i) इसका melting point कम होना चाहिए। *e.g.* टिन, लेड

(ii) इसकी चालकता अधिक होनी चाहिए *e.g.* silver, copper

(iii) इसका क्षयकरण (deterioration) अर्थात् इसका ऑक्सीकरण नहीं होना चाहिए।

(iv) Cost कम होना चाहिए।

3.1.3 Fuse Element Materials

सामान्यत: Fuse element के लिये लेड, टिन, कॉपर, जिंक तथा सिल्वर प्रयोग किया जाता है।

कम current (10 A) के लिये टिन या लेड और टिन (Lead 37% + Tin 63%) का मिश्रण प्रयोग किया जाता है।

ज्यादा current के लिये copper या silver या इन दोनों का मिश्रण प्रयोग किया जाता है।

सामान्यत: इस समय ज्यादातर silver प्रयोग किया जाता है। इसके cost अधिक होने के निम्नलिखित कारण हैं—

(i) यह दूसरों की अपेक्षा ऑक्सीकरण से मुक्त है।

(ii) सूखी हवा में प्रयोग करने पर इसका क्षयकरण नहीं होता है।

(iii) इसकी चालकता अधिक होती है। Checking

(iv) दूसरों की अपेक्षा इसकी विशिष्ट ऊष्मा कम होती है।

(v) इसकी श्यानता गुणांक कम होता है।

3.1.4 Important Terms

1. फ्यूज की निर्धारित धारा (Current rating of Fuse element)—यह फ्यूज की वह उच्चतम कार्यकारी धारा है जिस पर Fuse बिना overheating या melting हुए सतत रूप से कार्य करता है।

2. फ्यूज की प्रगलन धारा (Fusing current)—वह न्यूनतम धारा जिससे फ्यूज अवयव पिघल कर circuit को disconnect करता है, fusing current कहलाता है। किसी भी fusing element के लिये fusing current का मान Rated current से अधिक होता है।

फ्यूज धारा का मान निम्नवत् तथ्यों पर निर्भर करता है :

(i) फ्यूज अवयव का पदार्थ (Material of fuse) : संगलन धारा का मान पदार्थ की प्रतिरोधकता, गलनांक तापक्रम (Melting temperature), पदार्थ के ऑक्सीकरण (Oxidation), विशिष्ट ऊष्मा (Specific heat) तथा संगलक अवयव के व्यास पर निर्भर करता है।

(ii) फ्यूज अवयव तार की लम्बाई (Length of fuse element) : संगलक अवयव के रूप में प्रयुक्त तार की लम्बाई संगलन धारा के मान को प्रभावित करती है। क्योंकि अधिक लम्बाई के कारण अधिक ऊष्मा का वायु में विसरण होता है।

(iii) फ्यूज परिवेष्टक (Fuse enclosure) : ऊष्मा का वायु में विसरण फ्यूज परिवेष्टक पर भी निर्भर करता है। यदि संगलक परिवेष्टक से ऊष्मा का विसरण सरलतापूर्वक अधिक होता है तो संगलक अवयव अधिक संगलन धारा मान पर संगलित होगा।

(iv) भाँज की व्याख्या (Number of Strands) : फ्यूज धारा का मान फ्यूज अवयव के रूप में उपयोग किये गये तारों की संख्या पर निर्भर करता है। यदि 10 एम्पियर धारा पर किसी धातु का एक तार फ्यूज अवयव के रूप में उपयोग किये जाने पर संगलित हो जाता है, तो उसी तार के दो भाँज संगलक अवयव के रूप में उपयोग किये जाने पर 16 ऐम्पियर धारा मान पर संगलित हो जाते हैं। इसी प्रकार तीन तार 22·5 ऐम्पियर पर, चार तार 27·5 ऐम्पियर पर तथा सात तार मात्र 40 ऐम्पियर पर संगलित हो जाते हैं।

फ्यूज धारा व्यंजक (Expression for fusing current) : संगलन धारा का लगभग मान ज्ञात करने हेतु सूत्र को निम्नवत् ज्ञात कर सकते हैं—

फ्यूज अवयव के रूप में उपयोगित तार में उत्पन्न ऊष्मा

$$= I^2Rt \text{ जूल}$$

$$= I^2 \times \rho\frac{l}{A} \times t \text{ जूल } = \frac{4I^2\rho lt}{\pi d^2} \text{ जूल}$$

$$\propto \frac{I^2lt}{d^2}$$

यहाँ I = संगलन धारा ऐम्पियर में।
ρ = पदार्थ की प्रतिरोधकता ओम-मीटर में।
l = चालक की लम्बाई मीटर में।
d = तार का व्यास मी०।
t = समय सेकण्ड में।

तथा फ्यूज अवयव द्वारा ऊष्मा विसरण = स्थिरांक × सतह का क्षेत्रफल × समय

$$= \text{स्थिरांक} \times \pi dl \times t \text{ जूल}$$

$$\propto dlt \text{ जूल}$$

या अवयव के संगलन के समय उत्पन्न ऊष्मा = ऊष्मा विसरण

$$\frac{4I^2\rho lt}{\pi d^2} = \pi dlt \times \text{स्थिरांक}$$

$$I^2 = \frac{\pi^2 d^3}{4\rho} \times \text{स्थिरांक}$$

$$I = d^{3/2} \times K$$

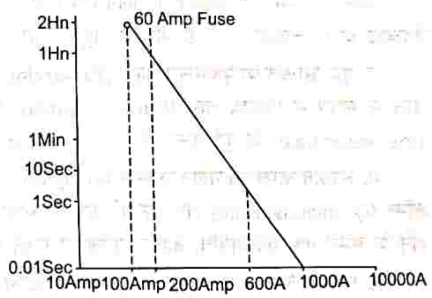
$$= K\sqrt{d^3}$$

जहाँ K पदार्थ पर निर्भर एक स्थिरांक है। विभिन्न पदार्थों हेतु प्रीस (Preece) द्वारा ज्ञात किये गये स्थिरांक K के मान संगलक पदार्थों की सारणी में अंकित हैं।

3 संगलक का समय धारा अभिलक्षण (Time-Current characteristics of Fuse)

संगलन धारा तथा प्रचालन समय के मध्य बनाये जाने वाला आलेख संगलक का समय धारा अभिलक्षण कहलाता है।

संगलक की निर्धारित धारा से अधिक मान की धारा संगलक में से प्रवाहित कर संगलक का प्रचालन समय प्राप्त करते हैं। किसी प्रवाहित धारा मान पर संगलक संगलित होने में जितना समय लेता है, वह उस धारा मान पर संगलक का प्रचालन समय होता है। प्रचालन समय को 0·01 सेकण्ड से 2 घण्टे की अवधि तक को अंकित करते हैं क्योंकि दो घण्टे की अवधि हेतु प्रचालन समय एवं संगलन धारा का आलेख का उपगामी मान (Asymptotic value) होता है, जिस पर धारा मान को न्यूनतम संगलन धारा कहते हैं।

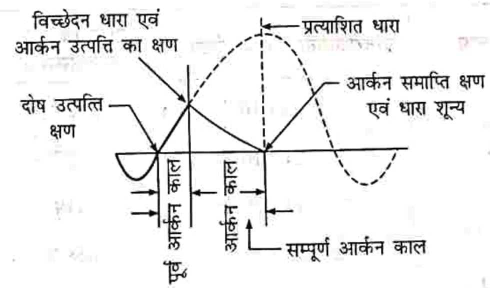


चित्र 3.2

संगलक के धारा-समय अभिलक्षण वक्र को अध्ययन करने से ज्ञात होता है कि यह वक्र एक व्युत्क्रम वक्र है अर्थात् संगलक का प्रचालन समय, संगलन धारा के व्युत्क्रमानुपाती है जो संगलक को अति धारा रक्षण (Over-current protection) हेतु अति उपयुक्त सिद्ध करता है।

4. संगलन गुणक (Fusing factor) निम्नतम् संगलन धारा (Minimum fusing current) तथा निर्धारित वहन धारा (Rated carrying current) का अनुपात संगलन गुणक (fusing factor) कहलाता है।

$$\text{अतः संगलन गुणक} = \frac{\text{निम्नतम संगलक धारा (Minimum fusing current)}}{\text{निर्धारित वहन धारा (Rated currying current)}}$$



चित्र 3.3

यदि इसका मान 1 से कम है तो यह निर्धारित धारा पर ही fuse element का क्षयकरण (overheating) तथा oxidation होने लगेगा।

5. प्रत्याशित धारा (Prospective current)—वैद्युत परिपथ में दोष के कारण प्रवाहित होने वाली प्रत्यावर्ती धारा के प्रथम पाश (First loop) के शिखरमान का परिमाण (Magnitude) बहुत अधिक होता है किन्तु दोष की उपस्थिति में अधिक ऊष्मा ऊर्जा उत्पन्न होने के कारण संगलक में प्रवाहित धारा द्वारा प्रथम पाश के शिखरमान को ग्रहण किया जाने से पहले ही धारा के किसी अन्य मान पर संगलक पिघल (Melt) जाता है और प्रथम पाश के अधिकतम परिमाण को ग्रहण नहीं कर पाता है।

दोष की स्थिति में प्रवाहित होने वाली प्रत्यावर्ती धारा के सम्भावित प्रथम पाश के प्रभावी मान (Effective or RMS value) को प्रत्याशित धारा कहते हैं।

वास्तव में प्रत्याशित धारा वह प्रत्यावर्ती धारा है जो दोष की स्थिति में यदि सम्भव हो तो संगलक को एक वैद्युत चालक योजक (Link) से बदल देने पर प्रवाहित होगी।

6. विच्छेद धारा (Cut-off current)—वैद्युत परिपथ में धारा का वह अधिकतम मान जिस पर संगलक का संगलन होकर परिपथ विच्छेदित होता है, विच्छेद धारा कहलाती है।

वास्तव में संगलक अवयव के गलन (पिघलने, (Melting)) हेतु वांछित ऊर्जा ही विच्छेद धारा को निश्चित करती है। विच्छेद धारा प्रत्याशित धारा के मान के अनुरूप परिवर्तित होती है।

7. पूर्व आर्कन या पूर्वगलन काल (Pre-arcing or pre-melting time) : वैद्युत परिपथ में संगलन धारा के आरम्भ होने के समय से विच्छेद धारा (Cut-off Current) प्रवाहित होने के समय तक के बीच की अवधि, पूर्व आर्कन काल (Pre-arcing time) या पूर्व गलन काल (Premelting time) कहलाती है।

8. आर्कन काल या गलन काल (Arcing time or melting time) : आर्क के आरम्भन (starting) समय से आर्क शमित (Quenching of arc) होने तक की अवधि अथवा विच्छेद धारा के प्रवाहित होने के समय से परिपथ में धारा मान शून्य होने के समय तक की अवधि, आर्कन काल या गलन काल अथवा संगलन काल (fusing time) कहलाता है।

9. सम्पूर्ण आर्कन काल या सम्पूर्ण गलन काल (Total arcing time or total melting time) अथवा सम्पूर्ण संगलन काल (total fusing time) : संगलन धारा के आरम्भन क्षण से परिपथ में धारा मान शून्य होने के क्षण तक की अवधि, आर्कन काल या सम्पूर्ण गलन काल अथवा सम्पूर्ण संगलन काल कहलाता है जो पूर्व आर्कन काल और आर्कन काल के योग के समतुल्य होता है।

3.2 संगलन अवयवों के पदार्थ (Materials of fuse elements)

संगलक अवयवों (Fuse elements) को बनाने हेतु निम्न गलनांक (Low melting point) वाले पदार्थ अति उपयुक्त पदार्थ (Most suitable materials) होते हैं, किन्तु ऐसे पदार्थों की प्रतिरोधकता (Resistivity) अधिक होती है जैसा कि निम्नवत् सारणी में प्रस्तुत है।

क्रमांक	पदार्थ का नाम	प्रतिरोधकता (ओम-मीटर)	गलनांक अंश सेल्सियस में	K का मान
1.	जिंक (Zinc)	6×10^{-8}	231·85	—
2.	सीसा (Lead)	21×10^{-8}	327	304·6
3.	टिन (Tin)	11×10^{-8}	419	405·5
4.	एल्यूमिनियम (Aluminium)	$2{\cdot}788\times10^{-8}$	658·7	1870
5.	चांदी (Silver)	$1{\cdot}557\times10^{-8}$	960	—
6.	ताम्र (Copper)	$1{\cdot}66\times10^{-8}$	1084	2530

निम्न गलनांक वाले पदार्थों की प्रतिरोधकता अधिक होने के कारण किसी भी नियत धारा मान हेतु निम्न प्रतिरोधकता वाले पदार्थों के आवश्यक व्यास की अपेक्षा अधिक व्यास होता है जिसके फलस्वरूप वाष्पीकृत पदार्थ (Vapourized Material) की उपभोगित मात्रा अधिक होती है। अत: वाष्पीकृत पदार्थों का कम मात्रा में उपयोग करने हेतु निम्न प्रतिरोधकता वाले पदार्थों का चयन करना ही उचित होता है। किन्तु निम्न प्रतिरोधकता वाले पदार्थों पर ऑक्सीकरण का प्रभाव अधिक होता है जिसके फलस्वरूप संगलक अवयव के चारों ओर ऑक्सीकृत पदार्थ की एक परत बन जाती है। यह परत संगलक अवयव की पिघली हुई अवस्था में भी अवयव को पर्याप्त शक्तिशाली आलम्भ प्रदान कर संगलक का विदारन काल (Rupturing time of fuse) बढ़ा देती है जिससे कि परिपथ भंग करने में अधिक समय लगता है। अत: व्यवहारिक दृष्टि से उच्च गलनांक एवं निम्न प्रतिरोधकता वाले पदार्थ उच्च धारा विच्छेदन हेतु अर्थात् उच्च क्षमता के संगलकों तथा निम्न गलनांक एवं उच्च प्रतिरोधकता वाले पदार्थ कम क्षमता के संगलकों हेतु अधिक उपयुक्त हैं।

3.2.2 फ्यूज के प्रकार (Types of fuse)

वोल्टता के अनुसार

(i) निम्न वोल्टता फ्यूज (Low voltage fuse)
  (a) पुनर्तारीय प्ररूपी फ्यूज (Semi-enclosed rewirable fuse)
  (b) उच्च विदारण क्षमता वाले कारतूसी अथवा H.R.C. फ्यूज (High rupturing capacity type (H.R.C.) fuse cartridge
(ii) उच्च वोल्टता फ्यूज (High voltage fuse)

3.3 (a) पुनर्तारीय प्ररूपी फ्यूज (Semi-Enclosed Rewirable Fuse)

(क) Semi-enclosed Rewirable Fuse : Semi enclosed rewirable fuse unit के तीन भाग (अ) fuse element (ब) fuse carrier या fuse hulder तथा (स) fuse base होते हैं।

(अ) Fuse element : निश्चित धारा (Rated current) को वहन करने की क्षमता वाला तथा अभिकल्पना के अनुसार एक निश्चित लम्बाई वाला संगलक पदार्थ से बने तार का टुकड़ा होता है।

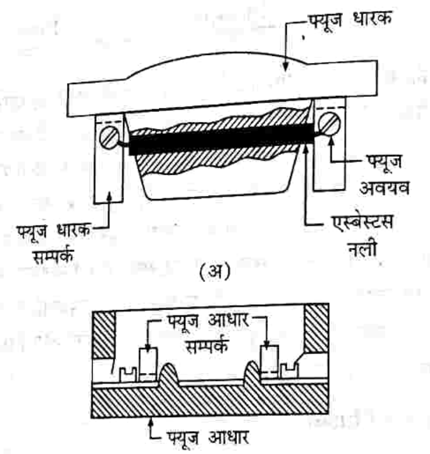
(ब) Fuse Carrier : पोर्सिलेन (Porcelain) या बैकेलाइट (Bakelite) का बना होता है जिसके मध्य भाग में एक ऊपर को उभरा भाग होता है। इस उभरे भाग के दोनों ओर पीतल (Brass) या ताम्र (Copper) के बने दो संयोजी खण्डकों (Terminal blocks) की व्यवस्था होती है। इन्हीं दोनों संयोजी खण्डकों के बीच संगलक अवयव के आवश्यकतानुसार एक या एक से अधिक भाँज (Strands) कस कर योजित किये जाते हैं।

अत: संगलक एकक (fuse unit) का वह भाग जो संगलक अवयव को वहन अथवा धारण करता है, संगलक वाहक या संगलक धारक कहलाता है।

(स) संगलक आधार (Fuse base) : Fuse unit का वह भग जो संगलक वाहक को धारण करता है, fuse base कहलाता है।

संगलक आधार Porcelain या Bakelite का बना हुआ होता है। इसके मध्य भाग में fuse carrier को धारण करने हेतु एक गहरा स्थान बना होता है। इस गहरे स्थान के दोनों सिरों में दो नियत सम्पर्कों की व्यवस्था होती है, जिनमें से एक के साथ

परिपथ के विद्युन्मय तार (Live wire) का आगामी (Incoming) सिरा तथा दूसरा से निर्गामी (outgoing) सिरा संयोजित किया जाता है।



चित्र 3.4

Fuse carrier को fuse base में स्थापित करने पर संगलक वाहक के अन्तस्थ खण्डक (Terminal blocks), संगलक आधार के दोनों नियत सम्पर्कीयों (fined centacts) के मध्य सम्पर्क स्थापित करते हैं। Fuse carrier को fuse base से बाहर निकालकर संगलक अवयव को संगलित हो जाने पर पुन: लगाया जा सकता है, इसीलिए अर्धपरिवेष्टित संगलक एककों को पुन: तार योग्य संगलक एकक (Rewirable fuse unit) के नाम से भी जाना जाता है।

उपयोग (Uses) : Semienclosed fuses का Production लगभग 500 Ampere fixed current तथा 650 वोल्ट तक किया जाता है, जो आधुनिक आवश्यकताओं को विचारते हुए बहुत ही कम है। इसलिए Semi enclosed fuse unit का उपयोग low voltage एवं current वाले वैद्युत तन्त्रों एवं प्रतिष्ठानों जैसे घरेलू वैद्युत प्रतिष्ठानों (Domestic electrical installations), छोटे उद्योगों, नलकूप (tube well) एवं गन्ने के क्रेशरों (sugar cane crushers) के मोटरों आदि के रक्षण हेतु किया जाता है।

लाभ (Advantages)

Semienclosed fuses के लाभ निम्नवत् हैं—

1. कम लागत (Low cost)
2. संरचना में साधारण (Simple in construction)
3. पुन: तार योग्य (Rewirable)
4. पुन: तार स्थापन में मितव्ययी (Economical)
5. संगलक वाहक या संगलक आधार के क्षतिग्रस्त होने पर सम्पूर्ण एकक (complete unit) को बदलने की आवश्यकता नहीं होती है, क्योंकि केवल क्षतिग्रस्त भाग को ही बदलने की सरल सुविधा प्राप्त होती है।
6. क्षतिपूर्ति तथा अनुरक्षण व्यय (maintenance cost) भी कम होता है।

असुविधाएँ (Disadvantages) : Semienclosed fuses से निम्नवत् असुविधायें होती हैं—

1. इनकी विदारन क्षमता कम होती है।

2. Semienclosed fuses के संगलक अवयव का संगलन इसकी निर्धारित क्षमता (Rated capacity) के लगभग 2 गुने मान पर होता है जिसके फलस्वरूप परिपथ में संयोजित उपकरण (Connected apparatus) को क्षति हो सकती है।

3. बहुत दिनों तक उपयोग में आते रहने पर उस अवधि में गर्म होकर संगलक अवयव का ऑक्सीकरण हो जाने के कारण निर्धारित धारा मान पर संगलन होना सम्भव नहीं हो सकता है, किन्तु नये अवयव का संगलन निर्धारित धारा मान से अधिक मान पर सम्भव होता है। अत: Semienclosed fuses की रक्षा क्षमता (Protective capacity) भी अनिश्चित होती है।

4. एक ही परिक्षेत्र क्षेत्रफल (Area of cross section) और पदार्थ के अधिक लम्बाई वाले संगलक अवयव का संगलन कम धारा पर तथा कम लम्बाई वाले संगलक अवयव का संगलन अधिक धारा पर होने के कारण परिशुद्ध अंशशोधन (Accurate calibration) भी असम्भव है।

5. Rewired करते समय अनुचित माप (wrong size) का तार प्रयोग किये जाने की सम्भावना भी रहती है।

(ख) परिवेष्टित संगलक (Enclosed fuse) : संगलक अवयव पोर्सिलेन के बने कारतूस (cartridge) में पूर्णतया परिवेष्टित होता है इसीलिए परिवेष्टित संगलक को कारतूस संगलक के नाम से भी पुकारा जाता है। परिवेष्टित संगलक की क्षमता निश्चित एवं उच्च होती है।

परिवेष्टित संगलकों अथवा कारतूस संगलकों को निम्नवत् तीन वर्गों में वर्गीकृत किया जा सकता है :

(अ) उच्च विदारन क्षमता साधारण कारतूस संगलक (High rupturing capacity simple cartridge fuse)

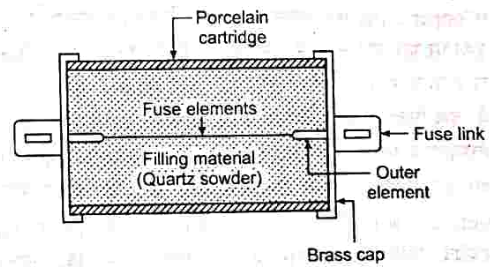
(ब) उच्च विदारन क्षमता संकेतन कारतूस संगलक (High rupturing capacity indicating cartridge fuse)

(स) उच्च विदारन क्षमता प्रवृत्त कारक युक्ति कारतूस संगलक (High rupturing capacity tripping device cartridge fuse)

(अ) उच्च विदारन क्षमता साधारण कारतूस संगलक (H.R.C. Simple cartridge fuse)

पोर्सिलेन (Porcelain) का बना खोखला बेलनाकार (Hollow cylindrical) पिण्ड (body) होता है जिसके दोनों सिरों पर पीतल (brass) की बनी टोपियाँ (cups) लगी होती हैं। इन पीतल की टोपियों के मध्य चांदी या द्विधातु के संगलक अवयव के दोनों सिरे क्रमश: दोनों सिरों की टोपियों से वैल्डित होते हैं। खोखले बेलन (Hollow cylinder) में संगलक अवयव के चारों ओर पूरक पदार्थ, जैसे स्फटित (Quartz) का चूर्ण या कण (granular) भर दिया जाता है जो आर्क का शमन करने वाले कारक का कार्य करता है।

अतिभार धारा (Over load current) अथवा लघु परिपथ धारा (short circuited current) के संगलक (fuse) में प्रवाह के कारण संगलक अवयव के तापक्रम में वृद्धि से अवयव का पिघल कर वाष्पीकरण होने पर वाष्पों का आयनीकरण होने के साथ ही आर्क उत्पन्न होता है। पूरक पदार्थ (filler material) (1) संगलक अवयव (fuse element) को शीतल करता है। (2) वाष्पों (Vapours) को संघनित (Condenced) करता है तथा (3) आर्क का शमन (Quench) करता है।



चित्र 3.5

उपयोग (Uses) : उच्च विदारन क्षमता साधारण कारतूस संगलकों (H.R.C. Simple Cartridge fuses) का उपयोग ऐसे सभी वैद्युत तन्त्रों (electrical system) में किया जाता है, जहाँ वैद्युत भारों की अधिक एकाग्रता (concentration) हो जैसे आधुनिक वितरण तन्त्र (Modern distribution system), मध्यम एवं उद्योग आदि ऐसे स्थानों पर जहाँ संगलक अवयवों के संगलन के समय आर्क से आग भड़कने का भय होता है, पर भी उपयोगी सिद्ध होते हैं।

सुविधायें (Advantages)

उच्च विदारन क्षमता साधारण कारतूस संगलक (H.R.C. Simple cartridge fuse) निम्नवत् सुविधाएँ प्रदान करते हैं:

उच्च विदारन क्षमता साधारण कारतूस संगलक (H.R.C. Simple cartridge fuse) निम्नवत् सुविधाएँ प्रदान करते हैं:
1. अधिक क्षमता होने के कारण 650 वोल्ट पर 1000 ऐम्पियर तक उपयोग किये जाते हैं।
2. रक्षी क्षमता लगभग निश्चित होती है।
3. संगलन के समय उत्पन्न आर्क को शीघ्रता से शमन करता है।
4. पूर्णतया परिवेष्टित (enclosed) होने के कारण आग भड़कने का भी भय नहीं रहता है।
5. अन्य प्रारूपी विदारी युक्तियों की अपेक्षा मूल्य में कम होता है।
6. केवल संगलक आधार की ही आवश्यकता होती है।
7. परिशुद्ध अंशशोधन (Accurate calibration) लगभग सम्भव है।
8. अनुचित निर्धारण का संगलक उपयोग किये जाने की सम्भावनायें लगभग समाप्त हो जाती हैं।

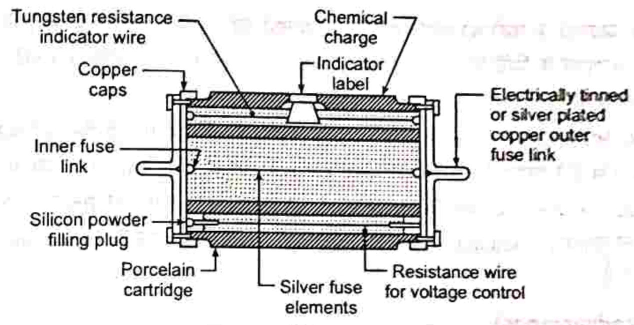
असुविधायें (Disadvantages) :

उच्च विदारन क्षमता साधारण कारतूस संगलक से निम्नवत् असुविधायें होती हैं।

1. संगलन होने पर पुन: तार लगाने योग्य नहीं होता है।
2. संगलन होने पर पूर्ण कारतूस एकक (Cartridge unit) को ही बदलना होता है, अत: अमितव्ययी है।
3. आर्क के शीघ्र शमन के कारण क्षणिक वोल्टता उत्पन्न होने के कारण आन्तरिक उत्स्फुरन (Internal flash over) हो जाता है।
4. पूर्णतया परिशुद्ध (Accurate Callibration) भी असम्भव है।
5. बिना परीक्षण किये संगलित कारतूस की पहचान नहीं की जा सकती है।
6. आन्तरिक उत्स्फुरण से उत्पन्न गैसीय दाब के कारण पिण्ड (Cartridge body) के फटने का भय रहता है।

(ब) उच्च विदारन क्षमता संकेतन कारतूस संगलक (High rupturing capacity indicating cartridge fuse)

पोर्सिलेन (Porcelain) का बना बेलनाकार पिण्ड (Cylindrical body) होता है जिसके दोनों सिरों पर ताम्र की टोपियाँ (Copper caps) की व्यवस्था होती है। बेलनाकार पिण्ड (Cylindrical body) की अक्षीय लम्बाई में (Axial lengthwise) अक्ष पर एक एवं अक्ष के समान्तर दो सीधे छिद्र (Straight through holes) बने होते हैं जिनमें से कम परिक्षेत्र क्षेत्रफल वाले छिद्र के मध्य भाग में पिण्ड के बाह्य पृष्ठ (Outer surface) से आरम्भ होकर एक शंक्वाकार छिद्र (Conical hole) खुलता है। इस छिद्र के बाह्य भाग पर एक चिन्हक (Label) लगाया जाता है और शंक्वाकार कोष्ठक (Conical pocket) में मन्द विस्फोटक संकेतन चूर्ण (Mild explosive indicating powder) एक रासायनिक अवष्टि (Chemical charge) के रूप में भर कर इसके अन्दर से होता हुआ एक सूक्ष्म माप का टंगस्टन प्रतिरोध संकेतक तार (Fine gauge tungsten resistance indicator wire) दोनों ओर की टोपियों से वैल्डित (Welded) कर छिद्र में सेलखड़ी (Silica) का चूर्ण भर दिया जाता है। अधिक परिक्षेत्र वाले दूसरे छिद्र में चाँदी का संगलक अवयव (Fuse element) स्थापित किया जाता है। अधिक क्षमता (Higher capacity) के संगलकों में एक संगलक अवयव (Fuse element) के स्थान पर आवश्यकतानुसार एक से अधिक संगलक अवयवों को समानान्तर क्रम में एक दूसरे के मध्य अधिक अन्तराल प्रदान कर प्रयुक्त किये जाते हैं। उक्त अवयवों के सिरों पर प्रतिरोध कम करने हेतु अवयवों के दोनों सिरों पर चाँदी के तार अवयव के साथ लगा दिये जाते हैं जो आंतरिक संगलक योजक (Inner fuse link) कहलाते हैं तथा अवयवों के सिरों पर तापक्रम को अधिक होने से रोकते हैं।



चित्र 3.6

आवश्यकतानुसार पोर्सिलेन कारतूस के दूसरे कम परिक्षेत्र वाले सीधे छिद्र में वोल्टता नियन्त्रण हेतु एक अन्य टंगस्टन प्रतिरोध तार (Tungston resistance wire for Voltage control) की व्यवस्था भी दोनों टोपियों के मध्य की जाती है।

मुख्य पिण्ड (Main body) के दोनों सिरों पर व्यवस्थित टोपियों के ऊपर वैद्युतीय टिनीकृत या चाँदी लेपित ताम्र अंतस्थों (Electrically tinned or silver plated copper terminals) की व्यवस्था की जाती है।

सुविधाएँ (Advantages)

उच्च विदारन क्षमता संकेतन कारतूस संगलक (H.R.C. indicating cartridge fuse) से उपलब्ध सुविधाएँ (advantages) निम्नवत् हैं—

1. अधिक क्षमता (High capacity) होने के कारण इनका उपयोग 650 वोल्ट तथा 15000 से 30000 ऐम्पियर (amps.) तक किया जा सकता है।
2. रक्षी क्षमता (Protective capacity) लगभग निश्चित होती है।
3. संगलक (Fusing) के समय उत्पन्न आर्क (Arc) को शीघ्र ही शमन (Quench) कर देता है।
4. संगलक अवयव पूर्णतया परिवेष्टित (Enclosed) होने के कारण, आग भड़कने का भय नहीं है।
5. अन्य प्ररूपी विदारन युक्तियों (Breaking devices) की अपेक्षा मूल्य में बहुत कम होते हैं।
6. केवल संगलक आधार (Fuse base) की ही आवश्यकता होती है।
7. अनुचित निर्धारण (Rating) का संगलक उपयोग हो जाने की सम्भवना बहुत ही कम होती है।
8. पोर्सिलेन (Porcelain) के कारतूस का अधिकतम भाग ठोस होने से आन्तरिक उत्स्फुरण (Internal flash over) से उत्पन्न गैसीय दाब (Gaseous pressure) के कारण कारतूस पिण्ड (Cartridge body) के फटने का भय नहीं होता है।
9. आन्तरिक उत्स्फुरण से उत्पन्न गैसीय दाब, आर्क पथ (Arc path) में धात्विक वाष्पों (Metallic vapour) के अनायनीकरण (De-ionization) में सहायक होता है।
10. संगलक अवयवों (Fuse elements) के समानान्तर क्रम में प्रयुक्त किये जाने से संगलक (Fuse) की विदार क्षमता (rupture capacity) बढ़ती है।
11. अवयवों (Elements) का अधिकतम पृष्ठ क्षेत्र (Surface area) सेलखड़ी (Silica) अथवा बालू (Sand) के सम्पर्क में रहने से ऊष्मा विसरण (Heat dissipation) की अधिक सुविधा प्राप्ति के कारण संगलन अवयव (Fuse element) के संगलन (Fusing or melting) के समय धात्विक वाष्प (Metallic vapour) भी कम मात्रा में उत्पन्न होते हैं।

12. संगलक अवयवों के सिरों को चाँदी आदि के अन्य तारों की सहायता से मोटा कर देने पर अवयव के मध्य भाग का संगलन (Fusing), अवयव के सिरों के संगलन से कुछ समय पहले होने के कारण धारा मान धीरे-धीरे (Gradual) कम होने से अनावश्यक क्षणिक वोल्टता (Surge voltage) की उत्पत्ति का निवारण हो जाता है।

13. संगलक अवयव (Fuse element) के संगलन (Fusing) के उपरान्त परिपथ की धारा का प्रवाह प्रतिरोध तार (Resistance wire) में होने लगता है। जिसके फलस्वरूप प्रतिरोध तार संगलित (Fused) होकर मन्ध विस्फोटक चूर्ण (Mild explosive powder) का दहन (Combustion) सम्पन्न कर चिन्हक (Label) को झुलसा (Chars) देता है। चिन्हक का झुलसना ही संगलित एकक (Fused unit) का प्रतीक होता है। अत: संगलित एकक (Fused unit) को बिना परीक्षण के ही पहचाना जा सकता है।

असुविधाएँ (Disadvantages)

उच्च विदारन क्षमता संकेतन कारतूस संगलक एकक (H.R.C. indicating cartridge fuse unit) से निम्नवत् असुविधाएँ अनुभव होती हैं—

1. पुन: तार योग्य (Rewirable) नहीं होता है।

2. संगलन (Fusing) के उपरान्त पूर्ण कारतूस (Complete cartridge) को ही बदलना होता है, अत: अमितव्ययी होता है।

3. अति उच्चमान की लघुपथन धाराओं (Short circuiting current) से उत्पन्न आर्क (Arc) के शीघ्र शमित (Quick quenching) किये जाने के कारण क्षणिक वोल्टता (Transient voltage) की उत्पत्ति हो सकती है।

4. आर्क का तापक्रम बहुत अधिक होने पर यह निकटवर्ती विद्युत रोधन (Insulation) एवं स्विचों (Switches) आदि को प्रभावित कर सकता है।

5. परिशुद्ध अंशशोधन (Accurate calibration) भी असम्भव है।

उपयोग (Uses)—उच्च विदारन क्षमता संकेतन कारतूस संगलक एककों (H.R.C. indicatting cartrdige fuse units) के उपयोग निम्नवत् हैं—

1. ऐसी सभी निम्न वोल्टता (Low voltage) परिपथों के रक्षण (Protection) हेतु अति उपयोगी हैं, जहाँ वैद्युत् भारों की अधिक एकाग्रता (More concentration) हो।

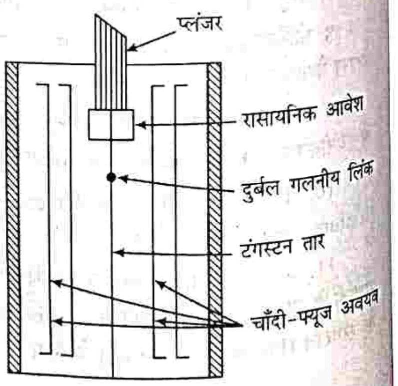
2. त्रिकलीय वितरकों (Three phase distributors) के रक्षण (Protection) हेतु भी उपयोगी है।

3. ऐसे स्थानों हेतु जहाँ संगलन अवयव के संगलक के समय उत्पन्न आर्क से आग भड़कने का भय हो, अति उपयोगी होते हैं।

4. सभी मध्यम एवं बड़े उद्योगों में मोटरों के रक्षण (Protection) हेतु उपयोगी है।

(स) उच्च विदारन क्षमता प्रवृत्त कारक युक्ति कारतूस संगलक (High rupturing capacity tripping device cartridge fuse)

जब कोई फ्यूज परिपथ वियोजक के साथ जोड़ कर प्रयोग किया जाता है, तब इसे पहले स्वयं पिघलना चाहिए तथा फिर परिपथ वियोजक स्वत: ही प्रचालित हो जाना चाहिए। इस उद्देश्य की पूर्ति ट्रिपिंग युक्ति के साथ एच०आर०सी०फ्यूज लगाकर की जा सकती है। फ्यूज का ढाँचा ceramic का बना होता है जिसके सिरों पर धातु की टोपियाँ लगी रहती हैं। एक सिरे पर प्लंजर लगा होता है जो कि दोषित अवस्था में परिपथ वियोजक की



चित्र 3.7

ट्रिपिंग यन्त्र रचना को धकेलता है। प्लंजर एक सिरे पर रासायनिक आवेश वाले गलनीय लिंक तथा दूसरे से टंगस्टन तार द्वारा विद्युतीय रूप से जुड़ा रहता है। इसके अतिरिक्त दोनों सिरों के बीच चाँदी के फ्यूज अवयव समान्तर क्रम में जुड़े रहते हैं। परिपथ में fault होने पर सबसे पहले चाँदी के फ्यूज अवयव पिघलते हैं जिसके पश्चात् टंगस्टन तार में धारा प्रवाहित होती है जिससे दुर्बल गलनीय लिंक पिघल जाता है और रासायनिक आवेश को विस्फोटित कर देता है। रासायनिक आवेश विस्फोटित होने पर एक प्लंजर को बाहर की ओर धकेलता है जिससे परिपथ वियोजक परिचालित हो जाता है।

सुविधाएँ (Advantages)

उच्च विदारन क्षमता प्रवृत्त कारक युक्ति कारतूस संगलक एककों (H.R.C. tripping device cartridge fuse units) से निम्नवत सुविधाएँ (Advantages) प्राप्त हैं—

1. उच्च विदारन क्षमता (High rupturing capacity) होने के कारण इनका उपयोग 650 वोल्ट तथा 15000 से 30000 (ज्ञात रहे कि यह प्रत्यावर्ती धारा के प्रत्याशित धारा मान का प्रभावी धारा मान है) ऐम्पियर तक किया जा सकता है।

2. रक्षी क्षमता (Protective capacity) लगभग निश्चित होती है।

3. संगलन के समय उत्पन्न आर्क (Arc) को शीघ्र ही शमन (Quick quenching) कर देता है।

4. संगलक एकक (Fuse elements) पूर्णतया परिवेष्टित (Enclosed) होने के कारण आग भड़कने का भय नहीं होता।

5. अन्य प्ररूपी विदारन युक्तियों (Breaking devices) की अपेक्षा मूल्य में कम होते हैं।

6. अनुचित निर्धारण का संगलक प्रयोग हो जाने की बहुत ही कम सम्भावना रह जाती है।

7. अति भारन (Over loading) अथवा लघुपथन धारा (short circuiting current) के कारण यदि किसी भी एक विद्युन्मय तार (Live wire) के श्रेणी का संगलक (Fuse) संगलित होता है तो वह सहचर परिपथ वियोजक (Associated circuit breaker) को प्रवृत्त (Trip) कर पूरे त्रिकलीय तन्त्र को वियोजित कर देता है तथा तन्त्र में प्रयुक्त उपकरणों (Electrical apparatuses) की अतिभार से रक्षा करता है।

8. मज्जक (Plunger) के बाहर आ जाने पर संगलित एकक (Fused unit) की जानकारी प्राप्त हो जाती है।

असुविधाएँ (Disadvantages)

उच्च विदारन क्षमता प्रवृत्त कारक युक्ति कारतूस संगलक एकक (H.R.C. tripping device cartridge fuse unit) से अनुभवित असुविधाएँ निम्नवत् हो सकती हैं—

1. पुन: तार योग्य (Rewirable) नहीं है।

2. अन्य प्ररूपी उच्च विदारन क्षमता कारतूस संगलकों (H.R.C. cartridge fuses) से अधिक मूल्य का होता है।

3. संगलन (Fusing) के उपरान्त सम्पूर्ण कारतूस (cartridge) को बदलना पड़ता है, अत: अमितव्ययी (Uneconomical) होता है।

4. आन्तरिक उत्स्फुरण (Internal flush over) के कारण उत्पन्न गैसीय दाब (Gaseous pressure) से कारतूस फट सकता है।

5. परिशुद्ध अंशशोधन (Accurate calibration) भी सम्भव नहीं है।

उपयोग (Uses)—उच्च विदारन क्षमता प्रवृत्त कारक कारतूस संगलक एकक (H.R.C. tripping device cartridge fuse unit) के उपयोग निम्नवत् हैं—

1. ऐसे सभी निम्न वोल्टता (Low voltage) परिपथों (Circuits) के रक्षण (Protection) हेतु उपयोगी हैं जहाँ वैद्युत भारों की अधिक एकाग्रता (concentration) हो।

2. त्रिकलीय वितरकों (Three phase distributors) के मध्य विकसित दोषों से रक्षण हेतु उपयोगी है।

3. परिपथ वियोजकों (Circuit breakers) को सहायतार्थ रक्षण (Back up protection) प्रदान करने हेतु अति उपयोगी है।

4. जब इन्हें 3-φ system में जिसमें 3-φ motors लगी हों, प्रयोग किया जाता है, तब यदि 1-φ में fault उत्पन्न हो जाये तो tripping युक्त mortar की supply cut कर देगी तथा इस प्रकार motor सुरक्षित रहेगी, जबकि केवल H.R.C. फ्यूज को 3-φ मोटरों के साथ प्रयोग करने पर यदि किसी 1-φ में कोई fault उत्पन्न होता है तो केवल उसी फेज का H.R.C. फ्यूज पिघल जायेगा तथा मोटर अन्त में 2-फेजों पर चलती रहेगी जिसमें मोटर अधिक गर्म होकर क्षतिग्रस्त हो सकती है।

High Voltage Fuses

अभी तक जो हमने कम वोल्टेज वाले फ्यूज पढ़े हैं उनकी विद्युत क्षमता तथा सर्किट को ब्रेक करने की क्षमता कम होती है। अत: इन फ्यूजों को उच्च वोल्टेज सिस्टम के लिए उपयोग नहीं करते हैं। उत्पादन तथा सप्लाई करने वाले इन्जीनियरों की खोज या रिसर्च के उपरान्त उच्च वोल्टेज सिस्टम के लिए उपयोग में आने वाले फ्यूज निम्न प्रकार हैं—

(i) Cartridge Type—इस फ्यूज की संरचना कम वोल्टेज वाले cartridge फ्यूज के समान ही है। इस फ्यूज के डिजाइन में बदलाव करके हम इसे उच्च वोल्टेज सिस्टम के लिए उपयोग कर सकते हैं। जैसे कि फ्यूज के element को helix form में डिजाइन करके उच्च वोल्टेज सिस्टम के लिए उपयोग कर सकते हैं क्योंकि ऐसा करने से उच्च वोल्टेज सिस्टम में उत्पन्न होने वाले corona effect से बचा जा सकता है दूसरा दो फ्यूज तारों को समान्तर में लगाकर जिसमें एक कम प्रतिरोध का तार (जैसे कि Silver Wire) तथा दूसरा उच्च प्रतिरोध का तार (जैसे कि Tungsten Wire)।

सामान्य अवस्था में कम प्रतिरोध वाला तार परिपथ की धारा को वहन करेगा। प्रदोष स्थिति में कम प्रतिरोध वाला तार जल जायेगा तथा उच्च प्रतिरोध तार परिपथ की धारा को एक समय के लिए controlled करेगा तथा कुछ समय उपरान्त उच्च प्रतिरोध तार भी जलकर सर्किट को बन्द कर देगा।

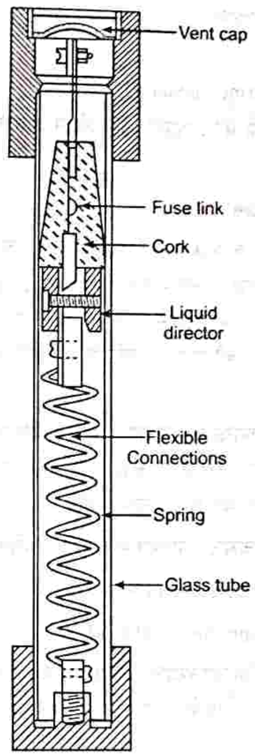
उच्च वोल्टेज cartridge फ्यूज को 33 KV पर 8700A तक breaking capacity के लिए उपयोग किये जाते हैं। 66 KV पर 200 A के लिए तथा 11 KV पर 50 A Breaking Capacity के फ्यूज उपलब्ध है।

(ii) Liquid Type : इन फ्यूजों के अन्दर carbon tetrachloride के solution को उपयोग में लाया जाता है। इन फ्यूजों की बहुत अधिक range उच्च वोल्टेज सिस्टम में उपलब्ध है। इन फ्यूजों को परिपथ में 100 A पर 132 KV के लिए तथा 6100 A तक परिपथ में उपयोग में लाया जा सकता है।

चित्र में Liquid Fuse को दिखाया गया है। इस फ्यूज में एक ग्लास ट्यूब होती है जिसके अन्दर carbon tetrachloride का solution भरा रहता है तथा ट्यूब के दोनों सिरे brass cap के द्वारा sealed होते हैं। फ्यूज तार का एक सिरा sealed होता है तथा दूसरा सिरा phosphor bronze spiral spring द्वारा ग्लास ट्यूब के दूसरे सिरे से जुड़ा रहता है।

जैसे ही परिपथ के अन्दर धारा का मान अधिक होता है तो फ्यूज तार जल जाता है तथा phosphor bronze spiral spring उस जले हुये फ्यूज तार को अपनी तरफ खींच लेती है जिसके कारण आर्क तुरन्त बुझ जाती है।

(iii) Metal Clad Fuses—Metal Clad Oil Immersed फ्यूज को इस उद्देश्य के साथ डिजाइन किया गया था कि यह फ्यूज ऑयल सर्किट ब्रेकर के स्थान पर उच्च वोल्टेज सिस्टम में सही काम करेगा। इस प्रकार के फ्यूज उच्च वोल्टेज सिस्टम में प्रदोष स्थिति में अपनी Rated Capacity के अनुसार सही कार्य करते हैं।



चित्र 3.8

Difference between a Fuse and Circuit Breaker

	Fuse	Circuit Breaker (C.B.)
1.	इसमें Operation, automatic होता है।	जबकि इसमें relay के द्वारा automatic होता है।
2.	इसमें breaking capacity कम होती है।	इसमें breaking capacity बहुत ज्यादा होती है।
3.	इसका operation time बहुत कम होता है।	Fuse की तुलना में ज्यादा होता है।
4.	इसमें प्रत्येक operation के fuse element को replacement करना पड़ता है।	इसमें operation के कोई replacement नहीं करना पड़ता है।

संगलक अंकन (Fuse rating)

संगलक अंकन को विशिष्ट विवरण (specification) के नाम से भी जाना जाता है जो संगलक द्वारा किये जाने वाले विभिन्न कर्त्तव्यों का निर्वाह करने की योग्यताओं की पूर्व निर्धारित सीमाओं को दर्शाता है। संगलक अंकन में विवर्णित राशियों को उनके द्वारा निर्वाहित कर्त्तव्यों के अनुसार परीक्षण करने पर ही नियत किया जाता है जो निम्नवत् होती है:

1. निम्न वोल्टता (Low voltage) अथवा उच्च वोल्टता (High voltage)

2. वहन धारा (Rated carrying current)

3. संगलन धारा (Fusing current)

4. उच्च विदारन क्षमता (High rupturing capacity)

अर्थात् संगलक, उस पर अंकित राशियों की निर्धारित सीमाओं में अवश्य ही प्रचालित होकर अपने कर्त्तव्यों का निर्वाह करने का विश्वास दर्शाता है।

संगलक का चयन (Selection of fuse)

वैद्युत उपकरणों, मोटर्स, विभिन्न प्रकार के भार वाले वैद्युत परिपथों एवं वैद्युत प्रदाय को तथा प्रदायकों की क्षमता वृद्धि करने पर पूर्व से प्रयुक्त परिपथ वियोजकों के पश्च-सहयोग रक्षण (Back up protection) हेतु उपयुक्त संगलक के चयन में संगलक अंकन का अत्यन्त महत्वपूर्ण स्थान है क्योंकि संगलन का चयन रक्षण प्रदान किये जाने वाले परिपथ की वोल्टता, परिपथ से संयोजित वैद्युत भार के प्ररूप, भारण की दशा एवं परिपथ में विकसित होने वाले सम्भावित दोष के आधार पर किया जाता है।

1. परिपथ वोल्टता के आधार पर संगलक का चयन : परिपथ वोल्टताओं के आधार पर वैद्युत परिपथों हेतु संगलक का चयन किया जाता है। निम्न वोल्टता परिपथ (650 वोल्ट तक) हेतु निम्न वोल्टता संगलक तथा उच्च वोल्टता परिपथ (650 वोल्ट से अधिक) हेतु उच्च वोल्टता संगलक का चयन किया जाता है।

वैद्युत भार के आधार पर संगलक का चयन : परिपथ में संयोजित वैद्युत भारों को दो वर्गों में वर्गीकृत किया जाता है :

(i) अपरिवर्ती वैद्युत भार (Steady electrical loads)

(ii) उच्चावचन वैद्युत भार (Fluctuating electrical loads)

(अ) अपरिवर्ती वैद्युत भार हेतु संगलक का चयन : अपरिवर्ती वैद्युत भार एवं परिपथ की अतिभारन (overloading) एवं लघुपरिपथन (short circuiting) दोष से सुरक्षा हेतु संगलक की अपरिवर्ती धारा क्षमता परिपथ की पूर्णभार धारा से थोड़ी सी अधिक होनी चाहिए।

यदि परिपथ को मात्र लघुपरिपथन दोष से सुरक्षित रखना हो तो संगलक की अपरिवर्ती धारा क्षमता परिपथ की पूर्णभार धारा से बहुत अधिक हो सकती है, किन्तु परिपथ की लघुपरिपथन धारा से बहुत कम होनी चाहिए।

(ब) उच्चावचन वैद्युत भार हेतु संगलक का चयन : उच्चावचन वैद्युत भारों जैसे परिणामित्र प्रतिदीप्ति ट्यूब भार आदि वाले वैद्युत परिपथ की सुरक्षा हेतु संगलक की अपरिवर्तित धारा क्षमता परिपथ की पूर्णभार धारा से 25 से 50 प्रतिशत तक अधिक होनी चाहिए ताकि संगलक परिपथ में स्विचन (switching) के समय स्विचन प्रभाव के कारण उत्पन्न क्षणिक हिल्लोल धाराओं (transient surge currents) को सहन कर सके।

धारितीय भार परिपथ की सुरक्षा हेतु संगलक की अपरिवर्तित धारा क्षमता परिपथ की पूर्णभार धारा से 50% अधिक या इससे भी अधिक ली जा सकती है, क्योंकि स्विचन के समय स्विचन प्रभाव से उत्पन्न क्षणिक हिल्लोल धाराओं का मान बहुत अधिक होने के कारण परिपथ में बहुत उच्च धारा प्रवाहित हो सकती है।

वैद्युत मोटर भार परिपथ की सुरक्षा हेतु संगलक की अपरिवर्तित भार धारा क्षमता पूर्णभार धारा से तीन-चार गुणा अधिक ली जा सकती है, क्योंकि अतिभार से मोटर की सुरक्षा अतिभार रक्षण युक्ति के उपयोग से की जाती है।

Silver की Cost अधिक होने के बावजूद फिर भी Silver को Fuse element के रूप में use क्यों किया जाता है?

सामान्यत: Fuse element के लिये लेड़, टिन, कॉपर, जिंक तथा silver प्रयोग किया जाता है।

कम धारा 10 Amp के लिये टिन या लैड़ (Lead 37% + Tin 63%) का मिश्रण प्रयोग किया जाता है। ज्यादा current के लिये copper या silver या इन दोनों का मिश्रण प्रयोग किया जाता है। सामान्यत: इस समय ज्यादातर silver का ही प्रयोग किया जाता है।

- Silver अन्य (टिन, लैड) की अपेक्षा आकसीकरन व अपचयन की क्रियाओं में मुक्त रहता है।
- सूखी हवा में प्रयोग करने पर इसका क्षयकरण नहीं होता है।
- Silver को इसलिये भी use किया जाता है क्योंकि इसकी conductivity उच्च होती है।
- अन्य की अपेक्षा silver की विशिष्ट ऊष्मा का मान कम होता है।
- अन्य की अप्रेक्षा silver का श्यानता गुणांक कम होता है।
- Silver का पिघलकर गिरना अतिशीघ्र होता है अर्थात् silver का melting point कम होता है।
- Silver में कम समय के लिये short circuit स्थिति का मुकाबला करने की क्षमता होती है। इसलिए silver को High current के लिए use किया जाता है।
- Silver में Abnormal condition में प्रचालित होकर रक्षित प्रणाली को नष्ट भ्रष्ट होने से बचा लेने की क्षमता होती है।
- Silver की सुग्राहिता (Sensitivity) अधिकत होती है। अर्थात् यह रक्षी यन्त्रावली को निम्न faulty current के प्रारम्भिक मान पर ही प्रचालित होकर विद्युत प्रणाली के अस्वस्थ भाग को वियोजित करने की क्षमता अधिक होती है।
- Silver की प्रतिरोधकता कम होती है। अर्थात् धारा के बढ़ने पर प्रतिरोधकता का मान कम होता है।
- शीत वातावरण में Silver wire की धारा वहन क्षमता का मान बढ़ जाता है।
- जब Temperature का मान Melting point के निकट पहुँच जाता है तो Silver की Resistivity तेजी से बढ़ती है जिसकी वजह से Silver एकदम से Melting state में वार्जित हो जाता है।
- जब Silver को dry air में use करते हैं तो Silver पर कोई (Loss) (नुकसान) नहीं पहुँचता है।

अभ्यास

1. What is a fuse? Discuss the advantages and disadvantages of fuse.
2. फ्यूज के काल-धारा अभिलक्षण का क्या महत्व है? H.R.C. फ्यूज की संरचना एवं कार्य का विवरण दीजिए तथा इसके गुण एवं दोषों के बताइये। *(B.T.E. 2007)*
3. Why do we perfer silver as a fuse element?
4. फ्यूज की रेटिंग के महत्व की व्याख्या कीजिए। *(B.T.E. 2008)*
5. Define and explain the following terms :
   (i) Fusing current
   (ii) Cut off current
   (iii) Operating time
   (iv) Breaking capacity
6. H.R.C. फ्यूज की संरचना एवं प्रचालन विधि का वर्णन कीजिए। इसके गुण-दोषों का उल्लेख कीजिए। *(BTE 2008)*

7. Neutral wire में फ्यूज क्यों नहीं लगाते हैं? समझाइये। (BTE 2009)
8. H.R.C. फ्यूज क्या है? इसकी C.B. से तुलना कीजिए। (BTE 2010)
9. फ्यूजों का वर्गीकरण कीजिए तथा H.R.C. फ्यूज के अभिलक्षण व अनुप्रयोग लिखिये।
10. Explain the disadvantages of rewirable fuse.
11. Fusing element की परिभाषा दीजिए तथा यह बताइये कि यह किन-किन बातों पर निर्भर करती है?
12. Fuse की सुरक्षात्मक क्षमता पर टिप्पणी लिखिए।
13. Write down the desirable characteristics of fuse element.
14. निम्नलिखित स्थितियों में फ्यूज, चयन की कसौटी लिखिए— (BTE 2012)
    (i) स्थिर भार (ii) घटता-बढ़ता भार
15. संगलक के सन्दर्भ में परिभाषा दीजिए—
    (i) संगलक धारा
    (ii) विच्छेदित धारा
    (iii) संगलक गुणांक
    (iv) विदारण क्षमता (BTE 2011)
16. फ्यूजों की किस्में और उनके अनुप्रयोगों पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिए।
17. Explain the characteristics of an H.R.C. fuse and discuss how they are useful in circuit breaker.
18. Fuse का वर्गीकरण करते हुये उसके कार्यकारी सिद्धान्त व अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। (BTE 2012)
19. Explain the High voltage fuses.
20. Explain the Liquid type fuse.
21. Explain metal clad fuse.
22. उच्च विदारक क्षमता कारतूस फ्यूज कितने प्रकार के होते हैं? उसकी संरचना की व्याख्या कीजिए। (BTE 2013)
23. Explain the disadvantages of semi-enclosed rewirable fuse.
24. Explain the advantages and disadvantages of H.R.C. fuse.
25. Write down the advantages of H.R.C. fuse with tripping device.
26. Explain the important terms used for fuse.
27. अर्द्धपरिवेष्ठित संगलक की संरचना व कार्यविधि का उल्लेख कीजिए तथा इसके उपयोग पर प्रकाश डालिए। (BTE 2014)
28. Describe the construction principle of operation and application of an H.R.C. fuse.
29. What is an H.R.C. fuse? Compare an HRC fuse with a circuit breaker as interrupting device.
30. संगलक के गुण व दोष की व्याख्या कीजिए। संगलक के संदर्भ में विच्छेदित धारा व संगलक गुणांक को समझाइये। (BTE 2015)
31. Write short notes on the following :
    (i) Semi-enclosed rewirable fuse.
    (ii) H.R.C. Cartridge fuse.
    (iii) Difference between a fuse and circuit breaker.

32. Differentiate between a fuse and a switch.
33. एच०आर०सी० फ्यूज पर टिप्पणी लिखिए। (BTE 2016)

Fill in the blanks by inserting correct words/figures :

(i) A fuse element should have .... melting point.
(ii) The fuse element is generally made of ....
(iii) The value of fusing factor is always .... than uinty.
(iv) The working of a fuse is .... completely automatic.
(v) Semi-enclosed rewirable fuses have .... breaking capacity.
(vi) The fuse melts well .... the first peak of fault current is reached.
(vii) Fuses are generally used in circuit where .... operations are not expected.
(viii) The minimum time of operation of a fuse is .... than that of a circuit breaker.

Answers : **(i)** low, **(ii)** silver, **(iii)** more, **(iv)** inherently, **(v)** low, **(vi)** before, **(vii)** frequency, **(viii)** smaller. ❑

4 परिपथ वियोजक या सर्किट ब्रेकर (Circuit Breaker)

4.1 परिचय (Introduction)

पॉवर सिस्टम के प्रचालन के समय विभिन्न प्रकार के परिपथों (जैसे—ट्रांसमिशन लाइन, डिस्ट्रिब्यूटिंग लाइन, जनरेटिंग प्लांट इत्यादि) को साधारण व असाधारण अवस्था में चालू अथवा बन्द करने की आवश्यकता पड़ती है। प्रारम्भिक दिनों में इन कार्यों के लिए स्विच (Switch) और फ्यूज (Fuse) को परिपथ के श्रेणी क्रम में लगाकर किया जाता था। इस प्रकार के कन्ट्रोल सिस्टम (स्विच व फ्यूज) से दो हानियाँ होती हैं—

(i) जब फ्यूज पिघल जाता है तो फ्यूज तार को दोबारा लगाने में समय लगता है, जिससे उपभोक्ता को सप्लाई देने में समय लगता है।

(ii) फ्यूज भारी प्रदोषी धारा को सफलतापूर्ण नहीं रोक पाता है, जिसके कारण परिपथ में अति वोल्टता प्रवाहित होने लगती है और अधिक प्रदोष उत्पन्न हो जाता है।

इन दोषों के कारण स्विच तथा फ्यूज का प्रयोग एक सीमित वोल्टता तक किया जाता है जहाँ पर तेज ऑपरेशन की आवश्यकता न हो जैसे (डिस्ट्रिब्यूटिंग ट्रान्सफॉर्मर, लाइटिंग परिपथ आदि)। जैसे-जैसे Power System का Development होता जा रहा है वैसे-वैसे लाइन और अन्य उपकरण बहुत उच्च वोल्टता पर चलाये जा रहे हैं, जिसके फलस्वरूप वे उपकरण अथवा लाइन बहुत अधिक धारा को वहन करते हैं। संलग्नकों (Fuses) का प्रयोग कर हम इस उच्च वोल्टता को तोड़ अथवा जोड़ नहीं सकते। इसलिए यह आज के समय में जरूरी हो गया है कि इतनी उच्च वोल्टता को जोड़ने अथवा तोड़ने के लिए ऐसे उपयन्त्र हो जो हमारी आवश्यकताओं की पूर्ति कर सके जैसे कि परिपथ वियोजक (Circuit Breaker) एक परिपथ वियोजक परिपथ को स्वयं अथवा मानव द्वारा जोड़ अथवा तोड़ सकता है चाहे वह Load की Condition हो अथवा No Load की Condition हो। ये गुण इस उपकरण को हमारे परिपथ के लिए अत्यन्त उपयोगी बनाते हैं जिसके द्वारा हम अपने परिपथ एवं अन्य Switchgear device को सुरक्षा प्रदान कर सकते हैं। इस अध्याय के अन्तर्गत हम विभिन्न प्रकार के परिपथ वियोजकों के बारे में अध्ययन करेंगे—

4.2 सर्किट ब्रेकर (Circuit Breaker)

सर्किट ब्रेकर एक ऐसा यन्त्र है जो—

(a) जो सामान्य अवस्था में परिपथ को हाथ के द्वारा (Manually) या रिमोट कन्ट्रोल के द्वारा जोड़ अथवा तोड़ सकता है।

(b) प्रदोषी समय में परिपथ को अपने-आप तोड़ सकता है।

(c) प्रदोषी अवस्था में परिपथ को रिमोट द्वारा अथवा मानव द्वारा जोड़ा जा सकता है।

4.2.1 प्रचालन सिद्धान्त (Operating Principles)

एक परिपथ वियोजक में दो सम्पर्क चल तथा अचल सम्पर्क होते हैं, जो कि इलेक्ट्रोड कहलाते हैं। सामान्य अवस्था में दोनों सम्पर्क एक-दूसरे से मिले रहते हैं और तब तक एक-दूसरे से अलग नहीं होते जब तक कि कोई प्रदोष परिपथ के अन्दर उत्पन्न नहीं होता है। परन्तु आवश्यकता पड़ने पर दोनों सम्पर्कों को एक-दूसरे से अपनी इच्छानुसार हटा भी सकते हैं। जब परिपथ में प्रदोष उत्पन्न होता है तो परिपथ वियोजक की ट्रिप कुण्डली Energized हो जाती है और एक Mechanism के द्वारा चल सम्पर्क को खींच लिया जाता है। इस प्रकार से परिपथ वियोजक के दोनों सम्पर्क एक-दूसरे से अलग हो जाते हैं।

4.3 Arc Phenomenon

जब लघुपथित प्रदोष उत्पन्न होता है तो दोनों सम्पर्कों से बहुत अधिक धारा प्रवाहित होती है जब तक कि किसी रक्षी उपकरण के द्वारा दोनों सम्पर्क एक-दूसरे से अलग नहीं होते हैं। एक समय पर जब दोनों सम्पर्क एक-दूसरे से अलग हटते हैं तो Contact Area तेजी से घटता है, जिससे प्रदोषी धारा का धारा घनत्व बढ़ता है, जिससे तापमान बढ़ता है। यह तापमान दोनों सम्पर्कों के मध्य भरे माध्यम को आयोनाइज्ड करने के लिए काफी होता है। ये आयोनाइज्ड अथवा तेल एक चालक की तरह व्यवहार करता है और दोनों सम्पर्कों के मध्य आर्क उत्पन्न हो जाती है।

दोनों सम्पर्कों के मध्य का P.d. बहुत ही कम होता है जो आर्क को बनाये रखने के लिए काफी होता है। यह आर्क एक कम प्रतिरोध का रास्ता प्रदान कराती है जिससे धारा बिना किसी रुकावट के परिपथ में बहती रहती है और यह तब तक होता है जब तक कि आर्क बुझ नहीं जाती है।

आर्किंग समय के दौरान सम्पर्कों के बीच से प्रवाह होने वाली धारा आर्क रजिस्टेन्स के ऊपर निर्भर करता है। यदि आर्क प्रतिरोध का मान ज्यादा है तो कम धारा प्रवाह होगी और यदि आर्क प्रतिरोध का मान कम है तो धारा का मान अधिक होगा।

आर्क प्रतिरोध निम्न कारकों पर निर्भर करता है—

1. आर्क की लम्बाई पर (Length of the Arc)—आर्क की लम्बाई बढ़ने के कारण आर्क का प्रतिरोध बढ़ता है, क्योंकि प्रदोष अवस्था में चल सम्पर्क अचल सम्पर्क से अलग हो जाता है जिसके कारण दोनों सम्पर्कों के बीच की दूरी बढ़ जाती है।

2. आर्क का अनुप्रस्थ काट क्षेत्र घटा करके (Decreasing the cross section area of the arc)—पतले सम्पर्कों (thin-contacts) का प्रयोग करके अथवा उत्पन्न आर्क को छिद्र से गुजारने से, आर्क के अनुप्रस्थ काट क्षेत्र को कम किया जा सकता है। जिसके उपरान्त आर्क का प्रतिरोध बढ़ जाता है।

3. आयनीकृत कणों को कम करके (Reducing Ionised Particles)—सम्पर्कों के बीच माध्यम (वायु या तेल) का आयनीकरण, विभव प्रवणता (potential gradient) तथा तापक्रम पर निर्भर करता है। इसलिए सम्पर्कों के बीच विभव प्रवणता को कम करके तथा आर्क माध्यम (वायु या तेल) को शीतलित (cooled) करके माध्यम का आयनीकरण रोका जा सकता है। जिसके उपरान्त आर्क का प्रतिरोध बढ़ जाता है।

आर्क को कुचलना या बुझाने का सिद्धान्त (Principles of Arc Extinction)

सर्किट ब्रेकर के सम्पर्कों के बीच उत्पन्न आर्क मूल रूप से दो बातों पर निर्भर करती है—

(1) दोनों सम्पर्कों के बीच विभवान्तर (Potential difference between contacts)

(2) दोनों सम्पर्कों के बीच आयनीकृत कण (Ionised particle between contacts)

(1) जब दोनों सम्पर्कों के मध्य दूरी कम होती है तो दोनों सम्पर्कों के बीच विभवान्तर आर्क को बनाये रखने के लिए पर्याप्त होता है। आर्क को बुझाने के लिए हम दोनों सम्पर्कों के बीच की दूरी को इतना बढ़ा दें ताकि दोनों सम्पर्कों के बीच आर्क को बनाये रखने के लिये विभवान्तर का मान कम पड़ जाये तथा आर्क अपने आप बुझ जायेगी परन्तु यह विधि उपयोग के लिए सही नहीं है क्योंकि उच्च वोल्टेज सर्किट ब्रेकर के लिए दोनों सम्पर्कों के बीच की दूरी को अत्यधिक बढ़ाना पड़ेगा जोकि प्रयोगात्मक दृष्टि से सम्भव नहीं है।

(2) दोनों सम्पर्कों के बीच उपस्थित आयनीकृत (Ionised) कण आर्क को बनाये रखने में सहायक होते हैं। यदि सम्पर्कों के बीच से आयनीकृत कणों को हटा दिया जाये तो आर्क आसानी से बुझ जायेगी। इस कार्य के लिए या तो आर्क को ठण्डा किया जाये या किसी अन्य विधि द्वारा आयनीकृत कणों को दोनों सम्पर्कों के बीच से हटा दिया जाये।

आर्क को बुझाने या कुचलने की विधियाँ (Methods of Arc Extinction)

सर्किट ब्रेकर के सम्पर्कों के बीच आर्क को बुझाने की दो विधियाँ हैं—

(1) उच्च प्रतिरोध विधि (High Resistance Method)

(2) निम्न प्रतिरोध या धारा शून्य विधि (Low Resistance or Current Zero Method)

(2) निम्न प्रतिरोध या धारा शून्य विधि (Low Resistance or Current Zero Method)

(1) इस विधि के द्वारा आर्क के प्रतिरोध को समय के साथ बढ़ाया जाता है ताकि धारा का मान इतना कम हो जाये कि आर्क को बनाये रखने के लिए पर्याप्त धारा ना मिल पाये। इस विधि में अत्यधिक ऊष्मा उत्पन्न होने के कारण इस विधि को केवल डी०सी० सर्किट ब्रेकर तथा कम क्षमता के A.C. सर्किट ब्रेकर के लिए उपयोग किया जाता है। आर्क के प्रतिरोध को निम्न प्रकार बढ़ाया जा सकता है।

(i) आर्क की लम्बाई को बढ़ाकर (Lengthening the Arc)—आर्क का प्रतिरोध लम्बाई के समानुपाती होता है अतः आर्क की लम्बाई को बढ़ाने के लिए दोनों सम्पर्कों के बीच की दूरी को बढ़ाना पड़ता है।

(ii) आर्क को ठण्डा करके (Cooling the Arc)—दोनों सम्पर्कों के बीच के भाग को ठण्डा करके आयनित कणों (Ionised Particles) को हटा दिया जाता है जिसके उपरान्त आर्क का प्रतिरोध बढ़ जाता है। सम्पर्कों के बीच के माध्यम को ठण्डा करने के लिए (वायु, गैस अथवा तेल) को अत्यधिक दाब पर लगाया जाता है।

(iii) आर्क का अनुप्रस्थ काट क्षेत्र घटा करके (Decreasing the cross-section area of the arc)—पतले सम्पर्कों (thin contacts) का प्रयोग करके या उत्पन्न आर्क को छिद्र से गुजारने से, आर्क के अनुप्रस्थ काट क्षेत्र कम हो जाता है जिसके कारण आर्क का प्रतिरोध बढ़ जाता है।

(iv) आर्क को तितर-बितर करके (Splitting the Arc)—सम्पर्कों के बीच अन्य चालक प्लेटों को प्रवेशित कर आर्क को तितर-बितर किया जा सकता है। आर्क के बीच में चालक प्लेटों को प्रवेशित करने से आर्क की लम्बाई बढ़ जाती है। जिसके कारण आर्क का प्रतिरोध बढ़ जाता है।

(2) निम्न प्रतिरोध या शून्य धारा विधि (Low Resistance or Current Zero Method)—इस विधि के द्वारा आर्क को बुझाने का कार्य केवल A.C. सर्किट ब्रेकरों में किया जाता है। इस विधि में आर्क के प्रतिरोध को कम रखा जाता है जब तक, धारा का मान शून्य है, जिसके उपरान्त आर्क स्वयं ही बुझ जाती है तथा आर्क को दुबारा बढ़ने से बचाने के लिए सर्किट ब्रेकर के सम्पर्कों पर पुनरारम्भण वोल्टेज (Restriking Voltage) पर ध्यान रखा जाता है। आजकल A.C. सर्किट ब्रेकरों में इसी विधि द्वारा आर्क को बुझाया जाता है।

A.C. परिपथ में प्रत्येक आधा चक्र के बाद धारा का मान शून्य होता है। अतः प्रत्येक आधा चक्र के उपरान्त कुछ क्षण के लिए आर्क स्वयं बुझ जाती है। सम्पर्कों के बीच माध्यम में इलेक्ट्रॉन तथा आयन होते हैं जिसके कारण कम परावैद्युत सामर्थ्य तथा पुनरारम्भण वोल्टेज (Restriking Voltage) के द्वारा आर्क के दोबारा उत्पन्न होने का खतरा बना रहता है। धारा शून्य होने के तुरन्त बाद सम्पर्कों के बीच परावैद्युत सामर्थ्य को वोल्टेज के बढ़ने की अपेक्षा तेजी से बढ़ा दिया जाये तो आर्क का पुनरारम्भण (Restrike) होने की सम्भावना खत्म हो जायेगी तथा धारा भी रुक जायेगी। धारा शून्य की स्थिति में परावैद्युत सामर्थ्य को तेजी से निम्न प्रकार बढ़ाया जा सकता है।

(अ) सम्पर्कों के बीच माध्यम में आयनीकृत कणों को neutral molecules के साथ मिलाकर।

(ब) आयनीकृत कणों को सम्पर्कों के बीच से हटाकर अतः A.C. सर्किट ब्रेकर में सम्पर्कों के मध्य आयनीकृत कणों को कम करके आर्क को बुझा सकते हैं ताकि शून्य धारा के उपरान्त पुनरारम्भण वोल्टेज (Restriking Voltage) दोबारा से आर्क को उत्पन्न ना कर दें। सम्पर्कों के मध्य आयनीकृत कणों को निम्न प्रकार कम कर सकते हैं।

(1) सम्पर्कों के बीच की दूरी को बढ़ाकर (Lengthening of the gap)—सम्पर्कों के बीच की परावैद्युत सामर्थ्य सम्पर्कों के बीच माध्यम की लम्बाई के समानुपाती होती है। अतः सम्पर्कों को तेजी से खोलकर माध्यम की अधिक परावैद्युत सामर्थ्य प्राप्त की जा सकती है।

(2) उच्च दाब (High Pressure)—अगर सम्पर्कों के बीच दाब को उच्च कर दिया तो discharge होने वाले कणों का घनत्व (density) बढ़ जायेगा। जिसके कारण आयनीकृत कणों (Ionised particles) की संख्या कम हो जायेगी तथा सम्पर्कों के बीच की परावैद्युत सामर्थ्य (dielectric strength) बढ़ जायेगी।

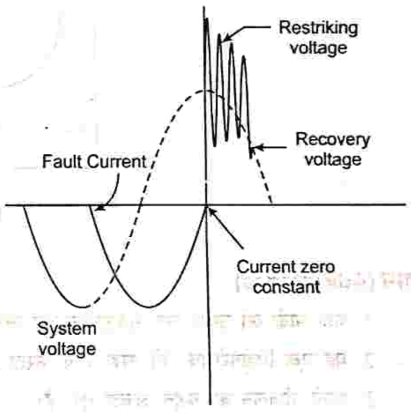
(3) कूलिंग (Cooling)—कूलिंग के कारण आयनीकृत कणों (Ionised Particles) का Natural Combination तेजी से होने लगता है जिसके कारण सम्पर्कों के बीच परावैद्युत सामर्थ्य बढ़ जाती है।

(4) झोंका प्रभाव (Blast Effect)—झोंका प्रभाव के द्वारा दोनों सम्पर्कों के बीच से आयनीकृत कणों को हवा (air) द्वारा हटा दिया जाता है जिसके कारण सम्पर्कों के मध्य परावैद्युत सामर्थ्य का मान बढ़ जाता है।

4.4 महत्त्वपूर्ण तथ्य (Important Terms)

(i) आर्क वोल्टता (Arc Voltage)— आर्किंग समय में वह वोल्टता जो दोनों सम्पर्कों के across होती है, आर्क वोल्टता कहलाती है।

जितनी जल्दी दोनों सम्पर्क एक-दूसरे से अलग हटेंगे उतनी ही जल्दी आर्क Formed होगी। वह वोल्टता जो आर्किंग समय में दोनों सम्पर्कों के मध्य लगाई जाती है, Arcing Voltage कहलाती है। इसका मान कम होना चाहिए। धारा शून्य बिन्दु पर अथवा प्रदोषी समय के दौरान शून्य धारा के समय आर्क Voltage काफी तेजी से Peak Value तक बढ़ता है। यही Peak Value आर्क के रूप में दिखायी देता है।



चित्र 4.1

(ii) Restriking Voltage—यह एक ट्रान्सीएन्ट वोल्टेज है जो सम्पर्कों के एक्रॉस अथवा शून्य धारा के पास आर्किंग समय में लगायी जाती है।

शून्य धारा पर उच्च आवृत्ति की Transient Voltage दोनों सम्पर्कों के across लगती है जिसके कारण बहुत तेजी से चुम्बकीय व वैद्युतीय ऊर्जायें प्रभावित होती हैं। यह Transient Voltage को Restriking Voltage के नाम से जाना जाता है।

(iii) Recovery Voltage—यह साधारण आवृत्ति की r. m.s. वोल्टता होती है जो कि सर्किट ब्रेकर के सम्पर्कों के मध्य निर्णायक अथवा अन्तिम आर्क के बुझने के बाद होती है। यह वोल्टता सिस्टम वोल्टता के लगभग बराबर होती है।

4.4.1 सर्किट ब्रेकरों का वर्गीकरण

सर्किट ब्रेकर का वर्गीकरण आर्क को बुझाने वाले माध्यम के ऊपर निर्भर करता है। आर्क को बुझाने वाले माध्यम ऑयल, SF_6 तथा वायु हैं। अतः सर्किट ब्रेकरों का वर्गीकरण निम्न प्रकार है—

(i) तेल परिपथ वियोजक (Oil Circuit Breaker)

(ii) वायु परिपथ वियोजक (Air Blast circuit Breaker)

(iii) SF_6 परिपथ वियोजक (SF_6Vaccum circuit Breaker)

(iv) निर्वात परिपथ वियोजक (Vacuum circuit Breaker)

इन सभी परिपथ वियोजकों के अपने-अपने लाभ व हानियाँ हैं, जिन्हें आगे विस्तारपूर्वक दिया गया है—

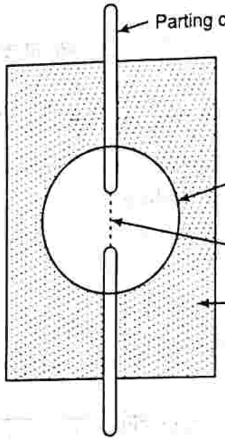
4.5 तेल परिपथ वियोजक (Oil Circuit Breaker)

इस प्रकार के परिपथ वियोजकों में आर्क को बुझाने के लिए विद्युतरोधी माध्यम के रूप में विद्युतरोधी तेल का प्रयोग किया जाता है। परिपथ वियोजक के दोनों सम्पर्क तेल में ही खुलते हैं। जैसे ही दोनों सम्पर्क एक-दूसरे से अलग होते हैं तो आर्क उत्पन्न होता है जिसके कारण सम्पर्क के चारों तरफ उपस्थित तेल का तापमान बढ़ जाता है और दाब पर हाइड्रोजन गैस उत्पन्न होती है। यह हाइड्रोजन गैस चारों ओर फैल जाते हैं। हाइड्रोजन गैस के बुलबुलों के दो कार्य होते हैं—

1. हाइड्रोजन गैस की ऊष्माचालकता अधिक होती है जिसके कारण यह आर्क की ऊर्जा को अवशोषित करता है।

2. शीतलन का कार्य करता है।

इस तरीके से हाइड्रोजन गैस के उत्पन्न हो जाने से आर्क बुझ जाता है क्योंकि वह आर्क की ऊष्मा का तुरन्त अपने अन्दर अवशोषित कर लेता है।



चित्र 4.2

लाभ (Advantages)

1. यह आर्क की ऊष्मा को अवशोषित कर लेता है जो कि इसका एक बहुत अच्छा शीतलन का गुण है।
2. यह एक विद्युतरोधक की तरह कार्य करता है।
3. इसमें शीतलन का बहुत अच्छा गुण है।

हानियाँ (Disadvantages)

1. ज्वलनशील होने के कारण आग लगने का खतरा बना रहता है।
2. वायु के साथ मिलकर यह किसी विस्फोटक का रूप बन सकता है।
3. तेल के विघटन होने से इसकी Dielectric Strength दिनों-दिन कम होती जाती है जो कि इस परिपथ वियोजक की बहुत बड़ी कमी है।

4.5.1 तेल परिपथ वियोजक के प्रकार (Type of Oil Circuit Breakers)

तेल परिपथ वियोजक को निम्न भागों में बाँटा गया है—

(i) अम्बार अथवा ढेर तेल परिपथ वियोजक (Bulk Oil circuit Breaker)—इस प्रकार के परिपथ वियोजकों में तेल की अधिक मात्रा प्रयोग की जाती है—

1. सम्पर्कों के प्रचालन के समय में आर्क (ज्वाला) को बुझाना।
2. चालकों व Tank को एक-दूसरे से विद्युतरोधी करना।

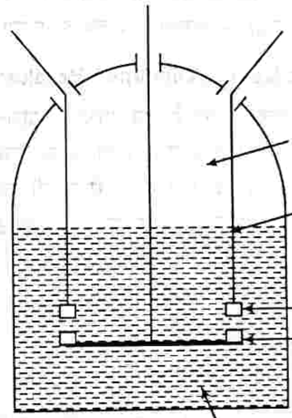
इन प्रकार के परिपथ वियोजक को निम्न भागों में बाँटा गया है—

1. साधारण रोक तेल परिपथ वियोजक (Plain Break Oil circuit Breaker)
2. आर्क कन्ट्रोल तेल परिपथ वियोजक (Arc Control Oil circuit Breaker)

(ii) कम तेल परिपथ वियोजक (Low Oil circuit Breaker)—इन प्रकार के परिपथ वियोजकों में तेल की कम मात्रा प्रयोग की जाती है। इन प्रकार के परिपथ वियोजकों में तेल का प्रयोग केवल आर्क को बुझाने के लिए किया जाता है। जो भी हमारे धारा वाहक हिस्से होते हैं, उनको हम वायु अथवा Organic Insulating Material के द्वारा विद्युतरोधी (Insulated) करते हैं।

4.5.2 साधारण रोक तेल परिपथ वियोजक (Plain Break Oil circuit Breaker)

साधारण रोक तेल परिपथ वियोजक में सम्पर्कों का प्रचालन होना एक सरल प्रक्रिया है। इस परिपथ वियोजक में एक टैंक होता है जिसके अन्दर पूरा तेल भरा होता है। इस टैंक में ही सम्पर्कों का प्रदोषी अवस्था में प्रचालन होता है। इस परिपथ वियोजक में आर्क को बुझाने की तो क्षमता होती है, परन्तु ऐसी अवस्था जिस समय सम्पर्कों के एक-दूसरे से अलग होने पर आर्क की लम्बाई बढ़ने पर आर्क को रोकने का कोई अतिरिक्त उपाय नहीं होता है।



चित्र 4.3

तेल रोक परिपथ वियोजक प्रारम्भ के समय का परिपथ वियोजक है। इस परिपथ वियोजक की संरचना सरल है। इस परिपथ वियोजक में एक टैंक होता है जो कि मजबूत चादर की बनी होती है। इस टैंक के अन्दर दो सम्पर्क—(i) स्थिर सम्पर्क व (ii) चल सम्पर्क होते हैं और इस पूरे टैंक को तेल से भर दिया जाता है।

इस टैंक में कुछ Air Gap भी छोड़ा जाता है, जिससे कि जब आर्क उत्पन्न हो तो उसके कारण गैसों के उत्पन्न होने से एक दाब टैंक के अन्दर उत्पन्न हो जाता है। इस दाब से बचने के लिए इस टैंक को पूरा नहीं भर जाता है बल्कि एक निश्चित लेवल तक ही तेल होता है।

सामान्य अवस्था में दोनों सम्पर्क एक-दूसरे से मिले होते हैं और परिपथ में सामान्य धारा प्रवाहित होती रहती है। जब प्रदोष उत्पन्न होता है तो चल सम्पर्क Protective System के द्वारा नीचे की ओर धकेला जाता है जिसके कारण आर्क उत्पन्न होता है और आर्क के उत्पन्न होने के कारण उसके आस-पास का तेल वाष्पित होता है और मुख्य रूप से हाइड्रोजन गैस का निर्माण होता है। आर्क को निम्न प्रक्रियाओं के द्वारा सामान्य रोक परिपथ वियोजक में रोका जाता है—

1. हाइड्रोजन गैस के बुलबुले अपने आस-पास के आर्क को ठण्डा करता है और सम्पर्कों के बीच उपस्थित आयनित कणों को हटाकर उनके स्थान पर अनायनित कणों को लाता है।
2. हाइड्रोजन गैस आर्क पथ में आने वाले आर्किंग तत्वों को हटाता है।

3. सम्पर्कों के हटने से जैसे ही आर्क उत्पन्न होती है तो हाइड्रोजन गैस उस माध्यम की dielectric strength को बढ़ाता है जिससे आर्क के पथ में रुकावट पैदा होती है जिससे आर्क बुझ जाती है।

इस प्रकार से इस प्रकार के परिपथ वियोजक में आर्क को बुझाया जाता है।

हानियाँ (Disadvantages)

(i) इस परिपथ वियोजक में आर्क की लम्बाई को बढ़ाने की कोई प्रमुख व्यवस्था नहीं है जो कि आर्क को सरलतापूर्वक बुझाने के लिए परम आवश्यक है।

(ii) इस प्रकार के परिपथ वियोजक उच्च गति से आर्क को नहीं बुझाते जो कि एक प्रमुख कमी है।

(iii) इस प्रकार के परिपथ वियोजक में आर्क अधिक समय तक बना रहता है।

इन सभी हानियों के कारण साधारण रोक परिपथ वियोजक का प्रयोग केवल कम वोल्टता के लिए ही किया जाता है। और जहाँ पर उच्च ब्रेकिंग क्षमता की आवश्यकता नहीं होती। इस परिपथ वियोजक का प्रयोग 11 kV तक के लिए करते हैं।

4.5.3 आर्क कन्ट्रोल तेल परिपथ वियोजक (Arc Control Oil circuit Breaker)

साधारण रोक तेल परिपथ वियोजक को ऊपर समझाया गया है। इस परिपथ वियोजक में आर्क पर नियन्त्रण करने के लिए किसी विशेष प्रकार की युक्ति का प्रयोग नहीं किया जाता है, जिसके कारण आर्क लम्बे समय तक बनी रहती है। जबकि यह आवश्यक है कि आर्क पर नियन्त्रण जल्दी तथा सम्पर्कों के बीच कम दूरी पर ही होना चाहिए जिसके लिये आर्क पर नियन्त्रण करने के लिए कुछ विधियाँ सर्किट ब्रेकर में अपनाई गई हैं। इस प्रकार के सर्किट ब्रेकरों को आर्क कंट्रोल सर्किट ब्रेकर कहते हैं। यह दो प्रकार के होते हैं—

(1) स्वयं विस्फोट तेल सर्किट ब्रेकर (Self Blast Oil C.B.)

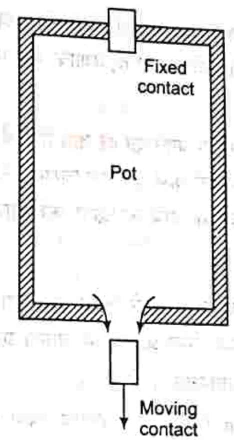
(2) बल विस्फोट तेल सर्किट ब्रेकर (Forced Blast Oil C.B.)

(1) स्वयं विस्फोट तेल सर्किट ब्रेकर (Self Blast O.C.B.)—इस प्रकार के सर्किट ब्रेकर में कम आयतन वाले सुदृढ़ विद्युतरोधी पदार्थ वाले पात्र (pot) को काम में लाया जाता है। प्रदोषी अवस्था में आर्क उत्पन्न होने के कारण जो गैस उत्पन्न होती है उसके कारण इस पात्र के अन्दर दाब उत्पन्न होता है। क्योंकि पात्र (pot) का साइज छोटा है अत: प्रदोषी अवस्था में पात्र के अन्दर अत्यधिक दाब उत्पन्न होता है जिसके कारण ऑयल एवं गैस के ऊपर एक बल काम करने लगता है तथा पात्र के अन्दर आर्क के चारों तरफ ऑयल एवं गैस घूमने लगता है जिसके कारण आर्क स्वत: ही बुझ जाती है। पात्र के अन्दर बनने वाला दाब प्रदोषी धारा के मान पर निर्भर करता है। क्योंकि दाब स्वत: ही आर्क के द्वारा उत्पन्न होता है इसलिए इस प्रकार के सर्किट ब्रेकर को स्वत: उत्पन्न दाब ऑयल सर्किट ब्रेकर (self-generated oil C.B.) भी कहते हैं।

दाब पात्र को बनाना आसान है तथा इस सर्किट ब्रेकर में उत्पन्न आर्क की लम्बाई तथा आर्क के बने रहने का समय साधारण रोक तेल सर्किट ब्रेकर की अपेक्षा कम लगता है। नीचे कुछ दाब उत्पन्न करने वाले पात्रों को समझाया गया है।

(a) Plain Explosion Pot—यह किसी विद्युतरोधी पदार्थ का ठोस बेलनाकार टैंक होता है, जिसके अन्दर स्थिर व ठोस सम्पर्क लगे होते हैं, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

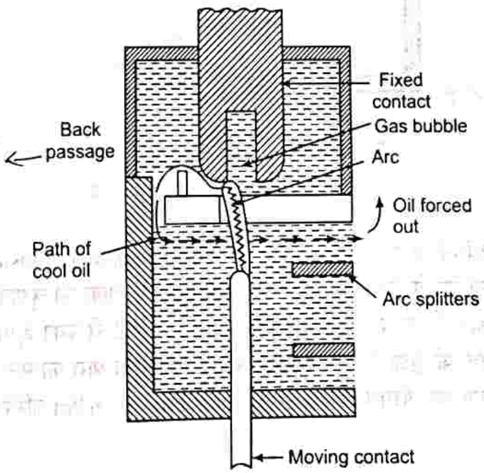
यह एक सुदृढ़ बेलनाकार विद्युतरोधी पदार्थ से बना है जिसके अन्दर चल तथा अचल सम्पर्क हैं। चल सम्पर्क एक बेलनाकार दड़ के रूप में है जोकि एक संकरे रास्ते में नीचे की ओर लगा है (जिसे कहते हैं) जब प्रदोष उत्पन्न होता है तो चल सम्पर्क अचल सर्मक से अलग हटता है जिसके कारण आर्क उत्पन्न होती है आर्क की ऊष्मा के कारण कुछ ऑयल गैस में बदल जाता है जिसके कारण पात्र (Pot) के अन्दर अत्यधिक दाब उत्पन्न हो जाता है। इस अत्यधिक दाब के कारण ऑयल तथा गैस पात्र के अन्दर सम्पर्कों के चारों तरफ आर्क को बुझाने के लिए घूमने लगती है। अगर चल सम्पर्क पात्र के साथ लगा हुआ है तथा आर्क नहीं बुझ पा रही है तो चल सम्पर्क तुरन्त पात्र को छोड़ देगा। जैसे ही चल सम्पर्क पात्र को छोड़ेगा तो चल सम्पर्क के साथ गैस तथा ऑयल संकरे भाग से निकलने के कारण आर्क बुझ जायेगी।



चित्र 4.4

सैद्धान्तिक रूप से इस प्रकार के पात्र को कम प्रदोषी धारा तथा अधिक प्रदोषी धारा के लिए उपयोग में नहीं लाया जा सकता है। क्योंकि प्रदोषी धारा का मान कम होने के कारण पात्र के अन्दर कम दाब बनेगी जिसके कारण आर्क का समय बढ़ जायेगा तथा अधिक प्रदोषी धारा होने के कारण अत्यधिक दाब उत्पन्न होंगे जिसके कारण पात्र फट सकता है। इसीलिये इस प्रकार के साधारण विस्फोटक पात्र को मीडियम प्रदोषी धारा के लिए उपयोग में लाया जाता है।

(b) Cross Jet Explosion Pot—यह परिपथ वियोजक Plain Explosion pot का सुधरा हुआ रूप है। यह विद्युतरोधी पदार्थ का बना होता है और इस परिपथ वियोजक के Channel एक तरफ होते हैं जिनका काम आर्क को तोड़ना है। आर्क तोड़ने वाले Channel आर्क की लम्बाई बढ़ाने में मदद करते हैं जो कि आर्क को बुझाने में मदद करते हैं। जब प्रदोष उत्पन्न होता है तो चल सम्पर्क स्थिर सम्पर्क से अलग होते हैं। जैसे ही चल सम्पर्क नीचे की ओर अलग होता है तो आर्क Pot के ऊपरी हिस्से पर प्रहार करता है जिसके कारण तेल का तापमान बढ़ता है और गैस बननी प्रारम्भ हो जाती है। जब चल सम्पर्क वाहिनी Duct से ढका हुआ नहीं होता है तो ठण्डा तेल आर्क के रास्ते में आने लगता है, जिससे आर्क स्प्लिटर आर्क की लम्बाई को बढ़ा देता है और आर्क बुझ जाती है।



चित्र 4.6

Cross Jet Explosion Pot का प्रयोग उच्च प्रदोष के लिए करते हैं अर्थात् जिस परिपथ में उच्च प्रदोष उत्पन्न होने की सम्भावना होती है वहाँ पर परिपथ वियोजक का प्रयोग करते हैं, क्योंकि वहाँ पर उच्च दाब उत्पन्न होता है जो आर्क की लम्बाई को बढ़ा देता है।

इसका कारण यह है कि कम धारा पर गैस के बनने की दर कम होती है, जिससे वह दाब उत्पन्न नहीं हो पाता है, जिससे आर्क को बुझाने के लिए उपयोग किया जा सके। इस कमी को बल विस्फोट तेल परिपथ वियोजक में दूर कर दिया गया है। इस परिपथ वियोजक में किसी बाह्य स्रोत से आवश्यक दाब को प्राप्त कर आर्क को बुझाने का कार्य किया जाता है।

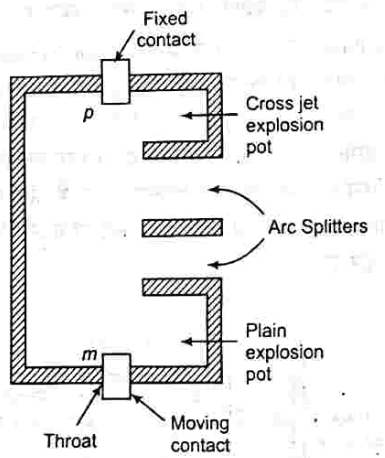
लाभ (Advantages)

1. चूँकि इस परिपथ वियोजक में तेल के ऊपर लगने वाला दाब प्रदोषी धारा के ऊपर निर्भर नहीं करता है अत: इसे किसी भी प्रदोष की स्थिति (उच्च प्रदोष अथवा निम्न प्रदोष) में सफल प्रचालन के लिए प्रयोग किया जा सकता है।

2. तेल की मात्रा की अपेक्षाकृत कम आवश्यकता होती है।

(c) Self Compensated Explosion Pot—यह परिपथ वियोजक Plain Explosion Pot और Cross jet Explosion Pot का संयुक्त रूप है। अत: यह कम व अधिक दोनों प्रकार के प्रदोषी धारा को रोकने में सक्षम होता है।

चित्र में इस परिपथ वियोजक का योजना चित्र दिखाया गया है। इस परिपथ वियोजक में दो चैम्बर होते हैं। ऊपरी चैम्बर Cross-jet explosion pot में होता है जिसके साथ दो आर्क स्प्लिटर वाहिनी (Duct) होते हैं तथा दूसरा अर्थात् नीचे का Chamber plain explosion chamber होता है।



चित्र 4.5

जब लघुपथित धारा बहुत अधिक होती है तो यह परिपथ वियोजक Cross-jet Explosion Pot परिपथ वियोजक के रूप में कार्य करता है क्योंकि इस समय गैस के बनने की दर बहुत उच्च होती है। आर्क को बुझाने की क्रिया तब होती है जब चल सम्पर्क, स्थिर सम्पर्क से अलग होता है तो चल सम्पर्क आर्क स्प्लिटर 1 व 2 से ढका हुआ नहीं होता है जिससे ठण्डा तेल आर्क के रास्ते में आता है और आर्क को बुझा देता है। दूसरी और जब लुघपथित धारा का मान कम होता है तो गैस के बनने की दर बहुत कम होती है जिसके कारण यह परिपथ वियोजक एक Plain Explosion Pot परिपथ वियोजक की तरह कार्य करता है।

इस प्रकार से हम यह कह सकते हैं कि इस परिपथ वियोजक का प्रयोग उच्च प्रदोषी धारा से लेकर निम्न प्रदोषी धारा के लिए किया जा सकता है।

(2) बल विस्फोट ऑयल सर्किट ब्रेकर (Forced Blast Oil circuit Breakers)—स्वयं विस्फोट ऑयल सर्किट ब्रेकर जिसके बारे में ऊपर बताया गया है में आर्क द्वारा स्वयं ही जरूरी दाब उत्पन्न किया जाता है। इस दाब के द्वारा ऑयल पर एक बल लगता है जिसके कारण ऑयल सम्पर्कों के चारों तरफ घूमकर आर्क को बुझाता है। इस प्रकार के सर्किट ब्रेकर में आर्क के बने रहने का समय अधिक होता है तथा अगर प्रदोषी धारा का मान कम है तो पात्र के अन्दर जरूरी दाब भी उत्पन्न नहीं हो पाता है। इस कमी को बल विस्फोट ऑयल सर्किट ब्रेकर में दूर किया गया है क्योंकि इस सर्किट ब्रेकर में जरूरी दाब बाहरी यान्त्रिक उपयन्त्रों के द्वारा उत्पन्न किया जाता है जो कि प्रदोषी धारा के ऊपर निर्भर नहीं करता है।

बल विस्फोट ऑयल सर्किट ब्रेकर में जरूरी दाब पिस्टन बेलन युक्ति ( ) द्वारा उत्पन्न किया जाता है। पिस्टन का चलना चल सम्पर्क के ऊपर निर्भर करता है। जब प्रदोष उत्पन्न होता है तो चल सम्पर्क अचल सम्पर्क से अलग हटता है जिसके कारण एक आर्क उत्पन्न होती है। चल सम्पर्क के चलने के कारण पिस्टन बेलन युक्ति एक जरूरी बल लगाकर ऑयल को दोनों सम्पर्कों के बीच में डालती है जिसके कारण आर्क जल्दी बुझ जाती है। यहाँ यह बात ध्यान रखने की है कि पिस्टन बेलन युक्ति द्वारा उत्पन्न ऑयल पर बल प्रदोषी धारा के ऊपर निर्भर नहीं करता है। बल्कि चल सम्पर्क के अचल सम्पर्क से हटने या चल सम्पर्क के चलने पर निर्भर करता है।

लाभ

(1) क्योंकि ऑयल के ऊपर लगने वाला बल प्रदोषी धारा के ऊपर निर्भर नहीं करता है इसलिए कम धारा पर भी स्वयं विस्फोट तेल सर्किट ब्रेकर स्वयं विस्फोट सर्किट ब्रेकर की अपेक्षा अच्छा कार्य करता है।

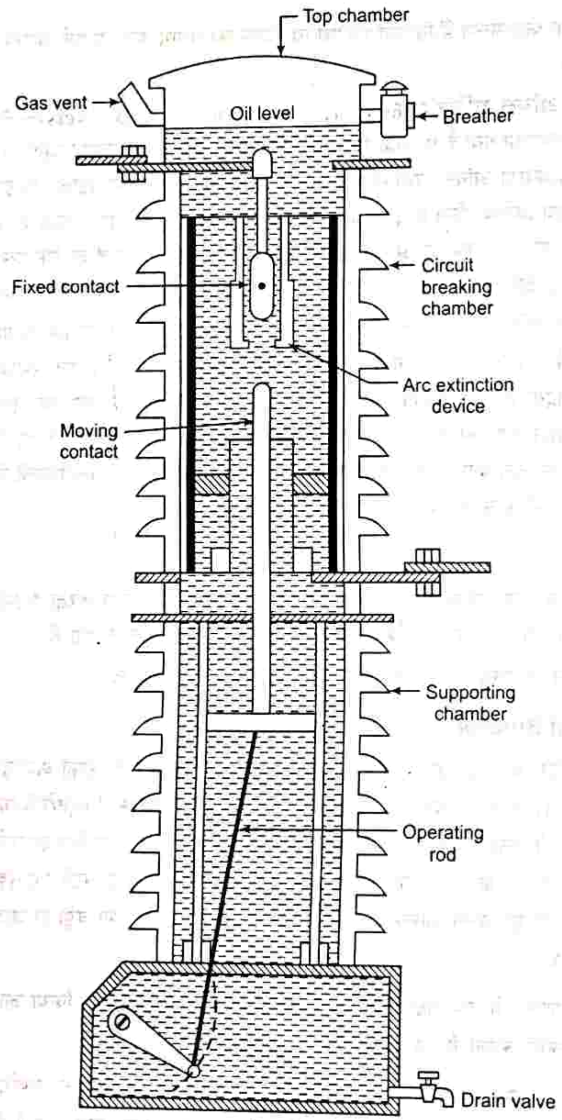
(2) आर्क को बुझाने के लिए ऑयल की कम मात्रा से काम चल जाता है।

4.5.4 Low Oil Circuit Breaker

पीछे हमने ढेर तेल परिपथ वियोजक Bulk Oil circuit Breaker के बारे में काफी कुछ देखा। परिपथ वियोजक में भरे तेल के दो कार्य होते हैं—(i) आर्क को बुझाने के लिए, और (ii) जीवित भागों को विद्युतरोधी करने के लिए। परन्तु यह पाया गया है कि आर्क को बुझाने के लिए बहुत ही कम तेल का प्रयोग होता है, जबकि शेष तेल का प्रयोग विद्युतरोधी के लिए प्रयोग किया जाता है। इस कारण से तेल की मात्रा ढेर तेल परिपथ वियोजक में वोल्टता के बढ़ने पर बढ़ता जाता है जिसकी वजह से परिपथ वियोजक का मूल्य ही नहीं बढ़ता बल्कि उस परिपथ वियोजक का आकार भी बड़ा हो जाता है और साथ ही आग लगने का खतरा भी बना रहता है।

कम तेल परिपथ वियोजक में ठोस पदार्थों का प्रयोग विद्युतरोधन उद्देश्य के लिए किया जाता है तथा तेल की थोड़ी मात्रा जो आर्क को बुझाने का कार्य करता है, का प्रयोग किया जाता है।

संरचना—चित्र 4.7 में एक 1–ϕ कम तेल परिपथ वियोजक को दिखाया गया है। इसके अन्दर दो Compartments होते हैं जो कि एक-दूसरे से पूर्णत: अलग होते हैं लेकिन दोनों तेल से भरे होते हैं। इसमें ऊपरी चैम्बर परिपथ वियोजक चैम्बर होता है, जबकि दूसरा चैम्बर Supporting चैम्बर होता है। दोनों चैम्बर एक-दूसरे से अलग होते है और इनके अन्दर इस तरह की व्यवस्था होती है कि एक चैम्बर का तेल दूसरे चैम्बर में ना मिले। इस व्यवस्था से दो लाभ होते है—(i) परिपथ वियोजक चैम्बर को बहुत ही कम तेल की आवश्यकता होती है जो कि आर्क को बुझाने के लिए काफी होता है और दूसरा यह कि तेल को बदलने की आवश्यकता नहीं पड़ती है क्योंकि आर्किंग चैम्बर, Supporting Chamber से बिल्कुल अलग होता है।



चित्र 4.7

इसके निम्न भाग होते हैं—

(i) Supporting Chamber— यह एक पोर्सिलेन (Porcelain) चैम्बर होता है जो कि मेटल चैम्बर पर बनाया जाता है। यह तेल से भरा होता है जो कि परिपथ वियोजक चैम्बर से अलग होता है। इस चैम्बर में विद्युतरोधन के लिए तेल का प्रयोग नहीं करते बल्कि पेपर विद्युतरोधन का प्रयोग किया जाता है।

(ii) सर्किट ब्रेकिंग चैम्बर (circuit Breaking Chamber)—सर्किट ब्रेकिंग चैम्बर Supporting Chamber के ऊपर होता है। यह तेल से भरा होता है जिसके निम्न भाग होते हैं—

1. ऊपरी व निचले स्थिर सम्पर्क
2. चल सम्पर्क
3. टर्बोलेटर (Turbolator)

चल सम्पर्क खोखले व बेलनाकार होते हैं, जो कि एक पिस्टन से जुड़े होते हैं जो कि ऊपर व नीचे होता है। टर्बोलेटर एक आर्क नियन्त्रण युक्ति है जिसके Axial और Radial वेन्ट (Vent) होते हैं। Axial Vent कम क्षमता के प्रदोष उत्पन्न होने पर आर्क को बुझाने का कार्य करता है जबकि Radial Vent उच्च क्षमता के प्रदोष पर आर्क को बुझाने का कार्य करता है।

(iii) ऊपरी चैम्बर (Top Chamber)—यह एक धातु का चैम्बर होता है जो सर्किट ब्रेकर चैम्बर के ऊपर होता है। यह तेल को फैलने के लिए जगह देकर यह तेल को नुकसान होने से बचाता है। जब हमारे परिपथ में कोई प्रदोष उत्पन्न होता है तो तेल ऊपर की ओर उठता है और बाहर निकलने की कोशिश करता है।

प्रचालन (Operation)—सामान्य अवस्था में चल सम्पर्क स्थिर सम्पर्क से जुड़े रहते हैं। जब प्रदोष उत्पन्न होता है तो चल सम्पर्क को ट्रिपिंग स्प्रिंग के द्वारा नीचे की ओर खींचा जाता है जिसके कारण दोनों सम्पर्कों के मध्य आर्क उत्पन्न हो जाता है। आर्क की ऊर्जा तेल को वाष्पित करता और उच्च दाब पर गैसें उत्पन्न हो जाती हैं। यह क्रिया तेल को चल सम्पर्क में जाने से रोकता है जिसके फलस्वरूप तेल टर्बोलेटर से पास होता है। टर्बूलेटर की प्रक्रिया साधारण होती है।

लाभ (Advantages)

(i) इस परिपथ वियोजक में तेल की कम मात्रा की आवश्यकता पड़ती है।

(ii) यह कम स्थान घेरता है।

(iii) इसमें आग लगने का खतरा कम होता है।

(iv) अनुरक्षण की समस्या कम होती है।

हानियाँ (Disadvantages)

(i) तेल की dielectric strength तेजी से घटता है

(ii) तेल की मात्रा कम होने के कारण तेल का कार्बोनाइजेशन बढ़ जाता है।

(iii) सम्पर्कों के बीच से गैसों को हटाने की समस्या होती है।

4.5.5 परिपथ वियोजकों का अनुरक्षण (Maintenance of Oil circuit Breaker)

परिपथ वियोजकों का अनुरक्षण साधारणतया सम्पर्कों व तेल की di-electric strength क्षमता से चैक कर किया जा सकता है। जब प्रदोष उत्पन्न होता है तो दोनों सम्पर्क एक-दूसरे से अलग होते हैं। जैसे ही दोनों सम्पर्क एक-दूसरे से अलग होते हैं उनके बीच आर्क उत्पन्न होता है जिसके कारण कभी-कभी हमारे सम्पर्क भी जल जाते हैं और तेल के कार्बोनाइजेशन होने के कारण तेल की di-electric strength भी कम हो जाती है। अत: 3 से 6 महीने के अन्तराल में परिपथ वियोजकों को चैक करते रहना चाहिए। इन परिपथ वियोजकों की चैकिंग के दौरान निम्न बातों का ध्यान रखना चाहिए—

(i) दोनों सम्पर्कों को गौर से देखना चाहिए और यह सुनिश्चित कर लेना चाहिए कि कहीं सम्पर्क जल तो नहीं गये हैं। यदि सम्पर्क जल गये हों अथवा खुरदरे हो गये हों तो उन्हें तुरन्त बदल देना चाहिए।

(ii) तेल की वैद्युत सामर्थ्य को चैक करना चाहिए। यदि तेल में कोई अशुद्धि पाई जाती है तो उसे दूर करना चाहिए और यदि आवश्यक हो तो उसे बदल देना चाहिए।

(iii) Oil के level को चैक करना चाहिए।

(iv) Closing & tripping mechanism को चैक कर लेना चाहिए।

4.6 वायु झोंका परिपथ वियोजक (Air Blast Circuit Breaker)

इस प्रकार के परिपथ वियोजक उच्च दाब पर कार्य करते हैं। वायु झोंके प्रयोग आर्क को दबाने अथवा बुझाने के रूप में किया जाता है। ब्लास्ट वाल्व के द्वारा वायु झोंका को दोनों सम्पर्कों के बीच प्रवाहित किया जाता है। इस स्थिति में दोनों सम्पर्क खुले रहते हैं। वायु का झोंका आर्क को ठण्डा करता है और आर्क में रास्ते में उपस्थित आर्किंग पदार्थों को हटाता है। इसमें दोनों सम्पर्कों के बीच उपस्थित माध्यम वायु का di-electric strength बहुत तेजी से बढ़ता है और एक आर्क को बुझा देता है।

लाभ (Advantages)

वायु झोंका परिपथ वियोजक के निम्न लाभ हैं—

(i) आग लगने का कोई खतरा नहीं है।

(ii) आर्किंग पदार्थों को वायु झोंका के द्वारा पूर्णत: हटाया जा सकता है जबकि तेल परिपथ वियोजक में हर प्रचालन के पश्चात तेल का अपघटन होता है जिससे तेल की di-electric strength घट जाती है और तेल को बदलना पड़ता है जबकि वायु झोंका परिपथ वियोजक में ऐसा नहीं है।

(iii) इस परिपथ वियोजक का आकार अपेक्षाकृत छोटा होता है।

(iv) दोनों सम्पर्कों के मध्य di-electric strength का मान अत्यधिक तेजी से बढ़ता है जिसके कारण आर्किंग समय बहुत ही छोटा हो जाता है। अर्थात् इस परिपथ वियोजक में आर्किंग ऊर्जा, तेल परिपथ वियोजक की अपेक्षा बहुत कम होती है, जिसके कारण इस परिपथ वियोजक के सम्पर्क जल्दी नहीं जलते हैं।

(v) आर्किंग ऊर्जा की कमी होने के कारण ये परिपथ उन स्थानों पर अत्यधिक उपयोगी होते हैं जहाँ तेज प्रचालन की आवश्यकता होती है।

हानियाँ (Disadvantages)

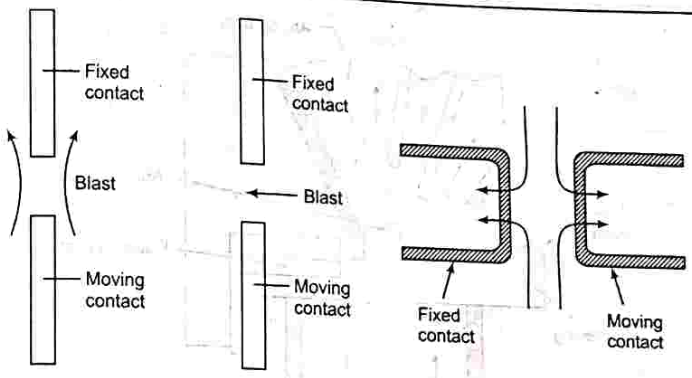
1. वायु में आर्क को बुझाने की घटिया गुण होता है।
2. वायु झोंका परिपथ वियोजक बहुत ही संवेदनशील होते हैं।
3. वायु झोंका प्रवाह के लिए अलग से एक compressor plant की आवश्यकता होती है जिससे इसका अनुरक्षण व्यय बढ़ जाता है।

4.6.1 वायु झोंका परिपथ वियोजक के प्रकार (Types of Air Blast Circuit Breakers)

वायु झोंका के प्रवाह की दिशा के आधार पर परिपथ वियोजक निम्न प्रकार के होते हैं—

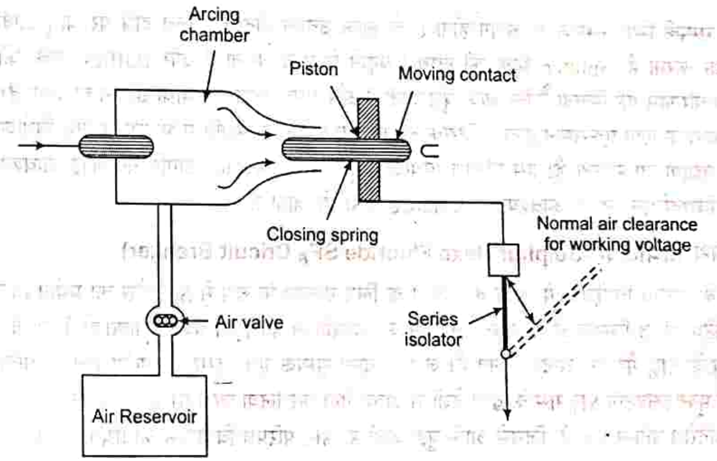
1. Axial Blast Type
2. Cross Blast Type
3. Radial Blast Type

Axial blast type परिपथ वियोजक में वायु की दिशा आर्क की ही दिशा में होती है। Cross Blast Type परिपथ वियोजक में वायु की दिशा आर्क की दिशा के लम्बवत् (90° पर) होती है जबकि Radial Blast type परिपथ वियोजक में वायु की दिशा Radilly होती है। नीचे चित्र में तीनों प्रकार के परिपथ वियोजक के अन्दर वायु के प्रवाह की दिशा दिखायी गयी है—



चित्र 4.8

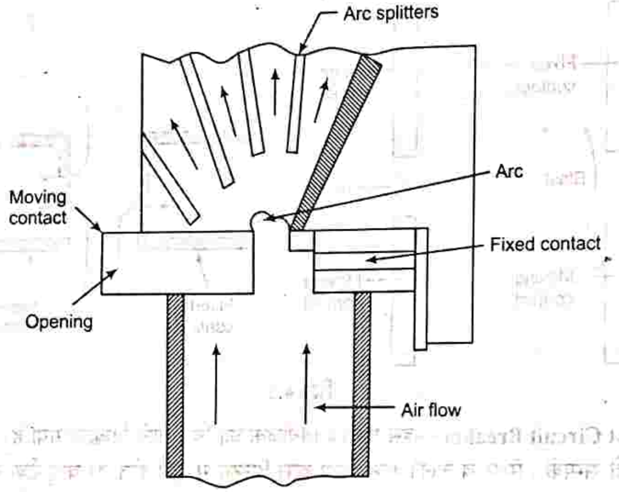
(i) Axial Blast Circuit Breaker—इस परिपथ वियोजक का चित्र नीचे दिखाया गया है। इस परिपथ वियोजक में सामान्य अवस्था पर दो सम्पर्क (स्थिर व चल) एक स्प्रिंग द्वारा पिस्टन से जुड़े होते हैं। वायु टैंक एक वायु वाल्व के द्वारा Arcing Chamber से जुड़ा होता है। सामान्य अवस्था में वायु वाल्व बन्द रहता है। परन्तु प्रदोष के उत्पन्न होने पर ये वाल्व स्वयं ही खुल जाता है।



चित्र 4.9

जब परिपथ में प्रदोष उत्पन्न होता है तो Tripping impluse के द्वारा Air valve खुल जाता है जो कि आर्किंग चैम्बर से जुड़ा होता है। बहुत उच्च दाब पर वायु आर्किंग चैम्बर में प्रवेश करती है और चल सम्पर्क के ऊपर दाब लगाकर उसको स्थिर सम्पर्क से अलग कर देती है। जैसे ही चल सम्पर्क स्थिर सम्पर्क से अलग होता है तभी आर्क उत्पन्न हो जाती है। इसी समय वायु का तेज झोंका आर्क के ऊपर प्रहार कर आयोनाइज्ड कणों को आर्क के रास्ते से अलग कर धारा के रास्ते में बाधा उत्पन्न कर आर्क को बुझा देता है।

(ii) Cross Blast Circuit Breaker—इस प्रकार के परिपथ वियोजक में वायु को आर्क के ऊपर लम्बवत् प्रवाहित कराया जाता है। वायु को आर्क के 90° पर प्रवाहित कराने के कारण आर्क के ऊपर वायु का अधिक बल लगता है जिसके कारण आर्क जल्दी बुझ जाती है। चित्र 4.10 में Cross Blast Circuit Breaker को दिखाया गया है।



चित्र 4.10

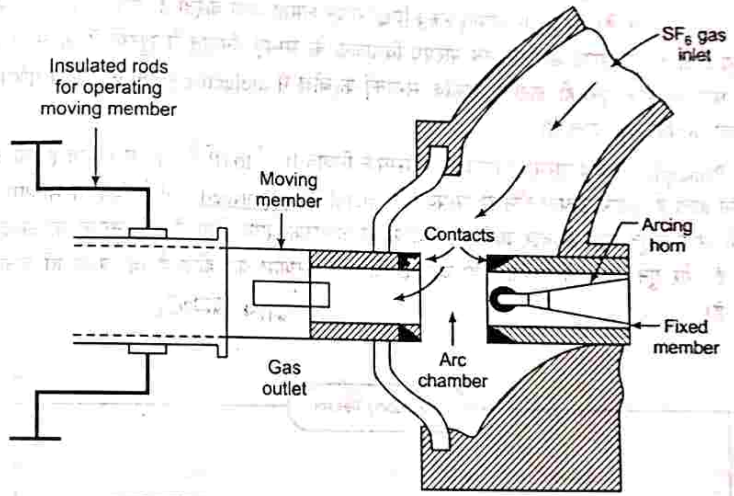
जब चल सम्पर्क स्थिर सम्पर्क से अलग होता है तो आर्क उत्पन्न होता है। उच्च दाब पर वायु आर्क के ऊपर आर्क Splitter से प्रहार करता है। Splitter आर्क की लम्बाई बढ़ाने में मदद करता है और Baffles आर्क को ठण्डा करने में सहायक होता है। परिणाम यह मिलता है कि आर्क बुझ जाती है और धारा के मार्ग में बाधा उत्पन्न हो जाता है। इस प्रकार झोंके का दाब प्रत्येक धारा के लिए एकसमान होता है जिसके कारण कम प्रदोष की स्थिति में भी इस परिपथ वियोजक के द्वारा आर्क को दक्षतापूर्वक बुझाया जा सकता है। इस परिपथ वियोजक में Series isolator लगाने की कोई आवश्यकता नहीं पड़ती क्योंकि सामान्य विद्युतरोधन पर ही आवश्यक Clearance प्राप्त हो जाती है।

4.7 SF_6 परिपथ वियोजक (Sulphur Hexa Fluoride SF_6 Cricuit Breaker)

इस प्रकार के परिपथ वियोजक में आर्क को बुझाने के लिए माध्यम के रूप में SF_6 गैस का प्रयोग किया जाता है। SF_6 एक इलेक्ट्रो-नेगेटिव गैस है जिसके अन्दर मुक्त इलेक्ट्रॉन को अवशोषित करने की बेजोड़ शक्ति होती है। परिपथ वियोजक के सम्पर्क उच्च दाब के SF_6 गैस के अन्दर खुलते हैं। जैसे ही दोनों सम्पर्क एक-दूसरे से अलग होते हैं आर्क उत्पन्न होता है। आर्क में उपस्थित मुक्त इलेक्ट्रॉन SF_6 गैस के द्वारा तेजी से अवशोषित कर लिया जाता है। मुक्त इलेक्ट्रॉन के अवशोषित हो जाने के कारण उच्च प्रतिरोध उत्पन्न होता है, जिससे आर्क बुझ जाती है। SF_6 परिपथ वियोजक का प्रयोग उच्च वोल्टता वाले स्थानों पर किया जाता है।

संरचना (Construction)—SF_6 परिपथ वियोजक की संरचना नीचे दिखायी गयी है। इसमें चल तथा अचल सम्पर्क एक चैम्बर में होते हैं जिसे Interruption चैम्बर कहते हैं। इस चैम्बर में SF_6 गैस भारी होती है। यह चैम्बर SF_6 गैस के Reservoir से जुड़ा होता है। जब सम्पर्क एक-दूसरे से अलग होते हैं तो गैस Reservoir से SF_6 गैस High Pressure पर निकलती है और Arc के ऊपर प्रहार करती है। इस परिपथ वियोजक का अचल सम्पर्क खोखले बेलनाकार धारा चालकता का सम्पर्क होता है जो कि आर्क हार्न के साथ फिट होता है। चल सम्पर्क भी खोखला बेलनाकार होता है परन्तु इसके साइड में आयताकार छेद कटे होते हैं जिससे कि SF_6 गैस प्रवाहित हो सके। चल सम्पर्क, अचल सम्पर्क व आर्किंग हॉर्न के टिप (नोक) कॉपर-टंगस्टन के धातु से कोटेड होते हैं जो कि आर्क रजिस्टेन्स पदार्थ होते हैं। चूँकि SF_6 गैस अत्यधिक महँगी है अतः इसके प्रत्येक प्रचालन के पश्चात् इसका किसी बाहरी उपयन्त्र के द्वारा शुद्धिकरण कर पुनः उपयोग में लाया जाता है।

क्रिया विधि (Working)—परिपथ वियोजक के बन्द अवस्था में गैस का दाब $2{\cdot}8\ kg/cm^2$ होता है। जब परिपथ वियोजक का चल सम्पर्क स्थिर सम्पर्क से अलग होता है तो दोनों सम्पर्कों के मध्य आर्क उत्पन्न होता है। चल सम्पर्क के गति अवस्था में आने पर वाल्व खुल जाता है। वाल्व के खुलते ही SF_6 गैस उच्च दाब $\approx 14\ kg/cm^2$ पर गैस reservoir से आर्क Interruption चैम्बर में आता है। उच्च दाब पर SF_6 गैस बहुत ही तेजी से मुक्त इलेक्ट्रॉन को अवशोषित कर लेता है जिसके कारण सम्पर्कों के बीच का di-electric strength बढ़ जाता है और आर्क बुझ जाती है। प्रचालन के बाद वाल्व स्वयं एक स्प्रिंग द्वारा बन्द हो जाता है।



चित्र 4.11

लाभ (Advantages)

SF_6 परिपथ वियोजकों का अन्य परिपथ वियोजकों की अपेक्षा निम्न लाभ हैं—

(i) आर्क को बुझाने के अच्छे गुण के होने के कारण इन परिपथ वियोजकों का आर्किंग समय बहुत कम होता है।

(ii) SF_6 गैस की di-electric strength, Air की अपेक्षा 2 से 3 गुना अधिक होती है जिसके कारण ये परिपथ वियोजक उच्च धाराओं को भी बाध्य कर सकते हैं।

(iii) SF_6 परिपथ वियोजक का प्रचालन शान्तिपूर्ण होता है।

(iv) इसका प्रचालन एक बन्द चैम्बर में होने के कारण इसमें नमी आने की सम्भावना बहुत कम होती है।

(v) इस परिपथ वियोजक में आग लगने का कोई खतरा नहीं होता है क्योंकि SF_6 गैस अज्वलनशील होता है।

(vi) SF_6 परिपथ वियोजकों के लिए कम अनुरक्षण व्यय, हल्का foundation व किसी बाह्य उपयन्त्र की आवश्यकता नहीं पड़ती।

हानियाँ (Disadvantages)

1. SF_6 गैस का मूल्य अधिक होने के कारण SF_6 परिपथ वियोजक अत्यधिक महँगे पड़ते हैं।
2. प्रत्येक प्रचालन के पश्चात् SF_6 गैस की शुद्धिकरण के लिए एक अतिरिक्त equipment की आवश्यकता पड़ती है।

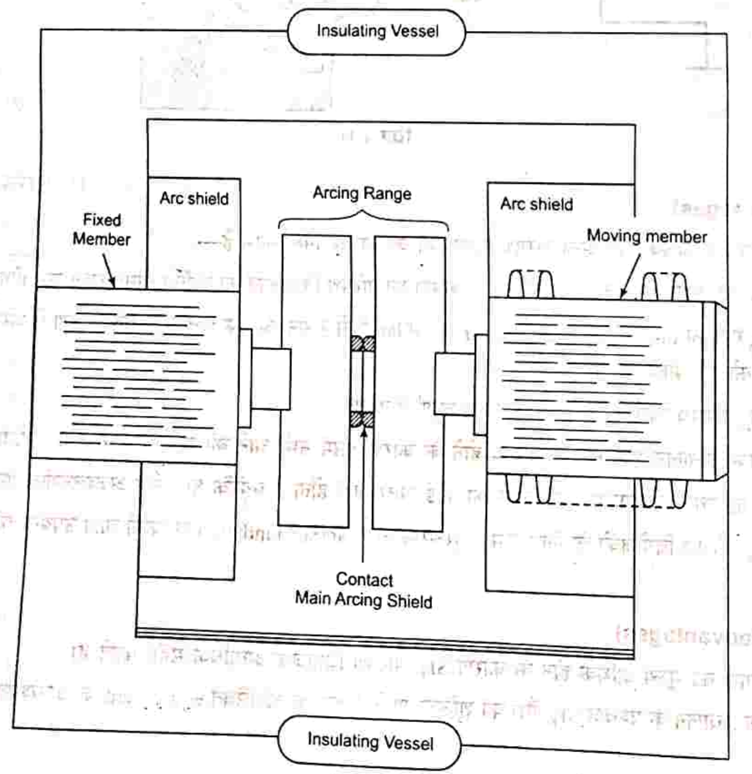
अनुप्रयोग (Application)

SF_6 परिपथ वियोजक का प्रयोग उच्च धारा 60 kA तक व उच्च वोल्टता 50-80 kV तक के लिए किया जाता है। SF_6 परिपथ वियोजकों का निर्माण 113 kV से 230 kV की वोल्टता जिनकी पॉवर रेटिंग 10 MVA से 20 MVA के लिए किया गया है। इन परिपथ वियोजकों का आर्किंग समय 3 cycle से भी कम होता है।

4.8 निर्वात् परिपथ वियोजक (Vacuum Circuit Breakers (VCB))

इन परिपथ वियोजकों में आर्क को बुझाने के लिए निर्वात् का प्रयोग माध्यम के रूप में करते हैं। इसमें निर्वात् की degree 10^{-7} से 10^{-5} Torr तक होती है। इस प्रकार निर्वात् उच्च विद्युतरोधन क्षमता प्राप्त करता है। इसके अन्दर आर्क को बुझाने का सबसे अच्छा गुण होता है। उदाहरण के लिए जब परिपथ वियोजक के सम्पर्क निर्वात् में खुलते हैं तो बाधा के कारण प्रथम अर्ध-चक्र में ही धारा का मान शून्य हो जाता है, क्योंकि सम्पर्कों के बीच में dielectric strength अन्य परिपथ वियोजक की अपेक्षा हजार गुणा अधिक बढ़ जाता है।

सिद्धान्त (Principle)—जब परिपथ वियोजक के सम्पर्क निर्वात् 10^{-7} to 10^{-5} torr में खुलते हैं, तो दोनों सम्पर्कों के मध्य आर्क उत्पन्न होता है। आर्क उत्पन्न होने से सम्पर्कों के metal का vaporized होने के कारण माध्यम आयोनाइज्ड हो जाता है। फिर भी आर्क बहुत तेजी से बुझ जाती है, क्योंकि जो धात्विक वाष्प होता है वह निर्वात् के अन्दर बहुत तेजी से संघनित हो जाते हैं और पुनः सम्पर्कों पर जमा हो जाते हैं जिसका परिणाम यह होता है कि बहुत ही तेजी से dielectric strength बढ़ती है।



चित्र 4.12

संरचना (Construction)—चित्र 4.12 में निर्वात् परिपथ वियोजक को दिखाया गया है। इस परिपथ वियोजक में एक निर्वात् चैम्बर होता है जिसके अन्दर चल सम्पर्क, स्थिर सम्पर्क व आर्क शील्ड लगे होते हैं। चल सम्पर्क एक नियन्त्रित मशीनी क्रियाविधि के द्वारा स्टेनलैस स्टील की Bellow से जुड़ा होता है। इस समायोजन का प्रयोग किसी प्रकार के लीकेज को रोकने की दृष्टि से किया गया है। एक Glass vessel या Ceramic Vessel का प्रयोग बाहरी विद्युतरोधी Body के लिए किया गया है। आर्क शील्ड धातु के Vapour को इकठ्ठा करने के लिए प्रयोग किया गया है।

कार्य विधि (Working)—जब परिपथ का प्रचालन होता है तो स्थिर सम्पर्क से चल सम्पर्क अलग होता है। जैसे ही दोनों सम्पर्क एक-दूसरे से अलग होते हैं, दोनों सम्पर्कों के मध्य आर्क उत्पन्न होती है। आर्क की उत्पत्ति धातु के आयोनाइजेशन होने के कारण होती है। यह आर्क बहुत ही जल्दी बुझ जाती है क्योंकि जो वेपोराइज्ड धातु होती हैं। वह अति शीघ्र संघनित होकर सम्पर्कों की सतह पर अथवा आर्किंग शील्ड पर जम जाती है जिसके कारण निर्वात् की di-electric strength बहुत तेजी से बढ़ जाती है और आर्क बुझ जाती है। इस कार्य के होने में अत्यन्त कम समय लगता है।

लाभ (Advantages)

1. निर्वात् परिपथ वियोजक विश्वसनीय तथा अधिक आयु वाले होते हैं।
2. आग लगने का कोई खतरा नहीं होता।
3. प्रचालन के समय किसी प्रकार की कोई गैस उत्पन्न नहीं होती है।
4. कम अनुरक्षण की आवश्यकता होती है।
5. इनमें Arc energy low होती है।
6. ये आसानी से आकाशीय बिजली को सह सकते हैं।

अनुप्रयोग (Applications)

भारत जैसे देशों में वे स्थान जहाँ पर पहुँचना उतना आसान नहीं होता, वैसे स्थानों पर हम निर्वात् परिपथ वियोजकों का प्रयोग करते हैं। निर्वात् परिपथ वियोजकों का प्रयोग Outdoor Application में किया जाता है। इनकी Range 22 kV से 66 kV तक होती है परन्तु आवश्यकता पड़ने पर विशेष अवस्था में 60 से 100 MVA तक के लिए प्रयोग कर सकते हैं।

इस परिपथ वियोजक का प्रयोग ज्यादातर दूरस्थ गाँवों व कस्बों के लिए किया जाता है।

4.8.1 परिपथ वियोजक का निर्धारण (Rating of Circuit Breaker)

परिपथ वियोजक की अभिकल्पना, परिपथ की सामान्य तथा असामान्य स्थितियों में सफलतापूर्वक प्रचालन हेतु की जाती है। परिपथ की सर्वाधिक असामान्य स्थिति, प्रदोष की उपस्थिति में होती है, इसलिये परिपथ वियोजक के निर्धारण में लघुपथ प्रदोष महत्त्वपूर्ण भूमिका रखता है क्योंकि इसमें धारा का मान सर्वाधिक होता है। इस प्रकार परिपथ वियोजक को लघुपथ प्रदोष की स्थिति में निम्न तीन कार्यों को करने में पूर्ण रूप से सक्षम होना चाहिए—

1. सर्किट ब्रेकर के सम्पर्कों को लघुपथ प्रदोष की स्थिति में खुलने या वियोजन के लिए समर्थ होना चाहिए।

2. परिपथ वियोजक के सम्पर्कों को लघुपथ प्रदोष की स्थिति में बन्द होने अथवा सम्पर्क बनाने के लिए समर्थ होना चाहिए अर्थात् परिपथ वियोजक में लघुपथ धारा पर ऑन (ON) होने के लिए सक्षम होना चाहिए।

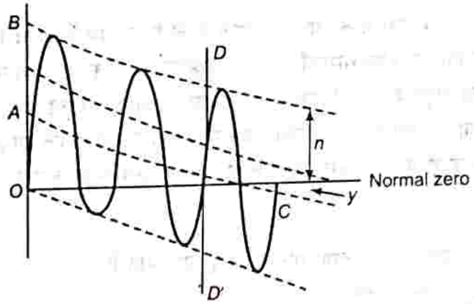
3. परिपथ वियोजक के सम्पर्कों को लघुपथ प्रदोष की स्थिति में कुछ समय तक (1 से 3 sec) सम्पर्क में बने रहने के लिए भी समर्थ होना चाहिए।

परिपथ वियोजकों की उक्त विशेषताओं अथवा गुणों को क्रमशः निम्न नामों से जाना जाता है—

1. "वियोजक/विच्छेदन" क्षमता (Breaking Capacity)
2. "योजन/संयोजन" क्षमता (Making Capacity)

3. "लघु समय/लघु काल" क्षमता (Short time Capacity)

(i) वियोजन क्षमता अथवा विदारण क्षमता (Breaking Capacity or Rupturing Capacity)—कुछ निश्चित प्रचालन स्थितियों के अन्तर्गत पुनः प्राप्ति वोल्टता (Recovery Voltage) पर, परिपथ वियोजक की वह क्षमता, जिस पर इसके सम्पर्क सफलतापूर्वक खुलते हैं, परिपथ वियोजक की वियोजन क्षमता कहलाती है।



चित्र 4.13

n = max. value of A.C. component

Y = d. c. component

∴ Symmetrical breaking current

= r.m.s. value of a.c. component

$$= \frac{n}{\sqrt{2}}$$

A symmetrical breaking current

= r.m.s. value of total current

$$= \sqrt{\left(\frac{n}{\sqrt{2}}\right)^2 + y^2}$$

$$\text{Breaking capacity} = \sqrt{3} \times V \times I \times 10^{-6} \text{ MVA}$$

(ii) मेकिंग कैपेसिटी अथवा संयोजन क्षमता (Making Capacity)—परीक्षण करते समय अथवा प्रदोष की उपस्थिति जानने के लिए कभी-कभी परिपथ वियोजक के सम्पर्कों को परिपथ की लघुपथ प्रदोष की स्थिति में भी ON करना पड़ता है। तब परिपथ वियोजक के अन्दर लघुपथ धारा के कारण विद्युत-चुम्बकीय प्रतिबल उत्पन्न होता है। इन प्रतिबल को सहन करने की क्षमता को मेकिंग कैपेसिटी अथवा संयोजन क्षमता कहते हैं।

$$\text{Making Cap.} = 2{\cdot}55 \times \text{Symmetrical breaking capacity}$$

(iii) शार्ट टाइम कैपेसिटी अथवा लघुकाल क्षमता—वह क्षमता जिस पर परिपथ वियोजक कुछ समय (1 to 3 seconds) के लिये लघुपथ प्रदोष की स्थिति में सफलतापूर्वक टिक सकता है, अर्थात् (ON) स्थिति में रह सकता है सर्किट की लघुकाल क्षमता या लघु अवधि क्षमता अथवा शार्ट टाइम कैपेसिटी कहलाता है।

यदि तेल परिपथ वियोजक में सममित वियोजन धारा तथा निर्धारित सामान्य धारा का अनुपात 30 से 40 तक हो, जो भारतीय मानक संस्था I.S.I. के अनुसार इस तेल परिपथ वियोजक के लिए लघुकाल क्षमता का समय 3 sec रखा जाता है और यदि उक्त अनुपात 40 से अधिक हो, तो इस परिपथ वियोजक के लिए लघुकाल क्षमता का समय 1 sec निर्धारित किया जाता है।

परिपथ वियोजकों का अंकन (Ratings of Circuit Breakers)

परिपथ वियोजकों के द्वारा किये जाने वाले विभिन्न कार्यों को करने की योग्यताओं की सीमाओं को नियत करना ही अंकन कहलाता है।

उक्त नियत सीमाओं का विवरण, विशिष्ट विवरण कहलाता है। परिपथ वियोजकों का अंकन अथवा निर्धारण उनके द्वारा निर्वाहित कर्त्तव्यों के अनुसार परिक्षण करने पर ही किया जाता है।

भारतीय मानक (I.S.) के अनुसार परिपथ वियोजकों का अंकन करने हेतु निम्नवत् विवर्णित राशियाँ नियत होनी चाहिए—

1. ध्रुव संख्या (No. of poles)
2. निर्णित वोल्टत (Rated voltage)
3. निर्णित धारा (Rated current)
4. निर्णित आवृत्ति (Rated frequency)
5. निर्णित वियोजन क्षमता (Rated breaking capacity)
6. निर्णित योजन क्षमता (Rated making capacity)
7. निर्णित न्यून अवधि धारा (Rated short time current)
8. निर्णितं लघु अवधि (Rated short time)
9. निर्णित प्रचालन कार्य (Rated operating duty)

ध्रुव संख्या (No. of poles)—एक ही साथ वियोजित होने वाले परिपथों की संख्या के ज्ञान हेतु परिपथ वियोजक के ध्रुवों की संख्या एवं प्रत्येक ध्रुव के द्वारा किये जाने वाले वियोजनों की संख्या का अंकन (Rating) निर्धारित कर अवश्य ही अंकित किया जाना चाहिए ताकि प्रत्येक ध्रुव के द्वारा एकल वियोज (Single break) अथवा एक ही श्रेणी में द्विवियोज (Double break) का ज्ञान भी सम्भव हो सके।

निर्णित वोल्टता (Rated voltage) : किसी भी परिपथ वियोजक हेतु निम्नवत् दो प्ररूपी लाइन वोल्टताएँ निर्धारित की जा सकती हैं—

(i) उच्चतम अभिकलिपत वोल्टता (Maximum designed voltages)—यह उच्चम प्रचालन वोल्टता होती है अतः किसी भी अवस्था में वोल्टता मान इस वोल्टता से अधिक नहीं होनी चाहिए।

(ii) तन्त्र की नियत उच्चतम वोल्टता (Maximum nominal system voltage)—यह तन्त्र की उच्चतम प्रचालन वोल्टता होती है।

निर्णित धारा (Rated current)—निर्धारित धारा, परिपा वियोजक की प्रसामान्य धारा का नियत मान होती है। प्रत्यावर्ती धारा परिपथ-वियोजकों में प्रसामान्य धारा का प्रभावी मान (Effective value) अंकित किया जता है।

प्रत्यावर्ती प्रसामान्य धारा (Alternating normal current)—धारा का वह मान जिस धारा मान को परिपथ वियोजक नियत आवृत्ति एवं कार्यकर अवस्था हेतु निर्दिष्ट परीक्षण प्रतिबन्धों (Specified testing condition) (तेल के अधिकतम तापक्रम 40° सैल्सियस एवं सम्पर्कों के अधिकतम तापक्रम 35° सैल्सियस) के अन्तर्गत वहन (Carry) कर सकें।

माना धारा का प्रसामान्य शिखर मान = I_{max} है।

∴ निर्णित धारा मान $= \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0{\cdot}7072\ I_{max}$ ऐम्पियर

निर्णित आवृत्ति (Rated Frequency)—जिस आवृत्ति पर परिपथ वियोजक को कार्य करने हेतु परीक्षित (Tested) किया हो, वह आवृत्ति निर्णित आवृत्ति कहलाती है।

भारतीय मानक संस्थान (I.S.I.) के अनुसार निर्णित आवृत्ति 50 हर्ट्ज है।

निर्णित वियोजन क्षमता (Rated Breaking Capacity)—परिपथ वियोजक की निर्णित वियोजन धारा (Rated breaking current) एवं निर्णित वोल्टता का गुणनफल निर्णित वियोजन क्षमता (Rated breaking capacity) कहलाता है। साधारणतया वियोजन क्षमता का मान मेगा-वोल्ट ऐम्पियर में ही अंकित किया जाता है।

वियोजन क्षमता (Breaking capacity) किलो वोल्ट में निर्णत वोल्टता × कि० ऐम्पियर में निर्णित वियोजन धारा

$$= KV \times KA = MVA$$

द्विकलीय परिपथ वियोजकों की वियोजन क्षमता : $2 \times KV \times KA = 2MVA$

त्रिकीय परिपथ वियोजकों की वियोजन क्षमता : $\sqrt{3} \times KV \times KA = \sqrt{3}\ MVA$

निर्णित योजन क्षमता (Rating Making Capacity)—चूँकि परिपथ-वियोजकों के सम्पर्क योजन की समभावना लाइन की दोषपूर्ण स्थिति में हो सकती है और परिपथ वियोजकों के द्वारा सहन किये जाने वाले प्रतिबलों (Stresses) का मान योजन धारा (Making current) के शिखर मान (Peak value) के वर्ग के समानुपाती होता है। अत: योजन धारा के शिखर मान का चयन परिपथ की खराब से खराब परिस्थिति के अनुसार करना उचित रहता है। परिपथ की खराब से खराब सम्भव परिपस्थिति में धारा का द्विकन प्रभाव (Double current) उत्पन्न होता है जो सममित लघुपरिपथ वियोजन (Symmetrical short circuit breaking current) धारा के शिखर मान (Peak value) का लगभग 1·8 गुना होता है।

माना कि निर्णित धारा का मान = I_{nns} ऐम्पियर

∴ निर्णित धारा का उच्चतम मान = $\sqrt{2} \times I_{nns}$ ऐम्पियर

∴ निर्णित योजन धारा = 1·8 × निर्णित धारा का उच्चतम मान

$$= 1{\cdot}8 \times \sqrt{2}\, I_{nns} = 1{\cdot}8 \times 1{\cdot}414 \times I_{nns}$$

$$= 2{\cdot}5452\, I_{nns} \text{ ऐम्पियर}$$

अर्थात् निर्णित योजन धारा का मान वियोजन धारा मान का 2·5452 गुना होता है।

∴ निर्णित योजन क्षमता = कि० वो० में निर्णित वोल्टता × कि० ऐ० में निर्णित योजन धारा

$$= K.V. \times 2{\cdot}5452\, I_{nns} \text{ (जहाँ } I_{nns} \text{ का मान कि० ऐम्पियर में है।)}$$

$$= 2{\cdot}5452 \text{ MVA}$$

निर्णित न्यून अवधि धारा (Rated short time current)—वह धारा जिसको परिपथ वियोजक प्रसामान्य दशा में निर्णित लघु अवधि तक वहन कर सके, निर्णित न्यून अवधि या निर्णित लघु अवधि धारा कहलाती है।

निर्णित लघु अवधि (Rated short time)—परिपथ वियोजक की प्रसामान्य दशा में परिपथ वियोजक द्वारा निर्णित लघु अवधि धारा के वहन किये जाने की अवधि को लघु अवधि कहते हैं। यदि सममित वियोजन धारा और निर्णित प्रसामान्य धारा का अनुपात 40 या 40 से कम हो तो वह अवधि 3 सैकेण्ड लघु अवधि कहलाती है, परन्तु उक्त अनुपात 50 से अधिक होने पर निर्णित लघु अवधि एक सेकेण्ड लघु अवधि कहलाती है।

निर्णित प्रचालन कार्य (Rated operating duty)—परिपथ वियोजक के प्रचालनों की निर्धारित संख्या का क्रम, परिपथ-वियोजक का निर्णित प्रचालन कार्य कहलाता है। उदाहरण (B – t – MB) जिसमें

B — वियोजन (Breaking)

t — क्रमिक प्रचालन अंतराल (Successive operation inverval)

तथा MB — योजन (Making) के तुरन्त बाद वियोजन (Breaking) को प्रदर्शित करते है।

निर्णित अवरोधन अवधि (Rated Interruspting time)—निर्णित धारा मान से कम किसी भी मान की धाराओं को अवरोधित (Interrupt) करने की अवधियों का मध्यमान (Mean value) निर्णित अवरोधन अवधि कहलाती है।

Example 1. A circuit breaker is rated as 1500A, 1000 MVA, 33 kV, 3 second, 3 phase oil circuit breaker. Find (i) Rated normal current, (ii) Breaking capacity, (iii) Rated symmetrical breaking current, (iv) Rated making current, (v) Short-time rating, (vi) Rated service voltage.

Sol. (i) Rated normal current = 1500 A

(ii) Breaking capacity = 1000 MVA

(iii) Rate symmetrical breaking current

$$= \frac{1000 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 33 \times 10^3} = 17496 \text{ A (r.m.s.)}$$

(iv) Rated making current = 2·55×17496

= 44614 A (Peak)

(v) Short-time rating = 17496 A for 3 per second

(vi) Rated service voltage = 33 kV (r.m.s.)

Example 2. A 50 Hz, 11 kV, 3 Phase alternator with earthed neutral has a reactance of 5 ohms per phase and is connected to a bus-bar through a circuit breaker. The distributed capacitance upto circuit breaker between phase and neutral is 0·01 μF. Determine :

(i) Peak re-striking voltage across the contacts of breaker.

(ii) Frequency of oscillations

(iii) The average rate of rise of re-striking voltage upto the first peak.

Sol.
$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{5}{2\pi \times 50} = 0{\cdot}0159\text{ N}$$

$$C = 0{\cdot}01\mu\text{F} = 10^{-8}\text{F}$$

(i) Max value of recovery voltage (Phase or neutral)

$$E_{max.} = \sqrt{2} \times \frac{11}{\sqrt{3}} = 8{\cdot}98\text{ kV}$$

∴ Peak re-striking voltage = $2E_{max.} = 2 \times 8{\cdot}98 = 17{\cdot}96$ kV

(ii) Frequency of oscillations

$$f_n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{1}{2M\sqrt{0{\cdot}0159 \times 50^8}} = 12628\text{ HZ}$$

(iii) Peak re-striking voltage 0 < cars at a time *t*

$$t = \frac{1}{2f_n} = \pi\sqrt{LC}$$

$$= \pi\sqrt{0{\cdot}0159 \times 10^{-8}} = 39{\cdot}6 \times 10^{-6}\text{ sec}$$

$$= 39{\cdot}6\,\mu\text{sec}$$

∴ Average rate of re-striking voltage

$$= \frac{\text{Peak restriking voltage}}{\text{Time upto first peak}}$$

$$= \frac{17 \cdot 96 \text{ kV}}{39 \cdot 6 \, \mu\text{sec}}$$

$$= 0 \cdot 453 \text{ kV}/\mu\text{sec}$$

$$= 453 \times 10^3 \text{ kV/sec}$$

Example 3. In a short circuit test on a circuit breaker, the following readings were obtained on single frequency transient :

(i) Time to reach the peak re-striking voltage, 50 μsec.

(ii) The peak re-striking voltage, 100 kV.

Determine the average RRRV and frequency of oscillation.

Sol. Average RRRV $= \frac{\text{Peak re-striking voltage}}{\text{Time to reach peak value}}$

$$= \frac{500 \text{ kV}}{50 \, \mu\text{sec}} = 2 \text{ kV}/\mu \text{ sec}$$

$$= 2 \times 10^6 \text{ kV/sec}$$

Natural frequency of oscillations

$$f_n = \frac{1}{2 \times \text{Time to reach Peak Value}}$$

$$= \frac{1}{2 \times 50 \mu \text{ sec}} = \frac{1}{2 \times 50 \times 10^{-6}} = 10{,}000 \text{ Hz}$$

Example 4. An air-blast circuit breaker is designed to interrupt a transformer magnetizing current of 11A (r.m.s.) chops the current at an instantaneous value of 7 A. If the values of *L* and *C* in the circuit are 35·2 H and 0·0023μF, find the value of voltage that appears across the contacts of the breaker. Assume that all the inductive energy is transferred to the capacitance.

Sol. Voltage across the circuit breaker contacts at chopping

$$e = i\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$e = 7\sqrt{\frac{35 \cdot 2}{0 \cdot 0023 \times 10^{-6}}} \text{ volt}$$

$$= 866 \times 10^{-3} \text{ V} = 866 \text{ kV}$$

अभ्यास

1. What is a circuit breaker? Describe its operating principle.
2. SF_6 C.B. का वर्णन कीजिए तथा SF_6 गैस के गुणधर्मों का उल्लेख कीजिए। *(BTE 2006)*
3. C.B. के सन्दर्भ में निम्न को समझाइये— *(BTE 2013)*
   (i) Restricking Voltage

   (ii) Recovery Voltage
   (iii) Making Capacity
4. Discuss the arc phenomenon is a circuit breaker.
5. Air Blast C.B. तथा Oil C.B. में अन्तर बताइए। *(BTE 2011)*
6. Isolator तथा Circuit breaker के कार्यों में क्या अन्तर है?
7. चित्र की सहायता से बाह्य उत्पादित दाब तेल C.B. का वर्णन कीजिए। *(BTE 2011)*
8. Air Blast C.B. में आर्क बनना एवं आर्क भंजन की क्रिया का वर्णन कीजिए। *(BTE 2012)*
9. Circuit breaker की रेटिंग पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिये।
10. Explain the various methods of arc extinction in a circuit breaker.
11. SF_6 C.B. को स्वच्छ चित्र की सहायता से कार्यविधि को समझाइये तथा SF_6 के गुणों का उल्लेख कीजिए। *(BTE 2013)*
12. Discuss the advantages and disadvantages of O.C.B.
13. C.B. की (i) विदारण क्षमता, (ii) लघुपथन क्षमता से क्या तात्पर्य है? *(BTE 2014)*
14. Discuss the constructional details and operation of a low oil circuit breaker. Also explain its merits and demerits.
15. Oil C.B. में आर्कन की प्रक्रिया की व्याख्या कीजिए। Vacuum C.B. के गुणों को बताइये। *(BTE 2015)*
16. Air circuit breaker का स्वच्छ रेखाचित्र प्रस्तुत करते हुए, इसकी संरचना तथा कार्य विधि का वर्णन कीजिए।
17. Bulk oil circuit breaker तथा low oil circuit breaker में अन्तर को समझाइये।
18. SF_6 circuit breaker का स्वच्छ रेखाचित्र प्रस्तुत करते हुये, इसकी संरचना तथा कार्य विधि का वर्णन कीजिए। गुण तथा दोषों को भी समझाइये।
19. What are the important components common to most of circuit breaker? Discuss each component briefly.
20. विभिन्न वोल्टताओं पर प्रयुक्त परिपथ वियोजकों का वर्गीकरण कीजिये। परिपथ वियोजकों के अनुरक्षण की अनुसूची की व्याख्या कीजिए। *(BTE 2006)*
21. परिपथ वियोजकों में आर्क बुझाने की विधियाँ कौन-सी है? वायु बलित C.B. का वर्णन कीजिए। *(BTE 2007)*
22. Explain the working of the following circuit breakers :
    (1) Plain explosion pot
    (2) Cross jet explosion pot
    (3) Self-compensated explosion pot
23. निम्न की परिभाषा दीजिए—
    (i) Arc voltage
    (ii) Restriking voltage
    (ii) Recovery voltage
24. Describe briefly the action of an oil circuit breaker. How does oil help in arc extinction?
25. Vacuum circuit breaker की संरचना तथा कार्य विधि का चित्र सहित वर्णन कीजिए।

26. Oil circuit breaker तथा SF_6 circuit breaker के गुण तथा दोषों की तुलना कीजिए।
27. Buchholz's रिले की संरचना तथा कार्य का वर्णन कीजिए। किन प्रदोषों के प्रति Buchholz's रिले शक्ति परिणामित्र में रक्षा प्रदान कर सकता है? *(BTE 2007)*
28. Air circuit breaker तथा Oil circuit breaker में अन्तर स्पष्ट कीजिये।
29. SF_6 C.B. क्या है? अन्य प्रकार के C.B. की अपेक्षा इसके लाभों का उल्लेख कीजिए। *(BTE 2008)*
30. Why is current interruption easier in an a. c. circuit than in a d. c. circuit?
31. निम्नलिखित C.B. में आर्क बुझाने के सिद्धान्त को समझाइये— *(BTE 2010)*
    (i) Air Blast C.B. (ii) Oil C.B.
32. SF_6 C.B. व oil C.B. की तुलना कीजिए।
33. Explain briefly the following types of air-blast circuit breaker :
    (i) Axial-blast type.
    (ii) Cross-blast type.
34. SF_6 circuit breaker तथा Vacuum circuit breaker के गुण तथा दोषों की तुलना कीजिये।
35. परिपथ वियोजकों से सम्बन्धित विभिन्न पदों (specifications) का वर्णन कीजिए। *(BTE 2016)*
36. एक स्वच्छ रेखाचित्र (diagram) की सहायता से शक्ति परिणामित्रों में प्रयुक्त बकोल्ज (buckhollz) रक्षण प्रणाली का वर्णन कीजिए व कार्य सिद्धान्त समझाइये। *(BTE 2016)*
37. एच० वी० / ई० एच० वी० में प्रयुक्त होने वाले विभिन्न प्रकार के सर्किट ब्रेकर को लिखिये। विशिष्ट वर्णन भी कीजिये। *(BTE 2017)*
38. एस० एफ० 6 सर्किट ब्रेकर का सचित्र वर्णन कीजिये। *(BTE 2017)*

Fill in the blanks

1. Capacitive current breaking results in ....
2. Current chopping mainly occurs in .... circuit breakers.
3. The quantity of oil needed for arc control oil circuit breakers is .... than that of plain break oil circuit breaker.
4. In an oil circuit breaker .... is used as the arc quenching medium.
5. If the length of the arc increases, its resistance is ....
6. A circuit breaker opens .... when a fault occurs on the system.
7. A circuit breaker can .... the circuit immediately after automatic operation.
8. When the contacts of a circuit breaker are opened on the occurrence of a fault an .... is struck.
9. An a.c. circuit is more easily interrupted than a d. c. circuit because alternating current provides ....

Answers : 1. Voltage surge, **2.** air-blast, **3.** less, **4.** some mineral oil, **5.** increased, **6.** automatically, **7.** remake, **8.** arc, **9.** natural current zero.

5 रिले (Relays)

पॉवर सिस्टम जनरेटर, ट्रांसफार्मर, ट्रांसमिशन तथा डिस्ट्रीब्यूशन परिपथों से मिलकर बना होता है तथा यह भी आवश्यक है कि परिपथ में पहले या बाद में या परिपथ में कहीं भी प्रदोष उत्पन्न हो सकता है। यह भी जरूरी है कि अगर परिपथ में कहीं भी प्रदोष उत्पन्न होता है तो उस प्रदोष को जल्दी से जल्दी ढूँढ़कर दूर कर देना चाहिये। पहली बात, अगर हम प्रदोष को ढूँढ़कर दूर नहीं करेंगे तो यह प्रदोष कंस्टमर को मिलने वाली सप्लाई को बाधित करेगा। दूसरा, काम में आने वाले यन्त्रों को अधिक नुकसान होगा तथा प्रदोष सब जगह फैलकर पूरे सिस्टम की सप्लाई को बाधित करेगा। प्रदोष का पता लगाना तथा फाल्टी सेक्शन (Faulty section) या यन्त्र को डिस्कनेक्ट (Disconnect) करने के लिये रिले के साथ सर्किट ब्रेकर को काम में लाते हैं। एक फ्यूज के द्वारा हम प्रदोष का पता लगाना तथा प्रदोष को दूर करना दोनों काम कर सकते हैं परन्तु इस कार्य को हम सीमित वोल्टेज के लिए ही कर सकते हैं। अधिक वोल्टेज परिपथों के लिये हम रिले के साथ सर्किट ब्रेकर को लगाकर प्रदोष को दूर कर सकते हैं। रिले प्रदोष के स्थान को ढूँढ़कर सूचना सर्किट ब्रेकर को देगी तथा सर्किट ब्रेकर परिपथ को सप्लाई को बन्द करेगा। इस अध्याय (Chapter) में हम रिले के बारे में जानेंगे तथा रिले के रक्षण में महत्व को भी समझेंगे।

5.1 Protective Relays

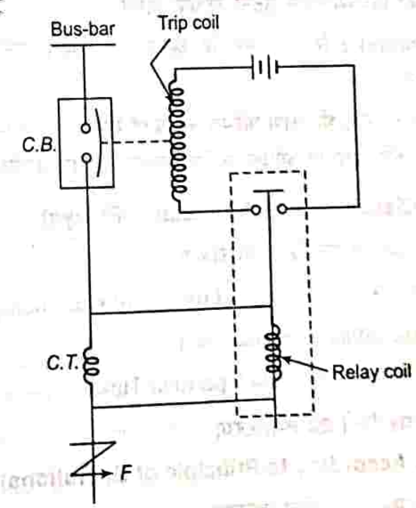
A protective relay is a device that detects the fault and initiates the operation of the circuit breaker to isolate the defective element from the rest of the system.

एक रिले के परिपथ को चित्र 5.1 में दिखाया गया है। चित्र में 3-फेज सिस्टम को 1-फेज सिस्टम के द्वारा दिखाया गया है ताकि इसे हम आसानी से समझ सकें। रिले परिपथ को तीन भागों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

(1) प्रथम भाग में धारा परिणामित्र (C. T.) की प्राथमिक कुण्डली को उस लाइन के श्रेणी में संयोजित किया जाता है जिस लाइन का हमें रक्षण करना है।

(2) द्वितीय भाग में धारा परिणामित्र (C. T.) की द्वितीयक कुण्डली तथा रिले कुण्डली।

T/F



चित्र 5.1

(3) तृतीय भाग में प्रवृत्त परिपथ (Trip circuit) जो कि A. C. या D. C. हो सकता है। यह सप्लाई (Supply), परिपथ वियोजक प्रवृत्त कुण्डली (Trip coil of C. B.) तथा रिले सम्पर्क (Relay Contacts)।

जब F बिन्दु पर लघुपथन प्रदोष होता है तो ट्रांसमिशन लाइन में बहुत अधिक धारा प्रवाहित होती है तथा रिले कुण्डली (Relay coil) में भी अधिक धारा प्रवाहित होती है जिससे रिले कुण्डली के टर्मिनल मिल जाते हैं तथा प्रवृत्त कुण्डली (Trip Coil) में धारा प्रवाहित होने लगती है जिसके कारण सर्किट ब्रेकर के टर्मिनल खुल जाते हैं तथा बिन्दु F को सप्लाई मिलनी बन्द हो जाती है।

5.2 रक्षी-रिले की मौलिक अपेक्षाएँ (Basic Requirements of Protective Relays)

रक्षी-रिले सही तरह से अपना कार्य करे इसके लिये रक्षी-रिले की कुछ मौलिक अपेक्षाएँ निम्नवत हैं—

(1) चयनशीलता (Selectivity), (2) सुग्राहिता (Sensitivity),
(3) गति (Speed), (4) साधारणता (Simplicity),
(5) विश्वसनीयता (Reliability), (6) मितव्ययिता (Economy)

(1) चयनशीलता (Selectivity) : रक्षी तन्त्र के अन्दर यह क्षमता होनी चाहिए कि वह दोषी भाग का सही से चयन करे तथा दोषी भाग को सही भाग से बिना किसी रुकावट के अलग कर दे।

(2) सुग्राहिता (Sensitivity) : रिले के अन्दर यह क्षमता होनी चाहिए कि वह मुख्य मान के कम मान पर प्रचालित होनी चाहिए।

(3) गति (Speed) : रिले सिस्टम को दोषी भाग को जल्दी से जल्दी अलग करना चाहिए। निम्न के कारण—

(a) दोषी धारा सही उपयन्त्र को खराब कर सकती है, अगर लम्बे समय तक प्रवाह करती है।

(b) तेज गति रिले सिस्टम दोषी धारा को निकटतम परिपथ में बहने की सम्भावना को कम करता है।

(c) दोषी धारा के कारण वोल्टेज में अधिक कमी आ सकती है जिसके कारण उपभोक्ता के यहाँ मोटर बन्द हो सकता है तथा सिस्टम में जनरेटर पर भी विपरीत प्रभाव पड़ेगा।

(4) साधारणता (Simplicity) : रिले सिस्टम साधारण होना चाहिए ताकि आसानी से सुचारू रखा जा सके। रिले सिस्टम जितना साधारण होगा उसकी विश्वसनीयता उतनी अधिक होगी।

(5) विश्वसनीयता (Reliability) : रिले सिस्टम के अन्दर यह क्षमता होनी चाहिए कि वह पहले से दी गई परिस्थितियों के अनुसार प्रचालित हो।

(6) मितव्ययिता (Economy) : किसी भी रक्षण परिपथ को चुनते समय, सबसे मुख्य बात उसकी मितव्ययिता होती है यानि कि उसका मूल्य। अगर मूल्य कम होगा तो अधिक व्यक्ति उसका उपयोग करेंगे।

5.3 रक्षी-रिले का वर्गीकरण (Classification of Protective Relays)

रक्षी-रिले का वर्गीकरण निम्न आधारों पर किया जा सकता है—

(1) प्रचालन सिद्धान्त के आधार पर (According to Principle of Operations)

(2) उपयोग के आधार पर (According to Application)

(3) प्रचालन काल के आधार पर (According to Operation Time)

(A) प्रचालन सिद्धान्त के आधार पर रिले का वर्गीकरण (Classification of Relays According to Principle of Operations)

(1) ऊष्मीय रिले (Thermal Relay)—रिले अवयव में प्रत्यावर्ती (Alternating) अथवा दिष्ट धारा (Direct Current) के प्रवाह से उत्पन्न ऊष्मा के प्रभाव से प्रचालित होने वाली रिले, ऊष्मीय रिले (Thermal Relay) कहलाती है।

(2) गैस प्रवृत्त रिले (Gas Actuated Relays)—गैस दाब के कारण प्रचालित होने वाली रिले गैस प्रवृत्त रिले (Gas actuated relay) कहलाती है।

(3) वैद्युत-चुम्बकीय रिले (Electromagnetic Relays)—वैद्युत धारा के कारण उत्पन्न होने वाले चुम्बकीय प्रभाव से प्रचालित रिले वैद्युत-चुम्बकीय रिले कहलाती है।

(4) वैद्युत गतिज प्रारूपी रिले (Electro-dynamic Type)—डायनेमो के सिद्धान्त पर कार्य करने वाली रिले वैद्युत गतिज रिले कहलाती है।

(5) वैद्युत-स्थैतिक रिले (Electro-static Relay)—जो रिले वैद्युत-स्थैतिक के सिद्धान्त पर कार्य करती है, वैद्युत-स्थैतिक रिले कहलाती है।

(6) स्थैतिक रिले (Static Relay)—वे रिले जिनमें कोई भी गतिज अंग नहीं होता है तथा इलेक्ट्रॉनिक्स या चुम्बकीय प्रभाव के साथ अनुक्रिया (Response) करती है, स्थैतिक रिले कहलाती है।

(B) उपयोग के आधार पर रिले का वर्गीकरण (Classification of Relays According to Application)

(1) अतिधारा (Over-current) **रिले**—जब किसी परिपथ में प्रदोष उत्पन्न होता है तो उस परिपथ की धारा का मान अधिक होने के कारण अतिधारा रिले का प्रचालन होता है।

(2) दूरी रिले (Distance Relay)—इस रिले का प्रचालन वोल्टता तथा धारा के अनुपात पर निर्भर करता है। V : I

(3) दिशात्मक शक्ति रिले (Directional Power Relay)—इस प्रकार की रिले में जब शक्ति का प्रवाह किसी विशेष दिशा में होता है तो दिशात्मक शक्ति रिले (Directional Power Relay) कहते हैं।

(4) अन्तरात्मक रिले (Differential Relay)—जब Incoming Current तथा Outgoing Current में अन्तर उत्पन्न होता है तो रिले का प्रचालन होता है।

(C) प्रचालन काल के अनुसार वर्गीकरण (Classification According to Operation Time)

(1) तात्क्षणिक रिले (Instantaneous Relay)—जैसे ही किसी राशि के मान में परिवर्तन होता है तो तात्क्षणिक रिले कार्य करेगी।

(2) निश्चित काल रिले (Definite Time Relay)—वह रिले जिसका प्रचालन प्रदोष उत्पन्न होने के उपरान्त एक निश्चित समय पर होता है, निश्चित काल रिले कहलाती है।

(3) प्रतिलोमी काल रिले (Inverse Time Relay)—वह रिले जिसमें धारा तथा समय में प्रतिलोमानुपाती सम्बन्ध होता है। धारा अधिक होगी तो रिले का काम करने का समय कम होगा।

मूल रिले (Basic Relays)

आजकल विद्युत पावर सिस्टम में ज्यादातर इलेक्ट्रो मैकिनिकल रिले का उपयोग होता है। इस प्रकार की रिले मुख्य रूप से दो सिद्धान्त पर कार्य करती है—

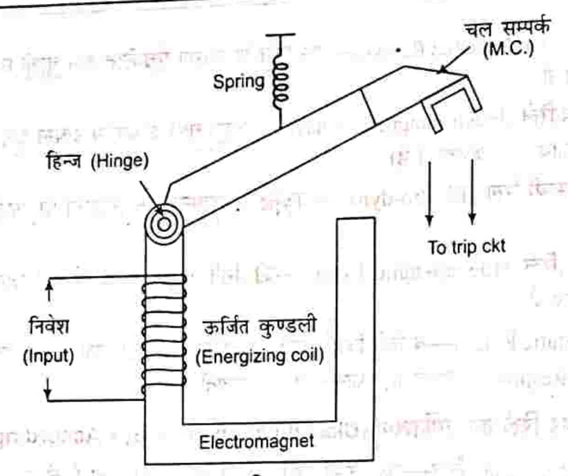
(i) विद्युत-चुम्बकीय आकर्षण (Electromagnetic Attraction)

(ii) विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण (Electromagnetic Induction)

Electromagnetic Attraction Relays : विद्युत-चुम्बकीय आकर्षण रिले में आर्मेचर को विद्युत चुम्बक के पोल द्वारा आकर्षित किया जाता है या डूबक (Plunger) परिनालिका (Solenoid) के अन्दर गिर जाता है। ऐसे रिले A.C. तथा D.C. दोनों पर कार्य करती है। विद्युत-चुम्बकीय आकर्षण रिले की कुछ महत्त्वपूर्ण रिले निम्न प्रकार हैं—

5.4 चूलित आर्मेचर या आकर्षित आर्मेचर प्रारूपी रिले (Hinged Armature or Attracted Armature Type Relay)

चित्र 5.2 में रिले के मुख्य भागों को दिखाया गया है।



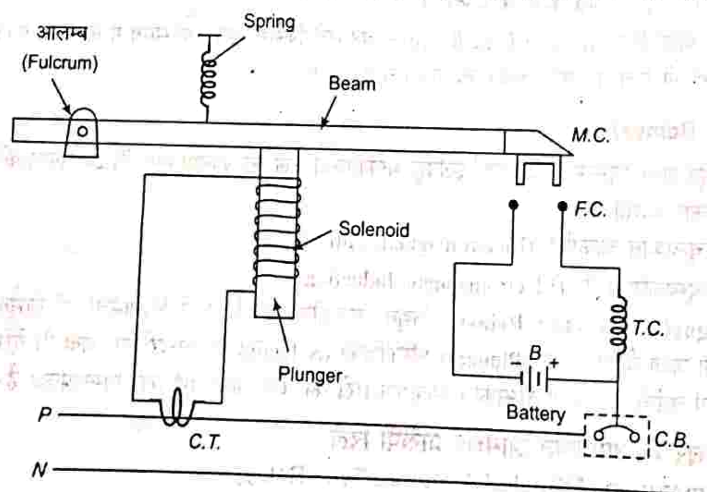
चित्र 5.2

कार्य सिद्धान्त (Working Principle)—जब किसी परिपथ में प्रदोष उत्पन्न होता है तो परिपथ में धारा का मान बढ़ जाता है तब विद्युत-चुम्बक की कुण्डली अधिक ऊर्जित होकर, उच्च चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है जिसके उपरान्त चलित आर्मेचर (moving armature) को विद्युत-चुम्बक आकर्षिक कर लेता है तथा चल सम्पर्क व स्थिर सम्पर्क लघुपथित हो जाते हैं। ट्रिप परिपथ के पूर्ण होने के उपरान्त ट्रिप काइल ऊर्जित होकर सर्किट ब्रेकर की सहायता से सप्लाई को बन्द कर देती है तथा दोषी भाग स्वस्थ भाग से अलग हो जाता है।

अनुप्रयोग—आन्तरिक संरचना अति सरल तथा मितव्ययी होने के कारण इनका उपयोग अतिधारा रिले की तरह किया जाता है तथा इन्हें आकर्षित आर्मेचर प्रारूपी अतिधारा रिले भी कहते हैं।

5.5 परिनालिका प्रारूपी रिले (Solenoid Type Relay)

संरचना (Construction)—चित्र 5.3 में प्रदर्शित रिले में टेक तथा स्पिंग के द्वारा एक धरन (beam) को क्षैतिज स्थिति में रखा जाता है तथा यह एक लीवर का कार्य करता है। इस लीवर में नीचे की ओर एक लोहे का प्लंजर लगा रहता है जो



चित्र 5.3

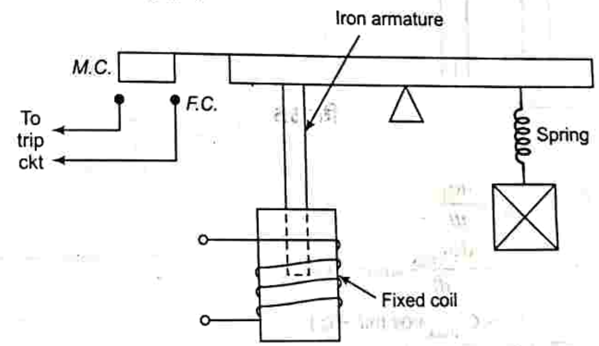
ऊर्जित परिनालिका में डूबने का कार्य करता है। लीवर के दूसरे सिरे पर नीचे की ओर चल सम्पर्क लगा रहता है जो रिले की प्रचालन अवस्था में ट्रिप परिपथ के अचल सम्पर्कों को पुलित (Bridged) करता है।

कार्य सिद्धान्त—प्रदोष स्थिति में जब परिपथ में अधिक धारा बहती है तो ऊर्जित परिनालिका उच्च धारा पर अति उत्तेजित होकर प्लंजर को अपनी ओर खींचती है तब चल सम्पर्क द्वारा अचल सम्पर्क लघुपथित हो जाते हैं, जिसके उपरान्त प्रचालन परिपथ (trip ckt) ऊर्जित होकर सर्किट ब्रेकर को प्रचालित (tripped) कर देता है तथा प्रदोषी अंग सही अंग से अलग हो जाता है।

उपयोग—इस रिले का उपयोग अतिधारा रिले के रूप में किया जाता है।

5.6 सन्तुलित धरन प्रारूपी रिले (Balanced Beam Type Relay)

चित्र 5.4 में सन्तुलित धरन प्रारूपी रिले के विभिन्न अंगों को दिखाया गया है। इस रिले में एक आयरन आर्मेचर दिखाया गया है जो कि धरन (beam) के साथ जुड़ा हुआ है। सामान्य अवस्था में कुण्डली के अन्दर इतनी धारा होती है कि धरन स्प्रिंग की सहायता से क्षैतिज अवस्था में बना रहता है।



चित्र 5.4

जब परिपथ में प्रदोष उत्पन्न होता है जो रिले कुण्डली (Relay fixed coil) के अन्दर धारा का मान बहुत अधिक बढ़ जाता है जिससे रिले कुण्डली आयरन आर्मेचर को अपनी ओर आंकर्षित करती है तथा (moving contact fixed contact) के साथ मिल जाता है जिसके कारण ट्रिप परिपथ ऊर्जित होकर सर्किट ब्रेकर की सहायता से प्रदोषी भाग को अलग कर देता है।

उपयोग—इस रिले का उपयोग अतिधारा रिले के रूप में किया जाता है।

5.7 प्रेरण रिले (Induction Relays)

वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण रिले प्रेरण के सिद्धान्त पर कार्य करती है तथा इस प्रकार की रिले को केवल A. C. परिपथों के लिए उपयोग किया जाता है। प्रेरण रिले में एक ऐल्यूमिनियम की डिस्क (Disc) होती है जो दो चुम्बकीय क्षेत्रों के मध्य रखी रहती है। दोनों चुम्बकीय क्षेत्र समान आवृत्ति पर परन्तु अलग-अलग फेस अन्तर पर होते हैं। चुम्बकीय क्षेत्र तथा दूसरी धारा की परस्पर क्रिया (interaction) के द्वारा डिस्क के अन्दर एक बलाघूर्ण (Torque) की उत्पत्ति होती है।

माना दोनों प्रत्यावर्ती चुम्बकीय फ्लक्सों (Alternating fluxes) ϕ_1 एवं ϕ_2 का उच्चतम मान क्रमशः $\phi_{1_{max}}$ तथा $\phi_{2_{max}}$ है तथा इनके मध्य कलान्तर (Phase difference) α है तथा ϕ_1 फ्लक्स अग्रगामी (Leading) है।

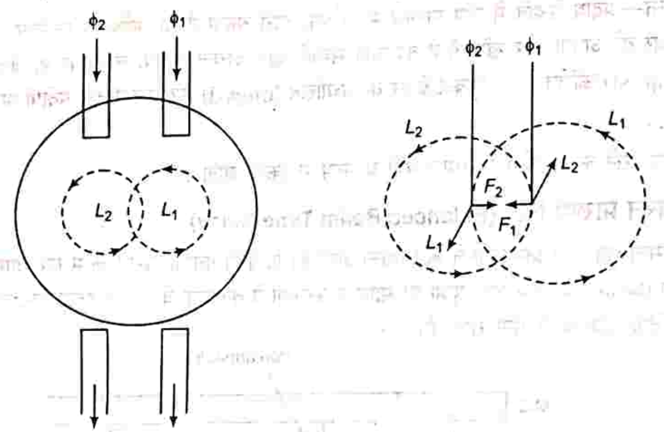
$$\phi_2 = \phi_{2_{max}} \sin \omega t$$

तथा

$$\phi_1 = \phi_{1_{max}} \sin (\omega t + \alpha)$$

दोनों फ्लक्स ϕ_1 एवं ϕ_2 चालक पदार्थ की बनी चकती (Disc) से ग्रंथित (Linked) होते हैं। प्रत्यावर्ती फ्लक्स ग्रंथन के कारण चकती में क्रमशः e_1 एवं e_2 वि० वा० बल (e.m.f.) प्रेरित होते हैं जो क्रमशः ϕ_1 एवं ϕ_2 से 90° पश्चगामी होते हैं।

वि०वा०बल e_1 एवं e_2 के कारण चकती में क्रमशः i_1 तथा i_2 भँवर धाराएँ (Eddy current) उत्पन्न होती हैं जो भँवर धाराओं के परिपथ शुद्ध प्रतिरोधी (Pure resistive) होने के कारण e_1 एवं e_2 की ही कलाओं (Phases) में होती है।



चित्र 5.5

$$e_1 \propto \frac{d\phi_1}{dt}$$
$$\propto \frac{d\phi_{1max}}{dt}\sin(\omega t+\alpha)$$
$$\propto \phi_{1max}\cos(\omega t+\alpha)$$

और $\quad i_1 \propto e_1$

$\therefore \quad i_1 \propto \phi_{1max}\cos(\omega t+\alpha)$

इसी प्रकार $\quad e_2 \propto \phi_{2max}\cos\omega t$

और $\quad i_2 \propto e_2$
$$\propto \phi_{2max}\cos\omega t$$

माना फ्लक्स ϕ_1 और भँवर धारा L_2 की परस्पर क्रिया (Interaction) से उत्पन्न बल F_1 तथा ϕ_2 भँवर धारा L_1 की परस्पर क्रिया से उत्पन्न बल F_2 है तो किसी भी क्षण (Instant) चकती पर लगा बल
$$F \propto F_1 - F_2$$

तथा $\quad F_1 \propto \phi_1 i_2$ एवं $F_2 \propto \phi_2 i_1$

तथा बलाघूर्ण (Torque) $\quad T \propto F$
$$\propto F_1 - F_2$$
$$\propto \phi_1 i_2 - \phi_2 i_1$$
$$\propto \phi_{1max}\sin(\omega t+\alpha)\,\phi_{2max}\cos\omega t - \phi_{2max}\sin\omega t.\phi_{2max}\cos(\omega t+\alpha)$$
$$\propto \phi_{1max}\phi_{2max}\{\sin(\omega t+\alpha)\cos\omega t - \sin\omega t\cos(\omega t+\alpha)\}$$
$$\propto \phi_{1max}\phi_{2max}\sin\alpha$$

अतः α के 90° होने पर बलाघूर्ण (Torque) का मान अधिकतम होगा। बलाघूर्ण का मान दोनों फ्लक्सों के गुणनफल के सामानुपाती तथा दिशा, अग्रगामी (Leading) फ्लक्स पर आधारित होती है।

एकल कला धारा (Single Phase Current) से लगभग 90° कलान्तर पर दो चुम्बकीय फ्लक्स प्राप्त करने की निम्नवत् विधियों का उपयोग किया जाता है—

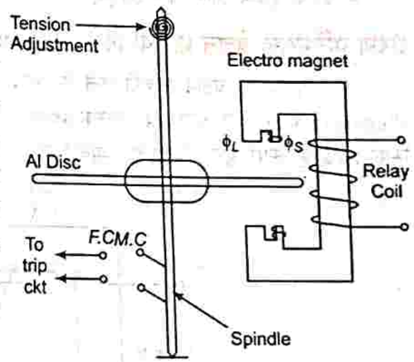
(1) Shaded pole structure

(2) Watt-hour meter or double winding structure

(3) Induction cup structure

(1) आच्छादित ध्रुव संरचना प्रारूपी रिले (Shaded Pole Structure Type Relay)

चुम्बकीय ध्रुव के पार्श्व (Side) के एक झिर्री (Slit) काटकर ध्रुव के उस भाग को एक चालक वलय (Conducting Ring) के द्वारा आच्छादित (Shaded) कर दिया जाता है। ध्रुव के आच्छादित भाग में उत्पन्न फ्लक्स ϕ_S, ध्रुव के दूसरे भाग में उत्पन्न फ्लक्स ϕ_L से लगभग 90° पश्चगामी (Lagging) होता है, क्योंकि चालक वलय (Conducting ring) में धारा प्रवाह वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण (Electromagnetic induction) के कारण होता है। इन दोनों फ्लक्सों के कारण डिस्क के ऊपर एक बलाघूर्ण लगता है जिसके कारण डिस्क घूमने लगती है।



चित्र 5.6

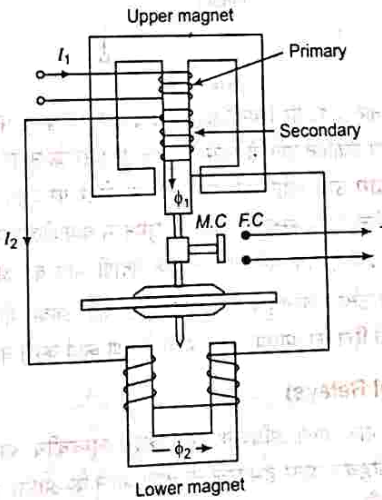
$$T \propto \phi_s \phi_L \sin\alpha$$

Since $\quad \phi_s \propto \phi_L \propto I$

So $\quad \boxed{T \propto I^2 \sin\alpha}$

This shows that driving torque is proportional to the square of current in the relay coil.

(2) Watt-hour meter or double winding structure—इस रिले की संरचना वॉट-आवर मीटर (Watt-hour meter) की तरह होती है। चित्र में इस रिले की संरचना को दिखाया गया है। इस रिले में दो वैद्युत-चुम्बक होते हैं तथा इन दोनों वैद्युत-चुम्बक के बीच में एक ऐल्यूमिनियम की डिस्क धुरी (Spindle) के साथ कीलित (Pivoted) होती है।

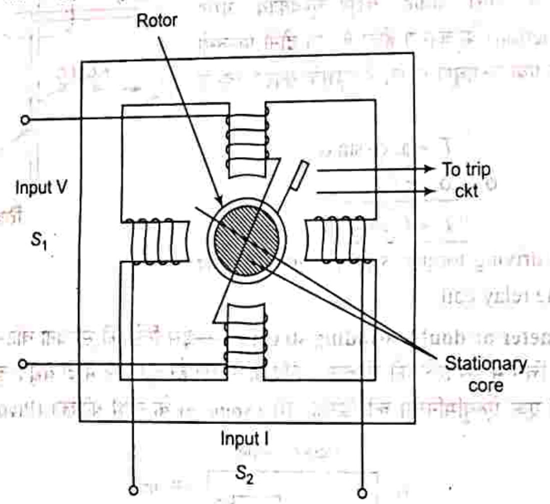


चित्र 5.7

ऊपरी वैद्युत चुम्बक पर दो कुण्डलियाँ होती हैं— प्राथमिक कुण्डली तथा द्वितीयक कुण्डली। प्राथमिक कुण्डली के अन्दर रिले की धारा I_1 प्रवाहित होती है तथा द्वितीयक कुण्डली अधो वैद्युत-चुम्बक (Lower electromagnet) की कुण्डली से संयोजित रहती है। प्राथमिक कुण्डली में धारा I_1 के प्रवाह से द्वितीयक कुण्डलन में वि० वा० बल e_2 प्रेरित (induced) होता है जो I_1 से उत्पन्न फ्लक्स ϕ_1 से 90° पश्चगामी होता है। द्वितीयक कुण्डली के अपने प्रतिरोध एव निम्न प्रेरकत्व के कारण धारा I_2 वि० का० बल e_2 से कुछ पश्चगामी होती है इसलिये धारा I_2 से अधो चुम्बक में उत्पन्न फ्लक्स ϕ_2 भी फ्लक्स ϕ_1 से कुछ अधिक पश्चगामी होता है या α कोण से पश्चगामी है। अतः दोनों फ्लक्सों ϕ_1 तथा ϕ_2 जो कि α कोण के फेज अन्तर पर हैं, के कारण लगने वाला बल आघूर्ण $T \propto \phi_1 \phi_2 \sin\alpha$ के बराबर होगा।

प्रेरण परिभ्रमक बेलन प्रारूपी रिले (Induction Cup Structure Type Relay)

प्रेरण परिभ्रमक बेलन प्रारूपी रिले के केन्द्र में मृदु लौह क्रोड (Soft iron core) स्थित रहती है। इस स्थिर क्रोड (Stationary Core) के ऊपर एक चालक पदार्थ से बना खोखला बेलनाकार परिभ्रमक (Hollow Cylinder Rotor) जो इस स्थिर क्रोड के ऊपर घूम सकता हो, व्यवस्थित होता है।



चित्र 5.8

कुण्डली के दो जोड़ों द्वारा जो कि चार पोलों पर लिपटी हुई है के द्वारा घूमने वाला फ्लक्स उत्पन्न किया जाता है तथा घूमने वाले फ्लक्स के कारण रोटर के अन्दर धारा प्रवाहित होती है जिसकी वजह से रोटर के ऊपर एक बलाघूर्ण कार्य करता है। अगर ϕ_1 तथा ϕ_2 चार पोलों पर लगी कुण्डली के द्वारा उत्पन्न होने वाले फ्लक्स है तो रोटर पर कार्य करने वाला बलाघूर्ण समानुपाती होगा $\phi_1\phi_2 \sin\alpha$, के जहाँ α दोनों फ्लक्सों के बीच फेज-अन्तर है। रोटर के घूमने से कमानीदार सम्पर्क पत्ती, रिले सम्पर्कों को सम्पर्कित कर परिपथ वियोजक को परिचालित कर देती है तथा परिपथ वियोजक प्रदोषी भाग को अलग कर देता है।

प्रेरण परिभ्रमक बेलन रिले के द्वारा उत्पन्न बलाघूर्ण अन्य रिले जैसे वॉट-आवर मीटर, आच्छादित ध्रुव रिले की अपेक्षा अधिक होता है जिसके कारण इस प्रकार की रिले की अधिक स्पीड होती है तथा कार्य करने का समय 0·1 सेकेण्ड से कम होता है।

5.8 व्यावहारिक रिले (Functional Relays)

आजकल पॉवर सिस्टम में उपयोग होने वाली अधिकांश रिले वैद्युत-चुम्बकीय आकर्षण या वैद्युत-चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धान्त पर कार्य करती हैं। सिद्धान्त को छोड़कर अगर हम रिले के कार्य करने के आधार पर बात करें तो व्यावहारिक रिले को अग्र भागों में विभाजित किया जा सकता है—

(1) Induction type overcurrent relays

(2) Induction type reverse power relays

(3) Distance relays

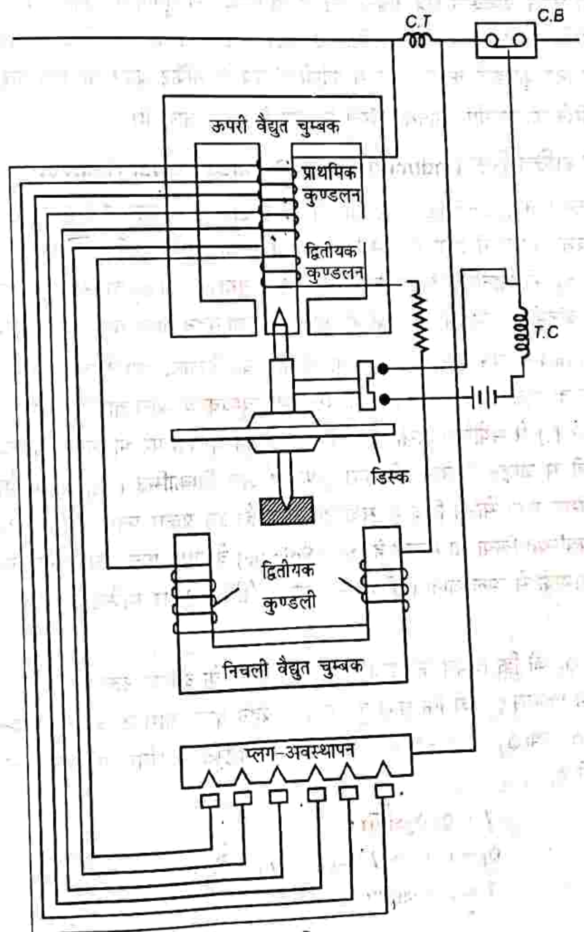
(4) Differential relays

(5) Translay scheme

प्रेरण प्रारूपी अदिशात्मक अतिधारा रिले (Induction type Non-directional Overcurrent Relays)

इस प्रकार की रिले प्रेरण के सिद्धान्त पर कार्य करती है तथा परिपथ में धारा का मान जब अधिक हो जाता है तो रिले circuit को ब्रेक कर देती है। इस प्रकार की रिले में मुख्य भूमिका धारा की होती है जिसे हम धारा परिणामित्र (C. T.) के द्वारा रिले से जोड़ते हैं। इस रिले को हम केवल (A.C.) परिपथ के लिये उपयोग में लाते हैं तथा बढ़ी हुई धारा चाहे किसी भी दिशा में बहे, यह रिले अपना काम करेगी।

संरचना—चित्र में रिले के विभिन्न भागों को दिखाया गया है। इस रिले में दो विद्युत-चुम्बक, एक-दूसरे के ऊपर स्थापित रहती हैं। ऊपर वाला विद्युत चुम्बक E आकृति क्रोड का बना होता है जिसके बीच वाली भुजा पर प्राथमिक तथा



चित्र 5.9

द्वितीयक दोनों कुण्डली लिपटी रहती है। प्राथमिक कुण्डली C. T. की द्वितीयक कुण्डली से उस लाइन के साथ जुड़ी रहती है जिस लाइन का हमें रक्षण करना है। प्राथमिक कुण्डली से टैपिंग निकालकर प्लग सैटिंग के साथ जोड़कर प्राथमिक कुण्डली के कुण्डलनों की संख्या को बदलकर रिले कुंण्डली के अन्दर बहने वाली धारा को बदला जा सकता है। द्वितीयक कुण्डली को प्रेरण के द्वारा प्राथमिक कुण्डलन द्वारा ऊर्जित किया जाता है तथा लोअर चुम्बक के श्रेणीक्रम में जोड़ दिया जाता है। कन्ट्रोल बलाघूर्ण सर्पिल कमानी (Helical spring) के द्वारा उपलब्ध कराया जाता है।

धुरी (Spindle) के साथ एक ऐल्यूमिनियम की घूमने वाली चकती लगी रहती है तथा चल सम्पर्क लगा रहता है। प्रदोष होने की दशा में चल सम्पर्क (moving contact) स्थिर सम्पर्क (fixed contact) से मिलता है जिसके उपरान्त ट्रिप परिपथ ऊर्जित होकर सप्लाई को बन्द कर देता है।

सिद्धान्त—लघुपथ प्रदोष के समय जब रक्षी परिपथ में धारा का मान बढ़ जाता है तो धारा परिणामित्र (C. T.) से संयोजित रिले की प्राथमिक कुण्डलन में भी धारा का मान बढ़ जाता है। प्रेरण प्रभाव के कारण रिले की द्वितीयक कुण्डलन में अधिक विद्युत वाहक बल उत्पन्न होता है जो द्वितीयक कुण्डलन में धारा के मान को बढ़ा देता है जिसके उपरान्त E तथा U-आकृति वाली दोनों चुम्बकों से क्रमशः ϕ_1 तथा ϕ_2 फ्लक्स असमान कलाकोण पर उत्पन्न होता है। कलान्तर के कारण दोनों प्रकार के फ्लक्सों की आन्तरिक क्रिया के कारण घूर्णन चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है जो डिस्क को घुमाने का कार्य करता है तथा डिस्क निरोधन या यान्त्रिक नियन्त्रक बलाघूर्ण के विपरीत घूमने लगती है। निश्चित समय के उपरान्त चल सम्पर्क अचल सम्पर्क से मिल जाता है तथा ट्रिप परिपथ ऊर्जित होकर ट्रिप कुण्डली की सहायता से प्रदोषी परिपथ के सर्किट ब्रेकर को ट्रिप कर देता है।

अनुप्रयोग—इस रिले का उपयोग अतिधारा रिले के रूप में किया जाता है।

प्रेरण प्रारूपी विपरीत शक्ति रिले (Induction Type Reverse Power Relays)

इस प्रकार की रिले को Induction type directional power relays भी कहते हैं तथा यह रिले तब कार्य करती है जब शक्ति का प्रवाह किसी विशेष दिशा में होता है। इस रिले को इस प्रकार डिजाइन किया जाता है कि बलाघूर्ण की उत्पत्ति चुम्बकीय फ्लक्सों ϕ_1 तथा ϕ_2 की आन्तरिक क्रिया के कारण होती है तथा ϕ_1 एवं ϕ_2 वोल्टेज तथा धारा के कारण उत्पन्न होते हैं अतः इस प्रकार की रिले वॉटमीटर रूपी होती है तथा बलाघूर्ण की दिशा बहने वाली धारा की दिशा के ऊपर निर्भर करती है।

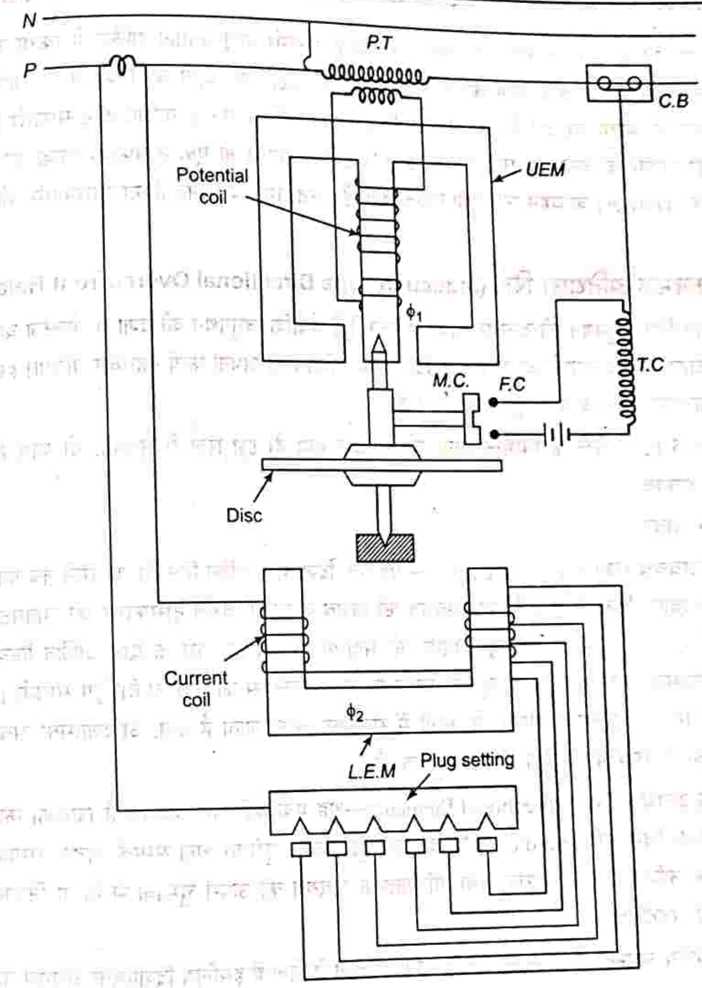
संरचना (Construction)—चित्र 5.10 में रिले के मुख्य भागों को दिखाया गया है। इसमें एक Aluminium की डिस्क होती है जो वैद्युत चुम्बक के दो पोलों के बीच घूमती है। ऊपरी वैद्युत चुम्बक के बीच वाली लिम्ब पर कुण्डली संयोजित होती है जिसे विभव परिणामित्र (P.T.) से संयोजित करते हैं। नीचे वाली वैद्युत चुम्बक पर भी अलग से एक कुण्डली होती है जिसे C.T. की द्वितीयक कुण्डली से जोड़ते हैं रिले की धारा कुण्डली अंश निष्कासित (Tapped) होती है और प्रत्येक अंश निष्कासन (Tapping) का सिरा प्लग सेटिंग ब्रिज से संयोजित रहता है। इस प्रकार प्लग स्थापन (Plug setting) द्वारा धारा कुण्डली में धारा का मान व्यवस्थित किया जा सकता है। धुरी (Spindle) के साथ एक चल सम्पर्क लगा रहता है जो रिले की प्रचालन अवस्था में अचल सम्पर्क से मिल जाता है जिसे ट्रिप परिपथ ऊर्जित होकर सर्किट ब्रेकर की सहायता से सप्लाई को बन्द कर देता है।

कार्य विधि—फ्लक्स ϕ_1 जो कि विभव कुण्डली में धारा के बहने के कारण उत्पन्न होता है सप्लाई वोल्टेज से 90° पश्चगामी (Lagging) है तथा फ्लक्स ϕ_2 जो कि धारा कुण्डली में बहने वाली धारा के कारण उत्पन्न होता है तथा धारा के समान फेस में होगा। फ्लक्स ϕ_1 तथा ϕ_2 की आन्तरिक क्रिया के कारण डिस्क में भँवर धारायें उत्पन्न होती हैं जिसके कारण एक बलाघूर्ण की उत्पत्ति होती है।

अतः $T \propto \phi_1 \phi_2 \sin\alpha$

क्योंकि $\phi_1 \propto V, \phi_2 \propto I$ तथा $\alpha = 90° - \theta$

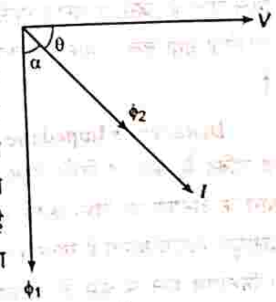
$\therefore$ $T \propto V.I.\sin(90° - \theta)$



चित्र 5.10

$\propto V.I.\cos\theta$

$\propto$ Power in the Circuit



चित्र 5.11

अतः उपरोक्त से स्पष्ट है कि बलाघूर्ण की दिशा परिपथ में बहने वाली शक्ति (Power) की दिशा पर निर्भर करती है। जब परिपथ में शक्ति (Power) की दिशा साधारण होती है तो डिस्क पर लगने वाला प्रचालन बलाघूर्ण तथा निरोधी बलाघूर्ण की दिशा एक ही होने के कारण चल सम्पर्क अचल सम्पर्क से नहीं मिल पाता परन्तु जब परिपथ में बहने वाली शक्ति (Power) की दिशा बदलती है तो प्रचालन बलाघूर्ण की दिशा बदल जाती है जिसके कारण चल सम्पर्क अचल सम्पर्क से मिलकर ट्रिप सर्किट को अर्जित करता है तथा ट्रिप सर्किट, सर्किट ब्रेकर की सहायता से प्रदोषी भाग को अलग कर देता है।

उपयोग—इस रिले का उपयोग जनरेटिंग स्टेशन पर तथा ट्रांसफॉर्मर के Parallel सर्किट में किया जाता है। जनरेटिंग स्टेशन जब कोई मशीन मोटर की तरह कार्य करती है तो शक्ति (Power) की बहने की दिशा बदल जाती है जिससे रिले प्रचालित होकर मशीन को अलग कर देती है। इसी प्रकार यदि हम लोड अधिक होने के कारण दो ट्रांसफॉर्मर लगाकर लोड को बाँटते हैं तो दोनों ट्रांसफार्मर के कनेक्शन सही होने चाहिए। यदि ऐसा नहीं है तो एक ट्रांसफार्मर लोड की तरह कार्य करने लगता है अर्थात् शक्ति (Power) के बहने की दिशा बदल जाती है। अत: रिले प्रचालित होकर ट्रांसफार्मर को अलग कर देती है।

प्रेरण प्रारूपी दिशात्मक अतिधारा रिले (Induction Type Directional Overcurrent Relay)

दिशात्मक शक्ति रिले लघुपथन की दशा में कार्य नहीं करती है क्योंकि लघुपथन की दशा में वोल्टेज का मान बहुत कम हो जाता है जिसके कारण कम बलाघूर्ण पैदा होगा तथा दिशात्मक शक्ति रिले अपना कार्य नहीं कर पायेगी। इस कमी को प्रेरण प्रारूपी दिशात्मक अतिधारा रिले के द्वारा दूर किया गया है।

संरचना—चित्र 5.12 में रिले के विभिन्न भागों को दिखाया गया है। इस रिले में मुख्यत: दो भाग होते हैं—

(1) दिशात्मक अवयव

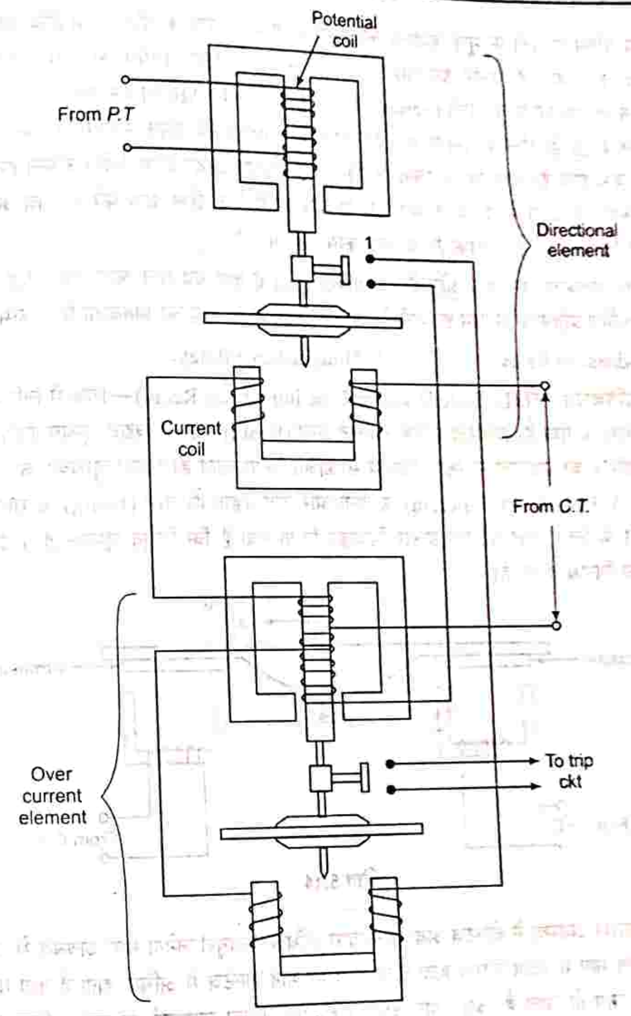
(2) अदिशात्मक अवयव।

(1) दिशात्मक अवयव (Directional Element)—यह एक दिशात्मक शक्ति रिले है। यह रिले तब कार्य करती है जब शक्ति का प्रवाह किसी विशेष दिशा में होता है। इस अवयव की विभव कुण्डली विभव ट्रांसफार्मर की सहायता से परिपथ की वोल्टेज से जुड़ी रहती है। धारा कुण्डली धारा ट्रांसफार्मर की सहायता से परिपथ धारा के द्वारा अर्जित किया जाता है। इस कुण्डली के द्वारा अदिशात्मक अवयव को ऊपरी चुम्बक पर प्राथमिक कुण्डली से जोड़ा जाता है। ट्रिप सम्पर्क 1, 2 (दिशात्मक अवयव) को अतिधारा रिले के द्वितीयक परिपथ के श्रेणी में संयोजित किया जाता है अत: अदिशात्मक अवयव को ऊर्जित करने के लिए दिशात्मक अवयव का ऊर्जित होना आवश्यक है।

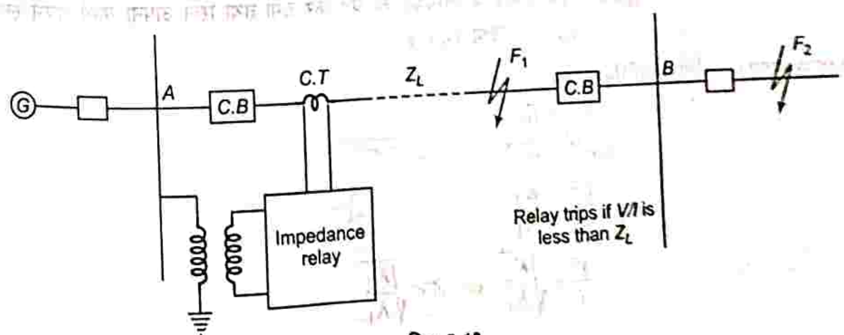
(2) अदिशात्मक अवयव (Non-directional Element)—यह एक अतिधारा अवयव है जिसका कार्य अदिशात्मक अतिधारा रिले के समान है। जिस धुरी (spindle) से डिस्क जुड़ी हुई है उसी धुरी पर चल सम्पर्क अचल सम्पर्क से जुड़ जाता है। दिशात्मक अवयव के ऊर्जित होने के उपरान्त तथा अदिशात्मक अवयव की ऊपरी चुम्बक से टेपिंग निकाली जाती है जो प्लग अवस्थापन से जुड़ी रहती है।

कार्य विधि—सामान्य अवस्था में शक्ति का प्रवाह सामान्य दिशा में होता है इसलिये दिशात्मक अवयव ऊर्जित नहीं होता है जिसके कारण अदिशात्मक अवयव भी ऊर्जित नहीं हो पाता है। जैसे ही परिपथ में लघुपथन होता है तो शक्ति के प्रवाह होने की दिशा बदल जाती है तथा दिशात्मक अवयव की डिस्क घूमने लगती है जिसके कारण चल सम्पर्क अचल सम्पर्क 1, 2 से मिल जाता है। जैसे ही चल सम्पर्क अचल सम्पर्क 1, 2 से मिलता है तो अतिधारा अवयव ऊर्जित हो जाता है तथा डिस्क घूमने लगती है तथा चल सम्पर्क अचल सम्पर्क से मिलकर ट्रिप सर्किट की सहायता से सर्किट ब्रेकर प्रदोषी भाग को अलग कर देता है।

Distance or Impedance Relays—अभी तक आप ने जो रिले पढ़ी है उन सभी रिले का प्रचालन धारा के मान पर या शक्ति के मान पर निर्भर करता है। एक प्रकार की रिले और है जिसका प्रचालन रक्षी परिपथ में लगने वाली वोल्टेज तथा धारा के अनुपात पर निर्भर करता है तथा जिन्हें दूरी अथवा प्रतिबधा रिले कहते हैं। इस प्रकार की रिले में धारा के द्वारा उत्पन्न बलाघूर्ण विरोध करता है वोल्टेज के द्वारा उत्पन्न होने वाले बलाघूर्ण का तथा रिले जब कार्य करती है तब रिले का मान पहले से निर्धारित मान से कम हो जायेगा।



चित्र 5.12



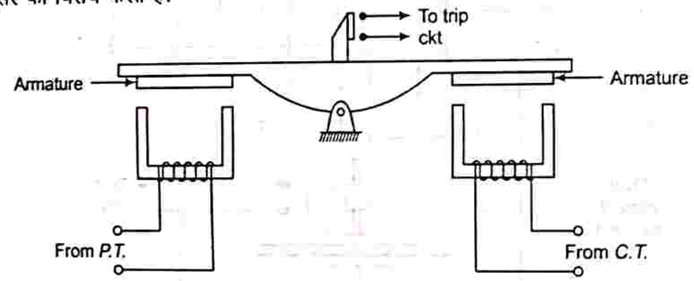
चित्र 5.13

चित्र 5.13 में प्रतिबाधा रिले के मूल सिद्धान्त को समझाया गया है। रिले के वोल्टेज अवयव को विभव परिणामित्र (P. T.) के द्वारा ऊर्जित किया जाता है जिससे हमें लाइन का रक्षण करना है। धारा अवयव को धारा परिणामित्र (C. T.) के द्वारा ऊर्जित किया जाता है जो कि लाइन के श्रेणी (Series) में लगा हुआ है। भाग AB का हमें रक्षण करना है। सामान्य अवस्था में रक्षण भाग की प्रतिबाधा Z_L है। रिले को इस तरह से डिजाइन किया गया है कि इसके सम्पर्क जब बन्द होते हैं तब रक्षण भाग की प्रतिबाधा Z_L से कम होती है। माना कि F_1 बिन्दु जो कि रक्षण भाग के अन्दर है पर प्रदोष उत्पन्न होता है। अब प्रदोष बिन्दु तथा रिले लगने के स्थान के बीच में प्रतिबाधा अगर Z_L से कम रहती है तो रिले कार्य करेगी। अब अगर प्रदोष बिन्दु F_2 है जिसकी प्रतिबाधा Z जो कि Z_L से अधिक है तो रिले कार्य नहीं करेगी।

Types: दूरी या प्रतिबाधा रिले एक ओममीटर (Ohmmeter) है तथा यह रिले कार्य तब करती है जब रक्षण भाग की प्रतिबाधा पहले से निर्धारित प्रतिबाधा से कम हो जायेगी। पॉवर सिस्टम में दो तरह की प्रतिबाधा रिले काम में लायी जाती है।

(1) Definite-distance Relay (2) Time-distance Relay

निश्चित दूरी प्रतिबाधा रिले (Definite Distance Type Impedance Relay)—चित्र में निश्चित दूरी प्रतिबाधा रिले के विभिन्न भागों को दिखाया गया है। इस रिले में एक कीलित धरन (Beam) तथा दो विद्युत चुम्बक जिन्हें धारा परिणामित्र (C. T.) तथा विभव परिणामित्र की सहायता से रक्षण परिपथ में ऊर्जित किया जाता है। विद्युत चुम्बकों के दोनों आर्मेचर यान्त्रिक रूप से धरन (Beam) के साथ आलम्ब (Fulcrum) के दोनों ओर जुड़ी रहती हैं। धरन (Beam) के साथ सम्पर्क लगे होते हैं। ट्रिप परिपथ को जोड़ने के लिये, रिले को इस प्रकार डिजाइन किया गया है कि विद्युत चुम्बक द्वारा उत्पन्न होने वाले दोनों बलाघूर्ण एक-दूसरे का विरोध करते हैं।



चित्र 5.14

कार्य विधि—साधारण अवस्था में वोल्टेज अवयव के द्वारा अधिक बलाघूर्ण लगेगा धारा अवयव से, अतः रिले के सम्पर्क खुले रहेंगे। परन्तु जब रक्षण भाग में प्रदोष उत्पन्न होता है तो धारा का मान वोल्टेज से अधिक होता है तथा वोल्टेज तथा धारा की निष्पत्ति (Ratio) का मान कम हो जाता है। अतः धारा अवयव के द्वारा उत्पन्न बलाघूर्ण का मान अधिक होने के कारण धरन (Beam) ट्रिप सर्किट की दशा में झुककर ट्रिप सर्किट के सम्पर्कों को बंद कर देगा तथा रिले अपना कार्य करने लगेगी।

$$T_0 \propto I^2 \text{ तथा } T_R \propto V^2$$

In operating condition of the relay

$$T_F < T_0$$
$$K_1V^2 < K_2I^2$$
$$\frac{V^2}{I^2} < \frac{K_2}{K_1}$$
$$\frac{V}{I} < \sqrt{\frac{K_2}{K_1}} \quad \text{or} \quad Z < \sqrt{\frac{K_2}{K_1}}$$

The value of the constants K_1 and K_2 depends upon the ampere turns of the two electromagnets.

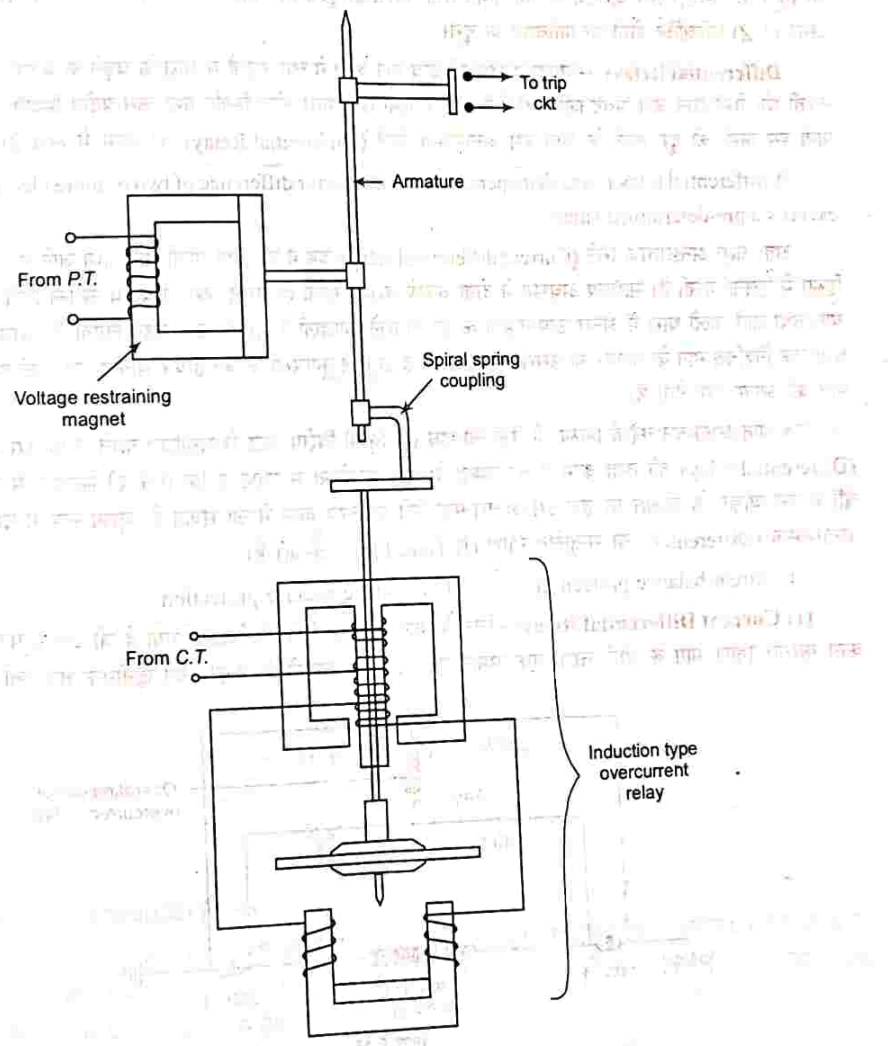
Time-Distance Impedance Relay : A time-distance relay is one which automatically adjusts its operating time according to the distance of the relay from the fault point.

Operating Time $T \propto V/I$

$\propto Z$

$\propto$ distance

संरचना—चित्र 5.15 में प्रेरण प्रारूपी समय-दूरी प्रतिबाधा रिले के विभिन्न भागों को दिखाया गया है। इस रिले में धारा चलित प्रेरण अवयव द्विक कुण्डली प्रेरण अतिधारा रिले के समान है। इस अवयव की धुरी के साथ एक डिस्क स्पाईरल स्प्रिंग



चित्र 5.15

(Spiral spring) की सहायता से एक दूसरी धुरी के साथ जुड़ी रहती है। इस दूसरी धुरी पर चल सम्पर्क लना होता है जो ट्रिप सर्किट को बन्द करने का कार्य करता है। साधारण अवस्था में चल सम्पर्क खुली अवस्था में रहता है, क्योंकि विद्युत चुम्बक के द्वारा उत्पन्न बलाघूर्ण की दिशा विपरीत होती है।

कार्य विधि—साधारण अवस्था में ऊपरी विद्युत चुम्बक के द्वारा उत्पन्न बलाघूर्ण अधिक होने के कारण चल सम्पर्क खुला हुआ रहता है। प्रदोष होने के उपरान्त प्रेरण धारा अवयव की डिस्क घूमने लगती है तथा स्पाइरल स्प्रिंग पर अधिक बलाघूर्ण लगने के कारण आर्मेचर को अपनी ओर आकर्षित करती है जिसके कारण चल सम्पर्क ट्रिप सर्किट से मिल जाता है। जिससे सर्किट ब्रेकर ऊर्जित होकर प्रदोषी भाग को अलग कर देता है। डिस्क के घूमने की स्पीड (Speed) कार्यकारी धारा के समानुपाती होती है तथा रिले का कार्य करने का समय समानुपाती होता है वोल्टेज ऊर्जित चुम्बक के विपरीत लगने वाले बलाघूर्ण के, अत: लाइन वोल्टेज के जहां हमने रिले को जोड़ा हुआ है। अत: रिले का कार्य करने का समय परिवर्तित होगा अगर (*V/Z*) परिवर्तित होगी या प्रतिबाधा या दूरी।

Differential Relays—ज्यादातर रिले जो अब तक काम में लाई गई है वे धारा के बढ़ने के कारण क्रिया (या कार्य) करती थी। ऐसी रिले कम संवेदनशील होती है क्योंकि ऐसी रिले भारी लोड स्थिति तथा कम प्रदोष स्थिति में अन्तर नहीं कर पाती इस कमी को दूर करने के लिये हम अन्तरात्मक रिले (Differential Relay) को काम में लाते हैं।

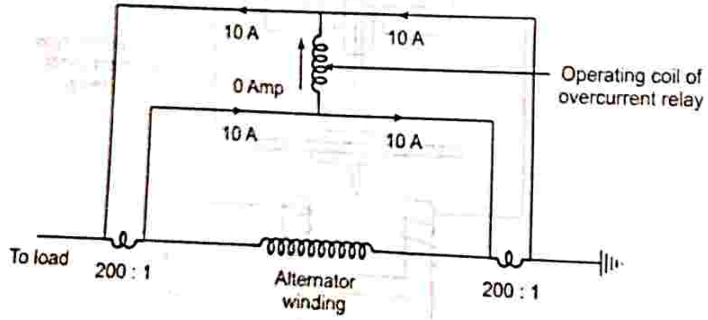
A differential relay is one that operates when the vector difference of two or more electrical quantities exceeds a pre-determined value.

अत: धारा अन्तरात्मक रिले (Current differential relay) वह है जो आने वाली धारा तथा जाने वाली धारा की किसी हिस्से में तुलना करती है। सामान्य अवस्था में दोनों धारायें बराबर रहती हैं। परन्तु जैसे ही प्रदोष उत्पन्न होती है तो आने वाली धारा तथा जाने वाली धारा में अन्तर उत्पन्न होने के कारण रिले कुण्डली के अन्दर धारा बहने लगती है। अगर यह अन्तरात्मक धारा एक निश्चित मान के बराबर या उससे अधिक होती है तो रिले कुण्डली ऊर्जित होकर सर्किट ब्रेकर की सहायता से प्रदोषी भाग को अलग कर देती है।

यह बात ध्यान देने की है किसी भी रिले को जब हम किसी विशेष तरह से संयोजित करते हैं तो उसे अन्तरात्मक रिले (Differential relay) की तरह काम में ला सकते हैं। अत: उपरोक्त से स्पष्ट है कि रिले की संरचना से फर्क नहीं पड़ता बल्कि उसे जोड़ने के आधार पर हम उसे अन्तरात्मक रिले की तरह काम में ला सकते हैं। मुख्य रूप से दो तरह की विधि अन्तरात्मक (Differential) या सन्तुलित रक्षण (Balanced Protection) हैं।

(i) Current balance protection (ii) Voltage balance protection

(I) Current Differential Relay—चित्र में एक अतिधारा रिले को दिखाया गया है जो अन्तरात्मक रिले की तरह कार्य करेगी। रक्षण भाग के दोनों तरफ एक समान दो CT's को जोड़ते हैं। CT's की द्वितीयक कुण्डली को इस प्रकार

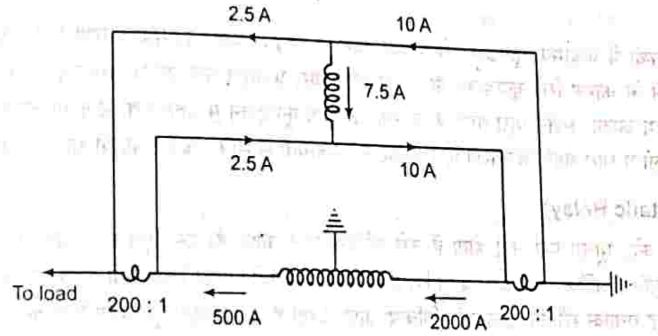


चित्र 5.16

संयोजित किया जाता है कि इनमें प्रेरित होने वाली धारा की दिशा समान हो। अतिधारा रिले की प्रचालन (Operating) कुण्डली को CT's की द्वितीयक कुण्डली में जोड़ दिया जाता है। यह अन्तरात्मक रिले दोनों तरफ की धाराओं की तुलना करती है।

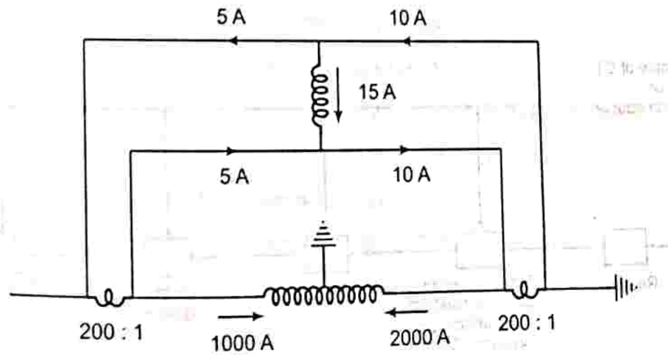
सामान्य अवस्था में माना आल्टरनेटर कुण्डली में 2000 A धारा प्रवाहित हो रही है। दोनों CT's की द्वितीयक कुण्डली में धारा का मान बराबर रहता है दोनों CT's में धारा का मान बराबर होने के कारण अन्तरात्मक रिले में कोई धारा प्रवाहित नहीं होगी।

माना कि आल्टरनेटर कुण्डली में भू-दोष होता है जैसा कि चित्र 5.17 में दिखाया गया है। इस स्थिति में CT's की द्वितीयक कुण्डली में अलग-अलग धारा प्रवाहित होने के कारण रिले की प्रचालित कुण्डली में धारा प्रवाहित होगी। माना कि आल्टरनेटर की कुण्डली से 2000 A धारा अन्दर आती है तथा 500 A धारा बाहर जाती है तो द्वितीयक धारा का अन्तर 10 – 2·5 = 7·5 A धारा रिले की कुण्डली से प्रवाहित होगी।



चित्र 5.17

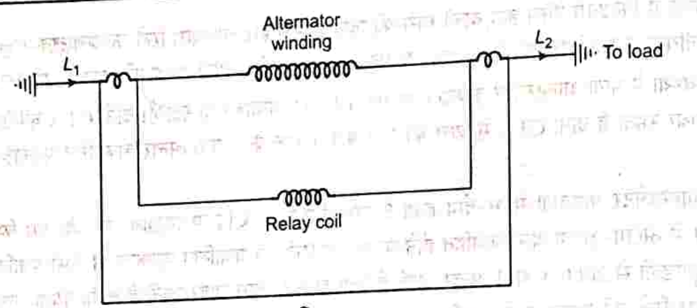
अब अगर चित्र 5.18 के अनुसार प्रदोषी धारा बहती है तो रिले की कुण्डली में बहने वाली धारा 10 + 5 = 15A



चित्र 5.18

Voltage Balance Differential Relay

चित्र में वोल्टेज सन्तुलन अन्तरात्मक रिले को दिखाया गया है। इस विधि में दोनों सिरों पर दो समान CT's को पायलट तार (Pilot wire) के द्वारा जोड़ा जाता है CT's की द्वितीयक कुण्डली को रिले कुण्डली के श्रेणीक्रम में इस प्रकार जोड़ा जाता है कि सामान्य अवस्था में प्रेरित e.m.f. विपरीत हो।



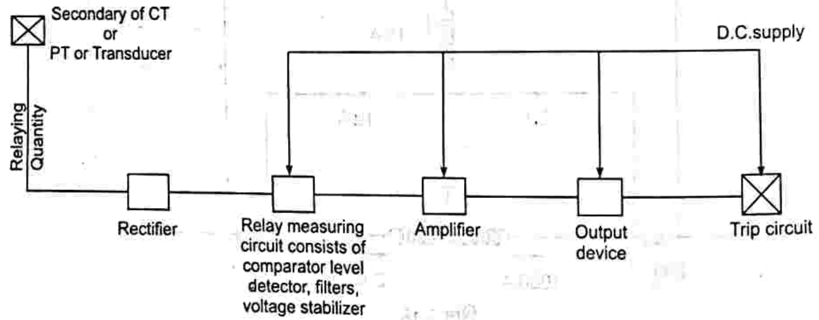
चित्र 5.19

सामान्य अवस्था में प्राथमिक कुण्डलन में बराबर धारा ($I_1 = I_2$) बहेगी जिसके कारण द्वितीयक कुण्डलन में बराबर वोल्टेज उत्पन्न होने के कारण रिले कुण्डलन के अन्दर कोई धारा प्रवाहित नहीं होगी। जब प्रदोष रक्षण क्षेत्र में होता है तो प्राथमिक कुण्डलन में अलग-अलग धारा बहने के कारण द्वितीयक कुण्डलन में उत्पन्न वोल्टेज भी अलग-अलग होगी जिसके उपरान्त रिले कुण्डली में धारा बहने के कारण ट्रिप सर्किट की सहायता से सर्किट ब्रेकर प्रदोषी भाग को अलग कर देगा।

स्थैतिक रिले (Static Relay)

जिस रिले में कोई मूविंग पार्ट नहीं होता है उसे स्टैटिक रिले कहते हैं। इस रिले में आउटपुट को स्थिर घटकों जैसे चुंबकीय तथा इलेक्ट्रानिक सर्किट आदि द्वारा प्राप्त किया जाता है। वह रिले जिसमें स्थिर तथा इलेक्ट्रोमैग्नेटिक रिले होती है उसे स्थिर रिले भी कहते हैं क्योंकि स्थैतिक इकाइयाँ प्रतिक्रिया प्राप्त करती हैं तथा विद्युत चुम्बकीय रिले का उपयोग केवल स्विचिंग आपरेशन के लिए किया जाता है।

स्थिर रिले के घटकों को नीचे दिए गए चित्र में दिखाया गया है। धारा ट्रासफार्मर का इनपुट ट्रांसमिशन लाइन से जुड़ा रहता है तथा आउटपुट को रेक्टिफायर से जोड़ा जाता है। रेक्टिफायर इस सिगनल को रेक्टिफाइड करके रिले के मेजरिंग परिपथ को देता है।



चित्र-5.20 : Block diagram of a static relay

रेक्टिफाइंग मापने वाली यूनिट में कम्पेरेटर, लेवल डिटेक्टर तथा लाजिक परिपथ होते हैं। रिलेइंग यूनिट से आउटपुट सिगनल तभी प्राप्त होता है जब वह एक मान तक पहुँच जाता है। इस प्रकार रिलेइंग यूनिट से प्राप्त सिगनल एम्पलीफायर के लिये इनपुट का कार्य करता है।

एम्पलीफायर सिगनल को एम्पलीकार्ड करके आउटपुट यूनिट को देता है। आउटपुट यूनिट ट्रिप कायल को केवल तब सक्रिय करती है जब रिले संचालित होती है। आउटपुट डिवाइस से आउटपुट तभी प्राप्त होता है जब आउटपुट पहले से परिभाषित मान के बराबर होता है। इसके उपरान्त आउटपुट डिवाइस सक्रिय होकर ट्रिप परिपथ को सिगनल देती है।

स्थैतिक रिले केवल विद्युत सिगनल पर ही क्रिया करती है। अन्य भौतिक मात्राएँ जैसे ऊष्मा, तापमान आदि को पहले एनालॉग तथा डिजिटल इलेक्ट्रिकल सिग्नल में परिवर्तित किया जाता है तथा फिर रिले के लिए इनपुट के रूप में कार्य करता है।

लाभ

1. स्थैतिक रिले में बहुत कम बिजली की खपत होती है जिसके कारण मापने वाले उपकरणों पर बोझ कम हो जाता है तथा यथार्थता बढ़ जाती है।
2. यह रिले त्वरित प्रतिक्रिया (Quick Response), ज्यादा जीवन (Long Life) उच्च विश्वसनीयता, शाकप्रूफ है।
3. रिले का रीसेट समय (Reset time) कम है।
4. इसमें थर्मल स्टोरेज की समस्या नहीं है।
5. रिले के इनपुट सिग्नल को बढ़ाने के कारण संवेदनशीलता बढ़ जाती है।
6. रिले में अवांछित ट्रिपिंग (Unwanted tripping) की संभावना कम होती है।
7. स्थैतिक रिले आसानी से भूकंप-जोन क्षेत्रों में काम कर सकती है क्योंकि ये रिले शाक (Shock) के लिए उच्च प्रतिरोध उत्पन्न करती है।

हानियाँ

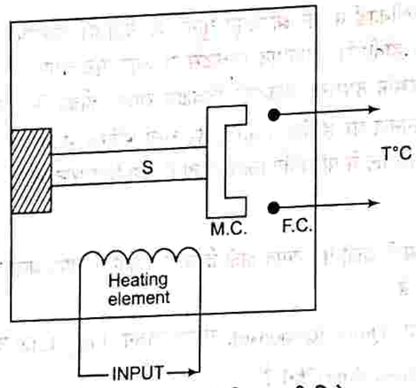
1. रिले उच्च वोल्टेज सर्ज से आसानी से प्रभावित होती हैं।
2. रिले का कार्य विद्युत घटकों पर निर्भर करता है।
3. रिले की ओवरलोडिंग क्षमता कम होती है।
4. इलेक्ट्रोमैग्नेटिक रिले की तुलना में स्थैतिक रिले अधिक महंगी है।
5. रिले की संरचना आसपास के वातावरण से प्रभावित होती है।
6. स्थैतिक रिले द्वारा उपयोग किए जाने वाले घटक इलेक्ट्रोस्टैटिक डिस्चार्ज के प्रति बहुत संवेदनशील होते हैं। इसलिए अलग से अनुरक्षण की आवश्यकता पड़ती है।

तापीय रिले अथवा ऊष्मीय रिले (Thermay Relay)

संरचना के अनुसार तापीय रिले निम्न चार प्रकार की होती है—

1. एकल धात्विक पत्ती रिले (Single Mettalic Strip Relay)
2. द्विधात्विक पत्ती रिले (Bimetallic Strip Relay)
3. ताप दूब प्रारूपी रिले (Heat Sink type Relay)
4. यूटेक्टिक मिश्रधातु ओवरलोड रिले (Eutectic Alloy Overload Relay)

प्रथम तथा द्वितीय प्रकार के रिले क्रमशः एक धातु वाली पत्ती तथा दो धातु की जुड़ी हुई पत्तियों को एक तापीय अवयव (Heating element) द्वारा गर्म किया जाता है जबकि तृतीय प्रकार के ताप डूब प्रारूपी रिले में पत्ती को प्रचालन धारा द्वारा गर्म किये तेल में डुबोया जाता है। यूटेक्टिक मिश्रधातु ओवलोड रिले एक प्रकार की तापीय रिले है। जब किसी परिपथ में लघुपथ प्रदोष होता है तो यूटेक्टिक मिश्रधातु ओवरलोड रिले कार्य करती है तथा मोटर को जलने से बचाती है। चित्र 5.21 में एक सामान्य एकल धात्विक पत्ती वाले तापीय रिले को प्रदर्शित किया गया है। इसमें एक सादी पत्ती S होती है जिसमें एक चल



चित्र 5.21 : एकल धात्विक पत्ती रिले

सम्पर्क M.C. लगा होता है जो रिले की प्रचालन स्थिति में ट्रिप परिपथ के अचल सम्पर्कों (F.C.) को पुलित करता है इसके अलावा इसमें एक तापन अवयव (Hating filament) होता है जिसे मुख्य रक्षी परिपथ की लाइन करैन्ट सप्लाई, प्रत्यक्ष अथवा अप्रत्यक्ष रूप में प्रदान करती है।

असामान्य स्थिति में तापन तन्तु (Heating filament) उच्च धारा पर धात्विक पत्ती को गर्म करता है और धात्विक पत्ती फैलकर सम्पर्कों को बन्द कर देती है। इसका प्रयोग प्राय: मोटरों के अति भार रक्षण (Overload protection) की तरह होता है।

अभ्यास

1. What is a protective relay? Explain its functions in an electrical system.
2. प्रतिबाधा रिले के कार्य सिद्धान्त का वर्णन कीजिए। इसकी कार्यविधि को भी स्पष्ट कीजिए। *(BTE 2006)*
3. पारम्परिक एवं स्थैतिक रिले में अन्तर स्पष्ट कीजिए। दूरी रिले को भी समझाइये। *(BTE 2012)*
4. स्थैतिक रिले क्या है? इसके गुण व दोषों का वर्णन कीजिए। *(BTE 2013)*
5. Discuss the fundamental requirements of protective relaying.
6. अभिनत अन्तरायी रिले की कार्य-प्रणाली की व्याख्या कीजिए एवं इसके अनुप्रयोग भी बताइये। *(BTE 2006)*
7. Derive the equation for torque developed in an induction relay.
8. एक अच्छी सुरक्षा प्रणाली के आवश्यक अभिलक्षण क्या हैं? प्रतिशत अन्तर रिले की कार्य प्रणाली का वर्णन कीजिए। *(BTE 2007)*
9. Explain the working of electromagnetic relay.
10. दिशात्मक एवं अदिशात्मक अतिधारा रिलेज से क्या अभिप्राय है? *(BTE 2007)*
11. प्रेरण प्रकारी अधि-धारा रिले का स्वच्छ चित्र बनाकर इसकी प्रचालन विधि की व्याख्या कीजिए। *(BTE 2008)*
12. निम्नलिखित पर संक्षेप में टिप्पणी लिखिये—
    (i) थर्मल टाइप रिले (ii) इण्डक्शन रिले
    (iii) डिस्टैंस रिले (iv) रिवर्स पॉवर रिले
    (v) ओवर-करेन्ट रिले (vi) नॉन-डाइरेक्शनल ओवर-करेन्ट रिले

13. स्थैतिक रिले के प्रचालन सिद्धान्तों की व्याख्या कीजिए तथा विद्युत यान्त्रिक रिलों की तुलना में इनका लाभ बताइये। *(BTE 2008)*
14. दिशा-युक्त अतिधारा के प्रचालन सिद्धान्त लाक्षणिकों तथा अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। *(BTE 2009)*
15. निम्नलिखित रिले को चित्र की सहायता से संरचना तथा कार्य सिद्धान्त को समझाइये—
    (i) Non-directional induction type over-current relay
    (ii) Induction type directional power relay
    (iii) Induction type directional over-current relay
16. स्थैतिक रिलों का सिद्धान्त बताइये। *(BTE 2010)*
17. Over-current Relay की संरचना, कार्यप्रणाली व उपयोग की विवेचना कीजिए। *(BTE 2011)*
18. Explain the working principle of distance relays. *(BTE 2014)*
19. अतिधारा रिले व प्रतिबाधा रिले में अन्तर बताइये। *(BTE 2014)*
20. अवकलन रिले से क्या तात्पर्य है? धारा प्रारूपी अवकलन रिले की आरेख द्वारा कार्य-विधि का वर्णन कीजिए। *(BTE 201)*
21. Write a detailed note on differential relays.
22. रिले की क्यों आवश्यकता होती है? रिले के वांछित गुणों की व्याख्या कीजिए। *(BTE 2011)*
23. एक रक्षक प्रणाली के लक्ष्य व उद्देश्य बताइये।
24. Write short notes on the following :
    (i) Percentage differential relays (ii) Definite distance relays
    (iii) Time-distance relays
25. ताप रिले क्या होती है? इनके उपयोगों की व्याख्या कीजिए। *(BTE 2011)*
26. प्रतिशत अन्तर रिले के अभिलक्षण एवं इसके अनुप्रयोगों की विवेचना कीजिए। *(BTE 2012)*
27. अतिधारा रिले तथा प्रतिबाधा रिले में अन्तर स्पष्ट कीजिए। *(BTE 2015)*
28. प्रोटेक्टिव रिले के कार्य-सिद्धान्त समझाइये। प्राथमिक बचाव और द्वितीयक बचाव से क्या समझते हैं? *(BTE 2017)*
29. सालिड स्टेट रिले पर इलेक्ट्रोमेगनेटिक रिले का क्या फायदा है? *(BTE 2017)*
30. निम्न की व्याख्या कीजिए— *(BTE 2015)*
    (i) प्राथमिक रिले (ii) बैक-अप रिले (iii) दूरी रिले (iv) स्थैतिक रिले
31. एक सुरक्षा प्रणाली में प्रयुक्त पथ वियोजक के मुख्य गुणों (characteristics) का वर्णन कीजिए। *(BTE 2016)*
32. दूरी रक्षण रिले की कार्य प्रणाली सिद्धान्त का वर्णन कीजिए। *(BTE 2016)*
33. Write short notes : (i) Primary and back-up relay *(BTE 2016)*

Fill in the blanks

1. Back-up protection functions when ....
2. Induction relays .... be used with d.c. quantities.
3. The minimum relay coil current at which the relay operates is called ....
4. The relay operating coil is supplied through ....
5. A relay performs the functions of ....

Answers : 1. Primary protection fails, **2.** Cannot, **3.** Pick up value, **4.** Instrument transformer, **5.** Fault detection.

6 प्रोटेक्शन ऑफ अल्टरनेटर्स, ट्रांसफार्मर्स एण्ड मोटर्स (Protection of Alternators, Transformers and Motors)

वैद्युत प्रणाली आज के समय में और आधुनिक होता जा रहा है। आज के इस वैद्युत-प्रणाली में विभिन्न प्रकार के यन्त्रों एवं उपयन्त्रों का प्रयोग किया जा रहा है। जैसे—अल्टरनेटर, ट्रान्सफॉर्मर, स्टेशन बस-बार, ट्रांसमिशन लाइन इत्यादि। इन सब आधुनिकता को देखते हुए यह आवश्यक हो गया है कि इन उपयन्त्रों की रक्षा भी की जाये। इस अध्याय के अन्तर्गत हम मुख्यत: अल्टरनेटर के रक्षण प्रणालियों के बारे में चर्चा करेंगे।

अल्टरनेटर के अन्तर्गत मुख्य रूप से स्टेटर वाइंडिंग दोष (Stator winding fault) है जिसके होने से हमारी मशीन में गम्भीर समस्या आ सकती है। साधारणत: अल्टरनेटर की रक्षा के लिए भिन्नक रिले स्कीम का प्रयोग करना अधिक सुविधाजनक व विश्वसनीय होता है।

6.1 अल्टरनेटर की सुरक्षा

उच्च वोल्टता के जनन केन्द्र पर लगने वाले उपयन्त्र इतने महंगे होते हैं कि उन उपयन्त्रों के एक-एक भाग की लागत अन्य छोटे उपयन्त्रों की अपेक्षा बहुत अधिक होती हैं। अत: यह नितान्त आवश्यक हो गया है कि इन उपयन्त्रों में होने वाले प्रदोषों से रक्षा किया जाये।

अल्टरनेटर में होने वाले कुछ प्रमुख दोष निम्न हैं—

(i) मूल चालक का भंग होना (Failure of Prime-mover)
(ii) उत्तेजन क्षेत्र का भंग होना (Failure of field)
(iii) अतिवोल्टता (Over Voltage)
(iv) अतिधारा (Over Current)
(v) असन्तुलित भारन (Unbalanced Loading)
(vi) अतिचालन (Over speed)
(vii) स्टेटर कुण्डली दोष (Stator Winding Fault)

(i) मूल चालक का भंग होना (Failure of Prime-mover)—जब प्रथम चालक भंग हो जाता है तो अल्टरनेटर एक सिन्क्रोनस मोटर (Synchronous Motor) की भाँति कार्य करने लगता है, जिसके कारण वह सप्लाई को धारा देने की बजाय सप्लाई से धारा लेना प्रारम्भ कर देती है। इस मोटरिंग अवस्था को 'Inverted Running' के नाम से जाना जाता है।

(a) टरबो अल्टरनेटर सैट में Steam Supply के भंग होने के कारण Inverted Running अवस्था आ सकती है। यदि टरबो अल्टरनेटर को भाप मिलता रहेगा तो वह लोड को उठाता रहेगा परन्तु जैसे ही भाप मिलना बन्द हो जायेगा तो अल्टरनेटर स्वत: ही कन्ट्रोल पैनल से सप्लाई कट जायेगी और इस तरह अल्टरनेटर को Automatic protection मिलता रहेगा।

(b) हाइड्रो-जनित्र के केस में Inverting अवस्था से छुटकारा पाने के लिए एक यान्त्रिक युक्ति को वॉटर व्हील के साथ लगा दिया जाता है। यदि हाइड्रो जनित्र को पानी ठीक मात्रा में नहीं मिलता जिससे कि वह Output को सन्तुलित रख सके तो स्वयं ही प्रणाली से वैद्युतीय रूप में अलग हो जाता है। अत: इसके रक्षण के लिए किसी वैद्युत युक्ति की आवश्यकता नहीं पड़ती है।

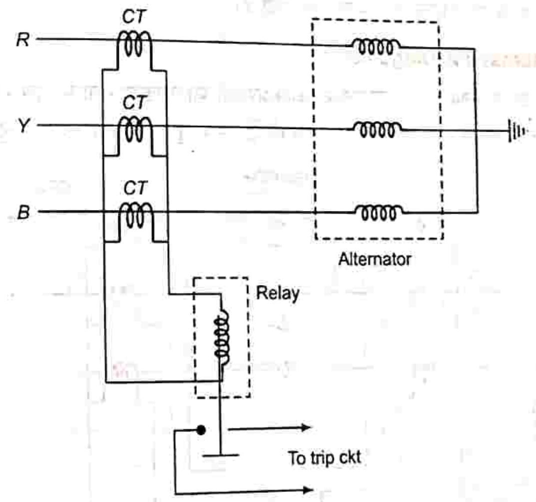
(ii) उत्तेजन क्षेत्र का भंग होना (Failure of Field)—क्षेत्र का भंग होना बहुत ही कम होता है। हालाँकि यह प्रदोष अल्टरनेटर में होते हैं। यदि थोड़े समय के लिए यह प्रदोष हमारे मोटर में उत्पन्न होता है तो इससे कोई नुकसान नहीं होता। अत: इस प्रदोष के उत्पन्न होने पर अल्टरनेटर को बन्द कर दिया जाता है। इसके लिए कोई Automatic Control System नहीं होता है।

(iii) अतिवोल्टता (Over-voltage)—आजकल के आधुनिक अल्टरनेटरों का डिजाइन इस प्रकार किया जाता है कि साधारण गति पर अतिवोल्टता की अवस्था नहीं आ सकती फिर भी अल्टरनेटर में भार के अचानक घटने से अति वोल्टता की अवस्था आ जाती है।

(iv) अतिधारा (Over current)—यह कुण्डलन के आंशिक रूप से आपस में शार्ट हो जाने अथवा अतिभार की अवस्था में होने के कारण होता है। अल्टरनेटर की अतिधारा रक्षण करना अनावश्यक होता है। इसके मुख्य कारण निम्न हैं—

आजकल के अल्टरनेटरों का डिजाइन बहुत उच्च आन्तरिक प्रतिबाधा के लिए किया जाता है। अत: ये कुछ समय तक बिना किसी नुकसान के अतिधारा को सहन कर सकते हैं। इस अवस्था में अल्टनेटर को Manually सप्लाई से Disconnect किया जा सकता है।

(v) असन्तुलित भार (Unbalanced Loading)—असन्तुलित भार का मतलब यह होता है कि अल्टरनेटर के तीनों फेजों में धारा का मान भिन्न-भिन्न होना। असन्तुलित भार की अवस्था भू-प्रदोष अथवा फेज-फेज प्रदोष के उत्पन्न होने से होता है। असन्तुलित भार के कारण रोटर क्रोड अथवा क्षेत्र कुण्डलन खराब हो सकता है। चित्र में एक योजना चित्र दिखाया गया है जिसके द्वारा अल्टरनेटर की असन्तुलित भार से रक्षा किया जाता है।



चित्र 6.1

उपरोक्त चित्र में तीनों लाइनों (R, Y, B) में तीन धारा परिणामित्र लगे हुए हैं जिनके द्वितीयक कुण्डली समान्तर क्रम में जुड़े हुए है। एक रिले को Transformer के समान्तर क्रम में जोड़ा गया है।

सामान्य प्रचालन अवस्था में अल्टरनेटर के तीनों फेजों में समान धारा प्रवाहित होती है और इनका बीजगणीतीय योग शून्य होता है जिसके कारण धारा परिणामित्र के द्वितीयक में प्रवाहित होने वाली धारा भी शून्य होती है और रिले के प्रचालन कुण्डली में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है। परन्तु असन्तुलित भार की अवस्था में तीनों फेज में धारा का मान समान नहीं होता जिसके कारण परिणामी धारा रिले के प्रचालन कुण्डली में प्रवाहित होती है और रिले परिपथ वियोजक को ट्रिप कर देती है जिसके कारण अल्टरनेटर प्रणाली से अलग हो जाता है।

(vi) अतिचालन (Over-speed)—अतिचालन का मुख्य कारण लोड (भार) का अचानक कम होना है। आजकल के आधुनिक अल्टरनेटरों के साथ उनके शाफ्ट पर एक यान्त्रिक युक्ति लगा होता है। अतिचालन की स्थिति में मेन वाल्व को ट्रिप कर देता है जिससे अल्टरनेटर बन्द हो जाता है।

(vii) स्टेटर कुण्डली दोष (Stator Winding Fault)—यह प्रदोष कुण्डली का विद्युतरोधन खराब हो जाने के कारण उत्पन्न होते हैं। इनमें निम्न प्रदोष उत्पन्न होते हैं—

1. भू और फेज के मध्य प्रदोष।
2. फेज के मध्य प्रदोष।
3. एक ही कुण्डलन में अन्तःवर्तन दोष।

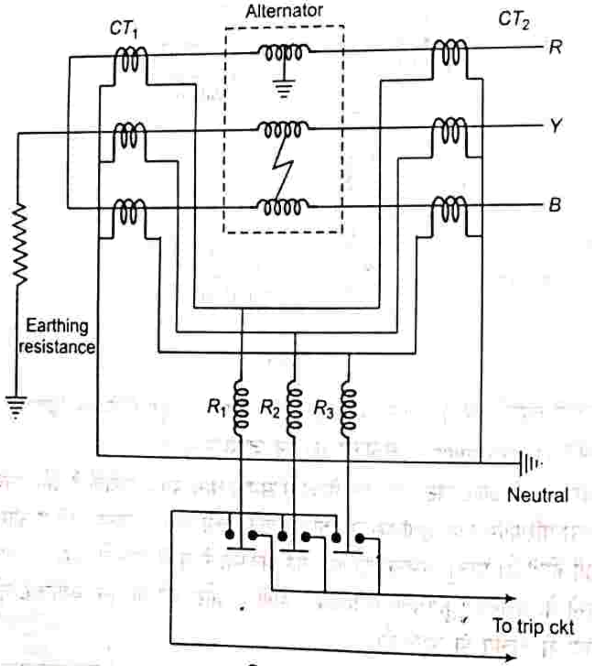
स्टेटर कुण्डलन दोष प्रत्यावर्तकों के लिए अत्यन्त खतरनाक होता है। अतः इस प्रकार के प्रदोष से सुरक्षा के लिए Automatic Protection अत्यन्त आवश्यक है। इस प्रकार के प्रदोष में भिन्नक रक्षण प्रणाली का प्रयोग किया जाता है।

6.2 अल्टरनेटर के अन्तरात्मक या विभेदी रक्षण (Differential Protection of an Alternator)

इस प्रकार के रक्षण प्रणाली में इस सिद्धान्त का प्रयोग किया जाता है कि सामान्य अवस्था में दोनों सिरों पर धारा का मान समान होता है जिसके कारण रिले के प्रचालन कुण्डली में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है। परन्तु प्रदोषी अवस्था में दोनों सिरों पर धारा का मान समान नहीं होता जिसके कारण रिले के प्रचालन कुण्डली में दोनों धाराओं का अन्तर प्रवाहित होता है और रिले प्रचालित होकर प्रणाली से प्रत्यावर्तक को अलग कर देती है।

योजना व्यवस्था (Schematic Arrangement)

नीचे चित्र में अल्टरनेटर के लिए धारा अन्तरात्मक रक्षण प्रणाली को दिखाया गया है। इस रक्षण प्रणाली में प्रत्येक फेज के दोनों सिरों पर धारा परिंणामित्र को लगाया गया है जिसकी द्वितीयक कुण्डली को स्टार में कुण्डलित किया गया है।

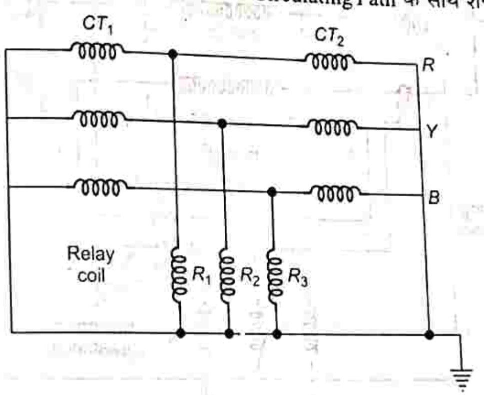


चित्र 6.2

रिले की कुण्डली स्टार में संयोजित होती है। न्यूट्रल बिन्दु धारा परिणामित्र से संयोजित होता है। कॉमन न्यूट्रल और बाहरी सिरे के साथ तीन पाइलेट तार संयोजित होते हैं। तीनों रिले को पाइलेट तार के मध्य बिन्दु पर संयोजित किया जाता है। ये तीनों रिले इलेक्ट्रोमैग्नेट टाइप के होते हैं और ये Instantaneous action के लिए व्यवस्थित होते हैं जिसके कारण यह प्रदोष शीघ्रता से पता चलता है।

प्रचालन (Operation)

नीचे दिखाये गये चित्र से यह स्पष्ट होता है कि रिले प्रत्येक Circulating Path के साथ शन्ट में संयोजित होती है।



चित्र 6.3

सामान्य अवस्था में दोनों ओर की धारा समान होती है जिसके कारण दोनों तरफ के धारा परिणामित्रों के द्वितीयक में प्रवाहित होने वाली धारा समान होगी जिसके कारण पाइलेट तार में सन्तुलित धारा प्रवाहित होती है और रिले के प्रचालन कुण्डली में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है। जब कोई भू प्रदोष अथवा Phase to Phase प्रदोष उत्पन्न होता है तो इस अवस्था में रिले की प्रचालन कुण्डली में धारा प्रवाहित होती है और रिले प्रचालित हो जाती है और परिपथ वियोजक को ट्रिप कर देती है।

(a) माना कि विद्युतरोधन के नष्ट हो जाने से R फेज में भू-प्रदोष उत्पन्न हो जाता है। इस अवस्था में प्रभावित फेज से धारा क्रोड फ्रेम से होते हुए भू की ओर प्रवाहित होगी और परिपथ न्यूट्रल अर्थिंग प्रतिरोध से पूरा होगा। R फेज में लगे दोनों CT's के द्वितीयक में धारा का मान असमान होगा जिसके कारण इससे सम्बन्धित रिले में धारा प्रवाहित होगी और रिले प्रचालित होकर परिपथ वियोजक को ट्रिप कर देती है।

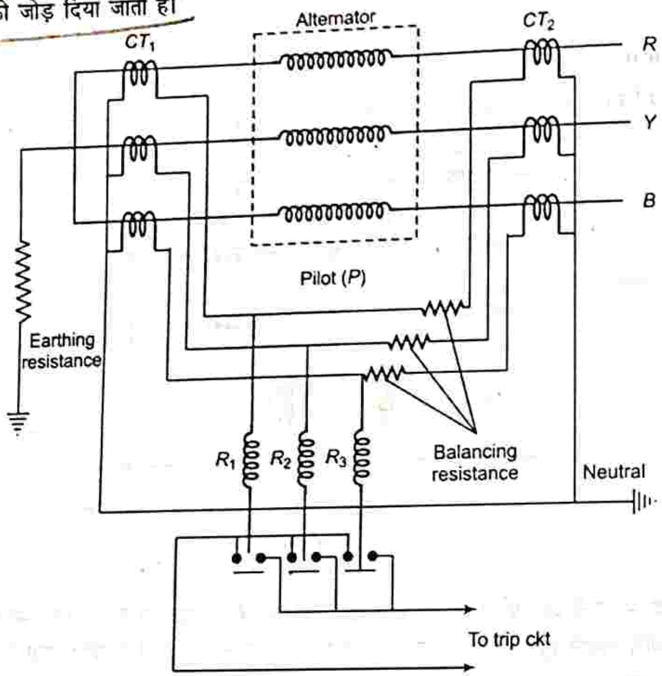
(b) माना कि फेज Y और B के मध्य लघुपथित प्रदोष उत्पन्न हो जाता है।

लघुपथित धारा न्यूट्रल बिन्दु के सिरों से दोनों कुण्डलनों में प्रवाहित होता है। दोनों CT's के द्वितीयक कुण्डली में असन्तुलित धारा प्रवाहित होती है और रिले की कुण्डली में इन असन्तुलित धारा का अन्तर प्रवाह होता है जिसके कारण रिले प्रचालित होकर परिपथ वियोजक को ट्रिप कर देती है।

इस प्रणाली में रिले इस प्रकार व्यवस्थित किया जाता है कि इसकी प्रचालन अवस्था में—

1. बस-बार से अल्टनेटर का परिपथ वियोजक द्वारा सम्पर्क काट दिया जाता है।
2. Alternator के Field ckt को Open कर दिया जाता है।

प्रायः लम्बे पाइलेट तार के होने के कारण पाइलेट तार के मध्य बिन्दु का पता लगाना मुश्किल होता है। सही मध्य बिन्दु के पता न चल पाने के कारण रिले सही प्रकार से कार्य नहीं करती है अतः इस समस्या को दूर करने के लिए पाइलेट तार में बैलेन्सिंग प्रतिरोध को जोड़ दिया जाता है।



चित्र 6.4

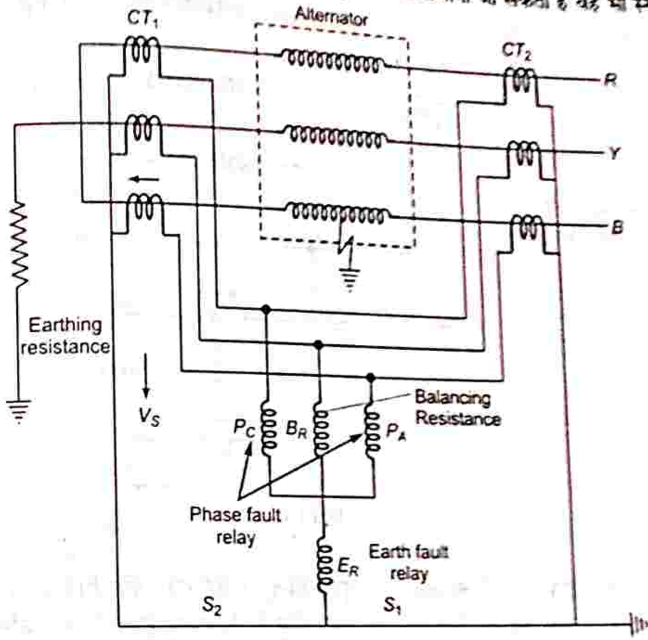
इस प्रकार से Balancing Resistance का प्रयोग कर किसी भी बिन्दु पर रिले को लगाकर उसे समायोजित किया जा सकता है।

परिसीमाएँ (Limitations)

अल्टरनेटर के रक्षण के दो चित्रों को पहले दिखाया जा चुका है। इनकी अपनी कुछ सीमाएँ हैं—इस रक्षण प्रणाली में प्रयुक्त अर्थिंग प्रतिरोध भू-प्रदोष धारा को सीमित करने के लिए लगाया गया है। कुछ अवस्थाओं में स्टार संयोजित प्रत्यावर्तकों के पूरे स्टेटर कुण्डलन को भू प्रदोष से रक्षण करना नामुमकिन हो जाता है। जब न्यूट्रल बिन्दु के पास भू प्रदोष उत्पन्न होता है तो लघुपथित भाग के मध्य असन्तुष्ट वोल्टता होती है और प्रदोषी परिपथ में रिले को प्रचालित करने के लिए आवश्यक धारा प्रवाहित होती रहती है। Unprotected Zone का परिमाण Earthing Resistance और रिले की Setting पर निर्भर करता है।

6.3 अन्तरात्मक रक्षण का सुधरा रूप (Modified Differential Protection)

यदि स्टार संयोजित प्रत्यावर्तक के न्यूट्रल बिन्दु को एक उच्च प्रतिरोध के द्वारा जोड़कर भू से संयोजित कर दिया जाता है तो इस प्रकार के संयोजन प्रणाली में भू-प्रदोष की अवस्था में रिले अधिक संवेदनशील नहीं होती है। यह इस कारण से होता है क्योंकि उच्च अर्थिंग प्रतिरोध भू प्रदोष धारा को कम कर देता है अतः रक्षण के लिए यह आवश्यक है कि रिले को कम धारा के लिए समायोजित किया जाये। परन्तु इतनी कम धारा के लिए रिले को समायोजित करना उच्च फेज प्रदोष की स्थायित्व व विश्वसनीयता के लिए अच्छा नहीं होगा। इन समस्याओं को दूर करने के लिए अन्तरीय रक्षण प्रणाली का सुधरा रूप दिखाया गया है। अन्तरीय रक्षण प्रणाली के सुधरे रूप द्वारा प्रत्यावर्तक को भू प्रदोष से बचाया जा सकता है यह भी स्थायित्व के घटाये बिना।



चित्र 6.5

अन्तरीय रक्षण प्रणाली का सुधरा रूप ऊपर चित्र में दिखाया गया है। इसमें केवल रिले के संयोजन को बदला गया है। इसमें दो रिले (PC & PA) Phase Fault Relay है तथा एक रिले E_R है। Earth Fault Relay है। B_R एक Balancing Resistance है।

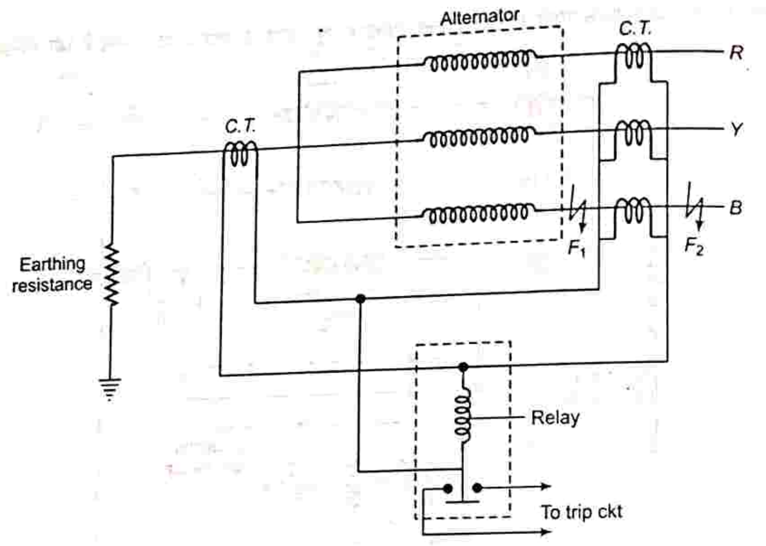
प्रचालन (Operation)

यदि किसी भी फेज में भू प्रदोष उत्पन्न होता है तो CT's के द्वितीयक कुण्डली में धारा का मान असमान होगा जिसके कारण धारा भू प्रदोष रिले से पाइलेट तार S_1 या S_2 द्वारा धारा परिणामित्र के न्यूट्रल बिन्दु से प्रवाहित होगी। इस अवस्था में केवल भू प्रदोष रिले ही प्रचालित होगी।

यदि किन्हीं दो फेजों के मध्य लघुपथित प्रदोष उत्पन्न होता है तो असन्तुलित धारा उन दो फेजों में लगे धारा परिणामित्र के द्वितीयक में प्रवाहित होते हुए किन्हीं दो कुण्डलियों P_A, B_R, P_C (इन तीनों में दो का निर्धारण प्रदोष के द्वारा होगा) से प्रवाहित होगी। इस अवस्था में भू प्रदोष रिले E_R में कोई धारा प्रवाह नही होगी। इस तरीके से Phase to Phase प्रदोष में केवल फेज प्रदोष रिले ही प्रचालित होगी।

6.4 सन्तुलित भू-प्रदोष रक्षण (Balanced Earth Fault Protection)

छोटे आकार के प्रत्यावर्तकों में तीन फेजों के कुण्डलन का न्यूट्रल बिन्दु आन्तरिक रूप से एकल टर्मिनल से जुड़े होते हैं। अतः यहाँ पर मर्ज प्राइस रक्षण प्रणाली का सिद्धान्त कार्य नही करता है क्योंकि तीनों फेजों के जुड़े न्यूट्रल पॉइंट इतना पास होते हैं कि तीनों फेजों में धारा परिणामित को लगाना सम्भव नहीं है। अतः इसमें केवल भू प्रदोष रक्षण की ही व्यवस्था होती है। इसके अन्दर फेज-फेज प्रदोष को तब तक दूर नहीं किया जा सकता जब तक कि यह प्रदोष भू प्रदोष में न परिवर्तित हो जाये। अगले पृष्ठ पर सन्तुलित भू-प्रदोष रक्षण का चित्र दर्शाया गया है। इसमें प्रत्यावर्तक के निर्गत में प्रत्येक फेज में धारा परिणामित्र



चित्र 6.6

लगाया है और उन सबके द्वितीय कुण्डली को Input के न्यूट्रल बिन्दु पर लगे धारा परिणामित्र के द्वितीयक कुण्डली के साथ समान्तर क्रम में जोड़ दिया जाता है। एक रिले को धारा परिणामित्र के द्वितीयक कुण्डली के एक्रॉस लगा दिया जाता है।

प्रचालन (Operation)

सामान्य अवस्था में धारा प्रत्यावर्तक के Lead में प्रवाहित होती है इस प्रकार से धारा परिणामित्र के द्वितीयक कुण्डली में लाइन धारा का मान शून्य होता है और इस प्रकार रिले में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है। न्यूट्रल तार में धारा का मान शून्य होता है और इस प्रकार धारा परिणामित्र के द्वितीयक कुण्डली के द्वारा रिले को कोई धारा Supply नहीं मिलती है।

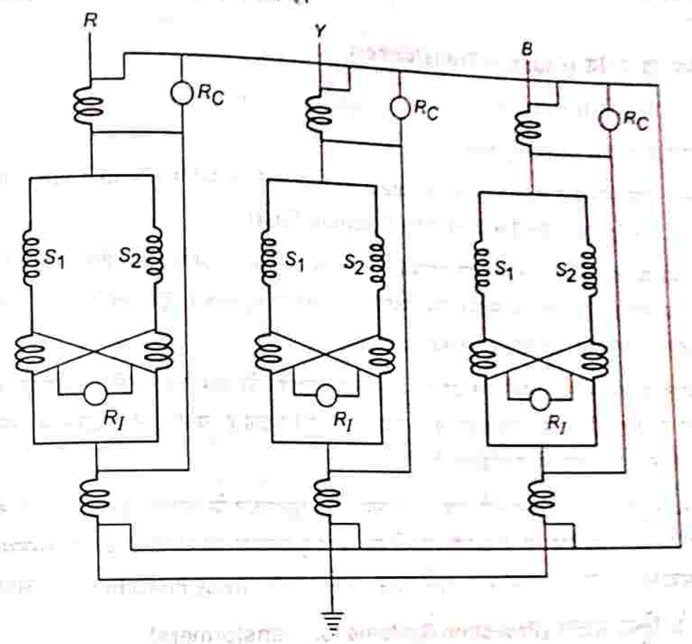
यदि बिन्दु F_2 पर कोई भू प्रदोष उत्पन्न होता है जो रक्षण क्षेत्र से बाहर है तो इस अवस्था में प्रत्यावर्तक के दोनों सिरों पर धारा का योग समान होता है इस प्रकार रिले में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है। परन्तु जब कोई भू प्रदोष बिन्दु F_1 पर उत्पन्न होता है जो कि रक्षण क्षेत्र के अन्दर है तो इस अवस्था में दोनों तरफ धारा का मान समान नहीं होता है और इस प्राकर दोनों तरफ की धाराओं का अन्तर रिले के प्रचालन कुण्डली से प्रवाहित होती है और इस तरह रिले प्रचालित हो जाती है और परिपथ वियोजक द्वारा प्रत्यावर्तक को प्रणाली से अलग कर दिया जाता है। Operating

6.5 स्टेटर आन्तरिक वर्तन रक्षण (Stater Inter Turn Protection)

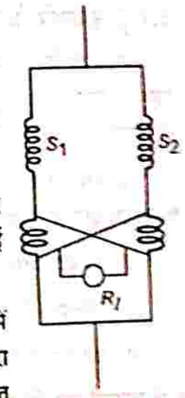
मर्ज प्राइस चक्रीय धारा प्रणाली द्वारा प्रत्यावर्तक के भू प्रदोष और फेज-फेज प्रदोष का रक्षण किया जाता है। इसके द्वारा प्रत्यावर्तक के स्टेटर के किसी एक कुण्डलन में होने वाले Turn to Turn Fault से रक्षण नहीं किया जा सकता। इसका कारण यह है कि इस प्रदोष के कारण धारा उसी कुण्डली में ही प्रवाहित होती है जिसके कारण प्रत्यावर्तक के आने वाले सिरे पर व प्रत्यावर्तक से जाने वाले सिरे पर धारा का मान समान होता है।

एकल वर्तन जनित्र (जैसे Large Steam Turbo Gen.) में आन्तरिक वर्तन रक्षण की कोई आवश्यकता नहीं होती है। स्टेटर आन्तरिक वर्तन रक्षण बहुवर्तन जनित्रों जैसे कि हाइड्रो-इलेक्ट्रिक जनित्र में दी जाती है। इस प्रकार के जनित्रों में दो कुण्डलन होते हैं। (प्रत्येक फेज कुण्डलन दो भागों में विभक्त होता है।) प्रत्येक फेज कुण्डलन को दो भागों में विभक्त करने से यह लाभ होता है कि एक तो उच्च धारा होने के कारण धारा दो भागों में बँट जाती है, जिससे चालक तार की बचत होती है

और अधिक मोटे तारों का प्रयोग नहीं करना पड़ता और आन्तरिक वर्तन सुरक्षा भी प्राप्त हो जाती है। नीचे आन्तरिक वर्तन रक्षण प्रणाली का एकल लाइन डायग्राम दिखाया गया है। इसमें प्रयोग रिले R_C फेज-भू प्रदोष और फेज-फेज प्रदोष से रक्षा करती है और रिले R_1 आन्तरिक वर्तन रक्षण उपलब्ध कराती है।



चित्र 6.7



चित्र 6.8

चित्र 6.8 में आन्तरिक टर्न रक्षण प्रणाली को दिखाया गया है। इसमें प्रत्येक फेज कुण्डलन को दो भागों में बाँटा गया है।

सामान्य अवस्था में स्टेटर के कुण्डलन S_1 व S_2 में समान धारा प्रवाहित होती है और इस प्रकार धारा परिणामित्र के द्वितीयक कुण्डलन में समान धारा प्रवाहित होती है। इस प्रकार से रिले R_I में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है।

यदि कोई लघुपथित प्रदोष किसी कुण्डलन में उत्पन्न होता है तो स्टेटर कुण्डलन के S_1 व S_2 में धारा का मान समान नहीं होता है जिसके कारण धारा परिणामित्र के द्वितीयक कुण्डलन में धारा प्रवाहित होती है जिसके कारण रिले की प्रचालन कुण्डलन में धारा प्रवाहित होती है और रिले प्रचालित हो जाती है। इस तरह रिले R_I द्वारा आन्तरिक वर्तन रक्षण प्राप्त होती है।

6.6 ट्रांसफार्मर का रक्षण (Protection of Transformer)

ट्रांसफार्मर एक स्थैतिक वैद्युत युक्ति है जो कि चारों तरफ से बन्द होती है तथा ज्यादातर ट्रांसफार्मर तेल में डूबे (Oil immersed) होते हैं। ट्रांसफार्मर में छोटा दोष भी अत्यधिक नुकसान कर सकता है। अतः ट्रांसफार्मर को होने वाले दोषों से बचाने के लिये हमें ट्रांसफार्मर का स्वतः रक्षण (Automatic Protection) करना पड़ेगा।

छोटे ट्रांसफार्मर सप्लाई सिस्टम से फ्यूज (Fuse) के द्वारा जुड़े रहते हैं, फिर भी हमें स्वत: रक्षण (Automatic Proection) की आवश्यकता पड़ती है क्योंकि शक्ति ट्रांसफार्मर (Power Transformer) में होने वाले दोषों की संख्या अधिक रहती है।

6.7 ट्रांसफार्मर के प्रदोष (Faults in Transformer)

1. खुला परिपथ दोष (Open Circuit Fault)
2. अतितापन दोष (Overheating Fault)
3. कुण्डलन लघुपथन (Winding Short-circuits) इसके अन्दर भू-प्रदोष (Earth Fault), फेज से फेज प्रदोष (Phase to Phase Fault) तथा आन्तरिक वर्तन प्रदोष (Interturn Fault).

(1) ट्रांसफार्मर के किसी एक फेज में खुला परिपथ दोष होने पर ट्रांसफार्मर अधिक गर्म होने लगता है परन्तु इस स्थिति में रिले रक्षण की आवश्यकता नहीं पड़ती है क्योंकि इस स्थिति में ट्रांसफार्मर को अधिक नुकसान होने की सम्भावना कम रहती है तथा आदमी के द्वारा ट्रांसफार्मर को सिस्टम से हटा दिया जाता है।

(2) अतितापन की स्थिति ट्रांसफार्मर पर अधिक लोड या लघुपथन के कारण या कूलिंग सिस्टम के फेल हो जाने के कारण उत्पन्न होती है। इसके लिये भी रिले रक्षण की आवश्यकता नहीं पड़ती है, क्योंकि ट्रांसफार्मर में अलार्म (Alarm) तथा परतों को कंट्रोल करने की अलग अवस्था होती है।

(3) कुण्डलन लघुपथन दोष (अन्दरूनी दोष) ट्रांसफार्मर में विद्युतरोधन के खराब होने के कारण या यान्त्रिक दोष के कारण उत्पन्न होता है। जब ट्रांसफार्मर में अन्दरूनी दोष हो रहा है तो ट्रांसफार्मर को जल्दी से जल्दी सिस्टम से अलग कर देना चाहिए अन्यथा ट्रांसफार्मर में आग लग सकती है। इसके लिये हमें रिले रक्षण (Relay Protection) की आवश्यकता पड़ती है।

6.8 ट्रांसफार्मर के लिये रक्षण (Proection Systems for Transformers)

जनरेटर के रक्षण के लिये हम मर्ज प्राइज रक्षण प्रणाली को काम में लाते हैं। ट्रांसफार्मर का रक्षण भी हम मर्ज प्राइज रक्षण प्रणाली द्वारा कर सकते हैं परन्तु मर्ज प्राइज रक्षण प्रणाली की अपेक्षा और रक्षण प्रणाली ज्यादा उपयोगी है। अत: ट्रांसफार्मर रक्षण के लिये रिले तथा रक्षण प्रणाली को निम्न प्रकार उपयोग करते हैं—

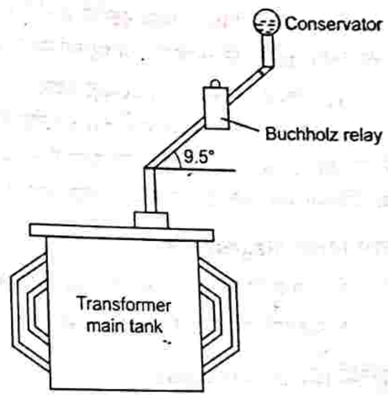
1. बुखहोल्ज रिले ट्रांसफार्मर के अन्दर होने वाले सभी दोषों से रक्षण प्रदान करती है। जैसे कि विद्युतरोधन के खराब होने के कारण होने वाले दोषों से, क्रोड के अधिक गर्म होने के कारण तथा लीकेज के कारण ऑयल के कम होने के कारण।
2. भू-प्रदोष रिले (Earth Fault Relay) भू-प्रदोष से रक्षण प्रदान करती है।
3. अतिधारा रिले (Overcurrent Relay) फेज-टू-फेज प्रदोष से तथा ओवरलोडिंग से रक्षण प्रदान करती है।
4. मर्ज प्राइज रिले भू-दोष तथा फेज दोष से रक्षण प्रदान करती है।

6.9 बुखहोल्ज रिले (Buchholz Relay)

बुखहोल्ज रिले एक गैस आधारित रिले है जिसे हम ऑयल वाले ट्रांसफार्मर में सभी आन्तरिक दोषों का पता लगाने के लिये उपयोग करते हैं। छोटे प्रदोषों के लिये यह अलार्म को बजाती है ताकि हमें पता चल जाता है कि अभी प्रदोष शुरू की अवस्था में है तथा बड़ा प्रदोष होने की दशा में ट्रांसफार्मर को सप्लाई से अलग कर देती है। बुखहोल्ज रिले को तेल संरक्षक (Conservator) तथा मेन टेक के बीच में स्थापित किया जाता है। इस रिले को ऑयल वाले ट्रांसफार्मर जिनकी रेटिंग 750 kVA से ज्यादा होती है, वहाँ पर उपयोग में लाते हैं।

संरचना

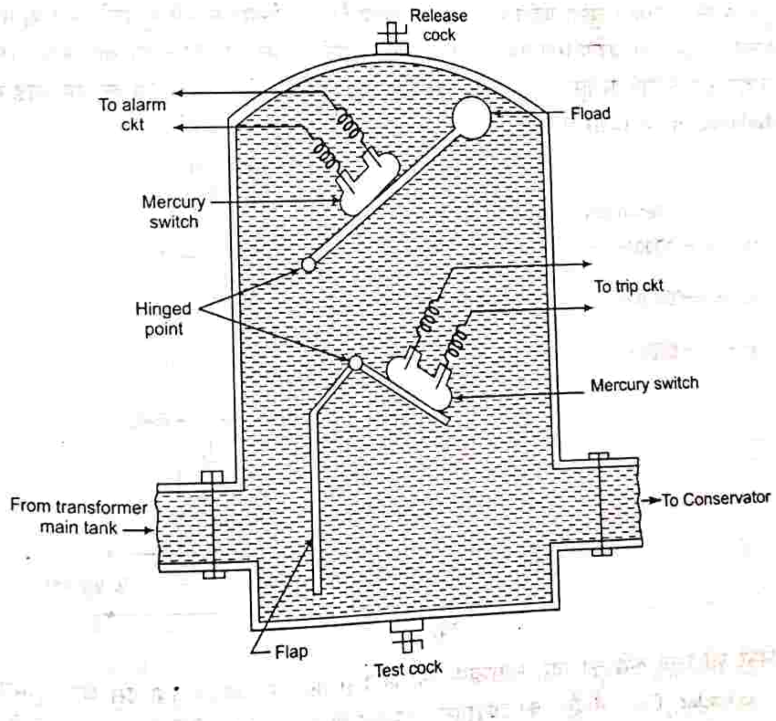
चित्र 6.9 में बुखहोल्ज रिले को दिखाया गया है। यह डोम बर्तन (Domed Vessel) के आकार की होती है तथा इसे संरक्षक (Conservator) तथा मेन टेक को आपस में जोड़ने वाले पाइप में लगाया जाता है। इस युक्ति (Device) में दो अवयव (Elements) होते हैं। ऊपर वाले अवयव में एक मरकरी स्विच फ्लोट के साथ लगा रहता है तथा नीचे वाले अवयव में मरकरी स्विच चूलित फ्लेप (Hinged Flap) के साथ ट्रांसफार्मर टैंक से संरक्षक (Conservator) की तरफ होने वाले तेल के बीच में लगा रहता है। प्रदोष की स्थिति में ऊपर वाला अवयव मरकरी स्विच एलार्म परिपथ का स्विच ऑन करता है और प्रदोष सूचना की घण्टी बजने लगती है तथा जब प्रदोष अधिक तीक्ष्ण होता है तो नीचे वाला अवयव सर्किट ब्रेकर की सहायता से परिपथ को सप्लाई से अलग कर देता है।



चित्र 6.9

कार्य विधि

(1) जब ट्रांसफार्मर के अन्दर छोटा प्रदोष होता है तो प्रदोष के कारण टैंक के अन्दर हीट उत्पन्न होती है जिसके कारण तेल का विघटन (decomposition) होने लगता है। तेल का विघटन होने के कारण जो गैस बनती है उसमें मुख्यत: 70%



चित्र 6.10

हाइड्रोजन गैस होती है। क्योंकि हाइड्रोजन गैस हल्की होने के कारण संरक्षक (Conservator) की तरफ जाने लगती है तथा कुछ गैस ऊपर वाले हिस्से में इकट्ठा हो जाती है जिसके कारण ऊपर वाले हिस्से में अधिक दाब होने की वजह से ऊपर वाला फ्लोट (Float) हिलने लगता है तथा मरकरी स्विच के टर्मिनल मिलने के कारण अलार्म तेज आवाज से बजने लगता है।

(2) जब ट्रांसफार्मर के अन्दर बड़ा प्रदोष उत्पन्न होता है तो अधिक मात्रा में टैंक के अन्दर गैस बनती है जिसकी वजह से टैंक के अन्दर अधिक दाब बनता है तथा तेल टैंक से संरक्षक (Conservator) की तरफ ज्यादा तेजी से जाता है। जब तेल टैंक से संरक्षक (Conservator) की तरफ जाता है तो बीच में पड़ने वाले फ्लेप (Flap) को हटाता है जिसके कारण मरकरी स्विच के टर्मिनल मिल जाते हैं तथा सर्किट ब्रेकर सप्लाई लाइन को ब्रेक कर देता है।

लाभ (Advantages)

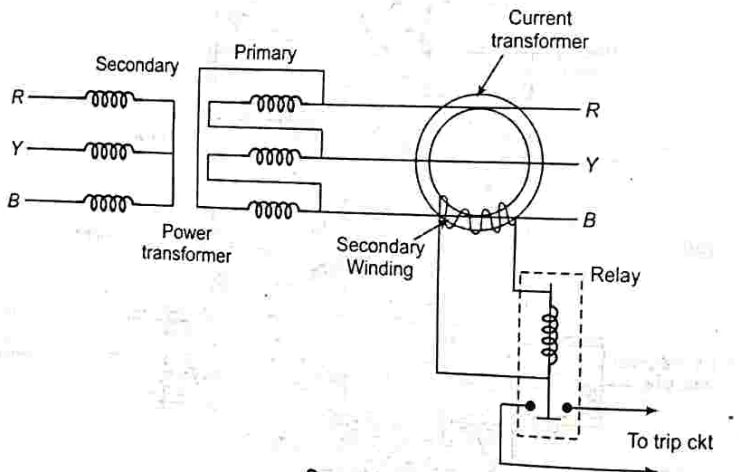
1. ट्रांसफार्मर के रक्षण की यह एक साधारण युक्ति है।
2. यह रिले छोटे दोषों का पता जल्दी लगा लेती है, किसी अन्य युक्ति की अपेक्षा।

हानियाँ (Disadvantages)

1. यह रिले केवल तेल वाले ट्रांसफार्मर में उपयोग की जाती है।
2. यह रिले तेल लेबल से नीचे होने वाले दोषों को बताती है।

6.10 भू-प्रदोष या लीकेज रक्षण (Earth Fault or Leakage Protection)

जब किसी ट्रांसफार्मर की कुण्डलन का विद्युतरोधन कमजोर हो जाता है तो भू (Earth) में लीकेज धारा बढ़ने लगती है तथा इस धारा का मान लघुपथ धारा के मान से कम होता है। अगर भू-प्रदोष लम्बे समय तक बना रहता है तो यह ट्रांसफार्मर को नुकसान पहुँचा सकता है तथा लघुपथ प्रदोष में भी बदल सकता है। ऐसी स्थिति में हमें भू-रिले के द्वारा प्रदोष को तुरन्त समाप्त कर देना चाहिए। अत: भू-प्रदोष रिले एक अतिधारा रिले ही होती है परन्तु इस रिले की धारा सेटिंग (Setting) कम होती है तथा भू-प्रदोष उत्पन्न होने पर तुरन्त काम करने लगती है। ट्रांसफार्मर के अन्दर भू-प्रदोष को हम क्रोड सन्तुलन रक्षण प्रणाली (Core Balance Protection) के द्वारा भी रिमूव (Remove) या दूर कर सकते हैं।



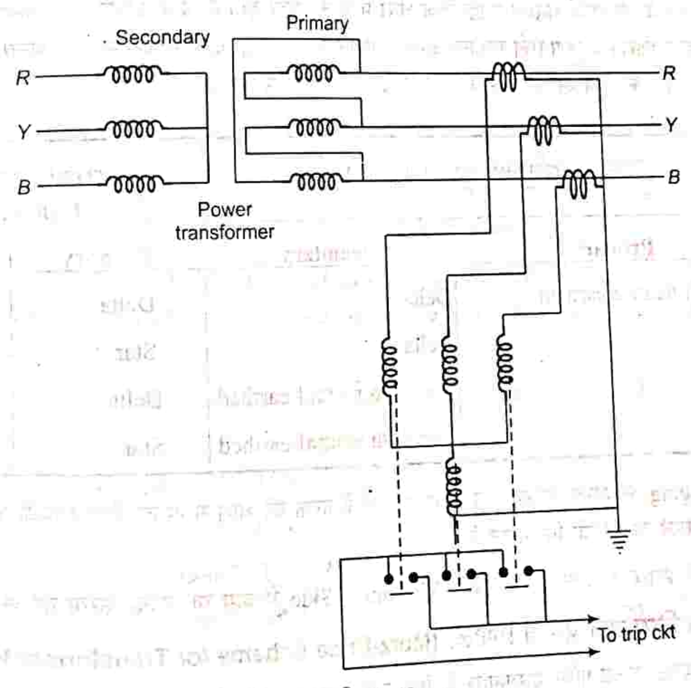
चित्र 6.11

पॉवर ट्रांसफार्मर की तीनों तारों को धारा ट्रांसफार्मर की क्रोड (Core) से जोड़ेंगे तथा इस धारा ट्रांसफार्मर में एक द्वितीयक कुण्डली (Secondary Coil) है। रिले की ऑपरेटिंग कुण्डली धारा ट्रांसफार्मर की द्वितीयक कुण्डली से जुड़ी है।

सामान्य प्रचालन स्थिति में जब ट्रांसफार्मर की कुण्डली में किसी प्रकार का भू-प्रदोष नहीं होता, तब तीनों कला चालकों की प्रवाहित धारा का बीजीय योग (algebraic sum) का मान शून्य होता है। अत: लौह क्रोड चुम्बकीय रिले परिपथ में परिणामी फ्लक्स का मान भी शून्य होता है तथा रिले परिपथ में भी धारा का मान शून्य होता है जिसके कारण रिले कार्य नहीं करती है। परन्तु भू-प्रदोष की स्थिति में तीनों कला चालकों की प्रवाहित धारा का बीजीय योग, शून्य नहीं हो पाता, इसलिए सन्तुलित धारा के कारण चुम्बकीय परिपथ (आयरन क्रोड रिंग) में फ्लक्स उत्पन्न हो जाता है जो द्वितीयक कुण्डलन में प्रेरित विद्युत-वाहक बल (emf) उत्पन्न करता है, परिणामस्वरूप रिले परिपथ में प्रेरित धारा प्रवाहित होती है और रिले प्रचालित होकर सर्किट ब्रेकर को ट्रिप कर देती है।

6.11 संयुक्त क्षरण तथा अतिभार रक्षण (Combined Leakage and Overload Protection)

क्रोड सन्तुलन रक्षण के अन्दर यह कमी है कि हम इसके द्वारा अतिभार होने की दशा में इसका रक्षण नहीं कर सकते हैं। अगर फेजों के बीच में क्षरण प्रदोष उत्पन्न होता है तो इसका हम क्रोड सन्तुलन के द्वारा रक्षण नहीं कर सकते हैं। ट्रांसफार्मर को भू-प्रदोष तथा अतिधारा प्रदोष से सुरक्षा प्रदान करने के लिये भू-प्रदोष रिले की धारा सेटिंग को कम रखा जाता है ताकि भू-प्रदोष या क्षरण प्रदोष होने पर भू-रिले कार्य करे तथा अतिधारा रिले की धारा सेटिंग को उच्च रखा जाता है ताकि जब फेज से फेज के बीच में प्रदोष हो तो अतिधारा रिले कार्य करे।



चित्र 6.12

चित्र में ट्रांसफार्मर की डेल्टा संयोजित प्राथमिक कुण्डलन के सिरा चालकों पर आरोपित स्टार संयोजित धारा परिणामित्र की द्वितीयक कुण्डली से दो फेस रिले (phase relay) तथा एक सन्तुलित प्रतिरोध को स्टार में संयोजित किया जाता है। इसके भूयोजित उदासीन-चालक में एक रक्षण रिले संयोजित है।

आन्तरिक फेस प्रदोष की स्थिति में, फेस रिले प्रचालित होकर ट्रांसफार्मर को सुरक्षा प्रदान करती है तथा दोनों फेज रिले तीनों फेजों के रक्षण में समर्थ होती है, परन्तु क्षरण रिले भू-प्रदोष की स्थिति में ही ऊर्जित होकर सर्किट ब्रेकर को ट्रिप करती है।

6.12 ट्रांसफार्मर के लिये मर्ज प्राइज रक्षण प्रणाली
(Merz Price Protection System for Transformer)

मर्ज प्राइज सरकुलेटिंग-करंट रक्षण प्रणाली के द्वारा ट्रांसफार्मर में होने वाले भू-प्रदोष तथा फेज प्रदोष का रक्षण कर सकते हैं। इस प्रणाली को ट्रांसफार्मर रक्षण के लिए उसी तरह लागू कर सकते हैं जैसे कि जनरेटर के रक्षण के लिये लागू करते हैं परन्तु ट्रांसफार्मर का रक्षण इस प्रणाली से करने के लिए कुछ समस्याओं का हमें निराकरण करना पड़ेगा।

(1) पॉवर ट्रांसफार्मर का रक्षण इस प्रणाली से करने के लिये हमें प्राथमिक धारा तथा द्वितीयक धारा की तुलना करनी पड़ती है तथा पॉवर ट्रांसफार्मर की प्राथमिक कुण्डली धारा तथा द्वितीयक कुण्डली धारा.सामान्य अवस्था में भी अलग-अलग होती है अत: सामान्य अवस्था में एक से धारा परिणामित्र उपयोग करने पर दोनों तरफ की धाराओं में अन्तर मिलेगा जिसके कारण रिले सामान्य अवस्था में भी काम करेगी जो कि प्रणाली के लिये गलत है।

इस प्रणाली को ट्रांसफार्मर में उपयोग करने के लिए प्राथमिक कुण्डली तथा द्वितीयक कुण्डली में धारा के अन्तर को धारा परिणामित्र (C.T.) के कुण्डलनों को कम या ज्यादा करके बराबर करते हैं। अगर T कुण्डलन निष्पत्ति पॉवर ट्रांसफार्मर की है तो सी०टी० की l.v. साइड को T गुना h.v. साइड से रखेंगे। ऐसा करने पर सी०टी० के अन्दर सामान्य अवस्था में बराबर धारा बहेगी तथा रिले सामान्य अवस्था में कार्य नहीं करेगी।

पॉवर ट्रांसफार्मर के प्राथमिक धारा तथा द्वितीयक धारा में फेज अन्तर होने के कारण सामान्य अवस्था में भी दोनों साइडों की धारा में अन्तर होगा जिसके कारण रिले सामान्य अवस्था में भी कार्य करेगी। दोनों साइडों में फेज अन्तर होने के कारण होने वाली कमी को सी०टी० के फेज अन्तर में सुधार करके दूर किया जा सकता है।

S.No.	Power Transformer Connection		Current Transformer Connection	
	Primary	Secondary	Primary	Secondary
1.	Star with neutral earthed	Delta	Delta	Star
2.	Delta	Delta	Star	Star
3.	Star	Star with neutral earthed	Delta	Delta
4.	Delta	Star with neutral earthed	Star	Delta

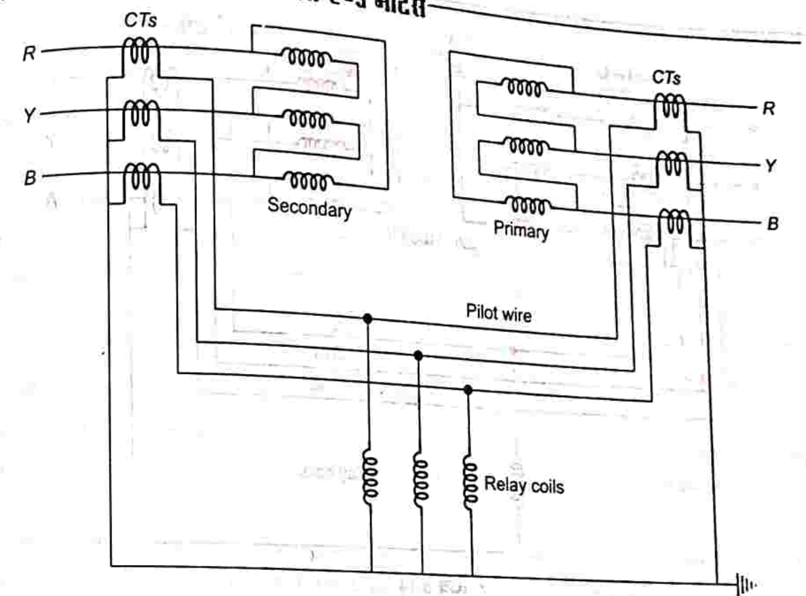
(3) Tap Changing के कारण भी सामान्य अवस्था में दोनों तरफ की धारा में अन्तर होगा जिसके कारण रिले सामान्य अवस्था में ही कार्य करने लगेगी जो कि गलत है।

इस कमी को भी हम C.T's के Turn Ratio को Taping Side में कम या ज्यादा करके दूर कर सकते हैं।

6.13 ट्रांसफार्मर के लिये मर्ज-प्राइज प्रणाली (Merz-Price Scheme for Transformer Protection)

चित्र में 3-फेज डेल्टा/डेल्टा पॉवर ट्रांसफार्मर के लिए मर्ज प्राइज प्रणाली को दिखाया गया है तथा इसके द्वारा फेज तथा भू एवं फेज से फेज प्रदोष का रक्षण कर सकते हैं। दोनों साइडों में CT's को स्टार में जोड़ेंगे जिससे प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डली में फेज अन्तर को बराबर कर लेंगे तथा दोनों साइडों के CT's को पाइलट तार के द्वारा आपस में जोड़ेंगे तथा CT's के हर पेयर (Every Pair of CT's) के लिए एक रिले होगी।

सामान्य अवस्था में CT's की द्वितीयक कुण्डली में कोई धारा नहीं बहेगी क्योंकि C.T. की दोनों साइडों में धारा का मान समान होगा, जिससे रिले के अन्दर कोई धारा नहीं बहेगी तथा रिले कोई कार्य नहीं करेगी।



चित्र 6.13

अगर भू-प्रदोष या फेज से फेज प्रदोष होती है तो दोनों साइडों के CT's की द्वितीयक कुण्डली में धारा बराबर नहीं होगी जिसके कारण रिले के अन्दर धारा बहेगी तथा दोनों साइडों के सर्किट ब्रेकर अपना कार्य पूर्ण करेंगे या सर्किट को ब्रेक कर देंगे। इस प्रणाली का रक्षण हेतु भाग दोनों साइडों में लगे CT's के बीच का होगा।

Example : A 3-Phase transformer of 220/11,000 line volts is connected in star/delta. The protective transformer on 220 V side have a current ratio of 600/5. What should be the CT ratio on 11,000 V side?

Sol. For star/delta power transformer, CTs will be connected in delta on 220 V side and in star on 11,000 V side.

Suppose that line current on 220 V side is 600 A.

Phase current of delta connected CTs on 220 V side = 5 A

Line current of delta connected CTs on 220 V side = $5\times\sqrt{3} = 5\sqrt{3}$ A

This current will flow through the pilot wire. Ovbviously this will be the current which flows through the secondary of CTs on the 11000 V side.

∴ Phase current of star connected CTs on 11000 V side

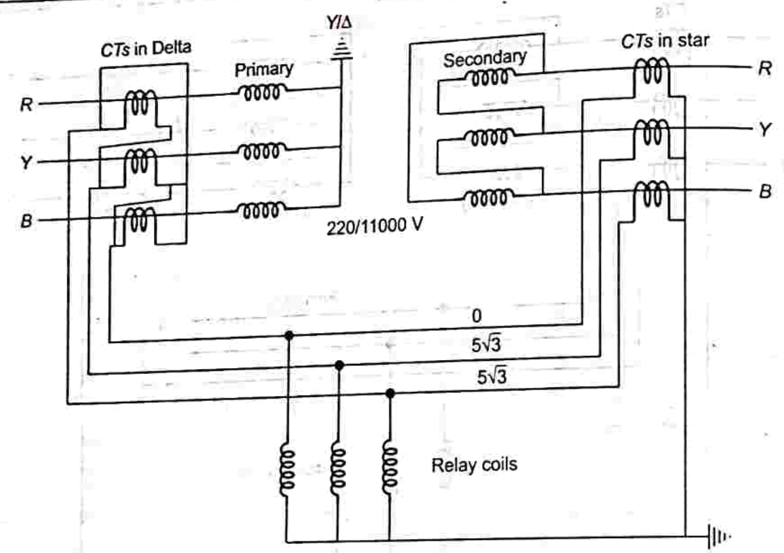
$$= 5\sqrt{3}\text{ A}$$

If I is the line current on 11,000 V side, then

Primary apparent power = Secondary apparent power

$$\sqrt{3}\times 220\times 600 = \sqrt{3}\times 11000\times I$$

or
$$I = \frac{\sqrt{3}\times 220\times 600}{\sqrt{3}\times 11000} = 12\text{ A}$$



चित्र 6.14

∴ Turn ratio of CTs on 11000 V side

$$= 12 : 5\sqrt{3}$$

$$= 1{\cdot}385 : 1$$

6.14 मोटरों का रक्षण (Protection of Motors)

परिचयात्मक विवरण (Introductory description)

आजकल औद्योगिक क्षेत्र में तकनीकी विकास के साथ-साथ इलेक्ट्रिकल मोटरों का प्रयोग दिन-प्रति-दिन (लगातार) द्रुत गति से बढ़ता जा रहा है। इन मोटरों को विभिन्न प्रकार के वैद्युत प्रदोषों के विरुद्ध रक्षा प्रदान करने के लिये, भिन्न-भिन्न प्रकार वैद्युत रक्षण युक्तियों की आवश्यकता होती है। इन्हीं आवश्यक वैद्युत युक्तियों तथा इनसे सम्बन्धित परिपथों के बारे में प्रस्तुत अध्याय में विस्तृत विवरण दिया गया है।

6.15 मोटर रक्षण युक्तियाँ (Motor Protecting Devices)

वैद्युत मोटरों की रक्षा के लिये प्रयुक्त वैद्युत युक्तियों को मोटर रक्षण युक्तियाँ कहते हैं। इनमें—(i) फ्यूज, (ii) मैग्नेटिक टाइप डेश पॉट ओवरलोड रिले, (iii) थर्मल या टेम्परेचर ओवरलोड रिले, (iv) थ्री-वायर मास्टर स्विच विद मैग्नेटिक कंट्रोलर्स, (v) टू-वायर पाइलट डिवाइस, (vi) मैग्नेटिक फील्ड-प्रोटेक्टिव रिले, (vii) फेज रिवर्सल रिले।

6.16 मोटर रक्षण युक्तियों का मुख्य कार्य अथवा उद्देश्य (Main Function or Aim of Motor Protecting Devices)

मोटर के लिये प्रयुक्त रक्षण युक्तियों का मुख्य कार्य/उद्देश्य कुल निश्चित असामान्य स्थितियों में, जैसे—अतिभारन (overloading), लघुपथ (short circuiting), निम्न या न्यून वोल्टता (low or under voltage) आदि के समय में मोटर की रक्षा करना है, ताकि घटित होने वाली भारी भरकम क्षति (heavy loss) से बचा जा सके। यह क्षति तीन रूपों में प्रकट होती है

प्रथम—समय की बर्बादी, द्वितीय—उत्पादन में घटोत्तरी, तृतीय—मरम्मत का अपव्यय तथा कारीगरों की रोजी का खर्चा आदि।

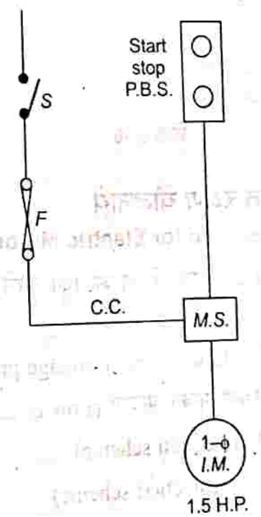
6.17 परिभाषित शब्दावली (Defined Terminology)

(i) निम्न वोल्टता रक्षण युक्ति (Low Voltage Protection Device)—वह युक्ति, जो निम्न/कम/न्यून वोल्टता के विरुद्ध रक्षण प्रदान करती है, निम्न वोल्टता रक्षण युक्ति कहलाती है। इसे न्यून वोल्टता रक्षण युक्ति (under voltage protection device) भी कहते हैं; जैसे—थ्री वायर मास्टर स्विच के साथ प्रयुक्त मैग्नेटिक कंट्रोलर्स आदि।

(ii) कम/न्यून निम्न वोल्टता निस्तारण युक्ति (Low Voltage Release Device)—वह युक्ति, जो निम्न वोल्टता के विरुद्ध रक्षण या मुक्ति प्रदान करती है, परन्तु दोबारा स्थापित होने वाले वोल्टेज को नहीं रोकती, निम्न वोल्टता निस्तारण युक्ति कहलाती है। इसे न्यून वोल्टता निस्तारण युक्ति (under voltage release device) भी कहते है; जैसे—टू-वायर पाइलेट डिवाइस के साथ प्रयुक्त स्नेप स्विच या फ्लोट स्विच अथवा प्रेसर स्विच आदि।

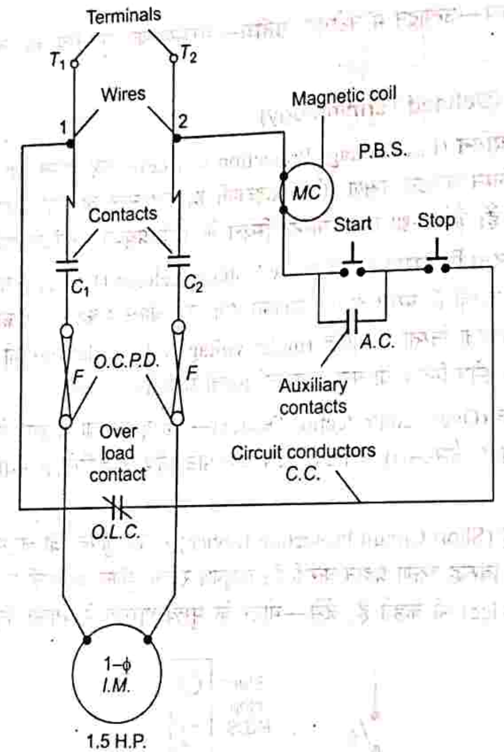
(iii) अतिभार रक्षण युक्ति (Overload Protection Device)—वह युक्ति, जो अतिभार के विरुद्ध रक्षण प्रदान करती है, अतिभार रक्षण युक्ति कहलाती है; जैसे—(i) मैग्नेटिक टाइप-डैश पॉट ओवरलोड रिले, (ii) थर्मल या टेम्परेचर ओवरलोड रिले आदि।

(iv) लघुपथ रक्षण युक्ति (Short Circuit Protection Device)—वह युक्ति, जो लघुपथन के समय किसी कारण उत्पन्न अतिभार (overload) के विरुद्ध रक्षण प्रदान करती है; लघुपथ रक्षण युक्ति कहलाती है। इसे अतिधारा रक्षण युक्ति (over-current protection device) भी कहते हैं; जैसे—मोटर के मुख्य परिपथ में प्रयुक्त फ्यूज।



चित्र 6.15

S—स्विच (Switch), F—फ्यूज (Fuse), C.C.—परिपथ चालक (Circuit Conductor), M.S.—मोटर स्विच (Motor Switch), P.B.S.—पुश बटन स्विच (Push Button Switch)



चित्र 6.16

6.18 वैद्युत मोटरों के लिये प्रयुक्त वैद्युत रक्षण योजनायें (Electrical Protection Schemes Used for Electric Motors)

विभिन्न प्रकार के वैद्युत प्रदोषों के विरुद्ध इलेक्ट्रिक मोटरों की रक्षा करने के लिये, इनके मुख्य परिपथ में निम्न वैद्युत रक्षण योजनाओं का प्रयोग किया जाता है—

(i) निम्न या न्यून वोल्टता रक्षण योजना (Low or under voltage protection scheme)
(ii) निम्न या न्यून वोल्टता निस्तारण अथवा मुक्ति योजना (Low or under voltage release scheme)
(iii) अतिभार रक्षण योजना (Overload protection scheme)
(iv) लघुपथ रक्षण योजना (Short circuit protection scheme)
(v) एकल कला रक्षण या सूचक योजना (Single phase protection or indication scheme)
(vi) एकल कला असफल रक्षण योजना (Single phase failure protection scheme)
(vii) एकल कला विपर्यय रक्षण योजना (Single phase reversal protection scheme)
(viii) चुम्बकीय क्षेत्र असफल रक्षण योजना (Magnetic field failure protection scheme)
(ix) एक चुम्बकीय क्षेत्र-विसर्जन प्रतिरोधक योजना (A magnetic field discharge resistor scheme)

6.19 रक्षण योजनाओं का संक्षिप्त विवरण (Short Description of Protection Scheme)

इलेक्ट्रिकल मोटरों के रक्षण के लिये प्रयोग होने वाली उक्त रक्षण योजनाओं का संक्षेप में परिचयात्मक विवरण अधो प्रस्तुत है—

(i) निम्न वोल्टता रक्षण (Low voltage protection)—प्रस्तुत रक्षण, मोटर के लिये प्रेषित (fed) प्रदाय वोल्टता के कम हो जाने अथवा वोल्टता के पूर्ण रूप से चले जाने (failure of supply voltage) पर मुख्य परिपथ में मुख्य शक्ति की रुकावट (interruption) के कारण प्रचालित होती है। इसे न्यून वोल्टता रक्षण (non-voltage protection) तथा अवोल्टता रक्षण (under voltage protection) भी कहते हैं। इस रक्षण के लिये प्राय: चुम्बकीय नियन्त्रकों (magnetic controllers) के साथ थ्री-पोल मास्टर स्विचों (3-pole master switches) का प्रयोग होता है।

इस रक्षण प्रणाली के अन्तर्गत, जैसे ही लाइन में वोल्टतापात के कारण, लाइन में वोल्टता एक निश्चित मान से कम होती है अथवा पूर्णरूप से समाप्त होती है, वैसे ही मुख्य लाइन सम्पर्कक (contactor) खुल जाते हैं और चलती हुई मोटर को पूर्णरूप से बन्द करने (stopping) के लिये खुले ही रहते हैं; तब मोटर को पुन: (फिर से या दुबारा) चालू करने के लिये "स्टार्ट" बटन को पुन: दबाना (push) आवश्यक होता है। इस प्रकार का नियन्त्रण प्राय: वहाँ पर किया जाता है, जहाँ पर सप्लाई वोल्टेज के चले जाने पर मोटर का अनाशान्वित पुन: चालू हो जाना (unexpected restarting) अर्थात् मोटर का आकस्मिक पुन: प्रवर्तन (sudden restarting), कारीगरों अथवा उपस्करों के लिये हानिकारक है।

(ii) निम्न वोल्टता मोचन या मुक्ति (Low voltage release)—प्रस्तुत रक्षण, मोटर के लिए प्रदायित (supplied), प्रदाय वोल्टेज कम हो जाने अथवा पूर्ण रूप से असफल हो जाने पर, मुख्य परिपथ में मुख्य शक्ति की बाधा (interruption) के लिए परिचालित (operate) होती है; परन्तु वोल्टता में वापिस आने पर मुख्य परिपथ में मुख्य शक्ति को पुनर्स्थापन (re-estabishment) से नहीं रोकती। इसे न्यून वोल्टता मुक्ति (under voltage release) तथा अवोल्टता मुक्ति (no-voltage release) भी कहते हैं। इस प्रकार की रक्षण द्वि-तार निर्देशक युक्ति (two wire pilot device), जैसे—स्नेप स्विच (snap switch), फ्लोट स्विच (float switch), प्रेशर स्विच (pressure switch) आदि के प्रयोग से प्राप्त होता है।

टिप्पणी (Note)—निम्न वोल्टता रक्षण तथा निम्न वोल्टता मुक्ति में मुख्य अन्तर यह है कि बाद वाली मुक्ति-युक्ति (release-device) में मोटर को दुबारा चालू नहीं करना पड़ता अर्थात् वोल्टता के वापिस होने पर मोटर स्वत: चालू हो जाती है; जबकि पहले वाली रक्षण-युक्ति में मोटर को पुन: हाथ से चालू करना पड़ता है।

(iii) अतिभार रक्षण (Overload Protection)—प्रस्तुत रक्षण अतिभार पर मोटर की अधिक धारा के विरुद्ध रक्षा करने और मुख्य परिपथ में मोटर की निर्धारित धारा के 6 गुने से अधिक न बढ़ने देने वाली धारा की रुकावट (interruption) के लिये तथा रुकावट को कायम रखने के लिए प्रचालित होती है। मोटर परिपथ में इस रक्षण को प्रदान करने के लिए मैग्नेटिक टाइप डेश पॉट ओवरलोड रिलेज अथवा थर्मल/टेम्परेचर ओवरलोड रिलेज का प्रयोग होता है। इन ओवरलोड रिलेज का वर्गीकरण नीचे प्रस्तुत किया गया है—

अतिभार रिलेज (Overload Relays)
- चुम्बकीय प्ररूपी डेश पॉट अतिभार रिलेज (Magnetic type dash pot O.L.R.)
  - मानव चालित हस्त पुनर्स्थापन प्ररूपी (Manually or hand rest type)
  - स्वचालित या स्वत: पुनर्स्थापन प्ररूपी (Automatic or self reset type)
- तापीय/तापक्रम अतिभार रिलेज (Themal/temperature O.L.R.)

चित्र 6.17

(iv) लघुपथ रक्षण (Short Circuit Protection)—विदित है कि उक्त दोनों (overload and short circuit) ही रक्षण योजनायें अतिधारा के सिद्धान्त (principle of overcurrent) पर ही कार्य करती है; इसलिये इन दोनों रक्षण योजनाओं के लिए एक ही रक्षण योजना कार्य कर सकती है; परन्तु जहाँ पर अतिभार रक्षण को लघु पथ रक्षण के लिये नहीं लगाया जाता, वहाँ पर फ्यूज को ही लघु पथ रक्षण 'के लिये/की तरह' प्रयोग किया जाता है और प्राय: फ्यूज ही लघु पथ रक्षण का कार्य करता है। फ्यूज का प्रयोग अतिभार रक्षण के लिए अधिक उचित नहीं समझा जाता है; यद्यपि यह उच्च भार धारा पर भी रक्षण का कार्य करता है।

(v) एकल कला रक्षण या सूचक (Single Phase Protection or Indication)—किसी द्विकला परिपथ (two phase circuit) में किसी एक कला के खुल जाने के कारण परिपथ के किसी एक भाग के असफल होने पर प्रस्तुत रक्षण उस परिपथ तथा उसमें संलग्न उपस्कर को रक्षण तथा आवश्यक स्थान पर सूचना प्रदान करता है। प्रस्तुत योजना का प्रयोग द्विकला मोटर के रक्षण के लिये होता है।

(vi) एकल कला असफल रक्षण (Single Phase Failure Protection)—प्रस्तुत रक्षण, किसी बहुकला परिपथ (मोटर) के किसी एक 'कला/तार' में वैद्युत शक्ति के असफल होने पर, परिपथ की सभी 'कलाओं/तारों' में वैद्युत शक्ति की 'रोक/बाधा' को उत्पन्न करने और 'इस रोक/बाधा' को कायम रखने के लिए परिचालित (Operate) होती है, एकल कला असफल रक्षण कहलाती है।

(vii) एकल कला विपर्यय रक्षण (Single Phase Reversal Protection)—यह उस वैद्युत शक्ति का प्रभाव (कार्य) है, जो एक बहुकला परिपथ में कला घूर्णन के विपर्यय (reversal of phase rotation) पर परिपथ के सभी तारों (कलाओं) में वैद्युत शक्ति को रोकने के लिये तथा इस रोक (interruption) को बनाये (कायम) रखने के लिए परिचालित होता है। इस प्रकार की रक्षण युक्ति उन उत्थापक (elevators) पर आवश्यक है, जिन पर या जहाँ पर कलाओं का विपर्यय (reversal of phases), कार को विपरीत दिशा मे चलाने का कारण बन सकता है; अर्थात् कार को उस दिशा के विपरीत में प्रारम्भ (start) करने का कारण बन सकता है, जिस दशा में प्रचालक स्वयं अपनी इच्छानुसार कार को चलाना चाहता है।

(viii) चुम्बकीय क्षेत्र असफल रक्षण (Magnetic Field Failure Protection)—प्रस्तुत रक्षण योजना का प्रयोग, प्राय: शंट फील्ड वाली डी० सी० मोटरों के लिये होता है। इस रक्षण युक्ति को प्राय: डी० सी० शंट तथा कम्पाउण्ड वाउन्ड मोटरों के लिये, नियन्त्रकों में लगाया जाता है। इस योजना के अन्तर्गत, रिले की कुण्डली को डी० सी० मोटर के शंट फील्ड के सिरीज में संयोजित किया जाता है और रिले के सामान्य रूप से खुला रहने वाले सम्पर्क (normally open contact) को रोक परिपथ (stop circuit) में संयोजित किया जाता है। अब यदि शंट फील्ड सर्किट खुल जाता है, अर्थात् शंट फील्ड सर्किट में खुला परिपथ प्रदोष उत्पन्न हो जाता है, तो रिले अऊर्जित (de-energized) हो जायेगी और मोटर सप्लाई लाइन में असंयोजित (disconnect) हो जायेगी। इस प्रकार यह युक्ति शंट फील्ड में खुला पथन प्रदोष होने के कारण, मोटर को अति उच्च गति पर चलने से रोकती है।

टिप्पणी (Note)—शंट फील्ड खुलने के कारण, कम्पाउण्ड मोटर सीरीज मोटर बन जाती है, जो निम्न भार अथवा निर्भार पर अत्यधिक गति अथवा उड़न गति (Fly away speed) रखती है।

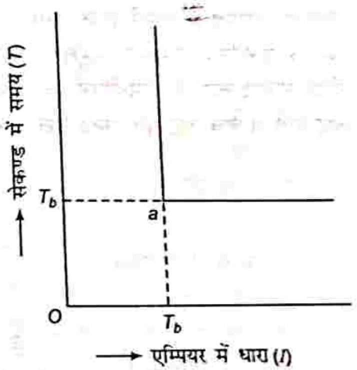
(ix) चुम्बकीय क्षेत्र विसर्जन प्रतिरोधक रक्षण (A magnetic field discharge resistor protection)—प्रस्तुत रक्षण योजना का प्रयोग भी प्राय: शंट फील्ड वाली डी० सी० मोटरों के लिये होता है और यह शंट फील्ड, सर्किट के खुलने पर क्रियान्वित होकर अर्थात् प्रचालित होकर, इसमें उत्पादित अति उच्च प्रेरित विद्युत वाहक बल के शंट फील्ड के विद्युतरोधन की रक्षा करती है।

विसर्जन प्रतिरोधक (discharge resistor) का ओह्मिक मान, शंट फील्ड रजिस्टेंस के एक गुने से लेकर तीन गुने तक ना चाहिए। यदि मोटर परिपथ में शंट फील्ड के तीन गुने ओह्मिक मान विसर्जन प्रतिरोधक का प्रयोग किया जाता है; तब शंट ल्ड सर्किट के खुलने पर, इसके एक्रॉस नार्मल लाइन वोल्टेज का लगभग चार गुणा प्रेरित विद्युत-वाहक बल (emf) उत्पन्न

होगा। यह फील्ड के इंडक्टेंस के कारण उत्पन्न होता है। शंट फील्ड वाइंडिंग के इन्सुलेशन को नष्ट होने से रोकने (बचाने) के लिए, इस प्रेरित वोल्टेज का सीमित (कम) होना नितांत आवश्यक है। इसी उद्देश्य से फील्ड डिस्चार्ज रजिस्टर प्रोटेक्शन का प्रयोग किया जाता है।

6.20 चुम्बकीय प्ररूपी डेश-पॉट सहित अतिभार रिले (Magnetic type Overload Relay with Dash pot)

प्रस्तुत रिले को एक प्लंजर पर मोटर-धारा की प्रत्यक्ष चुम्बकीय क्रिया द्वारा प्रचालित (operate) किया जाता है। यह रिले, मोटर परिपथ में संयोजित एक श्रेणी कुण्डली (series coil) तथा एक डूबक (plunger) का बना होता है। इस कुण्डली (coil) से होकर गुजरने वाली मोटर-धारा जब बढ़कर एक निश्चित मान पर पहुँचती है, तब चुम्बकीय प्रभाव से एक प्लंजर इस कुण्डली के केन्द्र में ऊपर की ओर खिंचकर उठ जाता है। जब कुण्डली के अन्दर प्लंजर ऊपर की ओर उठता है, तब मोटर का सम्पर्क, कुण्डली परिपथ (contractor coil circuit) को खोलता हुआ तथा मोटर को सप्लाई लाइन से असंयोजित करता हुआ एक सम्पर्क ट्रिप (कट) हो जाता है। कुण्डली के सापेक्ष प्लंजर की प्रारम्भिक स्थिति, को व्यवस्थित करके, ट्रिपिंग को परिवर्तित किया जा सकता है। प्लंजर से एक लघु ऑयल डेश-पॉट लगाकर ट्रिपिंग से टाइम-डिले प्राप्त किया जाता है। टाइम-डिले को व्यवस्थित करने की आवश्यकता इसीलिए होती है, ताकि मोटर की बढ़ती हुई स्टार्टिंग करन्ट पर ओवरलोड रिले ट्रिप न हो परन्तु मोटर के कुछ देर तक ओवरलोड रहने के बाद ट्रिप हो।



चित्र 6.18 : मैग्नेटिक ओवर प्रोटेक्शन सिस्टम की ट्रिप-टाइप कैरेक्टेरिस्टिक्स

चित्र 6.18 में मैग्नेटिक ओवरलोड रिले की ट्रिप-टाइम कैरेक्टेरिस्टिक्स प्रदर्शित की गई है, जिसमें प्रचालन के लिये आवश्यक समय T_b दर्शाया गया है; जबकि प्रचालन धारा का मान T_b दर्शाया गया है। चूँकि स्विच अथवा कॉन्टेक्टर अपने सम्पर्कों (contact) को कमानी-बल (spring force) के विरुद्ध खोलते हैं; इसलिए प्रचालन का कुल समय स्थिर (constant) रहता है, जैसा कि अभिलक्षण से स्पष्ट है।

6.21 चुम्बकीय प्ररूप डेश-पॉट अतिभार रिले की यथार्थता की निर्भरता (Dependency of accuracy of magnetic type dash pot overload relay)

प्रस्तुत रिले की यथार्थता (accuracy) निम्न घटकों पर निर्भर करती है—

(i) ऑयल डेश-पॉट के पिस्टन तथा सिलिण्डर के अंत: पृष्ठ के बीच अन्तराल (clearance)

(ii) डेश-पॉट के ऑयल की श्यानता (viscosity of oil)

(iii) डेश-पॉट के ऑयल का तापक्रम (temperature)

(iv) अन्य बाह्य स्थितियाँ (other extraneous conditions)

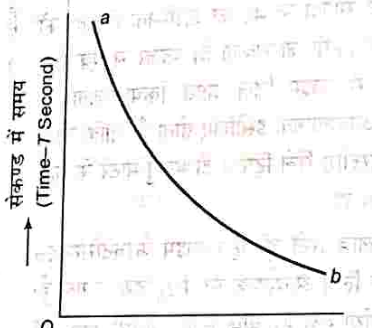
उपर्युक्त कारणों से इस ओवर-लोड रिले की यथार्थता (accuracy) सीमित है, अर्थात् कम है। इसके स्थान पर 'थर्मल/टेम्परेचर' ओवरलोड रिले का प्रयोग किया जाता है।

6.22 तापीय अतिभार रिले अथवा ऊष्मीय अतिभार रिले (Temperature overload relay or thermal over-load relay)

प्रस्तुत रिले तापक कुण्डली (heater coil) का बना होता है। इस तापक कुण्डली को सिर्फ तापक (heater) तथा तापन अवयव (heating element) भी कहते हैं। यह तापक प्रत्यक्ष, मोटर की सप्लाई लाइन में संयोजित रहता है और यह इसमें से गुजने वाली मोटर की भार धारा क मात्रा (i^2rt) के अनुसार तप्त (गर्म) होता है। इस तापक के ठीक ऊपर एक द्विधात्विक पत्ती

(bimetallic strip) व्यवस्थित रहती है, जिसे ऊष्मा-स्थैतिक या ताप स्थैतिक धातु की पत्ती (strip of thermostatic metal) भी कहते हैं। इस द्विधात्विक का एक सिरा कसा (जकड़ा) हुआ रहता है और दूसरा सिरा हिलने-डुलने अर्थात् गति करने के लिये स्वतन्त्र रहता है।

द्विधात्विक पत्ती, जिसे ताप स्थैतिक धातु की पत्ती कहते हैं, अलग-अलग धातुओं से निर्मित, दो पत्तियों की बनी हुई होती है, जो एक-दूसरे से सदा चिपकी हुई रहती है। परस्पर चिपकी (जुड़ी) हुई दोनों पत्तियों की धातुओं का रेखीय प्रसार गुणांक (coefficient of linear expansion) पृथक-पृथक होता है; इसलिए यह पत्ती गरम होने पर मुड़ (झुक) जाती है। चूँकि इस पत्ती का एक सिरा मजबूती से कसा (जकड़ा) रहता है; इसलिये सम्पूर्ण हलचल (movement) स्वतन्त्र सिरे पर प्राप्त होती है। जब धातुयें ठण्डी होती हैं; तब पत्ती के स्वतन्त्र सिरे की स्थिति, ट्रिगर (trigger) को ट्रिप होने से रोकता है। इस ट्रिगर पर ही नियन्त्रण परिपथ के सम्पर्क टिके (सधे) रहते हैं। मोटर की अतिभार की स्थिति में, जब भार धारा अधिक होती है, तब भार धारा के एक निश्चित मान पर पहुँचते ही द्विधात्विक पत्ती गर्म होकर मुड़ जाती है और ट्रिगर ट्रिप कर जाता है। परिणामस्वरूप मोटर सप्लाई लाइन में असंयोजित (disconnect) हो जाती है। इस प्रकार मोटर अतिभार पर अधिक धारा के कारण, जलकर नष्ट होने से बच जाती है। प्रस्तुत रिले, उक्त मैग्नेटिक टाइप डेश-पॉट ओवरलोड रिले से श्रेष्ठ समझा जाता है।



चित्र 6.19 : थर्मल ओवरलोड रिले प्रोटेक्शन सिस्टम की ट्रिप-टाइप कैरैक्टेरिस्टिक्स

थर्मल ओवरलोड प्रोटेक्शन सिस्टम की सबसे बड़ी विशेषता यह है कि यह प्रोटेक्शन सिस्टम, अन्य प्रोटेक्शन सिस्टमों की अपेक्षा कम ओवरलोड की स्थिति में ही प्रचालित (operate) होना प्रारम्भ कर देता है। चित्र 6.19 में थर्मल ओवरलोड रिले की ट्रिप टाइप कैरैक्टेरिस्टिक्स प्रदर्शित की गई है।

6.23 ऊष्मीय अथवा तापीय अतिभार रिले से लाभ

(i) थर्मल रिले की यथार्थता (accuracy) उच्च होती है।

(ii) इसके प्रचालन अभिलक्षण भली-भाँति परिभाषित होते हैं।

(iii) इसके लिये, एक ऐसे तापक का अभिकल्प करना अधिक सम्भव है, जो द्विधात्विक पत्ती के तापक्रम को उसी दर से बढ़ा सके, जिस दर से उसके साथ प्रयुक्त मोटर का तापक्रम बढ़ता है।

(iv) थर्मल रिले को इस प्रकार से व्यवस्थित करना भी सुगम होता है कि जब मोटर का तातक्रम अनुमत अधिकतम मान पर पहुँचे, तब तक नियन्त्रक सम्पर्कों को ट्रिप कर दे।

(v) चूँकि ऊष्मा को तापक (heater) से द्विधात्विक पत्ती (strip) तक संचालित होने (पहुँचने) में भी कुछ समय लगता है; परन्तु यह इतने कम समय के लिए बढ़ने वाली क्षणिक धारा (momentary current) से प्रभावित नहीं होता।

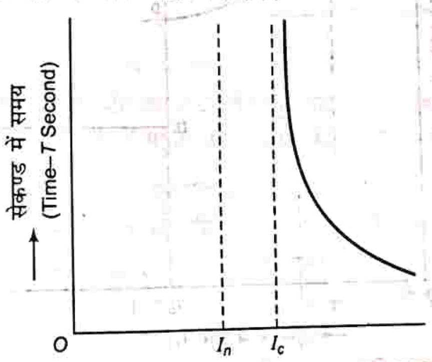
(vi) इस रिले को इस प्रकार से व्यवस्थित करना भी सम्भव है कि बिना रिले ट्रिपिंग के सामान्य धारा की 6 से 10 गुनी बढ़ती हुई आरम्भन धारा (starting current) के साथ मोटर को आरम्भ (start) करना भी सम्भव है।

(vii) इस रिले की अभिलक्षणों (characteristics) विपर्यय समय सीमा (inverse time limit) प्ररूपी होती है; इसलिए जितनी ही अधिक, अतिभार धारा होगी, उतनी ही कम रिले का प्रचालन समय होगा, अर्थात् अधिक अतिभार की स्थिति में रिले-टाइम कम होगा।

6.24 लघुपथ रक्षण प्रदोष युक्ति अर्थात् संगलक या फ्यूज (Short Circuit Fault Protection Device i.e., Fuse)

सामान्यतः यह बात सर्वमान्य है कि मोटर परिपथ में फ्यूज का प्रयोग अवश्य किया जाना चाहिए। परन्तु प्रयुक्त फ्यूज की रेटिंग सम्बन्धित मोटर की आरम्भन धारा की अपेक्षा समुचित रूप से उच्च होनी चाहिए; अन्यथा मोटर के आरम्भ (start) करते समय ही उच्च आरम्भन धारा (high starting current) के कारण फ्यूज पिघल कर गिर (उड़) जायेगा। इसी कारण फ्यूज सम्बन्धित (concerning) मोटर को अति भार पर रक्षण प्रदान नहीं कर पाते। परिणामस्वरूप फ्यूज मोटर के अतिभार रक्षण (o.l. protection) के लिये सही साबित नहीं होते। फ्यूज केवल मोटर के लिये लघुपथ (short circuit) पर ही रक्षण प्रदान करने में सफल होते हैं। वास्तव में फ्यूज का प्राथमिक उद्देश्य मोटर के परिपथ को सुरक्षा प्रदान करना है, न कि प्रत्यक्ष मोटर को।

विदित है कि थर्मल रिले (टेम्परेचर रिले) तथा मैग्नेटिक टाइम डेश-पॉट रिले का प्रचालन, समय पर निर्भर करता है; इसलिये ये दोनों ही प्रकार के रिले लघुपथ रक्षण (short circuit protection) प्रादन करने के लिये उपयुक्त नहीं हैं। अतः लघुपथ रक्षण प्रदान करने के मुख्य सप्लाई लाइनों में फ्यूजों को लगाया जाता है। इन फ्यूजों को लगाते समय, इस बात का विशेष रूप से ध्यान रखा जाता है कि रेटिंग, मोटर की आरम्भन धारा (starting current) से समुचित रूप से उच्च होनी चाहिए; ताकि ये मोटर की आरम्भन धारा पर भली-भाँति टिक सकें।



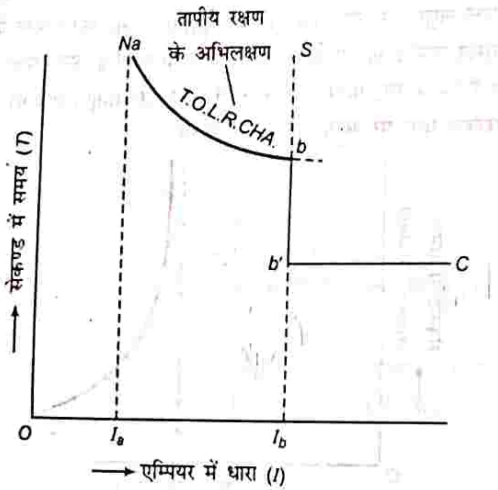
चित्र 6.20 : फ्यूज प्रोटेक्शन सिस्टम की करन्ट-टाइम कैरैक्टेरिस्टिक्स

जहाँ पर, अर्थात् जिन स्थानों पर फ्यूज, मोटर की आरम्भ धारा को धारण करने में असफल रहता है, अर्थात् आरम्भन धारा पर टिक सकने में असमर्थ साबित होता है और जहाँ पर स्थान की कमी उच्च रेटिंग के फ्यूजों को रोकती है, अर्थात् जहाँ पर स्थान की कमी के कारण उच्च रेटिंग के फ्यूजों का प्रयोग करना उचित नहीं होता और जहाँ पर यह भली-भाँति विदित है कि फ्यूज प्रयोग करने के अलावा अन्य कोई उचित विकल्प नहीं है; वहाँ पर, अर्थात् उन स्थानों पर टाइम लैग फ्यूजों का प्रयोग करना ही अति उचित समझा जाता है। इन बाद वाले फ्यूजों का टाइम लेग अधिक बढ़ाने के लिए, इनके फ्यूजिंग एलीमेंट को थर्मली वेटड (thermally weighted) किया जाता है; परन्तु इनकी प्रचालन निर्धारण (operating) परिवर्तित नहीं की जाती। वह ज्यों की त्यों रहती है।

चित्र 6.20 में फ्यूज की धारा समय अभिलक्षण प्रदर्शित की गई है। इसमें फ्यूज की क्रान्तिक धारा (critical current) को I_c से प्रदर्शित किया गया है और फ्यूज की क्रान्तिक रहित धारा (non-fusing current) को I_n से प्रदर्शित किया गया है। फ्यूज की I_n रेटिंग को प्रायः इसकी I_c रेटिंग का लगभग 60 से 90 प्रतिशत तक लिया जाता है। फ्यूज को यदि इसके क्रान्तिक धारा मान I_c के लिए निर्धारित (rated) किया गया हो, तो यह थोड़ा अतिभार (slight overload) पर पिघलेगा। यदि कम समय के लिए थोड़ा-सा अतिभारन रहा हो, तो यह उपकरण के लिए नुकसानदायक नहीं होगा; क्योंकि थोड़े से समय के लिए अतिभारन, उपकरण द्वारा सहन किया जा सकता है; परन्तु अधिक समय के लिए अतिभारन उपकरण द्वारा सहन करना सम्भव या मुनासिब नहीं है। यही कारण है कि फ्यूज के सामान्य निर्धारण (normal rating) को क्रान्तिक मान (critical value) से कम किया जाता है।

6.25 इंडक्शन मोटर की रक्षा के लिये तापीय अतिभार रिले तथा चुम्बकीय अतिभार रिले का सहयोग (Co-ordination of thermal overload relay and magnetic overload relay for induction motor protection)

जब थर्मल रिले तथा मैग्नेटिक रिले दोनों ही अतिभार रक्षण (overload protections) एक साथ किसी एक ही वैद्युत परिपथ में प्रयोग की जाती हैं तब दोनों ही के लिए स्थापन धारा (setting current) पृथक्-पृथक् रखी जाती है और इसमें थर्मल प्रोटेक्शन की अपेक्षा, मैग्नेटिक प्रोटेक्शन के लिये, स्थापन धारा (setting current) अधिक रखी जाती है, जैसा कि चित्र 6.21 से स्पष्ट है।

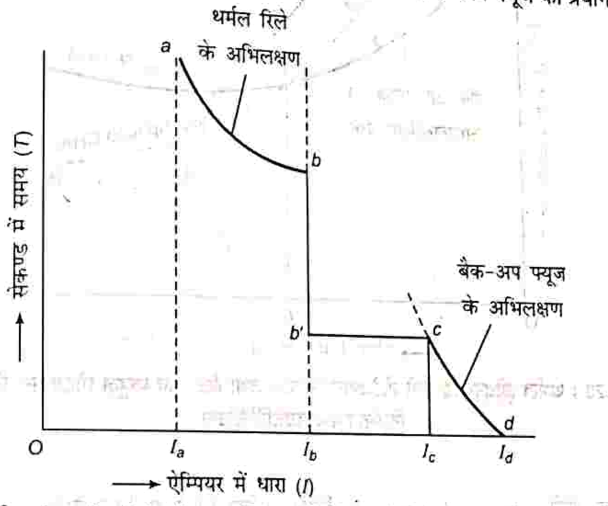


चित्र 6.21 : थर्मल ओवरलोड रिले प्रोटेक्शन सिस्टम तथा मैग्नेटिक ओवरलोड रिले प्रोटेक्शन सिस्टम की ट्रिप टाइम कैरैक्टेरिस्टिक्स

चित्र 6.21 में कर्व ab थर्मल प्रोटेक्शन की कैरेक्टेरिस्टिक्स प्रदर्शित करता है और कर्व $b'c$ मैग्नेटिक प्रोटेक्शन की कैरेक्टेरिस्टिक्स को दर्शाता है। समय पर निर्भर करती हुई I_b से निम्न मान की धारा पर थर्मल प्रोटेक्शन प्रचालित होती है और समय पर निर्भर न करती हुई I_o से उच्च मान की धारा पर मैग्नेटिक प्रोटेक्शन प्रचालित होती है। इस प्रकार मैग्नेटिक प्रोटेक्शन कॉस्टेंट टाइम लैग (constant time lag) के साथ प्रचालित होता है।

6.26 इंडक्शन मोटर की रक्षा के लिये तापीय अतिभार रिले, चुम्बकीय अतिभार रिले तथा समर्थक फ्यूज का सहयोग (Co-ordination of Thermal overload relay, magnetic overload relay and back-up fuse for induction motor protection)

विदित है कि स्विच या कॉन्टेक्टर की समुचित ब्रेकिंग कैपेसिटी की स्थिति में लघुपथ धाराओं (short circuit currents) के लिये मैग्नेटिक प्रोटेक्शन एक आदर्श रक्षण प्रणाली है; परन्तु इस समुचित ब्रेकिंग कैपेसिटी के लिये स्विच अथवा कॉन्टेक्टर अत्यधिक कीमती अथवा भार में भारी होगी। ऐसी स्थिति में सीमित ब्रेकिंग कैपेसिटी के स्विच अथवा कॉन्टेक्टर का चयन करना होता है और अधिक धारा के विरुद्ध आवश्यक रक्षण लागू करने के लिये ब्रेक-अप फ्यूज का प्रयोग करना होता है।



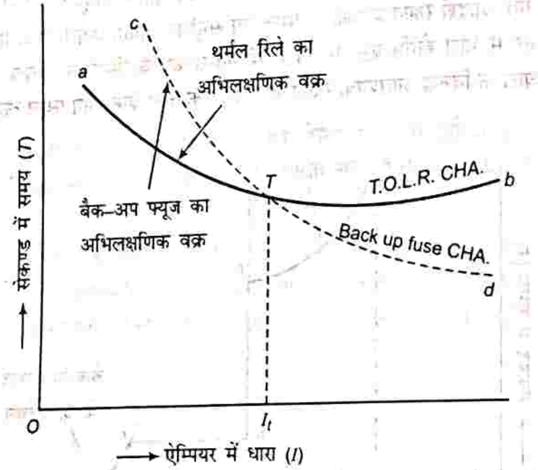
चित्र 6.22 : थर्मल ओवरलोड रिले प्रोटेक्शन सिस्टम मैग्नेटिक ओवरलोड प्रोटेक्शन सिस्टम तथा बैक-अप फ्यूज प्रोटेक्शन सिस्टम की संयुक्त (combined) ट्रिप-टाइम करैक्टेरिस्टिक्स

चित्र 6.22 में संयुक्त ट्रिप-टाइम कैरैक्टेरिस्टिक्स प्रदर्शित की गई हैं। इसमें ab, $b'c$ तथा cd कर्व क्रमशः थर्मल रिले, मैग्नेटिक रिले तथा बैक-अप फ्यूज की ट्रिप-टाइम कैरैक्टेरिस्टिक्स को प्रदर्शित करते हैं। इस चित्र के अनुसार धाराओं के I_a तथा I_b मानों के बीच थर्मल रिले (Thermal relay) कार्य करेगा और धाराओं के I_b तथा I_c मानों के बीच मैग्नेटिक प्रोटेक्शन अर्थात् रिले कार्य करेगा। धारा I_c के बाद ऊपर अर्थात् धाराओं के I_b तथा I_d मानों के बीच बैक-अप प्रोटेक्शन अर्थात् फ्यूज कार्य करेगा।

6.27 इण्डक्शन मोटर की रक्षा के लिये, तापीय अतिभार रिले तथा समर्थक फ्यूज का सहयोग (Co-ordination of thermal overload relay and back-up fuse for induction motor protection)

चित्र 6.23 में कर्व ab द्वारा थर्मल रिले (thermal relay) तथा कर्व cd द्वारा बेक-अप फ्यूज (back-up fuse) की ट्रिप-टाइप करैक्टेरिस्टिक्स प्रदर्शित की गई है। जब ''थर्मल रिले तथा बैक-अप फ्यूज'' दोनों ही रक्षण प्रणालियों (protection systems) को एक साथ परिपथ से मोटर की रक्षा के लिये प्रयोग किया जाता है, तब परिपथ में फ्यूज उच्च लघुपथ धाराओं (high start circuit currents) के विरुद्ध मोटर को सुरक्षा प्रदान करता है।

थोड़े से अतिभार (slight overload) के लिये थर्मल ओवरलोड रिले कार्य करेगा। चयनित फ्यूज की करन्ट रेटिंग इस प्रकार की होगी कि या मोटर की स्टार्टिंग करन्ट से प्रभावित नहीं होगी। I_T के निम्न धारा के मान पर थर्मल ओवरलोड रिले कार्य करेगा और इस मान पर बैक-अप फ्यूज निष्क्रिय (inert) अर्थात् अप्रभावित (unaffected) रहेगा; केवल I_T से उच्च धारा के मान पर ही बैक-अप फ्यूज कार्य करेगा।



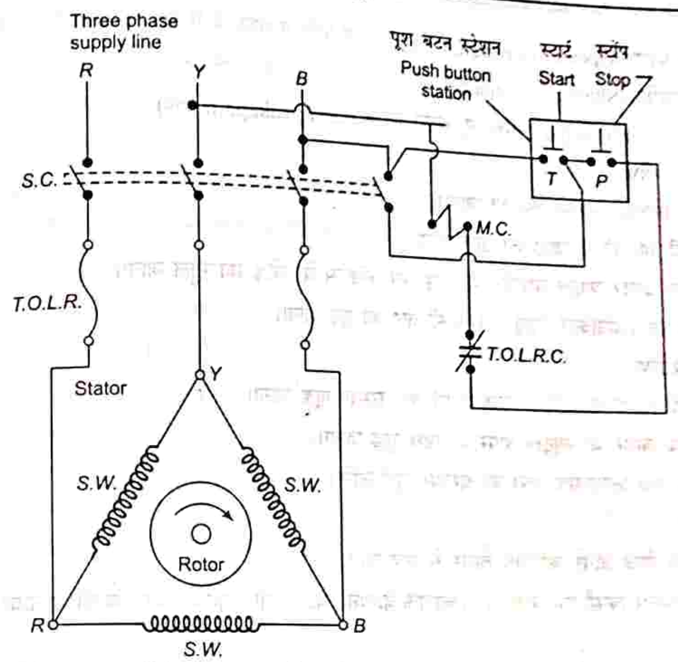
चित्र 6.23 : थर्मल ओवरलोड रिले प्रोटेक्शन सिस्टम तथा बैक-अप फ्यूज प्रोटेक्शन सिस्टम की ट्रिप-टाइम-कैरैक्टेरिस्टिक्स

दोनों अभिलक्षणिक वक्रों (*ab* and *cd* curves) पर स्थित अभीष्ट बिन्दु अर्थात् कॉमन पॉइंट *T* को ग्रहण बिन्दु (take over point) कहते हैं; क्योंकि इस बिन्दु *T* पर ही बैक-अप फ्यूज थर्मल ओवरलोड रिले को ग्रहण (take over) करता है।

6.28 त्रिकला प्रेरण मोटर के लिये निम्न या न्यून वोल्टता रक्षण प्रणाली
(Low or under voltage protection system for three phase induction motor)

चित्र 6.24 में थ्री-फेज स्क्वाइरल केज इण्डक्शन मोटर के लिये निम्न या न्यून वोल्टता रक्षण प्रणाली का परिपथ आरेख प्रदर्शित किया गया है। इसमें स्विच सम्पर्क S.C. मोटर के परिपथ को कार्यान्वित (handle) करता है। सामान्यतः यह मुख्य स्विच अपने सम्पर्कों (contactors) को खुले (open) रखता है। इन सम्पर्कों के साथ एक इन्टरलॉक-स्विच *I* होता है, जो स्विच सम्पर्कों के सम्पर्कित (closed) होने पर स्वयं भी बन्द (close) हो जाता है।

इस रक्षण परिपथ में एक पुश-बटन स्टेशन लगा होता है, जिसमें दो बटन होते हैं। एक स्टार्ट बटन (start-button) तथा दूसरा स्टॉप बटन (stop-button), होता है। स्टार्ट बटन कॉन्टेक्ट *T* सामान्यतः खुला (open) रहता है और स्टॉप बटन कॉन्टेक्ट *T* सामान्यतः बन्द (close) रहता है। जब स्टार्ट बटन को अँगूठे से दबाकर, सम्पर्क *T* को छणिक बन्द (momentarily closed) किया जाता है, तब सम्पर्क कुण्डली *MC*, जिसे चुम्बकीय कुण्डली (magnetic coil) भी कहते हैं, ऊर्जित हो जाती है और स्विच सम्पर्क *SC*, को बन्द कर देती है, जो साथ-साथ इण्टरलॉक सर्किट *I* को भी बन्द करती है। यहाँ पर यह बात ध्यान देने की है कि इण्टरलॉक *I*, स्टार्ट कॉन्टेक्ट *T* को समान्तरित करता है अर्थात् ये दोनों ही एक-दूसरे के पार्श्व या समान्तर (shunt or parallel) में संयोजित हो जाते हैं। इसलिए स्टार्ट बटन से ऊँगली हटाने पर, जब स्टार्ट सम्पर्क *T*



चित्र 6.24 : थ्री-फेज स्क्वाइरल केज रोटर टाइप इण्डक्शन मोटर के लिये, लो या अण्डर वोल्टेज प्रोटेक्शन सर्किट डायग्राम

खुला जाता है तब भी इण्टरलॉक सर्किट *I* से स्विच सम्पर्क लगा रहता है अर्थात् बन्द स्थिति (closed condition) में बना रहता है।

प्रदाय वोल्टता के चल जाने, अर्थात् असफल हो जाने (failure of supply voltage) की स्थिति में चुम्बकीय कुण्डली *MC* ऊर्जित नहीं रहती, अर्थात् अ-ऊर्जित (de-energized) हो जाती है और स्विच सम्पर्क *SC* खुल जाता है, जो साथ-साथ इण्टरलॉक सर्किट *I* को भी खोल देता है। जब प्रदाय वोल्टता (supply voltage) पुनः वापिस होती है, जब स्विच सम्पर्कक *SC* बन्द नहीं होता; जब तक कि स्टार्ट बटन को पुनः अँगुली या अँगूठे से दबाकर स्टार्ट कॉन्टेक्ट *T* को पुनः छणिक बन्द न किया जाये; अर्थात् मोटर को दुबारा चलाने के लिये स्टार्ट बटन को दबाना आवश्यक होगा।

6.29 घूर्णित या गतिक वैद्युत मशीनों में होने वाले दोषों का वर्गीकरण
(Classification of faults of Rotating or Dynamic Electrical Machines)

वैद्युत मशीनों के विभिन्न भागों में होने वाले दोषों को निमनलिखित तीन वर्गों में विभाजित किया जा सकता है—

1. वैद्युत प्रदोष (Electrical faults)
2. चुम्बकीय प्रदोष (Magnetic faults)
3. यान्त्रिक प्रदोष (Mechanical faults)

1. वैद्युत प्रदोष (Electrical faults)—वैद्युत मशीनों के वैद्युत परिपथ से सम्बन्धित प्रदोष को वैद्युत प्रदोष कहते हैं। इस प्रकार वैद्युत प्रदोष प्रायः वैद्युत परिपथ में ही होते हैं। अतः धारा प्रवाहित होने वाले परिपथ में ही होते हैं। वैद्युत प्रदोष प्रायः तीन प्रकार के होते हैं।

(i) खुलापथ प्रदोष (Open circuit faults)

(ii) लघुपथ प्रदोष (Short circuit faults)

(iii) भू-प्रदोष (earth faults) अथवा भू-क्षरण प्रदोष (earth leakage faults)

(i) खुलापथ प्रदोष

(अ) किसी धारावाही चालक का टूट जाना।

(ब) धारावाही चालकों के जोड़ का खुल जाना।

(स) मशीन के अन्दर काइल वांइडिंग में जोड़े गये कॉइल्स के जोड़ का खुल जाना।

(द) संयोजन तार (कनेक्टिंग लीड़) में किसी तार का टूट जाना।

(ii) लघुपथ प्रदोष

(अ) किन्हीं दो या दो से अधिक फेज वायर्स का परस्पर जुड़ जाना।

(ब) किसी एक वायर का न्यूट्रल वायर के साथ जुड़ जाना।

(स) धनात्मक तथा ऋणात्मक तारों का परस्पर जुड़ जाना।

(iii) भू-प्रदोष

(अ) किसी एक फेज वायर का अर्थ वायर से जुड़ जाना।

(ब) मशीन के अन्दर किसी धारावाही अंग (चालक या वर्त) का किसी भूयोजित अंग (बॉडी या कवर) से सम्पर्कित हो जाना।

(स) सिरा संयोजित तार में फेज तथा अर्थ वायर्स का परस्पर जुड़ जाना आदि।

2. चुम्बकीय प्रदोष (Magnetic faults)—वैद्युत मशीनों में चुम्बकीय परिपथ से सम्बन्धित प्रदोष को चुम्बकीय प्रदोष कहते हैं। इस प्रकार चुम्बकीय प्रदोष प्रायः चुम्बकीय परिपथ में ही होते हैं अर्थात् चुम्बकीय फ्लक्स स्थापित होने वाले परिपथ में होते हैं।

(i) इलेक्ट्रिकल मशीन में आयरन कोर के लेमिनेशस के बीच विद्युतरोधन (Insulation) का नष्ट हो जाना।

(ii) इलेक्ट्रिकल रोटेटिंग मशीन में स्टेटर तथा रोटर के बीच वायु-अन्तराल (airgap) का असमान हो जाना।

3. यान्त्रिक प्रदोष (Mechanical faults)—वैद्युत मशीनों में यान्त्रिक अंगों से सम्बन्धित प्रदोष को यान्त्रिक प्रदोष कहते हैं अर्थात् यान्त्रिक अंगों में होने वाली टूट-फूट, तिरकन-चटखन, खिसकन-फिसलन, अन्तरण-स्थानान्तरण आदि विकृतियों को यान्त्रिक प्रदोष कहते हैं।

(i) रोटेटिंग मशीन की शाफ्ट का टेढ़ी-मेढ़ी (bend) हो जाना।

(ii) रोटेटिंग मशीन का सरेखण (alignment) सही न होना।

(iii) रोटेटिंग मशीन के धुरे (shaft) की मोटाई कम हो जाना।

(iv) स्नेहन व्यवस्था (lubrication system) एवं बियरिंगों में दोष।

(v) मशीन की सिरा प्लेटों में दोष।

(vi) वायु संचरण एवं शीतलन व्यवस्था में दोष।

(vii) मशीन के फाउण्डेशन वोल्टों का दीला (lose) हो जाना

(viii) ब्रुश व्यवस्था में दोष

(ix) अपकेन्द्रीय स्विच में दोष

(x) मशीन के नट बोल्ट का खुलकर गिर जाना।

विद्युत मशीनों के दोष (Faults of Induction Motor)

प्रेरण मोटर में होने वाले दोष निम्न प्रकार हैं।

1. स्टेटर कुण्डलन में दोष (Staton winding fault)
2. रोटर में दोष (Roton fault)
3. यान्त्रिक दोष (Mechanical fault)

1. स्टेटर कुण्डलन में दोष : प्रेरण मोटर के स्टेटर में निम्न दोष उत्पन्न हो सकते हैं—।

(अ) खुला परिपथ दोष (Open ckt fault)

(ब) लघुपथन दोष (Short ckt fault)

(स) भू-दोष (Earth fault)

(द) विद्युतरोधन क्षरण दोष (Insulation leakage fault)

(य) कुण्डलनों के गलत संयोजन दोष (Wrong connection of winding fault)

(अ) खुला परिपथ दोष (Open ckt fault)—खुला परिपथ दोष कुण्डलियों में तार के टूटने के कारण, टर्मिनलों पर कुण्डलियों के सिरों (ends) के ढीला होने पर सम्पर्क ना होने के कारण या कुण्डलियों के सिरों (ends) पर तारों के संयोजन खुल जाने के कारण या टर्मिनलों पर जंग लगने के कारण कुण्डली सिरों पर टर्मिनल पर सम्पर्क ना होने के कारण होता है।

खुला परिपथ दोष को मेगर या टेस्ट लैम्प द्वारा ज्ञात किया जा सकता है यदि कुण्डली में खुला परिपथ दोष होगा तो मेगर अनन्त (in finite) पाठ्यांक प्रदर्शित करेगा तथा टेस्ट लैम्प का बल्ब प्रकाशित नहीं होगा।

(ब) लघुपथन दोष (Short ckt fault)—लघुपथन दोष दो कुण्डलियों के आपस में मिल जाने के कारण या कुण्डलनों के स्वयं के वर्तनों के आपस में मिल जाने के कारण हो सकता है।

कुण्डलनों के आपस में लघुपथन दोष को मेगर या टेस्ट लैम्प द्वारा पता लगाया जा सकता है। यदि मेगर को दो अलग-अलग फेजों से सम्बन्धित कुण्डलनों के मध्य संयोजित करने पर शून्य पाठ्यांक देता है तो मोटर में लघुपथन दोष है तथा टेस्ट लैम्प द्वारा करने पर यदि लैम्प प्रकाशित होता है तो लघुपथन दोष है।

यदि कुण्डलनों के स्वयं के वर्तनों में लघुपथन दोष है तो इस दोष की जाँच ऐमीटर तथा वोल्टमीटर द्वारा की जा सकती है। ऐमीटर द्वारा जाँच करने पर दोषी कुण्डली में धारा का मान अधिक होगा जबकि अन्य कुण्डली में धारा का मान कम होगा। वोल्टमीटर द्वारा जाँच करने पर दोषी कुण्डली के पार्श्व में वोल्टतापात कम होगा तथा ओहम मीटर द्वारा प्रतिरोध नापने पर दोषी कुण्डली का प्रतिरोध-कम होगा।

(स) भू-दोष (Earth fault)—कुण्डली का मोटर योक या बाडी से सम्पर्क होने पर यह दोष उत्पन्न होता है।

भू-दोष की जाँच मेगर या टेस्ट लैम्प के द्वारा की जा सकती है। मेगर द्वारा भू-दोष की जाँच करने पर मेगर का एक सिरा कुण्डली के किसी सिरे से तथा दूसरा सिरा बाडी से लगाने पर यदि मेगर शून्य पाठ्यांक देता है तो भू-दोष है। मेगर के स्थान पर अगर हम भू-दोष की जाँच टेस्ट लैम्प के द्वारा करते हैं। तो टेस्ट लैम्प का एक तार कुण्डली से तथा दूसरा तार मोटर की बाडी से लगाने पर यदि टेस्ट लैम्प जलता है तो भू-दोष है।

(द) विद्युतरोधन क्षरण दोष (Insulation leakage fault)—इस दोष के होने का मुख्य कारण कुण्डली में नमी पहुँचना या कुण्डली का बहुत पुराना हो जाना होता है।

विद्युतरोधन क्षरण दोष की जाँच मेगर के द्वारा की जाती है। इस जाँच में मेगर का एक सिरा कुण्डली से तथा दूसरा सिरा मोटर के योक के साथ संयोजित करने पर यदि मेगर का पाठ्यांक बहुत कम अर्थात् शून्य से थोड़ा सा ही अधिक है तो मोटर के अन्दर विद्युतरोधन क्षरण दोष है।

(य) कुण्डलनों के गलत संयोजन दोष (Wrong connection winding fault)—मोटर की कुण्डली के संयोजन स्टार या डेल्टा में होते हैं। यदि तीनो फेजों में से एक फेज के संयोजन विपरीत होंगे तो मोटर अधिक धारा लेगी तथा मोटर की गति भी कम हो जायेगी।

2. रोटर में दोष (Rotor Fault)—प्रेरण मोटर में दो प्रकार के रोटर उपयोग किये जाते हैं।

(अ) पिन्जरा प्रारूपी रोटर (Squirrel cage type rotor)

(ब) फेज वेष्ठित (Phase wound type rotor) प्रारूपी रोटर।

(अ) पिन्जरा प्रारूपी रोटर (Squirrel cage type rotor)

पिन्जरा प्रारूपी रोटर में एल्यूमीनियम या कॉपर की छड़ें खांचों में लगी रहती हैं तथा दोनों सिरों पर चालक धातु रिंगों द्वारा एल्यूमीनियम तथा कापर की छड़ों को लघुपथित किया जाता है। इन मोटरों में सामान्य दोष रोटर पर लगने वाले अपकेन्द्री बल के कारण छड़ों का सिरा रिंगों से अलग हो जाना हो सकता है। यदि रोटर में एल्यूमीनियम की छड़ उपयोग की गई है तो अपकेन्द्री बल के कारण एल्यूमीनियम की छड़ों के टूटने की सम्भावना हो सकती हैं। उपरोक्त दोष को ध्यानपूर्वक निरीक्षण करके या ओह्म मीटर द्वारा प्रतिरोध मापकर ज्ञात किया जा सकता है। यदि छड़ टूटी हुई है तो अनन्त प्रतिरोध प्राप्त होगा तथा इस दोष के कारण रोटर में अधिक ताप उत्पन्न हो सकता है जिसके कारण रोटर की गति घट जायेगी।

(ब) फेट वेष्ठित प्रारूपी रोटर (Phase wound Type Rotor)

फेज वेष्ठित प्रारूपी रोटर में निम्नलिखित दोष उत्पन्न हो सकते हैं।

(i) खुला परिपथ दोष (2) लघुपरिपथ दोष (3) स्लिप रिंग दोष

(ii) खुला परिपथ दोष : इस दोष के होने के निम्न कारण हो सकते हैं—

(i) रोटर की किसी एक कुण्डली में तार का टूट जाना।

(ii) किसी फेज का स्लिप रिंग से संयोजन का खुला होना या ढीला होना।

(iii) रोटर स्टार्टर के तीनों प्रतिरोधों में उचित सम्पर्क का ना होना।

उपरोक्त दोषों को परीक्षण करने के लिये रोटर तथा स्टार्टर के संयोजन हटा दिये जाते हैं तथा रोटर कुण्डली के किन्हीं दो फेजों के बीच में मेगर या टेस्ट लैम्प को संयोजित करने के उपरान्त यदि मेगर अनन्त पाठ्यांक प्रदर्शित करता है तथा टेस्ट लैम्प प्रकाशित नहीं होता है तो खुला परिपथ दोष है। इस दोष के होने के कारण मोटर बहुत धीमी गति से प्रारम्भ होती है तथा लोड लगाने पर मोटर की गति और कम हो जाती है।

2. लघुपरिपथ दोष—रोटर की किन्हीं दो फेजों की कुण्डली के आपस में मिल जाने के कारण यह दोष उत्पन्न होता है या रोटर की किसी एक कुण्डली के वर्तनों के आपस में मिल जाने के कारण भी यह दोष उत्पन्न हो सकता है। इस दोष को मल्टीमीटर द्वारा ज्ञात किया जा सकता है। इस दोष में दोषी फेजों या फेज के मध्य प्रतिरोध मापने पर कम प्रतिरोध प्राप्त होता है तो रोटर में लघुपरिपथ दोष उपलब्ध है या दोषों फेजों या फेज के मध्य धारा का मान उच्च होगा। तथा इस दोष के होने के कारण मोटर झटके के साथ प्रारम्भ होती है।

3. स्लिप रिंग दोष—यह दोष ब्रुशों का लिप रिंगों के साथ ठीक प्रकार से सम्पर्क ना बनने के कारण या ब्रशों के होल्डरों के साथ चिपके रहने के कारण या स्लिप रिंगों पर कार्बन जम जाने के के कारण होता है। इस दोष के कारण स्लिप रिंगें गर्म हो जाती हैं तथा लोड़ पर मोटर की गति घट जाती हैं। इस दोष को ब्रुश तथा स्लिप रिंग के मध्य सही सम्पर्क बनाकर दूर किया जा सकता है।

4. यान्त्रिक दोष (Mechanical fault)—प्रेरण मोटर में निम्न यान्त्रिक दोष हो सकते हैं।

(i) बियरिंग एवं स्नेहन व्यवस्था में दोष

(ii) सिरा प्लेटों में दोष

(iii) वायु संचरण एवं शीतलन व्यवस्था में दोष

(iv) यान्त्रिक भागों में दोष

(v) ब्रुश व्यवस्था में दोष

1. बियरिंग एवं स्नेहन व्यवस्था में दोष—स्नेहन व्यवस्था में कमी के कारण बियरिंग गर्म होने लगते हैं जिसके कारण मशीन के अन्य भाग प्रभावित होते हैं। मशीन का अधिक तापमान बढ़ने के कारण विद्युतरोधित तार चालकों को हानि हो सकती है। बियरिंग में दोष मुख्यत: दोषी स्नेहक का प्रयोग तथा लम्बे समय तक मशीनों का ओवरहॉल ना होना होता है।

2. सिरों प्लेटों में दोष—यदि सिरा प्लेटे ठीक प्रकार से नहीं लगी हैं तो मशीनों के घूमने वाले भाग से टकराने के कारण आवाज करती है या नट बोल्ट ढीले होने के कारण भी सिरा प्लेटें आवाज करती हैं।

3. वायु संचरण एवं शीतलन व्यवस्था में दोष—मशीन को ठंडा रखने के लिये वायु संचरण एवं शीतलन की व्यवस्था की जाती है, परन्तु व्यवस्था में दोष होने के कारण मशीन शीघ्र गरम हो जाती है, जिससे मशीन की दक्षता घट जाती है तथा अधिक समय तक गरम अवस्था में चलने के कारण मशीन के कुण्डलनों तथा अन्य भागों की विद्युतरोधन सामर्थ्य घट सकती है।

4. यान्त्रिक भागों में दोष—मशीन के घूमने वाले भागों का ढीला बंधा होना, शाफ्ट का टेढ़ा होना, झुका होना या घूर्णक भाग का असन्तुलित होना यान्त्रिक दोष के अन्तर्गत आते हैं।

5. ब्रुश व्यवस्था में दोष—ब्रुश का ठीक प्रकार से सम्पर्क न करना, सम्पर्क सतह पर चिंगारी का बनना, ब्रुश दोष के अन्तर्गत आते हैं।

Fault of Alternators

प्रत्यावर्तकों के सामान्य दोष—प्रत्यावर्तक भी प्रेरण मोटर के समान घूर्णी तथा गतिक वैद्युत मशीन है। इनमें उत्पन्न होने वाले दोष भी उसी प्रकार के होते हैं। प्रत्यावर्तक के स्टेटर में प्रेरण मोटर के स्टेटर के समान दोष उत्पन्न होते हैं तथा प्रत्यावर्तक के रोटर में दिष्टधारा मशीनों के क्षेत्रों में उत्पन्न दोष के समान होते हैं। संक्षिप्त में प्रत्यावर्तक में निम्नलिखित प्रकार के दोष हो सकते हैं—

(अ) खुला परिपथ दोष—स्टेटर में खुला परिपथ एवं उनके सम्भावित कारण, प्रेरण मोटरों के स्टेटर के समान हैं तथा रोटर में खुला परिपथ दोष दिष्टधारा मोटर के क्षेत्र के समान है।

(ब) लघुपरिपथ दोष—प्रत्यावर्तक के स्टेटर में होने वाले दोष प्रेरण मोटर के स्टेटर के समान ही है।

(स) भू-दोष—यह प्रेरण मोटर तथा दिष्टधारा मशीनों के समान ही है तथा इसके सम्भावित कारण तथा उपचार भी उसी प्रकार हैं।

(द) अतितापन—प्रत्यावर्तक में अतितापन निम्न कारणों से होता है—

(i) प्रत्यावर्तक का उचित संवातन न होने के कारण अति-तापन हो सकता है, इसके लिए शीतलन वाहिनियां तथा शीतलन पंखों की जाँच की जानी चाहिए।

(ii) प्रत्यावर्तक के किसी फेज या तीनों फेजों पर अधिभार निम्न के लिए अतितापन हो सकता है। इसके लिए समय-सयम पर प्रत्येक फेज पर लोड की जाँच करते रहना चाहिए।

(य) त्रिफेजी प्रत्यावर्तक में अधिक संख्या में एक फेजी लोड आने के कारण **ऋणात्मक अनुक्रम दोष** विकसित हो जाते हैं। इससे विद्युत प्रणाली में असन्तुलन बढ़ जाता है।

(फ) सयान्त्रिक दोष—प्रत्यावर्तक में यह दोष निम्न कारणों से उत्पन्न होते हैं—

(i) बियरिंग का उचित स्नेहन न होने के कारण, बियरिंग में घर्षण के कारण।

(ii) प्रत्यावर्तक की आधारशिला पर उचित स्थापन न होने के कारण।

(iii) रोटर या स्टेटर लैमिनेशन ढीला होने के कारण।

6.30 वैद्युत मोटरों का रक्षण (Protection of Electrical Motors)

वैद्युत मोटरों के असामान्य प्रचालन में मोटरों को अत्यधिक क्षति हो सकती है अतः असामान्य प्रचालन से मोटरों को क्षति से सुरक्षित करने हेतु रक्षण प्रदान करने के लिये मोटरों के असामान्य प्रचालन के कारणों का अध्ययन आवश्यक है।

वैद्युत मोटरों के असामान्य प्रचालन के कारण निम्न हैं—

(i) अधिभार (Over load)—मोटरों में अधिभार धारा प्रवाह के मुख्य कारण (अ) चालित यन्त्र पर अधिक भार आना, (आ) लाइन की वोल्टता कम होने से गति कम हो जाना या (इ) बहुकला निकाय के किसी चालक का टूट जाना या संयोजन ढीला हो जाने से मोटर की एकल कला की भाँति प्रदायन होना है।

बहुत कम समय के लिए मोटर के अधिभारण से मोटर को किसी प्रकार की क्षति की सम्भावना नहीं होती, किन्तु अधिक समय तक अधिभारण पर मोटर प्रचालन से अधिक मान की धारा प्रवाहन से अति ऊष्मन के कारण कुण्डलन तथा उनका वैद्युत रोधन जल सकता है।

अधिभार रक्षण (Over load protection)—मोटरों को अधिभार या अधिधारा से रक्षण प्रदान करने हेतु परिपथ में संगलक, वैद्युत चुम्बकीय रिले (Electromagnetic relay) या ऊष्मीय अधिभार रिले का परिस्थिति अनुसार प्रयोग किया जा सकता है। यद्यपि संगलक (Fuse) की अपेक्षाकृत अधिभार रिले का मूल्य अधिक होता है, किन्तु स्विच द्वारा परिपथ विवृत (Open) किया जाने पर रिले स्वतः ही पुनः तैनात (Reset) हो जाती है। रक्षी युक्ति (Protection device) का चयन मोटर की किलोवाट क्षमता, मोटर के प्ररूप, मोटर के कार्यों, मोटर के प्रवर्तन कार्य (Starting duties) तथा अधिभारण की प्रकृति के आधार पर किया जाता है।

(ii) विवृत कला रक्षण (Open phase protection)—वैद्युत लाइन का तार टूटने, परिपथ संगलक के संगलित होने अथवा किसी संयोजन के खुलने से विवृत कला दोष उत्पन्न होता है। मोटर की स्थिर अवस्था में किसी भी रूप में विवृत कला दोष उत्पन्न होने पर मोटर को प्रवृत (Start) करने हेतु प्रवर्तक (Starter) को परिचालित करने से शेष दो कलाओं के पार्श्व में संयोजित मोटर के स्थैतिक में बहुत अधिक मान की धारायें प्रवाहित होने से उत्पन्न ऊष्मन के कारण मोटर कुण्डलन, वैद्युत रोधन तथा स्थैतक क्रोड एवं भ्रमक क्रोड आदि जल सकती हैं। मोटर की चालित अवस्था में भी विवृत कला दोष की उत्पत्ति अर्थात् एकल कला (Single phasing) विकसित होने से भी भयानक स्थिति उत्पन्न हो सकती है। अतः विवृत कला उत्पन्न होते ही मोटर को वैद्युत प्रदाय से वियोजित कर देना चाहिये। यदि आवश्यक हो तो स्वतः वियोजन हेतु कला विफल रिले (Phase failure relay) को परिपथ में संयोजित करना चाहिये।

(iii) कला उत्क्रमण रक्षण (Phase reversal protection)—त्रिकलीय मोटरों के किन्हीं दो कला तारों के संयोजन अर्थात् कला क्रमण (Phase sequence) आपस में बदलने पर मोटर की गति की दिशा विपरीत हो जाती है। किन्हीं दो कलाओं के आपस में कला क्रमण बदलने को कला उत्क्रमण (Phase reversal) कहते हैं। उत्थपकों (Elevator), लिफ्टों (Lifts) तथा उद्योगों में मोटरों की कला उत्क्रमण से भयानक क्षति हो सकती है। परिपथ में कला उत्क्रमण रिले के उपयोग से मोटरों के परिचालन की अवधि में कला उत्क्रमण से रक्षण प्रदान किया जा सकता है।

(iv) विवृत क्षेत्र रक्षण (Open field protection)—वृहत क्षमता दिष्ट धारा मोटरों का चुम्बकीय क्षेत्र उत्तेजन (Magnetic field excitation) विफल होने पर मोटर अति उच्च गति प्राप्त कर लेता है जिसके परिणाम बहुत भयानक हो सकते हैं। जबकि लघु क्षमता मोटर अपने घर्षण आदि के कारण उच्च गति प्राप्त करने में असफल भी रह सकते हैं। अतः वृहत क्षमता के शन्ट एवं कम्पाउन्ड तथा तुल्यकाली मोटरों को विवृत क्षेत्र रक्षण प्रदान करने हेतु यदि उनके प्रवर्तकों (Starters) में विवृत क्षेत्र रक्षण युक्ति नहीं प्रदान की गई हो तो परिपथ में विवृत क्षेत्र रिले प्रदान कर विवृत क्षेत्र रक्षण प्रदान करना चाहिए।

(v) अधोवोल्टता रक्षण (Low voltage protection)—मोटरों की परिचालन अवधि में वैद्युत प्रदाय में व्यवधान होने से प्रदाय बन्द होकर मोटर रुक जाती है तथा व्यवधान समाप्त होने पर यदि सभी मोटरों के स्विच संवृत अवस्था (On position) में होंगे, तो मोटरों में अत्यधिक मान की धारा प्रवाहन से क्षति हो सकती है तथा अधोवोल्टता पर मोटरों के प्रचालन से उनकी गति कम होकर विपरीत वि०वा० बल का मान कम हो जाने पर भी मोटरों में अधिक मान की धारा प्रवाहित होने पर भी अति ऊष्मन से मोटरों को क्षति हो सकती है। अतः वोल्टता कम होने अथवा प्रदायन व्यवधान होने पर मोटरों के रक्षण हेतु प्रवर्तक (Starter) को विवृत (Off) करने हेतु प्रवर्तक में अधोवोल्टता मोचन (Low volt release) की व्यवस्था की जाती है।

(vi) अति ऊष्मन से रक्षण (Protection against over heating)—धारकों (Bearings), क्रोड, कुण्डलन तथा मशीनों के अन्य भागों के अति ऊष्मन के दुष्प्रभावों से रक्षण हेतु ताप-युग्मों (Thermo-couples) की स्थापना कर ताप-युग्म का संयोजन, मोटर को प्रदाय से वियोजित करने हेतु रिले से तथा प्रबोधन (Alarming) हेतु घण्टी (Alarm bell) से किये जाते हैं।

तालिका 6.1

प्रेरण मोटरों के दोष, उनके सम्भावित कारण तथा उनको दूर करने के लिये उपचार

IS : 900—1965 पर आधारित

क्रम संख्या	दोष (Trouble)	सम्भावित कारण (Probable cause)	उपचार (Remedy)
1.	त्रिफेजी मोटरों के सामान्य प्रचालन के समय तीनों फेजों में अलग-अलग लाइन धारायें हैं।	(i) असमान टर्मिलन वोल्टता हो सकती है।	(i) संयोजन तथा लीडों की जाँच करें।
		(ii) एक फेजी प्रचालन हो सकता है।	(ii) खुला परिपथ की जाँच कीजिये।
		(iii) वेष्ठित रोटर के नियन्त्रण प्रतिरोध के साथ दुर्बल सम्पर्क हो सकता है।	(iii) कन्ट्रोल युक्ति/स्टार्टर की जाँच कीजिये।
		(iv) वेष्ठित रोटर में ब्रुश सही स्थिति में नहीं लगे हैं।	(iv) देखें कि ब्रुश सही लगे हो।
2.	लोड पर चलते समय मोटर अति तप्त (over heat) हो जाता है।	(i) मोटर पर अधिक यान्त्रिक लोड हो सकता है।	(i) लोड कम कीजिये।
		(ii) मोटर का लोड पर चलते समय एक फेज खुल (open) गया है या विच्छेदित हो गया है।	(ii) जाँच करके यह सुनिश्चित करें कि सभी लीडें भली-भाँति संयोजित हैं।
		(iii) सही संवातन (ventilation) नहीं हो रहा है।	(iii) मोटर के पंखों की जाँच कीजिये, यदि रोटर या स्टैटर में छेद हों तो उनकी भी जाँच कीजिये, यदि छिद्र बन्द हो तो उन्हें खोल दीजिये।

		(iv) मोटर की स्टेटर कुण्डली लघुपथित हो सकती है।	(iv) स्टेटर कुण्डली में लघुपथित दोष को ठीक कीजिये तथा इसे बाद मीटर पाठ्यांक से जाँच कीजिये।
		(v) मोटर की कोई कुण्डली भू-सम्पर्कित हो सकती है।	(v) इसकी जाँच कीजिये तथा दोष को दूर कीजिये।
		(vi) असन्तुलन टर्मिनल वोल्टता	(vi) दोषी लीडों, संयोजन तथा ट्राँसफार्मर की जाँच कीजिये।
		(vii) उच्च वोल्टता	(vii) एवं
		(viii) निम्न वोल्टता	(viii) के लिये वोल्ट मीटर की सहायता से मोटर की टर्मिनल वोल्टता की जाँच कीजिये।
		(ix) संयोजन गलत हो सकते हैं।	(ix) संयोजनों को ठीक करें।
3.	मोटर चलाने पर उसमें बहुत अधिक कम्पन (vibration) होते हैं।	(i) मोटर संरेखित (aligned) नहीं है।	(i) मोटरों को संरेखित करें।
		(ii) मोटर की आधारशिला (foundation) कमजोर है।	(ii) आधारशिला को मजबूत करें।
		(iii) मोटर युग्मन (coupling) असन्तुलित है।	(iii) युग्मन को सन्तुलित करें।
		(iv) बाल बेयरिंग या रोलर बेयरिंग खराब है।	(iv) बेयरिंग को बदलिये।
		(v) बेयरिंग लाइन में नहीं है।	(v) बेयरिंगों को सही लाइन में कीजिये।
		(vi) रोटर का असन्तुलित भार, अपने स्थान से हट गया है।	(vi) रोटर को सन्तुलित करें।
		(vii) वेष्ठित रोटर की कुण्डलियाँ अपने स्थान से खिसक गई है।	(vii) रोटर को सन्तुलित करें।
		(viii) त्रिफेजी मोटर एक फेज पर चल रही है।	(viii) खुला परिपथ की जाँच करें।
		(ix) सिरा प्लेटें ठीक प्रकार से नहीं लगी है।	(ix) बेयरिंगों को समंजित करें या बाशर लगायें।
4.	मोटर प्रारम्भ नहीं होती, यद्यपि लाइन से संयोजित है।	(i) सप्लाई वोल्टता नहीं है, एक फेज खुला है या वोल्टता बहुत कम है।	(i) प्रत्येक फेज पर वोल्टता की जाँच करें।

		(ii) मोटर पर अधिक लोड हो सकता है।	(ii) मोटर पर से लोड कम करें या मोटर पर से लोड हटाकर देखना चाहिये।
		(iii) कन्ट्रोल गियर/स्टार्टर में दोष हो सकता है।	(iii) (a) कन्ट्रोल गियर/स्टार्टर को भली-भाँति जाँच करें तथा देखें कहीं सम्पर्क पर कार्बन या खुला परिपथ न हो। (b) यह सुनिश्चित करें कि ब्रुश स्लिप रिंगों से सही सम्पर्क कर रहे हैं।
		(iv) लोड का प्रारम्भिक बलाघूर्ण बहुत उच्च है।	(iv) (a) यदि पिन्जरा प्ररूपी मोटर है तथा ऑटो ट्राँसफार्मर स्टार्टर से प्रारम्भ होती है, तो उसे उचित टेपिंग पर लगाये। (b) यदि स्लिप रिंग मोटर है, तो प्रारम्भन प्रतिरोध को कम करें।
		(v) रोटर खराब हो सकता है।	(v) रोटर को भली-भाँति देखें, सिरा रिंग टूटा हो सकता है।
		(vi) स्टेटर कुण्डलियों के संयोजन ढीले या कमजोर हो सकते हैं।	(vi) मोटर की सिरा प्लेटों को हटाकर मेगर या परीक्षण लैम्प से जाँच करें।
		(vii) बेयरिंग या वायु अन्तराल में यांत्रिक लाकिंग (mechanical locking in bearing or air gap)	(vii) (a) स्लीव बेयरिंग के जाम होने की जाँच करें। (b) मोटर खोलकर मरम्मत करें। (c) पद 12 में बताये गये कारणों के लिये जाँच करें। (d) यदि वायु अन्तराल रुद्ध (choke) है तो उसे साफ करें।

5.	मोटर त्वरित (accelerate) होने में अधिक समय लेती है।	(i) मोटर पर अधिक लोड हो सकता है।	(i) लोड को कम कीजिये, यदि मोटर उच्च लोड को वहन कर रही है या लम्बी शाफ्ट में संयोजित है, बहुत धीमी गति से प्रारम्भ होती है, तो त्वरण के लिये अधिक समय दीजिये।
		(ii) परिपथ कमजोर है (poor circuit)	(ii) उच्च प्रतिरोध के लिये जाँच करें।
		(iii) पिंजरा प्ररूपी रोटर खराब है।	(iii) नया रोटर लगाइये।
		(iv) प्रयुक्त वोल्टता बहुत कम है (Applied voltage too low)	(iv) विद्युत विभाग से सम्पर्क स्थापित करके वोल्टता टेप बढ़ायें।
6.	मोटर चलती है, लेकिन फिर बन्द हो जाती है।	(i) सप्लाई बन्द हो सकती है।	(i) लाइन के साथ ढीले संयोजन, लाइनों के फ्यूज तथा स्टार्टर इत्यादि की जाँच कीजिये।
		(ii) मोटर पर अति लोड (over load)	(ii) (a) स्टार्टर या कन्ट्रोल गियर में अति लोड ट्रिप स्विच की जाँच करें, तथा देखें कि वे पूर्ण लोड के 150% पर सेट हैं। (b) देखें कि स्टार्टर कन्ट्रोल गियर के कप रोक (dash pot) में पूरी मात्रा तथा सही श्रेणी का तेल है।
7.	मोटर के घूमने की दिशा गलत है (working rotation is wrong)	(i) किसी एक फेज के संयोजन उल्टे हो सकते हैं या फेज अनुक्रम गलत हो सकता है।	(i) संयोजन को मोटर या स्विच बोर्ड पर बदल दीजिये।
8.	मोटर का निर्धारित पूर्ण गति प्राप्त न करना।	(i) रोटर परिपथ खुला हो सकता है या रोटर में कोई छड़ टूटी हो सकती है।	(i) रेटर की उस छड़ को बदलिये।
		(ii) स्टेटर फेज कुण्डलन खुला हो सकता है।	(ii) स्टेटर फेज कुण्डलन की जाँच कीजिए तथा उसे ठीक कीजिये।
		(iii) लाइन में वोल्टता पात के कारण मोटर टर्मिनल पर बहुत कम वोल्टता है।	(iii) ट्राँसफार्मर स्टार्टर के टर्मिनलों को उच्च वोल्टता पर लगाये या लोड को कम करें।

		(iv) यदि रोटर फेज कुण्डलित (wound type) है तो द्वितीयक नियन्त्रक प्रतिरोध का प्रचालन सही नहीं है।	(iv) द्वितीय नियन्त्रण को ठीक करें।
		(v) प्रारम्भिक लोड बहुत अधिक हो सकता है।	(v) मोटर पर से लोड घटायें।
		(vi) देखें कि सभी ब्रुश रिंगों पर लगे हैं।	(vi) (a) द्वितीयक संयोजन की जाँच करें। (b) सभी संयोजन भली-भाँति जुड़े हों।
		(vii) बेयरिंग पर अधिक घर्षण हो सकता है।	(vii) बेयरिंग का स्नेहन कीजिये तथा यदि बेयरिंग खराब है तो उन्हें बदल दीजिये।
		(viii) मोटर की शाफ्ट में टेढ़ापन हो सकता है।	(vii) शाफ्ट को सीधा कीजिये।
		(ix) बेयरिंग सिरा प्लेटों का तिरछा लगा होना।	(ix) बेयरिंग सिरा प्लेटों को ठीक कीजिये तथा यदि आवश्यकता हो तो उन्हें बदल दीजिये।
9.	बाल बेयरिंग या रोलर बेयरिंग गर्म हो जाता है।	(i) मोटर शाफ्ट में टेढ़ापन होना।	(i) शाफ्ट को सीधा कीजिये या आवश्यकता हो तो बदलिये।
		(ii) बैल्ट खिंचाव बहुत अधिक है।	(ii) बैल्ट खिंचाव को कम कीजिये।
		(iii) पुली बहुत दूर है।	(iii) बेयरिंग के पास पुली को लाइये।
		(iv) पुली का व्यास बहुत कम है।	(iv) बड़ी पुली प्रयोग करें।
		(v) संरेखन (alignment) ठीक नहीं है।	(v) संरेखन ठीक करें।
		(vi) भारी तेल प्रयोग किया गया है या तेल बहुत हल्का है या तेल बहुत कम है (रोलर बेयरिंगों में)	(vi) सही गुण धर्म का तेल प्रयोग करें तथा यदि तेल कम है, तो और तेल डालें।
		(vii) बेयरिंग घिस गये हैं तथा ढीले हैं।	(vii) नया बेयरिंग लगायें।
		(viii) बेयरिंग में बहुत कम ग्रीस है। ग्रीस खराब हो गई है या उसमें गन्दगी है या बहुत अधिक ग्रीस है।	(viii) ग्रीस की कमी को दूर कीजिये तथा यदि ग्रीस खराब है तो नई ग्रीस लगाइये। यदि ग्रीस अधिक है तो ग्रीस कम कीजिये।

		(ix) बेयरिंग की साइड प्लेटें तिरछी लगी हैं।	(ix) उन्हें ठीक लगाइये।
		(x) बेयरिंग की गोलियाँ (balls) टूट गई हैं या बेयरिंग रेस (race) टूट गई हैं।	(x) बेयरिंग बदलिये तथा नये बेयरिंग लगाने से पहले बेयरिंग लगाने के स्थान को अच्छी प्रकार से साफ कीजिये।
		(xi) सिरा प्रघात (end thrust) बहुत अधिक है।	(xi) सिरा प्रघात कम कीजिये।
10.	मोटर से खुरचने (scraping) की आवाज आती है।	(i) मोटर का पंखा सिरों प्लेटों से लग कर चल रहा है।	(i) मोटर खोल कर इसे ठीक कीजिये।
		(ii) पंखा विद्युतरोधन से लग रहा है।	(ii) मोटर खोल कर इसे ठीक कीजिये।
		(iii) मोटर आधार प्लेट (bed plate) पर ढीली है।	(iii) होल्डिंग वोल्टों को कसिए।
11.	मोटर गीली हो गई है।	(i) बाढ़ के पानी में डूबने से, किसी कारणवश से भीगने से तथा नमी की उपस्थिति से गीली हो सकती है।	(i) मोटर को सुखाइये तथा उसे पुनः वार्निश दीजिये तथा 24 घण्टे तक 90°C तापमान पर सुखाइये।
12.	मोटर पर लगे परिवाह प्लगों (over flow plugs) से तेल क्षरण (leak) करता है।	(i) प्लग टाइट नहीं है तथा धारा प्रवाह ठीक नहीं है तथा उसका ढक्कन भी टाइट नहीं है।	(i) पुनः चूड़ियों को अच्छी प्रकार सीमेंट से लगाइये तथा प्लग टाइट कीजिये।
		(ii) परिवाह प्लग टूटा हुआ है।	(ii) प्लग को बदलिये।
13.	मोटर चुम्बकीय शोर (magnetic noise) करती है।	(i) वायु अन्तराल समान नहीं है।	(i) बेयरिंग या ब्रेकिट फिटिंग्स की जाँच कीजिये तथा उन्हें ठीक कीजिये।
		(ii) बेयरिंग ढीले हैं।	(ii) सही कीजिये या नया बेयरिंग लगाइये।
		(iii) रोटर असन्तुलित है।	(iii) रोटर का सन्तुलन कीजिये।
14.	मोटर की स्लिप रिंगों पर चिंगारियाँ उठती हैं।	(i) मोटर पर अधिक लोड हो सकता है।	(i) लोड को कम करें।
		(ii) ब्रुश सही गुण धर्म (quality) के नहीं हैं तथा होल्डर में चिपक गये हैं।	(ii) सही गुण-धर्म वाले ब्रुश प्रयोग करें।
		(iii) ब्रुशों पर दाब कम है या बहुत अधिक है।	(iii) ब्रुशों के दबाव को सही समंजित (adjust) करें।

		(iv) स्लिप रिंग खुरदरी, गन्दी या चिकनी (oily) है।	(iv) स्लिप रिंग को रेगमाल (sand paper) द्वारा साफ करें, तथा उसे चिकना चमकीला बनाये रखें तथा तेल व धूल से मुक्त रखें।
		(v) स्लिप रिंगें उठी हुई (ridged) हो सकती हैं, या उनकी सतह समान नहीं हैं।	(v) लेथ मशीन पर स्लिप रिंगों को ग्राइंड तथा टर्न करके उसे चिकना कर लें।
15.	मोटर गन्दी है।	(i) संवातन (ventilation) बन्द है, सिरा कुण्डलनों पर धूल जम गई है (यह धूल, सीमेंट, लकड़ी चिराई की धूल, पत्थर धूल, आटा धूल, कोयले की धूल इत्यादि हो सकती है।)	(i) सम्पूर्ण रोटर को खोलकर उसको कुण्डलनों एवं अन्य भागों को अच्छी प्रकार से साफ कीजिये। साफ रोटर 10°C से 30°C तक ठण्डी चलेगी।
		(ii) रोटर की कुण्डलन में चिप-चिपापन है।	(ii) (a) स्लिप रिंगों को साफ कीजिये तथा आवश्यक हो तो उन्हें ग्राइण्ड भी कीजिये। (b) कुण्डलनों को पुनः अच्छी वार्निश दीजिये।
		(iii) बेयरिंग में धूल इत्यादि है।	(iii) इन्हें भी भली-भाँति सफाई घोल द्वारा साफ कीजिये।

तालिका-6.2

(अ) प्रत्यावर्तकों (तुल्यकालिक मशीन) के दोष, उनसे सम्भावित कारण तथा उनको दूर करने के उपचार

क्रम संख्या	दोष (Trouble)	सम्भावित कारण (Probable cause)	उपचार (Remedy)
1.	प्रत्यावर्तक का उत्तेजक अति तप्त हो जाता है।	(i) प्रत्यावर्तक के क्षेत्र में भू-दोष या लघु परिपथ दोष है।	(i) मेगर से भू-दोष या लघु परिपथ दोष की जाँच कीजिये तथा उसे ठीक कीजिये।
		(ii) उत्तेजक के बेयरिंग में दोष हैं।	(ii) बेयरिंग बदलिये।
		(iii) उत्तेजक का शीतलन प्रबन्ध ठीक नहीं है।	(iii) शीतलन प्रबन्ध ठीक कीजिये।
2.	प्रत्यावर्तक चलते समय अधिक आवाज करता है तथा उसमें बहुत अधिक कम्पन होते हैं।	(i) प्रत्यावर्तक पर अधिक लोड है।	(i) लोड कम कीजिये।

		(ii) प्रत्यावर्तक की आधार शिला कमजोर है।	(ii) आधार शिला को मजबूत करें।
		(iii) प्रत्यावर्तक युग्मन (coupling) असन्तुलित है।	(iii) युग्मन को सन्तुलित कीजिये।
		(iv) बेयरिंग लाइन में नहीं है, खराब हैं।	(iv) बेयरिंग लाइन में कीजिये, यदि खराब हो तो उन्हें बदल दीजिये।
		(v) स्लिप रिंगों पर या उत्तेजक के दिक्परिवर्तक पर ब्रुश उचित प्रकार से नहीं लगे हैं।	(v) ब्रुशों को सही लगाइये।
		(vi) प्रत्यावर्तक पर ध्रुव को लगाने वाले वोल्ट ढीले हो गये हैं।	(vi) वोल्टों को कस दीजिये।
3.	प्रत्यावर्तक वोल्टता नहीं बना रहा है।	(i) प्रत्यावर्तक का क्षेत्र या उत्तेजक क्षेत्र खुला (open) है।	(i) प्रत्यावर्तक तथा उत्तेजक में खुले परिपथ दोष को ठीक कीजिये।
		(ii) ब्रुशों का प्रत्यावर्तक की स्लिप रिंगों पर उचित सम्पर्क नहीं है।	(ii) स्लिप रिंगों पर ब्रुशों की स्थिति ठीक कीजिये।
		(iii) ब्रुशों का उत्तेजक के दिक्परिवर्तक पर उचित सम्पर्क नहीं है।	(iii) उत्तेजक के दिक्परिवर्तक पर ब्रुशों की स्थिति ठीक कीजिये।
		(iv) प्रत्यावर्तक के क्षेत्र परिपथ में परिपथ में ढीले संयोजन हैं।	(iv) संयोजनों की जाँच कीजिये।
		(v) उत्तेजक वोल्टता बहुत कम है।	(v) उत्तेजक की वोल्टता बढ़ाइये।
		(vi) उत्तेजक में अवशिष्ट चुम्बकत्व समाप्त हो गया है।	(vi) उत्तेजक के अवशिष्ट चुम्बकत्व को पुनः प्राप्त करने के लिये उपाय कीजिये।
		(vii) प्रत्यावर्तक के क्षेत्र परिपथ में लघुपथन दोष है।	(vii) प्रत्यावर्तक के क्षेत्र परिपथ में लघुपथन दोष को दूर कीजिये।
4.	प्रत्यावर्तक का उत्तेजक अति तप्त हो जाता है।	(i) बेयरिंग घिस गये हैं, ढीले हैं या बेयरिंग की गोलियाँ टूट गई हैं, या रेस टूट गई हैं।	(i) नया बेयरिंग लगायें।
		(ii) संरेखन (alignment) ठीक नहीं हैं, या बेयरिंग जाम हैं, युग्मन शाफ्ट टेढ़ी है।	(ii) संरेखन ठीक करें तथा बेयरिंग ठीक कीजिये या बदलिये या शाफ्ट ठीक कीजिये।

		(iii) बेयरिंग में बहुत कम ग्रीस है या ग्रीस खराब है या उसमें गन्दगी है या बहुत अधिक ग्रीस है।	(iii) ग्रीस की कमी को दूर कीजिये तथा यदि ग्रीस खराब है तो नई ग्रीस लगाइये। यदि ग्रीस अधिक है तो ग्रीस कम कीजिये।
		(iv) बेयरिंग की साइड प्लेटें तिरछी लगी हैं।	(iv) उन्हें ठीक लगायें।
		(v) सिरा प्रघात (end thrust) बहुत अधिक है।	(v) सिरा प्रघात कम कीजिये।
		(vi) तेल, रिंग मुक्त रूप से नहीं घूमती हैं, या स्नेहन तेल सही गुण धर्म का नहीं है।	(vi) तेल रिंगों की जाँच कीजिये तथा सही प्रकार का तेल प्रयोग कीजिये।
5.	लोड पर चलते समय प्रत्यावर्तक गर्म हो जाता है।	(i) प्रत्यावर्तक पर अधिक लोड हो सकता है।	(i) लोड कम कीजिये।
		(ii) स्टेटर रोटर या कुण्डलन में लघुपरिपथ दोष या भू-दोष है।	(ii) लघुपरिपथ दोष तथा भू-दोष की जाँच मेगर से कीजिये तथा उसे दूर कीजिये।
		(iii) प्रत्यावर्तक की बेयरिंग खराब या जाम हो सकती है, उसकी तेल रिंगें खराब हो सकती हैं, या तेल उपयुक्त गुण धर्म का नहीं है।	(iii) बेयरिंग की जाँच कीजिये तथा यदि आवश्यक हो तो उसे बदलिये।
		(iv) प्रत्यावर्तक का शीतलन प्रबन्ध ठीक नहीं है।	(iv) शीतलन प्रबन्ध की जाँच कीजिये।
		(v) प्रत्यावर्तक की क्रोड लैमीनेशन का विद्युतरोधन खराब हो गया है, या क्रोड ढीली हो गई है।	(v) क्रोड लैमीनेशन पर पुनः वार्निश चढ़ाइये, यदि क्रोड ढीली हो, तो उचित कार्यवाही कीजिये।

अभ्यास

1. Discuss the important faults on an alternator.
2. किसी ट्रांसफार्मर को भू-दोष एवं तापमान वृद्धि के प्रति किस प्रकार परिक्षित किया जाता है? व्याख्या कीजिए। *(BTE 2006)*
3. Explain with a neat diagram the application of Merz-Price circulating current principle for the protection of alternator.
4. Explain with a neat diagram the balanced earth protection for small-size alternator.

5. प्र० धा० जनित्र में घटित होने वाले सम्भावित दोषों के प्रकार बताइये। इसके रोटर परिपथ में घटित दोष के प्रति परिरक्ष हेतु एक योजना का वर्णन कीजिए। (BTE 2006)

6. Bucchholz Relay की संरचना, प्रचालन सिद्धान्त एवं अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। (BTE 2009)

7. How will you protect an alternator from turn to turn fault on the same phase winding?

8. Transformer में गैस बनने के कारणों का उल्लेख कीजिए। इसके रक्षण हेतु उपयोगी रिले के कार्यकारी सिद्धान्त की व्याख्या कीजिए। (BTE 2010)

9. Merz Price रक्षण योजना से क्या अभिप्राय है? इस योजना का त्रि-कलीय प्रत्यावर्तक की रक्षा हेतु प्रयोग का वर्णन कीजिए। (BTE 2007)

10. ट्रांसफार्मर के रक्षण के लिये बुखहोल्ज रिले की संरचना एवं कार्य सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।

11. मोटरों में होने वाले मुख्य दोष कौन-कौन से हैं? छोटी मोटरों में प्रयोग होने वाली सुरक्षा प्रणाली का वर्णन कीजिए। (BTE 2007)

12. अन्तरात्मक योजना (Differential) योजना के प्रचालन सिद्धान्त की व्याख्या कीजिए। इसे आप किस प्रकार त्रिकल प्रभावर्तकों की सुरक्षा के प्रति प्रयुक्त करते हैं? (BTE 2008)

13. त्रिकला स्टार/डेल्टा परिणामित्र के रक्षण के लिये मर्ज प्राइज विधि का परिपथ आरेख बनाइये।

14. Alternator में होने वाले दोषों को बताइये तथा इन दोषों के प्रति प्रयोग में होने वाली सुरक्षाओं का वर्णन कीजिए। (BTE 2008)

15. Transformer के आन्तरिक दोषों के प्रति सुरक्षा प्रदान करने में होने वाली प्रयुक्त रिले की संरचना एवं प्रचालन विधि की व्याख्या कीजिए। (BTE 2008)

16. ट्रांसफार्मर के दोषों का वर्णन कीजिये तथा ट्रांसफार्मर के लिये भिन्नक रिले (differential relay) को समझाइये।

17. Buchholz Relay की संरचना, प्रचालन सिद्धान्त एवं अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। (BTE 2009)

18. अधोवोल्टता दोष से क्या तात्पर्य है? इससे मोटर का प्रचालन किस प्रकार प्रभावित होता है? इस दोष के प्रति सुरक्षा प्रदान करने की विधि के सिद्धान्त का वर्णन कीजिए। (BTE 2009)

19. रिले का महत्त्व समझाते हुए बुखहोल्ज रिले की संरचना व कार्य विधि समझाइए।

20. What factors cause difficulty in applying circulating current principle to a power transformer?

21. 3-ϕ A.C. generator में होने वाले आंतरिक एवं बाह्य दोषों के नाम लिखिये। इन दोषों का जनित्र पर पड़ने वाले प्रभाव का वर्णन कीजिए। (BTE 2009)

22. Alternator के बाह्य दोषों को लिखिये। उनके कारण व रक्षण योजनाओं को बताइये। (BTE 2010)

23. Write short notes on the following :

(i) Earth-fault protection for alternator.

(ii) Combined leakage and overload protection for transformer.

(iii) Earth-fault protection for transformers.

24. मोटर में होने वाले दोषों के प्रकार लिखिये। मोटर के निम्न वोल्टता रक्षण को समझाइये। (BTE 2010)

25. Transformer में गैस बनने के कारणों का उल्लेख कीजिए। इसके रक्षण हेतु उपयोगी रिले के सिद्धान्त का वर्णन कीजिए। (BTE 2010)

26. Explain different type of fault develop in a power transformer.

27. 3-ϕ motor के रक्षण हेतु सामान्य युक्तियों की व्याख्या कीजिए। (BTE 2011)

28. Alternator में उत्पन्न दोषों को बताइये तथा Alternator के लिए Merz Price विधि को समझाइये। (BTE 2011)

29. What is the difference between an earth relay and over current relay?

30. आरेख सहित Power Transformer हेतु अन्तर परिरक्षण आयोजना का वर्णन कीजिए। (BTE 2012)

31. Alternator में स्टेटर एवं रोटर दोषों की सूची बनाइये। Alternator की बाह्य दोषों से परिरक्षण हेतु प्रयुक्त किसी आयोजन का वर्णन कीजिए। (BTE 2012)

32. Describe the construction and working of a Buchholz relay.

33. विद्युत मोटर में होने वाले दोषों का उल्लेख कीजिए। मोटरों की परिरक्षा हेतु तापीय रिले के उपयोग की व्याख्या कीजिए। (BTE 2012)

34. विद्युत मोटरों में होने वाले दोषों के प्रकारों के नाम लिखिये। मोटर परिरक्षण का संक्षेप में विवरण दीजिए। (BTE 2013)

35. रक्षण की मर्ज प्राइज प्रणाली क्या है? एक थ्री-फेज डेल्टा स्टार संयोजित ट्रांसफार्मर के रक्षण के लिये इसे किस प्रकार प्रयोग किया जाता है?

36. Power Transformer के लिये भू-क्षरण मर्ज प्राइस रक्षण विधि को समझाइये। (BTE 2013)

37. विद्युत मोटर की अतिभार के प्रति प्रयुक्त रक्षण प्रणाली का वर्णन कीजिए। (BTE 2014)

38. अवकलन रिले से क्या तात्पर्य है? धारा प्रारूपी अवकलन रिले की आरेख द्वारा कार्य-विधि का वर्णन कीजिए। (BTE 2014)

39. Transformer में भू-क्षरण मर्ज-प्राइस रक्षण अवस्था को चित्र सहित समझाइये। (BTE 2014)

40. Transformer में क्रोड संतुलित प्रतिरक्षण प्रणाली का प्रयोग कैसे और क्यों किया जाता है? (BTE 2013)

41. मोटर में उत्पन्न दोषों के प्रकार बताइये तथा उनके निवारण हेतु रक्षण युक्तियों का वर्णन कीजिए। (BTE 2015)

42. मोटरों में होने वाले विभिन्न प्रकार के दोषों का उल्लेख कीजिए। (BTE 2016)

43. शक्ति परिणामित्रों के रक्षण हेतु अन्तरात्मक रिले का रेखा-चित्र खींचकर कार्य-सिद्धान्त को समझाइये। (BTE 2016)

44. शक्ति परिणामित्रों में होने वाले विभिन्न प्रकार के दोषों व उनके परिणामित्र पर पड़ने वाले प्रभावों का उल्लेख कीजिए। (BTE 2016)

45. प्रत्यावर्तकों में पैदा होने वाले विभिन्न प्रकार के दोषों व उनके प्रभावों का वर्णन कीजिए। (BTE 2016)

46. जनरेटर के निम्न भागों के रक्षण के लिए किन रक्षण योजना का उपयोग करेंगे? (BTE 2017)

(i) स्टेटर रक्षण (ii) रोटर रक्षण

47. किसी ट्रांसफार्मर की शॉर्ट सर्किट रक्षण, ओवर करेन्ट रिले से किस प्रकार करेंगे? (BTE 2017)

48. मोटर के अण्डर वोल्टेज प्रोटेक्शन को समझाइये। (BTE 2017)

Fill in the blanks :

(i) The most commonly used system for the protection of generator is ....

(ii) Automatic protection is generally .... provided for field failure of an alternator.

(iii) The chief cause of overspeed in an alternator is the ....

(iv) Earth relays have .... current settings.

(v) Buchholz relay is installed between .... and conservator.

(vi) Buchholz relays can only be used with oil immersed transformers equipped with ....

(vii) For the protection of a delta/star power transformer, the CT's on delta side must be connected in .... and those on the star side in ....

(viii) Overload protection is generally not provided for ....

(ix) Buchholz relay is a .... relay.

(x) Automatic protection is generally not provided for .... transformer.

Answer : (i) Circulating current system, (ii) not, (iii) Sudden loss of load, (iv) lower, (v) main tank, (vi) conservator, (vii) star delta, (viii) alternator, (ix) gas actuated, (x) small distribution.

7 प्रोटेक्शन ऑफ बस-बार एण्ड लाइन्स (Protection of Bus-bars and Lines)

7.1 परिचय (Introduction)

बस-बार और लाइन पॉवर सिस्टम का एक महत्त्वपूर्ण तत्व है जिनकी रक्षा करना हमारे पॉवर सिस्टम के लिए नितान्त आवश्यक है। बस बारों, लाइनों तथा फीडरों को विद्युत प्रदोष से बचाने के लिए अर्थात् रक्षा करने के लिए प्राय: उन्हीं रक्षण प्रणालियों का प्रयोग करते हैं जो Alternator तथा ट्रान्सफॉर्मर के लिए प्रयुक्त की जाती हैं। परन्तु इन रक्षण प्रणालियों में कुछ विशेष संशोधन की आवश्यकता होती है, क्योंकि लाइन तथा फीडरों की लम्बाई तथा धारिता अपेक्षाकृत अधिक होती है, जो रक्षण Relay प्रणालियों के प्रचालन को प्रभावित करती है। यद्यपि विभव अन्तरात्मक रक्षण योजना (differential protection scheme) का प्रयोग किया जाता है। परन्तु यह अधिक दूरी के संचरण लाइन के लिए महँगी पड़ती है क्योंकि इस रक्षण प्रणाली में पाइलट तार (pilot wire) की लम्बाई अधिक होने के कारण इस पर होने वाला व्यय अधिक होता है।

परन्तु आज के समय में हमारे पास बहुत ही कम खर्च वाले रक्षण विधियाँ उपलब्ध हैं जो कि विश्वसनीय, प्रभावी व कम लागत के हैं।

इस अध्याय के अन्तर्गत हम विभिन्न प्रकार के रक्षण प्रणालियों का अध्ययन करेंगे जो कि बस-बार और लाइन की रक्षा करते हैं।

7.2 बस-बार रक्षण (Busbar Protection)

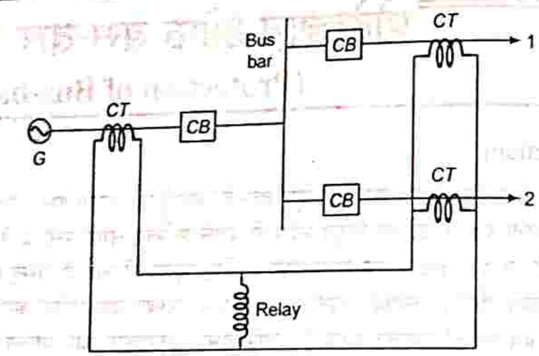
बस-बार जनरेटिंग स्टेशन व सब स्टेशन पर आने वाले परिपथ व जाने वाले परिपथ को लिंक करता है। यदि बस-बार पर कोई प्रदोष उत्पन्न होता है तो स्वचालित रक्षण द्वारा बस-बार को अलग (Isolate) किया जाता है। रक्षण के उद्देश्य से बस-बार को जोन में बाँटा जाता है और साथ ही आइसोलेटिंग स्विच, परिपथ वियोजक और अन्य उपकरणों को लगाया जाता है।

बस-बार के लिए मानक संरचना बहुत ही उच्च होती है जिसके कारण बस बार में fault कम होता है। फिर भी प्रदोष के बारे में निश्चित नहीं हुआ जा सकता। बस-बार के रक्षण के लिए अनेक प्रकार के रक्षण प्रणालियों का प्रयोग किया जाता है। यहाँ पर दो उपयुक्त सामान्य रक्षण प्रणाली का प्रयोग किया गया है जो कि बस बार का रक्षण करते हैं—

1. अन्तरात्मक विभव रक्षण (Differential Protection)
2. प्रदोषी बस रक्षण (Fault Bus Protection)

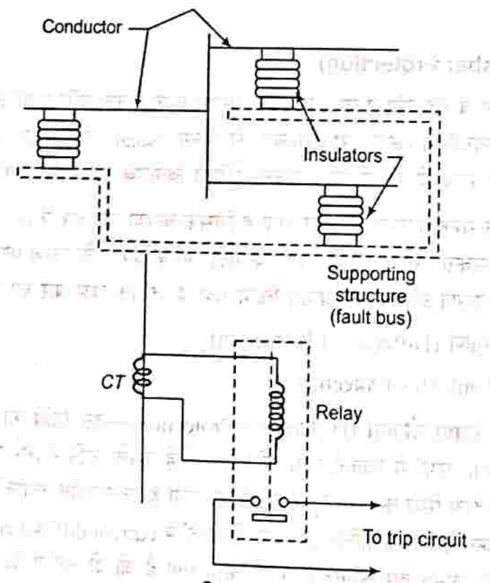
1. विभव अन्तरात्मक रक्षण योजना (Differential Protection)—इस विधि का प्रयोग उस बस-बार प्रणाली के लिये किया जाता है जिसमें एक तरफ से जितनी धारा प्रवेश करती है उसके अन्तिम सिरे पर उतनी ही धारा प्राप्त होती है। साधारण लोड की अवस्था में दोनों सिरों का योग शून्य के बराबर होता है। जब प्रदोष उत्पन्न होता है तो दोनों सिरों की धारा में अन्तर पाया जाता है जिसके कारण रिले प्रचालित हो जाती है। चित्र में current diff. scheme के एकल लाइन डायग्राम को दिखाया गया है। बस-बार को जनित्र द्वारा Supply फीड किया गया है जो दो लाइनों को सप्लाई दे रहा है।

दोनों CT के द्वितीयक को जनित्र के लोड लाइन-1 व लाइन-2 के समान्तर में जोड़ा गया है। इस प्रणाली में प्रयोग किये जाने वाले धारा ट्रांसफॉर्मर एक समान निष्पत्ति के होने चाहिए। साधारण लोड की अवस्था अथवा किसी बाहरी प्रदोष की अवस्था में बस-बार के प्रारम्भिक सिरे व अन्तिम सिरे पर धारा का मान समान होता है जिसके कारण रिले मे कोई धारा प्रवाहित नहीं होती और रिले प्रचालित नहीं होती है। परन्तु जब कोई प्रदोष उत्पन्न होता है तो बस-बार के प्रारम्भिक सिरे और अंतिम सिरे पर धारा का मान समान नहीं होता है जिसके कारण दोनों सिरों के धारा के मान का योग शून्य नहीं होता जिससे रिले में धारा प्रवाहित होती है और रिले प्रचालित हो जाती है और सप्लाई को तुरन्त काट देती है।



चित्र 7.1

2. प्रदोष बस सुरक्षा (Fault Bus Protection)—बस-बार में मुख्यत: भू प्रदोष उत्पन्न होता है। अत: भू प्रदोष से सुरक्षा प्रत्येक चालक के साथ भू-धात्विक रोधक (earth metal barrier) जो कि प्रदोष बस के नाम से जाना जाता है लगाया जाता है। इस व्यवस्था में प्रदोष चालक व भू-धात्विक भाग के मध्य होना चाहिए।



चित्र 7.2

चित्र में प्रदोष बस सुरक्षा का एक लाइन डायग्राम दिखाया गया है। धात्विक सहायक ढाँचा या प्रदोष बस धारा ट्रान्सफार्मर के द्वारा भू सम्पर्कित होता है। सामान्य अवस्था में प्रदोष बस और भू के मध्य कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है जिसके कारण रिले प्रचालित नहीं होती है। जब कोई प्रदोष उत्पन्न होता है जिसके कारण धारा प्रदोष बस व भू के बीच प्रवाहित होने लगती है तो रिले प्रचलित हो जाती है जिसके कारण परिपथ वियोजक प्रदोषी परिपथ को स्वस्थ परिपथ से अलग कर देता है।

7.3 लाइन की सुरक्षा (Protection of Line)

अनिश्चित वातावरणीय स्थिति और लाइनों के अति दूर तक फैले होने के कारण लाइनों या चालक तारों में प्रदोष उत्पन्न होने की प्रायिकता अधिक होती है। अत: लाइनों की रक्षण अल्टरनेटर और ट्रांसफॉर्मर से अलग और विशेष तरीके की दी जाती है। अत: लाइन रक्षण में निम्न बातें आवश्यक हैं—

1. लघुपथित अवस्था में उस प्रदोष के पास वाला ही C.B. प्रचालित होनी चाहिए तथा अन्य रिले पर कोई प्रभाव नहीं होना चाहिए।

2. प्रदोष के समय प्रदोष के पास वाली C.B. को प्रचालन ना होने के कारण उससे अगली C.B. प्रचालित होनी चाहिए जो कि उस रिले के लिए बैक अप प्रोटेशन (Back up Protection) का कार्य करेगी।

3. प्रचालित होने वाली रिले का प्रदोषी अवस्था में प्रचालन समय कम से कम होना चाहिए।

लाइन रक्षण युक्ति साधारण रक्षण युक्ति (जैसे जनित्र व अल्टरनेटर) से एकदम भिन्न है। भिन्नात्मक रक्षण प्रणाली एक आदर्श रक्षण प्रणाली है परन्तु यह प्रयोग में बहुत ही महंगी है। लाइन के दो सिरे एक-दूसरे से कई किलोमीटर दूर होते हैं, जिससे कि दोनों सिरों पर C. T. लगाकर उन्हें पाइलट तार से जोड़ना काफी महँगा पड़ जाता है, क्योंकि पाइलट तार पर आने वाला व्यय बहुत अधिक होता है। लाइन रक्षण के लिए सामान्य तरीके निम्न हैं—

1. Time graded overcurrent protection
2. Differential protection
3. Distance protection

कुछ महत्त्वपूर्ण रिले के (Symbol)

7.3.1 (A) समय ग्रेडेड रिले (Time Graded Relay)

इस योजना प्रणाली में प्रत्येक रिले का समय निर्धारित कर दिया जाता है, जिसके कारण प्रदोष उत्पन्न होने पर केवल वही रिले प्रचलित होती है जो उस प्रदोष के पास है। इस योजना प्रणाली का मुख्य लाभ यह है कि इसमें कम से कम भाग isolate होता है। इसके बारे में अनेक पोषकों के बारे में आगे दिया गया है।

1. अरीय पोषक (Radial Feeder)—अरीय पोषक का यह अभिलक्षण होता है कि यह सप्लाई केवल एक ही दिशा में होती है। जैसे जनित्र और सप्लाई end से लोड की ओर।

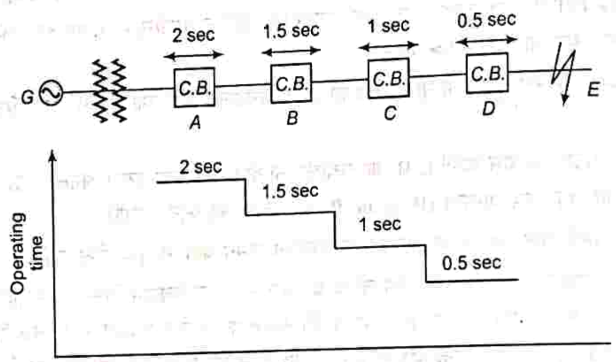
इस पोषक की हानि अथवा कमी यह है कि किसी प्रदोषी अवस्था में उपभोक्ता को सप्लाई नहीं मिल सकती है। टाइम ग्रेडेड रक्षण के द्वारा अरीय पोषकों को निम्न प्रकार से किया जा सकता है—

(i) निश्चित समय रिले के द्वारा (Using definite time relay)

(ii) प्रतिलोम समय रिले द्वारा (Using inverse time relay)

(i) निश्चित समय रिले द्वारा (By Using Definite Time Relay)—चित्र में अरीय पोषक (Radial feeder) को निश्चित समय रिले के द्वारा रक्षण का एकल लाइन डायग्राम दिखाया गया है। प्रत्येक रिले का प्रचालन समय निश्चित होता है और यह प्रचालन धारा पर निर्भर नहीं करते। रिले D का प्रचालन समय 0·5 sec है। यदि DE सेक्शन में प्रदोष उत्पन्न होता है तो 0·5 sec में D रिले प्रचालित होकर परिपथ वियोजक के द्वारा परिपथ को भंग कर देता है। क्योंकि D रिले का प्रचालन समय

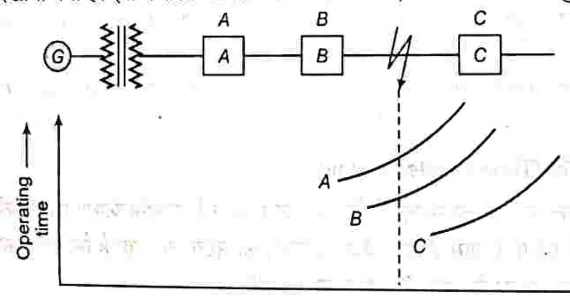
सबसे कम है अतः इसमें केवल DE भाग परिपथ से isolate होगा। यदि रिले D प्रचालित नहीं होती है तो फिर रिले C प्रचालित होकर परिपथ को भंग कर देगा।



चित्र 7.3

इस प्रणाली की सबसे बड़ी कमी यह है कि चूँकि यहाँ सभी Feeders श्रेणी में होते हैं जिसके कारण सप्लाई end के पास की रिले का प्रचालन समय 2 sec से भी अधिक हो जाता है जो कि नहीं होना चाहिए। इस कमी को प्रतिलोम समय रिले के द्वारा दूर किया जा सकता है।

(ii) प्रतिलोम समय रिले (Inverse Time Relay)—चित्र में अरीय पोषक के रक्षण के लिए प्रतिलोम समय रिले एकल लाइन डायग्राम दिखाया गया है। इस प्रणाली में रिले का प्रचालन समय, प्रचालन धारा का व्युत्क्रमानुपाती होता है।



चित्र 7.4

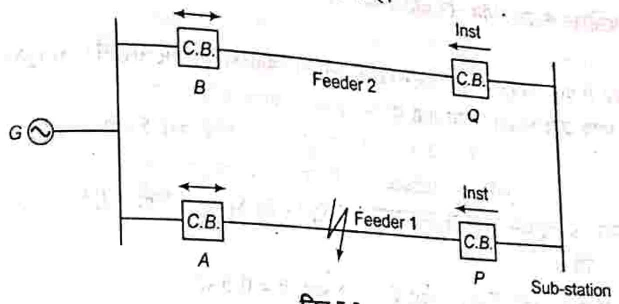
रिले A, B, C के पास व्युत्क्रम प्रचालन समय का गुण पाया जाता है। माना BC भाग में प्रदोष उत्पन्न होता है जिससे रिले B Operate हो जाता है। क्योंकि

$$\text{Operating time} \propto \frac{1}{\text{operating current}}$$

अर्थात् जनित्र के पास सबसे अधिक load है और current की value भी अधिक होगी जिससे operating time कम होगा। माना प्रदोष BC भाग में उत्पन्न होता है तो रिले B के पास से अधिक धारा प्रवाहित होती है जिससे रिले B का प्रचालन समय अन्य रिले की अपेक्षा कम होता है जिससे रिले B प्रचालित होकर परिपथ को वियोजित कर देती है।

2. समान्तर पोषक (Parallel Feeders)—जहाँ पर हर समय सप्लाई की आवश्यकता होती है वहाँ दो समान्तर पोषकों का प्रयोग करते हैं। यदि एक पोषक में प्रदोष उत्पन्न होता है तो उसे प्रणाली से अलग कर दिया जाता है और सप्लाई दूसरे

पोषक द्वारा उपभोक्ता को प्राप्त होती रहती है। समान्तर पोषकों को non-directional overcurrent relay के द्वारा रक्षा नहीं कर सकते। इनके रक्षण के लिए दिशीय रिले की आवश्यकता होती है।



चित्र 7.5

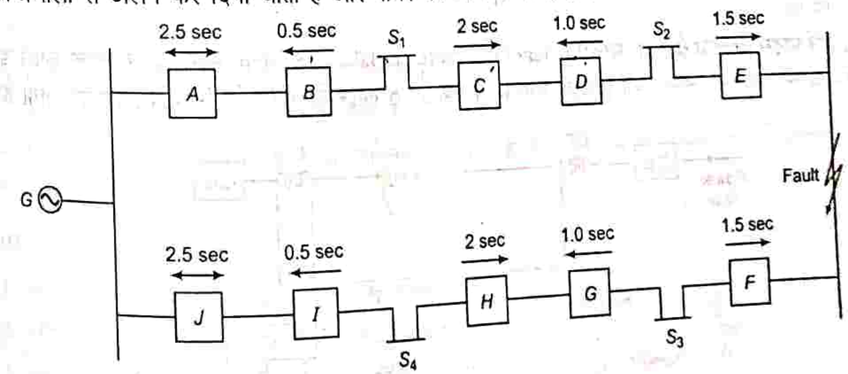
चित्र में समान्तर पोषक के रक्षण का एकल लाइन डायग्राम दिखाया गया है। चित्र में दो पोषक बस-बार से समान्तर क्रम में संयोजित हैं। ये दोनों पोषक जनन केन्द्र व सबस्टेशन के बीच है। इस रक्षण के लिए प्रणाली की निम्न आवश्यकताएँ हैं—

1. प्रत्येक पोषक के जनन केन्द्र के पास अदिशीय रिले को लगाया जाता है जिनके अन्दर समय व्युत्क्रम अभिलक्षण होना चाहिए।

2. प्रत्येक फीडर में substation के पास व्युत्क्रम पॉवर या दिशीय रिले का प्रयोग किया जाता है। ये रिले इनस्टेन्टेनियस टाइप के होते हैं और तभी प्रचालित होते हैं जब पॉवर व्युत्क्रम दिशा में प्रवाहित होता है।

माना पोषक-1 में भू-प्रदोष उत्पन्न हो जाता है। इस भू-प्रदोष के कारण रिले A और P प्रचलित होनी चाहिए। जैसे ही F बिन्दु पर प्रदोष उत्पन्न होता है तो इस प्रदोष के उत्पन्न होने के कारण इसके पास की अदिशीय रिले A प्रचालित हो जाती है और साथ ही पोषक-2 से पोषक-1 में आने वाली व्युत्क्रम पॉवर के कारण दिशीय अतिधारा रिले P भी प्रचालित हो जाती है और इस तरीके से प्रदोषी परिपथ को स्वस्थ परिपथ से अलग कर दिया जाता है।

3. रिंग मेन प्रणाली (Ring Main System)—इस प्रणाली में विभिन्न पॉवर स्टेशन या सबस्टेशन एक-दूसरे से जुड़े होते हैं। इस प्रकार से ये एक रिंग का निर्माण करते हैं। रिंग मेन प्रणाली के किसी भी भाग के खराब हो जाने की स्थिति में उस भाग को प्रणाली से अलग कर दिया जाता है और पॉवर को अन्य भागों से निरन्तर प्राप्त किया जाता है।



चित्र 7.6

चित्र में रिंग मेन प्रणाली के रक्षण का एकल लाइन डायग्राम दिखाया गया है। चित्र में एक जनन केन्द्र के द्वारा चार sub-stations S_1, S_2, S_3, S_4 को सप्लाई दिया जाता है। इस प्रणाली में प्रदोषी अवस्था में पॉवर दोनों दिशाओं में प्रवाहित होगी। अतः यह आवश्यक है कि इस प्रणाली में प्रयोग होने वाली रिले टाइम ग्रेडेड हो और साथ ही एकदिशीय रिले का भी प्रयोग किया जाता है। इस प्रणाली में रिले इस क्रम में व्यवस्थित होती हैं—

(1) जनन केन्द्र के अन्तिम सिरे पर दो अदिशीय रिले (non-directional relay) A और J को स्थापित किया गया है।

(2) प्रत्येक सबस्टेशन के इनकमिंग और आउटगोइंग सिरे पर दिशीय रिले (रिले B, C, D, E, F, G, H, I) का प्रयोग किया गया है।

(3) रिले के बीच में एक उपयुक्त समय सेटिंग्स होनी चाहिए। उदाहरण के लिए पाश में $GS_1S_2S_3S_4G$ आउटगोइंग रिले हैं जिनको समय के घटते क्रम में set किया गया है।

$A = 2{\cdot}5$ sec $\quad C = 2$ sec $\quad E = 1{\cdot}5$ sec

$G = 1$ sec $\quad$ और $I = 0{\cdot}5$ sec

इसी प्रकार से पाश के व्युत्क्रम दिशा में आउटगोइंग $G\,S_4\,S_3\,S_2\,S_1\,G$ के रिले (J,H,F,D और B) भी समय के घटते क्रम में set किये गये हैं।

$J = 2{\cdot}5$ sec, $H = 2{\cdot}0$ sec, $F = 1{\cdot}5$ sec, $D = 1{\cdot}0$ sec, $B = 0{\cdot}5$ sec

माना कि प्रदोष F बिन्दु पर होता है। सिद्धान्तानुसार रिले E और F प्रचालित होकर परिपथ से प्रदोषी परिपथ को अलग कर देना चाहिए।

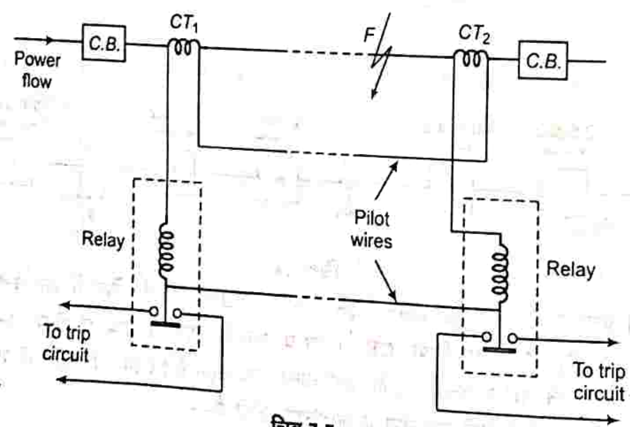
यहाँ पर जनन केन्द्र से पॉवर को दो मार्गों से Feed किया जाता है। पहला मार्ग $G\,S_1S_2$ और दूसरा $G\,S_4S_3$ से है। यह स्पष्ट है कि रिले A, B, C और D और साथ ही J, I, H और G ट्रिप नहीं होंगी। अत: यहाँ केवल रिले E और F ही प्रचालित होंगी और प्रदोषी परिपथ को स्वस्थ परिपथ से अलग करेगी।

7.3.2 (B) भिन्नक पाइलट तार रक्षण (Differential Pilot-wire Protection)

भिन्नक पाइलट तार रक्षण इस सिद्धान्त पर आधारित है कि साधारण अवस्था में तार के एक सिरे से प्रवेश करने वाली धारा तार के दूसरे सिरे से निकलने वाली धारा के बराबर होती है। जैसे ही कोई प्रदोष दोनों सिरों के मध्य उत्पन्न होता है तो दोनों सिरों की धाराओं में अन्तर उत्पन्न हो जाता है और दोनों धाराओं यह अन्तर रिले में प्रवाहित होती है जिसके कारण रिले प्रचालित हो जाती है और प्रदोषी परिपथ को स्वस्थ परिपथ से परिपथ वियोजत के द्वारा वियोजित कर देती है। यहाँ दो रक्षण प्रणालियों को प्रदर्शित किया गया है—

1. Merz-Price voltage balance system
2. Translay scheme.

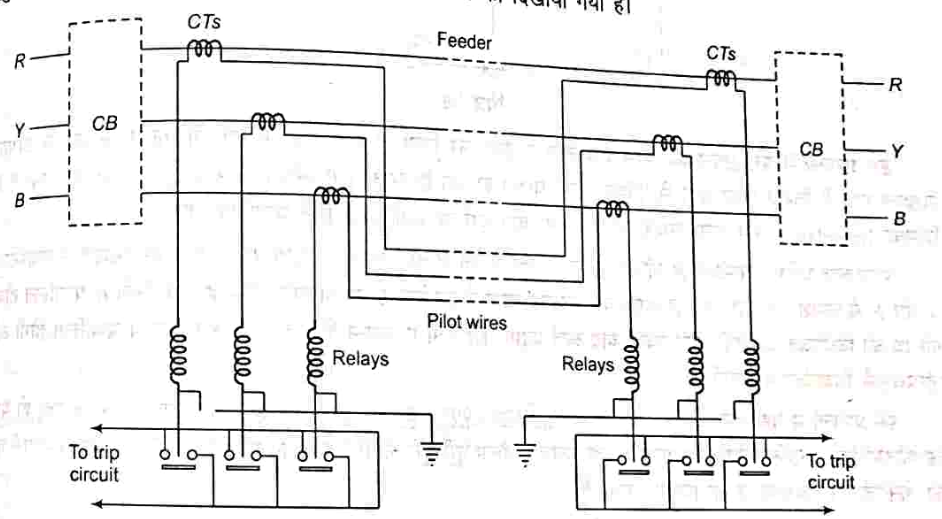
1. मर्ज प्राइस वोल्टेज बैलेन्स सिस्टम (Merz Price Voltage Balance System)—चित्र में एकल लाइन डायग्राम मर्ज प्राइस वोल्टेज बैलेन्स सिस्टम को दिखाया गया है जो कि $3-\phi$ लाइन के रक्षण के लिये प्रयोग किया गया है। धारा



चित्र 7.7

ट्रांसफॉर्मर को प्रत्येक फेज के दोनों सिरों पर प्रयोग किया गया है। धारा परिणामित्र के जोड़े को रिले के साथ प्रत्येक लाइन के श्रेणी क्रम में इस प्रकार जोड़ा जाता है कि धारा परिणाममित्र CT के द्वितीयक वोल्टेज समान व विपरीत हो।

स्वस्थ अवस्था में जितनी धारा लाइन के एक सिरे से प्रवेश होती है उतनी ही धारा लाइन के दूसरे सिरे से प्राप्त होती है जिसके कारण $C.T.$ के द्वितीय कुण्डली में वोल्टेज समान व विपरीत होती है जिसके कारण रिले में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती और रिले प्रचालित नहीं होती है। माना कोई प्रदोष F बिन्दु पर उत्पन्न होता है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। इस अवस्था में उच्च धारा CT_1 से प्रवाहित होगी और फिर CT_2 से जिसके कारण इनकी द्वितीयक वोल्टता असमान हो जायेगी जिसके कारण रिले में एक धारा प्रवाहित होगी जिससे रिले प्रचालित हो जायेगी और प्रदोषी भाग आइसोलेटर हो जायेगा। अगले पृष्ठ पर एक $3-\phi$ मर्ज प्राइस बैलेन्स वोल्टेज रक्षण प्रणाली को दिखाया गया है।



चित्र 7.8

लाभ (Advantages)

1. इस प्रणाली को रिंग मेन के साथ-साथ समान्तर फीडर के लिए प्रयोग किया जा सकता है।
2. यह प्रणाली भू-प्रदोष के लिए इनस्टेन्टेनियस (Instantaneous) रक्षण प्राप्त कराता है।
3. यह प्रणाली Instantaneous Relaying प्राप्त करता है जिसके कारण चालक के नुकसान होने की सम्भावना कम हो जाती है।

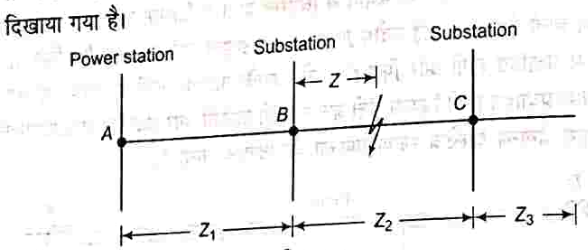
हानि (Disadvantages)

1. धारा परिणामित्र के Accurate matching करना बहुत मुश्किल होता है।
2. यदि पाइलट तार कहीं से टूट जाता है तो यह प्रणाली कार्य नहीं करती है।
3. पाइलट तार की लम्बाई अधिक होने के कारण यह प्रणाली बहुत महंगी साबित होती है।
4. लम्बे संचरण लाइन के Case में चार्जिंग धारा के कारण साधारण अवस्था में भी रिले प्रचालित हो जाती है।

7.3.3 (C) Distance Protection

अधिक लम्बे उच्च वोल्टता संचरण लाइन में समय ग्रेडेड प्रणाली तथा पाइलट तार प्रणाली ठीक तरीके से कार्य नहीं करते हैं। टाइम ग्रेडेड प्रणाली में जनन केन्द्र के पास वाले रिले का प्रचालन समय अधिक होता है, जबकि पाइलट तार प्रणाली

अधिक महँगी पड़ती है। अतः इन बातों को ध्यान में रखकर एक ऐसी प्रणाली का निर्माण किया गया जिसके अन्दर रिले का प्रचालन दूरी अथवा प्रतिबाधा पर निर्भर करता है। यह दूरी रिले को लगाये गये बिन्दु और प्रदोषी बिन्दु के बीच का होता है। अतः यह प्रणाली बिना किसी पाइलट तार के ही एक उपयुक्त रक्षण प्रणाली उपलब्ध कराती है। दूरी रक्षण प्रणाली का एकल लाइन डायग्राम नीचे दिखाया गया है।

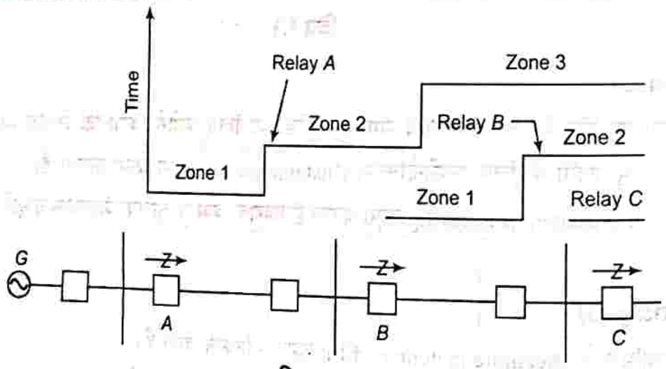


चित्र 7.9

इस प्रणाली में पूरी लाइन को विभिन्न जोन में विभक्त कर दिया जाता है। चित्र में प्रणाली का एकल लाइन डायग्राम दिखाया गया है जिसमें पॉवर बायें से दाहिने ओर प्रवाहित हो रहा है। रिले A, B और C इस तरीके से set की गयी है कि जिसका Impedance कम होगा अथवा जो प्रदोष से कम दूरी पर होगी, वही रिले प्रचालित होगी।

माना कोई प्रदोष सबस्टेशन B और C के मध्य उत्पन्न होता है तो उस समय प्रदोष प्रतिबाधा पॉवर स्टेशन से सबस्टेशन A और B से क्रमशः Z_1+Z और Z होगी। यहाँ पर यह स्पष्ट है कि रिले B की प्रतिबाधा कम है अतः रिले B प्रचालित होकर परिपथ को वियोजित कर देगी। इसी प्रकार यदि कोई प्रदोष AB भाग में उत्पन्न होता है तो केवल रिले A प्रचालित होगी और परिपथ को वियोजित कर देगी।

इस प्रणाली में यह परेशानी आती है कि जब कोई प्रदोष 99% अथवा 101% पर होती है तो यह निश्चित नहीं हो पाता कि कौनसी रिले प्रचालित होगी। इस कमी को दूर करने के लिए पूरी दूरी को विभिन्न जोन में बाँट देते हैं। नीचे चित्र में पूरी दूरी को तीन जोन में विभक्त करके दिखाया गया है।



चित्र 7.10

इसमें प्रथम जोन (zone-1) 90% भाग को cover करता है और इस भाग में होने वाले प्रदोष को इस zone में लगे रिले के द्वारा sense करके Ckt को trip कर दिया जाता है।

Zone-2 10% भाग को cover करता है और zone-3 में लगी रिले बैक-अप रक्षण उपलब्ध कराता है। इस तरीके से यह दूरी रक्षण (Distance Protection) प्रणाली का कार्य करता है।

अभ्यास

1. What is the importance of bus-bar protection?
2. रेडियल फीडर के परीक्षण हेतु निम्न योजनाओं का वर्णन कीजिए—
   (i) काल-क्रमिक परीक्षण (BTE 2006)
   (ii) त्रि-सोपानी दूरी परीक्षण
3. Describe the following systems of bus-bar protection :
   (i) Differential protection
   (ii) Fault-bus protection
4. Radial Feeder की परिरक्षा हेतु निम्नलिखित योजनाओं का वर्णन कीजिए—(i) काल-क्रमिक परिरक्षण, (ii) त्रि-सोपानी दूरी परिरक्षण। (BTE 2006)
5. What are the requirements of protection of lines?
6. प्रवणित काल पश्च योजना (Graded Time Lag Scheme) क्या है? इस योजना को फीडरों को सुरक्षा प्रदान करने हेतु किस प्रकार प्रयुक्त किया जाता है? (BTE 2008)
7. Discuss the time-graded overcurrent protection for :
   (i) Radial fieders
   (ii) Parallel feeders
   (iii) Ring main system
8. Radial, Parallel तथा Ringmain फीडरों में अन्तर स्पष्ट कीजिये तथा आरेख खींचिये। (BTE 2009)
9. Describe the differential pilot wire method of protection of feeders.
10. रेडियल फीडरों में प्रयुक्त किसी परिरक्षण प्रणाली को खींचकर उसकी व्याख्या कीजिए। (BTE 2012)
11. Feeders के रक्षण हेतु विभिन्न रक्षण प्रणालियों की विवेचना कीजिए। (BTE 2013)
12. Describe distance protection scheme for the protection of feeders.
13. Directional Overload रिले जिसे रिंग मेन में प्रवणित काल भेद (Time Graded Discrimination) में उपयोग किया गया के सिद्धान्त को समझाइये। (BTE 2010)
14. फीडरों की सुरक्षा हेतु प्रयुक्त क्रमिक काल पश्च रक्षण (Time lag graded over-cirrent system) का वर्णन कीजिए। (BTE 2016)
15. स्वच्छ रेखाचित्र की सहायता से फीडरों की सुरक्षा में प्रयुक्त रिंग-मेन प्रणाली का वर्णन कीजिए। (BTE 2016)

Fill in the blanks :

(i) Differential protection scheme for longer lines is .... costly.
(ii) The bus-bar zone, for the purpose of protection, includes .... and ....
(iii) The two most commonly used schemes for bus-bar protection are .... and ....
(iv) The probability of faults occurring on the lines is much more due to their .... and ....
(v) In time graded overcurrent protection .... discrimination is incorporated.
(vi) The parallel feeders .... be protected by non-directional overcurrent relays alone.
(vii) The ideal scheme of protection for lines is .... protection.

Answer : (i) very, **(ii)** bus-bars, circuit breakers, **(iii)** differential protection, fault bus protection, **(iv)** greater length, exposure to atmospheric conditions, **(v)** time, **(vi)** cannot, **(vii)** distance.

8 प्रोटेक्शन अगेन्स्ट ओवरवोल्टेज (Protection Against Overvoltage)

8.1 परिचय (Introduction)

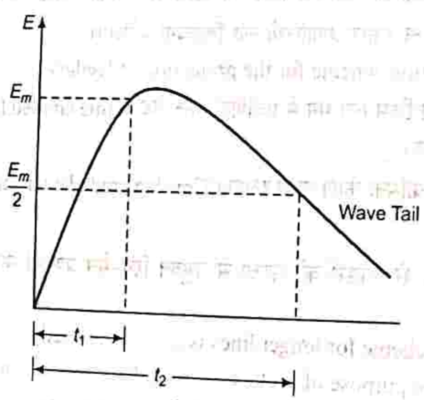
वैद्युत शक्ति प्रदाय प्रणाली में कुछ विशेष आन्तरिक तथा बाह्य कारणों से उच्च वोल्टता तरंगें अर्थात् हिल्लोले, उच्च आवृत्ति की तरंगें अर्थात् दोलनें, क्षणिकायें आदि कई प्रकार की प्रगामी तरंगें उत्पन्न हो जाती हैं। ये तरंगें वैद्युत प्रणाली में संलग्न यन्त्रों, उपयन्त्रों, उपस्करों, उपकरणों के लिए अति हानिकारक होती हैं। इसलिए यह अति आवश्यक है कि इस प्रकार की तरंगों से अपने उपकरणों को बचाने के लिए कुछ ऐसे उपाय करें जिससे हमारे उपकरणों पर इनका कोई प्रभाव न पड़े।

8.2 वोल्टता हिल्लोले (Voltage Surge)

क्षणिक समय के लिए अचानक बढ़ने वाली वोल्टता को पॉवर सिस्टम में वोल्टता हिल्लोला (voltage surge) के नाम से जाना जाता है।

यह वोल्टता अस्थायी प्रकृति की होती है और बहुत ही कम समय (कुछ μs के लिए) की होती है, परन्तु हमारे वैद्युत प्रणाली में ये overvoltage का कारण बनती है। ये स्विच तथा मुख्य रूप से बिजली के कड़कने से उत्पन्न होते हैं। जब बिजली किसी ट्रांसमिशन लाइन पर गिरती है तो यह उसी तरह से व्यवहार करती है जिस तरह बाढ़ के आ जाने से संकीर्ण गलियों से होता हुआ पानी बाहर निकलता है ठीक उसी प्रकार बिजली भी जब किसी लाइन के ऊपर गिरती है तो बहुत ही तेजी से उस लाइन से गुजरती है और उसके पास के ट्रान्सफार्मर को नुकसान पहुँचाती है या अन्य उपकरण जो भी लगे होते हैं। यह घटना तभी होती है जब उपकरण ठीक तरह से सुरक्षित न हों।

चित्र में Lighting Surge का वेव फार्म दिखाया गया है। ग्राफ के Y-अक्ष पर वोल्टता तथा X-अक्ष पर समय को प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 8.1

8.2 ओवरवोल्टता के कारण (Causes of Overvoltage)

अतिवोल्टता के होने के कारणों को मुख्य दो भागों में बाँटा गया है—

1. आन्तरिक कारण
2. बाह्य कारण

(1) आन्तरिक कारण (Internal causes)

(i) स्विचन प्रचालन (Switching operation)

(ii) परिपथ का अचानक अन्तरायण (Sudden interruption of circuit)

(iii) आर्कन भू (Arcing earth)

(iv) विद्युत रोधन का विफल होना (Failure of insulation)

(v) अनुनाद (Resonance)

(2) बाह्य कारण (External causes)—मुख्यत: कारण तड़ित आघात (Lightning) होता है जिसके निम्नवत दो प्रारुप होते हैं—

(i) प्रत्यक्ष तड़ित आघात (Direct lightning strock)

(ii) अप्रत्यक्ष तड़ित आघात (Indirect lightning strock)

अधिवोल्टता के आन्तरिक कारण (Internal causes of over voltage)—वैद्युत् तन्त्र में अधिवोल्टता के आन्तरिक कारण निम्नवत् होते हैं—

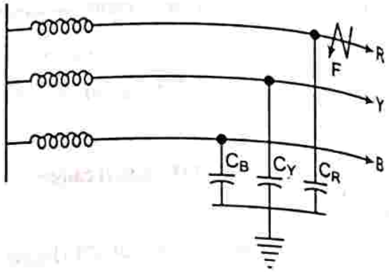
(i) स्विचन प्रचालन (Switching operation)—स्विचन प्रचालन से वैद्युत् भार रहित लाइन की परिस्थितियों में अचानक परिवर्तन आते हैं। स्विच संवृत्त करते ही लाइन में वोल्टता तरंग प्रेषी सिरे (Sending end) से अभिग्राही सिरे (Receiving end) तक तुरन्त गमन करती है। ये प्रगामी तरंग (Travelling waves) लाइन के विवृत्त अभिग्राही सिरे (Open receiving end) से परावर्तित (Reflect) होती हुई इस सिरे पर द्विगुणन प्रभाव (Doubling effect) उत्पन्न करती हैं और पुन: प्रेषी सिरे तक पहुचती हैं, जहा से पुन: अधिवोल्टता उत्पन्न हो जाती है। लाइन में हानियों के कारण तरंग प्रगमन से अधिवोल्टता उत्पन्न हो जाती है। लाइन में हानियों के कारण तरंग प्रगमन से अधिवोल्टता उत्पन्न हो जाती है। लाइन में हानियों के कारण तरंग, प्रगमन (Travelling) की अवधि में क्षीण होती रहती हैं, जिससे कुछ ही समय में लाइन वोल्टता प्रसामान्य हो जाती है।

स्विच प्रचालन में वोल्टता शून्य मान से $2V_{max}$ के मध्य ज्यावक्रीय रुप में दोलायमान (Oscillate) होती है जिसमें $2V_{max} = \sqrt{2}V$ वोल्ट है तथा उक्त वोल्टता के प्रभाव से दोलायन (Oscillating) धारा मान $-2V_{max} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$ एवं $+2V_{max} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$ ऐम्पियर के मध्य उच्चावचन (Fluctuate) करता है, जिसमें C लाइन की धारिता एवं L लाइन का प्रेरकत्व है तथा $\sqrt{\frac{C}{L}}$ लाइन की हिल्लोल प्रवेश्यता (Surge admittance) एवं $\sqrt{\frac{L}{C}}$ लाइन की हिल्लोल प्रतिबाधा (Surge impedance) कहलाते हैं।

(ii) परिपथ का अचानक अन्तरायण (Sudden interruption of circuit)—यदि i ऐम्पियर धारावाही परिपथ का अचानक अन्तरायण (Sudden interruption) हो जाए तो, परिपथ में उत्पन्न वोल्टता (Transient voltage) $e = iZ$ की उत्पत्ति होती है। अर्थात् $e = i\sqrt{\frac{L}{C}}$ जिसमें $z = \sqrt{\frac{L}{C}}$ हिल्लोल प्रतिबाधा है। यह क्षणिक वोल्टता लाइन के प्रेषी सिरे पर प्रसामान्य प्रेषित वोल्टता V_{max} पर अध्यारोपित (Superimposed) होकर प्रेषी सिरे की वोल्टता के मान को बढ़ाकर $\left(V_{max} + i\sqrt{\frac{L}{C}}\right)$ वोल्ट कर देती है।

वैद्युत् लाइनों में अचानक अन्तरायण की घटना वैद्युत् भार युक्त लाइन का चालक टूटने पर अथवा लाइन के परिपथ वियोजनों में धारा अवरुद्ध (Current chopping) के कारण घटित हो जाती है।

(iii) **आर्कन-भू** (Arcing earth)—प्रत्यावर्तक अथवा परिणामित्र विलगित न्यूट्रल (Isolated neutral) उच्चवोल्टता एवं दीर्घ संचरण लाइनों (Long transmission lines) में आर्कन-भू की समस्या उत्पन्न कर देता है, क्योंकि दीर्घ संचरण लाइनों के चालकों और भूमि के मध्य धारिता मान अधिक होता है। यदि लाइन के किसी एक चालक का किसी भी तरह भूमि से सम्पर्क स्थापित हो जाए तो, उस चालक और भूमि के मध्य धारिता मान शून्य हो जायेगा तथा अन्य चालकों और भूमि के मध्य उच्च धारिताओं में प्रवाहित धाराएँ दोष बिन्दु में से प्रवाहित होने लगेंगी। यदि दोष धारा का मान 4 ऐम्पियर से अधिक हो जाता है तो, दोष बिन्दु पर उत्पन्न आयनित पथ में यह धारा आर्क को बनाए रखती है तथा दोष समाप्त हो जाने पर भी यह धारा आर्क को स्थापित रख सकती है। धारितीय धाराओं के कारण आर्क उत्पत्ति की इस घटना को आर्कन-भू (Arcing earth) कहते हैं।



चित्र 8.2

आर्कन-भू के कारण बिन्दु में से प्रदाय प्रणाली के पुष्ट दो चालकों और भूमि के मध्य उत्पन्न उच्च धारिताओं के संधारित्रों (Capacitors) का आवेशन एवं अनावेशन होता रहता है। फलस्वरूप प्रदाय प्रणाली (Supply system) पर उच्च आवृत्ति दोलायन वोल्टता (High frequency oscillating voltage) अर्थात् वोल्टता हिल्लोल (Surge) उत्पन्न हो जाती है जो, प्रदाय वोल्टता पर अध्यारोपित (Superimposed) होकर वोल्टता मान को 3 से 6 गुना अधिक कर देती है। यह प्रसामान्य वोल्टता से उच्च मान की वोल्टता संचरण लाइन विद्युत रोधन अथवा प्रत्यावर्तक, परिणामित्र की कुण्डलनों (Windings) के विद्युत रोधन को हानि पहुचाती है। अर्थात् नष्ट कर सकती है।

(iv) **विद्युत रोधन का विफल होना** (Failure of insulation)—वैद्युत प्रदाय प्रणाली के किन्हीं दो चालकों के मध्य अथवा चालक और भू के मध्य विद्युत रोधन के विफल होने पर वोल्टता अचानक तीव्रता से शून्य मान प्राप्त करती है। फलस्वरूप एक अत्याधिक आरम्भिक मान की ऋणात्मक वोल्टता तरंग उत्पन्न होती है जो, हिल्लोल वोल्टता (Surge voltage) के रुप में दोष बिन्दु के दोनों ओर प्रगमन (Travel) करती है जिनके प्रेषी एवं अभिग्राही (Sending and receiving end) सिरों पर पहुचने पर ये वोल्टता तरंग, अधिवोल्टता उत्पत्ति का कारण होती है।

(v) **अनुनाद** (Resonance)—साधारणतया संचरण लाइनों की धारिता बहुत कम होती है। अत: प्रदाय की मूल आवृत्ति पर अनुनाद (Resonance) की सम्भावना नहीं होती है। किन्तु प्रत्यावर्तक वि० वा० बल तरंग विकृत हो जाने पर उच्च आवृत्ति संनादी (Harmonic) साधारणतया पाँचवीं संनादी पर परिपथ अनुनादित हो सकता है। फलस्वरूप वोल्टता के अधिकतम मान में वृद्धि होकर अधिवोल्टता की घटना घट सकती है।

तड़ित (Lightning)

बादल तथा भू, बादलों के बीच या एक समान बादलों पर आवेश के कारण होने वाले विद्युत विसर्जन को तड़ित कहते हैं।

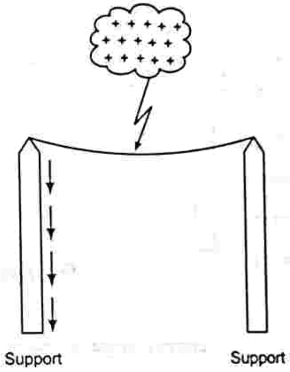
तड़ित के द्वारा अधिक मात्रा में आर्क उत्पन्न होती है। जब बादल पर बहुत अधिक मात्रा में भू के सापेक्ष आवेश उत्पन्न हो जाता है या पास वाले बादल के कारण मीडियम की परावैद्युत सामर्थ्य नष्ट हो जाये। बादल पर आवेश उत्पन्न होने के पीछे बहुत सारी धारणायें है। जैसे कि जब भू से गर्म नम हवा ऊपर की तरफ जाती है तो वायु तथा पानी के सूक्ष्म कणों के बीच घर्षण के कारण बनने वाली पानी की बूँदों पर आवेश उत्पन्न होता है। बड़ी बूँदों पर धनात्मक आवेश उत्पन्न होता है तथा बूँदों पर ऋणात्मक आवेश उत्पन्न होता है। जब पानी की बूँदें इकट्ठा होती हैं तो बादल बनता है तथा इन बादलों पर आवेश इस बात पर निर्भर करता है कि ये बादल कौन-सी बूँदों में मिलकर बना है। इन बादलों पर आवेश इतना अधिक होता है कि ये बादल दूसरे बादल या भू के सापेक्ष विसर्जित हो जाते हैं जिसे हम तड़ित कहते हैं। गर्जन के साथ तड़ित होने का कारण यह है कि तड़ित के कारण अचानक से वायु गर्म हो जाती है जिससे यह फैल जाती है। चारों तरफ की वायु गर्म हवा को वापिस कर देती है जिससे वायु की तरंगें गति करने लगती हैं जिसे हम गर्जन कहते हैं।

तड़ित आघात के प्रकार (Types of Lightning Strokes)

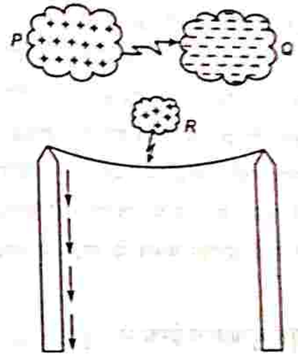
तड़ित आघात के पावर सिस्टम को प्रभावित करने के मुख्यत: दो प्रकार है—

1. प्रत्यक्ष तड़ित आघात (Direct lightning stroke)
2. अप्रत्यक्ष तड़ित आघात (Indirect Lightning Stroke)

1. प्रत्यक्ष तड़ित आघात (Direct lightning stroke)—प्रत्यक्ष तड़ित आघात सामान्यत: दो प्रकार उत्पन्न होता है। प्रथम प्ररूपी आघात में जब आवेशित बादल किसी ऊँची वस्तु के ऊपर होता है तो ऊंची वस्तु के उच्चतम भाग पर बादल के आवेश के विपरीत आवेश प्रेरित होता है और बादल तथा वस्तु के मध्य विद्युत क्षेत्र अनुरक्षित हो जाता है। विद्युत क्षेत्र की सामर्थ्य अधिक होने पर उनके मध्य अन्तराल की वायु आयनित होकर बादल के आवेश के विसर्जन का पथ प्रदान कर उच्चतम स्थान पर प्रत्यक्ष आघात की उत्पत्ति करती है। इस प्ररूपी विसर्जन में अधिक समय लगता है चित्र (अ)।



चित्र (अ)



चित्र (ब)

द्वितीय प्ररूपी प्रत्यक्ष आघात में तीन आवेशित बादल भाग लेते हैं। एक बादल का आवेश सबसे अधिक, दूसरे बादल पर उससे कम तथा तीसरे पर सबसे कम आवेश होता है। अर्थात् तीसरे बादल का विभव सबसे कम होता है। जब पहले दो बादलों का अवेश परस्पर विसर्जित हो जाता है तो, तीसरे बादल का विभव बहुत बढ़ जाता है और आवेश भू में विसर्जित हो जाता है। इस प्ररूपी आघात हेतु उच्च स्थान पर बिन्दु की आवश्यकता नहीं होती है। यह यादृच्छ (Random) रूप से किसी भी स्थान पर उत्पन्न हो जाता है चित्र (ब)।

यदि वैद्युत उत्पादन केन्द्र से दूर शिरोपरि लाइन के किसी जीवन्त (Live) तार के किसी बिन्दु पर प्रत्यक्ष तड़ित आघात होता है तो, उस बिन्दु पर वोल्टता में वृद्धि $V_L = \frac{I_S}{2} \cdot Z_L$ जिसमें I_S आघात धारा, Z_L लाइन की हिल्लोल प्रतिबाधा (Surge impedance) है। क्योंकि आघात बिन्दु पर आघात धारा बिन्दु के दोनों ओर प्रवाहित होती है। अत: वोल्टता उत्पत्ति में सम्मिलित धारा का मान $\frac{I_S}{2}$ होता है।

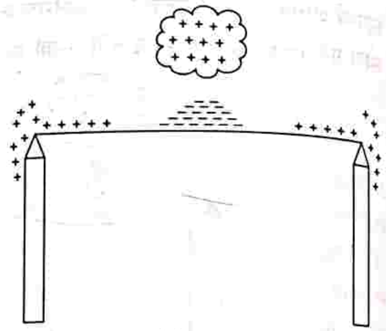
यदि प्रत्यक्ष आघात लाइन में वैद्युत उत्पादन केन्द्र के निकटवर्ती बिन्दु पर होता है तो, केन्द्र को क्षतिग्रस्त होने से रक्षित करना सम्भव नहीं हो सकता।

यदि प्रत्यक्ष आघात, लाइन आलम्ब या भू-तार पर होता है तो, आलम्ब अथवा भू-तार की वोल्टता में वृद्धि $V = I_S R_E + L\frac{di}{dt}$ वोल्ट जिसमें I_S आघात धारा, R_E भू-प्रतिरोध, L आलम्ब या भू-तार का प्रेरकत्व जो अति उच्च वोल्टता आलम्ब हेतु 10 माइक्रो हेनरी रखा जाता है तथा $\frac{di}{dt}$ तड़ित आघात धारा की तरंग का झुकाव है।

यदि V का मान विद्युतरोधक उत्स्फुरण वोल्टता (Spare over voltage) से अधिक होता है तो, आलम्ब या भू-तार और लाइन के जीवन्त चालक के मध्य पश्च उत्स्फुरण (Backward flash over) उत्पन्न होता है। फलस्वरूप जीवन्त तार में प्रगमन तरंग (Travelling wave) लाइन में आलम्ब के दोनों ओर प्रवाहित होगी और बहुत ही घातक अतिवोल्टता उत्पन्न करेगी। जिनसे वैद्युत उत्पादन केन्द्रों एवं उप-स्थानों (Sub-stations) को क्षति होगी। सामान्यता प्रत्यक्ष आघात की सम्भावनायें नगण्य ही होती हैं।

(ii) अप्रत्यक्ष तड़ित आघात (Indirect Lightning Stroke)—अप्रत्यक्ष तडित आघात के निम्नवत् कारण हो सकते हैं—

(क) स्थैतिक विद्युत प्रेरण से (By Electrostatic Induction)—संचरण लाइन तार के ऊपर धनावेशित बादल आने पर चालक में स्थैतिक विद्युत प्रेरण से ऋणात्मक आवेशन होगा। फलस्वरूप बादल के केन्द्र के ठीक नीचे चालक भाग पर उच्चतम विभव प्रेरित होगा तथा केन्द्र से दूर दूरी बढ़ने पर प्रेरित विभव का मान कम होता रहेगा। लाइन के ऊपर से बादल के हट जाने पर या अनावेशित होने पर चालक में यह आवेश उच्च विभव से निम्न विभव की दिशाओं में समान रूप से प्रगमन (Travel) करेगा। अर्थात ठीक उसी प्रकार तरंग प्रगमन करेगी जैसे स्विचन प्रभाव के कारण करती है। इन तरंगों के प्रगमन प्रभाव से लाइन में अधिवोल्टता उत्पन्न हो जायेगी चित्र (स)।



चित्र (स)

(ख) विद्युत चुम्बकीय प्रेरण से (By Electromagnetic Induction)—संचरण लाइन के निकट ही भूमि में तड़ित आघात के कारण आवेश विसर्जन के समय लाइन चालकों में विद्युत चुम्बकीय प्रेरण से लाइन में अधिवोल्टता प्रभाव उत्पन्न हो जाता है।

निकटवर्ती संचरण लाइन में प्रत्यक्ष तड़ित आघात के कारण प्रगामी तरंगों के विद्युत चुम्बकीय प्रभाव से भी लाइन में अधिवोल्टता उत्पन्न हो जाती है।

आन्तरिक कारणों से उत्पन्न अधिवोल्टताओं से रक्षण

(Protection Against over Voltage Due to Internal Causes) :

व्यावहारिकतया आन्तरिक कारणों से अधिवोल्टताएँ प्रसामान्य वोल्टताओं के दो गुने मान से अधिक नहीं हो पाती हैं अत: इनसे रक्षण हेतु वैद्युत प्रणाली का विद्युतरोधन प्रसामान्य वोल्टता से दो गुनी वोल्टता हेतु अभिकल्प (Design) किया जाता है।

आन्तरिक कारणों के कारण से अधिवोल्टता का मान प्रसामान्य वोल्टता के दो गुने से अधिक, जो प्रसामान्य वोल्टता के मान से पाच गुना तक हो सकता है, मात्र आर्कन-भू के कारण हो सकता है। आर्कन-भू से वैद्युत प्रणाली के रक्षण हेतु उदासीन बिन्दु अर्थात् न्यूट्रल (Neutral) को भू-सम्पर्कित किया जाता है।

बाह्य कारणों के कारण अधिवोल्टताओं से रक्षण

(Protection Against over Voltage Due to External Causes) :

अधिवोल्टता के बाह्य कारणों में मुख्य कारण प्रत्यक्ष एवं अप्रत्यक्ष तड़ित आघात है। तड़ित से वैद्युत प्रणाली के रक्षण उपकरणों को तीन श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है—

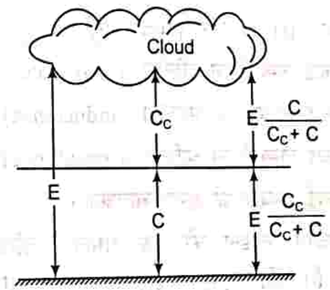
(i) वे उपकरण जो हिल्लोल तरंगों (Surge waves) को अवरुद्ध करते हैं या उनके परिमाण को कम करते हैं जैसे भू-तार (Earth wire) या भू-आच्छादन (Earth Screen)।

(ii) वे उपकरण जो हिल्लोल तरंग (Surge wave) को भू की ओर परावर्तित (Divert) करते हैं जैसे तड़ित निरोधक (Lightning Arrestor) या तड़ित परावर्तक (Lightning Diverter)।

(iii) वे उपकरण जो हिल्लोल तरंग रूप (Surge wave form) की कुछ ऊर्जा अवशोषित कर तरंग रूप को सुधारते हैं जैसे हिल्लोल शोषक (Surge Absorber)।

तड़ित आघात के कारण अधिवोल्टताओं से रक्षण हेतु उपकरणों का विवरण निम्नवत् है—

(1) भू-तार (Earth wire)—संरचरण एवं वितरण लाइनों के आलम्बों (Supports) पर लाइन तारों के समान्तर सबसे ऊपर या नीचे भू-तार प्रतिष्ठापित किया जाता है जो, प्रत्येक आलम्ब पर भू-सम्पर्कित किया जाता है। चालकों के ऊपर प्रतिष्ठापित (Installed) भू-तार तड़ित आघात से प्रभावी रक्षण प्रदान करता है तथा स्थैतिक विद्युत प्रेरण द्वारा प्रेरित प्रगामी तरंगों (Travelling Waves) को कम कर देता है, क्योंकि उनके लिए भू-तार लघुपरिपथित द्वितीयक (Shortcircuited secondary) का कार्य करता है। यदि बादल और लाइन चालकों के मध्य धारा C_c तथा लाइन चालकों और भूमि के मध्य धारिता C है और E बादल की वोल्टता है तो भू और चालक के मध्य वोल्टता $E\frac{C_c}{C_c+C}$ तथा बादल और चालक के मध्य वोल्टता $E\frac{C}{C_c+C}$ होती है।



चित्र 8.3

वैद्युत लाइन के ऊपर भू-तार के प्रभाव से C के मान में पर्याप्त वृद्धि होने से लाइन में प्रेरित वोल्टता का मान लगभग आधा हो जाता है। दो चालकों वाली लाइन में वोल्टता मान लगभग $\frac{1}{3}$ तथा तीन तार वाली लाइन में इसका मान एक चौथाई रह जाता है।

(2) भू-आच्छादन (Earth Screen)—वैद्युत उत्पादन केन्द्रों या उप-स्थानों के ऊपर वैद्युत चालक तारों के द्वारा एक जाल (Net) के रूप में आच्छादन (Screen) बनाकर भू-सम्पर्कित किया होता है, भू-आच्छादन (Earth Screen) कहलाता है। भू-आच्छादन वैद्युत उत्पादन केन्द्रों एवं उप-स्थानों (Sub-stations) की प्रत्यक्ष तड़ित आघात, स्थैतिक विद्युत प्रेरण तथा विद्युत चुम्बकीय प्रेरण से उत्पन्न अधिवोल्टता से रक्षण प्रदान करता है।

(3) तड़ित निरोधक (Lightning Arrester)—तड़ित निरोधक एक इस प्रकार का रक्षी उपकरण है जो उच्च वोल्टता की तड़ित (Swige) को सीधे भू में भेज देता है। तड़ित निरोधक निम्न प्रकार के होते हैं—

(1) वायु अन्तराल तड़ित निरोधक (Rod Ga Lightning Arrester)

(2) हॉर्न गैप अरेस्टर (Horn Gap Lightning Arrester)

(3) बहुअन्तराली तड़ित निरोधक (Multi Gap Lightning Arrester)

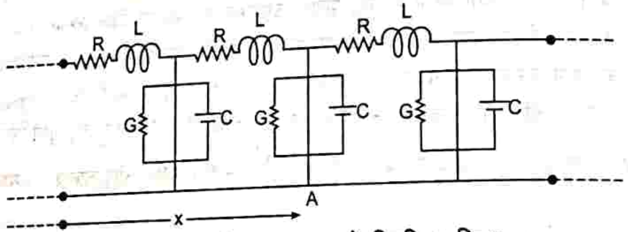
(4) निर्वासन टाइप तड़ित निरोधक (Exlulsion type Lightning Arrester)

(5) वाल्व टाइप तड़ित निरोधक (Valve Type Lightning Arrester)

8.7 प्रगामी तरंगें (Travelling Waves)

लम्बी संचरण लाइन चालकों पर तड़ित वोल्टता तथा इससे सम्बन्धित धारा की तरंगों का गमन करना प्रगामी या गमनकारी तरंगें कहलाता है।

Propagation of lightning voltage and current waves on transmission line conductors is known as travelling waves.



चित्र 8.7 : एक लम्बी संचरण लाइन के वितरित अभिलक्षण

$e(t)$ — वोल्टता (voltage) तथा $i(t)$ — धारा (currennt)

R — संचरण लाइन की प्रति इकाई लम्बाई का प्रतिरोध। (resistance)

L — संचरण लाइन की प्रति इकाई लम्बाई का प्रेरकत्व। (inductance)

C — संचरण लाइन की प्रति इकाई लम्बाई की धारिता। (capacitance)

G — संचरण लाइन की प्रति इकाई लम्बाई की क्षरण चालकता।

चित्र 8.7 में प्रदर्शित लम्बी संचरण लाइनों को एक समान वितरित वैद्युत अवयवों का एक वैद्युत जाल (electric-network) माना जा सकता है। यदि R, L, C तथा G लाइन की प्रति इकाई लम्बाई के क्रमशः प्रतिरोध (resistance), प्रेरकत्व (inductance), धारिता (capacitance) तथा क्षरण चालकता (leakage conductance) हो, तो तरंगों के मूल (origin) से किसी बिन्दु A की दूरी x पर वोल्टता तथा धारा की तरंगों के समीकरणों को निम्न प्रकार से प्रस्तुत किया जा सकता है।

$$\frac{\delta^2 e}{\delta x^2} = LC\frac{\delta^2 e}{\delta t^2} + (RC+GL)\frac{\delta e}{\delta t} + RC \quad \text{... समीकरण}$$

$$\frac{\delta^2 i}{\delta x^2} = LC\frac{\delta^2 i}{dt^2} + (RC+GL)\frac{\delta i}{dt} + RC \quad \text{... समीकरण}$$

उपरोक्त दोनों समीकरणें टेलीग्राफिक समीकरणों को व्यक्त करती हैं। इन दोनों समीकरणों का हल निम्न प्रकार से लिखा जा सकता है—

$$c = [\{\exp.(xy) f_1(t) + \{\exp.(-xy)\, f_1(t)\}]$$

$$i = -\sqrt{\frac{Y}{Z}}[\{\exp.(xy) f_1(t)\} - \{\exp.(-xy) f_2(t)\}]$$

जहाँ पर $y = \sqrt{LC}\left[\left(p+\frac{R}{L}\right)\left(p+\frac{G}{C}\right)\right]$

$R = G + C \cdot p.$

$Z = R + L \cdot p$

$p = \frac{\delta}{\delta t}$; Differential operation with respect to time.

इन समीकरणों का वास्तविक हल लाइन के पैरामीटर्स (R, L, C and G) और लाइन प्रारम्भिक तथा सिरा स्थितियों पर निर्भर करता है। चूँकि तरंग एक निश्चित प्रतिरोध तथा चालकता रखने वाली लाइन में गमन करती है, इसलिए तरंग क्षणीकृत तथा विकृत (attenuated and distorted) होती है।

क्षति रहित आदर्श लाइनों, जिनमें $R = 0$ तथा $G = 0$ होता है; उनकी वोल्टता तथा धारा तरंगों के लिये समीकरणों को सरलीकृत करके निम्न प्रकार से लिखा जा सकता है—

$$\frac{\delta^2 e}{\delta x^2} = L \cdot C\frac{\delta^2 e}{\delta t^2} \quad \text{... समीकरण}$$

$$\frac{\delta^2 i}{\delta x^2} = L \cdot C\frac{\delta^2 i}{\delta t^2} \quad \text{... समीकरण}$$

इन समीकरणों का हल (solution) निम्नलिखित होगा

$$e = f_1\left(t+\frac{x}{v}\right) + f_2\left(t-\frac{x}{v}\right) \quad \text{... समीकरण}$$

$$i = -\frac{1}{Z}\left[f_1\left(t+\frac{x}{v}\right) - f_2\left(t-\frac{x}{v}\right)\right]$$

चूँकि $Z = \sqrt{L/C}$, इसलिये $1/Z = \sqrt{C/L}$ मान उक्त समीकरण में रखने पर

$$i = -\sqrt{\frac{C}{L}}\left[f_1\left(t+\frac{x}{v}\right) - f_2\left(t-\frac{x}{v}\right)\right] \quad \text{... समीकरण}$$

$$= -\sqrt{\frac{C}{L}}\, f_1\left(t+\frac{x}{v}\right) + \sqrt{\frac{C}{L}}\, f_2\left(t-\frac{x}{v}\right) \quad \text{... समीकरण}$$

यहाँ पर

$$v = \frac{1}{\sqrt{L.C}} = \text{तरंग का वेग (velocity of the wave)}$$

$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$ = लाइन की हिल्लोल प्रतिबाधा (Surge impedance of the line)

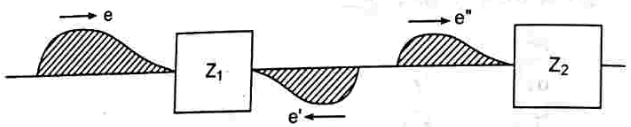
उक्त हल संचरण लाइन पर किसी भी दिशा में आगे तथा पीछे की ओर चलने वाली दो प्रगामी तरंगों को व्यक्त करता है। यहाँ पर v क्षति मुक्त माध्यम (निर्वात्) में प्रकाश का वेग है।

यदि संचरण लाइन के एक सिरे पर एक वोल्टता $e(t)$ प्रयुक्त की जाये, तो बिना किसी क्षति के साथ, वोल्टता $e(t)$ से प्रथम एक संधारित्र C को आवेशित किया जाता है। इसके बाद यह प्रेरकत्व L से होकर संधारित्र C की अगली इकाई में विसर्जित होने का प्रयास करता है। आवेशन तथा विसर्जन का यह प्रक्रम लाइन के अन्तिम सिरे तक चलता है और तरंग में ऊर्जा, विद्युत स्थैतिक (electrostatic) रूप अर्थात् धारिता से विद्युत चुम्बकीय (electromagnetic) रूप अर्थात् प्रेरकत्व में

स्थानान्तरित होती है। इस प्रकार वोल्टता तरंग तुल्य धारा तरंग को बनाती हुई लाइन के एक सिरे से दूसरे सिरे की ओर क्रमिक रूप से विकसित होती है। वोल्टता तथा धारा का यह गमन (propagation) प्रगामी तरंग (travelling wave) कहलाती है और यदि वोल्टता तथा धारा वेग v अर्थात् $1/\sqrt{LC}$ से लाइन की ओर चलती है, तो यह दिखाई देती है।

जब प्रगामी तरंग, लाइन के एक संक्रमण बिन्दु (transition point) पर पहुँचती है, जिस पर लाइन में पैरामीटर्स सहसा (आकस्मिक) परिवर्तित हो जाते हैं; उदाहरणार्थ (i) एक खुलापथ (ii) एक लघुपथ (iii) अन्य लाइन या केबिल के साथ एक सन्धि (iv) एक यन्त्र कुण्डलन अर्थात् मशीन बइंडिंग आदि; तब तरंग का कुछ भाग वापिस हो जाता है, जिसे परावर्तन (reflection) कहते हैं और तरंग का केवल कुछ शेष भाग ही परिपथ के अन्य भाग में प्रवेश कर पाता है।

संक्रमण बिन्दु पर वोल्टता तथा धारा का मान शून्य से लेकर दो गुने तक कुछ भी हो सकता है। यह मान इसके सिरा अभिलक्षण (टर्मिनल कैरैक्टरिस्टिक) पर निर्भर करता है। प्रघाती तरंग (impinging wave) को आपतित तरंग (incident wave) कहते हैं और बनती है और वे लाइन के विभेदी समीकरण (differential equation) को सन्तुष्ट करती हैं।



चित्र : 8.8

e — आपतित तरंग (Incident wave)

e' — परावर्तित तरंग (Reflected wave)

e'' — ससंचरित तरंग (Transmitted wave)

चित्र 8.8–दो विभिन्न प्रतिबाधाओं की सन्धि बिन्दु पर एक आपतित प्रगामी तरंग का परावर्तन तथा संचरण (Reflection and transmission)

चित्र 8.8 में आपतित (इंसिडेन्ट), परावर्तित (रिफ्लैक्टड) तथा संचरित (ट्राँसमिटड) तरंगों को दो विभिन्न प्रतिबाधाओं (Z_1 व Z_2) के एक सन्धि बिन्दु पर दर्शाया गया है।

जब प्रगामी तरंगें (e, i) प्रतिबाधा को अविरलता का समागम (encounter) करती हैं, अर्थात् प्रतिबाधा परिवर्तन बिन्दु पर आकर मिलती है, तब विपरीत दिशा में चलने वाली परावर्तित तरंगें (e', i') उत्पन्न होती हैं। यदि लाइन प्रतिबाधा Z_1 तथा समापन प्रतिबाधा Z_2 हो, तो परावर्तित गुणक (reflection coeficient)

$$F = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad \text{(मात्रक रहित राशि)}$$

परावर्तित वोल्टता तरंग (reflected voltage wave) के लिये समीकरण

$$e' = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}\right) \cdot e = F \cdot e \quad \text{... समीकरण}$$

परावर्तित धारा तरंग (reflected current wave) के लिये समीकरण

$$i' = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}\right) \cdot i = F \cdot i \quad \text{... समीकरण}$$

समापन प्रतिबाधा Z_2 में संचरित होने वाली तरंगों को निम्न प्रकार से व्यक्त किया जा सकता है। संचरित वोल्टता तरंग (transmitted voltage wave) के लिये समीकरण

$$e'' = \left(\frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}\right) \cdot e = (1 + F) \cdot e \quad \text{... समीकरण}$$

संचरित धारा तरंग (transmitted current wave) के लिये समीकरण,

$$i'' = \left(\frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}\right) \cdot i = (1 + F) \cdot i \quad \text{... समीकरण}$$

यह सुगमता से सत्यापित (verify) किया जा सकता है कि—

$$\frac{e}{i} = Z_1 \text{ व } \frac{e'}{i'} = -Z_1 \text{ तथा } \frac{e''}{i''} = Z_2$$

क्षति मुक्त (loss free) लाइनों के मामले में परिवर्तित तथा संचरित तरंगों की आकृतियाँ (shapes) मूल तरंग के समान ही होती हैं।

वोल्टता तथा धारा तरंगों के उपयुक्त व्यंजकों से यह अनुमानित (निश्चय) होता है कि विकसित वोल्टता को संचरण लाइनों तथा अन्य उपस्करों के मोड़ों तथा जंक्शनों पर प्राप्त किया जा सकता है। तरंगों का गमन सर्वाधिक प्रकाश के वेग पर ही होता है, इसलिए तरंगों द्वारा लम्बी लाइनों को पार करने के लिए केवल कुछ माइक्रो सेकण्ड ही लगते हैं।

प्रकाश का वेग (velocity of ligh) : $v = 0{\cdot}3$ km/μ sec.

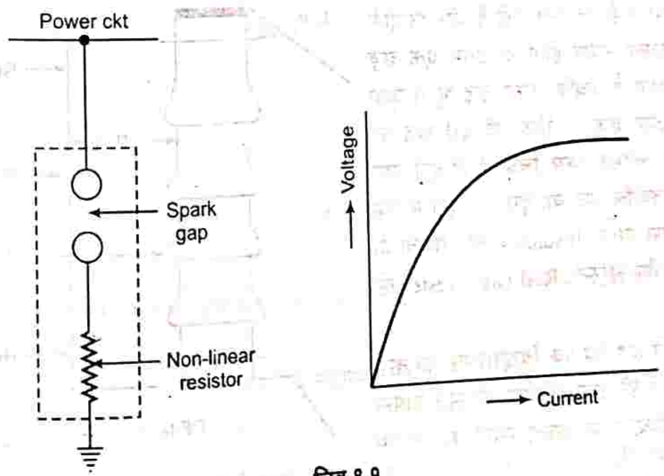
$= 300$ m/μ sec

8.8 तड़ित निरोधक (Lightning Arresters)

अर्थिंग स्क्रीन तथा भू-तार के द्वारा उपकरणों को तड़ित से बचाया जा सकता है परन्तु उन तरंगों को रोक पाने में असक्षम होता है जो तार द्वारा उपकरणों के सम्पर्कों तक पहुँचते हैं। तड़ित निरोधक अथवा तड़ित परिवर्तक इस प्रकार के तरंगों से हमारे उपकरणों की सहायता करते हैं।

अर्थात् तड़ित निरोधक एक इस प्रकार का रक्षी उपकरण है जो उच्च वोल्टता की तड़ित (surge) को सीधे भू में भेज देता है।

चित्र में एक सामान्य तड़ित निरोधक को दिखाया गया है। इसमें श्रेणी में एक स्पार्क गैप रखा जाता है तथा एक अरेखीय प्रतिरोध को भी श्रेणी क्रम में लगाकर भू से सम्पर्कित कर देते है। इसमें तड़ित निरोधक का एक सिरा उस उपकरण से जुड़ा होता है जिसकी हमें रक्षा करनी होती है तथा दूसरा सिरा भू-सम्पर्कित होता है। तड़ित निरोधक में स्पार्क gap को इतना रखा



चित्र 8.9

जाता है कि सामान्य वोल्टता इसके बीच के माध्यम को आयोनाइज्ड नहीं कर पाती परन्तु जब कोई तड़ित उत्पन्न होता है तो उस समय वोल्टता का मान सामान्य वोल्टता का कई सौ गुना अधिक होता है और इस समय उसके बीच का माध्यम आयोनाइजड हो जाता है और साथ ही अरेखीय प्रतिरोध का प्रतिरोध भी न्यूनतम हो जाता है जिससे पूर्ण वोल्टता भू-सम्पर्कित हो जाती है।

कार्य (Action)

1. सामान्य अवस्था में तड़ित निरोधक लाइन को ऑफ रखता है जिसके कारण भू की तरफ कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है।

2. अति वोल्टता की स्थिति में तड़ित निरोधक के बीच की जगह आर्क के माध्यम से आयोनाइज्ड होकर धारा का प्रवाह करने लगता है और साथ ही अरेखीय प्रतिरोध का मान कम हो जाने से सम्पूर्ण वोल्टता भू सम्पर्कित हो जाती है।

तड़ित निरोधक के डिजाइन करते समय मुख्य रूप से दो बातों को ध्यान में रखा जाता है—

1. पहला यह कि जब तड़ित समाप्त हो जाये तो तड़ित के मध्य खाली जगह में उत्पन्न आर्क समाप्त हो जानी चाहिए अन्यथा यह लघुपरिपथ की भाँति कार्य करता रहेगा और रजिस्टर और श्रेणी में खाली जगह में लगे रजिस्टर खराब हो जाते हैं।

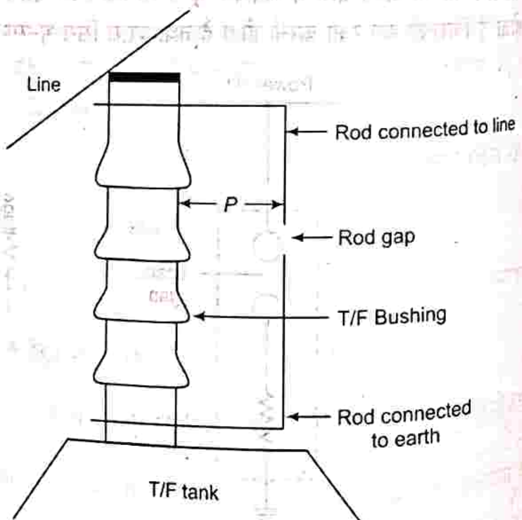
2. दूसरा यह कि $2R$ हानियाँ इतनी हों कि धारा का मान इतना हो जाये कि उपकरण का विद्युत रोधन खराब न हो।

8.9 तड़ित निरोधकों के प्रकार (Types of Lightning Arrester)

सामान्य प्रयोग में बहुत सारे तड़ित निरोधक हैं। ये सब एक-दूसरे से संरचना में भिन्न-भिन्न हैं परन्तु सभी के कार्य प्रणाली एकसमान है। कुछ तड़ित निरोधक निम्न हैं—

1. Rod Gap Arrester
2. Horn Gap Arrester
3. Multi Gap Arrester
4. Expulsion Type Lightning Arrester
5. Valve Type Lightning Arrester

1. Rod Gap Lightning Arrester—यह बहुत ही आसान व साधारण तड़ित निरोधक है। इसमें 1·5 cm की दो छड़ होती हैं जो 90° पर मुड़ी हुई लगी होती हैं और इन दोनों छड़ों के मध्य कुछ खाली स्थान होता है। इसमें एक छड़ लाइन के साथ जुड़ा होता है जबकि दूसरा छड़ भू से जुड़ा होता है। Insulator और छड़ के मध्य की दूरी छड़ की लम्बाई का 1/3 होना चाहिए जिसे चित्र में P दूरी द्वारा प्रदर्शित किया गया है। क्योंकि यदि यह दूरी 1/3 गुना से कम होगा तो आर्क के कारण हमारा Insulator जल सकता है। चित्र 8.8 में एक रॉड गैप अरेस्टर Rod gap arrester को दिखाया गया है।



चित्र 8.10

सामान्य अवस्था में रॉड गैप एक विद्युतरोधक की तरह कार्य करता है, परन्तु जैसे ही उच्च वोल्टता की सर्ज उत्पन्न होती है तो रॉड गैप के बीच का खाली स्थान का माध्यम

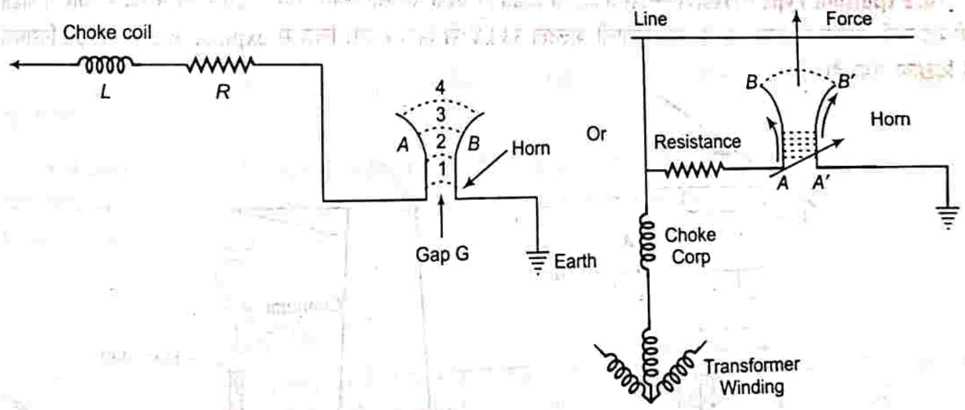
आयोनाइज्ड हो जाता है और उच्च वोल्टता भू सम्पर्कित हो जाती है।

परिसीमाएँ

1. सर्ज के समाप्त हो जाने के पश्चात् भी आर्क साधारण सप्लाई वोल्टता से बना रहता है जिसके कारण साधारण वोल्टता भी भू-सम्पर्कित होती रहती है।
2. अधिक आर्क के उत्पन्न होने कारण छड़ें खराब अथवा जल सकती हैं।
3. सर्ज (तड़ित) की प्रकृति तड़ित निरोधक की कार्य क्षमता को प्रभावित करती है।
4. वातावरणीय प्रभाव (जैसे—वर्षा, आर्द्रता, कोहरा आदि) रॉड गैप अरेस्टर की कार्य क्षमता को प्रभावित कर सकते हैं।

इस सभी परिसिमाओं के कारण रॉड गैप अरेस्टर को केवल back up protection के रूप में प्रयोग किया जाता है।

2. हॉर्न गैप अरेस्टर (Horn Gap Arrester)—हॉर्न गैप अरेस्टर में दो छड़ें सींग की आकृति में होती हैं जिनके बीच एक छोटा-सा Air gap होता है। दोनों छड़ों के मध्य दूरी को इस प्रकार से समायोजित किया जाता है कि क्रमशः दोनों छड़ों के मध्य की दूरी बढ़ती जाये। इन दोनों छड़ों को पोर्सिलेन के विद्युतरोधकों पर लगाया जाता है। हॉर्न गैप अरेस्टर का एक सिरा प्रतिरोध व चोक के द्वारा लाइन से जुड़ा होता है जबकि दूसरा सिरा भू से जुड़ा होता है प्रतिरोध R धारा के मान को सीमित करता है और उसके मान को घटाता है। चोक कुण्डली को इस प्रकार बनाया जाता है कि सामान्य आवृत्ति पर बहुत कम प्रेरकत्व होता है, परन्तु उच्च आवृत्ति पर प्रेरकत्व का मान बहुत अधिक बढ़ जाता है। इस प्रकार चोक कुण्डली उच्च वोल्टता को उपकरण के अन्दर प्रवेश नहीं होने देता है। दोनों छड़ों के मध्य इतना अन्तर रखा जाता है कि सामान्य धारा अथवा वोल्टता उस अन्तर को पार न कर सके। परन्तु जब कोई बिजली गिरती है तो दोनों छड़ों के मध्य का माध्यम आयोनाइज्ड हो जाता है और धीरे-धीरे अपनी पोजिशन को बढ़ाता है (1, 2, 3) और इस तरह पूरा माध्यम आयोनाइज्ड हो जाता है जिसे अब वोल्टता आर्क के रूप में पाथ बना लेती है और भू-सम्पर्कित हो जाती है।



चित्र 8.11

लाभ (Advantages)

1. इस तड़ित निरोधक में आर्क स्वयं समाप्त हो जाती है जिसके कारण इसमें सर्ज के समाप्त होने के पश्चात् भी लघु परिपथ की अवस्था नहीं बनती।
2. श्रेणी प्रतिरोध धारा के मान के सीमित करने में सहायता करता है।

परिसीमाएँ (Limitations)

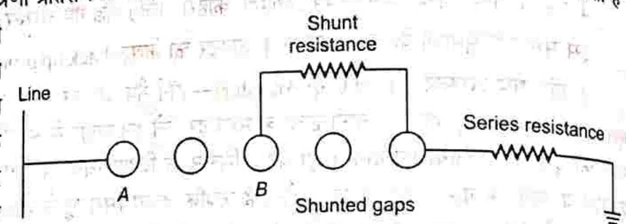
1. छड़ों के मध्य रहने वाले खाली जगह में पक्षी आदि के आ जाने से यह उपकरण कार्य लायक नहीं होता।

2. तड़ित निरोधक की आकृति जंग (rust) आदि के लगने से खराब अथवा बिगड़ सकती है।

3. प्रचालन समय अधिक है। (लगभग 3 sec)

इस सभी परिसीमाओं के कारण यह तड़ित निरोधक विश्वसनीय नहीं है जिसके कारण इस प्रकार के तड़ित निरोधक का प्रयोग भी रॉड गैप अरेस्टर की तरह back up protection के लिए किया जाता है।

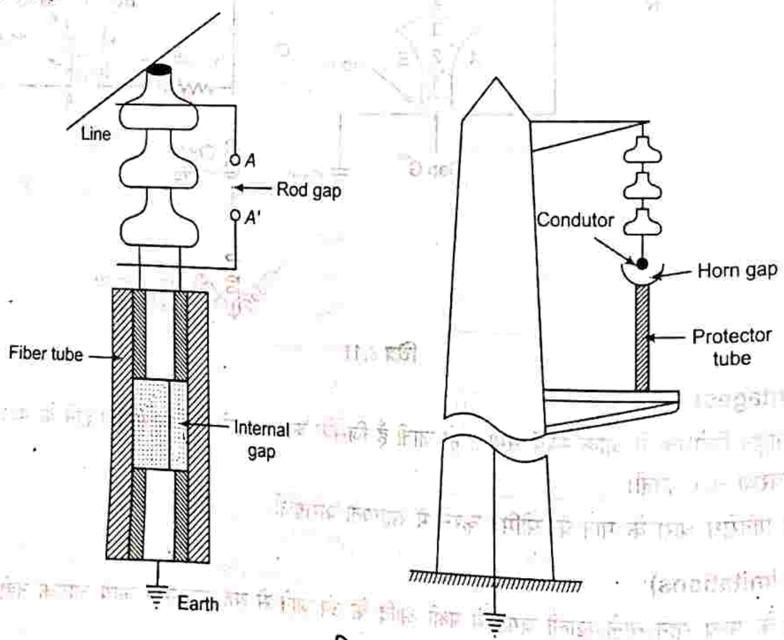
3. बहुअन्तराली तड़ित प्रग्राही (Multi Gap Arrester)—चित्र में बहुअन्तराली तड़ित प्रग्राही को दिखाया गया है। इसमें श्रेणी क्रम में धातु के सिलिंडर होते हैं जो एक-दूसरे से विद्युतरोधी होती हैं। बहुअन्तराली तड़ित प्रग्राही का पहला सिलिण्डर लाइन से जुड़ा होता है और अन्य श्रेणी प्रतिरोध के द्वारा सामान्य अवस्था में बिन्दु B पर अर्थ पोटेन्शियल होता है जिसके कारण साधारण वोल्टता श्रेणी खाली जगह को नहीं तोड़ पाती। परन्तु जैसे ही उच्च वोल्टता उत्पन्न होती है गैप AB का breakdown हो जाता है। Breakdown के पश्चात् उच्च धारा सीधा रास्ता चुनती है और वह Shunt प्रतिरोध से होते हुए भू सम्पर्कित हो जाता है। जब सर्ज समाप्त हो जाती है तो B से C की ओर जाने वाली धारा का मान इतना कम हो जाता है कि A से B का breakdown नहीं हो पाता है।



चित्र 8.12

इस प्रकार के तड़ित निरोधक का प्रयोग ऐसे स्थानों पर किया जाता है जहाँ यह प्रचालन वोल्टता 33 kV से अधिक नहीं होती है।

4. Expulsion Type Arrester—इस प्रकार के तड़ित निरोधक को सामान्यतः रक्षक ट्यूब भी कहते हैं और ये तड़ित निरोधक वहाँ उपयोग में लाये जाते हैं जहाँ प्रणाली वोल्टता 33 kV से अधिक हो। चित्र में expulsion type तड़ित निरोधक को दिखाया गया है।



चित्र 8.13

इस तड़ित निरोधक में दो गैप होते हैं—

1. गैप AA', तथा

2. दूसरा fiber tube में होता है।

फाइबर ट्यूब में गैप को दो इलेक्ट्रोड के मध्य रखा जाता है। ऊपरी इलेक्ट्रोड रॉड गैप से जुड़ा होता है जबकि निचला इलेक्ट्रोड भू से जुड़ा होता है। एक एक्सपैल्शन अरैस्टर प्रत्येक लाइन चालन में लगाया जाता है।

जब लाइन में अतिवोल्टता उत्पन्न होती है AA' के बीच का माध्यम आयोनाइज्ड हो जाता है और इलेक्ट्रोड पर आर्क struck करती है जिसके कारण ऊष्मा उत्पन्न होती है। आर्क की ऊष्मा फाइबर की दीवार को वाष्पित करती है जिसके कारण गैस उत्पन्न होती है। एक छोटे समय के लिए उत्पन्न गैस के द्वारा उच्च दाब उत्पन्न होता है जिसके कारण दोनों इलेक्ट्रोडों के मध्य सम्पर्क स्थापित हो जाता है और उच्च वोल्टता भू-सम्पर्कित हो जाती है।

लाभ (Advantages)

1. यह अत्यधिक महँगा नहीं है।

2. रॉड गैप अरैस्टर की अपेक्षा अधिक सुग्राही है और यह पॉवर आवृत्ति को धारा के साथ नहीं जाने देता है।

3. इसे आसानी से लगाया जा सकता है।

परिसीमाएँ (Limitations)

1. इस तड़ित निरोधक को सीमीत समय तक प्रयोग किया जा सकता है क्योंकि प्रचालन के पश्चात् फाइबर का कुछ न कुछ भाग कम होता रहता है।

2. इस प्रकार के तड़ित निरोधक को बन्द स्थान पर प्रयोग नहीं किया जा सकता क्योंकि प्रत्येक प्रचालन के पश्चात् गैस उत्पन्न होती है।

3. इस तड़ित निरोधक की खराब volt/amp. अभिलक्षण होने के कारण इसे महँगे उपकरणों के साथ प्रयोग नहीं किया जा सकता।

5. वाल्व टाइप तड़ित निरोधक (थाइराइट तड़ित निरोधक)—वाल्व टाइप तड़ित निरोधक का प्रयोग उच्च वोल्टता वाले स्थानों पर किया जाता है। इसमें अरेखीय प्रतिरोध होता है। चित्र में वाल्व टाइप तड़ित निरोधक को दिखाया गया है। इसमें दो भाग होते हैं—

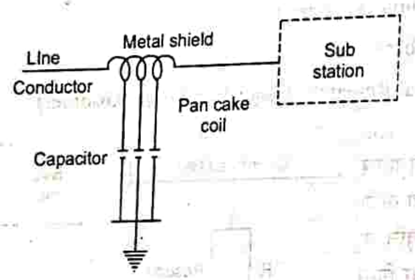
1. Series Spark Gap and

2. Non-linear Resistor Disc

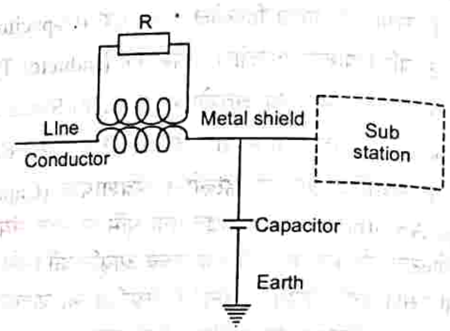
Non-linear element, spark gap के साथ श्रेणी में जुड़ा होता है। इन दोनों को पोर्सिलेन के कन्टेनर में assemble किया जाता है। अरेखीय रजिस्टर की प्लेटों को अकार्बनिक यौगिकों के द्वारा निर्माण किया जाता है जैसे कि थाइराइट या मेट्रोसिल। ये प्लेटें श्रेणी क्रम में जुड़ी होती हैं। अरेखीय रजिस्टर सामान्य अवस्था में उच्च प्रतिरोध प्राप्त कराता है, परन्तु उच्च वोल्टता की सर्ज उत्पन्न होने पर यह निम्न प्रतिरोध प्राप्त करता है।

कार्यविधि (Working)—सामान्य अवस्था में, प्रचलित सामान्य वोल्टता वायु अन्तराल को पार नहीं कर पाता है, परन्तु अति वोल्टता की अवस्था में series spark gap का भंजन हो जाता है और धारा अरेखीय प्रतिरोध द्वारा भू सम्पर्कित हो जाती है।

कुण्डलित तथा धात्विक कवच संयुक्ति एक धात्विक खोखले बेलन में बन्द किये होते हैं जिसमें पोर्सिलेन बुशिंग के माध्यम से कुण्डली के दोनों सिरे वैद्युत लाइन के श्रेणी में संयोजन हेतु बाहर निकले होते हैं। इस खोखले बेलन के अन्दर रिक्त स्थान में हल्का परिणामित्र तेल भरा रहता है। धात्विक कवच तथा खोखला बेलनाकार टैंक प्रेरण कुण्डली से चुम्बकीय रूप से युग्मित (cupplied) होते हैं तथा वैद्युतीय टैंक रूप से विलगित (Isolated) होते हैं। हिल्लोल तरंग के कारण तरंग ऊर्जा धात्विक कवच तथा धात्विक टैंक में वैद्युत चुम्बकीय प्रेरण द्वारा धारा एवं भंवर धाराओं के रूप स्थानान्तरित होती है। जो धात्विक कवच एवं धात्विक टैंक में प्रवाहित होकर ऊष्मा के रूप में वायु में विसर्जित हो जाती है। फेर्रन्टी हिल्लोल अवशोषक के वैद्युत परिपथ, आरेख द्वारा प्रदर्शित है।



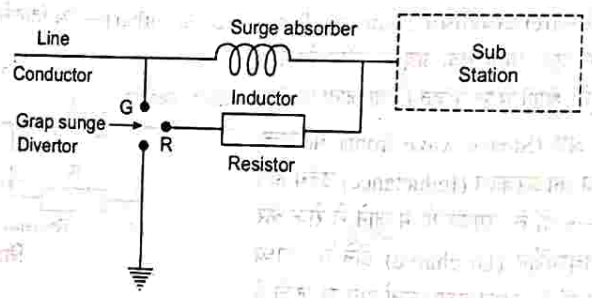
चित्र : 8.17



चित्र : 8.18

4. वैद्युत शोध एसोसियेशन हिल्लोल अवशोषक (Electrical Research Association Surge Absorber)—वैद्युत शोध ऐसोसियेशन यू०के० द्वारा उन्नत हिल्लोल अवशोषक में लाइन तथा प्रतिरोधक R के मध्य एक अन्तराल G (Gap) एवं लाइन तथा भू-सम्पर्क के मध्य निष्कासन (Expulsion) अन्तराल E समाविष्ट (Incorporate) किया गया है।

जब अति प्रवण तरंग अग्र या उच्च आवृत्ति धारा प्रेरित्र L में पहुँचती है तो, प्रेरित्र में उच्च मान की वोल्टता प्रेरित होकर अन्तरालों को भंजित (Break down) कर प्रतिरोधक R एवं निष्कासन अन्तराल E को परिपथ में मिला देती है और प्रेरित्र में पहुँची तरंग को प्रेरित्र एवं प्रतिरोधक द्वारा चपटा (Flattened) कर दिया जाता है। साथ ही निष्कासन अन्तराल E द्वारा तरंग आयाम (Amplitude) को कम कर दिया जाता है।



चित्र : 8.19

तड़ित निरोधक का निर्धारण (Rating of Lightning Arrester)—तड़ित निरोधकों के निर्धारण, वोल्टता एवं धारा मानों पर आधारित हैं। जिन्हें निम्नवत व्यक्त किया जा सकता है—

(अ) वोल्टता निर्धारण (Voltage rating)—तड़ित निरोधकों के वोल्टता निर्धारण निम्नवत् उल्लिखित वोल्टताओं के रूप में व्यक्त किये जाते हैं—

1. निर्धारित वोल्टता या अंकित वोल्टता (Rated voltage or nominal voltage)— अंकित वोल्टता वह वोल्टता होती है जिस पर तड़ित निरोधक के अभिलक्षण उल्लिखित (Referred) होते हैं। अंकित वोल्टत लाइन एवं भू के मध्य शक्ति आवृत्ति वोल्टता का निर्दिष्ट उच्चतम अनुमत प्रभावी मान (Designated maximum permissible effective value) होता है, जिस पर तड़ित निरोधक अनुगमन धारा (Followup current) पर आर्क को स्वत: शमित करने योग्य बना रहकर सुचारू रूप से कार्य करता रह सके।

वैद्युत तन्त्र के किसी भी भाग में लाइन में भू-दोष की अवधि में तड़ित निरोधक संचालित (Operate) होना चाहिए। अत: तड़ित निरोधक की निर्धारित वोल्टता का मान पुष्ट कला (Sound phase) और भू के मध्य वोल्टता से सदैव अधिक होना चाहिए अन्यथा तड़ित निरोधक में से अति उच्च धारा प्रवाहित होने से ऊष्मीय अति भारण होगा तथा निरोधक विफल हो जायेगा। लाइन में भू-दोष की स्थिति में पुष्ट कला तार एवं भू के मध्य वोल्टता का उच्चतम मान ज्ञात करने हेतु तन्त्र की उच्चतम वोल्टता एवं भू-सम्पर्कन का नियतांक (Coefficient of earthing) का ज्ञात होना आवश्यक है।

तन्त्र की अंकित वोल्टता (Nominal voltage of system) की 110 प्रतिशत वोल्टता सामान्यता तन्त्र की उच्चतम वोल्टता मानी जाती है।

लाइन एवं भू के मध्य दोष की स्थिति में पुष्ट कला तार एवं भू के मध्य वोल्टता के उच्चतम प्रभावी मान तथा लाइन वोल्टता के उच्चतम प्रभावी मान का अनुपात अंकित वोल्टता का प्रतिशत मान कहलाता है।

प्रभावी रूप से भू-सम्पर्कित लाइन के भू-सम्पर्क नियतांक (Coefficient of earthing) का मान 0·8 होता है तथा अप्रभावी रूप से भू-सम्पर्कित लाइन के भू-सम्पर्क नियतांक का मान 1 होता है।

अत: तड़ित निरोधक की निर्धारित वोल्टता

= लाइन से लाइन वोल्टता का उच्चतम प्रभवी मान × भू-सम्पर्क नियतांक

= लाइन से लाइन वोल्टता का प्रभावी मान $\times \frac{110}{100} \times$ भू सम्पर्क नियतांक

यदि भू सम्पर्क नियतांक का मान 0·8 प्रयुक्त किया जाता है तो तड़ित निरोधक को 80 प्रतिशत उल्लिखित तथा भू-सम्पर्क नियतांक का मान 1 प्रयुक्त करने पर तड़ित निरोधक को 100 प्रतिशत उल्लिखित (Referred) कहते हैं।

2. अंकित विसर्जन धारा या निर्धारित विसर्जन धारा (Nominal discharge current or rated discharge current)—अंकित विसर्जन धारा वह निर्दिष्ट शिखर मान तथा तरंग आकृति वाली विसर्जन धारा होती है जो तड़ित निरोधक को इसके स्थायित्व (Durability) एवं रक्षी अभिलक्षण के सन्दर्भ में वर्गीकृत करने में उपयोग की जाती है।

ब्रिटिश मानक के अनुसार तड़ित निरोधकों के 10 कि० ऐम्पियर, 5 कि० ऐम्पि० 2·5 कि० ऐम्पि० तथा 1·5 कि० ऐ० धारा निर्धारित है जिनकी तरंग आकृति 8/20 माइक्रो सैकण्ड है तथा अमेरिकन मानक के अनुसार उक्त निर्धारित धाराओं की संगत (Corresponding) तरंग आवृति 10/20 माइक्रो सैकण्ड होती है। विभिन्न धारा निर्धारणों का उपयोग निम्नवत् संस्तुत है—

(i) 10000 ऐम्पियर धारा निर्धारण (10000 Ampere current rating)—66 कि०वो० से अधिक वोल्टताओं के तंत्रों पर तड़ित प्रभाव उच्च होता है इसलिए 10000 ऐम्पियर निर्धारण के तड़ित निरोधक का उपयोग उन क्षेत्रों में स्थापित 66 कि०वो०से अधिक वोल्टता वाले वृहत वैद्युत उत्पादन केन्द्रों एवं उप-स्थानों के रक्षण हेतु किया जाता है, जिन क्षेत्रों में तड़ित प्रहारों (Lightning strikes) की घटनाएँ जल्दी-जल्दी होती रहती हैं।

(ii) 5000 ऐम्पियर धारा निर्धारण (5000 Ampere current rating)—5000 ऐम्पियर धारा निर्धारण के तड़ित निरोधकों का उपयोग 66 कि० वो तक के अन्य शक्ति संयन्त्रों तथा वृहत उपस्थानों के रक्षण हेतु किया जाता है।

(iii) 2500 ऐम्पियर धारा निर्धारण (2500 Ampere current rating)—2500 ऐम्पियर धारा निर्धारण के तड़ित निरोधकों का उपयोग 22 कि० वो० तक अंकित वोल्टता के उपस्थानों के रक्षण हेतु किया जाता है, क्योंकि अधिक ऐम्पियर धारा निर्धारण के तड़ित निरोधकों का उपयोग इन वोल्टताओं पर अमितव्ययी होगा।

(iv) 1500 ऐम्पियर धारा निर्धारण (1500 Ampere current rating)—ग्रामीण क्षेत्रों के वितरण तंत्रों, जिनमें लघु क्षमता के परिणामित्र संस्थापित होते हैं के तड़ित आघात से रक्षण हेतु उपयोग किया जाता है। इनका उपयोग मात्र 22 कि० वो० अंकित वोल्टता तक ही सीमित है।

3. शक्ति आवृत्ति उत्स्फुरण वोल्टता (Power frequency spark over voltage)—शक्ति आवृत्ति उत्स्फुरण वोल्टता तड़ित निरोधक की निश्चित न्यूनतम उत्स्फुरण वोल्टता होती है तथा इसका मान ब्रिटिश मानक के अनुसार तड़ित रोधक की अंकित वोल्टता का 1·6 गुना होता है।

तड़ित निरोधक का अपर्याप्त आयाम की आन्तरिक अति वोल्टताओं पर बार-बार शीघ्र अतिशीघ्र प्रचालित होना संस्थापन हेतु असुरक्षित होता है। इसी कारण यह न्यूनतम वोल्टता निर्धारित की जाती है।

4. अधिकतम आवेश उत्स्फुरण वोल्टता (Maximum impulse spark over voltage)—अधिकतम आवेग उत्स्फुरण वोल्टता 1/50 माइक्रो सैकण्ड वोल्टता तरंग का आयाम होता है, जिस पर तड़ित निरोधक की अधिकतम उत्स्फुरण वोल्टता के तुल्य अथवा इससे अधिक मान के शिखर वोल्टता वाले तड़ित हिल्लोल (Lightning surges) तड़ित रोधक के द्वारा विसर्जित किये जा सकते हैं।

5. अवशेष या विसर्जन वोल्टता (Residual or discharge voltage)—अवशेष वोल्टता अथवा विसर्जन वोल्टता, हिल्लोल धारा तरंग के विसर्जन के क्षण तड़ित निरोधक के टर्मिनलों के मध्य उपस्थित वोल्टता का शिखर मान होती है।

6. अधिकतम विसर्जन धारा (Maximum discharge current)—अधिकतम विसर्जन धारा तड़ित निरोधक के द्वारा बिना किसी क्षति के हस्तान्तरित धारा का शिखर मान (crest value) होता है तथा यह निर्धारण 5/10 माइक्रो सेकण्ड की तरंग आकृति को निर्दिष्त (Referred to) होता है।

आंकिक उदाहरण : एक 400 कि०वो० लाइन में प्रयुक्त करने हेतु तड़ित निरोधक की निर्धारित वोल्टता (i) 80 प्रतिशत उल्लिखित एवं (ii) 100 प्रतिशत उल्लिखित ज्ञात कीजिए।

हल—(i) तड़ित निरोधक की निर्धारित वोल्टता 80 प्रतिशत उल्लिखित

$$= \text{लाइन से लाइन वोल्टता का प्रभावी मान} \times \frac{110}{100} \times \text{भूसम्पर्क नियतांक}$$

$$= 400 \times 10^3 \times \frac{110}{100} \times 0{\cdot}8 \text{ वोल्ट} = 352 \times 10^3 \text{ वोल्ट} = 352 \text{ कि० वो०}$$

(ii) तडित निरोध की निर्धारित वोल्टता 100 प्रतिशत उल्लिखित

$$= 400 \times 10^3 \times \frac{110}{100} \times 1 \text{ वोल्ट}$$

$$= 440 \times 10^3 \text{ कि० वोल्ट}$$

आंकित उदाहरण : एक 132 कि० वोल्ट संचरण लाइन में प्रयुक्त करने हेतु तडित निरोधक की 80 प्रतिशत उल्लिखित तथा 100 प्रतिशत उल्लिखित निर्धारित वोल्टता क्या होगी?

हल—(i) तड़ित निरोधक 80 प्रतिशत उल्लिखित निर्धारित वोल्टता

$$= \text{लाइन से लाइन वोल्टता का प्रभावी मान} \times 1{\cdot}1 \times \text{भू-सम्पर्क नियतांक}$$

$$= 132 \times 1{\cdot}1 \times 0{\cdot}8 \times \text{ कि०वोल्ट}$$

$$= 116{\cdot}16 \text{ कि० वोल्ट}$$

(ii) तडित निरोधक की 100 प्रतिशत उल्लिखित निर्धारित वोल्टता

$$= \text{लाइन से लाइन के मध्य वोल्टता का प्रभावी मान} \times 1{\cdot}1 \times \text{भू-सम्पर्क नियतांक}$$

$$= 132 \times 1{\cdot}1 \times \text{कि० वोल्ट}$$

$$= 145{\cdot}2 \text{ कि० वोल्ट}$$

तड़ित निरोधक के मानक टेस्ट

1. पावर आवृत्ति स्पार्क ओवर टेस्ट—यह टेस्ट रक्षण के बारे में सूचना नहीं देता है परन्तु यह बताता है कि स्पार्क अधिवोल्टता सिस्टम वोल्टता से अधिक होती है। लाइटनिंग अरेस्टर को पावर आवृत्ति अधिवोल्टता पर स्पार्क नहीं होना चाहिए।

2. आवेश स्पार्क अधिवोल्टता-समय टेस्ट—इस टेस्ट के अन्तर्गत लाइटनिंग अरेस्टर को तड़ित (lightning) के कारण उच्च वोल्टता हिल्लोल (surge) के लिए जाँचा जाता है।

3. स्विचिंग आवेश वोल्टेज टेस्ट—इस टेस्ट के अन्तर्गत लाइटनिंग अरेस्टर को अधिकतम धारा के लिए जाँचा जाता है। इस टेस्ट के द्वारा यह भी पता चलता है कि जब अधिवोल्टता की आर्क टकराती है तो वह कितनी अधिकतम वोल्टता को सहन कर सकती है।

4. डिस्चार्ज क्षमता टेस्ट—इस टेस्ट के द्वारा यह पता चलता है कि लाइटनिंग अरेस्टर कितनी क्षमता की धारा को बिना किसी नुकसान के सहन कर सकता है।

5. अधिकतम धारा सहन परीक्षण—इस टेस्ट के द्वारा यह पता चलता है कि लाइटनिंग अरेस्टर अधिकतम धारा को बिना किसी नुकसान के कितनी देर तक सहन कर सकता है।

6. संचरण लाइन डिस्चार्ज टेस्ट—एक संचरण लाइन में π-कनेक्टिड भाग में प्रेरकत्व तथा धारिता को बनाये रखने के लिए सर्किट के विभिन्न अवयव को बदलना पड़ता है। किसी भी लाइन तथा सर्ज प्रतिबाधा के लिए।

यह इस कारण किया जाता है क्योंकि अरेस्टर से पास होने वाली धारा

$$\text{अरेस्टर} = \frac{\text{सर्ज वोल्टता - अरेस्टर वोल्टता}}{\text{प्रभावी सर्ज प्रतिबाधा}}$$

$$= \frac{V_s - V_n}{Z}$$

7. कम धारा अधिसहज परीक्षण—डिस्ट्रीब्यूशन अरेस्टर को भी उपरोक्त परिपथ पर ही चैक किया जाता है, जबकि लाइन चार्ज होती है तथा सर्ज प्रतिबाधा के मैग्नीट्यूड को तब तक एडजेस्ट करते हैं जब तक कि आयताकार (rectangular) वैब प्राप्त होती है।

8. पावर ड्यूटी साइकिल टेस्ट—इस टेस्ट के अरेस्टर पर अधिक वोल्टता की पावर-आवृत्ति वाली वोल्टता को लगाया जाता है।

9. दाब रिलीफ टेस्ट—दाब रिलीफ टेस्ट को एक निश्चित धारा पर किया जाता है। इस टेस्ट में पहले आधे साइकिल में धारा के द्वारा एक असममित धारा उत्पन्न की जाती है जो कि सममित धारा के 2.5 गुना होती है।

अभ्यास

1. What is lightning? Describe the mechanism of lightning discharge. *(BTE 2006)*
2. विद्युत शक्ति तंत्र में अधिवोल्टता के सम्भावित कारणों की विवेचना कीजिए।

3. Discuss the causes of over-voltages.
4. What is a voltage surge? Draw a typical lightning voltage surge.
5. तड़ित रोधक का क्या कार्य है? थाइराइट तड़ितरोधी की संरचना एवं कार्य-प्रणाली की व्याख्या कीजिए। *(BTE 2006)*
6. Describe the various types of lightning stroke.
7. वैद्युत शक्ति प्रणाली में अधिवोल्टता के क्या कारण हैं? शक्ति तंत्रों तथा लाइनों की सर्ज (surge) के प्रति रक्षा हेतु किन रक्षण युक्तियों का प्रयोग किया जाता है? H.V. लाइनों में भू-तार के उद्देश्य का वर्णन कीजिए। *(BTE 2007)*
8. Thyrite Arrester एवं विद्युत अपघट्य अवरोधकों का उनके अनुप्रयोगों सहित वर्णन कीजिए। *(BTE 2008)*
9. What are the harmful effects of lightning?
10. 3−ϕ विद्युत तंत्र में अतिवोल्टताएँ, किस प्रकार उत्पन्न हो जाती हैं? Thyrite Arrester के प्रचालन सिद्धान्त का वर्णन कीजिए। *(BTE 2009)*
11. How do earthing screen and ground wires provide protection against direct lightning strokes?
12. Rod gap Arrester व विद्युत अपघटनी Arrester में अन्तर बताइये तथा अनुप्रयोग का वर्णन कीजिए। *(BTE 2009)*
13. Surge Absorber व Lighting Arrester में अन्तर स्पष्ट करें। 33 kV लाइन पर L.A. लगाने का स्थान, उसकी क्षमता स्वच्छ रेखाचित्र से दर्शाइये। *(BTE 2010)*
14. Surge Absorber से क्या तात्पर्य है? इसके उपयोग बताइये।
15. What is a surge diverter? What is the basic principle of operation of a surge diverter?
16. तड़ित प्रक्रिया समझाइये। Thyrite Arrester की कार्यविधि को समझाइये। *(BTE 2011)*
17. (i) Rod Gap Arrester, (ii) विद्युत अपघटनी अरेस्टर की कार्य विधियाँ उनके अनुप्रयोगों सहित समझाइये। *(BTE 2012)*
18. Write short notes on :
    (i) Rod gap diverter
    (ii) Horn gap arrester
    (iii) Expulsion type arrester
    (iv) Multigap arrester
19. एक संचरण लाइन में अधिवोल्टता के कारणों का उल्लेख कीजिए। शक्ति तन्त्र में वोल्टता प्रोत्कर्षों की व्याख्या कीजिए। *(BTE 2013)*
20. प्रोत्कर्ष (surge) डाइवर्टर क्या है? इसके सिद्धान्त की व्याख्या कीजिए। *(BTE 2013)*
21. Discuss the construction, principle and working of a thyrite arrester.
22. Thyrite Arrester के कार्य सिद्धान्त को समझाइये। *(BTE 2012)*
23. What is a surge absorber? Write a note on Ferranti shock absorber.
24. अधिवोल्टता के कारणों को बताइये। एक अच्छे हिल्लोल विभाजक (surge divertor) के गुणों की विवेचना कीजिए। *(BTE 2014)*
25. विभिन्न प्रकार के Lightning Arrester के नाम लिखिये तथा उनकी विवेचना कीजिए। *(BTE 2015)*
26. संचरण लाइनों में पैदा होने वाले अधिवोल्टताओं व प्रगाम तरंगों के कारणों का उल्लेख कीजिए। *(BTE 2016)*
27. हिल्लोल अवशोषक पर टिप्पणी लिखो। *(BTE 2016)*
28. थाइराइट लाइटनिंग अरेस्टर पर टिप्पणी लिखो। *(BTE 2016)*

29. विभिन्न प्रकार के विद्युत सब-स्टेशनों को बताइये। किसी एक आउट डोर सब स्टेशन को समझाइए। *(BTE 2016)*
30. लाइटनिंग स्ट्रोक के प्रभाव को समझाइए। लाइटनिंग के कारण वोल्टता व धारा सर्ज को समझाइए। *(BTE 2017)*

Fill in the blanks :

(i) The most severe surges on the line are produced by ....
(ii) Lightning produces a .... fronted wave.
(iii) Arcing ground can be prevented by ....
(iv) The lightning currents range from 10 kA to about .... kA.
(v) For successful working of ground wire, the footing resistance of tower should be ....
(vi) A surge diverter should be located .... to the apparatus to be protected.

Answers : (i) lightning, **(ii)** Steep, **(iii)** earthing the neutral, **(iv)** 90, **(v)** low, **(vi)** close.

❑

9 सब-स्टेशन (Sub-station)

9.1 परिचय (Introduction)

आज के इस वर्तमान समय में वैद्युत पॉवर का जनन, ट्रांसमिशन एवं डिस्ट्रिब्यूशन प्रत्यावर्ती धारा में हो रहा है। विद्युत उपकेन्द्र; उपकरणों का एक ऐसा संयोजन है, जिसके द्वारा वैद्युत ऊर्जा के अभिलक्षणों को एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित किया जा सकता है।

प्रत्यावर्ती विद्युत उपकेन्द्रों का मुख्य उद्देश्य उच्च वोल्टता को निम्न वोल्टता में या निम्न वोल्टता को उच्च वोल्टता में रूपान्तरित करना है। सब-स्टेशन को लगाने के लिए निम्न बातों को ध्यान में रखना चाहिए—

1. सब-स्टेशन को ऐसे स्थान पर लगाना चाहिए जहाँ से चारों ओर बराबर लोड हो, अर्थात् सब-स्टेशन बीच में होना चाहिए।
2. यह आसानी से चालू होने वाला हो और सरल तरीके से अनुरक्षण हो सके।
3. इसकी प्रारम्भिक कीमत कम होनी चाहिए।

9.2 उपकेन्द्रों का वर्गीकरण (Classification of Sub-stations)

उपकेन्द्रों के वर्गीकरण के बहुत तरीके हैं, परन्तु दो मुख्य तरीके निम्न हैं—

1. Service Requirement के अनुसार
2. Construction features के अनुसार।

1. Service Requirement के अनुसार

1. ट्रान्सफार्मर सब-स्टेशन (T/F Sub-station)
2. स्विचिंग सब-स्टेशन (Switching Sub-station)
3. शक्ति गुणक सुधारक सब-स्टेशन (Power Factor Improvement Sub-station)
4. आवृत्ति परिवर्तक सब-स्टेशन (Freq. changer Sub-station)
5. परावर्तक सब-स्टेशन (Converting Sub-station)
6. औद्योगिक सब-स्टेशन (Industrial Sub-station)

2. संरचना के आधार पर (According to Constructional Features)

1. भीतरी विद्युत उपकेन्द्र (Indoor Sub-station))
2. बाहरी विद्युत उपकेन्द्र (Outdoor Sub-station)
3. आन्तरिक भू विद्युत उपकेन्द्र (Underground Sub-station)
4. खम्भा आरोपित विद्युत उपकेन्द्र (Pole Mounted Sub-station)

1. भीतरी विद्युत उपकेन्द्र—11 kV तक के वोल्टता के लिए भीतरी विद्युत उपकेन्द्र का प्रयोग किया जाता है। परन्तु यदि मौसम शुष्क और अच्छा हो तो भीतरी विद्युत उपकेन्द्र को 66 kV तक के लिए भी प्रयोग किया जा सकता है।

2. बाहरी विद्युत उपकेन्द्र (Outdoor Sub-station)—66 kV तक की voltage के लिए बाहरी विद्युत उपकेन्द्र का प्रयोग किया जाता है। क्योंकि इस प्रकार की वोल्टता के लिए चालकों के मध्य अधिक दूरी की आवश्यकता पड़ती है जिनसे उनके बीच का gap बढ़ाना पड़ता है।

3. भूमिगत विद्युत उपकेन्द्र (Underground Sub-station)—ऐसे भीड़-भाड़ वाले इलाके जहाँ पर बहुत अधिक जनसंख्या हो और जमीन की मात्रा सीमित हो, वहाँ भूमिगत वैद्युत उपकेन्द्र का प्रयोग किया जाता है।

4. खम्भा आरोपित वैद्युत केन्द्र (Pole Mounted Sub-station)—यह बाहरी विद्युत उपकेन्द्र के समान ही होता है जिसमें H आकार के खम्भों पर अपने T/F को रखते हैं। यह 11kV तक की वोल्टता के लिए सबसे सस्ता विद्युत उपकेन्द्र है। इस प्रकार के विद्युत उपकेन्द्र से उपभोक्ता को सप्लाई दी जाती है।

9.3 बाह्य व आन्तरिक सब-स्टेशन की तुलना (Comparison between Outdoor and Indoor Sub-stations)

क्रम०सं०	विवरण	बाह्य सब-स्टेशन	आन्तरिक सब-स्टेशन
1.	जगह की आवश्यकता	अधिक	कम
2.	Erection के लिये समय	कम	अधिक
3.	भविष्य बढ़ावा (Future Extinction)	आसान	कठिन
4.	प्रदोष ढूँढ़ना	आसान	कठिन
5.	प्रारम्भिक कीमत	कम	अधिक
6.	प्रचालन	कठिन	आसान
7.	प्रदोष होने की सम्भावना	कम	अधिक

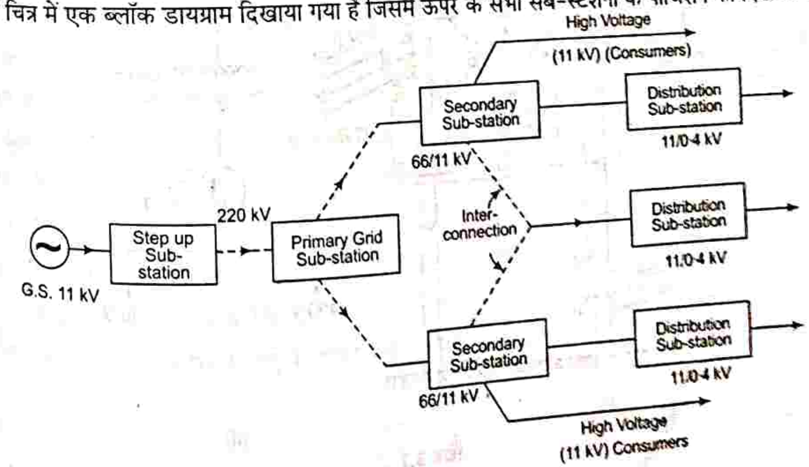
उपरोक्त सारणी से स्पष्ट है कि प्रत्येक सब-स्टेशन के अपने-अपने फायदे और अपने-अपने नुकसान हैं। फिर भी तुलनात्मक अध्ययन में देखा जाये कि किसी सब-स्टेशन के लिए सबसे अधिक मायने यह बात रखती है कि किस सब-स्टेशन का प्रचालन मूल्य कम है।

9.4 परिणामित्र सब-स्टेशन (Transformer Sub-station)

पॉवर सिस्टम के अन्तर्गत सब-स्टेशन की अधिकता इस बात पर निर्भर करती है कि वोल्टता को बदलने का लेवल क्या है? इस प्रकार के सब-स्टेशन (Transformer Sub-station) के नाम से जाने जाते हैं। क्योंकि T/F की सहायता से ही वोल्टता को कम अथवा ज्यादा किया जा सकता है। T/F सब-स्टेशन को निम्न भागों में बाँटा गया है—

1. स्टेप अप सब-स्टेशन (Step up Sub-station)
2. प्रइमरी ग्रिड सब-स्टेशन (Primary Grid Sub-station)
3. द्वितीयक सब-स्टेशन (Secondary Sub-station)
4. वितरक सब-स्टेशन (Distribution Sub-station)

नीचे चित्र में एक ब्लॉक डायग्राम दिखाया गया है जिसमें ऊपर के सभी सब-स्टेशनों के पोजिशन को दिखाया गया है।



चित्र 9.1

1. स्टेप-अप सब-स्टेशन—इस प्रकार के सब-स्टेशन में जनन वोल्टता 11 kV को उच्च वोल्टता में स्टेप-अप किया जाता है। इस प्रकार के सब-स्टेशन सामान्यतः पॉवर हाऊस पर लगाये जाते हैं और बाह्य टाइप के सब-स्टेशन हैं।

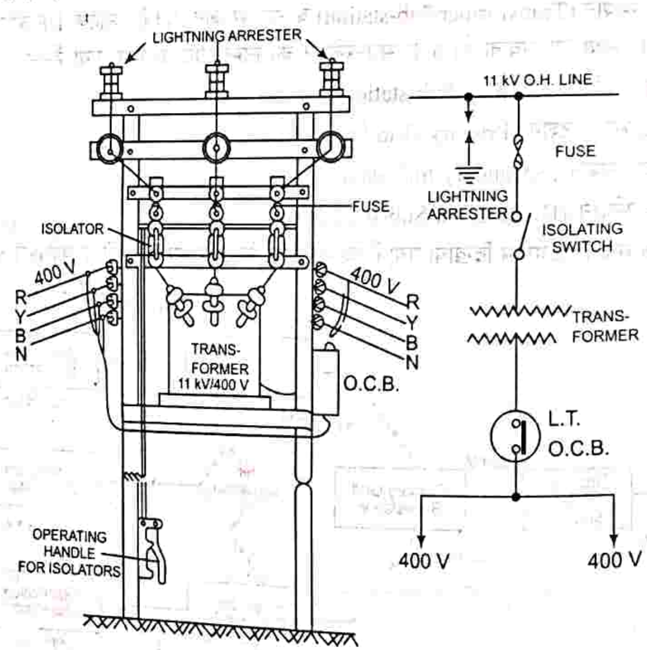
2. Primary Grid Sub-station—स्टेप-अप सब-स्टेशन से वैद्युत शक्ति (220 kV) को 3-फेज, 3-तार प्रणाली द्वारा ट्रॉन्समिट कर दिया जाता है। यहाँ पर इस वैद्युत शक्ति को प्राइमरी ग्रिड सब-स्टेशन के द्वारा प्राप्त कर लिया जाता है जहाँ पर द्वितीयक संचरण के लिए वोल्टता को गिराकर 66 kV कर दिया जाता है। प्राइमरी ग्रिड सब-स्टेशन सामान्यतः एक बाह्य प्रकार का सब-स्टेशन है।

3. द्वितीयक सब-स्टेशन—प्राइमरी ग्रिड सब-स्टेशन से वैद्युत शक्ति को 66 kV में 3-फेज, 3-तार प्रणाली के द्वारा शहर के विभिन्न सब-स्टेशन को दिया जाता है। द्वितीय सब-स्टेशन पर वोल्टता को पुनः 11 kV में स्टेपडाउन किया जाता है। इस 11 kV की लाइन पूरे शहर के रोड के किनारे से गुजरती है। यह बात ध्यान देने की है कि बड़े उपभोक्तओं को सीधे 11 kV की सप्लाई दी जाती है जिसे कि वे अपने सब-स्टेशन के द्वारा स्टेप-डाउन करते हैं। द्वितीयक सब-स्टेशन भी बाह्य टाइप के ही सब-स्टेशन होते हैं।

4. वितरक सब-स्टेशन (Distribution Sub-station)—11 kV की पॉवर सप्लाई को वितरक सब-स्टेशन पर भेजा जाता है। ये सब-स्टेशन उपभोक्ता के आस-पास ही स्थापित करते हैं। इस सब-स्टेशन पर वोल्टता को स्टेप-डाउन करके 400 volt, 3-फेज, 4 तार प्रणाली में सप्लाई की जाती है। जिसमें फेज-फेज वोल्टता 400 volt तथा फेज-न्यूट्रल के बीच वोल्टता 230 volt होती है। यह वितरक सब-स्टेशन सामान्यतः पोल माउण्टेड टाइप के होते हैं।

9.5 पोल माउण्टेड सब-स्टेशन (Pole Mounted Sub-station)

यह एक वितरक सब-स्टेशन है जो कि प्रायः खम्भे के ऊपर लगाया जाता है। यह सबसे सस्ता सब-स्टेशन है क्योंकि इसमें कोई Building खर्चा नहीं आता है। चित्र में एक Pole Mounted Sub-station का चित्र (Layout) को दिखाया गया है



(I) (II)

चित्र 9.2

जिसमें T/F H-टाइप के खम्बे के ऊपर आरोपित है। 11kV के Line को T/F के Primary में देकर उसके O/P से 400 volt लिया जाता है। तड़ित निरोधकों को H.T. साइड में लगाया जाता है। इस सब-स्टेशन पर लगा T/F 11 kV को 0.4 kV स्टेप डाउन करता है। T/F के L.T. Side में Oil ckt ब्रेकर को लगाया जाता है जिससे किसी प्रदोष की स्थिति में T/F और उपभोक्ता के बीच की लाइन को काटा जा सके।

(अ) खम्भा आरूढ़ित वैद्युत उपकेन्द्रों से सुविधायें (Advantages of pole mounted sub-stations)—खम्भा आरूढ़ित वैद्युत उपकेन्द्रों के निम्नवत लाभ होते हैं—

1. अब सभी प्ररूपी वैद्युत उपकेन्द्रों की अपेक्षाकृत इन पर कम धन व्यय करना होता है।
2. 200 कि०वो० ऐम्पियर क्षमता तक स्थूल प्रदाय एवं औद्योगिक इकाइयों (industrial units) एवं ग्रामीण क्षेत्रों में वैद्युत वितरण हेतु सुयोग्य है।
3. स्थापन (Installation) कार्य सरल है।
4. बहुत कम समय में स्थापित किया जा सकता है।
5. ऊर्ध्वाधर व्यवस्था के कारण बहुत कम स्थान घेरता है।
6. स्विच यन्त्रावली बहुत सीमित होने के कारण लगभग नगण्य अनुरक्षण (maintenance) एवं क्षतिपूर्ति (repair) की आवश्यकता होती है।
7. लगभग नगण्य संख्या में प्रचालन कार्यकर्त्ताओं की आवश्यकता होती है।

(ब) खम्भा आरूढ़ित वैद्युत उपकेन्द्र से असुविधायें (Disadvantages)—खम्भा आरूढ़ित वैद्युत उपकेन्द्रों से निम्नवत असुविधायें हो सकती हैं—

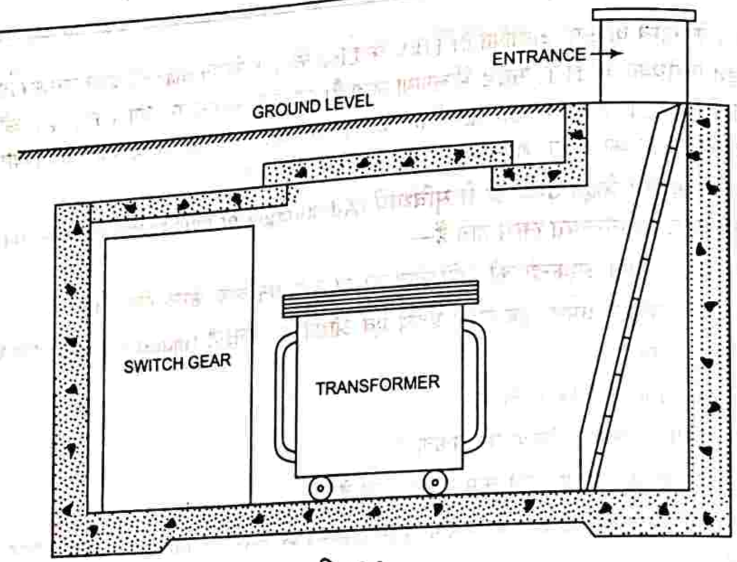
1. एक से अधिक वितरकों (Distributors) के नियन्त्राण (Control) हेतु अयोग्य है।
2. 200 कि०वो० ऐम्पियर से अधिक क्षमता वाले परिणामित्रों का आकार बहुत बड़ा होने के कारण खम्भा आरूढ़ित वैद्युत उपकेन्द्र बनाना अमितव्ययी एवं अधिक असुविधाजनक कार्य है।
3. वैद्युत राशियों के मापन की कोई व्यवस्था ही नहीं होती है।
4. विश्वसनीय एवं स्वतः चालित नियन्त्रण प्राप्त नहीं किया जा सकता है।
5. प्रदाय विच्छिन्नता के समय में ही उपकेन्द्र की क्षतिपूर्ति अथवा अनुरक्षण का कार्य किया जा सकता है।

9.6 भूमिगत सब-स्टेशन (Underground Sub-station)

ऐसे भीड़-भाड़ वाले शहर जहाँ पर बहुत अधिक जनसंख्या हो जहाँ जमीन की मात्रा कम हो या बहुत महँगी जमीन हो, वहाँ पर हम भूमिगत सब-स्टेशन को स्थापित करते हैं। चित्र 9.3 में भूमिगत सब-स्टेशन दिखाया गया है।

भूमिगत सब-स्टेशन के डिजाइन के लिए अन्य सब-स्टेशन की अपेक्षा अधिक सावधानी रखनी पड़ती है। जब किसी भूमिगत सब-स्टेशन का निर्माण करते हैं, तो निम्न बातों को ध्यान में रखते हैं—

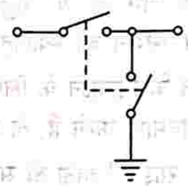
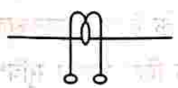
1. सब-स्टेशन का साइज जितना हो सके छोटा हो।
2. आग से सुरक्षा के लिए आपातकालीन व्यवस्थाएँ होनी चाहिए।
3. वायु संचरण के लिए पर्याप्त सुविधा होनी चाहिए।
4. T/F, स्विच और फ्यूज वायु शीतलित होने चाहिए।

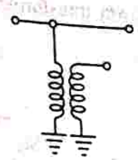
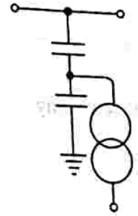
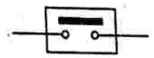
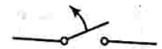
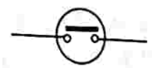


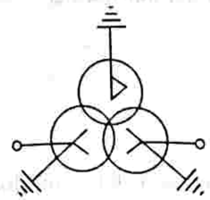
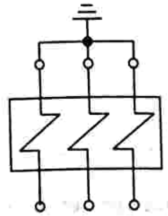
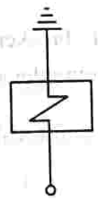
चित्र 9.3

9.7 सब-स्टेशन पर स्थापित उपयन्त्रों की आकृतियाँ (Symbols for Equipments in Sub-station)

नीचे दी गई सारणी में सब-स्टेशन में स्थापित उपयन्त्रों के चिह्न दिये गये हैं—

S.No.	Circuit Element	Symbol
1.	Bus-bar	
2.	Single-break isolating switch	
3.	Double-break isolating switch	
4.	On load isolating switch	
5.	Isolating switch with earth blade	
6.	Current transformer	

S.No.	Circuit Element	Symbol
7.	Potential transformer	
8.	Capacitive voltage transformer	
9.	Oil circuit breaker	
10.	Air circuit breaker with over-current tripping device	
11.	Air blast circuit breaker	
12.	Lightning arrester (Active gap)	
13.	Lightning arrester (valve type)	
14.	Arcing horn	

15.	3-φ Power transformer	
16.	Overcurrent relay	
17.	Earth fault relay	

9.8 T/F सब-स्टेशन पर लगने वाले Equipments

किसी भी T/F सब-स्टेशन पर लगने वाले उपयन्त्रों की आवश्यकता सब-स्टेशन के प्रारूप पर निर्भर करती है। फिर भी साधारणतः एक T/F सब-स्टेशन पर लगने वाले उपयन्त्र निम्न हैं—

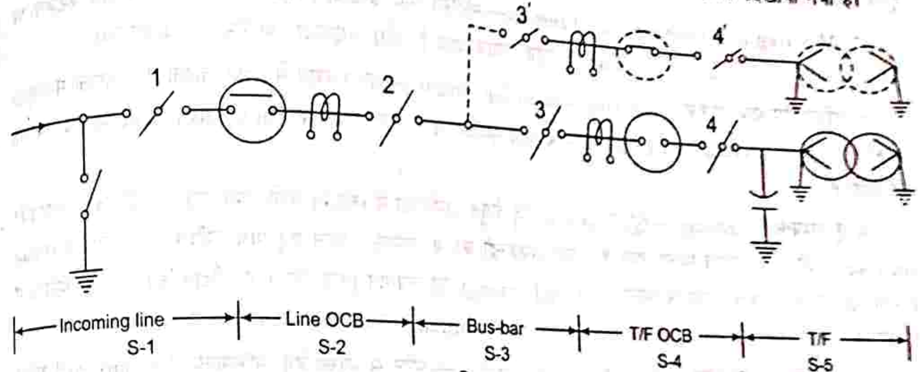
1. बस-बार (Bus-bar)—जब कई सारी लाइनों को एक ही वोल्टता से प्रचालित करना हो तो लाइनों की भीड़ को कम करने के लिए एक कॉमन लाइन के रूप में बस-बार का प्रयोग किया जाता है। बस-बार कॉपर का या ऐल्यूमिनियम का बनाया जाता है जो कि स्थिर वोल्टता पर प्रचालित किया जाता है। इनकमिंग और आउटगोइंग लाइनों को बस-बार पर जोड़ा जाता है। साधारणतः निम्न बस-बार का प्रयोग किया जाता है—

1. सिंगल बस-बार अरेंजमेन्ट (Single Bus-bar Arrangement)
2. सिंगल बस-बार प्रणाली सेक्शनलाइजेशन के साथ
3. डबल बस-बार अरेंजमेन्ट (Double Bus-bar Arrangement)

2. विद्युतरोधक (Insulator)—विद्युतरोधकों का प्रयोग दो उद्देश्यों से किया जाता है—प्रथम, यह कि यह चालक को सपोर्ट (support) प्रदान करता है और दूसरा, यह कि चालक और पोल को एक-दूसरे से वैद्युतीय रूप से अलग करता है। सामान्यतः विद्युतरोधकों के निर्माण में पार्सिलेन का प्रयोग किया जाता है, यहाँ अनेक प्रकार के विद्युतरोधक हैं।

(जैसे—पिन टाइप विद्युतरोधक, पोस्ट विद्युतरोधक, सस्पेन्शन टाइप विद्युतरोधक आदि।)

3. आइसोलेटिंग स्विच (Isolating Switch)—सब-स्टेशन पर अपने जरूरत के अनुसार परिपथ को खोलने व जोड़ने हेतु Isolating Switch का प्रयोग किया जाता है। एक Isolator, चाकू स्विच की भाँति होता है जो नो लोड की अवस्था में परिपथ को काटने के काम आता है। नीचे चित्र में एक सब-स्टेशन पर Isolator का प्रयोग करके दिखाया गया है।



चित्र 9.4

4. परिपथ वियोजक (Ckt Breaker)—परिपथ वियोजक एक ऐसा उपकरण है जो परिपथ को सामान्य और प्रदोष स्थिति में खोल अथवा बन्द कर सकता है। परिपथ वियोजक को इस प्रकार से डिजाइन किया जाता है कि साधारण अवस्था में हमारे द्वारा परिपथ को तोड़ा अथवा जोड़ा जा सके और प्रदोषी अवस्था में स्वयं परिपथ को तोड़ दे। छोटे प्रचालन के लिए एक रिले परिपथ का प्रयोग परिपथ वियोजक के साथ किया जाता है। सामान्यतः 66 kV तक की voltage के लिए ढेर तेल परिपथ वियोजक (Bulk Oil Ckt Breaker) का प्रयोग किया जाता है तथा इससे ऊपर की वोल्टता के लिए SF_6 परिपथ वियोजक का प्रयोग किया जाता है।

5. पॉवर ट्रांसफॉर्मर (Power T/F)—एक पॉवर T/F का प्रयोग सब-स्टेशन के ऊपर voltage को ज्यादा अथवा कम करने के लिए किया जाता है। आजकल 3-फेज T/F का प्रयोग किया जा रहा है। यद्यपि 3-सिंगल फेज T/F का भी प्रयोग किया जा सकता है। 3 – φ T/F के लगाने से दो फायदे होते हैं—

1. Tapping की सुविधा प्राप्त हो जाती है, एवं
2. 3 – φ T/F का installation साधारण व सुविधाजनक होता है। 3-सिंगल फेज T/F की अपेक्षा।

6. Instrument T/F—चूँकि यह सर्वविदित है कि सब-स्टेशन पर प्राप्त होने वाली वोल्टता और धारा मान बहुत अधिक होता है जिसे कि हम साधारण तरीके से नहीं माप सकते। चूँकि Measuring Instrument के द्वारा केवल हम low वोल्टता को ही माप सकते हैं। Instrument T/F दो प्रकार के होते हैं—

1. धारा परिणामित्र (Current T/F)
2. विभव परिणामित्र (Voltage T/F or Potential T/F)

(A) धारा परिणामित्र (Current T/F)—धारा परिणामित्र एक स्टेप-अप T/F है जो कि धारा को एक ज्ञात रेशियो में step down करती है। इसके प्राइमरी में मोटे तारों के कम वर्तन होते हैं तथा द्वितीयक में पतले तारों के अधिक वर्तन होते हैं। माना कि एक C.T. 100/J A का है इसका तात्पर्य यह है कि यदि C.T. के प्राइमरी में 100 amp Current है तो इसके द्वितीयक में 5 amp. की धारा प्राप्त होगी।

(b) वोल्टता परिणामित्र (Voltage T/F)—वोल्टता परिणामित्र एक स्टेप-डाउन T/F है जो कि वोल्टता को एक ज्ञात अनुपात में स्टेप-डाउन करता है। वोल्टता परिणामित्र के प्राथमिक में पतले तारों के अधिक वर्तन होते हैं जबकि द्वितीयक कुण्डली में मोटे तारों के कम वर्तन होते हैं।

7. Metering and Indicating Instruments—मीटरिंग और इन्डीकेटिंग उपयन्त्रों का प्रयोग सब-स्टेशन पर परिपथ मात्रा (Circuit Qualities) को देखने के लिए लगाये जाते हैं। जैसे—ऐमीटर, वोल्टमीटर, ऊर्जामापी।

8. तड़ित निरोधक उपस्कर (Lightning Arrester Equipment)—तड़ित वैद्युत से वैद्युत लाइनों तथा लाइनों में प्रयुक्त उपकरणों के रक्षण (protection) हेतु वैद्युत उपकेन्द्र (sub-station) में तड़ित निरोधकों (lightning arresters) की स्थापना की जाती है।

9. भू-सम्पर्कन (Earthing)—सुरक्षा (safety) हेतु वैद्युत उपकेन्द्रों में स्थापित सभी उपकरणों के धात्विक परिवेष्ठकों (enclosers) को भू-सम्पर्कित किया जाता है। वैद्युत उपकेन्द्रों का भू-सम्पर्कन करने हेतु प्राय: पट्टिका भू-सम्पर्कन (Plate Earthing) या कभी-कभी नली भू-सम्पर्कन (Pipe Earthing) का उपयोग किया जाता है। वैद्युत उपकेन्द्र के प्रांगण में भू-सम्पर्कन पाटिकाओं से निर्मित जालक भू-सम्पर्कन (Grid Earthing) का उपयोग किया जाता है।

10. अग्निशामक उपस्कर (Fire-Fighting Equipments)—अग्नि से सुरक्षा हेतु अभिकल्प (Design) करते समय ऐसे उपकरणों (Apparatuses) को जो सरलता से अग्नि ग्रहण कर सकते हैं, अन्य उपकरणों से पृथक (Separate) कर देते हैं किन्तु फिर भी अग्नि से बचाव के लिए अग्नि शामक उपस्करों (Fire fighting equipments) की व्यवस्था करना आवश्यक रहता है क्योंकि अग्नि किसी एक स्थान पर लगने के उपरान्त अग्नि की किसी भी दूसरी जगह फैल जाने की सम्भावना बनी रहती है।

CO_2 या मिथाइल ब्रोमाइड से भरे खोखले बेलन (cylinders), रेत से भरी बाल्टियाँ आदि सभी उपस्कर जो अग्नि प्रज्वलित होने पर अग्नि शमन करने हेतु उपयोगी होते हैं, अग्नि शामक (Fire Extinguish or fire quenching) उपस्कर कहलाते हैं।

11. संचायक या बैट्रियाँ (Accumulators or Batteries)—वैद्युत उपकेन्द्रों पर रक्षी यन्त्रावली (Protective Gear) एवं विभिन्न स्विचों (Switches) के प्रचालन तथा आपातकालिक प्रकाशन (Emergency Lighting) हेतु सीसा संचायकों (Lead Acid Accumulators) का उपयोग किया जाता है। बैट्रियों का नियमित अनुरक्षण आवश्यक है।

सीसा संचायक सेल का अनुरक्षण (Maintenance of Lead Acid Cells)

1. सेल में विद्युत अपघटय पदार्थ का तल प्लेटों से लगभग 25 m.m. ऊपर रखना चाहिये।
2. सेल में विद्युत अपघटय का आपेक्षित घनत्व 1·83 से कम नहीं होना चाहिये।
3. सेल के टर्मिनल तथा सेल स्वच्छ होने चाहिये।
4. नये सेल को आवेशित करने से पहले उसकी प्लेटों को विद्युत अपघटय में 24 घण्टे तक निमज्जित रहने देना चाहिए।
5. आवेशन हेतु सेलों को आवेशीकरण की उचित दर से धारा प्रदान करनी चाहिये तथा गैस निकास खुला रहना चाहिए।
6. आवेशन के समय आस-पास खुली आग नहीं रहनी चाहिए।
7. अधिक आवेशित नहीं करना चाहिये अर्थात् प्लेटों का $PbSO_4$ समाप्त होने तक ही आवेशित करना चाहिए।
8. विद्युत अपघटय की क्षति पूर्ति होने हेतु अवश्यकतानुसार केवल शुद्ध तथा रंगहीन गन्धक के अम्ल का शुद्ध आसुत जल में विलयन डालना चाहिए।

9. वाष्पीकरण के द्वारा जल के ह्रास की क्षति पूर्ति हेतु सेलों में अवश्यकतानुसार शुद्ध आसुत जल का उपयोग करना चाहिये।
10. विलयन बनाते समय अम्ल में पानी नहीं डालना चाहिये। बल्कि पानी में धीरे-धीरे अम्ल डालते समय उसे किसी काँच की छड़ से बराबर चलाते रहना चाहिये साथ ही विलयन को अधिक गर्म होने से रोकने हेतु उसे ठण्डा होने देना चाहिये।
11. सेल आवेशित करने के उपरान्त उसका आपेक्षिक घनत्व मापना चाहिये ताकि उसका मान 1·21 से अधिक न हो जाये।
12. यदि बैटरी को उपयोग न करना हो तो उसे आवेशित अवस्था में ही रखना चाहिये तथा उपयोग न करने की अवधि में मंथर आवेशन (Trickle charge) पर रखना चाहिये।
13. सेल को 1·8 वोल्ट से नीचे विर्सजित नहीं होने देना चाहिये। यदि सम्भव हो तो सदैव 2 वोल्टता बनाये रखनी चाहिये।
14. बैटरी का तापक्रम 40° सेल्सियस से अधिक नहीं होने देना चाहिये।
15. बैटरी की विसर्जन धारा का मान कभी भी वोल्ट ऐम्पियर तथा आठ घण्टे के अनुपात से अधिक नहीं होने देना चाहिये।

12. Miscellaneous Equipments—इन सब के अतिरिक्त सब-स्टेशन पर अन्य उपयन्त्रों को भी लगाया जाता है—

1. संलग्नक (Fuse)
2. Carrier Current Equipment
3. Sub-station Auxiliary Supplies

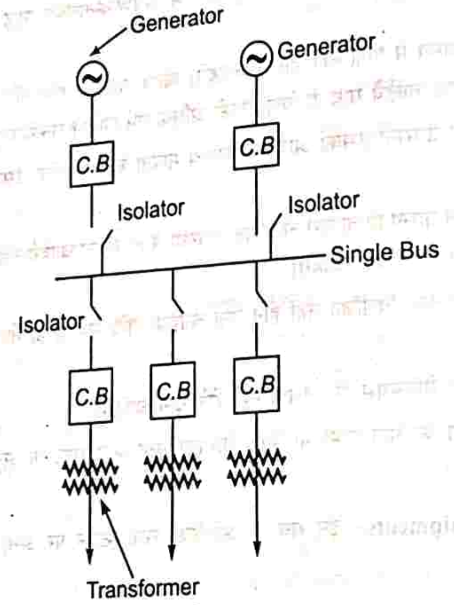
9.9 सब-स्टेशन पर बस-बार की व्यवस्था (Bus-bar Arrangement in Sub-stations)

1.8 बस बार व्यवस्था (Bus-bar Arrangement)

जब अनेक जनरेटर तथा फीडर समान वोल्टेज पर कार्य करते हैं तो जनरेटर तथा फीडर को आपस मे इलेक्ट्रिकली जोड़ने के लिए बस-बार की आवश्यकता पड़ती है। अत: बस-बार कॉपर की रोड या पतली लेयर वाली नली (Thin walled tube) हैं जोकि एकसमान वोल्टेज (Constant voltage) पर कार्य करती है। हम कुछ महत्वपूर्ण बस-बार अवस्थाओं पर विचार करेंगे, जोकि पावर स्टेशन तथा विद्युत उपकेन्द्रों पर कार्य करती है। यहाँ सभी चित्र त्रिफेज अवस्था के लिए परन्तु समझने या आसानी के लिए एकल-फेज अवस्था द्वारा दिखाया गया है।

(1) सिंगल बस-बार प्रणाली (Single Bus-bar System)

सिंगल बस-बार प्रणाली का डिजाइन आसान है तथा पॉवर स्टेशन में उपयोग में लाई जाती है। इस प्रणाली को छोटे बाहरी उपकेन्द्रों पर जहाँ सीमित आने वाले तथा जाने वाले फीडर तथा लाइन होती हैं उपयोग में लाया जाता है। चित्र 9.5 में सिंगल बस-बार प्रणाली को दिखाया गया है। जनरेटर, बाहर जाने वाली लाइन तथा ट्राँसफार्मर को बस-बार से जोड़ा गया है। प्रत्येक जनरेटर तथा फीडर को सर्किट ब्रेकर के द्वारा कन्ट्रोल किया जाता है। आइसोलेटर का कार्य जनरेटर, फीडर तथा सर्किट ब्रेकर को अनुरक्षण के समय बस बार से अलग करना है। इस प्रकार की प्रणाली का सबसे सस्ता लाभ कम प्रारम्भिक कीमत (Low Initial Cost), कम अनुरक्षण (Less Maintenance) तथा चालन में सरल (Simple operation) है।



चित्र 9.5

हानियाँ (Disadvantages)

(i) पूरी प्रणाली को बन्द करने के बाद ही बस-बार की सफाई, अनुरक्षण तथा टेस्ट कर सकते हैं।

(ii) अगर बस बार के अन्दर ही प्रदोष उत्पन्न होता है तो पूरी सप्लाई प्रभावित होगी।

(iii) प्रणाली में प्रदोष उत्पन्न होने पर सभी जनरेटरों की क्षमता प्रभावित होगी जिसके कारण प्रदोषी धारा का मान बहुत अधिक बढ़ जाएगा।

(2) विभाजकीय सिंगल बस-बार प्रणाली (Single Bus-bar System with sectionalization) :

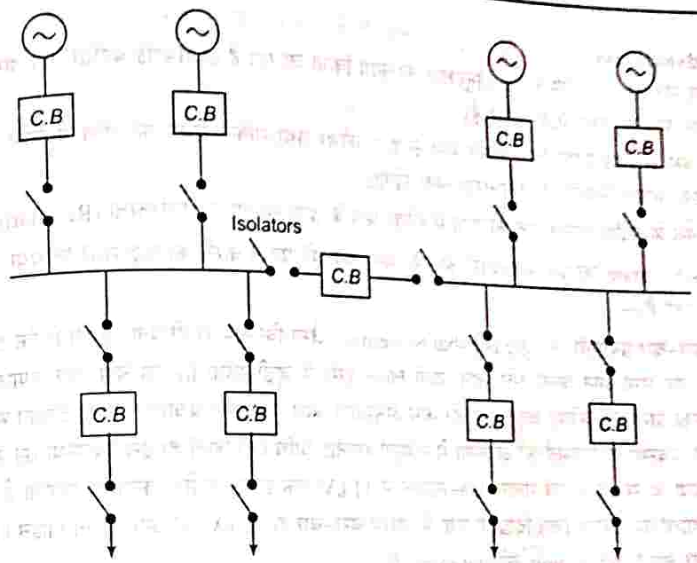
बड़े उत्पादन केन्द्रों पर जहाँ अनेकों यूनिटों का संस्थापन किया जाता है वहाँ पर विभाजकीय सिंगल बस-बार प्रणाली को काम में लाया जाता है ताकि एक हिस्से में प्रदोष उत्पन्न होने की दशा में पूरा सिस्टम फेल ना हो। चित्र 9.6 में विभाजकीय सिंगल बस-बार प्रणाली को दिखाया गया है। आइसोलेटर तथा सर्किट ब्रेकर के द्वारा बस-बार को दो हिस्सों में बाँटा गया है। इस प्रणाली के निम्न लाभ हैं—

(i) किसी भी हिस्से में प्रदोष उत्पन्न होने की दशा में सप्लाई को बाधित किये बिना उस हिस्से को हटा दिया जाता है।

(ii) किसी भी फीडर में प्रदोष उत्पन्न होने की दशा में प्रदोषी धारा का मान अविभाजकीय की अपेक्षा कम होगा जिसके कारण कम क्षमता वाले सर्किट ब्रेकर का उपयोग किया जा सकता है।

(iii) किसी भी हिस्से की मरम्मत तथा अनुरक्षण की जा सकती है। केवल उसी हिस्से को बन्द करके, जबकि अन्य हिस्से से सप्लाई की निरन्तरता बनी रहेगी।

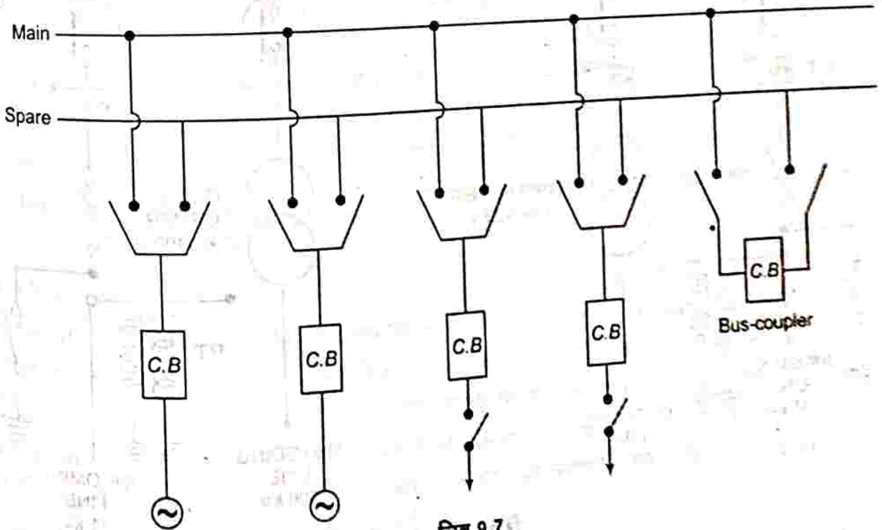
यहाँ इस बात का ध्यान रखा गया है कि बस बार को सर्किट ब्रेकर तथा आइसोलेटर की सहायता से दो हिस्सों में बाँटा गया है ताकि एक हिस्से से लोड को दूसरे हिस्से में आसानी से लगाया जा सके तथा सर्किट ब्रेकर के दोनों तरफ लगे आइसोलेटर की सहायता से सर्किट ब्रेकर का अनुरक्षण बस बार में धारा होने के उपरान्त भी किया जा सकता है।



चित्र 9.6

(3) डबल बस-बार प्रणाली (Duplicate Bus-bar System)

बड़े केन्द्रों पर यह आवश्यक है कि फाल्ट तथा अनुरक्षण के कारण सप्लाई बन्द नहीं होनी चाहिये। इस उद्देश्य को प्राप्त करने के लिए केन्द्रों, स्टेशनों पर डबल बस-बार प्रणाली में दो बस काम में लाई जाती हैं। पहली बस को मेन्स बस तथा दूसरी बस को स्पेयर बस कहते हैं। प्रत्येक जनरेटर तथा फीडर को मेन्स बस या स्पेयर बस से बस कपलर (Bus coupler) के द्वारा जोड़ा जाता है। बस कपलर में सर्किट ब्रेकर तथा आइसोलेटर होता है। चित्र 9.7 में दिखाई गई प्रणाली में एक बस से दूसरी बस पर लोड लगाते समय सप्लाई में बाधा उत्पन्न होती है। अगर हम यह चाहते हैं कि लोड को एक बस से दूसरी बस पर लगाते समय सप्लाई की निरन्तरता बनी रहे तो इसके लिए दो सर्किट ब्रेकर का उपयोग करना पड़ेगा जोकि अत्यधिक महँगा हो जाएगा।



चित्र 9.7

लाभ (Advantages)

(i) अगर मेन बस पर मरम्मत तथा अनुरक्षण का कार्य किया जा रहा है तो सप्लाई बाधित नहीं होगी क्योंकि पूरा लोड स्पेयर बस पर लगा दिया जाता है।

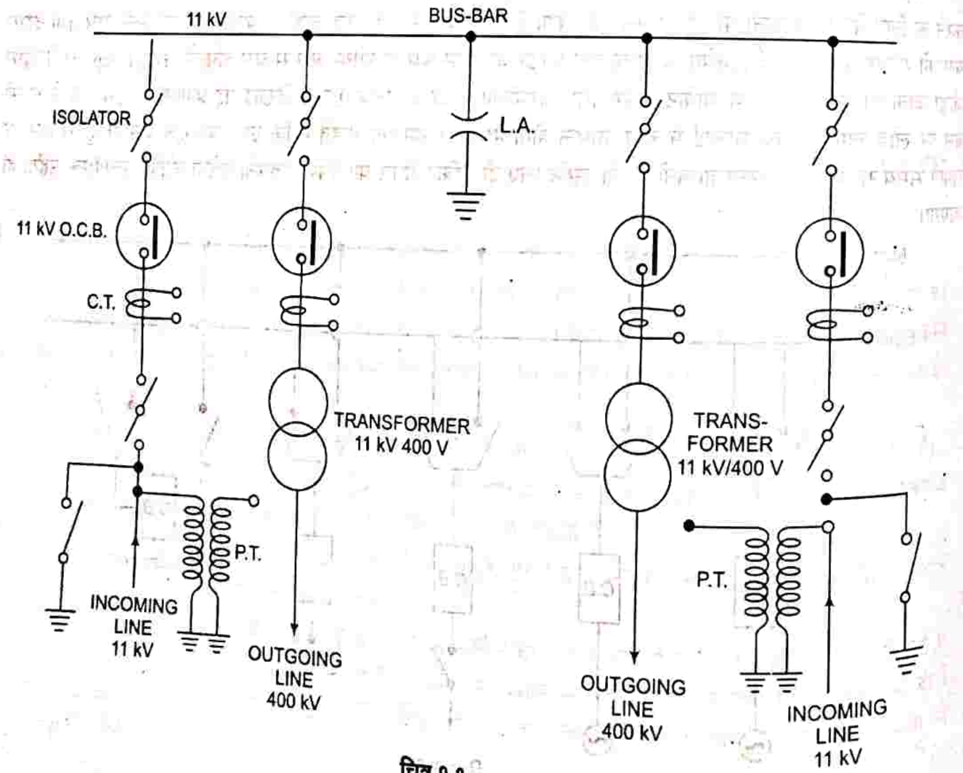
(ii) मेन बस से लोड हटाये बिना स्पेयर बस के द्वारा फीडर तथा सर्किट ब्रेकर की जाँच या टेस्ट किया जा सकता है जिसके कारण सप्लाई की निरन्तरता बनी रहेगी।

(iii) मेन बस के प्रदोष उत्पन्न होने की दशा में स्पेयर बस के द्वारा सप्लाई की निरन्तरता (Regularity) बनी रहती है।

बस-बार Sub-station का एक महत्त्वपूर्ण अंग है। बस-बार को प्रयोग करने की कई सारी विधियाँ अथवा प्रणालियाँ हैं जिन्हें नीचे दिया गया है—

1. एकल बस-बार प्रणाली (Single Bus-bar System)—जैसा कि नाम से ही पता चलता है कि इसमें केवल एक ही बस-बार होती है और सभी आने वाली और जाने वाली लाइनें इसी से जुड़ी रहती हैं। इस बस-बार प्रणाली की सबसे खास बात यह है कि इसकी प्रारम्भिक कीमत बहुत कम है। कम अनुरक्षण व्यय, साधारण प्रचालन, परन्तु इसका सबसे बड़ा दोष यह है कि किसी प्रदोषी अवस्था या मरम्मत की अवस्था में सम्पूर्ण सप्लाई बाधित हो जाती है। इस व्यवस्था को 33 kV से ऊपर के लिए प्रयोग नहीं किया जा सकता है एवं भीतरी सब-स्टेशन में 11 kV तक इसका प्रयोग किया जा सकता है। नीचे चित्र 9.8 में एकल बस-बार प्रणाली का परिपथ चित्र दिखाया गया है। इसमें बस-बार से 11 kV की आने वाली लाइन (Incoming Line) जुड़ी हुई है और दो लाइनें 400 K volt की outgoing हैं।

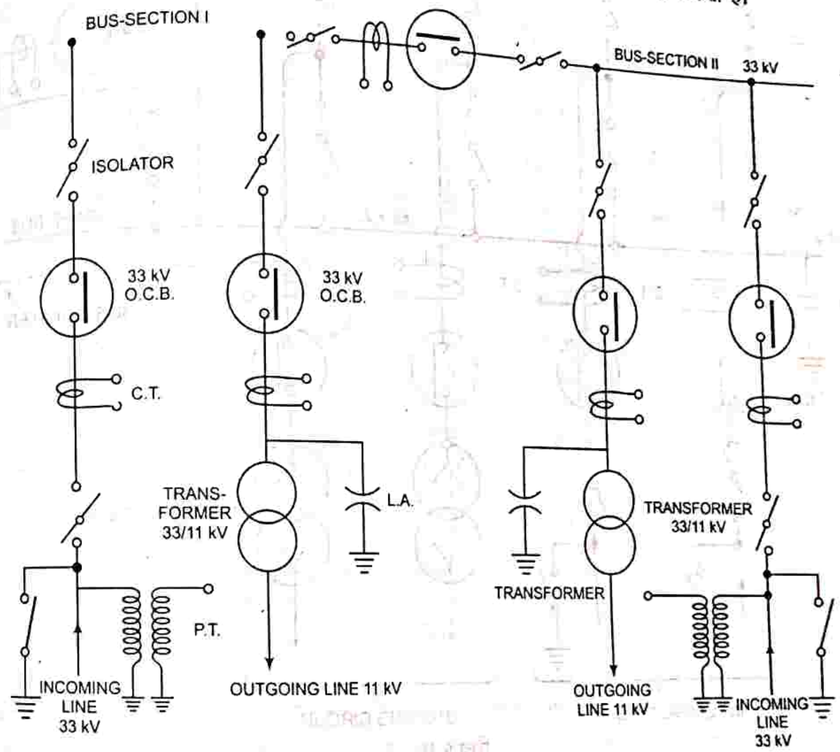
2. Single Bus-bar System with Sectionalization—इस व्यवस्था में एकल बस-बार प्रणाली को Section में बाँट दिया जाता है और लोड को दोनों Sections पर बराबर-बराबर बाँट दिया जाता है। बस-बार के कोई भी दो Sections को परिपथ वियोजक व Isolator के द्वारा जोड़ दिया जाता है। इस व्यवस्था से दो लाभ होते हैं—



चित्र 9.8

(1) यदि किसी एक section में प्रदोष उत्पन्न होता है तो दूसरे section को इससे अलग कर बिना बाधित किये हुए सप्लाई को दिया जा सकता है।

(2) मरम्मत के समय केवल उसी section को de-energizing कर मरम्मत किया जा सकता है।



चित्र 9.9

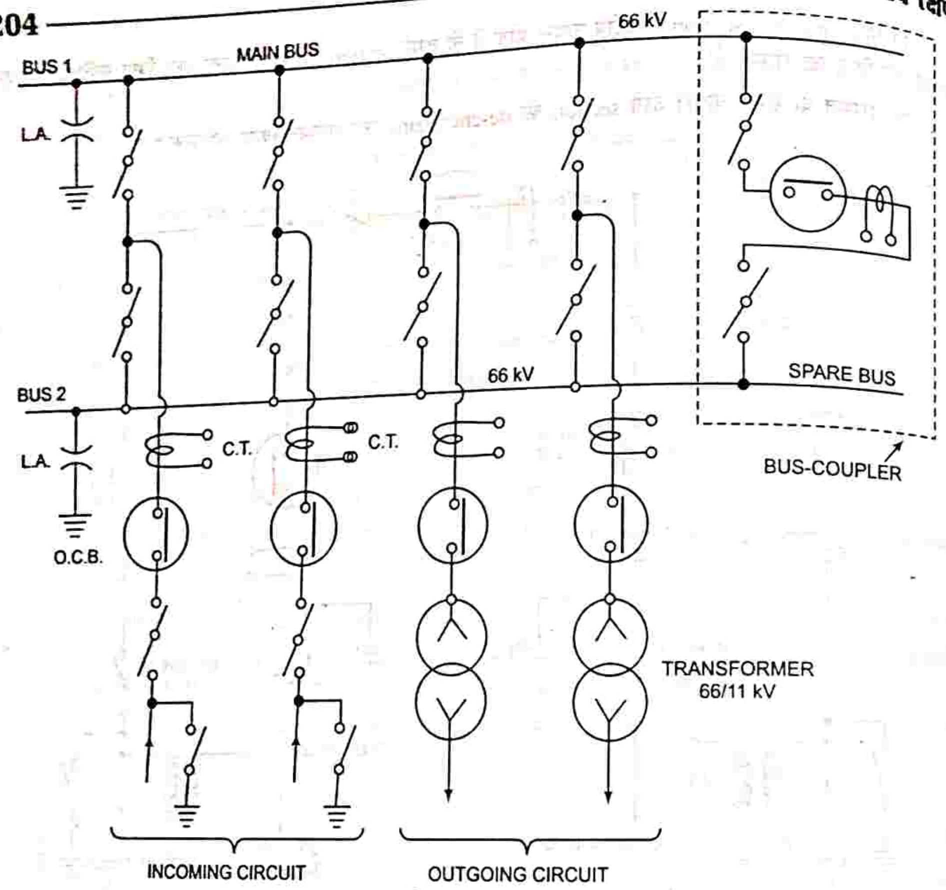
इस व्यवस्था का प्रयोग 33 kV तक की वोल्टता के लिए किया जा सकता है। चित्र 9.9 में इस बस-बार प्रणाली के एकल लाइन डायग्राम को दिखाया गया है। इसमें 33 kV की दो Incoming lines हैं जो दोनों section-1, और 2 में जुड़े हुए हैं और प्रत्येक section से 11 kV की outgoing line निकली हुई है।

3. Duplicate Bus-bar System—इस बस-बार प्रणाली में दो बस-बार का प्रयोग किया जाता है—

(1) Main Bus-bar

(2) Spare Bus-bar

प्रत्येक बस-बार के पास अपनी एक लोड लेने की क्षमता होती है। Incoming और Outgoing लाइन बस-बार के ऊपर बस कपलर द्वारा जुड़ी होती है। सामान्य अवस्था में Incoming and Outgoing line दोनों ही main bus-bar के ऊपर लगी रहती हैं अर्थात् जुड़ी रहती हैं लेकिन मरम्मत की अवस्था अथवा प्रदोषी अवस्था में Incoming and Outgoing Lines को Spare Bus-bar पर Transfer कर देते हैं। नीचे चित्र में Duplicate Bus bar System का एकल लाइन डायग्राम दिखाया गया है। दो 66 kV की Incoming line को बस-बार से अथवा बस कपलर से जोड़ दिया जाता है एवं दो 11 kV की Outgoing line T/F के द्वारा बस-बार से जुड़ा होता है।



चित्र 9.10

टर्मिनल तथा थ्रू सब स्टेशन

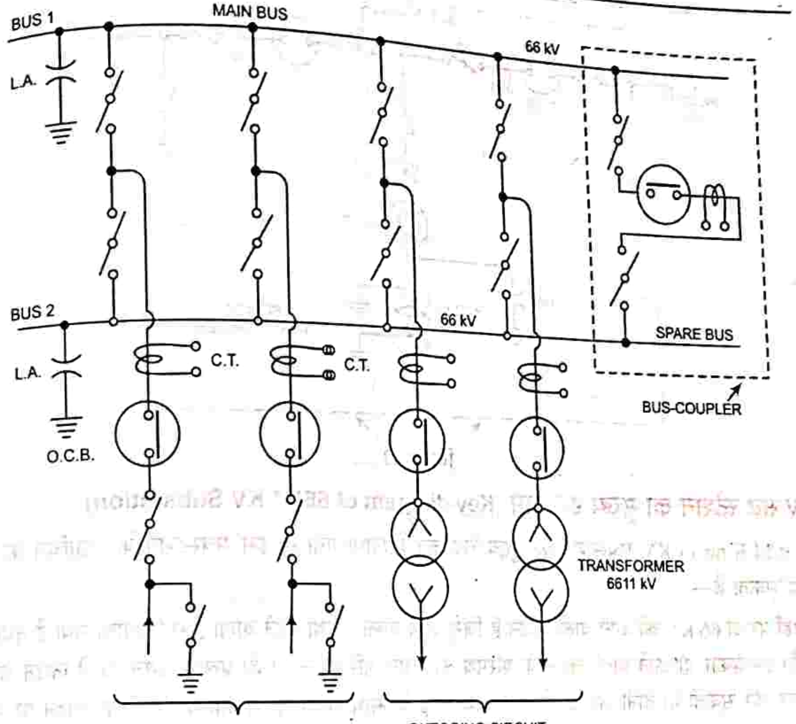
(Terminal and Through Sub-Stations)

पावर सिस्टम में सभी ट्रांसफार्मर सब-स्टेशन आने वाली लाइन तथा जाने वाली लाइन को हैंडिल करते हैं। आने वाली लाइन के तरीके के आधार पर सब स्टेशन का वर्गीकरण निम्न प्रकार किया जाता है—

(1) टर्मिनल सब स्टेशन

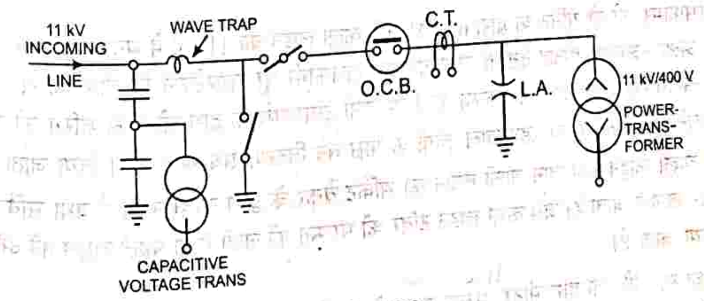
(2) थ्रू सब स्टेशन

(1) टर्मिनल सब स्टेशन : टर्मिनल सब स्टेशन वह होता है जिसके सप्लाई देने वाली लाइन वही सब स्टेशन पर समाप्त हो जाती है। यह सब स्टेशन मेन लाइन के समाप्त बिन्दु पर बना होता है। या मेन लाइन के रास्ते से हट के बनाया जाता है। दूसरी स्थिति में मेन लाइन से टैपिंग निकालकर सब स्टेशन तक पहुँचाई जाती है। चित्र 9.12 में टर्मिनल सब स्टेशन को दिखाया गया है। चित्र से स्पष्ट है कि 11 KV लाइन सब स्टेशन पर समाप्त हो रही है। ज्यादातर वितरण सब स्टेशन इसी प्रकार के होते है।

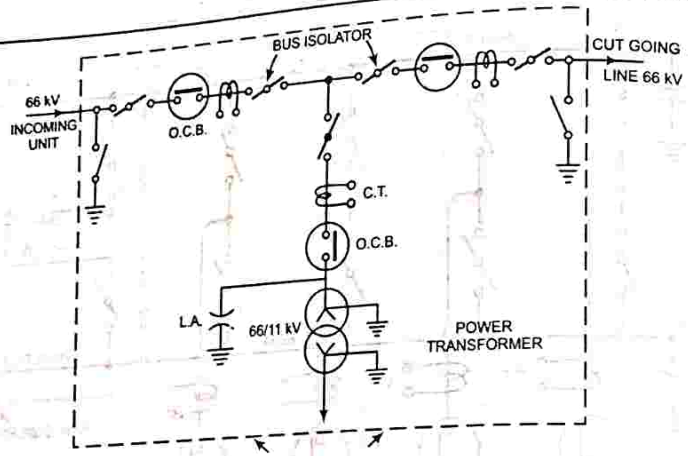


चित्र 9.11

(2) थ्रू सब स्टेशन : थ्रू सब स्टेशन वह सब स्टेशन होता है जिसमें आने वाली लाइन समान वोल्टेज पर सब स्टेशन से गुजरती है। इच्छित कान पर वोल्टेज प्राप्त करने के लिए आने वाली लाइन से टैपिंग लेकर ट्रांसफार्मर को दी जाती है। चित्र 9.13 में थ्रू सब स्टेशन को दिखाया गया है। चित्र में 66 KV की आने वाली लाइन थ्रू सब स्टेशन से होकर 66KV की लाइन बाहर निकल जाती है। इसी समय 66KV की आने वाली लाइन से टैपिंग निकाल कर ट्रांसफार्मर को दी जाती है तथा ट्रांसफार्मर इस 66KV की लाइन को 11KV में बदलकर द्वितीय वितरण के लिए देता है।



चित्र 9.12



चित्र 9.13

66/11 KV सब स्टेशन का मुख्य डायग्राम (Key diagram of 66/11 KV Substation)

चित्र 9.14 में 66/11 KV सबस्टेशन का मुख्य रेखाचित्र दिखाया गया है। इस सबस्टेशन के रेखाचित्र को निम्न प्रकार समझाया जा सकता है—

(1) यहाँ पर दो 66 KV की आने वाली लाइन है जिसे आने वाली 1 तथा आने वाली 2 से दिखाया गया है तथा बस बार से जोड़ा गया है। इस प्रकार दो आने वाली लाइन के परिपथ को डबल परिपथ कहते हैं। प्रत्येक आने वाली लाइन सब स्टेशन के लोड़ को सहन कर सकती है। दोनों लाइनों को एक साथ लोड़ के साथ जोड़ा जा सकता है तथा एक लाइन पर भी पूरा लोड़ डाला जा सकता है। डबल परिपथ के द्वारा सिस्टम की विश्वसनीयता बढ़ती है, अगर एक लाइन में कोई दोष उत्पन्न होता है तो दूसरी लाइन के द्वारा सप्लाई को सुचारू रखा जा सकता है।

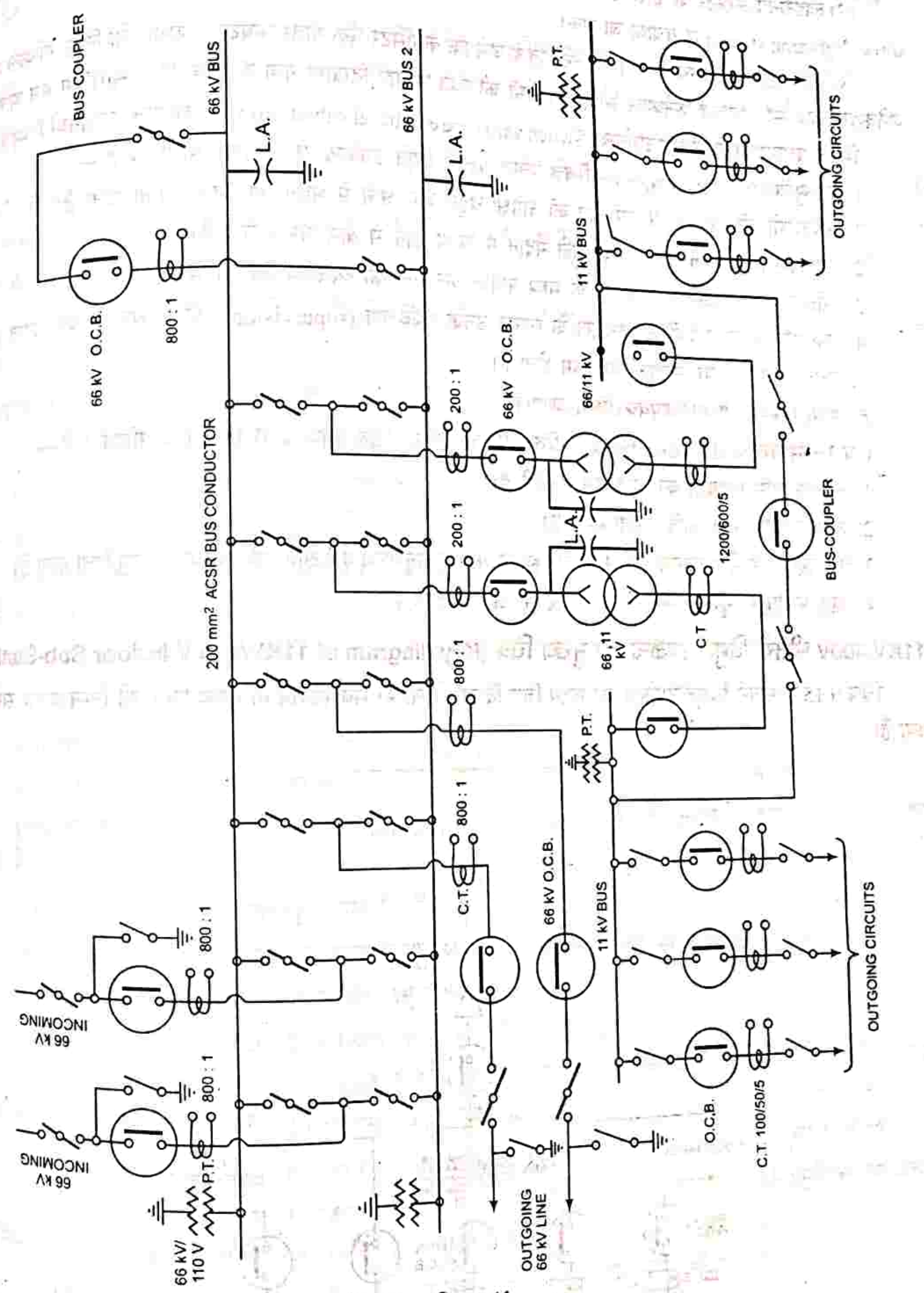
(2) सब स्टेशन में डबल बस बार सिस्टम का उपयोग किया जाता है जिसे एक मुख्य बस बार तथा दूसरी स्पेयर बस बार कहते हैं। आने वाली लाइन को बस कपलर (जिससे सर्किट ब्रेकर तथा आइसोलेटर) के द्वारा किसी भी बस बार से जोड़ा जा सकता है। डबल बस बार सिस्टम का यह लाभ है कि अगर एक बस बार की मरम्मत का कार्य चल रहा है तो दूसरी बस बार पर पूर्ण लोड डाल कर सप्लाई को चालू रखा जा सकता है।

(3) सब स्टेशन में इस प्रकार की अवस्था होती है कि 66KV की डबल परिपथ सप्लाई यहाँ से बाहर जाती है। इसका मतलब यह हुआ कि 66KV की डबल परिपथ सप्लाई सब स्टेशन से बाहर जाती है। बाहर जाने वाली 66 KV की डबल परिपथ लाइन को आने वाली लाइन कहा जा सकता है।

(4) 3-फेज ट्रांसफार्मर की दो यूनिट के द्वारा 66 KV आने वाली लाइन को 11KV में बदला जाता है। प्रत्येक ट्रांसफार्मर प्रत्येक बस बार को अलग-अलग सप्लाई देता है ज्यादातर एक ट्रांसफार्मर पूरे सबस्टेशन के लोड़ को सप्लाई देता है जबकि दूसरे ट्रांसफार्मर को अलग रखा जाता है तथा जरूरत पड़ने पर दोनों ट्रांसफार्मर के द्वारा लोड की शेरिंग की जा सकती है। यहाँ से 11 KV की निकलने वाली लाइन को रहने वाले लोगों के पास बने वितरण सब स्टेशन को दिया जाता है।

(5) दोनों आने वाली लाइन तथा जाने वाली लाइन को सर्किट ब्रेकर के द्वारा जोड़ा जाता है तथा सर्किट ब्रेकर की दोनों साइडों पर आइसोलेटर लगाया जाता है। जब कभी लाइन टॉवर की मरम्मत की जाती है तो पहले लाइन को ऑफ किया जाता है तथा बाद में अर्थ किया जाता है।

(6) पी० टी० तथा सी० टी० के द्वारा मीटर, सूचक उपयन्त्रों तथा रिले को सप्लाई से जोड़ा जाता है (जिसे चित्र में दर्शाया नहीं गया है), पी० टी० को वहाँ जोड़ा जाता है जहाँ पर लाइन टर्मिनेटिड होती है तथा सी० टी० को सर्किट बेकर के प्रत्येक टर्मिनल पर।



चित्र 9.14

(7) लाइटनिंग अरेस्टर को ट्रांसफार्मर के टर्मिनल के करीब जोड़ा जाता है ताकि ट्रांसफार्मर को प्रत्यक्ष तड़ित आघात (By direct lightning strock) से बचाया जा सकें।

(8) सब-स्टेशन पर अन्य उपयन्त्र भी लगे होते हैं जैसे कि केपेसिटर बैंक पावर फेक्टर में सुधार के लिए, लोकल सप्लाई कनेक्शन, डी० सी० सप्लाई कनेक्शन आदि। इन सभी को चित्र में नहीं दिखाया गया है ताकि चित्र साधारण बन सके।

स्विच प्रांगण प्ररूपी वैद्युत उपकेन्द्र (Switch yard type electrical sub-station) के लाभ तथा हानियाँ निम्न हैं—

स्विच प्रांगण प्ररूपी वैद्युत उपकेन्द्र से निम्नवत सुविधायें हैं—

(अ) सुविधायें (Advantages)—स्विच प्रांगण प्ररूपी वैद्युत उपकेन्द्र से निम्नवत सुविधायें हैं—

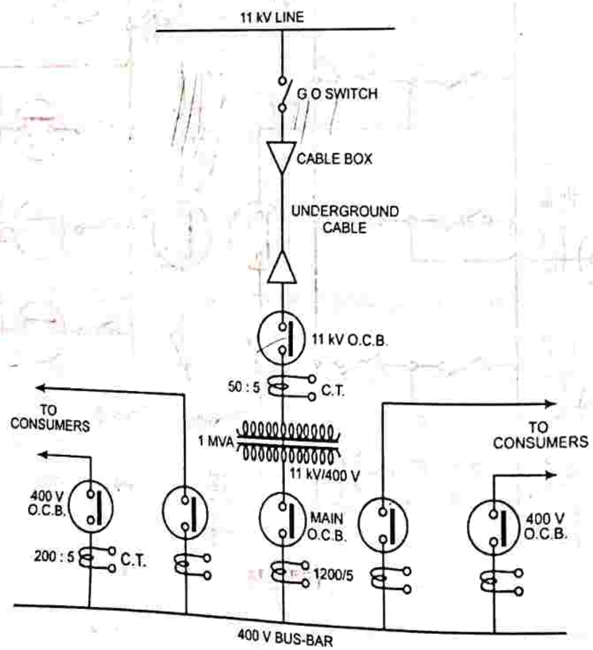
1. उपकरणों की व्यवस्था से घिरे क्षेत्र की अपेक्षा बहुत कम क्षेत्रों में भवन की आवश्यकता होती है।
2. उद्घर्षण (erection) कार्य प्रायः खुले मैदान में किया जाने से कम समय लेता है।
3. अति उच्च वोल्टता पर उपकरणों के मध्य पर्याप्त अन्तराल की व्यवस्था की जा सकती है।
4. उपकरणों के मध्य अधिक अन्तराल के कारण उनके पर्यवेक्षण (supervision) की अधिक सुविधा प्राप्त है।
5. स्विच यन्त्रावली पर स्थापन व्यय कम होता है।
6. भावी विस्तार भी सुविधापूर्वक किया जाता है।

(ब) असुविधायें (Disadvantages)—स्विच प्रांगण प्ररूपी वैद्युत उपकेन्द्र से निम्वत असुविधायें हैं—

1. अधिक भूमि क्षेत्रफल की आवश्यकता होती है।
2. उपकरणों पर धूल आदि जमती रहती है।
3. वर्षा ऋतु में सभी उपकरण वर्षा में भीगते रहने के कारण अनुरक्षण एवं क्षति-पूर्ति कार्यों में असुविधा होती है।
4. ऋतु प्रकोप से मुक्त उपकरणों का मूल्य भी अधिक होता है।

11KV/400V भीतरी विद्युत उपकेन्द्र का मुख्य चित्र (Key diagram of 11KV/400 V Indoor Sub-Station)

चित्र 9.15 में भीतरी विद्युत उपकेन्द्र का मुख्य चित्र दिखाया गया है। सब स्टेशन के मुख्य चित्र को निम्न प्रकार समझाया गया है।



चित्र 9.15

(1) 3 फेज 3-तार 11KV लाइन की टेपिंग की गई है तथा लाइन को गैग आपरेटिंग स्विच के पास लाया जाता है जो कि सब स्टेशन के पास बना हुआ है।

(2) गैंग स्विच (GO Switch) के द्वारा 11KV लाइन को भीतरी विद्युत उपकेन्द्र पर अण्डरग्राउन्ड केबिल के द्वारा लाया जाता है। इस लाइन को 11 KV O.C.B. के द्वारा ट्रांसफार्मर की H.T साइड पर लगाया जाता है। ट्रांसफार्मर वोल्टेज को 400 V 3-फेज 4-तार तक घटाता है।

(3) मेन O.C.B. के द्वारा ट्रांसफार्मर सप्लाई को बस बार से जोड़ता है। बस बार से 400V, 30 फेज, 4-तार सप्लाई विभिन्न उपभोक्ताओं को दी जाती है। किन्हीं दो फेजों के बीच वोल्टेज 400V तथा फेज व न्यूट्रल के बीच 230V होती है। सिंगल फेज लोड को फेज तथा न्यूट्रल के बीच जोड़ा जाता है जबकि 3-फेज 400V मोटर को सीधे 3-फेज लाइन से जोड़ा जाता है।

(4) सी० टी० को सब स्टेशन पर उपयुक्त जगह पर लगाया जाता है तथा मीटर, सूचक उपयन्त्रों व रिले को सी० टी० के द्वारा सप्लाई दी जाती है।S

अन्तरंग प्ररूपी वैद्युत उपकेन्द्रों के लाभ (Advantages of indoor type sub-stations)

अन्तरंग प्ररूपी वैद्युत उपकेन्द्रों से उपलब्ध सुविधायें निम्नवत् हैं—

(i) एक से अधिक वितरण लाइनों के नियन्त्रण की सुविधा प्रदान करता है।

(ii) अन्तरंग प्ररूपी उपकरण संहत (Compact) आकार के होने के कारण कम स्थान घेरते हैं।

(iii) आधुनिक अन्तरंग प्ररूपी सम्पूर्ण स्विच यन्त्रावली मात्र दो या तीन खण्डों में सज्जीकृत रूप (Assembled form) में उपलब्ध है। अतः भवन निर्माण के उपरान्त स्थापन कार्य में बहुत कम समय की आवश्यकता होती है।

(iv) पर्यवेक्षण कार्य (Supervision work) में कम समय लगता है।

(v) अन्तरंग होने के कारण वर्षा ऋतु में भी पर्यवेक्षण कार्य सुविधापूर्वक किया जा सकता है।

(vi) सभी उपकरण भवन के अन्दर स्थापित रहने के कारण बहुत कम अनुरक्षण की आवश्यकता होती है।

(vii) अन्तरंग प्ररूपी स्विच यन्त्रावली (Switch gear) एवं परिणामित्र अपेक्षाकृत कम मूल्य के होते हैं।

(viii) स्विच यन्त्रावली का आकार संहत (Compact) होने के कारण प्रचालन केबिलों पर कम व्यय की आवश्यकता होती है।

(ix) अनुरक्षण मूल्य भी अपेक्षाकृत कम होता है।

अन्तरंग प्ररूपी वैद्युत उपकेन्द्रों से असुविधायें (Disadvantages of indoor type sub-stations)

अन्तरंग प्ररूपी वैद्युत उपकेन्द्रों से निम्वत असुविधायें होती हैं—

1. भवन निर्माण कार्य में अधिक धन व्यय करना होता है।
2. उपकरणों के संहत आकार (Compact in size) के होने के कारण क्षतिपूर्ति कार्य (Repair work), पर्यवेक्षण कार्य, अनुरक्षण कार्य (Maintenance work) में असुविधा होती है।
3. भावी विस्तार (Future extension) हेतु की गई व्यवस्था से अधिक विस्तार करने में अधिक व्यय करना होगा।
4. 66 किलावोल्ट से अधिक वोल्टताओं हेतु अन्तरंग प्ररूपी वैद्युत उपकेन्द्र के अभिकल्प की असुविधा एवं अत्यधिक अमितव्ययी होने के कारण सामान्यतया स्थापित ही नहीं किये जाते हैं।
5. कम क्षमता (Capacity) में अन्तरंग वैद्युत उपकरण भी कुछ अधिक सस्ते नहीं होते हैं।

अभ्यास

1. **Fill in the blanks by appropriate words/figures :**
   (i) A sub-station .... some characteristic of electric supply.
   (ii) Most of the sub-stations in the power system change .... of electric supply.
   (iii) An ideal location for the sub-station would be at the .... of load.
   (iv) Pole-mounted sub-stations are used for .... distribution.
   (v) The voltage rating of the transformer in a pole-mounted sub-station is ....
   (vi) Single bus-bar arrangement in sub-stations is used for voltages less than ....
   (vii) For voltage greater the 33 kV, ... bus-bar arrangement is employed.
   (viii) The kVA rating of transformer in a pole-mounted sub-station does not exceed ....
   (ix) An indoor sub-station is .... expensive than outdoor sub-station.
   (x) Fault location is .... in an outdoor sub-station than in indoor sub-station.

2 **Pick up the correct words (Figure from brackets and fill in the blanks) :**
   (i) Out-door sub-station requires .... space. *(more, less)*
   (ii) The possibility of fault escalation is .... in outdoor sub-station than that of indoor sub-station. *(more, less)*
   (iii) Majority of distribution sub-stations are of .... type. *(pole-mounted, indoor, outdoor)*
   (iv) Power factor correction sub-stations are generally located at the .... end of transition line. *(sending, receiving)*
   (v) Underground sub-stations are generally located in .... *(thickly, populated areas, villages)*

Answers :

1. (i) changes, (ii) voltage level, (iii) centre of gravity, (iv) secondary, (v) 11 kV/400 V, (vi) 33 kV, (vii) duplicate, (viii) 200, (ix) more, (x) easier.
2. (i) more, (ii) less, (iii) pole-mounted, (iv) receiving, (v) thickly populated areas.

CHAPTER REVIEW TOPICS

1. What is a sub-station? Name the factors that should be taken bars of while designing and erecting a sub-station.
2. उपकेन्द्र पर प्रयुक्त सहायक उपकरणों का उल्लेख कीजिए व उनके कार्य बताइये। *(BTE 2006)*
3. उपकेन्द्र में प्रयुक्त बस-बार क्या-क्या है? इनमें से किन्हीं तीन प्रकारों की संक्षेप में व्याख्या कीजिए। *(BTE 2006)*
4. Discuss the different ways of classifying the sub-stations.
5. उपकेन्द्र का भू-सम्पर्कन क्यों आवश्यक है? इसे किस प्रकार किया जाता है? व्याख्या कीजिए। *(BTE 2006)*
6. Give the comparison of outdoor and indoor sub-stations.
7. विभिन्न प्रकार के उपकेन्द्रों की सूची बनाइये। एक बाह्य द्वारा उपकेन्द्र का अभिन्यास (layout) आरेख खींचिये। इसमें प्रयोग होने वाले विभिन्न उपकरणों की सूची बनाइये। *(BTE 2007)*
8. What is a transformer sub-station? What are the different types of transformer sub-stations? Illustrate your answer with a suitable block diagram.
9. उपकेन्द्र में स्टोरेज बैटरीज के क्या उपयोग हैं? लेड एसिड बैटरीज के रख-रखाव की रूप रेखा का वर्णन कीजिए। *(BTE 2007)*

10. 66 kV विद्युत उपकेन्द्र का विन्यास आरेख खीचिये। इसमें प्रयुक्त उपकरणों एवं सुरक्षात्मक गियरों के नाम लिखिये। *(BTE 2008)*
11. Draw the layout and schematic connection of a pole-mounted sub-station.
12. सब-स्टेशन हेतु एक रेखीय चित्र में डबल बस-बार व्यवस्था दर्शाइये एवं इसके लाभ लिखिये। *(BTE 2010)*
13. सब-स्टेशन में संचायक बैटरी की आवश्यकता बताइये। इसके रख-रखाव की विधि लिखिये। *(BTE 2010)*
14. Draw the layout of a typical underground sub-station.
15. उपकेन्द्र से क्या तात्पर्य है? किसी उपकेन्द्र की परिकल्पना व स्थापत्य में किन कारकों को ध्यान में रखा जाता है? *(BTE 2011)*
16. बस-बार क्या है? एकल व द्वि बस-बार प्रणालियों को समझाइये तथा उनके गुण व अवगुणों की व्याख्या कीजिए। *(BTE 2011)*
17. Write a short note on the sub-station equipment.
18. उपकेन्द्र में संचयी बैटरी की आवश्यकता बताते हुए उनकी अनुरक्षण व्यवस्था की व्याख्या कीजिए। *(BTE 2011)*
19. एक विद्युत उपकेन्द्र के लिए उपस्करों के चयन के आधार बताइये। *(BTE 2013)*
20. What are the different types of bus-bar arrangements used in sub-stations? Illustrate your answer with suitable diagrams.
21. उपकेन्द्र में बैटरियों की क्यों आवश्यकता होती है? व्याख्या कीजिए। *(BTE 2013)*
22. एक रेखीय विद्युत परिपथ आरेख द्वारा अन्तरंग प्रारूपी विद्युत उपकेन्द्र में लगे उपकरणों को दर्शाइये। उनके नाम भी दीजिए।
23. What are terminal and through sub-stations? What is their purpose in the power system?
24. Draw the key diagram of a typical 66/11 kV sub-station.
25. उपकेन्द्रों की तड़ित विद्युत आघात से कैसे रक्षा की जाती है? समझाइये। *(BTE 2014)*
26. उपकेन्द्रों में बैटरी की आवश्यकता व महत्व को बताते हुए उसकी अनुरक्षण व्यवस्था दीजिए। *(BTE 2014)*
27. Draw the key diagram of a typical 11 kV/400 V indoor sub-station.
28. उपकेन्द्रों का उनकी स्थिति व स्थान के आधार पर वर्गीकरण कीजिए। इनमें स्थापित यंत्रों के नाम दीजिए व उनके कार्यों का वर्णन कीजिए। *(BTE 2015)*
29. विभिन्न प्रकार के विद्युत सब-स्टेशनों को बताइए, किसी एक आउट डोर सब स्टेशन को समझाइए। *(BTE 2017)*
28. इन-डोर सब-स्टेशन का ले आउट दर्शाइए, साथ ही लगाए गए सभी अवयवों को संक्षिप्त में समझाइए। *(BTE 2015)*

C.V.T. : A capacitor voltage transform is a transformer used in power system to step down extra high voltage signals and provide a low voltage signal, for interring or operating a protective relay. ❑

10 न्यूट्रल ग्राउंडिंग (Neutral Grounding)

10.1 परिचय (Introduction)

पॉवर सिस्टम में ग्राउंडिंग अथवा भू-सम्पर्कन का मतलब वैद्युत उपकरणों के ढाँचे को अथवा पॉवर सिस्टम के कुछ वैद्युत अंगों (जैसे—स्टार संयोजन का उदासीन तार) को भू-सम्पर्कित करना है। भू-संयोजन चालक व कुछ वैद्युत उपकरणों (जैसे—रजिस्टर, परिपथ वियोजक आदि) के ऊपर निर्भर करता है। भू-सम्पर्कन करने से दो फायदे होते हैं— (i) यह प्रणाली को सुरक्षा प्रदान कराती है। (ii) वैद्युत उपकरणों का भू-संयोजन उस व्यक्ति को सुरक्षा प्रदान करती है जो इसे प्रयोग कर रहा है। इस अध्याय के अन्तर्गत हम भू-सम्पर्कन की महत्ता को देखेंगे।

10.2 भू-संयोजन (Grounding or Earthing)

किसी धात्विक मशीन के ढाँचे को अथवा किसी वैद्युत उपकरण के वैद्युत भाग को चालक द्वारा जमीन से जोड़ने की प्रक्रिया को भू-सम्पर्कन कहते हैं।

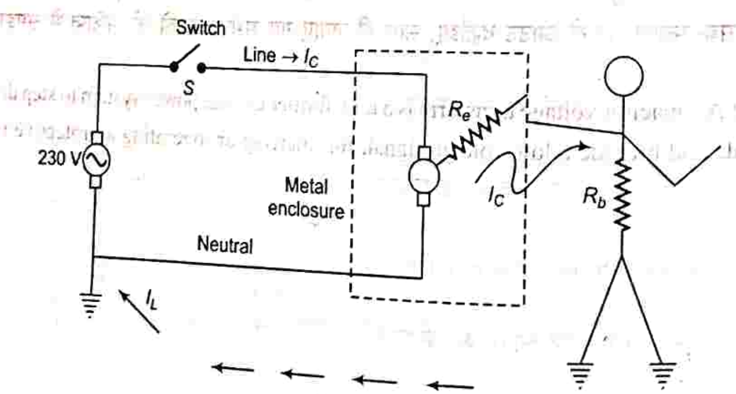
यह बहुत आश्चर्यजनक है परन्तु पॉवर सिस्टम में भू-सम्पर्कन का सबसे अधिक महत्त्व है। क्योंकि यदि भू-सम्पर्कन नहीं किया गया या सही तरीके से भू-सम्पर्कन नहीं किया गया तो बहुत अधिक नुकसान उठाना पड़ सकता है। अत: यह जरूरी है कि भू-सम्पर्कन किया जाये और साथ ही यह भी आवश्यक है कि ठीक तरीके से भू-सम्पर्कन किया जाये। भू-सम्पर्कन को दो भागों में बाँटा गया है—

1. उपकरण भू-सम्पर्कन (Equipment Earthing)
2. प्रणाली भू-सम्पर्कन (System Earthing)

10.3 उपकरण भू-सम्पर्कन (Equipment Grounding)

किसी वैद्युत उपकरण का वह भाग जिसमें धारा प्रवाह नहीं हो अर्थात् वैद्युत उपकरणों के ढाँचे को भू-सम्पर्कित करना Equipment Grounding कहलाता है।

हम किसी भी वैद्युत उपकरण के ढाँचे को निर्भीकतापूर्वक छूते हैं जिसके लिए यह आवश्यक है कि उस उपकरण का सही तरीके से भू-सम्पर्कन किया जाये। चित्र में एक मोटर (M) के भू-सम्पर्कन को दिखाया गया है। चित्र में दिखाये गये मोटर के न्यूट्रल को भी भू-सम्पर्कित किया गया है। इसे अधिक अच्छी तरह से समझने के लिए इसे तीन भागों में बाँटा गया है—



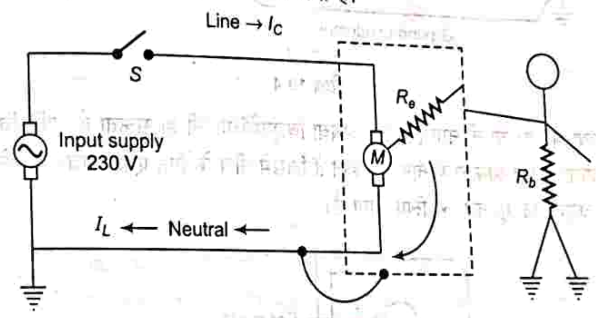
चित्र 10.1

1. Unground Enclosure
2. Enclosure Connected to Neutral Wire
3. Ground Wire Connected to Enclosure

1. Unground Enclosure—पीछे चित्र में motor के भू-सम्पर्कन को दिखाया गया है जिसमें Unground Metal Enclosure है। जब कोई व्यक्ति धातु घेराव को छूता है तो उस व्यक्ति को कुछ भी नहीं होता है यदि उपकरण ठीक तरीके से कार्य कर रहा है। परन्तु यदि किसी कारणवश उपकरण के अन्दर विद्युतरोधन नष्ट हो जाता है तो मोटर व धातु घेराव के मध्य का प्रतिरोध कम हो जाता है और धारा का मार्ग मनुष्य के शरीर के प्रतिरोध R_b द्वारा पूर्ण होगा।

यदि R_e छोटा है (उस स्थिति में जब विद्युतरोधन प्रदोष उत्पन्न होता है) तो धारा I_C व्यक्ति के शरीर से होकर गुजरेगी जो कि बहुत नुकसानदायक है। परिणाम यह होगा कि व्यक्ति को झटका लगेगा। इस प्रकार यह प्रणाली असुरक्षित है।

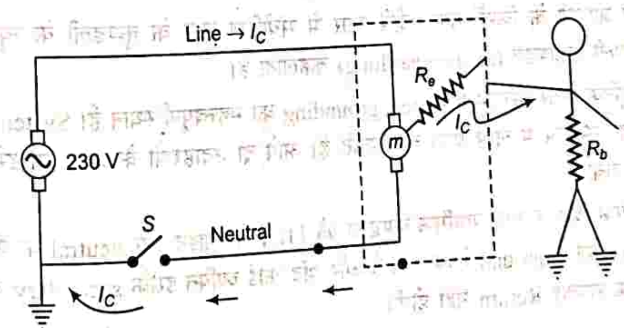
2. Enclosure Connected to Neutral Wire : पीछे की समस्या को घेराव को उदासीन तार के साथ भू-सम्पर्कित कर समाप्त किया जा सकता है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।



चित्र 10.2

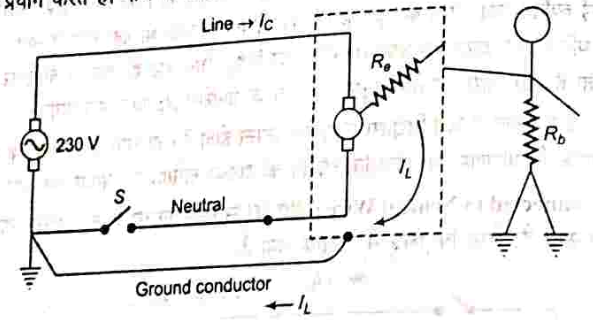
अब क्षरण धारा I_C धात्विक घेराव से होते हुए मोटर से उदासीन तार में प्रवाह होगी। यहाँ पर धात्विक घेराव पर earth potential होने के कारण उपकरण को छूने वाले व्यक्ति को कोई झटका नहीं लगेगा।

इस व्यवस्था में सबसे बड़ी कमी यह है कि Neutral wire टूट जाता है अथवा किसी कारणवश दुर्घटनाग्रस्त हो जाये तो घातक सिद्ध हो सकता है। उदाहरण के लिए यदि स्विच को जीवित तार के बजाय उदासीन तार के श्रेणी में लगा दिया जाये तो मोटर तो चालू अथवा बन्द होगी परन्तु यदि मोटर की बन्द अवस्था में यदि उस मोटर को कोई छूता है तो उस व्यक्ति को वैद्युत झटका लग सकता है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।



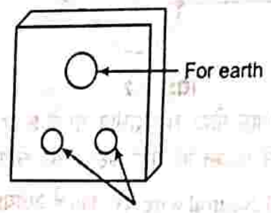
चित्र 10.3

3. भू-तार का घेराव के साथ संयोजित होना (Ground Wire Connected with Enclosure)—इस समस्या को समाप्त करने के लिए कि हमारा न्यूट्रल तार टूट सकता है अथवा किसी वजह से खराब हो सकता है और जिससे भू-सम्पर्कन करना व्यर्थ हो जाता है, हम एक तीसरे तार का प्रयोग करते हैं जिसे भू-तार कहते हैं जिसे कि धातु घेराव व प्रणाली के भू-सम्पर्कन के मध्य प्रयोग करते हैं। नीचे चित्र 10.4 में इस व्यवस्था को दिखाया गया है।



चित्र 10.4

चित्र में दिखाया गया भू-तार या तो नंगा ही होगा अथवा विद्युतरोधित भी हो सकता है। यदि विद्युतरोधित होगा तो उसके विद्युतरोधन का रंग हरा होगा। वैद्युत सॉकिटों में तीन पिन होते हैं जिसमें नीचे के पिन एक जीवित तार के लिए, एक उदासीन तार के लिए और ऊपर का बड़ा पिन भू-तार के लिए होता है।



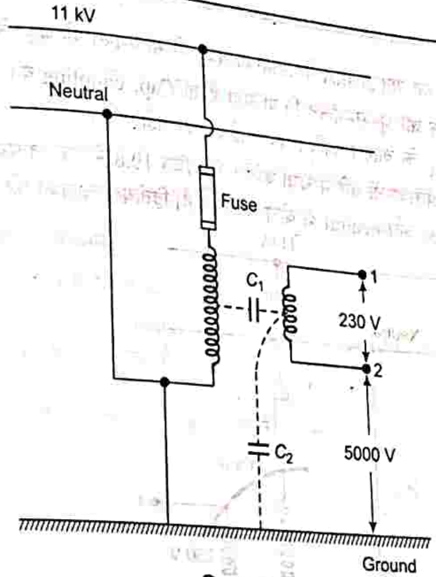
चित्र 10.5

10.4 प्रणाली ग्राउण्डिंग (System Grounding)

जब किसी वैद्युत प्रणाली के किसी भाग (जैसे स्टार में संयोजित T/F के कुण्डली के न्यूट्रल को earth करना) भू-सम्पर्कित करना प्रणाली ग्राउण्डिंग (System earthing) कहलाता है।

आज के इस आधुनिक पॉवर सिस्टम में system grounding का महत्त्वपूर्ण स्थान है। System Grounding को ठीक तरीके से अपनाकर पॉवर सिस्टम में लाभ प्राप्त कर सकते हैं। आगे दो उदाहरणों के द्वारा हम इसे समझेंगे कि System Grounding की महत्ता क्या है?

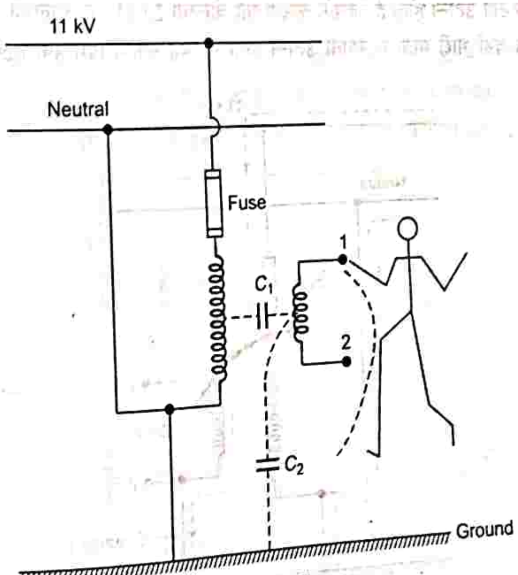
(i) चित्र 10.6 में एक वितरक T/F प्राथमिक कुण्डली को 11kV के लाइन और neutral के बीच संयोजित किया गया है। यदि इसके secondary को unground किया गया है और यदि कोई व्यक्ति इसके secondary को छूता है तो उसे कोई झटका नहीं लगेगा क्योंकि सप्लाई Return नहीं होगी।



चित्र 10.6

परन्तु यह सत्य नहीं है। चित्र 10.6 को देखने से T/F के प्राथमिक व द्वितीयक कुण्डली के मध्य Capacitance C_1 तथा Cap. C_2 द्वितीयक कुण्डली व ground के मध्य है। यह Cap. द्वितीयक कुण्डली व भू के मध्य उच्च वोल्टता उत्पन्न करता है। यह उच्च वोल्टता C_1 व C_2 पर निर्भर करता है। यह प्राथमिक वोल्टता का 20% से 40% तक उच्च हो सकता है।

यदि कोई व्यक्ति द्वितीयक कुण्डली को छूता है तो धारा I_C मनुष्य के शरीर से होकर प्रवाहित होती है जो कि एक छोटे T/F के केस में बहुत खतरनाक साबित हो सकता है।

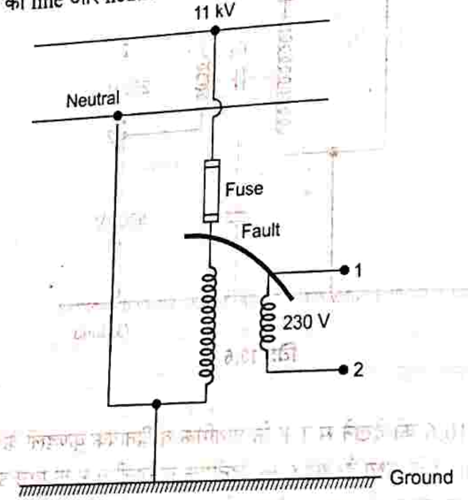


चित्र 10.7

उदाहरण के लिए यदि I_c का मान 20 mA है तो इसकी वजह से भी व्यक्ति को बहुत तेज झटका लग सकता है।

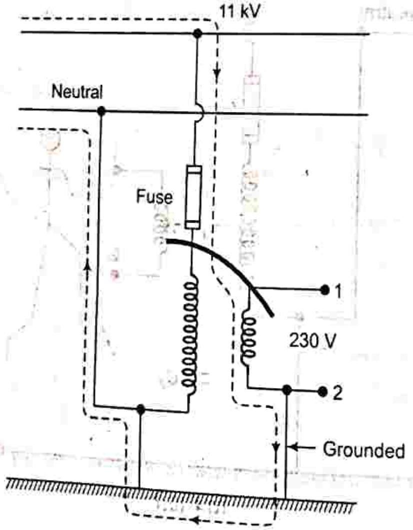
यदि एक द्वितीयक चालक को भू-सम्पर्कित किया गया है तो Cap. coupling को घटाकर 0(शून्य) तक किया जा सकता है जिसके कारण धारा I_c के कारण व्यक्ति को कोई झटका नहीं लगेगा।

(ii) अब हम एक गम्भीर अवस्था के बारे में चर्चा करेंगे। नीचे चित्र 10.8 में एक वितरक T/F के प्राथमिक कुण्डलन को दिखाया गया है जो 11kV की line और neutral के बीच संयोजित है। द्वितीयक चालकों को unground किया गया है।



चित्र 10.8

माना कि 11 kV की लाइन 230 volt के चालक से छू जाता है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। यह प्रदोष T/F के आन्तरिक कारणों अथवा लाइन के ऊपर किसी पेड़ आदि के गिर जाने के कारण होता है। इस अवस्था में द्वितीयक चालकों एवं भू के मध्य बहुत उच्च वोल्टता उत्पन्न होता है जिसके कारण यह वोल्टता 230 V के चालकों के विद्युतरोधन को एकदम नष्ट कर देता है जिसके कारण वहाँ भारी मात्रा में स्पार्क उत्पन्न होता है। यह स्पार्क द्वितीयक network के किसी भी स्थान पर उत्पन्न हो सकता है।



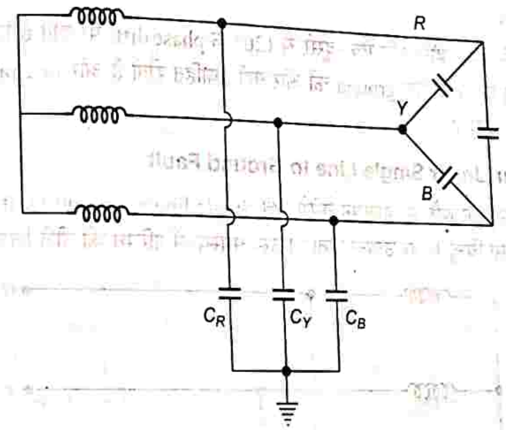
चित्र 10.9

एक और द्वितीयक लाइन को भू-सम्पर्कित कर नीचे चित्र 10.9 में दिखाया गया है। जब 11kV की लाइन 230 volt से short हो जाती है तो उस समय लघुपथित धारा जो कि प्रदोषी धारा के रूप में भी जानी जाती है, Dotted path के द्वारा प्रवाहित होती है जिसे नीचे चित्र में दिखाया गया है।

इस उच्च धारा के कारण 11kV की लाइन में लगा हुआ फ्यूज पिघल जाता है और वितरक T/F की द्वितीयक कुण्डली को 11kV की लाइन से अलग कर देता है। यह पॉवर सिस्टम की लाइन में System Grounding को दर्शाता है।

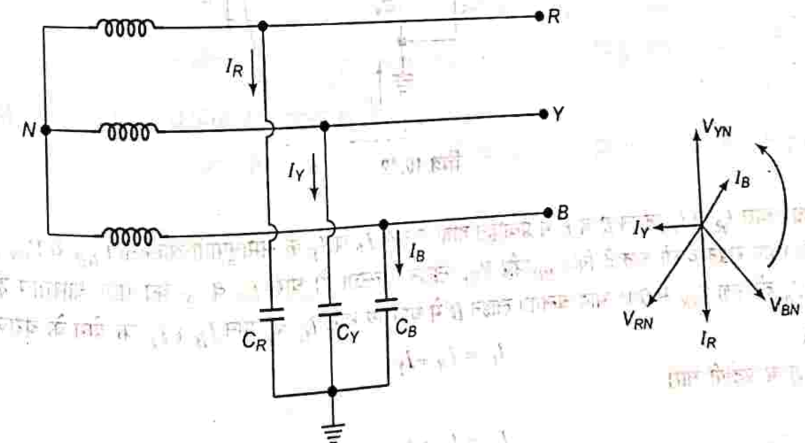
10.5 Ungrounded Neutral System

Ungrounded Neutral System में Neutral तार को भू-सम्पर्कित नहीं किया जाता है। इस प्रणाली में Neutral भू से अलग होता है अत: इस प्रणाली को Isolated Neutral System या Free Neutral System कहते हैं। नीचे चित्र 10.10 में Ungrounded Neutral प्रणाली को दिखाया गया है।



चित्र 10.10

प्रत्येक लाइन चालक और भू के मध्य Capacitance है। यह पहले delta में संयोजित होता है और बाद में स्टार में संयोजित हो जाता है। जब यह delta संयोजित रहता है तो उस समय धारिता का प्रभाव बहुत कम होता है जिसे नगण्य माना जा सकता है। इस प्रकार ऊपर दिये गये परिपथ को घटाया जा सकता है जो कि नीचे चित्र 10.11 में दिखाया गया है।



चित्र 10.11

सामान्य अवस्था में परिपथ का व्यवहार

सामान्य अवस्था में प्रत्येक लाइन चालक की धारिता समान होती है, अर्थात् हम कह सकते है कि $C_R = C_Y = C_B = C$। इस प्रकार फेज वोल्टता V_{RN}, V_{YN} और V_{BN} के समान परिमाण होंगे तथा धारितीय धारा I_R, I_Y और I_B भी समान होंगी। अत:

$$I_R = I_Y = I_B = \frac{V_{ph}}{X_c}$$

where $V_{ph} \rightarrow$ Phase Voltage

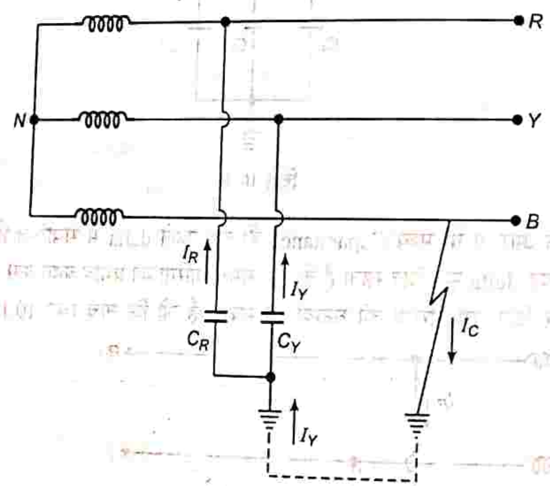
$X_c \rightarrow$ Cap. reactance of the line to ground

यहाँ पर धारितीय धारा I_R, I_Y, I_B फेज वोल्टता V_{RN}, V_{YN} और V_{BN} से 90° अग्रगामी होगी जैसा कि ऊपर फेजर डायग्राम में दिखाया गया है।

तीनों धारायें परिमाण में समान होंगी और एक-दूसरे से 120° के phase diff. पर होते हैं जिसके कारण फेजर योग शून्य होता है। परिणाम यह होता है कि कोई धारा ground की ओर नहीं प्रवाहित होती है और neutral पर वही potential होता है जो ground पर potential होता है।

10.6 Circuit Behaviour Under Single Line to Ground Fault

यहाँ पर हम उस अवस्था के बारे में अध्ययन करेंगे जब Single line to ground fault होता है। माना कि लाइन से ग्राउण्ड प्रदोष लाइन B के किसी बिन्दु F पर उत्पन्न होता है। उस अवस्था में परिपथ को नीचे चित्र में दिखाया गया है।



चित्र 10.12

धारितीय धारा I_R व I_Y लाइन R व Y में प्रवाहित होती है तथा I_R व I_Y के समानुपाती वोल्टता V_{BR} व V_{BY} भी प्रवाहित होती है। यह ध्यान रखने वाली बात है कि V_{BR} और V_{BY} लाइन वोल्टता हैं। धारा I_R व I_Y का मार्ग धारितीय होगा जिसके कारण धारा I_R वोल्टता V_{BR} से 90° आगे चलेगा। लाइन B में धारितय धारा I_C का मान $I_B + I_Y$ के योग के बराबर होता है।

अर्थात्

$$I_C = I_B + I_Y$$

लाइन B में प्रदोषी धारा

$$I_C = I_B + I_Y \quad \text{(फेजर योग)}$$

अब

$$I_R = \frac{V_{BR}}{X_C} = \frac{\sqrt{3}\,V_{ph}}{X_c}$$

$$I_Y = \frac{V_{BY}}{X_C} = \frac{\sqrt{3}\,V_{ph}}{X_C}$$

∴

$$I_B = I_Y = \frac{\sqrt{3}\,V_{ph}}{X_c}$$

लाइन B में प्रदोषी धारा

I_C = Phasor sum is walking

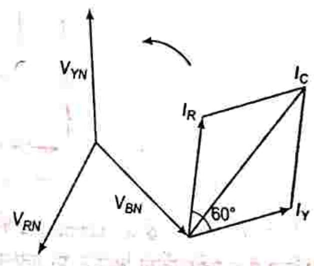
$$= \sqrt{3}\,I_R$$

$$= \sqrt{3} \times \frac{\sqrt{3}\,V_{ph}}{X_c}$$

$$= \frac{3\,V_{ph}}{X_c}$$

$$I_e = \frac{3\,V_{ph}}{X_c} = 3 \times \frac{V_{ph}}{X_c}$$

$= 3 \times$ Per phase cap. current under normal condition



चित्र 10.13

अत: जब ungrounded neutral system में कोई प्रदोष उत्पन्न हो जाता है तो प्रणाली में निम्न प्रभाव उत्पन्न होते हैं।

(i) प्रदोषी फेज के ऊपर potential, ground potential के समान होता है। फिर भी दोनों स्वस्थ फेजों में वोल्टता का मान अपने सम्पूर्ण मान तक बढ़ता है जिसके कारण परिणाम यह होता है कि विद्युतरोधन का भंजन हो जाता है।

(ii) धारितीय धारा का मान दोनों स्वस्थ चालकों में सामान्य धारा के मान का $\sqrt{3}$ गुना बढ़ जाता है।

(iii) धारितीय प्रदोषी धारा सामान्य धारितीय धारा का 3 गुना हो जाती है।

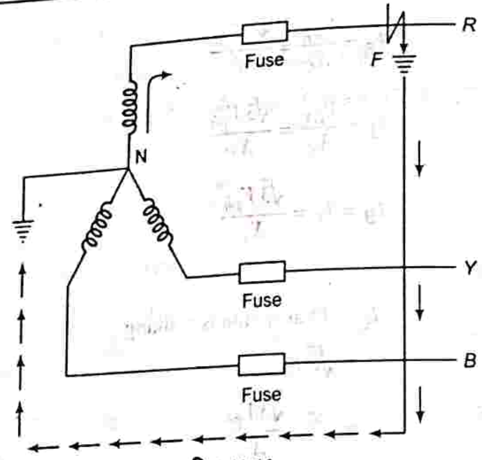
(iv) यह प्रणाली भू-प्रदोष से रक्षा नहीं कर सकती क्योंकि प्रदोषी अवस्था में उत्पन्न होने वाला धारितीय धारा का मान इतना कम होता है कि वह Relay को Operate नहीं कर पाती है।

इन सभी हानियों के कारण आज के समय में ungrounded neutral प्रणाली का उपयोग नहीं किया जा रहा है। आज के इस आधुनिक युग में $3-\phi$ उच्च वोल्टता के लिए grounded neutral प्रणाली का प्रयोग अत्यधिक हो रहा है।

10.7 उदासीन भू-सम्पर्कन (Neutral Grounding)

$3-\phi$ प्रणाली के न्यूट्रल तार को भूमि से सीधे अथवा कुछ परिपथों के द्वारा जोड़ा जाये, तो यह neutral grounding कहलाता हैं।

Neutral grounding के द्वारा हमें स्वयं व उपकरण दोनों की सुरक्षा प्रदान होती है। ऐसा इसलिए है क्योंकि जब कोई भू-प्रदोष उत्पन्न होता है तो धारा का मार्ग neutral और भू के रास्ते पूर्ण होता है और हमारी और हमारे उपकरण की सुरक्षा प्रदान करता है।



चित्र 10.14

चित्र में एक 3-ϕ star connected परिपथ को दिखाया गया है जिसके Neutral को Earthed किया गया है। माना कि R फेज में भू प्रदोष किसी बिन्दु F पर उत्पन्न हो जाता है जिसके कारण धारा दिखाये गये तीर के मार्ग के अनुसार होगी। धारा R-फेज से भू की ओर प्रवाहित होगी जिसके कारण वह धारा Neutral Point पर आयेगी जिसके कारण धारा के मार्ग की प्रतिबाधा कम हो जायेगी और इस मार्ग से अधिक मात्रा में धारा प्रवाहित होगी। R फेज में धारा का मान अधिक होने पर फेज R में लगा फ्यूज पिघल जायेगा और परिपथ से इसे अलग कर देगा। इस तरह से यह प्रणाली की सुरक्षा होगी। एक महत्त्वपूर्ण लाभ Neutral Grounded का यह है कि जीवित तार और भू के मध्य का Potential diff. का मान प्रणाली के फेज वोल्टता से अधिक नहीं होगा। यह लगभग स्थिर रहता है।

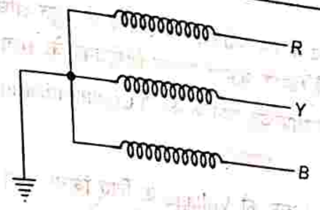
Neutral Grounding के लाभ

1. यह स्वयं (मनुष्यों) व प्रणाली दोनों को बेहतर सुरक्षा प्रदान करता है।
2. Arcing Grounds के कारण उत्पन्न होने वाले उच्च वोल्टता को हटाया जा सकता है।
3. अनुरक्षण एवं मरम्मत कम है।
4. यह विश्वसनीय सेवा प्रदान कराता है।
5. बिजली के कारण उत्पन्न होने वाली उच्च वोल्टता को भू में discharge किया जा सकता है।

Neutral grounding के तरीके (Methods of Neutral Grounding)

1. ठोस या प्रभावी ग्राउण्डिंग
2. प्रतिरोध ग्राउण्डिंग
3. प्रतिघात ग्राउण्डिंग
4. पीटरसन-कुण्डली ग्राउण्डिंग

1. ठोस या प्रभावी ग्राउण्डिंग (Solid or Effect Grounding)—जब 3-प्रणाली के न्यूट्रल बिन्दु को सीधे भू से एक तार की सहायता से जोड़ दिया जाता है जिसका प्रतिरोध व प्रतिघात नगण्य होता है, ठोस अथवा प्रभावी ग्राउण्डिंग कहलाता है। नीचे चित्र में ठोस ग्राउण्डिंग का परिपथ डायग्राम दिखाया गया है।

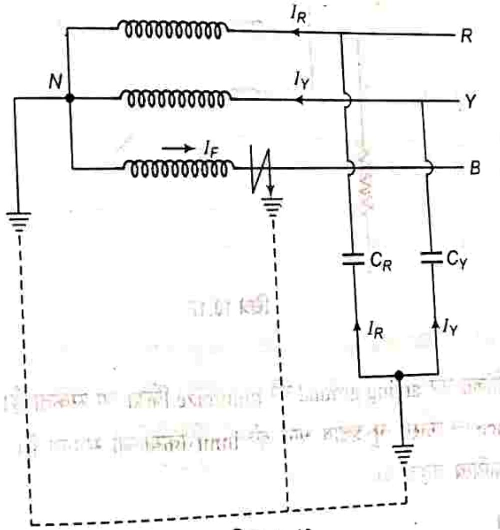


चित्र 10.15

लाभ (Advantages)

ठोस ग्राउण्डिंग के मुख्य लाभ निम्न हैं—

1. न्यूट्रल प्रभावी रूप से earth potential के द्वारा पकड़े जाते हैं।
2. जब किसी भी फेज में भू प्रदोष उत्पन्न होता है तो परिणामी धारितीय धारा I_C प्रदोषी धारा I_F का phase opposition करता है जिसके कारण दोनों धाराएँ I_f व I_C एक-दूसरे को निरस्त कर देती हैं। परिणामस्वरूप कोई अतिवोल्टता अथवा आर्किंग की समस्या उत्पन्न नहीं होती है। नीचे चित्र में एक परिपथ को दिखाया गया है। जिसमें फेज में भू-प्रदोष दिखाया गया है। धारितीय धारा I_R व I_Y स्वस्थ फेज R व Y में प्रवाहित होती है। Power Source के द्वारा प्रदोषी धारा प्रवाहित होता है। यह प्रदोषी धारा बिन्दु F से भू की तरफ प्रवाहित होती है।



चित्र 10.16

3. यह प्रणाली को भू प्रदोष से आसानी से रक्षित करता है। जब किसी फेज में भू प्रदोष उत्पन्न होता है तो बहुत अधिक मात्रा में प्रदोषी धारा I_F प्रवाहित होती है जो कि प्रदोषी बिन्दु I_F व भू प्रदोष के मध्य प्रवाहित होती है।

हानियाँ (Disadvantages)

1. शिरोपरि संचरण लाइन में सबसे अधिक प्रदोष भू-प्रदोष होता है जिसके कारण प्रणाली को झटके सहने पड़ते हैं। इन कारणों से प्रणाली अस्थिर हो जाती है।

2. ठोस ग्राउण्डिंग प्रणाली में जब भारी भू प्रदोष उत्पन्न होता है तो बहुत अधिक मात्रा में प्रदोषी धारा प्रवाहित होती है जो कि सीधे Ckt Breaker से गुजरती है जिसके कारण परिपथ वियोजकों के सम्पर्कों के जलने का भय रहता है।

3. भू प्रदोष धारा के मान का अत्यधिक बढ़ जाने के कारण Communication लाइन में व्यवधान उत्पन्न होती है।

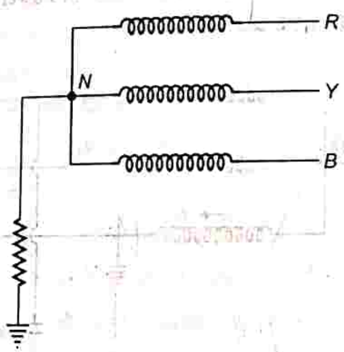
अनुप्रयोग (Application)

Solid ground का प्रयोग 33 kV तक की Voltage के लिए किया जाता है जिसकी शक्ति क्षमता 5000 kVA से अधिक ना हो।

10.8 प्रतिरोध ग्राउण्डिंग (Resistance Grounding)

भू-प्रदोष धारा के परिमाण को कम करने के लिए न्यूट्रल तार को भू से संयोजित करने से पहले एक प्रतिरोध को श्रेणी में जोड़ दिया जाता है जिससे भू-प्रदोष धारा को सीमित रखा जाता है। इसे प्रतिरोध ग्राउण्डिंग कहते हैं।

नीचे चित्र में प्रतिरोध भू-संयोजन को दिखाया गया है जिसमें न्यूट्रल बिन्दु को एक प्रतिरोधक के साथ जोड़कर भू से संयोजित किया गया है। यदि प्रतिरोध R का मान कम है तो भू-प्रदोष धारा का मान अधिक होगा और यह प्रणाली solid grounding की तरह ही कार्य करती है। दूसरी तरफ यदि Earthing Resistance का मान अधिक है तो भू प्रदोष धारा का मान कम हो जाता है। प्रतिरोध R के मान को इस प्रकार चयन किया जाता कि भू प्रदोष धारा को सीमित किया जा सके परन्तु मान इतना अवश्य होना चाहिए कि प्रदोषी अवस्था में रक्षण प्रणाली चालू हो जाये।



चित्र 10.17

लाभ (Advantages)

1. R के मान को समायोजित कर arcing ground को minimize किया जा सकता है।
2. Earthing Resistance के कारण भू-प्रदोष धारा को limit किया जा सकता है।
3. इससे प्रणाली का स्थायित्व बढ़ता है।

हानियाँ (Disadvantages)

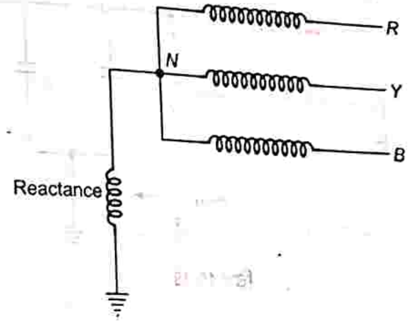
1. यह प्रणाली solid grounding की अपेक्षा महँगा पड़ता है।
2. भू-प्रदोष के दौरान earthing resistance में बहुत अधिक मात्रा में ऊर्जा उत्पन्न होती है। कई बार इस ऊर्जा को वातावरण में उत्सर्जित करना कठिन हो जाता है।

अनुप्रयोग (Applications)

यह प्रणाली 2·2 kV और 33 kV पर प्रचालित होती है जिसमें शक्ति क्षमता 5000 kVA से अधिक हो।

Reactance Grounding

इस प्रणाली में न्यूट्रल और भू के मध्य Reactance को श्रेणी क्रम में संयोजित कर दिया जाता है। Reactance को लगाने का उद्देश्य प्रदोषी धारा को कम करना है। नीचे चित्र में Reactance Grounding के परिपथ को दिखाया गया है।



चित्र 10.18

Earthing Reactance को बदलकर भू प्रदोष धारा के मान को परिवर्तित किया जा सकता है। इस प्रणाली को आज के समय में प्रयोग नहीं किया जाता है क्योंकि इसकी निम्न हानियाँ हैं—

1. इस प्रणाली में रक्षण प्रणाली को प्रचालित करने के लिए अधिक धारा की आवश्यकता पड़ती है।
2. प्रदोषी अवस्था में उच्च ट्रांजिएन्ट वोल्टता उत्पन्न होती है।

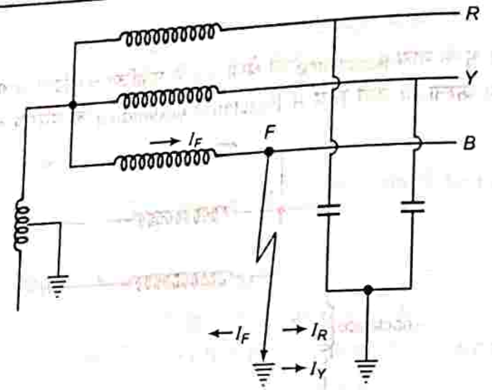
10.9 Peterson Coil Grounding or Arc Suppression Coil Grounding

चूँकि हम जानते हैं कि धारितीय धारा के कारण ही Arcing Grounding उत्पन्न होता है। यह धारितीय धारा प्रवाहित होती है क्योंकि प्रत्येक लाइन और भू के मध्य एक संधारित्र काम करता है। यदि संधारित्र के समान्तर क्रम में एक प्रेरकत्व को लगा दिया जाये और L व C को इस प्रकार से समायोजित किया जाये कि $I_L = I_C$, तो प्रदोषी धारा का मान शून्य हो जाता है। इस अवस्था को Resonant Grounding के नाम से या Peterson Coil Grounding के नाम से जानते हैं।

Circuit Details

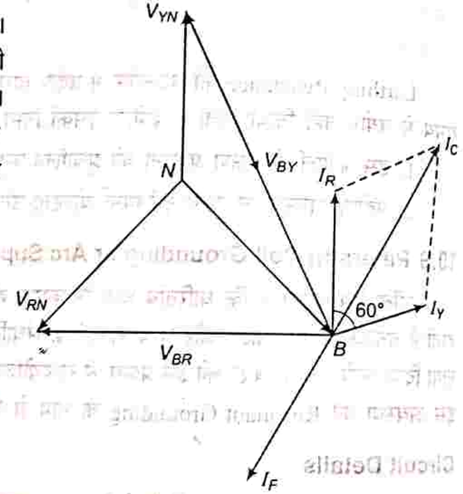
Arc Suppession कुण्डली जिसे पिटरसन कुण्डली के नाम से भी जाना जाता है, एक लौह क्रोड कुण्डली होती है जो कि न्यूट्रल और अर्थ में मध्य श्रेणीक्रम में संयोजित होती है। नीचे चित्र में Resonant grounding की परिपथ व्यवस्था को दिखाया गया है जिसमें Tapping की सहायता से प्रेरकत्व के मान को बदला जा सकता है। Tapping को बदलकर प्रणाली में $I_C = I_L$ कर Resonant Grounding प्राप्त किया जा सकता है।

प्रचालन (Operation)—आगे चित्र 10.19 में 3−ϕ प्रणाली को दिखाया गया है जिसमें (Peterson grounding) की व्यवस्था को दर्शाया गया है। माना फेज B में बिन्दु F पर लाइन भू-प्रदोष उत्पन्न होता है। प्रदोषी धारा I_F व धारितीय धारा I_R व I_Y के प्रवाहित होने की दिशा को चित्र में दर्शाया गया है। प्रदोषी धारा I_F भू से Peterson Coil में प्रवाहित होती है और पुनः प्रदोषी बिन्दु पर आती है। सम्पूर्ण धारितीय धारा I_C फेज धारा I_R व I_Y के योग के बराबर होती है जिसे कि फेजर डायग्राम में दिखाया गया है।



चित्र 10.19

प्रदोषी फेज की वोल्टता पीटरसन कुण्डलन के एक्रॉस होती है। अतः प्रदोषी धारा I_F, प्रदोषी फेज की वोल्टता से 90° पश्चगामी होती है। प्रदोषी धारा I_F, धारितीय धारा I_C का विरोध करती है। प्रेरकत्व के मान को इस प्रकार समायोजित किया जाता है कि $I_L = I_C$ और इस अवस्था की प्राप्ति के उपरान्त प्रदोषी धारा का मान शून्य हो जाता है।



चित्र 10.20

Resonant Grounding के लिए L का मान

Resonant grounding में प्रणाली Ungrounded Neutral प्रणाली की तरह व्यवहार करता है। अतः Line वोल्टता C_R व C_Y के एक्रॉस होती है।

$$I_R = I_Y = \frac{\sqrt{3}V_{ph}}{X_c}$$

$$I_C = \sqrt{3}I_R = \sqrt{3}\times\frac{\sqrt{3}V_{ph}}{X_c} = \frac{3V_{ph}}{X_c}$$

where X_C = line to ground capacitive reactance

$$\text{प्रदोषी धारा } I_F = \frac{V_{ph}}{X_L}$$

where X_L = Inductive reactance of the arc suppression coil

∴ Resonant grounding के लिए

$$I_L = I_C$$

$$\frac{V_{ph}}{X_L} = \frac{3V_{ph}}{X_C}$$

$$X_L = \frac{X_C}{3}$$

$$\omega L = \frac{1}{3\omega C}$$

या

$$L = \frac{1}{3\omega^2 C}$$

लाभ (Advantages)

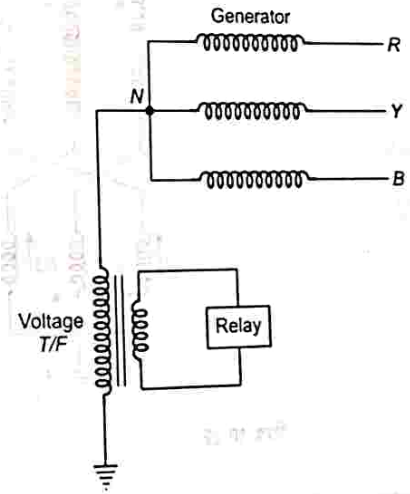
1. Peterson coil के द्वारा भू-प्रदोष से प्रणाली को होने वाली हानियों को पूर्णतः बचाया जा सकता है।
2. Peterson coil में ungrounded neutral के सभी गुण हैं।

हानियाँ (Disadvantages)

1. प्रचालन कन्डीशन के बार-बार बदलने के कारण L का मान बदलता रहता है जिसके कारण उसे बार-बार बदलना पड़ता है।
2. The line should be transposed.

वोल्टता परिणामित्र भू संयोजन (Voltage T/F Earthing)

Neutral earthing की इस विधि में 1−ϕ voltage T/F की प्राथमिक कुण्डली को न्यूट्रल और भू के मध्य संयोजित किया जाता है जिसे चित्र में दिखाया गया है। एक कम मान का प्रतिरोध रिले के साथ Voltage T/F की द्वितीयक कुण्डली के एक्रॉस संयोजित किया गया है। वोल्टता ट्रांसफार्मर न्यूट्रल अर्थिंग में उच्च प्रतिघात प्रदान कराता है और ungrounded neutral प्रणाली की तरह प्रचलित होता है। किसी फेज में उत्पन्न हुआ भू प्रदोष रिले के एक्रॉस वोल्टता उत्पन्न करता है जिसके कारण इस अवस्था में रक्षण प्रणाली प्रचालित हो जाती है।



चित्र 10.21

लाभ (Advantages)

1. उच्च ट्रांजिएन्ट वोल्टता को कम किया जा सकता है।
2. Arcing grounds को हटाया जा सकता है।
3. इस अर्थिंग प्रणाली में ungrounded neutral प्रणाली के सभी गुण उपस्थित होते हैं।

हानियाँ (Disadvantages)

1. जब किसी फेज में भू-प्रदोष उत्पन्न होता है तो लाइन वोल्टता Earth Capacitance के Across होता है जिसके कारण विद्युतरोधन नष्ट हो सकता है।

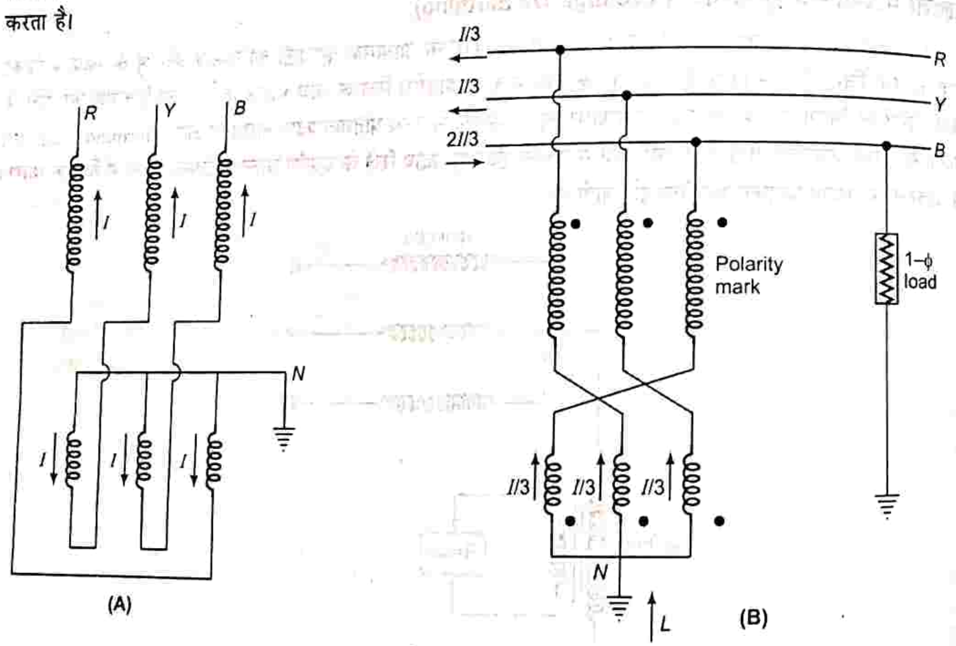
2. चूँकि अर्थिंग न्यूट्रल Travelling Wave के लिए एक परावर्तक की तरह कार्य करता है जिसके कारण उच्च वोल्टता उत्पन्न होने का खतरा रहता है।

Applications

यह प्रणाली मूलतः generator में प्रयोग किया जाता है जो सीधे पॉवर step up T/F से जुड़े होते हैं।

Grounding Transformer

हमें कभी-कभी 3 – φ, 3-तार प्रणाली में न्यूट्रल बिन्दु की आवश्यकता पड़ जाती है, 3 – φ, 4-तार प्रणाली में बदलने के लिए। यह grounding T/F के द्वारा किया जा सकता है। नीचे चित्र 10.22 (A) में सामान्य अवस्था में प्रचालित T/F को दिखाया गया है जिसके प्रत्येक limb में फ्लक्स का मान बहुत कम है जिसके कारण T/F बहुत कम चुम्बकीय धारा उत्पन्न करता है।



चित्र 10.22

चित्र (B) में Grounded T/F के उपयोग को दिखाया गया है Neutral Point बनाकर। यदि हम किसी 1 – φ लोड को एक फेज और न्यूट्रल के मध्य संयोजित करते हैं तो लोड धारा I तीन बराबर भागों में बँट जाती है जो कि तीनों कुण्डलनों में बँटती है, क्योंकि धारा एकसमान है, न्यूट्रल बिन्दु स्थिर रहता है और यह 3 – φ, 4 wire system में परिवर्तित हो जाता है।

अभ्यास

1. उदासीन भू-सम्पर्कन से क्या लाभ हैं? आर्क सप्रेशन कॉइल भू-संयोजन प्रणाली का वर्णन कीजिए तथा इस प्रणाली के उपयोग भी लिखिये। **(B.T.E. 2007)**
2. न्यूट्रल भू-संयोजनों के विभिन्न प्रकारों का उनके गुण-दोषों के साथ उल्लेख कीजिए। **(B.T.E. 2008)**
3. न्यूट्रल भू-संयोजन से क्या तात्पर्य है? इस प्रकार के भू-संयोजन की विभिन्न विधियों के नाम व उनके अनुप्रयोग लिखिये। **(B.T.E. 2009)**
4. विद्युत उपकेन्द्रों के विभिन्न प्रकारों की सूची दीजिए। किसी भीतर स्थित उपकेन्द्र का विन्यास खींचिये तथा इसमें प्रयुक्त विभिन्न उपकरणों के नाम लिखिये। **(B.T.E. 2009)**
5. सभी प्रकार के भू-संयोजन जो आपको ज्ञात हैं उनके चित्र बनाइये और प्रत्येक के उपयोग लिखिये। **(B.T.E. 2010)**
6. विद्युत उपकेन्द्रों को क्यों और कैसे भू-सम्पर्कित किया जाता है? समझाइये। **(B.T.E. 2011)**
7. उदासीन भू-सम्पर्कन के प्रकारों के नाम दीजिय। त्रिकला प्रदायों में भू-सम्पर्कित न्यूट्रल के लाभ क्या हैं? **(B.T.E. 2013)**
8. लार्डन स्ट्रक्चर व उप-केन्द्रों के उपकरणों के भू-सम्पर्कन की आवश्यकताओं की व्याख्या कीजिए। **(B.T.E. 2016)**
9. आर्क-संप्रेशण काईल भूसम्पर्कन प्रणाली को समझाइये। **(B.T.E. 2016)**

❑

11 प्रतिघातक (Reactors)

11.1 प्रतिघातक (Reactors)

आजकल बढ़ते हुए पावर सिस्टम में फॉल्ट होने की सम्भावना भी अधिक रहती है तथा सिस्टम में लगे सर्किट ब्रेकर को इस बढ़ी हुई धारा को कंट्रोल करना होता है। यह देखा गया है कि सिस्टम में प्रतिघात (reactance) का मान कम होने के कारण प्रदोष धारा का मान बहुत अधिक हो जाता है तथा सर्किट ब्रेकर को भी इस बढ़ी हुई प्रदोष धारा को कंट्रोल करने के लिये अधिक रेटिंग के सर्किट ब्रेकर की आवश्यकता पड़ती है तथा सिस्टम के खराब होने का खतरा बना रहता है।

लघुपथ धारा को कंट्रोल करने के लिये ताकि सर्किट ब्रेकर इस बढ़ी हुई धारा को सहन कर सके हमें अलग से प्रतिघात (reactance) की आवश्यकता पड़ती है जिसे प्रतिघातक (reactors) कहते हैं। अत: प्रतिघातक एक कुछ वर्तनों (turns) की एक कॉइल होती है जिसकी उच्च प्रेरकीय प्रतिघात (high inductive reactance) होती है तथा ओमिक प्रतिरोध (ohmic resistance) कम होता है। लघुपथ प्रदोष की अवस्था में कॉइल पर अधिक बल (force) लगने के कारण कॉइल को भरे हुए या मोटे तार से बनाया जाता है। कम प्रतिरोध होने के कारण सिस्टम की दक्षता (efficiency) अधिक प्रभावी नहीं होती है।

लाभ (Advantages)

1. प्रतिघातक (reactor) लघुपथ धारा को कंट्रोल करता है अत: यन्त्र को अतितापन (overheating) से बचाता है तथा यान्त्रिक बल के कारण होने वाले नुकसान से बचाता है।

2. लघुपथ धारा के कारण होने वाली परेशानियों को सीमित करता है जिसके कारण लघुपथ धारा का प्रभाव पावर सिस्टम के दूसरे भागों पर नहीं होता तथा सप्लाई लगातार बनी रहती है।

3. प्रतिघातक के कारण कम रेटिंग के सर्किट ब्रेकर के संस्थापन से काम लिया जा सकता है।

A reactor is a coil of number of turns designed to have a large inductance as compared to its ohmic resistance.

संरचना के आधार पर प्रतिघातक के निम्नवत दो प्रारूप (Type) होते हैं—

(अ) अनावरणित प्ररूपी (Open or unshielded type)

(आ) आवरणित या तेल निमज्जित प्ररूपी (Shielded or oil immersed type)

(अ) अनावरणित प्ररूपी प्रतिघातक (Unshielded type reactor)—अनावरणित प्ररूपी प्रतिघात की कुण्डलन (Winding) एनामल वैद्युत रोधित ताम्र के भाँजित तारों से निर्मित होती है जो, कंक्रीट से निर्मित विशेष आकृति की पट्टिकाओं (Slabs) में दबाई (Embeded) जाती है। उक्त संरचना लघु परिपथ धारा के प्रवाह से उत्पन्न यान्त्रिक बलों को सहने के प्रति सुदृढ़ होती है। कुण्डलन का प्रत्येक वर्तन (Turn) क्षैतिज तल से कुछ झुका हुआ रखते हैं। क्योंकि लघुपरिपथन धाराओं के कुण्डलन में प्रवाह से उत्पन्न यान्त्रिक बल कुण्डलन को अक्षीय दिशा (Axially) में दबाव डालकर त्रिज्यायी दिशा (Radially) में फैलाते हैं। भू (Earth) एवं कुण्डलन के मध्य आवश्यक विद्युत रोधन (Insulation) कंक्रीट से निर्मित आधार (Base) तथा पोर्सिलेन से निर्मित थम्ब वैद्युत रोधक (Post insulators) के द्वारा प्रदान किया जाता है। इस प्रतिघातक को शुष्क रूपी अथवा कंक्रीट का ढलवां प्रतिघातक (Dry type or cast concrete type reactor) भी कहते हैं।

अनावरणित प्रतिघातक की अनुपयोगिताएँ (Disadvantages) निम्नवत् हैं—

(i) बाह्य सेवाओं हेतु अनुपयोगी हैं, क्योंकि ये धातु वृत्त (Metal clad) स्विच यन्त्रावली के सिद्धान्तनुरूप कार्य सम्पन्न नहीं करते हैं।

(ii) स्थापन हेतु स्थल की आवश्यकता होती, क्योंकि लघुपरिपथ धाराओं के प्रवाह से प्रेरित चुम्बकीय क्षेत्र असीमित होता है।

(iii) बृहत आकार के कुण्डलन का शीतलन, साधारण पंखों (Fans) द्वारा कठिन है।

(iv) इनका उपयोग मात्र 33 कि०वो० तन्त्रों हेतु ही सीमित है।

(आ) आवरणित प्ररूपी प्रतिघातक (Shielded Type Reactors)—आवरणित प्ररूपी प्रतिघात की कुण्डलन (Windings) को परिणमित्र के मानक टैंक (Standard tank) में प्रतिष्ठापित (Installed) कर परिणामित्र तेल में निमज्जित किया होता है जिसका शीतलन प्राकृतिक या वैद्युत पंखा विधि द्वारा किया जा सकता है। लघुपरिपथ धारा प्रवाह से कुण्डलन द्वारा प्रेरित चुम्बकीय फ्लक्स को तेल टैंक में पहुँचने से पूर्व ही चुम्बकीय आवरण (Magnetic Shield) द्वारा परावर्तित कर दिया जाता है। तेल टैंक तथा प्रतिघातक के कुण्डलन के मध्य भू-विभव पर लघुपरिपथित मुद्रिकाएं (Short circuited Rings) अचुम्बकीय सिरा प्लेटों (Non-magnetic End Plates) पर व्यवस्थित होती हैं, जिनमें लघुपरिपथ धारा की उपस्थिति में वि०वा० बल प्रेरित होने से धारा प्रवाह के कारण चुम्बकीय फ्लक्स प्रेरित हो। प्रतिघातक कुण्डलन में प्रेरित चुम्बकीय फ्लक्स को परावर्तित कर अन्दर की ओर लौटा देता है। अधिक क्षमता के प्रतिघातकों में यह आवरण मुद्रिकाओं के स्थान पर शीतलन नलिकाओं के रूप में होता है।

आवरणित प्ररूपी प्रतिघातक की उपयोगिताएँ (Advantages) निम्नवत है—

(i) किसी भी वोल्टता हेतु अभिकल्प किया जा सकता है।

(ii) उत्स्फुरण (Spark over) के प्रति सुरक्षा गुणांक उच्च होता है।

(iii) लघुपरिपथन की अवधि में उत्पन्न चुम्बकीय फ्लक्स समीप के किसी अन्य प्रतिघातक अथवा धात्विक संरचनाओं का ऊष्मन (Heating) नहीं कर सकता है।

(iv) ऊष्मीय क्षमता उच्च होती है।

बस बार प्रतिघातकों के उपयोग (Uses of Bus bar Reactors)—बस बार प्रतिघातकों के उपयोग निम्नवत हैं—

(i) परिपथ के लघुपरिपथ कि०वो०ऐम्पि० (K.V.A.) या परिपथ की लघुपरिपथ धारा को सीमित करने हेतु प्रतिघातक का उपयोग किया जाता है, ताकि वैद्युत उत्पादन केन्द्र की क्षमता बढ़ाने पर भी पूर्व से प्रतिष्ठापित (Installed) कम क्षमता वाली रक्षी यन्त्रावली (Protective Gear) का उपयोग किया जा सके तथा अधिक क्षमता वाली नयी रक्षी यन्त्रावली प्रतिष्ठापित न करनी पड़े।

(ii) वैद्युत तन्त्र में दोष (Fault) की स्थिति में अन्य दोष मुक्त प्रदायकों (Feeders) अथवा उपस्करों की धारा जो उसमें से दोष बिन्दु में प्रवाहित हो सकती है, को सीमित कर दोष को स्थानीकृत (localize) करने हेतु तन्त्र में प्रतिघातक (Reactor) का उपयोग किया जाता है।

(iii) रक्षी उपकरणों को अतिभार धारा के प्रभाव से सुरक्षित करने हेतु तन्त्र की लघुपरिपथ धारा को सीमित करने हेतु प्रतिघातक उपयोग किये जाते हैं

2. समस्वरण प्रतिघातक (Tunning Reactor)—एक पोर्सिलेन के खोखले बेलन में व्यवस्थित परिवर्ती प्रेरणिक कुण्डली (Variable Induction coil) के समान्तर में एक संधारित्र (Capacitpr) प्रयुक्त होता है। उक्त समान्तर संयुक्ति की श्रेणी में एक अन्य संधारित्र तथा वर्नियर परिवर्ती प्रेरणिक कुण्डली (Vernier Variable Inductive coil) संयोजित की जाती है। समस्वरण प्रतिघातक (Tuning Reactor) में समान्तर संयुक्ति की प्रतिबाधा, उच्च आवृतियों की धारा हेतु निम्नतम तथा लाइन आवृत्ति पर अधिकतम होती है। अर्थात् उच्च-आवृत्ति पर समान्तर परिपथ अनुनाद (Resonance) की अवस्था में होता है। समस्वरण प्रतिघातक को वाँछित आवृत्ति पर लाइन में संयेजित प्रतिघातक को समस्वरित (Tuned) करने हेतु उसके पार्श्व लाइन आवृत्ति पर अधिकतम होती है। समस्वरण प्रतिघातक को वाँछित आवृत्ति पर लाइन में परिपथ संधारित्र की हिल्लोल तरंगों (Surge wave) से सुरक्षा हेतु (Parallel) में संयोजित किया जाता है। श्रेणी समान्तर में परिपथ संधारित्र की हिल्लोल तरंगों से सुरक्षा हेतु संधारित्र के पार्श्व में एक वायु अन्तराल प्रारूपी तड़ित निरोधक (Lightning Arrester) प्रयुक्त किया जाता है।

3. आर्क दमन प्रतिघातक (Arc Suppression Reactor)—आर्क दमन प्रतिघातक एक सरल रेखीय प्रतिघातक होता है। सरल रेखीय प्रतिघातक का चुम्बकीय क्रोड किसी भी अवस्था में संतृप्त (Saturate) नहीं होना चाहिए। वायु क्रोडित (Air Cored) प्रतिघातक एक पूर्णतया सरल रेखीय प्रतिघातक (Linear Reactor) होता है। यदि प्रतिघातक का क्रोड चुम्बकीय पदार्थ का बनाया जाता है, तो इस क्रोड का परिक्षेत्रफल बहुत अधिक रखा जाता है, ताकि क्रोड संतृप्त न हो सके। **आर्क दमन प्रतिघातक** का अभिकल्प ऐसा होता है। कि इसका प्रतिघात, दोष की स्थिति में भू में प्रवाहित लघुपरिपथ धारा के मान को व्यवहारिकतया शून्य कर दे, अर्थात् आर्क का दमन (Suppress the Arc) कर दे। इसका अर्थ है कि आर्कन भू (Arcing Ground) के क्षण प्रतिघातक में से प्रवाहित प्रतिघातीय धारा (Reactive current) का मान परिणाम (Magnitude) में उस धारितीय धारा (Capacitive current) के तुल्य होता है जो, लाइन के दो पुष्ट चालकों से चालकों एवं भूमि के मध्य प्रवाहित होगी। यह युक्ति पेटर्सन कुण्डली (Peterson Coil) के नाम से भी जानी जाती है।

उपयोग (USe)—आर्क दमन प्रतिघातक (Arc Suppression Reactor) का उपयोग परिणामित्र एवं प्रत्यावर्तकों की स्टार संयोजन कुण्डलनों के उदासीन बिन्दु (Neutral Point) के भू-सम्पर्कन हेतु श्रेणी में किया जाता है।

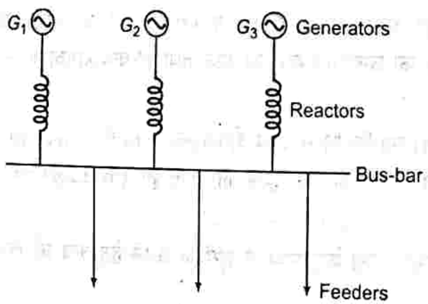
11.2 विद्युत शक्ति केन्द्रों में प्रतिघातक की प्रदर्शित स्थिति (Location of Reactors in Power station)

1. जनित्र प्रतिघातक (Generator Reactors)—वे प्रतिघातक जो जनित्र के श्रेणी में संयोजित किये जाते हैं, जनित्र प्रतिघातक कहलाते हैं।

2. पोषक प्रतिघातक (Feeder Reactors)—वे प्रतिघातक जो पोषक के श्रेणी में संयोजित किये जाते हैं, पोषक प्रतिघातक कहलाते हैं।

3. बस-बार प्रतिघातक (Bus-bar Reactors)—वह प्रतिघातक जो बस-बार में लगाये जाते है, बस-बार प्रतिघातक कहलाते हैं।

1. जनित्र प्रतिघातक (Generator Reactors)—जब प्रतिघातक को जनित्र के श्रेणी में संयोजित किया जाता है, जनित्र प्रतिघातक कहलाता है। इस अवस्था में प्रतिघातक को जनित्र के क्षरण प्रतिघात (leakage reactance) के रूप में माना जाता है तथा इसका प्रभाव जनित्र को सुरक्षा पहुँचाना होता है ताकि लघुपथ (short-circuit) की स्थिति में जनित्र को हानि ना हो।



चित्र 11.1

हानियाँ (Disadvantages)

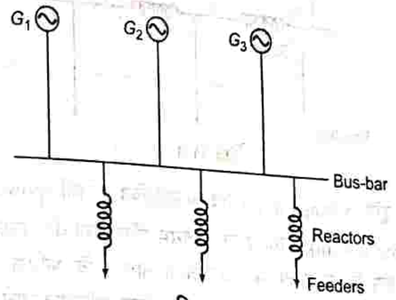
1. साधरण स्थिति में भी प्रतिघातक के कारण लगातार वोल्टेज ड्रॉप (voltage drop) तथा शक्ति हानियाँ (power loss) होती हैं।

2. अगर बस-बार या पोषक दोष बस-बार के निकट होता है तो बस-बार की वोल्टेज कम होने के कारण जनित्र बन्द हो सकता है।

3. अगर पोषक में दोष उत्पन्न होता है तो दूसरे पोषकों से विद्युत की आपूर्ति बाधित होगी।

उपरोक्त हानियों के कारण तथा जो नये जनित्र आ रहे हैं उनकी आन्तरिक प्रतिघात (internal reactance) अधिक होने के कारण जनित्र के श्रेणी में प्रतिघातक को संयोजित करने की कोई आवश्यकता नहीं है।

2. पोषक प्रतिघातक (Feeder Reactor)—वह प्रतिघातक जिसे पोषक के श्रेणी में संयोजित किया जाता है पोषक प्रतिघातक कहलाता है।



चित्र 11.2

लाभ (Advantages)

1. यदि किसी पोषक में दोष उत्पन्न होता है तो प्रतिघातक में वोल्टेज ड्रॉप होने के कारण भी बस-बार की वोल्टेज पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा।

2. यदि किसी पोषक में दोष उत्पन्न होता है तो उनका प्रभाव दूसरे पोषक पर नहीं पड़ेगा तथा फॉल्ट का प्रभाव सीमित हो जायेगा।

हानियाँ (Disadvantages)

1. साधारण स्थिति में भी प्रतिघातक के कारण लगातार वोल्टेज ड्रॉप (voltage drop) तथा शक्ति हानियाँ (power loss) होता हैं।

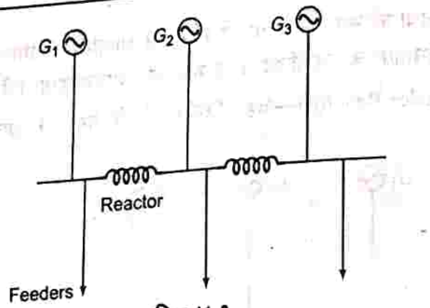
2. अगर दोष बस-बार के नजदीक होता है तो जनित्र के ऊपर इसका प्रभाव पड़ सकता है परन्तु नये जनित्र की आन्तरिक प्रतिघात (internal reactance) अधिक होने के कारण लघुपथ धारा को सह सकता है।

3. अगर जनित्रों की संख्या बढ़ाई जाती है जो पोषक प्रतिघात का मान बढ़ाना पड़ेगा ताकि लघुपथ धारा को सर्किट ब्रेकर तथा पोषक सह सके।

3. बस-बार प्रतिघातक (Bus-bar Reactors)—उपरोक्त दोनों तरीकों में साधरण स्थिति में भी प्रतिघातक के कारण लगातार वोल्टेज ड्रॉप (voltage drop) तथा शक्ति हानियाँ (power loss) होती हैं। अत: उपरोक्त कमी को दूर करने के लिये प्रतिघातक को बस-बार में लगाना पड़ता है। उपरोक्त अवस्था के लिये बस-बार प्रतिघातक को दो तरीके से स्थापित कर सकते हैं—

1. वलय प्रणाली (Ring system)
2. टाई-बार प्रणाली (Tie-bar system)

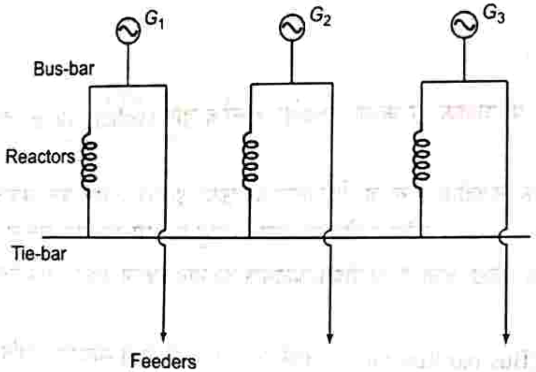
1. वलय प्रणाली (Ring system)—वह प्रणाली जिसमें प्रतिघातकों को बस-बार के श्रेणीक्रम में इस प्रकार संयोजित किया जाता है कि प्रत्येक प्रतिघातक व्यक्तिगत जनरेटर तथा व्यक्तिगत फीडर के लिये पृथक-पृथक विभाग का निर्माण करता है ताकि किसी विभाग के फीडर पर प्रदोष की स्थिति में प्रदोषी धारा के उसी विभाग का जनरेटर प्रभावित हो, अन्य विभाग के जनरेटर बस-बार प्रतिघातकों के कारण प्रभावित ना हो।



चित्र 11.3

इस प्रणाली में कम वोल्टेज ड्रॉप (voltage drop) तथा कम शक्ति हानियाँ (power loss) होती हैं।

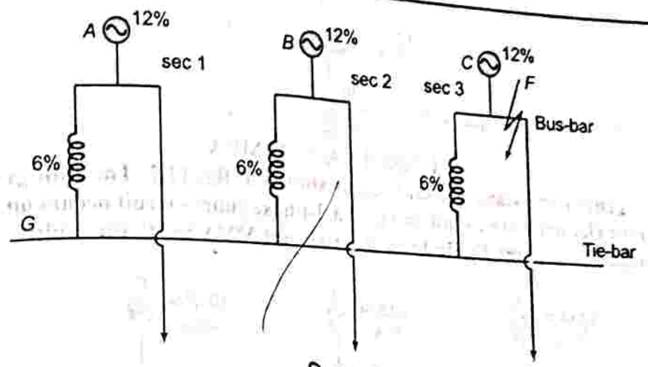
2. टाई-बार प्रणाली (Tie-bar system)—वह प्रणाली जिसमें प्रतिघातकों को जनरेटरों तथा कॉमन बस-बार के बीच में बस-बार के साथ टाई-बार के रूप में इस प्रकार संयोजित किया जाता है कि फीडरों को प्रतिघातकों की दूसरी ओर से अर्थात् जनरेटर की तरफ से संयोजित किया जा सके ताकि प्रत्येक प्रतिघातक व्यक्तिगत जनरेटर तथा व्यक्तिगत फीडर के लिये बस-बार व्यक्तिगत विभाग का कार्य करें। इस प्रणाली में एक लाभ यह भी है कि अगर हमें अलग से जनरेटर की आवश्यकता पड़ रही है तो उसे सीधे बस-बार से जोड़ सकते हैं तथा प्रतिघातक में कोई बदलाव नहीं करना पड़ेगा। इस प्रणाली की एक हानि यह है कि इस प्रणाली में हमें एक अलग से बस-बार की आवश्यकता पड़ती है। इस प्रणाली में प्रतिघात आधी (half) रह जाती है।



चित्र 11.4

Example 1. A generating station has three section bus-bars connected with a tie-bar through 6% reactors rated at 5000 kVA. Each generator is of 5000 kVA with 2% reactance and is connected to one section of bus-bars. Find the total steady input to a dead short-circuit between the lines on one of the sections of bus-bar (i) with, and (ii) without reactors.

Sol. Fig. 11.5 shows the single line diagram of the system. Let 5000 kVA be the base kVA. As generators and reactors are rated at this kVA therefore their percentage reactance remains the same.



चित्र 11.5

(i) With Reactors : Short ckt fault occurs on section 3 of the bus-bar. The reactance diagram will be as shown in fig.

The parallel branches is $\frac{18}{2}\% = 9\%$

Total reactance from generation neutral upto fault point $F = (9\% + 6\%) \parallel 12\%$

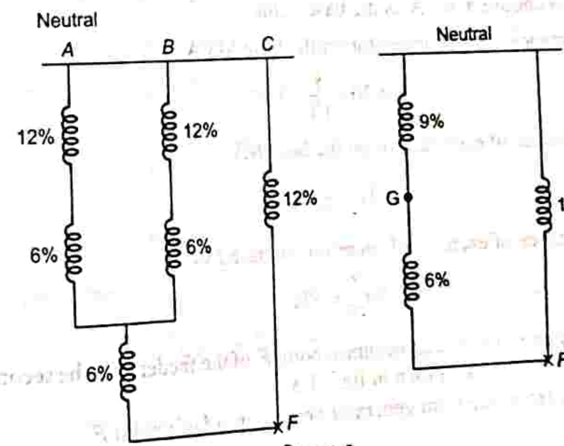
$$= \frac{15 \times 12}{15 + 12} = 6.67\%$$

$$\text{Short-circuit input} = 5000 \times \frac{100}{6.67}$$

$$= 74962 \text{ kVA}$$

$$= 74.962 \text{ MVA}$$

(ii) Without reactors :



चित्र 11.6

Total reactance upto fault point F

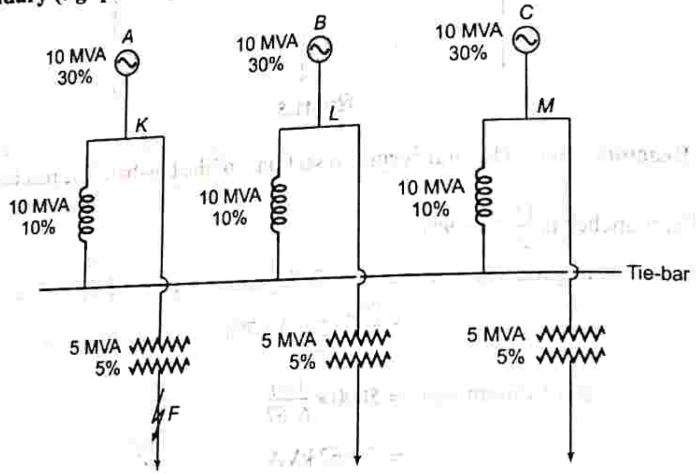
$$= (12\% + 12\%) \parallel 12\%$$

$$= \frac{12}{3} = 4\%$$

$$\text{Short ckt input} = 5000 \times \frac{100}{4}$$

$$= 125{,}000 \text{ kVA} = 125 \text{ MVA}$$

Example 2. A generating station is laid out as shown in fig. 11.7. The ratings and percentage reactance of different elements are as indicated. If a 3-phase short-circuit occurs on any feeder near transformer secondary (*e.g.* point *F*), find the short-circuit MVA fed to the fault.



चित्र 11.7

Ans. Let us choose 5 MVA as the base value.

% age reactance of each generator on the base MVA

$$= 30 \times \frac{5}{10} = 15\%$$

% age reactance of each reactor on the base MVA

$$= 10 \times \frac{5}{10} = 5\%$$

% age reactance of each transformer on the base MVA

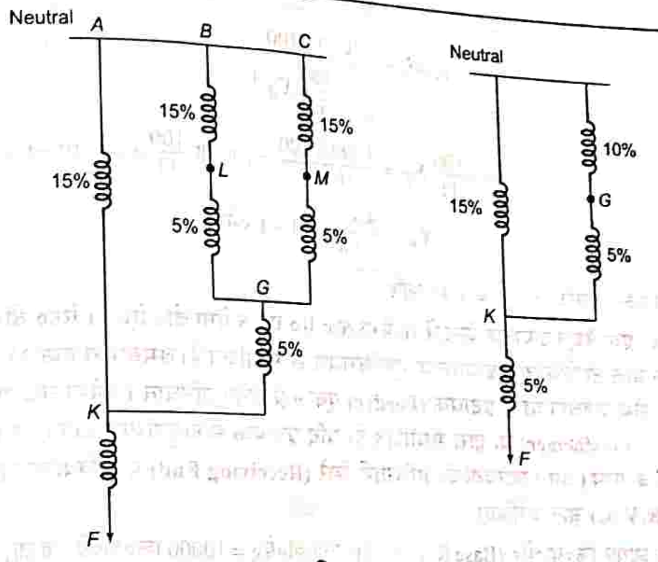
$$= 5 \times \frac{5}{5} = 5\%$$

When a 3-phase short circuit occurs at point *F* of the feeder near the secondary of the transformer, the reactance diagram will be as shown in fig. 11.8.

Total % age reactance from generator neutral upto fault point *F*.

$$= (10\% + 5\%) \,||\, 15\% + 5\%$$

$$= \frac{15 \times 15}{15 + 15} + 5 = 7{\cdot}5 + 5 = 12{\cdot}5\%$$



चित्र 11.8

$$\text{Short-circuit MVA} = \text{Base MVA} \times \frac{100}{\%\ \text{Fault reactance}}$$

$$= 5 \times \frac{100}{12{\cdot}5} = 40$$

उदाहरण 3 : एक 11 मेगा वो०ऐ० क्षमता 11 कि० वो० 50 हर्टज एवं 6 प्रतिशत प्रतिघात वाले प्रत्यावर्तक (Alternator) के श्रेणी में संयोजन हेतु प्रतिघातक (Reactor) का प्रतिघात ज्ञात कीजिए यदि उसके प्रदायक (Feeder) में लघुपरिपथ धारा मान पूर्णभार के दस गुना मान से अधिक न हो।

हल—माना आधार (Base) K.V.A. = 11M.V.A. = 11000K.V.A. है तथा प्रतिघातक का प्रतिघात X_R ओम है।

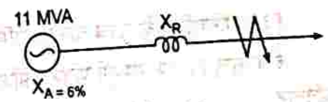
$$\text{सम्पूर्ण भार धारा } I_{FL} = \frac{11000}{11} = 1000 \text{ एम्पियर}$$

$$\text{प्रतिघातक का प्रतिशत प्रतिघात} = \frac{I_{FL} X_R}{V} \times 100$$

$$= \frac{1000\, X_R}{11000} \times 100 = \frac{100}{11} X_R$$

दोष बिन्दु *F* तक सम्पूर्ण प्रतिशत प्रतिघात

$$X_T = \left(6 + \frac{100}{11} X_R\right) \text{ ओम}$$



चित्र 11.9

तथा लघुपरिपथ धारा $I_{SC} = 10 I_{FL} = 10 \times 1000 = 10000$ ऐम्पियर

किन्तु $I_{SC} = I_{FL} \times \dfrac{100}{\% X_T}$ ऐम्पियर

$$10000 = \frac{1000 \times 100}{\left(6 + \frac{100}{11} X_R\right)}$$

या $$6 + \frac{100}{11} X_R = \frac{1000 \times 100}{10000} = 10; \text{ या } \frac{100}{11} X_R = 10 - 6 = 4$$

या $$X_R = \frac{4 \times 11}{100} = 0 \cdot 44 \text{ ओम}$$

अत: प्रतिघातक का प्रतिघात $X_R = 0 \cdot 44$ ओम उत्तर

उदाहरण 4 : एक वैद्युत उत्पादक केन्द्र में 10 मेगा वो० ऐ० एवं 5 मेगा वो० ऐ० 11 कि० वो० के क्रमश: 10 एवं 8 प्रतिशत प्रतिघात वाले दो त्रिकलीय प्रत्यावर्तक एक बसबार से संयोजित हैं। बसबार से एक 33 कि० वो० का 8 ओम प्रतिरोध एवं 25 ओम प्रतिघात वाला प्रदायक (Feeder) एक 9 प्रतिशत प्रतिघात 15 मेगा वो० ऐ० के उच्चायी (Step up) परिणामित्र (Transformer) के द्वारा संयोजित है। यदि प्रदायक में लघुपरिपथ दोष (अ) परिणामित्र के उच्च वोल्टता टर्मिनल के पास (आ) प्रदायक के अभिग्राही सिरे (Receiving End) पर, विकसित होता है तो लघुपरिपथ कि० वो० ऐ० (K.V.A.) ज्ञात कीजिए।

हल—माना आधार कि०वो०ऐ० (Base K.V.A.) 10 मेगा वो०ऐ० = 10000 कि०वो०ऐ० है तो, आधार कि०वो०ऐ० के सन्दर्भ में—

$$\text{प्रत्यावर्तक } A_1 \text{ का प्रतिशत प्रतिघात} = \frac{10000}{10000} \times 10 = 10 \text{ प्रतिशत}$$

$$\text{प्रत्यावर्तक } A_2 \text{ का प्रतिशत प्रतिघात} = \frac{10000}{5000} \times 8 = 16 \text{ प्रतिशत}$$

$$\text{परिणामित्र } T \text{ का प्रतिशत प्रतिघात} = \frac{10000}{15000} \times 9 = 6 \text{ प्रतिशत}$$

$$\text{पूर्ण भार धारा } I_{FL} = \frac{\text{आधार कि०वो०ऐ०}}{\sqrt{3} \text{ कि०वो०}} = \frac{10000}{\sqrt{3} \times 33} = 175 \text{ ऐम्पियर}$$

$$\text{प्रदायक का प्रतिशत प्रतिघात} = \frac{IX_R}{V_{ph}} \times 100 = \frac{175 \times 25}{33000/\sqrt{3}} \times 100$$

$$= 23 \text{ प्रतिशत लगभग}$$

$$\text{प्रदायक का प्रतिशत प्रतिरोध} = \frac{IR}{V_{ph}} \times 100 = \frac{175 \times 8}{33000/\sqrt{3}} \times 100$$

$$= 7 \cdot 35 \text{ प्रतिशत}$$

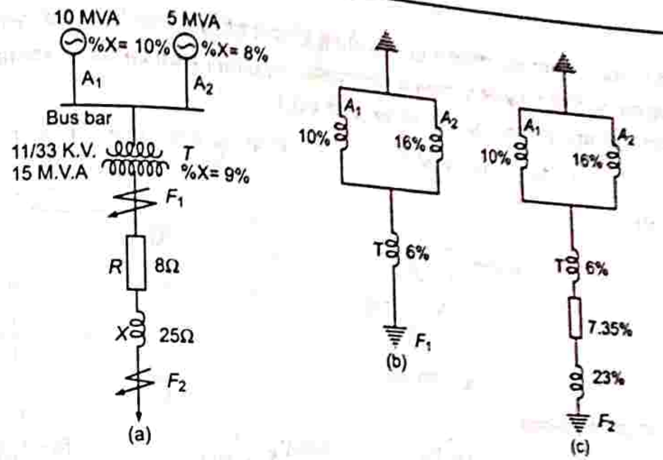
(अ) परिणामित्र के उच्च वोल्टता टर्मिनल के पास प्रदायक में F_1 बिन्दु पर लघु परिपथ दोष विकसित होने पर—

दोष बिन्दु F_1 तक सम्पूर्ण प्रतिशत प्रतिघात = समान्तर में संयोजित प्रत्यावर्तकों का तुल्य % प्रतिघात + परिणामित्र का % प्रतिघात

$$= \frac{10 \times 16}{10 + 16} + 6 = \frac{160}{26} + 6$$

$$= \frac{160 + 1456}{26} = \frac{316}{26}$$

$$= 12 \cdot 154 \text{ प्रतिशत}$$



चित्र 11.10

$$\text{लघुपरिपथ कि०वो०ऐ० (K.V.A.) आधार कि०वो०ऐ०} \times \frac{100}{\%X}$$

$$= \frac{10000 \times 100}{12 \cdot 154} \text{ कि०वो०ऐ०}$$

$$= 82277 \cdot 44 \text{ कि०वो०ऐ०}$$ उत्तर

(आ) प्रदायक के अभिग्राही सिरे (Receiving End) पर दोष बिन्दु F_2 पर लघुपरिपथ दोष विकसित होने पर—

दोष बिन्दु F_2 तक सम्पूर्ण % प्रतिघात = समान्तर में संयोजित प्रत्यावर्तकों का तुल्य % प्रतिघात + परिणामित्र का % प्रतिघात + प्रदायक का % प्रतिघात

$$= \frac{316}{26} + 23 \text{ प्रतिशत}$$

$$= \frac{316 + 598}{26} = \frac{914}{26} = 35 \cdot 154 \text{ प्रतिशत}$$

दोष बिन्दु F_2 तक सम्पूर्ण % प्रतिबाधा

$$Z = \sqrt{(7 \cdot 35^2 + 35 \cdot 154^2)}$$

$$= \sqrt{(54 \cdot 0225 + 1235 \cdot 803716)}$$

$$= \sqrt{(1289 \cdot 826216)}$$

$$= 35 \cdot 914 \text{ प्रतिशत}$$

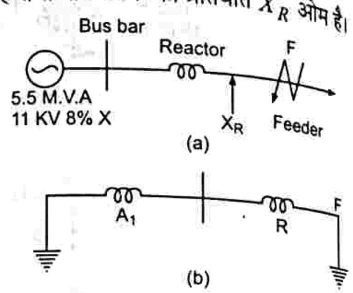
$$\text{लघुपरिपथ कि०वो०ऐ० (K.V.A)} = \text{आधार कि०वो०ऐ०} \times \frac{100}{\%Z}$$

$$= \frac{10000 \times 100}{35 \cdot 914}$$

$$= 27844 \cdot 3 \text{ कि०वो०ऐ०}$$

उदाहरण 5 : एक 5·5 मेगा वो० ऐम्पियर 11 कि०वो० 8 प्रतिशत प्रतिघात वाले त्रिकलीय प्रत्यावर्तक की बसबार से संयोजित प्रदायक के श्रेणी में कितने प्रतिघात का प्रतिघातक (Reactor) संयोजित किया जाए कि लघुपरिपथ धारा का मान पूर्णभार धारा मान के 8 गुना मान से अधिक न हो सके?

हल—माना आधार कि०वो०ऐ० (Base K.V.A.) $5{\cdot}5\times10^3$ कि०वो०ऐ० है तथा प्रतिघातक का प्रतिघात X_R ओम है।



चित्र 11.11

पूर्ण भार धारा

$$I_{FL} = \frac{KVA}{KV/\sqrt{3}} = \frac{5500\times1{\cdot}732}{11} = 866 \text{ ऐम्पियर}$$

प्रतिघातक का प्रतिशत प्रतिघात

$$= \frac{I_{FL}X_R}{V_{Ph}}\times100 = \frac{866X_R}{1100/\sqrt{3}}\times100$$

$$= \frac{1{\cdot}732\times866X_R}{11000}\times100$$

$$= \frac{150X_R}{11} = 13{\cdot}636X_R \text{ प्रतिशत}$$

दोष बिन्दु F तक सम्पूर्ण प्रतिशत प्रतिघात $X = 8+13{\cdot}636X_R$ प्रतिशत

तथा लघुपरिपथ धारा $I_{SC} = 8\times I_{FL} = 3\times866 = 6924$ ऐम्पियर

किन्तु लघुपरिपथ धारा $I_{SC} = I_{FL}\times\frac{100}{\%X}$

$$\therefore \quad 6928 = \frac{866\times100}{8+1{\cdot}636X_R}$$

या $$8+13{\cdot}636\,X_R = \frac{866\times100}{6928} = \frac{100}{8} = 12{\cdot}5$$

या $$13{\cdot}636\,X_R = 13{\cdot}5-8 = 4{\cdot}5$$

$$\therefore \quad X_R = \frac{4{\cdot}5}{13{\cdot}636} = 0{\cdot}33 \text{ ओम}$$ उत्तर

उदाहरण 6 : तीन प्रत्यावर्तकों 5 मेगा वो०ऐ० 10 प्रतिशत प्रतिघात 8 मेगा वो०ऐ० 12 प्रतिशत प्रतिघात एवं 10 मेगा वो०ऐ० 8% प्रतिघात की 11 कि० वो० बसबार 5 मेगा वो०ऐ० 5 प्रतिशत प्रतिघात व 6 मेगा वो०ऐ० 8 प्रतिशत प्रतिघात के प्रतिघातकों (Reactors) के द्वारा संयोजित है। 8 मेगा वो०ऐ० प्रत्यावर्तक की बसबार में लघुपरिपथ दोष विकसित होने पर लघुपरिपथ धारा तथा परिपथ वियोजक की विदीर्ण क्षमता (Rupturing capacity) ज्ञात कीजिए।

हल—माना आधार कि०वो०ऐ० (Base K.V.A) 12000 कि०वो०ऐ० है। इसलिए आधार कि०वो०ऐ० के सन्दर्भ में—

$$\text{प्रत्यावर्तक } A_1 \text{ का \% प्रतिघात} = \frac{\text{आधार कि०वो०ऐ}}{\text{प्रत्यावर्तक कि०वो०ऐ०}}\times\%X_1$$

$$= \frac{12000\times10}{5000} = 24 \text{ प्रतिशत}$$

$$\text{प्रत्यावर्तक } A_2 \text{ का \% प्रतिघात} = \frac{12000\times12}{8000} = 18 \text{ प्रतिशत}$$

$$\text{प्रत्यावर्तक } A_3 \text{ का \% प्रतिघात} = \frac{12000\times8}{10000} = 9{\cdot}6 \text{ प्रतिशत}$$

$$\text{प्रतिघातक } R_1 \text{ का \% प्रतिघात} = \frac{12000\times5}{5000} = 12 \text{ प्रतिशत}$$

$$\text{प्रतिघात } R_2 \text{ का \% प्रतिघात} = \frac{12000\times5}{6000} = 16 \text{ प्रतिशत}$$

प्रत्यावर्तक A_1, A_2 व प्रतिघातक R_1 का तुल्य % प्रतिघात

$$= \frac{(12+24)18}{(12+24)+18} = \frac{648}{54} = 12 \text{ प्रतिशत}$$

दोष बिन्दु F तक सम्पूर्ण प्रतिशत प्रतिघात

$$X_e = \frac{(12+16)\,9{\cdot}6}{(12+16)+9{\cdot}6} = \frac{268{\cdot}8}{37{\cdot}6}$$

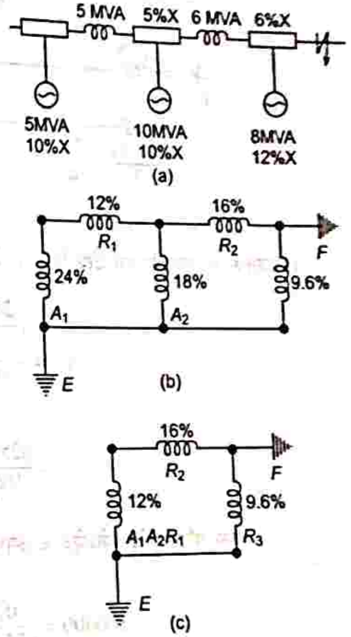
$$= \frac{336}{47} = 7{\cdot}15 \text{ प्रतिशत}$$

$$\text{पूर्ण भार धारा } I_{FL} = \frac{\text{आधार कि०वो०ऐ}}{\sqrt{3}\text{कि०वो०ऐ०}} = \frac{12000}{\sqrt{3}\times11}$$

$$= \frac{12000}{19{\cdot}052} = 630 \text{ ऐम्पियर}$$

$$\text{लघु परिपथ धारा } I_{SC} = I_{FL}\times\frac{100}{\%X_e} = \frac{630\times100}{7{\cdot}15}$$

$$= 8811{\cdot}19 \text{ ऐ०}$$



चित्र 11.12

परिपथ वियोजक की विदारण क्षमता

$$= \text{लघु परिपथ कि०वो०ऐ०}$$

$$= \text{आधार कि०वो०ऐ०}\times\frac{100}{\%X_e}$$

$$= \frac{12000\times100}{7{\cdot}15} = 167832{\cdot}14 \text{ कि०वो०ऐ०}$$

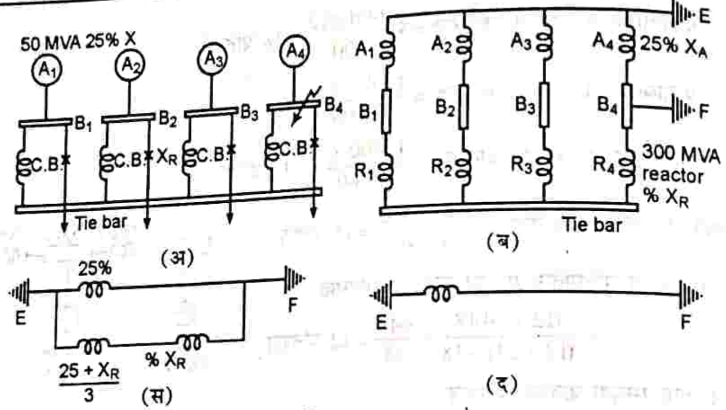
उदाहरण 7 : 50 मेगा वोल्ट ऐम्पियर 11 कि०वो० 25 प्रतिशत प्रतिघात वाले चार प्रत्यावर्तकों की बसबारें एक टाई बार से संयोजित हैं। यदि 300 मेगा वो०ऐ० क्षमता के परिपथ वियोजक प्रत्येक प्रदायक में संयोजित हैं तो, बसबार प्रतिघातकों (Reactor) का प्रतिशत प्रतिघात क्या होगा?

हल—माना कि प्रत्येक प्रतिघातक का प्रतिशत प्रतिघात X_R है तथा किसी एक प्रत्यावर्तक की बसबार में F बिन्दु पर लघु परिपथ दोष विकसित हो जाता है।

$A_1\,A_2\,A_3$ प्रत्यावर्तकों एवं उनके श्रेणी में संयोजित प्रतिघातकों का समान्तर में तुल्य प्रतिशत प्रतिघात $= \frac{25+X_R}{3}$

A_4 प्रत्यावर्तक % प्रतिघात के समान्तर में % प्रतिघात,

$$= \frac{25+X_R}{3}+X_R = \frac{25+4X_R}{3}$$



चित्र 11.13

प्रत्यावर्तक भू-सम्पर्क एवं दोष बिन्दु F के मध्य सम्पूर्ण तूल्य % प्रतिघात,

$$X_e = \frac{\left(\frac{25+4X_R}{3}\right)25}{\frac{25+4_R}{3}+25} = \frac{625+100X_R}{25-4X_R+75}$$

$$= \frac{625+100X_R}{100+4X_R}$$

लघु परिपथ कि०वो०ऐ० = आधार कि०वो०ऐ० $\times \frac{100}{\%X_e}$

$$300000 = \frac{50000\times100}{625+100\,X_R}(100+4X_R)$$

$$187500+3000C\,X_R = 500000+20000\,X_R$$

$$10000_R = 312500$$

$\therefore$ $X_R = 31{\cdot}25$ प्रतिशत **उत्तर**

अभ्यास

1. पॉवर सिस्टम में प्रतिघातक के प्रयोग से क्या लाभ हैं? जनित्र तथा पोषक प्रतिघातक के कार्य तथा संयोजन का वर्णन कीजिए। *(BTE 2007)*
2. विद्युत तंत्रों में प्रयुक्त होने वाले विभिन्न प्रकार के रिऐक्टरों की विवेचना कीजिए तथा उनके कार्य एवं संयोजकों का वर्णन कीजिए। *(BTE 2008)*
3. किसी उपकेन्द्र में रिऐक्टरों की भूमिका पर प्रकाश डालिए। आर्क-निग्राही रिऐक्टर की कार्यविधि का वर्णन कीजिए। *(BTE 2009)*

4. विद्युत तंत्र में रिऐक्टरों के उपयोग लिखिये और जनित्र रिऐक्टर संयोजन दर्शाइये। *(BTE 2010)*
5. स्यूनिंग रिऐक्टर तथा आर्क निरोधन रिऐक्टर का वर्णन कीजिए। *(BTE 2010)*
6. विद्युत प्रदाय में प्रतिघातक के कार्य की व्याख्या कीजिए। बस-बार प्रतिघातक क्या होते हैं तथा इन्हे कैसे संयोजित किया जाता है? *(BTE 2013)*
7. प्रतिघातक क्या होता है? शक्ति-प्रणाली में इसका उपयोग क्यों किया जाता है? इसके लाभ भी बताइये। *(BTE 2014)*
8. रिऐक्टरों के प्रकार बताइये। विद्युत केन्द्र में रिऐक्टर के संयोजन का आरेख खींचिये। रिऐक्टर के उपयोग लिखिये। *(BTE 2015)*
9. शक्ति केन्द्रों में स्थापित विभिन्न प्रकार के प्रतिघातकों व उनके उपयोगों का वर्णन कीजिए। *(BTE 2016)*

❑

12 गैस विद्युतरोधी उप-स्थान का उद्भव (Concept of Gas Insulated Sub-station)

12.1 परिचय (Introduction)

वे विद्युत सब-स्टेशन जिनमें गैस इन्सुलेटेड स्विच यन्त्रावली एवं उपकरणों का उपयोग किया जाता है, गैस इन्सुलेटेड सब-स्टेशन्स (उप-स्थान/वैद्युत उपकेन्द्र) कहलाते हैं। गैस इन्सुलेटेड सब-स्टेशन्स प्रायः इनडोर टाइप सब-स्टेशन्स (Indoor type sub-stations) होते हैं।

गैस इन्सुलेटेड सब-स्टेशन में वे सभी अंग होते हैं, जो रूढ़िगत बाह्य प्रारूपी वैद्युत उपकेन्द्र (outdoor type sub-stations) में होते हैं। इनमें उपयोग की जाने वाली स्विच यन्त्रावली एवं उपकरणों को फैक्टरी में निर्माण के समय अलग-अलग स्टेनलैस स्टील से निर्मित कक्षों (compartments) में प्रतिष्ठापित (installed) कर उनमें गैस भरकर सील किया होता है जो स्वयं में एक स्वतंत्र यूनिट के रूप में उपयोग किये जा सकते हैं, मॉड्यूल (module) कहलाते हैं। प्रत्येक मॉड्यूल किसी अचुम्बकीय पदार्थ जैसे ऐल्यूमिनियम अथवा स्टेनलैस स्टील से निर्मित आयताकार अथवा बेलनाकार आकृति के ऐसे कक्षक (chamber) अथवा धात्वीय आच्छादन (metal clad) होते हैं जिन्हें आवश्यकतानुसार एक-दूसरे के साथ संयोजित कर एक सज्जा (assembly) के रूप में उपयोग किया जा सके। एक मॉड्यूल को दूसरे तथा तीसरे के साथ संयोजित करने हेतु उनके दोनों ओर (flanges) फ्लेन्जेस की व्यवस्था होती है।

गैस इन्सुलेटेड सब-स्टेशन्स में उपयोग आने वाली स्विच यन्त्रावली एवं उपकरणों के मॉड्यूल्स में सल्फर हेक्सा फ्लोराइड (SF_6) का उपयोग किया जाता है। सल्फर हेक्सा फ्लोराइड उच्च परावैद्युत सामर्थ्य वाली एक अक्रिय गैस है। SF_6 बहुत कम ताप पर गैस से द्रव में परिवर्तित हो जाती है तथा दाब के बढ़ने पर द्रवनांक कम हो जाता है। यह गैस 15 kg/cm^2 दाब से अधिक दाब पर उपयोग हेतु सुयोग्य नहीं है। उच्च दाब तंत्रों में गैस ताप क्रम 10°C से ऊपर रखने हेतु थर्मोस्टेटिकली हीटर्स का उपयोग किया जाता है। शुद्ध गैस रंगहीन, गंधहीन, अज्वलनशील (non-flammable) तथा स्वास्थ्य हेतु अहानिकारक (non-toxic) तथा भारी (heavy) होती है क्योंकि 20°C पर यह गैस वायु से 5 गुणा भारी होती है। फलस्वरूप यूनिटों का आकार छोटा (compact) होता है।

12.2 Requirements for Gas-Insulated Sub-stations

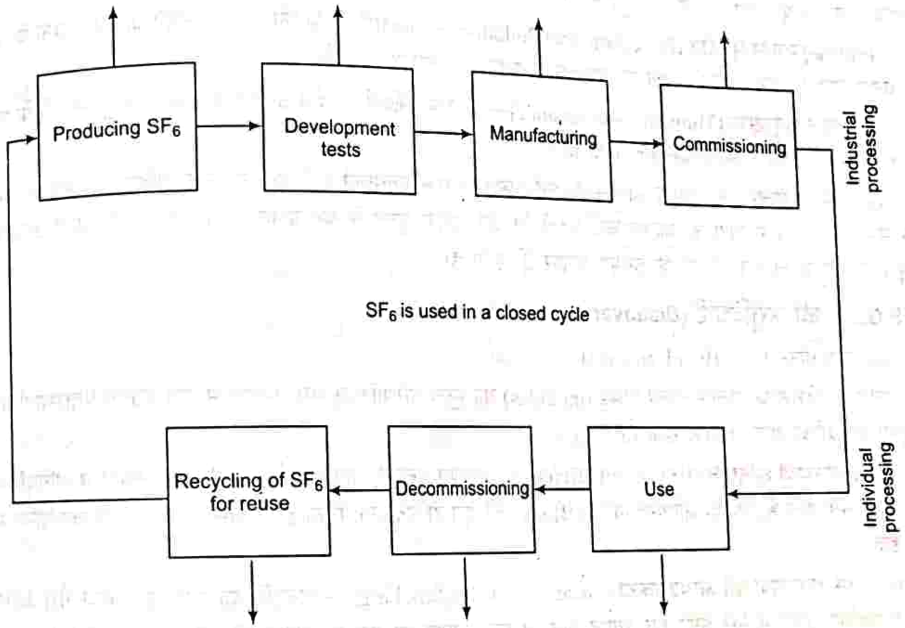
(i) High system reliability.
(ii) High flexibility of its solutions (modularity, expandability)
(iii) Compact space saving solutions
(iv) Innovation solutions (devices, switchgears)
(v) Low life cycle costs
(vi) Reliable and competent partners (operator, manufacturer)
(vii) Smart and power grid adaptation
(viii) Environmental sustainability

12.3 Characteristics of SF_6

(i) SF_6 is colourless, odourless and a chemical neutral (inert) gas
(ii) SF_6 is 5 times heavier than air is not toxic and has no dangerous components inside.
(iii) SF_6 is not hazardous

(iv) SF_6 has no eco-toxic potential.
(v) SF_6 has no impact for the ozonosphere.
(vi) SF_6 is a potent greenhouse gas (GWP* → 22800** × CO_2)
(vii) SF_6 has excellent electrical characteristics.

12.4 SF_6 Emissions in the life cycle process of switchgear



चित्र 12.1

12.5 G.I.S. की सुविधाएँ (Advantages of G.I.S.)

गैस इन्सुलेटेड सब-स्टेशन्स से निम्नवत् वर्णित सुविधाएँ उपलब्ध हैं—

(i) आकार में बहुत छोटा (Compactness)—इसका आकार रूढ़िगत सब-स्टेशन्स की तुलना में लगभग 10 प्रतिशत होता है।

(ii) अधिक धारा क्षमता (More current carrying capacity)—SF_6 की परावैद्युत सामर्थ्य वायु एवं द्रव पदार्थों की अपेक्षा कई गुणा होने के साथ-साथ ऊष्मा चालकता भी बहुत अधिक होने के कारण इनकी धारा क्षमता सामान्य चालकों एवं उपकरणों की अपेक्षा अधिक होती है।

(iii) श्रेष्ठ आर्क शमन (Superior Arc Interruption)—गैस सर्किट ब्रेकर्स के द्वारा न्यून समय में आर्क बिना अधिक मान की अधिवोल्टता उत्पन्न किए धारा परिपथों को ऊर्जित एवं अनूर्जित (De-energize) किया जाता है।

(iv) कम प्रतिष्ठापन समय की आवश्यकता (Reduced Installation Time)—वैद्युत सब-स्टेशन की संरचना को पृथक-पृथक ब्लॉक में निर्माण करने के सिद्धान्त को अपनाने से गैस इन्सुलेटेड सब-स्टेशन कुछ ही समय में प्रतिष्ठापित कर लिए जाते हैं।

(v) गैस क्षरण की क्षीण सम्भावना (Less possibility of gas leakage)—वायु दाब की अपेक्षा गैस दाब बहुत कम ($4kg/cm^2$) रखे जाने के कारण सीलड यूनिटों (मॉड्यूल्स) से गैस क्षरण की बहुत कम सम्भावना रहती है।

(vi) स्विचिंग प्रभाव से कम अधिवोल्टता की उत्पत्ति (Reduced switching overvoltage)—वैद्युत लाइनों, केबिलों, मोटर्स एवं संधारित्रों आदि के ऊर्जयन एवं अनूर्जयन हेतु स्विचिंग को ऑन-ऑफ करने पर कम मान की अधिवोल्टताओं की उत्पत्ति होती है। अत: लघु परिपथन (short circuiting) की सम्भावनाएँ कम हो जाती हैं।

(vii) उन्नत सुरक्षा (Increased Safety)—स्विच यन्त्रावली के धात्विक आच्छादन (mental cladding) के भू-विभव पर रखा cladding जाने के कारण उप-स्थानों (sub-stations) में कार्य करने वालों के द्वारा आच्छादन को छुआ जाने पर भी उनका जीवन विद्युत प्रभाव से पूर्णत: सुरक्षित रहता है।

(viii) प्रदूषण से सुरक्षित (Protection from Pollution)—जी०आई०एस० को प्राय: भूमिगत अथवा भवनों के अन्दर ही बनाए जाते हैं। अत: ये नमी, धूल एवं प्रदूषण के प्रभाव से सुरक्षित रहते हैं।

(ix) न्यून अनुरक्षण (Minimum Maintenance)—इन सब-स्टेशनों में दोष उत्पत्ति की क्षीण सम्भावनाओं के कारण बहुत ही कम अनुरक्षण की आवश्यकता होती है।

(x) सम्पूर्ण मूल्य (Overall Cost)—जी०आई०एस० अधिक मूल्यवान होने पर भी इनके प्रतिष्ठापन हेतु अपेक्षाकृत कम भूमि, भवन एवं संरचना की आवश्यकता पड़ती है। अत: इनके मूल्य में धन बचत से गैस इन्सुलेटेड सब-स्टेशन का सम्पूर्ण मूल्य रूढ़िगत सब-स्टेशन के लगभग बराबर ही होता है।

12.6 G.I.S. की असुविधाएँ (Disadvantages of G.I.S.)

(i) उच्च यूनिट मूल्य (High Unit Cost)

इन सब-स्टेशनों की प्रत्येक सील्ड खण्ड (modules) का मूल्य परिपाटिगत सब-स्टेशन में प्रतिष्ठापित प्रतिस्थानी एकक के मूल्य की अपेक्षा बहुत अधिक होता है।

(ii) उच्च व्ययी क्षतिपूर्ति (High Costly Repair)—प्रदायन यन्त्र में आंतरिक दोष उत्पत्ति की स्थिति में क्षतिपूर्ति कार्य अति उच्च व्ययी होता है, क्योंकि क्षतिग्रस्त खण्ड (Block) को पूरा ही बदलना पड़ता है, जिससे प्रत्येक खण्ड का यूनिट मूल्य उच्च होता है।

(iii) गैस भण्डारण की आवश्यकता (Necessity of Gas Stocking)—क्षतिपूर्ति कार्योपरान्त अथवा गैस क्षरण के उपरान्त संबंधित यूनिट में गैस भरण हेतु पर्याप्त मात्रा में सब-स्टेशन पर गैस भण्डारण की आवश्यकता होती है।

(iv) स्वच्छता की अति आवश्यकता (More Requirement of Cleanliness)—धूल या नमी के कारण आन्तरिक उत्स्फुरण हो सकता है, अत: सब-स्टेशन में धूल तथा नमी के बचाव हेतु स्वच्छता अति आवश्यक है।

(v) अधिक समय व्ययी क्षतिपूर्ति (More time consuming repair)—आन्तरिक दोष उत्पत्ति से यदि सब-स्टेशन के किसी भाग को कोई क्षति हुई है तो ऐसी दशा में सम्पूर्ण एकक के उपलब्ध न होने पर उस यूनिट की आन्तरिक क्षतिपूर्ति कार्य असुविधाजनक एवं अधिक समय व्ययी होता है।

अभ्यास

1. गैस विद्युतरोधित विद्युत उपकेन्द्र को उसके गुण-दोषों सहित विवेचना कीजिए। *(BTE 2008)*
2. GIS (गैस इन्सुलेटिड उपकेन्द्र) का विवरण दीजिए। *(BTE 2009)*
3. गैस विद्युतरोधित उपकेन्द्र की संकल्पना को संक्षेप में समझाइये। *(BTE 2010)*
4. GIS पर संक्षिप्त लेख प्रस्तुत करें। *(BTE 2012)*
5. GIS क्या है? इसके प्रमुख बिन्दुओं का वर्णन करो। *(BTE 2015)*
6. गैस इन्सुलेटेड सब-स्टेशन की अवधारणा समझाइए। *(BTE 2017)*

OBJECTIVE TYPE QUESTIONS

1. A circuit breaker is :
(a) Power factor correcting device (b) A device to neutralize the effect of transients
(c) A wave form correcting device (d) A current interrupting device
2. The function of protective relay in a circuit breaker is :
(a) To earth any stray voltages
(b) To close the contacts when the actuating quantity reaches a certain predetermined value
(c) To limit arcing current during the operation of circuit breaker
(d) To provide additional safety in the operation of circuit breaker
3. Low voltage circuit breakers have rated voltage of less than :
(a) 220 V (b) 400 V (c) 1000 V (d) 10,000 V
4. The fault clearing time of a circuit breaker is usually :
(a) Few minutes (b) Few seconds
(c) One second (d) Few cycles of supply voltage
5. A relay in which the measurement is performed by a stationary circuit and which has no moving parts is known as :
(a) Static relay (b) Differential relay (c) Instantaneous relay (d) Time relay
6. The pressure of SF_6 gas in circuit breakers is of the order of :
(a) 100 mm Hg (b) $1 \ kg/cm^2$ (c) 3 to $5 \ kg/cm^2$ (d) 30 to $50 \ kg/cm^2$
7. While selecting a gas for circuit breaker, the property of gas that should be considered is :
(a) high dielectric strength (b) non-inflammability
(c) non-toxicity (d) All of the above
8. In a vacuum circuit breaker, the vacuum is of the order of :
(a) 10 mm Hg (b) 10^{-2} mm Hg (c) 10^{-6} mm Hg (d) 10^{-9} mm Hg
9. In case of HRC fuses, the word HRC stands for :
(a) High Resistance Circuit (b) High Resistance Circuit
(c) High Rupturing Capacity (d) Hot Reserve Capacity
10. In a HRC fuse the time between cut-off and final current zero, is known as :
(a) Total operating time (b) Arcing time
(c) Pre-arcing time (d) Any of the above
11. Fusing factor for a HRC fuse is :
(a) $\frac{\text{Minimum fusing current}}{\text{Current rating}}$ (b) $\frac{\text{Minimum fusing current}}{\text{Minimum rupturing time}}$
(c) $\frac{\text{Maximum fusing current}}{\text{Minimum fusing current}}$ (d) $\frac{\text{Minimum fusing current}}{\text{Prospective current of a circuit}}$
12. Under normal conditions, a circuit breaker should be inspected :
(a) Every day (b) Every week
(c) Once in 6 months or 12 months (d) Once in 6 years to 7 years
13. The contact resistance of a circuit breaker is of the order of :
(a) 20 micro ohms ± 10 (b) 20 milli ohms ± 10
(c) 20 ohms ± 10 (d) 200 ohms ± 10
14. The insulation resistance of high voltage circuit breaker is :
(a) 1 kΩ (b) 10 kΩ (c) 20 Mega ohm (d) 2000 Mega ohm

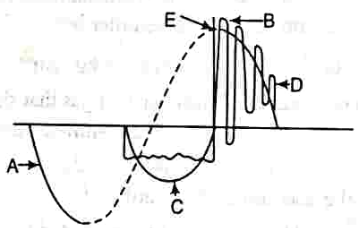
15. There is definite objection to use of which of the following medium for extinguishing the arc in case of a circuit breaker?
(a) Air (b) SF_6 gas (c) Vacuum (d) Water

16. In a circuit breaker if the insulation resistance between phase terminal and earthed frame is less than the specified limit, the probable cause could be :
(a) Moisture (b) Dirty insulation surface
(c) Carbon or copper particles sticking to the internal surface
(d) Any of the above

17. If a circuit breaker does not operate on electrical compound, the probable reason could be :
(a) Spring defective (b) Trip circuit open
(c) Trip latch defective (d) Any of the above

18. The normal frequency rms voltage that appears across the breaker poles after final arc exinction has occurred, is :
(a) Recovery voltage (b) Restriking voltage
(c) Supply voltage (d) Peak voltage

19. Fig. 1 shows the voltage waveform across the pole of a circuit breaker. In this voltage R represents :
(a) System voltage (b) Restriking voltage
(c) Recovery voltage (d) Extinction of arc



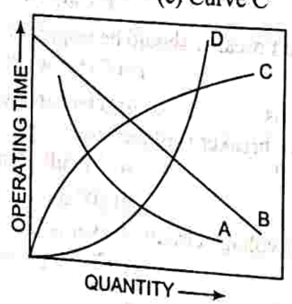
चित्र.1

20. Best protection is provided by HRC fuses in case of :
(a) Open circuits (b) Short circuits (c) Overloads (d) None of the above

21. A fuse wire possesses :
(a) Inverse time characteristics (b) Direct time characteristics
(c) Neither of the above

22. A relay used for protection of motors against overload is :
(a) Impedance relay (b) Electromagnetic attraction type
(c) Thermal relay (d) Buchholz's relay

23. Which curve in the figure represents inverse time characteristics ?
(a) Curve A (b) Curve B (c) Curve C (d) Curve D



चित्र 2

24. Fuse protection is used for current ratings upto :
(a) 10 A (b) 20 A
(c) 50 A (d) 100 A

25. The fuse current in amperes is related with fuse wire diameter D as :
(a) $I \propto \frac{1}{D}$ (b) $I \propto D$
(c) $I \propto D^{3/2}$ (d) $I \propto D^2$

26. The acting contacts for a circuit breaker are made of :
(a) Stainless steel (b) Hard pressed carbon
(c) Procelain (d) Copper tungsten alloy

27. Ionisation in a circuit breaker is not facilitated by :
(a) High temperature of surrounding medium (b) Material of contacts
(c) Increase of field strength (d) Increase of mean free path

28. Which circuit breaker is generally used in railway traction?
(a) SF_6 gas circuit breaker (b) Air break circuit breaker
(c) Vacuum circuit breaker (d) Minimum oil circuit breaker

29. A fuse wire should have :
(a) Low specific resistance and high melting point
(b) Low specific resistance and low melting point
(c) High specific resistance and high melting point
(d) High specific resistance and low melting point

30. Fuse wire protection system is usually not used beyond :
(a) 10 A (b) 25 A
(c) 50 A (d) 100 A

31. The number of cycles in which a high speed circuit breaker can complete its operation is :
(a) 3 to 8 (b) 10 to 18
(c) 20 to 30 (d) 40 to 50

32. When D is the diameter of fuse wire, fusing current will be proportional to :
(a) $\frac{1}{D}$ (b) $\frac{1}{D^2}$
(c) $D^{3/2}$ (d) $D^{1/2}$

33. In a circuit breaker the current which exists at the instant of contact separation is known as :
(a) Restriking current (b) Surge current
(c) Breaking current (d) Recovery current

34. A Merz-Price protection is suitable for :
(a) Transformers (b) Alternators
(c) Feeders (d) Transmission lines

35. 'Kick fuse' has :
(a) Square law characteristics (b) Linear characteristics
(c) Inverse characteristics

36. Breaking capacity of a circuit breaker is usually expressed in terms of :
(a) Amperes (b) Volts
(c) MW (d) MVA

37. Sulphur hexafluoride is a :
(a) Conductor of electricity (b) Semi conductor
(c) Inactive gas (d) Dielectric

38. The contact resistance is least affected by :
(a) The mechanical force applied (b) The shape of the contact faces
(c) The amount of surface contamination (d) The ambient temperature

39. Which of the following equation correctly represents the relation between contact resistance r and the applied force F?
(a) $F = K.r$ (b) $F = \frac{k}{r}$
(c) $r = \frac{K}{F^n}$ (d) $r = KF^n$

40. Oil immersion of contacts is the method of :
(a) Arc dispersion (b) Arc prevention
(c) Deionisation (d) None of the above

41. Which of the following is not the method of arc dispersion ?
(a) Oil immersion of contacts (b) Magnetic blow out of arc
(c) Use of rectifiers (d) Deionisation of arc path

42. Which of the following contact point metals has the highest melting point?
(a) Silver (b) Tungsten
(c) Gold (d) Copper

43. The arc voltage produced in the circuit breaker is always :
(a) In phase with arc current (b) Leading the arc current by 90°
(c) Lagging the arc current by 90°

44. Sparking between contacts can be reduced by :
(a) Inserting resistance in the line
(b) Inserting a capacitor in series with the contacts
(c) Inserting a capacitor in parallel with the contacts

45. Sparking occurs when a load is switched off because the circuit has :
(a) High inductance (b) High capacitance
(c) High resistance

46. HRC fuses are :
(a) High resistance and capacitance fuses
(b) Heat Reflecting cool fuses
(c) Holding and resisting current fuses
(d) High rupturing capacity fuses

47. For the same current, which of the following fuse wires will have the least fusing time?
(a) 18 SWG TIN- 12.5 A (b) 20 SWG TIN- 10 A
(c) 22 SWG TIN -7.5 A (d) 24 SWG TIN - 5A

48. The basic function of circuit breaker is to :
(a) Produce the arc (b) Ionise the surrounding air
(c) Transmit voltage by arcing (d) Extinguish the arc

49. In a circuit breaker the arc is indicated by the process of :
(I) Thermal emission (II) Ionisation of oil

(III) High temperature of air (IV) Field emission
(a) I and II only (b) I, II and III only
(c) II, III and IV only (d) I and IV only

50. The power factor of the arc in circuit breaker is :
(a) Always zero (b) Always unity
(c) Always lagging (d) Always leading

51. Air blast circuit breakers are usually used for :
(a) Instantaneous duty (b) Permanent break
(c) Intermittent duty (d) Repeated duty

52. Pressure of air in air blast circuit breakers is usually :
(a) $1-5\ kg/cm^2$ (b) $5-10\ kg/cm^2$
(c) $10-30\ kg/cm^2$ (d) $35-100\ kg/cm^2$

53. Air used in air blast circuit breaker :
(a) Must have least carbon dioxide (b) Must be ionised
(c) Must have oil mist (d) Must be free from moisture

54. In a circuit breaker the time duration from the instant of fault to the instant of energizing of the trip coil is known as :
(a) Lag time (b) Lead time
(c) Protection time (d) Operation time

55. In a circuit breaker the time duration from the instant of the fault to the extinction of arc is known as :
(a) operation time (b) total clearing time
(c) lag time (d) lead time

56. In a circuit breaker the time duration from the instant of fault to the instant of closing of contact is known as :
(a) Recycle time (b) Total time
(c) Gross time (d) Reclosing time

57. For high speed circuit breakers the total time is nearly :
(a) Half cycle (b) One cycle
(c) Few cycles (d) Ten cycles

58. For a high speed circuit breaker the total clearing time is nearly :
(a) 1 to 2 cycles (b) 5 to 10 cycles
(c) 10 to 15 cycles (d) Less than 50 cycles

59. If the power factor is zero, the active recovery voltage will be :
(a) Minimum (b) 0·5
(c) 0·707 (d) Maximum

60. A circuit breaker will normally operate :
(a) When the switch is put on (b) When the line is to be checked
(c) When the power is to be supplied (d) Whenever fault in the line occurs

61. Which of the following circuit breakers will produce the least arc energy?
(a) Minimum oil circuit breaker (b) Air blast circuit breaker
(c) Plain oil circuit breaker (d) All will produce same energy

62. For a circuit breaker 'break time' is :
(a) Same as opening time (b) Opening time + arc duration
(c) Opening time + arc duration + resistor current duration

63. Which relay is used for feeders?
(a) MHO relay (b) Translay relay
(c) Merz Price protection (d) Buchholz relay

64. Which of the following relays is used on transformers?
(a) Buchholz relay (b) MHO relay
(c) Merz Price relay (d) None of the above

65. MHO relay is used for :
(a) Rectifiers (b) Circuit breakers (c) Transmission lines (d) Generators

66. Merz-Price protection is used on :
(a) Sub-stations (b) Capacitor banks (c) Induction motor (d) Generators

67. Match the following :

Relay	Operation
(A) Static relay	(i) Responds to vector difference between two electrical quantities
(B) Over current relay	(ii) Quick operation
(C) Differential relay	(iii) Responds to increase in current
(D) Instantaneous relay	(iv) No moving parts

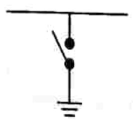
(a) A—(i), B—(ii), C—(iii), D—(iv) (b) A—(iv), B—(iii), C—(i), D—(ii)
(c) A—(ii), B—(i), C—(iii), D—(iv) (d) A—(iii), B—(ii), C—(i), D—(iv)

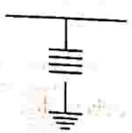
68. The advantage of neutral earthing is :
(a) Simplified design of earth fault protection
(b) Over-voltages due to lightning can be discharged to the earth
(c) Freedom from persistent arcing grounds
(d) All of the above

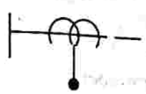
69. Match the following :

Symbol — Equipment

(A) (i) Current transformer

(B)  (ii) Lighting arrester

(C)  (iii) Earthing switch

(D)  (iv) Isolator

(a) A—(i), B—(ii), C—(iii), D—(iv) (b) A—(ii), B—(iii), C—(i), D—(iv)
(c) A—(iii), B—(i), C—(iv), D—(ii) (d) A—(iv), B—(iii), C—(ii), D—(i)

70. The protection against over-voltage due to lightning is provided by
(a) Use of surge diverters (b) Low tower footing resistance
(c) Use of overhead ground wires (d) Any of the above

71. Which of the following is a conducting medium for electric current?
(a) Low temperature gas (b) High temperature gas
(c) Dissociated gas (d) Plasma

72. In circuit breakers the contact space is ionised by :
(a) Thermal ionisation of gas (b) Thermal emission from surface of contacts
(c) Field emission from the surface of contacts (d) Any of the above

73. Which of the following are air break switching devices?
(a) Isolator (b) Limit switch
(c) Earthing switch (d) All of the above

74. Which of the following statements about SF_6 gas is incorrect ?
(a) It is non-toxic gas (b) It is non-inflammable
(c) It has density 5 times that of air at 20° C (d) It has dark yellow colour

75. SF_6 gas is transported in
(a) Gas cylinders (b) Liquid form in cylinders
(c) Solid form in boxes (d) Air cylinders

76. During arc extinction SF_6 gas :
(a) Decomposes into S and F ions (b) Decomposes into SF_4 and SF_2
(c) Gets oxidised (d) Reduces to SF_3

77. Dielectric strength of SF_6 is :
(a) Less that of air at atmospheric pressure
(b) Less than that of oil used in OCB
(c) More than that of oil used in OCB
(d) More at lower pressure and low at higher pressures

78. Which of the following is the demerit of SF_6 circuit breakers?
(a) Seating problem of gas
(b) In flux moisture in the gas system is dangerous
(c) Deterioration of quality of circuit breaker affects reliability of circuit breaker
(d) All of the above

79. Sphere gaps are used for :
(a) Measurement of high dc voltages (b) Measurement of high ac voltages
(c) Measurement of impulse voltages (d) All of the above

80. Flash point of dielectric is usually above :
(a) 80°C (b) 100°C
(c) 140°C (d) 240°C

81. A fuse is normally a :
(a) Current limiting device (b) Voltage limiting device
(c) Power limiting device (d) Power factor correcting device

82. Most of the fuses operate due to :
(a) Heating effect of current (b) Magnetic effect of current
(c) Electrostatic effect of current (d) None of the above

83. Which of the following is not valid in case of aluminium as compared to copper? Aluminium, has higher :
(a) Resistivity (b) Coefficient of linear expansion
(c) Tensile strength (d) Joint resistance

84. The main factor in favour of the use of aluminium as bus-bar material is :
(a) Its low melting point (b) Its high resistivity
(c) Its low cost (d) Its low density

85. Over-current protection for motor is provided by :
(a) Cartridge fuses (b) Kit kat fuses
(c) Over-current relay (d) All of the above

86. Fuse in motor circuit provides :
(a) Over-current protection (b) Short-circuit protection
(c) Open-circuit protection (d) None of the above

87. In which method of starting a motor, the starting current is the maximum?
(a) Auto-transformer (b) Star-delta starter
(c) Stator rotor starter (d) Direct-on-line

88. Over-voltage transients may occur due to :
(a) Lightning (b) Switching
(c) Arcing ground (d) Any of the above

89. Which of the following protective devices can be used against lightning surges?
(a) Horn gap (b) Surge diverters
(c) Lightning arresters (d) Any of the above

90. Switching surges may be caused by :
(a) Closing of unchanged line (b) Load shedding at receiving end of line
(c) Switching of magnetising current (d) Any of the above

91. Surge impedance of overhead transmission lines is of the order of :
(a) 20 to 30 ohms (b) 300 to 500 ohms
(c) 3000 to 5000 ohms (d) 30 kΩ to 300 kΩ

92. The surge impedance of under ground cables is of the order of :
(a) 20 to 60 ohms (b) 200 to 500 ohms
(c) 2 kΩ to 5kΩ (d) 20 kΩ to 60 kΩ

93. A transmission line has :
(I) Resistance (II) Inductance
(III) Capacitance
Which of these results in formation of travelling waves?
(a) I only (b) II only III only
(c) I and III only (d) II and I only

94. The surge impedance of a transmission line is given by :
(a) $\sqrt{LC}$ (b) $\sqrt{C/L}$
(c) $\sqrt{L/C}$ (d) $\sqrt{L+C}$

95. Surge modifiers are used to :
(a) Reduce the current of wave front (b) Reduce the voltage of wave front
(c) Reduce the steepness of wave front (d) Modify the shape of wave front

96. Solid grounding is used for voltages :
(a) Above 220 kV (b) Above 11kV
(c) Below 660V (d) Below 115V

97. Resistance grounding is used for voltages :
(a) Below 220V (b) Upto 660V
(c) Between 3·3 kV to 11kV (d) Above 66 kV

98. Switching over-voltages are more hazardous than lightning surges in case of :
(a) Low voltage systems (b) 11kV systems
(c) Unbalanced systems (d) EHV and UHV systems

99. Current limiting reactors may be :
(a) Air cooled, air cored
(b) Oil immersed magnetically shielded
(c) Oil immersed non-magnetically shielded
(d) Any of the above

100. Series reactors are installed at strategic locations of power systems to :
(a) Bring down the fault level within the capacity of switchgear
(b) Directly pass the fault surges to ground
(c) Pass neutralizing surges of opposite nature
(d) Discharge the capacitors

101. Fault diverters :
(a) Divert the current to earth in the event of short-circuits
(b) Neutralize the surges by resistors
(c) Modify the surge wave shapes
(d) None of the above

102. In which portion of the transmission system faults occur most frequently?
(a) Transformers (b) Overhead lines
(c) Alternators (d) Underground cables

103. Which portion of transmission system is least prone to faults?
(a) Switchgear (b) CP, CT
(c) Alternators (d) Overhead lines

104. Which of the following is not a relay using electromagnetic force :
(a) Buchholz relay (b) Induction cup relay
(c) Balanced beam relay (d) Attracted armature type relay

105. Buchholz relay is operated by :
(a) Eddy currents (b) Gas pressure
(c) Electromagnetic induction (d) Electrostatic induction

106. Thermal relays are often used in :
(a) Generator protection (b) Transformer protection
(c) Motor starters (d) None of the above

107. Differential protection principle is used in the protection of :
(a) Generators (b) Transformers
(c) Feeders (d) All of the above

ANSWERS

1.	(d)	2.	(b)	3.	(c)	4.	(d)	5.	(a)	6.	(c)	7.	(d)
8.	(d)	9.	(c)	10.	(b)	11.	(a)	12.	(c)	13.	(a)	14.	(d)
15.	(d)	16.	(d)	17.	(d)	18.	(a)	19.	(b)	20.	(b)	21.	(a)
22.	(c)	23.	(a)	24.	(d)	25.	(c)	26.	(d)	27.	(b)	28.	(b)
29.	(d)	30.	(d)	31.	(a)	32.	(c)	33.	(c)	34.	(b)	35.	(c)
36.	(d)	37.	(d)	38.	(d)	39.	(c)	40.	(a)	41	(c)	42.	(b)
43.	(a)	44.	(c)	45.	(a)	46.	(d)	47.	(d)	48.	(d)	49.	(d)
50.	(b)	51.	(b)	52.	(c)	53.	(d)	54.	(c)	55.	(b)	56.	(d)
57.	(a)	58.	(a)	59.	(d)	60.	(d)	61.	(b)	62.	(c)	63.	(b)
64.	(a)	65.	(c)	66.	(d)	67.	(b)	68.	(d)	69.	(d)	70.	(d)
71.	(d)	72.	(d)	73.	(d)	74.	(d)	75.	(b)	76.	(b)	77.	(b)
78.	(d)	79.	(d)	80.	(c)	81.	(a)	82.	(a)	83.	(c)	84.	(c)
85.	(c)	86.	(b)	87.	(d)	88.	(d)	89.	(d)	90.	(d)	91.	(b)
92.	(a)	93.	(b)	94.	(c)	95.	(c)	96.	(c)	97.	(c)	98.	(d)
99.	(d)	100.	(a)	101.	(a)	102.	(b)	103.	(c)	104.	(a)	105.	(b)
106.	(b)	107.	(d)										

State whether the following statements are true (T) or False (F)

1. The deion grid consists of insulated iron discs of various shapes placed one above the other in the arc control device.
2. Air circuit breakers are used for voltages above 12 kV.
3. Double pressure type SF_6 circuit breaker is also known as Puffer type.
4. Air blast circuit breakers and SF_6 circuit breakers are preferred for EHV applications.
5. Arcing contacts of circuit-breakers are generally made of copper tungsten alloy.
6. The arc plays important role in the behaviour of circuit breaker.
7. The arc has a brightly burning core of high temperature ranging from 6000 K to 25000 K.
8. SF_6 is a heavy, colourless and chemically inert gas.
9. SF_6 gas is electro-positive.
10. In oil circuit breakers transformer oil is used.
11. An isolator does not have any current making or current breaking capacity.
12. The isolator is always operated manually.
13. A triple pole isolator has three identical poles, with operate simultaneously.
14. Isolators operate under no current conditions.

15. Non-linear resistors are used in lightening arresters.
16. Switching over voltages are proportional to system voltages.
17. Switching over-voltages arise from energising of uncharged line can be reduced by the use of high voltage shunt reactors.
18. The damage caused by surge depends on steepness of the wave front.
19. All ac power systems of today operate with solid grounding.
20. In electromagnetic relays the restraining torque is given by springs.
21. Reliability of a system means trustworthiness.
22. A protective system which responds to vector difference between two electrical quantities is known as differential protection.
23. Protective systems prevent faults by disconnecting an equipment in the event of abnormal condition.
24. Selectivity is the property by virtue of which the protective relaying system distinguishes between normal condition and abnormal condition.
25. Frequency relays are used in generator protection.
26. Alarm relays initiate alarm.
27. Tripping relays are slow and generally attracting armature type.
28. The over current relays are connected to the system normally by means of CT's.
29. Core balance GTs are used for earth-fault protection.
30. Short circuit tests are conducted on circuit breakers to piove the ratings of the circuit-breaker.
31. Fusing factor is the ratio of minimum fusing current to the current rating.
32. The distance protection responds to the ratio V/I.
33. Graded time lag and grade current over-current protection is used fur single radial feeder where time lag can be permitted.
34. Distance relaying is based on measurement of impedance between relay location and fault point.
35. Distance relay is used where time lag can be permitted.
36. Pilot wire differential relaying is used for lines upto 40 km of length.
37. In motor starter, thermal relay provides overload protection as well as single phasing protection.
38. Protection against unbalanced supply voltage is provided by negative phase-sequence relays.
39. Loss of excitation may cause a generator to run as induction generator.
40. Most of the alternators are provided with Buchholz relay in addition to differential protection.

ANSWERS

1. (T) 2. (F) 3. (F) 4. (T) 5. (T) 6. (T) 7. (T) 8. (T) 9. (F) 10. (T) 11. (T) 12. (F) 13. (T) 14. (T) 15. (T) 16. (T) 17. (T) 18. (T) 19. (F) 20. (T) 21. (T) 22. (T) 23. (T) 24. (T) 25. (T) 26. (T) 27. (F) 28. (T) 29. (T) 30. (T) 31. (T) 32. (T) 33. (T) 34. (T) 35. (F) 36. (T) 37. (T) 38. (T) 39. (T) 40. (F).

❑

2016

वैद्युत स्विच यंत्रावली एवं रक्षण

(Switch Gear and Protection)

समय : 2½ घण्टे **पूर्णांक : 50**

नोट—सभी प्रश्नों को हल कीजिए।

1. निम्न में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— *[2 × 4 = 8]*

(अ) शक्ति केन्द्रों में स्थापित विभिन्न प्रकार के प्रतिघातकों व उनके उपयोग का वर्णन कीजिए।

(ब) लाईन स्ट्रक्चर व उप-केन्द्रों के उपकरणों के भू-सम्पर्कन की आवश्यकताओं की व्याख्या कीजिए।

(स) मोटरों में होने वाले विभिन्न प्रकार के दोषों (faults) का उल्लेख कीजिए।

2. निम्न में से किन्हीं चार भागों का उत्तर दीजिए— *[4 × 4 = 16]*

(अ) शक्ति परिणामित्रों के रक्षण हेतु अन्तरात्मक रिले का रेखाचित्र खींचकर कार्य सिद्धान्त को समझाइये।

(ब) फीडरों की सुरक्षा हेतु प्रयुक्त क्रमिक काल पश्च रक्षण प्रणाली का वर्णन कीजिए।

(स) शक्ति परिणामित्रों में होने वाले विभिन्न प्रकार के दोषों व उनके परिणामित्र पर पड़ने वाले प्रभावों का उल्लेख कीजिए।

(द) परिपथ वियोजकों से सम्बन्धित विभिन्न पदों (specifications) का वर्णन कीजिए।

(य) एक सुरक्षाप्रणाली में प्रयुक्त पथ वियोजक के मुख्य गुणों (characteristics) का वर्णन कीजिए।

(र) प्रत्यावर्तकों में पैदा होने वाले विभिन्न प्रकार के दोषों व उनके प्रभावों का वर्णन कीजिए।

3. निम्न में से किन्हीं दो भागों का उत्तर दीजिए— *[2 × 5 = 10]*

(अ) एक स्वच्छ रेखा चित्र (diagra.) की सहायता से शक्ति परिणामित्रों में प्रयुक्त बकोल्ज (Buckholtz) रक्षण प्रणाली का वर्णन कीजिए व कार्य सिद्धान्त समझाइये।

(ब) क्षेत्रीय अनुप्रयोग के कर्त्तव्य के आधार पर इनके परस्पर अन्तर का वर्णन कीजिए। पृथक्कारक, स्विच व परिपथ वियोजक।

(स) संचरण लाईनों में पैदा होने वाले अधिवोल्टताओं व प्रगामी तरंगों के कारणों का उल्लेख कीजिए।

4. निम्नलिखि (अ) व (ब) खण्डों में से किन्हीं दो भागों का उत्तर दीजिए— *[4 × 4 = 16]*

(अ) निम्न में से किन्हीं दो पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये—

(i) हिल्लोल अवशोषक (ii) एच०आर०सी०फ्यूज

(iii) प्राईमरी (प्राथमिक)-बैकअपरिले (पश्च प्रचलित) (iv) थाइराइट लाइटनिंग अरेस्टर।

(ब) निम्न में से किन्हीं दो भागों को हल कीजिए—

(i) स्वच्छ रेखाचित्र की सहायता से फीडरों की सुरक्षा में प्रयुक्त रिंग-मेन प्रणाली का वर्णन कीजिए।

(ii) दूरी रक्षण रिले की कार्य प्रणाली सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।

(iii) आर्क-संप्रेशषण काईल भूसम्पर्कन प्रणाली को समझाइये।

(iv) शक्ति प्रणाली में त्रिकलीय समितीय व असमितीय दोषों व उनके होने वाले प्रभावों का वर्णन कीजिए। □

SEMESTER EXAMINATION, (U.P.) 2018

वैद्युत स्विच गियर एवं यन्त्रावली

(Switch Gear and Protection)

Code : 0023

5th Semester

Time : 2.30 Hours] **[Maximum Marks : 50**

Notes :

(i) Attempt all questions.

(ii) Students are advised to specially check the Numerical Data of question paper in both versions. If there is any difference in Hindi translation of any question, the students should answer the question according to the English version.

(iii) Use of Pager and Mobile Phone by the students is not allowed.

नोट—सभी प्रश्नों को हल कीजिए।

1. निम्न में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए—

Answer any two parts of the following : **[2 × 5 = 10]**

(अ) 3-फेजी सम दोष की दशा में दोष-धारा की गणना की विधि समझाइये।

Describe the procedure of calculating the fault current in case of three phase symmetrical fault.

(ब) दोष धारा में डी०सी० आफसेट धारा में समाहित करने पर क्या प्रभाव होता है? कैसे और क्यों, सब-ट्रान्सईन्ट, ट्रान्सईन्ट और स्टडी दशा में दोष धारा परिवर्तित होती है।

How the effect of DC offset current is incorporated in fault current? How and why the fault current varies during sub transient, transient and steady state period.

(स) एक 3-फेजी, 10,000 के०वी० आल्टरनेटर का सब-ट्रान्सईन्ट रियक्टेन्स 8% है। सिरों पर 3-फेजी लघु परिपथ दोष होता है। दोष धारा तथा दोष एम०वी०ए० की गणना कीजिए।

A 3-phase, 10,000 kV alternator has a sub transient reactance of 8%. A three phase short circuit occurs at its terminals. Determine the fault current and fault MVA.

2. निम्न में से किन्हीं चार भागों के उत्तर दीजिए—

Answer any four parts of the following : **[4 × 3 = 12]**

(अ) एच०वी० फ्यूजेज की उपयोगिता बताइये तथा वर्गीकरण कीजिए।

Give the classification and applications of H.V. Fuses.

(ब) सर्किट-ब्रेकर और स्वीच-गीयर की जाँच की विधि तथा उसके लिए आवश्यक उपकरणों की व्याख्या कीजिए।

Explain the equipment required and methods of testing of circuit breakers and switch gears.

(स) टाईम-ओवर धारा रिले और डायरेक्शनल रिले की तुलनात्मक व्याख्या कीजिए।

Distinguish between time over current relay and directional relay.

(द) सालिड स्टेट रिले की मूल संरचना और सिद्धान्त समझाइये।

Explain the principle and basic construction of solid state relays.

(य) चित्र की सहायता से वैक्यूम सर्किट ब्रेकर की कार्यविधि समझाइये।

Draw and describe the working of Vacuum Circuit breaker.

3. निम्न में से किन्हीं तीन भागों के उत्तर दीजिए—

Answer any three parts of the following : [3 × 4 = 12]

(अ) जनरेटर की सुरक्षा के प्राथमिक उपाय क्या है?

What are the preventive measures for the protection of generators?

(ब) ट्रान्सफारमर की स्टेटिक डिफरेन्शियल सुरक्षा को समझाइये।

Explain the static differential protection of a transformer.

(स) ट्रान्समिशन लाईन की सुरक्षा समझाइये। इसकी सुरक्षा के प्रारम्भिक उपाय क्या है?

Explain the protection of transmission lines. What is the preventive protection?

(द) रिंग फीडर की सुरक्षा-व्याख्या कीजिए।

Describe the protection of ring feeders.

4. निम्न में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए—

Answer any two parts of the following : [2 × 4 = 8]

(अ) पावर सिस्टम में ओवर वोल्टेज के कारण की व्याख्या कीजिए।

Explain the causes of over voltage in power system.

(ब) ट्रान्समिशन लाईन की सुरक्षा की विधि समझाइये और इसमें तड़ित (लाईटनिंग) और अधिक वोल्टता के लिए प्रयुक्त उपकरणों की व्याख्या कीजिए।

Explain the method of protecting transmission lines and apparatus against lightning and over voltages.

(स) पावर स्टेशन में रिऐक्टर को लगाने की विधि को समझाइये।

Describe the method of connecting reactors in power stations.

5. निम्न में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए—

Answer any two parts of the following : [2 × 4 = 8]

(अ) पोल-माऊन्टिग सब-स्टेशन की विस्तृत विवेचना कीजिए।

Describe the pole mounting substation in detail.

(ब) सब-स्टेशन के लिए जगह चुनने के लिए किन-किन बातों का ध्यान रखते हैं समझाइये।

Describe the factors to be considered for selection of site of a substation.

(स) प्राकृतिक भू-संयोज (नेचुरल ग्राऊन्डिंग) से क्या समझते हैं? समझाइये।

What do you understand by Natural Grounding? Explain.

O

ODD SEMESTER EXAMINATION (U.P.), DECEMBER–2019

स्विच गियर एवं संरक्षण

(Switch Gear and Protection)

Code : 0023

Fifth Semester

Time : 2.30 Hours] **[Maximum Marks : 50**

Notes :

(i) Attempt all questions.

(ii) Students are advised to specially check the Numerical Data of question paper in both versions. If there is any difference in Hindi translation of any question, the students should answer the question according to the English version.

(iii) Use of Pager and Mobile Phone by the students is not allowed.

नोट—सभी प्रश्नों को हल करें।

1. निम्न में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— [2 × 5 = 10]

(अ) समितीय दोष से आप क्या समझते हैं? 3-फेज शक्ति प्रणाली में उन दोषों के नाम बताओ जिनके कारण समितीय दोष होते हैं।

(ब) HRC फ्यूज की संरचना, कार्य सिद्धान्त एवं अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए।

(स) एक अच्छे रक्षणतन्त्र की मुख्य आवश्यकताएँ क्या हैं? विवेचना कीजिए।

2. निम्न में से किन्हीं चार भागों के उत्तर दीजिए— [4 × 3 = 12]

(अ) लघु-पथ करन्ट की गणना करने की आवश्यकता का वर्णन कीजिए।

(ब) ट्रांसमिशन लाईन के प्रारम्भिक सुरक्षा का वर्णन कीजिए।

(स) पृथ्ककारक (Isolator) की तुलना परिपथ वियोजक (Circuit Breaker) से कीजिए।

(द) SF-6 परिपथ वियोजक की व्याख्या कीजिए।

(य) "पीटरसन कुंडली भूसम्पर्कन" की व्याख्या कीजिए।

3. निम्न में से किन्हीं तीन भागों के उत्तर दीजिए— [3 × 4 = 12]

(अ) आल्टरनेटर की स्टेटर कुंडली के दोष से सुरक्षा के लिए किसी एक विधि का वर्णन कीजिए।

(ब) ट्रांसफॉर्मर की सुरक्षा के लिए प्राथमिक उपायों का वर्णन कीजिए।

(स) स्टेटिक रिले की संरचना एवं कार्य-विधि की व्याख्या कीजिए।

(द) थर्मल रिले की संरचना एवं कार्य-विधि का वर्णन कीजिए एवं इसके अनुप्रयोग दीजिए।

4. निम्न में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— [2 × 4 = 8]

(अ) रियेक्टर क्या है? दोष धारा को सीमित करने में रियेक्टर का क्या महत्व है, व्याख्या कीजिए।

(ब) परिपथ वियोजक की विभिन्न क्षमताओं का वर्णन कीजिए।

(स) अन्तरात्मक रिले की संरचना एवं कार्य-विधि की व्याख्या कीजिए एवं इसके अनुप्रयोग दीजिए।

5. निम्न में से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए— [2 × 4 = 8]

(अ) सब-स्टेशन के बस-बार की सुरक्षा का वर्णन कीजिए।

(ब) तड़ित क्या है? शक्ति प्रणाली में तड़ित-निवर्तकों की लोकेशन्स (स्थान निर्धारण) का संक्षिप्त विवरण दीजिए।

(स) शक्ति-प्रणाली में न्यूट्रल-अर्थिंग के विभिन्न विधियों का संक्षेप में वर्णन कीजिए।

O