सार्थक

प्राविधिक शिक्षा परिषद् उ॰ प्र॰ द्वारा
स्वीकृत नवीनतम् पाठ्यक्रमानुसार

शक्ति संयन्त्र इंजीनियरिंग

Power Plant Engineering

अर्पित सिंह

Jai Prakash Nath Publications
Meerut

विषय सूची

1. परिचय (Introduction) 1-16

2. शक्ति संयन्त्र चक्र (Power Plant Cycle) 17-33

3. ताप शक्ति संयन्त्र (Thermal Power Plant) 34-86

4. जल विज्ञान (Hydrology) 87-123

5. नाभिकीय शक्ति संयन्त्र (Nuclear Power Plant) 124-143

6. डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र (Diesel Engine Power Plant) 145-171

7. गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र (Gas Turbine Power Plant) 172-188

8. शक्ति संयन्त्रों का संयुक्त संचालन (Combined Working of Power Plant) 189-192

9. ऊर्जा के अपरम्परागत स्रोत (Non-Conventional Energy Resources) 193-215

10. वैद्युत ऊर्जा उत्पादन में नवीन विकास (Recent Development Generation of Electrical Energy) 216-235

- परीक्षा प्रश्न-पत्र

Chapter 1

परिचय (Introduction)

1.1 प्रस्तावना (Introduction)

शक्ति संयन्त्र जिसे हम Power Station या Power House भी कहते हैं, यह एक औद्योगिक सुविधा है विद्युत उत्पन्न करने की शक्ति संयन्त्र इंजीनियरिंग के अन्तर्गत हम विभिन्न प्रकार के शक्ति संयन्त्र, इनमें इस्तेमाल होने वाले ईंधन तथा अन्य ऊष्मागतिकी प्रक्रियाओं का अध्ययन करेंगे।

विश्व का पहला शक्ति संयन्त्र 1878 में इटली के बेभरिएन (Bavarian) नगर में सिगमुड स्कर्ट (Sigmund Schukert) द्वारा डिजाइन किया गया था। इस पॉवर स्टेशन में 24 डायनमों विद्युत जनरेटर लगाए गए थे जो कि भाप इंजन चलित थे।

सन् 1882 ई० में लन्दन में पहला सार्वजनिक पॉवर हाउस स्थापित किया गया जिसे **एडिसन इलैक्ट्रिक लाइट स्टेशन** का नाम दिया गया। जिसे महान् **थामस एडिसन** एवं उनके सहयोगी **एडवर्ड जानसन** द्वारा डिजाइन किया गया था।

इस पॉवर स्टेशन में बैबकॉक एवं विलकॉक बॉयलर द्वारा एक 125 hp वाष्प इंजन का इंजन चलाया गया जिससे 27 ton का जनरेटर चलाकर विद्युत उत्पन्न की जाती है।

20वीं शताब्दी के शुरूआत में ईंधन का प्रयोग करके परम्परागत तरीके से विद्युत उत्पन्न की जाती थी। तकनीकी के विकास के साथ-साथ विद्युत उत्पादन की दर तथा विद्युत उत्पादन प्रणाली में बदलाव हुए।

कुछ प्रमुख शक्ति संयन्त्र निम्न हैं—

(i) तापीय शक्ति संयन्त्र (Thermal power plant)

(ii) नाभिकीय शक्ति संयन्त्र (Nuclear power plant)

(iii) गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र (Gas tubine power plant)

(iv) डीजल इन्जन शक्ति संयन्त्र (Diesel engine power plant)

शक्ति संयन्त्र के अध्ययन मे प्रमुख तथ्यों का ज्ञात होना आवश्यक है—

1.2 ऊर्जा एवं शक्ति (Energy and Power)

कार्य करने की क्षमता को ऊर्जा कहते है। दूसरे शब्दों में हम कह सकते हैं कि वह निकाय जो कार्य करने में सक्षम हो उसके अन्दर ऊर्जा निहित होती है। इसका प्रत्यक्ष अवलोकन संभव नहीं है परन्तु अप्रत्यक्ष रूप से इसे मापा जा सकता है। यह एक अदिश राशि है तथा सर्वप्रथम न्यूटन द्वारा इसको परिभाषित किया गया था। इसका मात्रक न्यूटन-मीटर (N-m) या Joule (J) होता है।

अत: ऊर्जा का सम्बन्ध भौतिक पदार्थों से जुड़ा है। ऊर्जा प्रवाह की दर को हम शक्ति (Power) कहते हैं, परन्तु हम भौतिक पदार्थ को ऊर्जा का नाम नहीं दे सकते हैं।

ऊर्जा मुख्यत: विभिन्न रूपों में उपलब्ध रहती है: जैसे-यांत्रिक ऊर्जा, विद्युत ऊर्जा, ऊष्मीय ऊर्जा आदि। इन्हीं ऊर्जा का उपयोग कर हम शक्ति उत्पन्न करते हैं।

वह उपकरण या मशीन या संयन्त्र जिनका उपयोग कर हम विभिन्न प्रकार की ऊर्जा (यांत्रिक, विद्युत आदि) को शक्ति में बदलने के लिए करते हैं शक्ति संयन्त्र कहलाते हैं।

ऊर्जा तथा शक्ति दोनों ही मनुष्यों के दैनिक जीवन में आवश्यक होते हैं। ऊर्जा वह कारक है जिससे मनुष्य अपनी गतिविधियों को सुचारू रूप से पूरा करता है, चाहें वह उद्योगों से संबंधित हो या कृषि से संबंधित हो या अपने दैनिक जीवन के भौतिक सुखों से संबंधित हो। किसी देश की आर्थिक स्थिति के लिए ऊर्जा (ऊर्जा उत्पादन तथा ऊर्जा खपत) एक महत्वपूर्ण कारक माना जाता है।

तकनीकी के विकास के साथ-साथ ऊर्जा खपत की दर तथा ऊर्जा उत्पादन दोनों में ही वृद्धि लगातार बढ़ती जा रही है। अत: अब हमें कुछ नए ऊर्जा स्रोतों की आवश्यकता होगी।

1.3 ऊर्जा स्रोत एवं उनका वर्गीकरण

ऊर्जा के विभिन्न स्रोत निम्नलिखित हैं—

(i) ईंधन (Fuel)
(ii) जल में निहित ऊर्जा या द्रव ऊर्जा (Water or Hydraullic Energy)
(iii) नाभिकीय ऊर्जा (Nuclear Energy)
(iv) वायु में निहित ऊर्जा या वायुवीय ऊर्जा (Wind Energy)
(v) सौर ऊर्जा (Solar Energy)
(vi) ज्वार ऊर्जा (Tidal Energy)
(vii) तापीय-विद्युत ऊर्जा (Thermo-Electrical Energy)
(viii) भू-उष्मीय ऊर्जा (Geothermal Energy)

ऊर्जा स्रोत को दो वर्गों में विभाजित किया गया है—

(i) परम्परागत ऊर्जा स्रोत—ऊर्जा के वे स्रोत जिनकी पुनारावृति संभंव नहीं है, परम्परागत ऊर्जा स्रोत (Conventional energy sources or Non-renewable energy sources) कहलाते हैं। **उदाहरण**—ईंधन (कोयला एवं पट्रोलियम)।

(ii) अपरम्परागत ऊर्जा स्रोत—ऊर्जा के वे स्रोत जिनकी पुनरावृत्ति संभंव है, अपरम्परागत ऊर्जा स्रोत कहलाते हैं (Non conventional energy sources or Renewable energy sources)। **उदाहरण**—सौर ऊर्जा, जल ऊर्जा इत्यादि।

1.3.1 ईंधन (Fuel)

ईंधन वह रासायनिक पदार्थ है जिसके दहन के फलस्वरूप ऊष्मीय ऊर्जा उत्पन्न होती है। रासायनिक पदार्थ में मुख्यत: कार्वन, हाइड्रोजन तथा सल्फर अवयव उपस्थित होते हैं। चूंकि यह ईंधन मुख्यत: तीन रूपों में प्रकृति में उपलब्ध होते हैं—

(i) ठोस ईंधन
(ii) द्रवीय ईंधन
(iii) गैसीय ईंधन

ईंधन के वर्गीकरण का संक्षिप्त विवरण चार्ट निम्नलिखित है—

क्रम संख्या	ईंधन की प्रकृति	ईंधन
1.	ठोस ईंधन	(i) लकड़ी (Wood) (ii) पीट (Peat) (iii) लीग्नाइट कोल (Lignite Coal) (iv) कोक (Coke) (v) चारकोल (Charcoal)
2.	द्रवीय ईंधन	पेट्रोलियम जैसे—गैसोलिन, कैरोसिन, फ्यूल ऑयल, एल्कोहल, बेन्जोल, सेल ऑयल।
3.	गैसीय ईंधन	प्राकृतिक गैस जैसे—पेट्रोलियम गैस, प्रोड्यूसर गैस, कोल गैस, कोक-ओवन गैस, ब्लास्ट फरनस गैस, कारबोरेटेड गैस, सीवर गैस आदि।

1. ठोस ईंधन

(a) कोयला—इसके मुख्य अवयव कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, सल्फर, राख तथा आर्द्रता हैं। कोयला निर्माण विधि के चरणों के आधार पर कुछ प्रमुख कोयले निम्नलिखित हैं—

- पीट (Peat)
- लीग्नाइट एवं ब्राउन कोल (Lignite or Brawn Coal)
- बिटूमिनस कोल (Bituminous Coal)
- अर्ध-बिटूमिनस कोल (Semi-bituminous Coal)
- अर्ध-एन्थ्रेसाइट कोल (Semi-anthracite Coal)
- एन्थ्रेसाइट कोल (Anthracite Coal)
- ग्रेफाइट (Graphite)

(i) पीट (Peat)—यह एक जीवाश्म ईंधन (Fossile fuel) हैं जो लकड़ी द्वारा प्राप्त किया जाता है। इसमें आर्द्रता भरपूर मात्रा में पायी जाती है। अत: इसे प्रत्यक्ष रूप से इस्तेमाल करने के लिए कुछ अवधि तक सुखाना पड़ता है।

मुख्यत: यूरोप तथा रूस में इस्तेमाल किया जाता है।

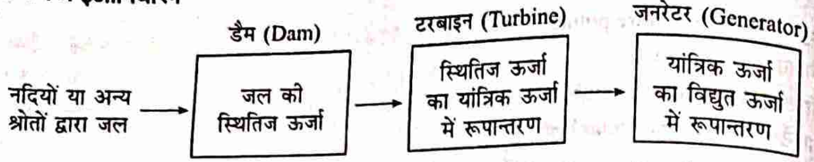
(ii) लीग्नाइट एवं ब्राउन कोल (Lignite or Brawn Coal)—यह पीट तथा कोयले के मध्य का चरण होता है। इसमें आर्द्रता तथा राख की मात्रा अत्यधिक होती है तथा Heat Content की मात्रा कम होती है। यह प्रकृति में पाउडर (Amorphus) के रूप में पाया जाता है जिससे इसका परिवहन भी कठिन हो जाता है।

(iii) बिटूमिनस कोल (Bituminous Coal)—इसमें वोलाटाइल मटेरियल (Volatile Material) की मात्रा अधिक होती है। यह जलने के बाद पीला तथा धुआँ सहित फ्लेम (Flame) उत्पन्न करता है।

इसकी उष्मीय मान (Calorific value) 3/350 kJ/kg होती है तथा यह मुख्यत: दो प्रकार की होती है—

- कोकिंग कोल (Coking Coal)
- नान-कोकिंग कोल (Non-coking Coal)

(iv) अर्ध-बिटूमिन्स कोल (Semi-bituminous Coal)—यह दहन के फलस्वरूप कम धुआँ उत्पन्न करता है तथा इसमें 15 से 20 प्रतिशत तक Volatile Matter होता है। यह आसानी से टूट जाता है जिससे परिवहन में सुविधा होती है। यह एन्थ्रेसाइट से मुलायम होता है।



द्रव ऊर्जा कई कारणों द्वारा अत्यधिक उपयोगी मानी जाती है, जिनमें से कुछ प्रमुख निम्न हैं—

(i) सबसे सस्ता ईंधन है, क्योंकि यह प्रकृति में प्रचुर मात्रा में उपलब्ध है।
(ii) इसका भण्डारण अत्यन्त सरल होता है।
(iii) भण्डारण के दौरान उपयोग की जाने वाली उपकरणों संचालन अत्यन्त सरल होता है।
(iv) जल का उपचार अत्यन्त सरल एवं सस्ता होता है।
(v) क्रिया के दौरान होने वाली हानियाँ भी कम होती हैं तथा ऊर्जा का ह्रास भी कम होता है।

उदाहरण—डेहर पावर हाउस जिसकी क्षमता 165 MW है तथा सतुलज नदी पर बना है।

1.3.3. नाभिकीय ऊर्जा (Nuclear Energy)

पदार्थ की संरचना में सबसे छोटा कण परमाणु होता है। परमाणु से मिलकर किसी पिण्ड का निर्माण होता है। इन परमाणु में ऊर्जा संरक्षित होती है। यह ऊर्जा बाइडिंग ऊर्जा (Binding Energy) के रूप में परमाणुओं में निहित होती है। यह ऊर्जा नाभिकीय संलयन तथा नाभिकीय विखण्डन प्रक्रिया के द्वारा उत्पन्न की जाती है जो श्रृखंला अभिक्रिया (Chain reaction) के द्वारा विशेष प्रकार के उपकरण में उत्सर्जित की जाती है।

एक किलोग्राम यूरेनियम के दहन से उतनी मात्रा में ऊर्जा (ऊष्मा के रूप में) उत्पन्न की जा सकती है, जितनी की 4500 tonne कोयला या 2000 tonne तेल के दहन से ऊर्जा उत्पन्न होती है।

कुछ महत्वपूर्ण तथ्य जो नाभिकीय ऊर्जा को महत्वपूर्ण बनाते है निम्नलिखित हैं—

- भण्डारण की समस्याओं का निवारण हो जाता है।
- दहन के फलस्वरूप कोई अवशेष नहीं बचता है।
- वातावरण प्रदूषण नहीं के बराबर होता है।
- ईंधन परिवहन तथा ईंधन तैयारी में प्रयुक्त होने वाले उपकरण में व्यय में कमी होती है।
- ऊष्मीय ऊर्जा उत्पादन दर अपेक्षाकृत अधिक होती है।

उपरोक्त सभी तथ्यों के बावजूद कुछ हानिकारक प्रभाव जो कि नाभिकीय ऊर्जा से संबंधित हैं। **जैसे**—विकिरण, व्यर्थ पदार्थों का निस्तारण, प्रारम्भिक लागत इत्यादि।

कुछ महत्वपूर्ण नाभिकीय ईंधन निम्नलिखित हैं—

(a) यूरेनियम (b) थोरियम (c) प्लूटोनियम, आदि

उपरोक्त सभी नाभिकीय ईंधन आइसोटोप्स (Isotopes) के रूप में इस्तेमाल किये जाते है। इन नाभिकीय ईंधनों से ऊष्मा नाभिकीय रियेक्टर के माध्यम से बाहर निकाली जाती है।

भारत में कुछ प्रमुख नाभिकीय ऊर्जा संयन्त्र तथा इनकी उत्पादन क्षमता निम्नलिखित हैं—

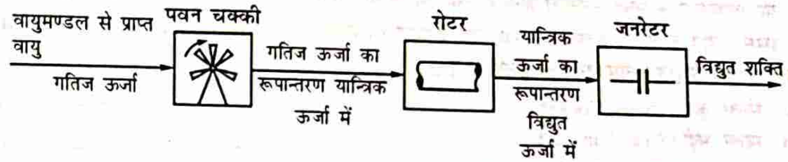
क्र. सं.	नाभिकीय शक्ति संयन्त्र	राज्य	उत्पादन क्षमता
1.	तारापुर नाभिकीय शक्ति संयन्त्र	महाराष्ट्र	400 MW (2 × 200)
2.	राणा प्रताप सागर नाभिकीय शक्ति संयन्त्र	कोटा, राजस्थान	400 MW (2 × 200)
3.	कलपक्कम नाभिकीय शक्ति संयन्त्र	तमिलनाडु	440 MW (2 × 220 MW)
4.	नरोरा नाभिकीय शक्ति संयन्त्र	उत्तर प्रदेश	470 MW (2 × 235 MW)
5.	ककरपुर नाभिकीय शक्ति संयन्त्र	गुजरात	940 MW (4 × 235 MW)

1.3.4. वायु में निहित ऊर्जा या वायुवीय ऊर्जा (Wind Energy)

यह ऊर्जा के गैर परम्परागत स्रोत हैं। वायु की ऊर्जा का उपयोग विद्युत ऊर्जा के उत्पादन में किया जाता है। दो मुख्य कारण जिसकी वजह से वायु उत्पन्न होती है—

- वातावरण के गर्म तथा ठण्डे होने के कारण एक संवहन विद्युत उत्पन्न होती है तथा इस संवहन विद्युत (Convection current) के कारण वायुमण्डल में वायु उत्पन्न होती है। वातावरण गर्म, सूर्य की किरणों द्वारा उत्सर्जित ऊष्मा के कारण होता है।
- धरातल के घूर्णन गति के कारण। यह घूर्णन गति वातावरण तथा सूर्य के सापेक्ष में होती है।

वायु ऊर्जा, सौर ऊर्जा का अप्रत्यक्ष रूप है। वायु में निहित ऊर्जा का उपयोग पवन चक्की के माध्यम से किया जाता है। पवन चक्की वायु की गतिज ऊर्जा को रोटर की यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित कर देता है। जनरेटर की सहायता से यह यांत्रिक ऊर्जा विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है।



चित्र 1.1

प्रमुख विशेषताएँ निम्नलिखित हैं—

(i) ऊर्जा के गैर परम्परागत स्रोतों द्वारा प्राप्त होता है।
(ii) वातवरण को प्रदूषित नहीं करता है।
(iii) भण्डारण के लिए अतिरिक्त स्थान, अतिरिक्त उपकरण की आवश्यकता नहीं होती है।
(iv) परिवहन से संबंधित समस्याएँ नहीं होती हैं।
(v) दहन से होने वाले हानिकारक दुष्प्रभाव से छुटकारा मिल जाता है।

प्रमुख हानियाँ निम्नलिखित हैं—

(i) ऊर्जा का यह स्रोत वायुमण्डल की स्थिति पर निर्भर करता है। अतः मानसून जैसे कारक इसको प्रभावित करते हैं।
(ii) चूँकि इसमें पवन चक्की का इस्तेमाल किया जाता है, अत; यह ध्वनि प्रदूषण उत्पन्न करता है।
(iii) वायुवीय ऊर्जा शक्ति संयन्त्र के लिए अधिक से अधिक स्थान की आवश्यकता होती है।

भारत में प्रमुख स्थानों पर वायु ऊर्जा शक्ति संयन्त्र

क्र. सं.	वायु ऊर्जा शक्ति संयन्त्र	राज्य
1.	कजारी वायु ऊर्जा शक्ति संयन्त्र	जोधपुर, राजस्थान
2.	WP-2 वायु ऊर्जा शक्ति संयन्त्र	बंगलूरू, कर्नाटक
3.	NP-1 वायु ऊर्जा शक्ति संयन्त्र	बंगलूरू, कर्नाटक
4.	12 PU 500 वायु ऊर्जा शक्ति संयन्त्र	बंगलूरू, कर्नाटक
5.	मदूरै ऊर्जा शक्ति संयन्त्र	मदूरै, तमिलनाडु
6.	तैयब जी वायु ऊर्जा शक्ति संयन्त्र	अजमेर, राजस्थान
7.	सोलापुर वायु ऊर्जा शक्ति संयन्त्र	सोलापुर, महाराष्ट्र
8.	सेन्ट्रल साल्ट एण्ड मराईन कैमिकल्स इन्सीट्यूट	भावनानगर, गुजरात

Note—भारत में वायु ऊर्जा द्वारा 20,000 MW ऊर्जा (शक्ति) का उत्पादन किया जाता है।

1.3.5. सौर ऊर्जा (Solar Energy)

सौर ऊर्जा हमें सूर्य के द्वारा प्राप्त होती है। यह प्रकृति में प्रचुर मात्रा में उपलब्ध होती है तथा यह ऊर्जा का अपरम्परागत स्रोत है। पृथ्वी पर सौर ऊर्जा, सूर्य की किरणों द्वारा प्रवेश करता है तथा पृथ्वी के सभी अवयव में निहित होता है।

सूर्य द्वारा प्राप्त विकिरण को सौर ऊर्जा में परिवर्तित करने के लिए ग्लास लेन्स तथा रिफ्लेक्टर का इस्तेमाल किया जाता है।

सूर्य द्वारा प्राप्त ऊर्जा $1 \cdot 8 \times 10^{11}$ MW के बराबर होती है।

सौर ऊर्जा की प्रमुख विशेषताएँ निम्न हैं—

- यह ऊर्जा का वैकल्पिक स्रोत है तथा कभी नष्ट ना होने वाला स्रोत है।
- यह वातावरण तथा वायु दोनों को प्रदूषित नहीं करता है।
- यह वातावरण में मुफ्त उपलब्ध होता है तथा इसे किसी प्रकार की उपचार की आवश्यकता नहीं है।
- इससे विद्युत ऊर्जा का उत्पादन प्रत्यक्ष रूप में फोटो वोल्टोयिक सेल या सौर सेल द्वारा किया जाता है।

सौर ऊर्जा के प्रमुख अनुप्रयोग निम्नलिखित हैं—

(i) सोलर कुकर (Solar Cooker)
(ii) सोलर भट्टी (Solar Furnace)
(iii) सोलर जलतापक (Solar Waterheater)
(iv) सोलर तालाब (Solar Pond)
(v) सोलर फोटो वोल्टयिक सेल (Solar Photo Voltaic Cell)
(vi) कृषि उत्पादों को सुखाने में
(vii) सोलर भंजन में (Solar Distillation)
(viii) वाटर पम्प के लिए सोलर इंजन
(ix) सोलर विद्युत शक्ति उत्पादित करने में
(x) भाप के निर्माण में, आदि।

सौर ऊर्जा की कमियाँ

(i) विकिरण की तीव्रता स्थान तथा मौसम स्थिति पर निर्भर करता है। बरसात में सौर विकिरण की तीव्रता अत्यन्त कम होती है।
(ii) विकिरण, धुँआ, कोहरा तथा धूल द्वारा प्रभावित होता है।
(iii) बड़ी मात्रा में क्लेक्टर (Collector) की आवश्यकता होती है।
(iv) प्रारम्भिक लागत भी अधिक होती है।

1.3.6. ज्वार ऊर्जा (Tidal Energy)

यह ऊर्जा मुख्यत: समुद्रों में उत्पन्न होती है। पृथ्वी तथा चन्द्रमा दोनों के सम्मिलित गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव के कारण ज्वार समुद्रों में उत्पन्न होते हैं। समुद्र तल से ऊपरी या उच्च ज्वार को फ्लोड ज्वार (Flood tide) कहते है तथा समुद्र तल से नीचे की ज्वार को ऐव ज्वार (Ebb tide) कहते है। फ्लोड ज्वार तथा ऐव ज्वार के बीच उत्पन्न हुए हेड का इस्तेमाल द्रवीय टरबाइन (Hydraulic turbine) को चलाने में करते हैं जिससे यांत्रिक कार्य या ऊर्जा प्राप्त होती है।

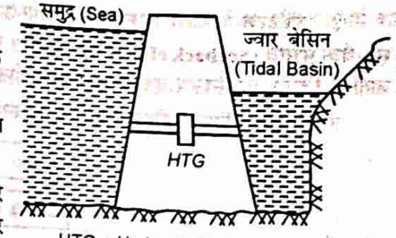
इस यांत्रिक कार्य द्वारा हम विद्युत ऊर्जा प्राप्त करते हैं।

ज्वार ऊर्जा शक्ति संयन्त्र के मुख्य अवयव

(i) बांध—यह एक भण्डारण होता है, जिसमें ज्वार के दौरान जल को एकत्र एवं जल को बाहर निकालता है।

(ii) पावर हाउस—इसमें यांत्रिक उपकरण तथा विद्युत उपकरण लगे होते हैं जिसके द्वारा ऊर्जा का रूपान्तरण होता है।

(iii) स्लूइस गेट (Sluice gate)—समुद्रों द्वारा उच्च ज्वार तथा निम्न ज्वार के दौरान बांध के अन्दर जल को ले जाना तथा बाहर निकालना स्लूइस गेट का कार्य होता है।



चित्र 1.2

ज्वार ऊर्जा के लाभ

(i) यह ऊर्जा नि:शुल्क उपलब्ध होती है।
(ii) यह प्रदूषण रहित होती है।
(iii) ज्वार ऊर्जा द्वारा उत्पन्न विद्युत शक्ति से क्षेत्रीय समस्याओं को दूर किया जा सकता है।

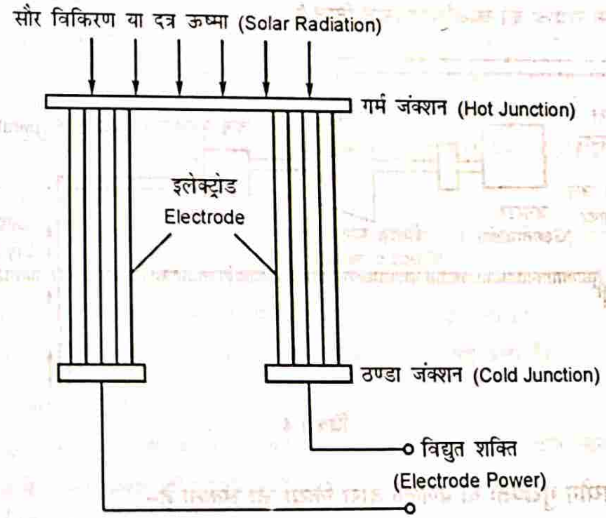
ज्वार ऊर्जा से हानियाँ

(i) प्रारम्भिक लागत अधिक होती है।
(ii) सभी स्थानों पर संभव नहीं होती है।
(iii) उत्पन्न ऊर्जा सीमित होती है।

पहला ज्वार ऊर्जा शक्ति संयन्त्र 1966 में फ्रांस के रेन्स (Rance) में 240 MW शक्ति का स्थापित किया गया था। भारत में कुछ स्थानों पर प्रस्तावित हैं; जैसे—कैम्बे की खाड़ी, कच्छ (गुजरात), सुन्दरवन (पं० बंगाल)।

1.3.7. तापीय-विद्युत ऊर्जा (Thermo-Electrical Energy)

तापीय विद्युत ऊर्जा में उपयोग किए जाने वाले उपकरणों का सचित्र विवरण निम्नलिखित है—



चित्र 1.3

इस उपकरण में सोलर विकरण द्वारा प्राप्त ऊष्मा को सीधे विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है। यह उपकरण **सी-बैक प्रभाव (Seeback effect)** पर आधारित होता है। जिसके अंतर्गत दो जंक्शन को भिन्न तापमान पर ऊष्मा प्रदान की जाती है जिसके फलस्वरूप एक emf उत्पन्न होता है तथा loop के अन्दर विद्युत उत्पन्न होती है।

उत्पन्न emf निम्न समीकरण द्वारा ज्ञात किया जा सकता है—

$$E = \alpha\,(T_2 - T_1)$$

$$E = \alpha\,(T_h - T_c)$$

जहाँ E = emf

$T_2 = T_h$ = गर्म जंक्शन का तापमान

$T_1 = T_c$ = ठण्डे जंक्शन का तापमान

α = सी-बैक नियंताक (Seeback co-efficient)

तापीय विद्युत शक्ति में ईंधन (प्रारम्भिक ऊर्जा) मुफ्त उपलब्ध होता है। इलैक्ट्रोड में अर्ध-चालक के साथ Ceramics की डोपिंग (Dopping) की जाती है।

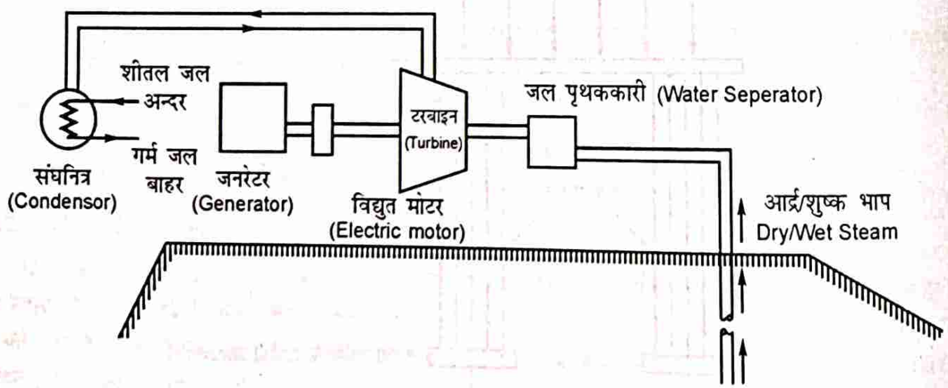
इस ऊर्जा के उपयोग से 100 MW की विद्युत शक्ति उत्पन्न की जा सकती है।

गर्म जंक्शन का तापमान बनाए रखने के लिए या तो बर्नर या नाभिकीय रियेक्टर या सौर विकरण का इस्तेमाल किया जाता है। ठण्डे जंक्शन का तापमान बनाए रखने के लिए या तो विकिरण ऊष्मा प्रवाह (Radiative heat transfer) का इस्तेमाल किया जाता है।

1.3.8. भू-ऊष्मीय ऊर्जा (Geothermal Energy)

भू-ऊष्मीय ऊर्जा से तात्पर्य पृथ्वी के अन्दर उपस्थित ऊष्मीय ऊर्जा से है, चूँकि हम जानते हैं कि धरातल के अन्दर गर्म तप्त कोर है जिसमें उच्च तीव्र ऊष्मा की मात्रा उपलब्ध है। इस ऊष्मा का प्रयोग करके शक्ति संयन्त्र में विद्युत शक्ति उत्पन्न किया जा सकता है।

भू-ऊष्मीय शक्ति संयन्त्र का व्यवस्थित चित्र निम्न है—



चित्र 1.4

भू-ऊष्मीय ऊर्जा का उपयोग मुख्यतः दो प्रणाली द्वारा किया जा सकता है–

प्रथम प्रणाली में धरातल की ऊष्मीय ऊर्जा का उपयोग भरण जल को गर्म करने तथा उसे शुष्क भाप में परिवर्तित करने में किया जाता है। इसे शुष्क भाप द्वारा टरबाइन से यांत्रिक ऊर्जा तथा यांत्रिक ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा में प्राप्त किया जाता है।

द्वितीय प्रणाली में भू-ऊष्मीय ऊर्जा को टरबाइन में भेजकर यांत्रिक कार्य प्राप्त किया जाता है तथा इस यांत्रिक कार्य को जनरेटर के माध्यम से विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है।

भू-ऊष्मीय शक्ति संयन्त्र में कार्य प्रणाली रेकिन चक्र (Rankine Cycle) पर आधारित हैं।

कुछ प्रमुख भू-ऊष्मीय शक्ति संयन्त्र निम्नलिखित हैं—

(a) लार्ड एरलो (Lord Arello), इटली 460 MW in 1905

(b) Wairaki, न्यूजीलैण्ड, 250MW

भारत में मनीकारा (Manikarah), हिमाचल प्रदेश भू-ऊष्मीय क्षेत्र के अंतर्गत आता है।

1.4 कुछ अन्य ऊर्जा स्रोत निम्नलिखित हैं–

- समुद्री-ऊष्मीय ऊर्जा (Ocean Thermal Energy)
- हाइड्रोजन ऊर्जा (Hydrogen Energy)
- ईंधन सेल ऊर्जा (Fuel Cell Energy)
- ऊष्मीय-आयनिक ऊर्जा (Thermo-ionic energy)
- मैग्नेटो-हाइड्रो डायनमिक ऊर्जा (Magneto-hydrodynamic Energy)

1.5 महत्वपूर्ण शक्ति संयन्त्र

कुछ महत्वपूर्ण शक्ति संयन्त्र निम्नलिखित हैं—

(i) वाष्प शक्ति संयन्त्र (Steam Power Plant)

(ii) आंतरिक दहन इंजन शक्ति संयन्त्र (Internal Combustion Engine Power Plant)

(iii) गैस-टरबाइन शक्ति संयन्त्र (Gas-turbine Power Plant)

(iv) द्रवीय-विद्युत शक्ति संयन्त्र (Hydro-electric Power Plant)

1.5.1 वाष्प शक्ति संयन्त्र

वाष्प शक्ति संयन्त्र में नाभिकीय ईंधन, कोयला, पेट्रोलियम, आदि ईंधन के रूप में इस्तेमाल किया जाता है। इस शक्ति संयन्त्र में एक वाष्प जनित्र का इस्तेमाल करके जल से वाष्प का निर्माण किया जाता है। इस वाष्प की ऊर्जा का उपयोग कर प्राथमिक चालक से यांत्रिक कार्य प्राप्त किया जाता है। इस यांत्रिक कार्य के लिए प्राथमिक चालक के रूप में विभिन्न प्रकार टरबाइन का प्रयोग किये जाते हैं। उदाहरण के लिए वाष्प टरबाइन, द्रवीय टरबाइन आदि।

टरबाइन पर प्राप्त यांत्रिक कार्य को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करने के लिए जनरेटर का इस्तेमाल किया जाता है

1.5.2 आंतरिक दहन इंजन शक्ति संयन्त्र

इस शक्ति संयन्त्र में प्राथमिक चालक को शक्ति आंतरिक दहन इंजनों से प्राप्त गैसों द्वारा प्रदान किया जाता है मुख्यतः दो प्रकार के आंतरिक दहन इंजन इस्तेमाल किए जाते हैं—

(a) पेट्रोल इंजन—इस इंजन में ईंधन के रूप में पेट्रोल का प्रयोग किया जाता है।

(b) डीजल इंजन—इस इंजन में ईंधन के रूप में डीजल का प्रयोग किया जाता है।

1.5.3 गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र

गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र में प्राथमिक चालक को ऊर्जा के रूप में गैसों द्वारा प्रदान किया जाता है।

इस शक्ति संयन्त्र के मुख्य अवयव निम्नलिखित हैं—

- इंजन स्टार्टिंग सिस्टम (Engine Starting System)
- स्नेहन तंत्र (Lubrication System)

- ईंधन तंत्र (Fuel System)
- तेल शीतलन तंत्र (Oil Cooler)
- कम्बस्टर (Combuster)
- रीहीटर (Re-heater)
- रीजनरेटर (Re-geneator)
- अन्य सहायक उपकरण (Auxillary equipment)

1.5.4 द्रवीय-विद्युत शक्ति संयन्त्र

इसी शक्ति संयन्त्र में द्रवीय टरबाइन का इस्तेमाल किया जाता है। जल को डैम की सहायता से एकत्रित करके टरबाइन के माध्यम से उसे यांत्रिक ऊर्जा में बदल देते हैं। यह यांत्रिक ऊर्जा जनरेटर से विद्युत शक्ति में परिवर्तित हो जाती है।

सारांश

शक्ति संयन्त्र (Power Plant)—यह एक व्यवस्थित तंत्र है जिसकी सहायता से ऊर्जा का रूपान्तरण करके शक्ति प्राप्त की जाती है।

विभिन्न प्रकार के शक्ति संयन्त्र निम्नलिखित हैं—

- वाष्प शक्ति संयन्त्र
- नाभिकीय शक्ति संयन्त्र
- डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र
- गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र

ऊर्जा एवं शक्ति—कार्य करने की क्षमता को ऊर्जा कहते हैं। इसका N-M या Joule मात्रक है। ऊर्जा प्रवाह की दर को शक्ति कहते हैं। इसका मात्रक (Watt) वाट होता है।

शक्ति संयन्त्र में ऊर्जा स्रोत

विभिन्न प्रकार के ऊर्जा स्रोत निम्नलिखित हैं—

(i) ईंधन
(ii) जलीय ऊर्जा
(iii) वायु ऊर्जा
(iv) नाभिकीय ऊर्जा
(v) सौर ऊर्जा
(vi) ज्वार ऊर्जा
(vii) तापीय विद्युत ऊर्जा
(viii) भू-ऊष्मीय ऊर्जा
(ix) समुद्री-ऊष्मीय ऊर्जा
(x) हाइड्रोजन ऊर्जा
(xi) ईंधन सेल ऊर्जा
(xii) ऊष्मीय आयनिक ऊर्जा
(xiii) मैग्नेटो-हाइडो डायनामिक ऊर्जा

(i) ईंधन—ईंधन के दहन के फलस्वरूप ऊष्मीय ऊर्जा प्राप्त होती है। मुख्यत: तीन रूपों में पाया जाता है—

(a) ठोस ईंधन—लकड़ी, कोयला, पीट, लीग्नाइट कोयला, कोक, चारकोल आदि।

(b) द्रवीय ईंधन—पेट्रोल, डीजल, एल्कोहल, बेन्जीन, आदि।

(c) गैसीय ईंधन—पेट्रोलियम गैस, प्रोड्यूसर गैस आदि।

(ii) जलीय ऊर्जा—जल में निहित ऊर्जा का प्रयोग करके हम द्रवीय टरबाइन की सहायता से इसका रूपान्तरण यांत्रिक ऊर्जा में करते हैं।

(iii) नाभिकीय ऊर्जा—नाभिकीय रियेक्टर की सहायता से नाभिकीय ऊर्जा का इस्तेमाल करके उसे कार्य में परिवर्तित किया जाता है। यह ऊर्जा अत्यधिक मात्रा में ऊष्मा उत्सर्जित करती है।

(iv) सौर ऊर्जा—यह ऊर्जा का सबसे बड़ा स्रोत है। सूर्य से प्राप्त ऊष्मा लेन्स तथा रिफ्लेक्टर की सहायता से विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित की जाती है। यह ऊर्जा का कभी नष्ट ना होने वाला स्रोत है।

(v) वायु ऊर्जा—वायु की गतिज ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में पवनचक्की की सहायता से परिवर्तित करके उससे अमुख शक्ति प्राप्त की जाती है।

(vi) ज्वार ऊर्जा—समुद्रों में उत्पन्न ज्वार की ऊर्जा का इस्तेमाल करके शक्ति उत्पन्न करने के लिए ज्वार ऊर्जा शक्ति संयन्त्र का इस्तेमाल किया जाता है।

(vii) तापीय विद्युत ऊर्जा—यह सी-बैक प्रभाव पर आधारित है। इसमें दो जंक्शनों के तापान्तर के मध्य उत्पन्न emf के कारण विद्युत शक्ति उत्पन्न हो जाती है।

(viii) भू-ऊष्मीय ऊर्जा—धरातल के अन्दर उपस्थित ऊष्मीय ऊर्जा को संयन्त्र की सहायता शक्ति में परिवर्तन, भू-ऊष्मीय शक्ति संयन्त्र के द्वारा किया जाता है।

प्रश्नावली

1. शक्ति संयन्त्र से क्या अभिप्राय है?
2. शक्ति तथा ऊर्जा को समझाइए।
3. ऊर्जा का वर्गीकरण किस प्रकार किया जाता है?
4. ऊर्जा के विभिन्न स्रोतों का वर्णन कीजिए।
5. ईंधन क्या है तथा कितने रूपों में प्रकृति में उपलब्ध है?
6. विभिन्न प्रकार के कोयले का वर्णन कीजिए।
7. सौर ऊर्जा के महत्व को स्पष्ट कीजिए।
8. सौर ऊर्जा द्वारा विद्युत शक्ति प्राप्त करने के लाभों का वर्णन कीजिए।
9. सौर ऊर्जा के अनुप्रयोग बताइए।
10. वायु में निहित ऊर्जा के बारे में समझाइए।
11. ज्वार ऊर्जा को स्पष्ट कीजिए।
12. सौर ऊर्जा तथा वायु ऊर्जा के लाभ तथा हानियाँ बताइए।
13. सचित्र तापीय-विद्युत ऊर्जा का वर्णन कीजिए।
14. भू-ऊष्मीय ऊर्जा का विस्तृत वर्णन कीजिए।
15. विभिन्न प्रकार के शक्ति संयन्त्र का वर्णन कीजिए।

वस्तुनिष्ठ प्रश्नावली

1. ऊर्जा के प्रारम्भिक स्रोत कौन से हैं ?
   (a) हाइड्रोजन, ऑक्सीजन
   (b) वायु, भू-ऊष्मीय
   (c) कोयला
   (d) इनमें से सभी
2. सबसे बड़ा तापीय शक्ति संयन्त्र है—
   (a) नवेली
   (b) सासी
   (c) चन्दरपुर
   (d) कोटा

3. सबसे बड़ा जलीय शक्ति संयन्त्र है—
   (a) रिहन्द शक्ति संयन्त्र (b) मैसूर शक्ति संयन्त्र
   (c) डेहर शक्ति संयन्त्र (d) इनमें से कोई नहीं
4. भारत का प्रथम नाभिकीय संयन्त्र है—
   (a) कोटा (b) तारापुर
   (c) कलपक्कम (d) इनमें से सभी
5. सोलर तापीय ऊर्जा मुख्यत: उत्पन्न की जाती है—
   (a) सोलर पॉण्ड द्वारा (b) सोलर क्लेक्टर द्वारा
   (c) सोलर भट्टी (d) इनमें से सभी
6. सोलर भट्टी का तापमान होता है—
   (a) 1000°C (b) 2000°C
   (c) 5000°C (d) 10000°C
7. सी-बैक प्रभाव है—
   (a) $mc_v (T_2 - T_1)$ (b) $\alpha (T_2 - T_1)$
   (c) $\alpha (T_1 - T_2)$ (d) इनमें से सभी
8. ऊर्जा का दूसरा स्रोत है—
   (a) कोयला, तेल (b) सौर, वायु एवं जल
   (c) (a) और (b) दोनों (d) इनमें से कोई नहीं
9. तापीय विद्युत ऊर्जा निर्भर करती है—
   (a) क्रिचाफ नियम (b) फोटो-वोलटेयिक नियम
   (c) सी बैक नियम (d) इनमें से कोई नहीं
10. ईंधन सेल में कौन-सी ऊर्जा विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित होती है—
   (a) नाभिकीय ऊर्जा (b) यांत्रिक ऊर्जा
   (c) रासायनिक ऊर्जा (d) ऊष्मीय ऊर्जा

1. (c)	2. (c)	3. (c)	4. (b)	5. (d)
6. (c)	7. (b)	8. (b)	9. (c)	10. (d)

Table-1 भारत में प्रमुख शक्ति संयन्त्र

वाष्प शक्ति संयन्त्र

क्र. सं.	स्थान	प्रदेश	क्षमता (MW में)
1.	काठ गोदाम वाष्प शक्ति संयन्त्र	आंध्रप्रदेश	240 MW
	रामागोदाम वाष्प शक्ति संयन्त्र		100 MW
2.	दिल्ली	दिल्ली	355 MW
3.	धुवरन	गुजरात	254 MW
	अहमदाबाद		217 MW
4.	सतपुरा	मध्यप्रदेश	314 MW
5.	कोरबा	छत्तीसगढ़	300 MW
6.	ट्रामबे	महाराष्ट्र	337 MW
	नासिक		280 MW
	चोला		136 MW
	खप्पर खेड़ा		120 MW
7.	तेलचर	उड़ीसा	250 MW
	राऊर केला		125 MW
8.	इन्नौर	तमिलनाडु	120 MW
	वेसिन ब्रिज		118 MW
9.	कोलकाता	पश्चिम बंगाल	507 MW
	दुर्गापुर		406 MW
	वंडल		330 MW
10.	जमशेदपुर	बिहार/झारखण्ड	120 MW
	बरौनी		95 MW
	दामोदर वैली कारपोरेशन		957 MW
11.	ओबरा	उत्तर प्रदेश	200 MW
	कानपुर		155 MW
	हरदोई गंज		210 MW
	रेन कोट		125 MW

* क्षमता में परिवर्तन सम्भव है।

द्रवीय शक्ति संयन्त्र

क्र. सं.	स्थान	प्रदेश	क्षमता (MW में)
1.	उपर सलेम	आंध्रप्रदेश	120 MW
	माचाकुण्ड		115 MW
2.	दामोदर वैली कारपोरेशन	पं० बंगाल	104 MW
3.	सबरी गिरि	केरल	300 MW
4.	गांधी सागर	मध्य प्रदेश	315 MW
5.	कोयना	महाराष्ट्र	540 MW
6.	हीराकुण्ड	उड़ीसा	270 MW
7.	भाखड़ा-नांगल	पंजाब	204 MW
8.	राणा प्रताप सागर	राजस्थान	172 MW
9.	रिहन्द	उत्तर प्रदेश	300 MW
10.	कुड़	तमिलनाडु	425 MW
	पेरियार		140 MW

* क्षमता में परिवर्तन संभव है।

Chapter 2

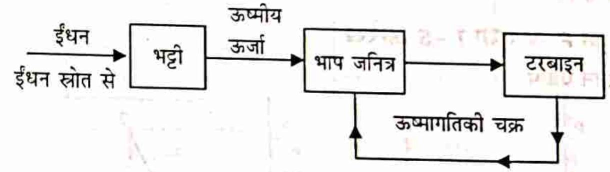
शक्ति संयन्त्र चक्र (Power Plant Cycle)

2.1 प्रस्तावना (Introduction)

पिछले अध्याय में हम शक्ति संयन्त्र, शक्ति संयन्त्र में ऊर्जा के विभिन्न स्रोत तथा भारत में प्रमुख शक्ति संयन्त्रों का अध्ययन कर चुके हैं। इस अध्याय में हम शक्ति संयन्त्रों में प्रयुक्त चक्रों का वर्णन करेंगे।

शक्ति संयन्त्रों में ईंधन के दहन के फलस्वरूप ऊष्मा उत्पन्न होती है तथा इस ऊष्मा को किसी माध्यम द्वारा यांत्रिक कार्य में परिवर्तित कर दिया जाता है। यह यांत्रिक कार्य जनरेटर की सहायता से विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है। अत: हम देखते हैं कि कार्यकारी माध्यम की बार-बार पुनरावृत्ति हो रही है।

ऊष्मा से कार्य में परिवर्तित होने वाले चक्र को ऊष्मागतिकी चक्र कहते हैं तथा चक्र के दौरान होने वाली प्रक्रियाओं को ऊष्मागतिकी प्रक्रम (Thermodynamic Process) कहते हैं।



चित्र 2.1

2.2 ऊष्मागतिकी प्रक्रम मुख्य दो प्रकार के होते हैं

(i) प्रतिवर्त्य प्रक्रम (Reverrible Process)

(ii) अप्रतिवर्त्य प्रक्रम (Irreverrible Proccess)

(i) प्रतिवर्त्य प्रक्रम—जब ऊष्मागतिकी निकाय (Thermodynamic system) में प्रक्रम इस प्रकार से हो कि प्रक्रम समाप्त होने पर निकाय अपनी प्रारम्भिक अवस्था धारण कर ले, प्रतिवर्त्य प्रक्रम कहलाते हैं।

उदाहरण—जल से वाष्प का निर्माण।

इस प्रक्रम में प्रारम्भिक अवस्था में लौटने के लिए पुन: उसी पथ पर जाना होता है जिस पथ पर से प्रक्रम की शुरूआत की गई थी। अत: हम कह सकते हैं कि हमें उल्टी दिशा में पथ का अनुसरण करना होता है।

(ii) अप्रतिवर्त्य प्रक्रम—इस प्रक्रम में ऊष्मागतिकी निकाय में प्रक्रम अपनी प्रारम्भिक अवस्था में पुन: नहीं लौट सकता है।

उदाहरण—ईंधन का दहन, मशीन द्वारा यांत्रिक कार्य आदि।

2.3 आदर्श एवं वास्तविक चक्र (Ideal and Actual Cycle)

आदर्श चक्र, वे चक्र होते हैं जिनमें प्रक्रम के दौरान प्रदान की गई ऊष्मा तथा प्रक्रम के अंत में प्राप्त किया गया कार्य दोनों बराबर होते हैं। अत: हम कह सकते हैं कि आदर्श चक्र की दक्षता 1 या 100% होती है।

वास्तविक चक्र वे चक्र होते हैं जिनमें प्रक्रम के दौरान प्रदान की गई ऊष्मा सदैव प्रक्रम के अंत में प्राप्त कार्य से कम होती है। अतः इस चक्र की दक्षता सदैव 1 से कम होती है।

2.4 ऊष्मागतिकी प्रक्रम

मुख्यत: चार ऊष्मागतिकी प्रक्रम वर्णित होते हैं—

(i) स्थिर आयतनिक प्रक्रम या समआयतनिक प्रक्रम (Constant Volume or Isochoric Process)
(ii) स्थिर तापमान प्रक्रम या समतापी प्रक्रम (Constant Temperature or Isothermal Process)
(iii) स्थिर दाब प्रक्रम या समदाबी प्रक्रम (Constant Pressure or Isobaric Process)
(iv) रूद्धोष्म प्रक्रम या स्थिर एण्ट्रापी प्रक्रम (Constant Entropy or Adiabatic Process)

(i) स्थिर आयतनिक प्रक्रम—जब प्रक्रम के दौरान कार्यकारी पदार्थ के आयतन में कोई परिवर्तन नहीं होता है अर्थात् आयतन, प्रक्रम के दौरान स्थिर रहता है, स्थिर आयतन प्रक्रम कहलाता है।

उदाहरण—बन्द पात्र में गैस का विस्तार।

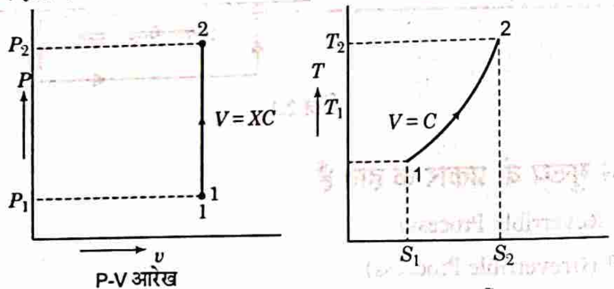
(ii) स्थिर तापमान प्रक्रम—जब प्रक्रम के दौरान कार्यकारी पदार्थ के तापमान में कोई परिवर्तन नहीं होता है तो ऐसे प्रक्रम को स्थिर तापमान प्रक्रम कहते हैं।

(iii) स्थिर दाब प्रक्रम—किसी प्रक्रम के दौरान जब कार्यकारी पदार्थ के दाब में कोई परिवर्तन नहीं होता है तब उसे स्थिर दाब प्रक्रम कहते हैं।

(iv) स्थिर एण्ट्रापी प्रक्रम—इस प्रक्रम के दौरान निकाय को न तो वातावरण से ऊष्मा दी जाती है और न ही निकाय से ऊष्मा ली जाती है।

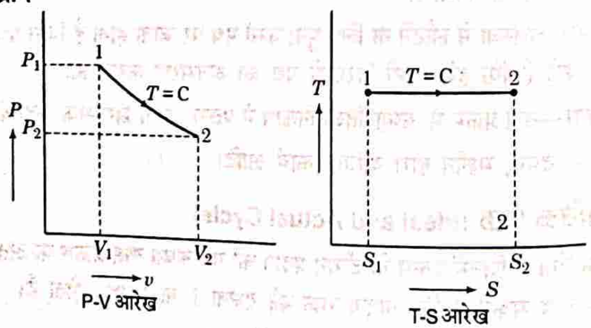
ऊष्मागतिकी प्रक्रम का $P-V$ तथा $T-S$ आरेख

(i) स्थिर आयतन प्रक्रम



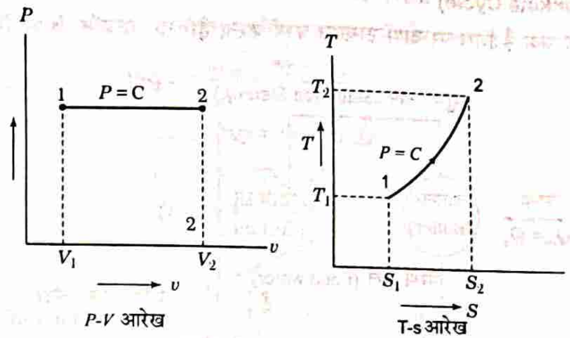
चित्र 2.2

(ii) स्थिर तापमान प्रक्रम



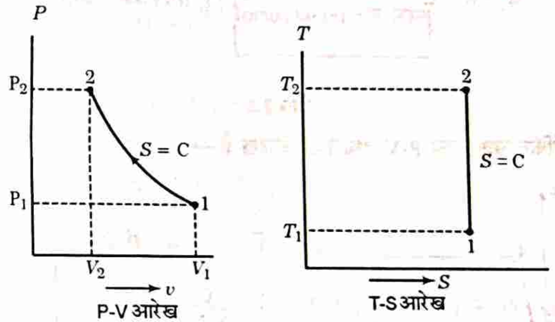
चित्र 2.3

(iii) स्थिर दाब प्रक्रम



चित्र 2.4

(iv) स्थिर एण्ट्रापी प्रक्रम



चित्र 2.5

2.5 ऊष्मागतिकी चक्रों का वर्गीकरण

शक्ति संयन्त्रों में प्रयुक्त चक्रों को मुख्यत: दो वर्गों में विभाजित किया गया है—

(i) वाष्प शक्ति चक्र—मुख्य वाष्प शक्ति चक्र निम्नलिखित हैं—

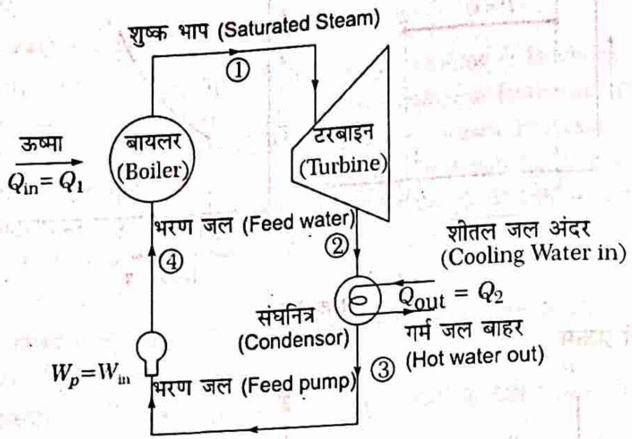
(a) रैंकिन चक्र (Rankine Cycle)
(b) पुन: तापक चक्र (Reheat Cycle)
(c) पुनर्योजी चक्र (Regeneration Cycle)
(d) पुन: तापक एवं पुनर्योजी चक्र (Reheat and Regenerative Cycle)
(e) अति क्रांतिक दाब चक्र (Super Critical Pressure Cycle)
(f) द्विवाष्पीय चक्र (Binary Vapour Cycle)
(g) टॉपिग चक्र (Topping Cycle)

(ii) गैस शक्ति चक्र—मुख्य गैस शक्ति चक्र निम्नलिखित हैं—

(a) आटो चक्र (Otto cycle)
(b) डीजल चक्र (Diesel cycle)
(c) गैस टरबाइन चक्र [खुला चक्र / बन्द चक्र]

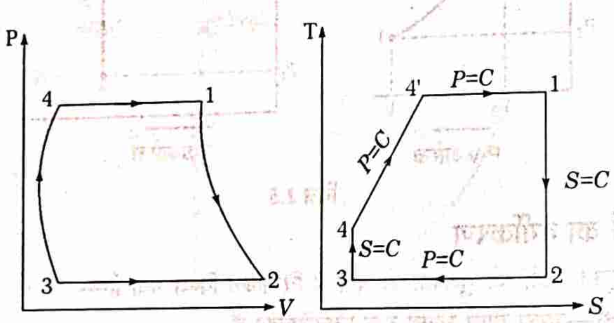
2.5.1 रैंकिन चक्र (Rankine Cycle)

यह एक सैद्धान्तिक चक्र है जिस पर वाष्प टरबाइन कार्य करता है।



चित्र 2.6

Rankine cycle (रैंकिन चक्र) का P-V तथा T-S आरेख है—



चित्र 2.7

रैंकिन चक्र के 4 प्रक्रम निम्नलिखित हैं—

प्रक्रम 1-2—इस प्रक्रम के दौरान एण्ट्रापी स्थिर होता है तथा गैस का प्रसारण होता है। इस प्रक्रम के दौरान भाप बॉयलर के दाब पर टरबाइन में प्रवेश करता है तथा उसका प्रसारण संघनित्र दाब तक होता है। टरबाइन में भाप के प्रसारण के फलस्वरूप उसकी ऊष्मीय ऊर्जा यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है तथा टरबाइन शाफ्ट में घूर्णन गति प्राप्त होती है।

प्रक्रम 2-3—इस प्रक्रम के दौरान दाब स्थिर रहता है तथा टरबाइन में बचे आर्द्र भाप संघनित्र में शीतलन के परिणाम स्वरूप संतृप्त जल में परिवर्तित हो जाती है। इस चरण के दौरान तापमान भी स्थिर रहता है।

प्रक्रम 3-4—यह एक पम्पिंग प्रक्रम है तथा स्थिर एण्ट्रापी पर किया जाता है। इस प्रक्रम के द्वारा संघनित्र में संघनन के पश्चात् प्राप्त संतृप्त जल को पम्प की सहायता से बायलर (उच्च दाब) तक पहुँचाया जाता है।

प्रक्रम 4-4′-1—इस चरण के दौरान प्रक्रम का दाब स्थिर रखा जाता है। चरण 4′-4 के दौरान जल को ज्ञेय ऊष्मा प्रदान कर संतृप्त जल में परिवर्तित किया जाता है। चरण 4′-1 के दौरान आर्द्र भाप को गुप्त ऊष्मा प्रदान कर शुष्क भाप में परिवर्तित कर दिया जाता है।

रैंकिन चक्र की दक्षता की गणना

माना 1kg कार्यकारी पदार्थ, बॉयलर, टरबाइन, संघनित्र तथा पम्प में भेजा जाता है।

हम जानते हैं कि $\eta_{रैंकिन} = \frac{w_{net}}{Q_1} = \frac{w_T - w_p}{Q_1}$

जहाँ w_T = टरबाइन पर कार्य

w_P = पम्प द्वारा कार्य

Q_1 = ऊष्मा प्रदान

बायलर में—

$$Q_1 = h_1 - h_{f_4}$$

टरबाइन में—

$$w_T = h_2 - h_{f_3}$$

संघनित्र में—

$$Q_2 = h_2 - h_{f_3}$$

पम्प में—

$$w_P = h_{f_4} - h_{f_3}$$

$$w_{net} = w_T - w_P$$

$$w_{net} = (h_1 - h_2) - (h_{f_4} - h_{f_3})$$

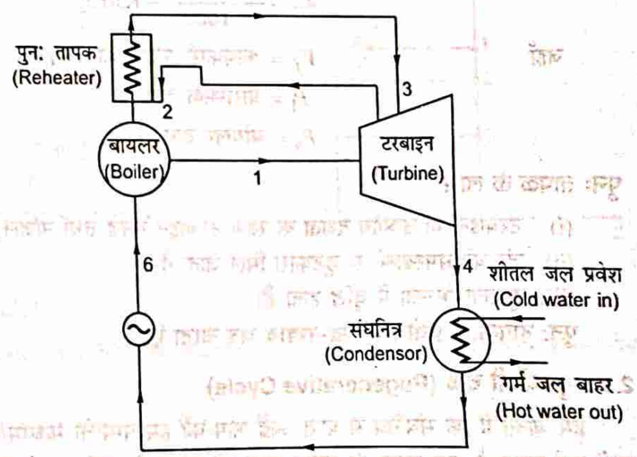
$$\eta_{रैंकिन} = \frac{(h_1 - h_2) - (h_{f_4} - h_{f_3})}{h_1 - h_{f_4}}$$

$$\boxed{\eta_{रैंकिन} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{f_4}}}$$ चूँकि $(h_{f_4} - h_{f_3})$ का मान $(h_1 - h_2)$ से बहुत छोटा है।

2.5.2 पुनः तापक चक्र (Reheat Cycle)

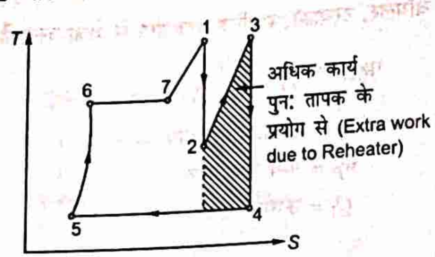
अधिक दक्षता प्राप्त करने के लिए पुन: तापक का प्रयोग किया जाता है। हम जानते हैं कि बॉयलर से प्राप्त अतितप्त भाप को उच्च दाब पर वाष्प टरबाइन में प्रवेश कराते हैं। चूँकि वाष्प का दाब अधिक होता है इसलिए टरबाइन में इसका प्रसारण तेजी से हो जाता है। जिसके कारण आर्द्र भाप टरबाइन में ही संघनित्र होने लगती है। आर्द्र भाप के टरबाइन में संघनित्र होने के कारण टरबाइन का कार्य तथा दक्षता दोनों प्रभावित होती हैं।

आर्द्र भाप टरबाइन में संघनित्र न हो इसके लिए हम एक पुन: तापक का प्रयोग करते हैं।



चित्र 2.8

पुनः तापक शक्ति चक्र T-S आरेख निम्न है—



चित्र 2.9

पुनः तापक शक्ति संयन्त्र में अलग से लगाया जा सकता है या उसे बॉयलर खोल के अन्दर व्यवस्थित किया जा सकता है।

पुनः तापक चक्र की दक्षता की गणना

हम जानते हैं कि $\eta_{thermal} = \dfrac{\text{टरबाइन पर प्राप्त कार्य } (w_T)}{\text{प्रदत्त ऊष्मा}}$

$$w_T = \text{प्रदत्त ऊष्मा} - \text{निष्कासित ऊष्मा}$$

$$\text{प्रदत्त ऊष्मा} = (h_1 - h_{f_4}) + (h_3 - h_2)$$

$$\text{निष्कासित ऊष्मा} = h_4 - h_{f_4}$$

$$\eta_{thermal} = \frac{(h_1 - h_{f_4}) + (h_3 - h_2) - (h_4 - h_{f_4})}{(h_1 - h_{f_4}) + (h_3 - h_2)}$$

$$\eta_{thermal} = \frac{(h_1 - h_2) + (h_3 - h_4)}{(h_1 - h_{f_4}) + (h_3 - h_2)} \quad \text{(पम्प के कार्य को नगण्य मानते हुए)}$$

यदि पम्प के कार्य को नगण्य न मानें, तब

$$\boxed{\eta_{thermal} = \frac{(h_1 - h_2) + (h_3 - h_4) - w_P}{(h_1 - h_{f_4}) + (h_3 - h_2) - w_P}}$$

$$w_P = \frac{V_f\,(P_1 - P_b)}{1000} \text{ KJ/Kg}$$

जहाँ V_f = कार्यकारी पदार्थ का आयतन

P_1 = प्रारम्भिक दाब

P_b = बॉयलर दाब

पुनः तापक के लाभ

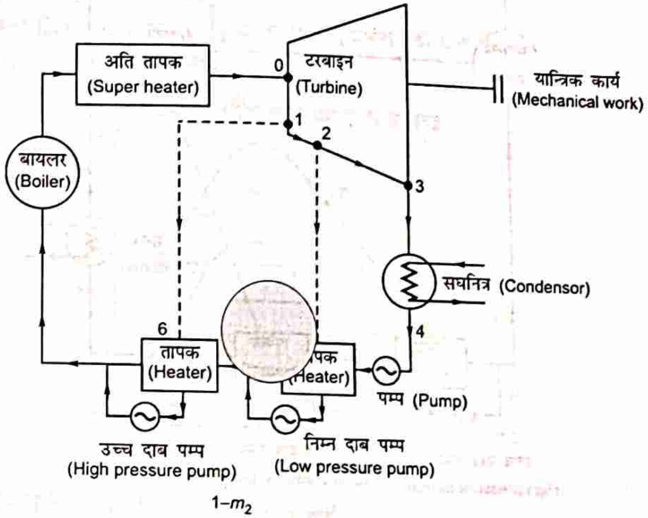
(i) टरबाइन की ऊष्मीय दक्षता के साथ टरबाइन ब्लेड तथा नॉजल की दक्षता में वृद्धि होती है।
(ii) जंग की समस्याओं से छुटकारा मिल जाता है।
(iii) शुष्कता भिन्नता में वृद्धि होती है।

पुनः तापक के प्रयोग से रख-रखाव बढ़ जाता है।

2.5.3 पुनर्योजी चक्र (Regenerative Cycle)

हम जानते हैं कि संघनित्र से प्राप्त आर्द्र भाप को हम पम्प के माध्यम से बॉयलर के भरण जल में मिलाते हैं जो कि अप्रतिवर्त्य प्रक्रम है। इस प्रक्रम के कारण चक्र की दक्षता में कमी आ जाती है।

चक्र की दक्षता वृद्धि के लिए हम संघनित्र से प्राप्त आर्द्र भाप को तापक की सहायता से पुनः गर्म करके उसे बॉयलर में भेजते हैं। आर्द्र भाप को गर्म करने के लिए हम टरबाइन की अतितप्त भाप का प्रयोग करते हैं। यह चक्र पुनर्योजी चक्र (Regenerative Cycle) कहलाता है तथा यह प्रक्रिया ब्लीडिंग (Bleeding) कहलाती है। टरबाइन से प्राप्त भाप को ब्लीड भाप (Bleed steam) कहते हैं।



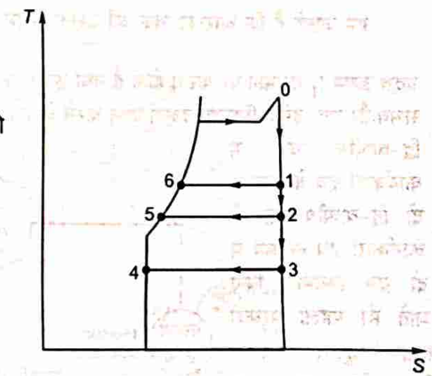
चित्र 2.10

पुनर्योजी चक्र के लाभ

(i) बॉयलर के अन्दर एक प्रतिवर्त्य प्रक्रम स्थापित होता है।
(ii) संघनित्र छोटे साइज का इस्तेमाल किया जाता है।
(iii) शक्ति संयन्त्र तथा बॉयलर की ऊष्मीय दक्षता में वृद्धि हो जाती है।
(iv) बॉयलर के तापीय प्रतिबल में कमी आती है।

पुनर्योजी चक्र की हानियाँ

(i) शक्ति संयन्त्र की संरचना कठिन हो जाती है।
(ii) रख-रखाव में समस्याएँ उत्पन्न होती हैं।
(iii) अधिक क्षमता के बॉयलर का इस्तेमाल करना पड़ता है।



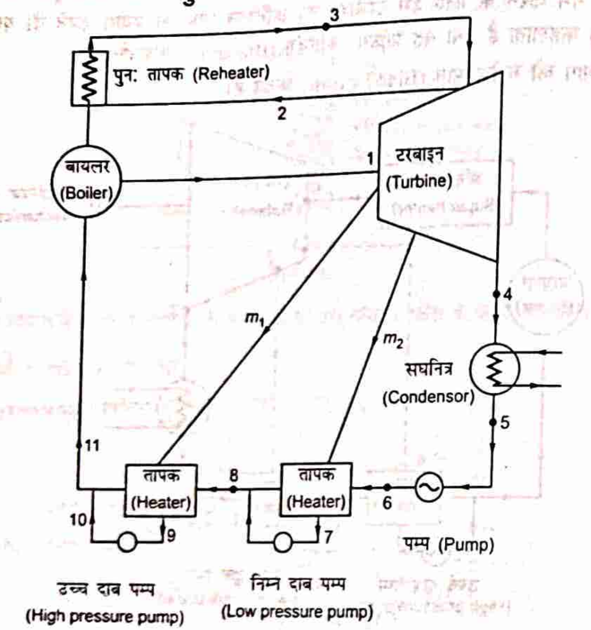
चित्र 2.11

2.5.4 पुनः तापक एवं पुनर्योजी चक्र (Reheat and Regenerative Cycle)

शक्ति संयन्त्र में हम पुनः तापक (Reheater) तथा पुनर्योजी (Regenerator) का उपयोग कर हम संयन्त्र की ऊष्मीय दक्षता में वृद्धि कर सकते हैं।

पुनः तापक तथा पुनर्योजी दोनों के लाभ 2.5.2 तथा 2.5.3 में वर्णित हैं।

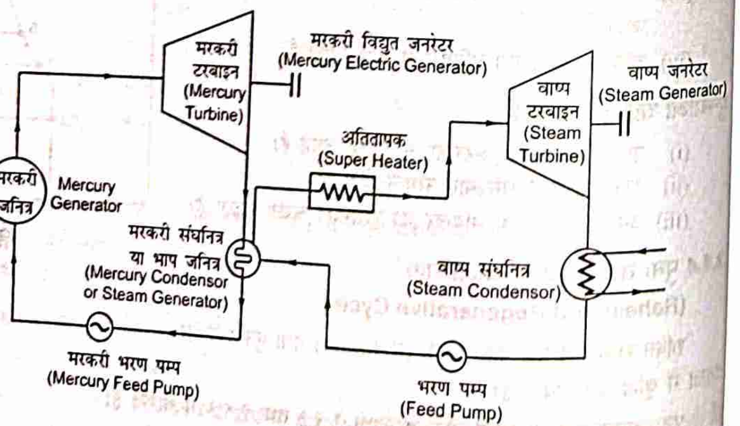
पुनः तापक एवं पुनर्योजी चक्र



चित्र 2.12

2.5.5 द्वि-वाष्पीय चक्र (Binary Vapour Cycle)

हम जानते हैं कि कॉरनाट चक्र की दक्षता सबसे अधिक $\left(\frac{T_1 - T_2}{T_1}\right)$ होती है। इस दक्षता को प्राप्त करने के लिए हमें प्रदत्त ऊष्मा T_1 तापमान पर करना होता है तथा ऊष्मा का निकास T_2 तापमान पर करना होता है। यह केवल वाष्प चक्र के द्वारा संभव है। अत: हमें अधिकतम दक्षता प्राप्त करने के लिए भाप चक्र के साथ-साथ एक अन्य चक्र की भी आवश्यकता पड़ती है। द्वि-वाष्पीय चक्र में कार्यकारी द्रव के रूप में दो द्वि-वाष्पीय चक्र में कार्यकारी द्रव के रूप में दो द्रव इस्तेमाल किए जाते हैं। पहला मरकरी तथा दूसरा वाष्प। द्वि-वाष्पीय चक्र का आरेख निम्नलिखित है—

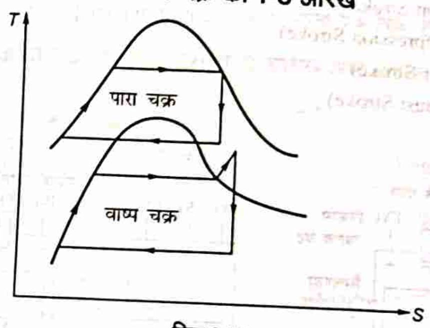


चित्र 2.13

मरकरी (पारा) को अकेले नहीं इस्तेमाल किया जा सकता है, क्योंकि पारा का संतृप्त तापमान 370°C है। **पारे के कुछ प्रमुख तापीय गुण निम्न हैं—**

- इसका जमाव तापमान –3·3°C होता है।
- इसका उबालक तापमान 354·4°C होता है।
- यह जंग रोधक होता है।
- यह विषैला नहीं होता है तथा इसका मनुष्यों पर कोई दुष्प्रभाव नहीं होता है।
- यह रासायनिक रूप से स्थिर होता है।

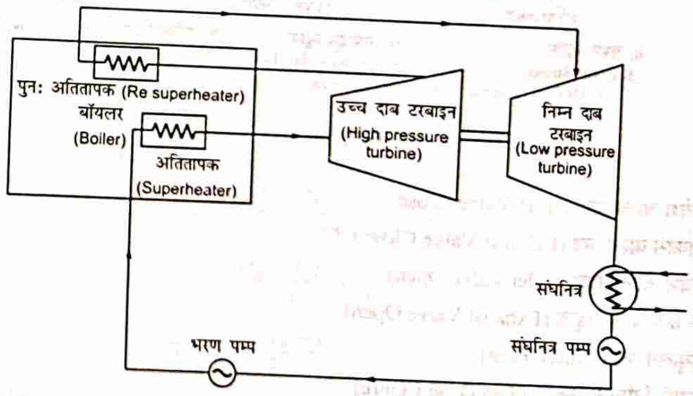
द्विवाष्पीय चक्र का T-S आरेख



चित्र 2.14

2.5.6 टॉपिंग चक्र (Topping Cycle)

निम्न दाब वाले शक्ति संयन्त्रों में क्षमता वृद्धि तथा ऊष्मीय दक्षता बढ़ाने के लिए हम पुराने चक्र में सुधार करते हैं। इसे Super imposed power unit भी कहते हैं।



चित्र 2.15

बॉयलर से प्राप्त शुष्क भाप को अतितापक की सहायता से अतितप्त करके उसे सर्वप्रथम उच्च दाब टरबाइन में भेजते हैं जहाँ से उसे पुन:तापक की सहायता से निम्न दाब टरबाइन में भेजते हैं जिससे यांत्रिक कार्य प्राप्त होता है। टरबाइन में बची हुई

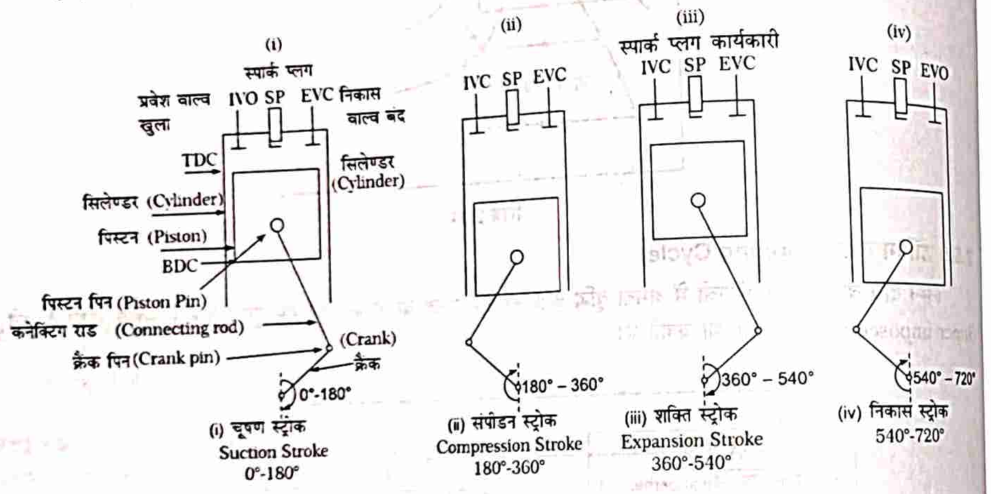
गीली भाप (आर्द्र भाप) को संघनित्र पम्प की सहायता से संघनित्र में भेजते तथा भरण जल में मिला देते हैं। इस प्रकार बने नए चक्र को टॉपिंग चक्र कहते हैं। इस प्रकार शक्ति संयन्त्र की दक्षता तथा क्षमता दोनों में वृद्धि हो जाती है।

2.5.7 आटो चक्र (Otto cycle)

आटो चक्र स्फुलन-प्रज्वलन इंजन (Spark ignition engine) के लिए इस्तेमाल किया जाता है। इसके कार्यकारी पदार्थ के रूप में ईंधन (पेट्रोल) तथा वायु के मिश्रण का इस्तेमाल किया जाता है। स्फुलन-प्रज्वलन इंजन, अंतर दहन इंजन होता है जिसमें इंजन सिलेण्डर के अंदर पिस्टन पश्चाग्र गति करता है। पिस्टन के चार स्ट्रोक पूरा होने पर एक चक्र पूरा होता है।

स्फुलन-प्रज्वलन इंजन के चार स्ट्रोक निम्नलिखित हैं—

(i) चूषण-स्ट्रोक (Suction Stroke)
(ii) संपीडन-स्ट्रोक (Compression Stroke)
(iii) शक्ति-स्ट्रोक (Power Stroke)
(iv) निकास स्ट्रोक (Exhaust Stroke)



चित्र 2.16

IVC = प्रवेश वाल्व बंद (Inlet Valve Close)

EVC = निकास वाल्व बंद (Exhaust Valve Close)

IVO = प्रवेश वाल्व खुला (Inlet Valve Open)

EVO = निकास वाल्व खुला (Exhaust Valve Open)

SP = स्फुलन प्लग (Spark Plug)

TDC = ऊपरी निष्क्रिय स्थिति (Top Dead Centre)

BDC = निचली निष्क्रिय स्थिति (Bottom Dead Centre)

(i) चूषण स्ट्रोक—इस स्ट्रोक के दौरान प्रवेश वाल्व खुला रहता है तथा निकास वाल्व बंद रहता है। पेट्रोल तथा वायु का मिश्रण इंजन सिलेण्डर के अन्दर प्रवेश करता है। पिस्टन टी० डी० सी० (TDC) से बी० डी० सी० (BDC) तक गति करता है तथा क्रैंक 0°–180° तक घूमता है।

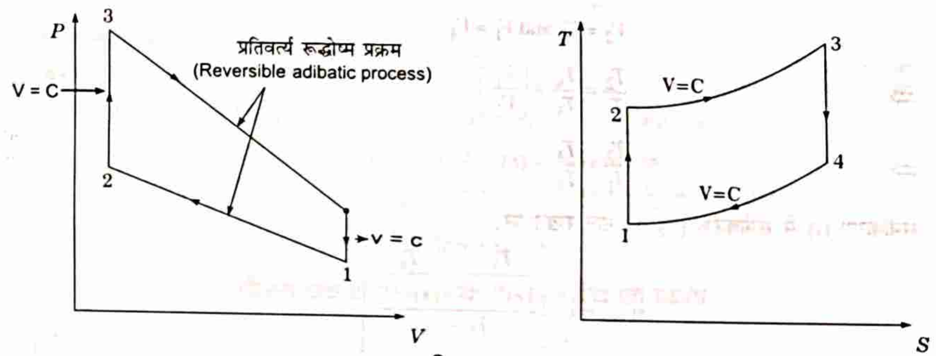
(ii) संपीडन स्ट्रोक—इस स्ट्रोक के दौरान प्रवेश तथा निकास दोनों वाल्व बंद होते हैं। पिस्टन बी० डी० सी० से टी० डी० सी० की ओर जाता है जिससे मिश्रण का संपीडन होता है तथा क्रैंक 180°–360° घूमता है।

(iii) शक्ति स्ट्रोक—इस स्ट्रोक के दौरान स्फुलन प्लग (Spark plug) से एक चिंगारी उत्पन्न होती है जिससे मिश्रण (पेट्रोल तथा वायु) का दहन होता है। पिस्टन अपनी टी० डी० सी० से बी० डी० सी० की ओर बढ़ता है। क्रैंक 360° – 540° तक घूमता है। दोनों वाल्व इस स्ट्रोक के दौरान बंद रहते हैं।

(iv) निकास स्ट्रोक—इस स्ट्रोक के दौरान पिस्टन बी० डी० सी० से टी० डी० सी० की ओर बढ़ने लगता है जिससे दहन के बाद बची गैस निकास वाल्व के द्वारा वायुमण्डल में छोड़ दी जाती है और पिस्टन अपनी ऊपरी निष्क्रिय स्थिति में पहुँच जाता है तथा क्रैंक 540° – 720° तक घूमता है।

इस प्रकार स्फुलन प्रज्वलन इंजन (Spark ignition engine) अपना एक चक्र पूरा करता है।

आटो चक्र का P-V तथा T-S आरेख और दक्षता



चित्र 2.17

$$\text{आटो चक्र की दक्षता} = \frac{\text{सम्पूर्ण कार्य}}{\text{प्रदत्त ऊष्मा}}$$

$$\text{सम्पूर्ण कार्य} = \text{प्रदत्त ऊष्मा} - \text{निष्काषित ऊष्मा}$$

$$\text{प्रदत्त ऊष्मा} = mC_V\,(T_3 - T_2)$$

$$\text{निष्कासित ऊष्मा} = mC_V\,(T_4 - T_1)$$

$$\eta_{otto} = \frac{mC_V\,(T_3 - T_2) - mC_V\,(T_4 - T_1)}{mC_V\,(T_3 - T_2)}$$

$$= \frac{(T_3 - T_2) - (T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$$

$$\eta_{otto} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \quad \ldots \text{(i)}$$

हम जानते है कि

$$\text{संपीड़न अनुपात} \quad r_c = r = \frac{V_1}{V_2}$$

$$\text{प्रसारण अनुपात} \quad V_c = \frac{V_4}{V_3}$$

$\because \quad \dfrac{V_4}{V_3} = \dfrac{V_1}{V_2}$

और $\quad \dfrac{T_2}{T_1} = \left(\dfrac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}, \quad \dfrac{T_4}{T_3} = \left(\dfrac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1}$

हम जानते हैं कि

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1}$$

$$V_2 = V_3 \text{ and } V_1 = V_4$$

$$\Rightarrow \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_4}{T_3} = (r)^{\gamma-1} \quad \text{... (ii)}$$

समीकरण (i) में समीकरण (ii) का मान रखने पर,

$$\eta_{otto} = 1 - \left[\frac{\dfrac{T_3}{(r)^{\gamma-1}} - \dfrac{T_4}{(r)^{\gamma-1}}}{T_3 - T_4}\right]$$

$$\boxed{\eta_{otto} = 1 - \frac{1}{(r)^{\gamma-1}}}$$

2.5.8 डीजल चक्र (Diesel Cycle)

डीजल चक्र संपीडन-प्रज्वलन (Compression ignition engine) के लिए इस्तेमाल किया जाता है। इसमें प्रथम स्ट्रोक में इंजन सिलेण्डर के अंदर केवल वायु प्रवेश करती है।

संपीडन-प्रज्वलन इंजन के चार स्ट्रोक निम्नलिखित हैं—

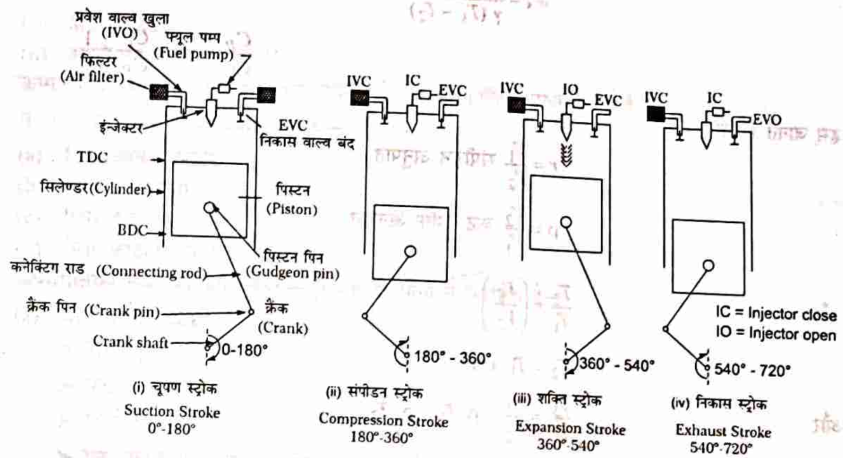
(i) चूषण स्ट्रोक (Suction Stroke)
(ii) संपीडन स्ट्रोक (Compression Stroke)
(iii) शक्ति स्ट्रोक (Power Stroke)
(iv) निकास स्ट्रोक (Exhaust Stroke)

(i) चूषण स्ट्रोक—इस स्ट्रोक के दौरान वायुमण्डलीय वायु को फिल्टर की सहायता से प्रवेश वाल्व के माध्यम से इंजन के सिलेण्डर में प्रवेश करते हैं। पिस्टन टी० डी० सी० से बी० डी० सी० की ओर जाता है तथा क्रैंक 0° – 180° तक घूमता है।

(ii) संपीडन स्ट्रोक—इस स्ट्रोक के दौरान पिस्टन बी० डी० सी० से टी० डी० सी० की ओर जाता है तथा वायु को संपीडित करता है। स्ट्रोक के दौरान दोनों (प्रवेश तथा निकास) वाल्व बंद रहते हैं तथा क्रैंक 180° – 360° तक घूमता है।

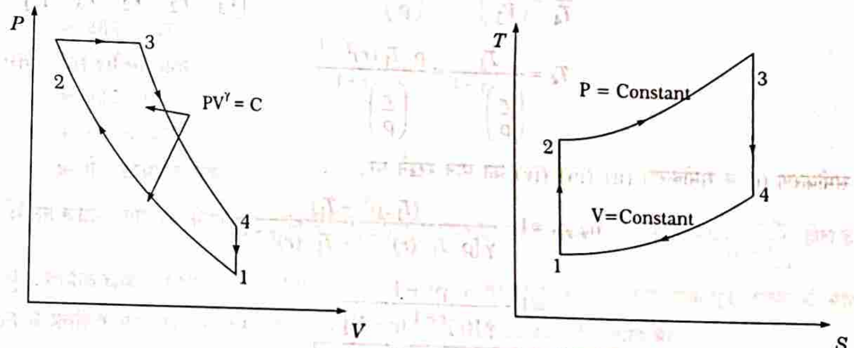
(iii) शक्ति स्ट्रोक—इस स्ट्रोक के दौरान इन्जेक्टर की सहायता से ईंधन को स्प्रे के रूप में इंजन सिलेण्डर के अंदर प्रवेश कराते हैं जिससे ईंधन तथा संपीडित वायु स्वत: जलने लगता है। जिससे हमें कार्य प्राप्त है। चरण के दौरान दोनों वाल्व बन्द रहते हैं, क्रैंक 360°-540° तक घूमता है तथा पिस्टन टी० डी० सी० से बी० डी० सी० पहुँचता है।

(iv) निकास स्ट्रोक—इस स्ट्रोक में निकास वाल्व खुल जाता है तथा पिस्टन बी० डी० सी० से टी० डी० सी० की ओर पहुँच जाता है तथा दहन के बाद बची गैसें निकास वाल्व के माध्यम से वायुमंडल में छोड़ दी जाती हैं। क्रैंक 540° – 720° तक घूमता है।



चित्र 2.18

डीजल चक्र का P – V तथा T – S आरेख एवं दक्षता



चित्र 2.19

$$\text{डीजल चक्र की दक्षता} = \frac{\text{कुल कार्य}}{\text{प्रदत्त ऊष्मा}}$$

सम्पूर्ण कार्य = प्रदत्त ऊष्मा – निष्कासित ऊष्मा

$$\text{प्रदत्त ऊष्मा} = C_P\,(T_3 - T_2)$$

$$\text{निष्कासित ऊष्मा} = C_V = (T_4 - T_1)$$

$$\text{कुल कार्य} = C_P\,(T_3 - T_2) - C_V\,(T_4 - T_1)$$

$$\eta_{डीजल} = \frac{C_P (T_3 - T_2) - C_V (T_4 - T_1)}{C_P (T_3 - T_2)}$$

$$= 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{\gamma (T_3 - T_2)} \quad \ldots (i)$$

$$\because \frac{C_P}{C_V} = \gamma \quad \therefore \frac{C_V}{C_P} = \frac{1}{\gamma}$$

हम जानते हैं कि

$$r = \frac{V_1}{V_2} \text{ संपीड़न अनुपात}$$

$$\rho = \frac{V_2}{V_1} \text{ कट-ऑफ अनुपात}$$

और

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma - 1}$$

$$T_2 = T_1 . (r)^{\gamma - 1} \quad \ldots (ii)$$

और

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{V_2} = \rho \quad T_3 = \rho . T_2$$

⇒

$$T_3 = \rho . T (r)^{\gamma - 1} \quad \ldots (iii)$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{\gamma - 1} = \left(\frac{r}{\rho}\right)^{\gamma - 1} \quad \because \left[\frac{V_4}{V_3} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1}{V_2} \times \frac{V_2}{V_3} = \frac{r}{\rho}\right]$$

$$T_4 = \frac{T_3}{\left(\frac{r}{\rho}\right)^{\gamma - 1}} = \frac{\rho . T_1 (r)^{\gamma - 1}}{\left(\frac{r}{\rho}\right)^{\gamma - 1}} \quad \ldots (iv)$$

समीकरण (i) में समीकरण (ii), (iii), (iv) का मान रखने पर,

$$\eta_{डीजल} = 1 - \frac{(T_1 . \rho^{\gamma} - T_1)}{\gamma [\rho . T_1 . (r)^{\gamma - 1} - T_1 . (r)^{\gamma - 1}]}$$

$$= 1 - \frac{\rho^{\gamma} - 1}{\gamma [(r)^{\gamma - 1} (\rho - 1)]}$$

$$\boxed{\eta_{डीजल} = 1 - \frac{1}{\gamma (r)^{\gamma - 1}} . \left[\frac{\rho^{\gamma} - 1}{\rho - 1}\right]}$$

2.5.9 गैस टरबाइन चक्र (Gas Turbine Cycle)

इस अनुच्छेद का वर्णन अध्याय-7 के भाग 7.4 में है।

सारांश

ऊष्मागतिकी चक्र तथा प्रक्रम—ऊष्मा से प्राप्त होने वाले कार्य में प्रयुक्त चक्र को ऊष्मागतिकी चक्र कहते हैं। यह मुख्यत: दो प्रकार की होती है—

(i) प्रतिवर्त्य चक्र

(ii) अप्रतिवर्त्य चक्र

ऊष्मागतिकी चक्र के दौरान होने वाले प्रक्रियाओं को ऊष्मागतिकी प्रक्रम कहते हैं।

मुख्यत: चार ऊष्मागतिकी प्रक्रम होते हैं—

(a) स्थिर आयतन प्रक्रम

(b) स्थिर दाब प्रक्रम

(c) स्थिर ताप प्रक्रम

(d) स्थिर एण्ट्रापी प्रक्रम

ऊष्मागतिकी चक्र का वर्गीकरण—मुख्यत: दो भागों में वर्गीकृत है—

(a) वाष्प शक्ति चक्र

➤ रैंकिन चक्र

➤ पुन: तापक चक्र

➤ पुनर्योजी चक्र

➤ पुन: तापक एवं पुनर्योजी चक्र

➤ अति क्रांतिक दाब चक्र

➤ द्विवाष्पीय चक्र

➤ टॉपिंग चक्र

(b) गैस शक्ति चक्र

➤ आटो चक्र

➤ डीजल चक्र

➤ गैस टरबाइन चक्र

रैंकिन चक्र—यह एक सैद्धान्तिक चक्र है जिस पर वाष्प टरबाइन कार्य करता है। इसकी दक्षता $\frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{f_4}}$ होती है।

पुन: तापक चक्र—दक्षता वृद्धि के लिए हम पुन: तापक चक्र का प्रयोग करते हैं। इसमें एक पुन: तापक की सहायता से टरबाइन में प्रवेशित भाप को गर्म करते हैं। इसकी दक्षता $\frac{(h_1 - h_2) + (h_3 - h_4)}{(h_1 - h_{f_4}) + (h_3 - h_2)}$ होती है।

पुनर्योजी चक्र—इस चक्र में संघनित्र जल को भरण जल में मिलाने से पूर्व उसे तापक की सहायता से गर्म कर लेते हैं। तापक को ऊष्मा टरबाइन द्वारा प्रदान की जाती है। इस प्रक्रिया को ब्लीडिंग भी कहते हैं।

पुन: तापक एवं पुनर्योजी चक्र—इस चक्र में पुन: तापक चक्र तथा पुनर्योजी दोनों के लाभ प्राप्त होते हैं।

द्विवाष्पीय चक्र—इस चक्र में दो वाष्प चक्र होते हैं। पहला वाष्प चक्र जल द्वारा प्राप्त होता है तथा दूसरा वाष्प चक्र पारा चक्र होता है; जिससें दक्षता में वृद्धि होती है।

टॉपिंग चक्र—निम्न दाब वाले तथा निम्न क्षमता वाले शक्ति संयन्त्रों की दक्षता में वृद्धि करने के लिए शक्ति संयन्त्र में कुछ सुधार किए जाते हैं; जैसे दो टरबाइन (उच्च दाब तथा निम्न दाब), पुन: अतितापक इत्यादि। नए चक्र को टॉपिंग चक्र कहते हैं।

आटो चक्र—यह स्फुलन प्रज्वलन चार स्ट्रोक इंजन के लिए प्रयोग किए जाते हैं।

चार स्ट्रोक निम्नलिखित हैं—

(i) चूषण स्ट्रोक
(ii) संपीडन स्ट्रोक
(iii) शक्ति स्ट्रोक
(iv) निकास स्ट्रोक

इसकी दक्षता $1-\frac{1}{(r)^{\gamma-1}}$ है। $r=\frac{V_1}{V_2}=\frac{V_4}{V_3}$

डीजल चक्र—यह संपीडन प्रज्वलन इंजन के लिए प्रयोग किया जाता है।

$$\text{इसकी दक्षता} = 1-\frac{1}{\gamma\, r^{(\gamma-1)}}\cdot\left[\frac{\rho^{\gamma}-1}{\rho-1}\right]$$

$$r=\frac{V_1}{V_2}$$

$$\rho=\frac{V_2}{V_1}$$

$$\gamma=\frac{C_P}{C_V}$$

प्रश्नावली

1. ऊष्मागतिकी चक्र तथा प्रक्रम को समझाइए।
2. आदर्श चक्र तथा वास्तविक चक्र में क्या अन्तर है?
3. प्रतिवर्त्य तथा अप्रतिवर्त्य चक्र क्या है?
4. ऊष्मागतिकी चक्रों का वर्णन कीजिए।
5. रैंकिन चक्र क्या है? इसकी ऊष्मीय दक्षता का सूत्र लिखिए।
6. निम्न चक्रों का विस्तृत वर्णन कीजिए—
   (a) पुन: तापक चक्र (b) पुनर्योजी चक्र
   (c) पुन: तापक तथा पुनर्योजी चक्र (d) द्वि वाष्प चक्र
7. टापिंग चक्र के बारे में संक्षेप में लिखिए।
8. आटो चक्र तथा इसकी दक्षता की विवेचना कीजिए।
9. डीजल चक्र क्या है?
10. डीजल चक्र की दक्षता की गणना कीजिए।

वस्तुनिष्ठ प्रश्नावली

1. अधिकतम दक्षता वाला चक्र है—
   (a) रैंकिन चक्र (b) जूल चक्र (c) कारनाट चक्र (d) ये सभी
2. डीजल इंजन कार्य करता है—
   (a) स्थिर दाब प्रक्रम पर (b) स्थिर ताप प्रक्रम पर
   (c) स्थिर आयतन प्रक्रम पर (d) स्थिर एण्ट्रापी प्रक्रम पर

3. आटो चक्र की दक्षता है—
   (a) $\frac{T_1-T_2}{T_1}$ (b) $\frac{T_1}{T_1-T_2}$ (c) $\frac{T_1}{T_2}$ (d) $1-\frac{1}{(r)^{\gamma-1}}$
4. डीजल चक्र की दक्षता है—
   (a) $1-\frac{1}{(r)^{\gamma-1}}$ (b) $\frac{T_1-T_2}{T_1}$
   (c) $\frac{T_1}{T_1-T_2}$ (d) $1-\frac{1}{\gamma\, r^{\gamma-1}}\cdot\left[\frac{\rho^{\gamma}-1}{\rho-1}\right]$
5. द्विवाष्पीय चक्र इस्तेमाल किए जाते हैं—
   (a) टरबाइन की दक्षता वृद्धि के लिए (b) संयन्त्र की दक्षता वृद्धि के लिए
   (c) संघनित्र की दक्षता वृद्धि के लिए (d) ऊष्मा की दक्षता वृद्धि के लिए
6. रैंकिन चक्र है—
   (a) प्रतिवर्त्य चक्र (b) अप्रतिवर्त्य चक्र (c) दोनों (a) व (b) (d) इनमें से कोई नहीं
7. पुनर्योजी चक्र में भरण जल को गर्म किया जाता है—
   (a) अतितापक द्वारा (b) निकास गैसों द्वारा
   (c) टरबाइन की वाष्प ऊष्मा द्वारा (d) ऊष्मा द्वारा (अतिरिक्त)
8. तापीय शक्ति संयन्त्र की सम्पूर्ण दक्षता होती है—
   (a) कॉरनाट चक्र की दक्षता के बराबर (b) रैकिन चक्र की दक्षता के बराबर
   (c) $\eta_{Boiler}\times\eta_{Turbine}\times\eta_{Generator}$ (d) इनमें से कोई नहीं
9. द्वि वाष्पीय चक्र में इस्तेमाल करते हैं—
   (a) पारा (b) सोडियम (c) दोनों (a) और (b) (d) इनमें से कोई नहीं
10. पुन: तापक चक्र में इस्तेमाल किया जाता है—
   (a) संघनित्र के लिए (b) ऊष्मीय दक्षता बढ़ाने के लिए
   (c) गर्म गैस के इस्तेमाल के लिए (d) इनमें से सभी

उत्तर—

1. (c)	2. (a)	3. (d)	4. (d)	5. (b)
6. (a)	7. (c)	8. (c)	9. (a)	10. (b)

प्रविधिक शिक्षा परिषद द्वारा वार्षिक परीक्षा में विगत 10 वर्षों में पूछे गये प्रश्न

1. रैंकिन चक्र का P-V तथा T-S आरेख खीचिए। (2003)
2. तापीय शक्ति संयन्त्र की कार्य प्रणाली के लिए रैंकिन चक्र को समझाइए? T-S आरेख की सहायता से विवेचना कीजिए कि संयन्त्र की दक्षता कैसे बढ़ाई जा सकती है? (2007)
3. किसी पावर-प्लाट की स्थापना हेतु विचारणीय कारकों का वर्णन कीजिए। (2008)
4. विद्युत शक्ति उत्पादन करने की क्या आवश्यकता है? विभिन्न क्षेत्रों में उसके प्रयोगों पर संक्षिप्त विवरण दीजिए। (2011)
5. तापीय विद्युत केन्द्र में प्रयुक्त ऊष्मागतिकी चक्र का नाम लिखिए तथा आरेख की सहायता से समझाइए। (2012)

□

Chapter 3

ताप शक्ति संयन्त्र (Thermal Power Plant)

3.1 परिचय (Introduction)

शक्ति उत्पादन का प्राचीनतम् रूप है, तापीय शक्ति संयन्त्र है। इस शक्ति संयन्त्र में शक्ति उत्पादन के लिए प्राथमि चालक के रूप वाले टरबाइन का प्रयोग करते हैं। बॉयलर में भरण जल को दहन भट्टी की ऊष्मा देकर उसे शुष्क वाष्प परिवर्तित करते हैं। वाष्प टरबाइन के माध्यम से वाष्प की ऊष्मीय ऊर्जा यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है। संघनित्र की सहायता से टरबाइन की गीली भाप को पुनः बॉयलर में भेज देते हैं।

वाष्प टरबाइन रैकिन चक्र पर आधारित होता है। दहन भट्टी में ईंधन के रूप मुख्यतः कोयला, नाभिकीय ईंध भू-ऊष्मीय ईंधन, आदि का प्रयोग किया जाता है। भारत में मुख्य रूप से कोयला आधारित शक्ति संयन्त्र प्रयोग किए जाते है शक्ति चक्र की दक्षता वृद्धि के लिए हम पुनः तापक, पुनर्योजी, पुनः तापक तथा पुनर्योजी, द्विवाष्पीय चक्र, टॉपिंग चक्र क प्रयोग करते हैं।

3.2 तापीय शक्ति संयन्त्र के मुख्यः भागों को चार परिपथ में विभाजित किया गया है–

भाग 1—दहन तथा ईंधन परिपथ (Fuel and Combustion Path)

भाग 2—बॉयलर भरण जल तथा वाष्प परिपथ (Boiler Feed Water and Steam Path)

भाग 3—दहन गैसों का परिपथ (Fuel Gases Path)

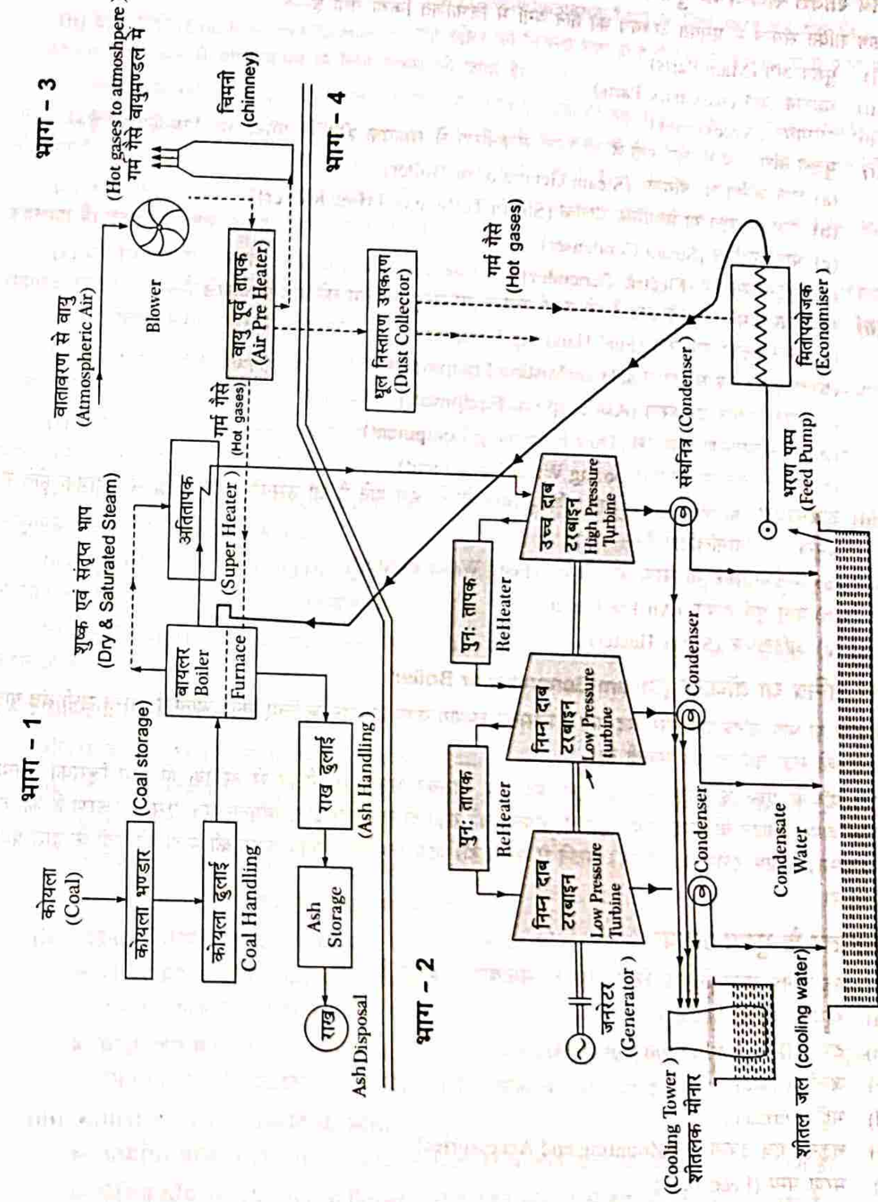
भाग 4—शीतल जलों का परिपथ (Cooling Water Path)

दहन तथा ईंधन परिपथ—संयन्त्र के इस भाग में दहन कक्ष तथा ईंधन के लिए प्रयुक्त उपकरण तथा उसके पथ क विवरण होता है। कोयला खनन क्षेत्र से उपयुक्त माध्यम की सहायता से उसे कोयला भट्टी (दहन कक्ष) तक ले आते है कोयले को दहन कक्ष में डालने से पूर्व उसे तैयार करना पड़ता है। जैसे, सुखाना, छोटे-छोटे भागों में तोड़ना इत्यादि। दहन उपरान्त बची हुई राख को भट्टी से बाहर निकालने के लिए प्रयुक्त उपकरण का विवरण भी इसी भाग में होता है।

बॉयलर भरण जल तथा वाष्प परिपथ—संयन्त्र के इस भाग में भरण पम्प की सहायता से बॉयलर में 2/3 भाग पा भरते हैं। भट्टी से उत्पन्न गर्म गैसों की सहायता से भरण जल को वाष्प में परिवर्तित करते हैं तथा ट्यूब एवं हेडर की सहायता इसे टरबाइन में भेजते हैं जिससे यांत्रिक कार्य प्राप्त होता है। बचे हुए वाष्प को संघनित्र से गुजारते हुए भरण जल में मिला दे हैं।

दहन गैस परिपथ—दहन के फलस्वरूप भट्टी से उत्पन्न गर्म गैसें बॉयलर ड्रम, अतितापक, वायु पूर्व तापक त मितोपयोजक से होते हुए चिमनी के माध्यम से वायुमण्डल में छोड़ दिया जाता है।

शीतल जल परिपथ—संयन्त्र के इस भाग में संघनित्र तथा संयन्त्र के अन्य अवयय सम्मिलित हैं जिन्हें शीतल जल क आवश्यकता है तथा ट्यूबों तथा पम्पों के माध्यम से शीतल जल भेजा जाता है।



3.3 ताप शक्ति संयन्त्र के मुख्य अवयव

ताप शक्ति संयन्त्र में प्रयुक्त अवयव को तीन वर्गों में विभाजित किया गया है—

(i) मुख्य अंग (Main Parts)
(ii) सहायक अंग (Auxiliary Parts)
(iii) उपसाधन (Accessories)

(i) **मुख्य अंग**—ये वे अंग होते हैं जो ऊर्जा रूपान्तरण में सहायक होते हैं। प्रमुख अंग निम्नलिखित हैं—
- (a) भाप जनित्र या बॉयलर (Steam Generator or Boiler)
- (b) भाप टरबाइन या प्राथमिक चालक (Steam Turbine or Prime Mover)
- (c) भाप संघनित्र (Steam Condenser)
- (d) विद्युत जनरेटर (Electric Generator)

(ii) **सहायक अंग**—यह वे अंग हैं जो ऊर्जा रूपान्तरण में मुख्य अंग को सहयोग करते हैं—
- (a) ईंधन ढुलाई उपकरण (Fuel Handling Equipment)
- (b) ईंधन दहन उपकरण (Fuel Combustion Equipment)
- (c) राख निर्वतन उपकरण (Ash Disposal Equipment)
- (d) धूल-निस्तारण उपकरण (Dust Removing Equipment)
- (e) शीतल जल उपकरण (Cooling Water Equipment)

(iii) **उपासाधन** (Accessories)—यह शक्ति संयन्त्र के वे अंग होते हैं जो उसकी दक्षता वृद्धि में सहायक हो[ते हैं।] प्रमुख अंग निम्नलिखित हैं—
- (a) मितोपयोजक या भरण जल तापक (Feed Water Heater)
- (b) वायु पूर्व तापक (Air Pre-heater)
- (c) अतितापक (Super Heater)

3.4 भाप जनित्र या बॉयलर (Steam Generator or Boiler)

बॉयलर या भाप जनित्र एक ऐसा बंद पात्र है जिसका उपयोग वाष्प उत्पादन के लिए किया जाता है, परन्तु सभी बंद [पात्रों] को बॉयलर की संज्ञा नहीं दी जा सकती है।

अतः बॉयलर एक्ट के अनुसार, एक ऐसा बंद पात्र जिसकी क्षमता 10 गैलेन से अधिक हो तथा जिसका [उपयोग] शुद्धतापूर्वक वाष्प उत्पादन के लिए किया जाता है बॉयलर की संज्ञा दी जाती है। अतः बॉयलर एक ऐसा उपकरण है जो [जल] (द्रवीय अवस्था)से वाष्प (गैसीय अवस्था) बनाने में सक्षम हो। वाष्प निर्माण के लिए ऊष्मा की मात्रा को भट्टी के द्वारा [प्रदान] किया जाता है।

3.4.1 बॉयलर के मुख्य अवयव

एक भाप जनित्र मुख्य से रूप निम्न अंगों के समावेश से बनता है—

(a) बॉयलर खोल (Shell)
(b) दहन भट्टी (Combustion Chamber)
(c) जाली (Grate)
(d) भट्टी (Furnace)
(e) चढ़नार एवं उपसाधन (Mounting and Accessories)
(f) भरण पम्प (Feed Pump)
(g) चिमनी तथा पंखे (Chimney and Fans)
(h) ट्यूब एवं हेडर (Tubes and Header)
(i) तापक सतह (Heating Surface)

(a) बॉयलर खोल (Shell)—बेलनाकार आकृति वाला भाग होता है जो इस्पात की प्लेटों को मोड़कर बनाया जाता है ऊपरी तथा निचले सिरों को प्लेटों द्वारा जोड़ दिया जाता है। आवश्यकतानुसार छिद्रों के लिए स्थान बने होते हैं।

(b) दहन भट्टी (Combustion Chamber)—यह खोल का निचला भाग होता है जिससे ऊष्मीय ऊर्जा प्राप्त होती है। यह ऊष्मीय ऊर्जा जल से वाष्प बनाने के लिए प्रयोग की जाती है।

(c) जाली (Grate)—यह ठोस ईंधन दहन के लिए प्रयोग किया जाता है। यह ढलवा लोहे का बार की आकृति का बना होता है जिसमें छिद्रों का प्रयोग किया जाता है। जाली के ऊपर ठोस ईंधन (कोयला) को रखा जाता है। छिद्र दहन के लिए वायु की आपूर्ति करते है तथा दहन के पश्चात् बचे अवशेष को छान कर बाहर निकालने में सहायक होते हैं।

(d) भट्टी (Furnace)—इसे फायर-बाक्स भी कहते हैं। जाली के ऊपर तथा बॉयलर खोल के नीचे का भाग भट्टी कहलाता है। दहन कक्ष तथा जाली दोनों भट्टी के अन्दर आते हैं।

(e) चढनार एवं उपसाधन (Mounting and Accessories)—बॉयलर के वे अंग जो बॉयलर के सुरक्षित परिचालन में सहायक होते हैं, चढनार कहलाते हैं। **उदाहरणार्थ**—दाब गेज, सुरक्षा वाल्व, जल-तल सूचक, रोक वाल्व, फीड चैक वाल्व, निकास टोंटी, गलन-प्लग, प्रवेश छिद्र आदि।

बॉयलर के वे अंग जो बॉयलर की दक्षता में वृद्धि में सहायक होते हैं, उपसाधन कहलाते हैं। **उदाहरणार्थ**—जल-भरण युक्ति, भरण-जल तापक, अतितापक, मितोपयोजक, वायु-पूर्वतापक, वायु सम्मरण युक्ति आदि।

(f) भरण पम्प (Feed Pump)—बॉयलर का वह अंग जो जल स्रोतों से जल को भरण जल के रूप में बॉयलर खोल में प्रवेश कराता है। भरण पम्प कहलाता है।

(g) चिमनी तथा पंखे (Chimney and Fans)—यह बॉयलर का वह अंग होता है जो दहन से उत्पन्न धुँए को वायुमण्डल में निकालने में सहायक होता है।

(h) ट्यूब एवं हेडर (Tubes and Header)—बॉयलर संयन्त्र में भरण जल तथा वाष्प को एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाने के लिए ट्यूब तथा हेडर का इस्तेमाल किया जाता है।

(i) तापक सतह (Heating Surface)—जाली के ऊपर का वह भाग जिस पर ईंधन का दहन होता है, तापक सतह कहलाता है।

3.4.2 बॉयलर का वर्गीकरण

बॉयलर का वर्गीकरण निम्न आधार पर किया गया है—

(i) **ईंधन के आधार पर**—ईंधन के आधार पर बॉयलर को तीन वर्गों में विभाजित किया गया है—
- ➤ ठोस ईंधन दहन बॉयलर (उदाहरण-कोयला)
- ➤ तरल ईंधन दहन बॉयलर (उदाहरण-पेट्रोलियम)
- ➤ गैसीय ईंधन दहन बॉयलर (उदाहरण-बायोगैस)

(ii) **दहन की स्थिति के आधार पर**—दो भागों में विभाजित किया गया है—
- ➤ **अन्तःदहन बॉयलर** (Internally Fired Boiler)—अन्तःदहन बॉयलर में दहन कक्ष बॉयलर खोल के अन्दर उपस्थित होता है। **उदाहरण**—लोकोमोटिव बॉयलर, लंकाशायर बॉयलर आदि।
- ➤ **बाह्यःदहन बॉयलर** (Externally Fired Boiler)—बाहयःदहन बॉयलर में दहन कक्ष बॉयलर खोल के बाहर उपस्थित होता है। **उदाहरण**—बैबकॉक एवं विलकॉक बायलर, स्टर्लिंग बायॅलर।

(iii) **बॉयलर के अक्ष की स्थिति के आधार**—
- ➤ **ऊर्ध्वाधर बॉयलर** (Vertical Boiler)—कॉकरान बॉयलर ऊर्ध्वाधर बॉयलर का उदाहरण है।
- ➤ **क्षैतिज बॉयलर** (Horizontal Boiler)—रेल इंजन बॉयलर क्षैतिज बॉयलर का उदाहरण है।
- ➤ **नत बॉयलर** (Indined Boiler)—स्टर्लिंग बॉयलर नत बॉयलर का उदाहरण है।

(iv) बॉयलर में जल एवं गर्म गैसों के प्रवाह के आधार पर—

➤ **धूम्र-नली बॉयलर (Fire Tube Boiler)**—इस बॉयलर में भट्टी के अन्दर की गर्म गैसें नलियों के भीतर प्रवाहित होती है तथा भरण जल इन नलियों के ऊपर से प्रवाहित होती है। **उदाहरण**—रेल इंजन बॉयलर, लंकाशायर बॉयलर आदि।

➤ **जल-नली बॉयलर (Water Tube Bioler)**—इस बॉयलर में भरण जल नलियों के भीतर प्रवाहित होता है तथा भट्टी की गर्म गैस नलियों के ऊपर से प्रवाहित होती है। **उदाहरण**—बैबकॉक एवं विलकॉक, स्टर्लिंग बायॅलर आदि।

(v) बॉयलर में पानी के संचरण के आधार—मुख्यत: दो प्रकार के होते हैं—

➤ **प्राकृतिक संचरण बॉयलर**—इस बॉयलर में भरण जल स्वत: ट्यूब के माध्यम से बॉयलर खोल में प्रवेश करती है। इस बॉयलर में पम्प की आवश्यकता नहीं होती है।

➤ **कृत्रिम संचरण बॉयलर**—इस बॉयलर में पानी के संचरण के लिए पम्प की आवश्यकता होती है।

(vi) बॉयलर के दाब के आधार पर—

➤ **निम्न दाब बॉयलर**—इस बॉयलर में भाप का दाब 80 bar से कम होता है। **उदाहरण**—रेल इंजन बॉयलर, लंकाशायर बॉयलर, कार्निश बॉयलर।

➤ **उच्च दाब बॉयलर**—इस बॉयलर में भाप का दाब 80 bar से अधिक होता है। **उदाहरण**—लॉ-मान्ट बॉयलर, विलाक्स बॉयलर।

(vii) बॉयलर क्षमता के आधार पर—

➤ **निम्न क्षमता बॉयलर**—इस बॉयलर की क्षमता 10 ton/प्रति घण्टा होती है। **उदाहरण**—रेल इन्जन बॉयलर।

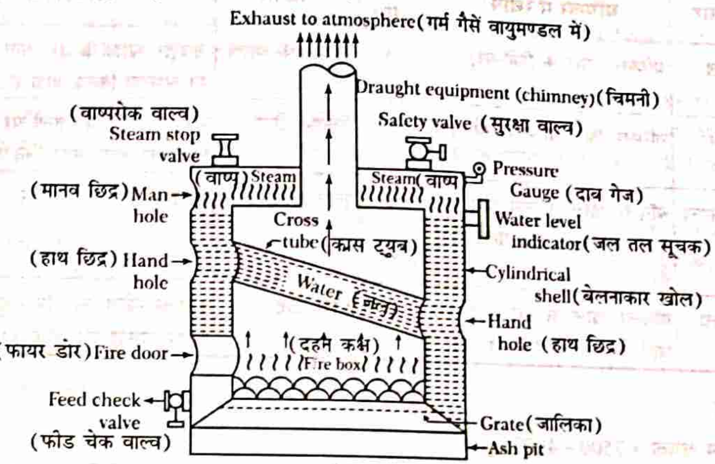
➤ **उच्च क्षमता बॉयलर**—इस बॉयलर की क्षमता 100 ton/घण्टा होती है। **उदाहरण**—लॉ-मान्ट बॉयलर, बेन्सन बॉयलर।

3.4.3 बॉयलर प्लान्ट के मुख्य लक्षण

एक अच्छे बॉयलर में निम्न गुणों का होना आवश्यक है—

(i) वाष्प उत्पादन की दर आवश्यकतानुसार होनी चाहिए।
(ii) बॉयलर कम से कम स्थान घेरने वाला होना चाहिए।
(iii) बॉयलर का परिचालन विश्वनीय होना चाहिए।
(iv) बॉयलर आसानी से शुरू हो जाना चाहिए।
(v) बॉयलर की ऊष्मीय दक्षता अधिक होनी चाहिए।
(vi) बॉयलर का डिजाइन सरल होना चाहिए।
(vii) बॉयलर का भार कम होना चाहिए।
(viii) बॉयलर के अंग जंगरोधी होने चाहिएँ।
(ix) बॉयलर का उपयोग करते समय सुरक्षा का आभास होना चाहिए।
(x) बॉयलर की प्रारम्भिक लागत तथा कार्यकारी लागत कम होनी चाहिए।
(xi) बॉयलर का रख-रखाव आसान होना चाहिए।

3.5.1 सरल खड़ा बॉयलर (Simple Vertical Boiler)



चित्र 3.2

सरल खड़े बॉयलर में एक बेलनाकार खोल होता है। जिसमें आधे से अधिक भरण जल भरा होता है। दहन कक्ष से उत्पन्न गर्म गैसों के द्वारा भरण जल वाष्प में परिवर्तित हो जाता है। बेलनाकार खोल के ऊपरी भाग को वाष्प के लिए छोड़ देते हैं। खोल के नीचले सिरे में फायर-बाक्स में दो तिरछे ट्यूब भी लगे होते हैं जिससे दहन दर तथा वाष्पन दर दोनों में वृद्धि होती है। बॉयलर के अन्दर सभी चढ़नार लगे होते हैं; जैसे—प्रवेश छिद्र, चिमनी, फीड चेक वाल्व, दाब गेज, सुरक्षा वाल्व, जल तल सूचक, भाप रोक वाल्व, निकास टोंटी, गलन प्लग आदि।

प्रमुख आँकड़े

क्षमता = 2500 kg/hr

दाब = 7·5 bar – 10 bar

लाभ

- डिजाइन सरल होती है।
- रखरखाव की आवश्यकता कम होती है।
- स्थानान्तरण आसानी से संभव है।

3.5.2 कॉकरान बॉयलर (Cocron Boiler)

कॉकरान बॉयलर ऊर्ध्वाधर, धूम्रनली बॉयलर है। वाष्प का दाब भी कम रहता है तथा वाष्प उत्पादन क्षमता भी कम होती है।

बॉयलर के दो भाग होते है, पहला भाग बेलनाकार होता है तथा दूसरा भाग अर्ध गोलाकार होता है। निचले बेलनाकार भाग में दहन भट्टी लगी होती है। भट्टी से उत्पन्न गर्म गैसें धूम्रनली में प्रवाहित होती हैं तथा भरण जल इन नलियों के ऊपर प्रवाहित होता है। भट्टी से उत्पन्न गर्म गैसों की ऊष्मा प्राप्त कर भरण जल वाष्प में परिवर्तित हो जाता है तथा यह वाष्प अर्ध गोलाकार भाग में एकत्र होता है। वाष्प रोक वाल्व के माध्यम से यह वाष्प प्राथमिक चालक को भेज दिया जाता है।

सभी चढ़नार यथावथ स्थान पर लगे होते हैं; जैसे—

क्र० सं०	चढ़नार	बॉयलर में स्थान	क्र० सं०	चढ़नार	बॉयलर में स्थान
1.	जल तल सूचक	बॉयलर खोल के सिरे पर।	5.	फीड चेक वाल्व	बॉयलर खोल के उस भाग से जहाँ से जल का संभरण किया जाता है।
2.	दाब गेज	बॉयलर खोल के टॉप सिरे पर।	6.	निकास-टोंटी	बॉयलर खोल की तली पर जहाँ से बॉयलर खोल का जल बाहर निकाला जाता है।
3.	सुरक्षा वाल्व	बॉयलर खोल के उस भाग पर जहाँ अधिकतम दाब प्राप्त होता है।	7.	गलन प्लग	बॉयलर भट्टी के टॉप पर।
4.	रोक वाल्व	बॉयलर खोल के उस भाग पर जहाँ से भाप का निकास होता है।	8.	प्रवेश छिद्र	बॉयलर खोल का टॉप जहाँ से बॉयलर के अन्दर सफाई की जाती है।

प्रचालन आँकड़े

वाष्प क्षमता = 3500 – 4000 kg/hr

वाष्प का दाब = 6·5 – 15 bar

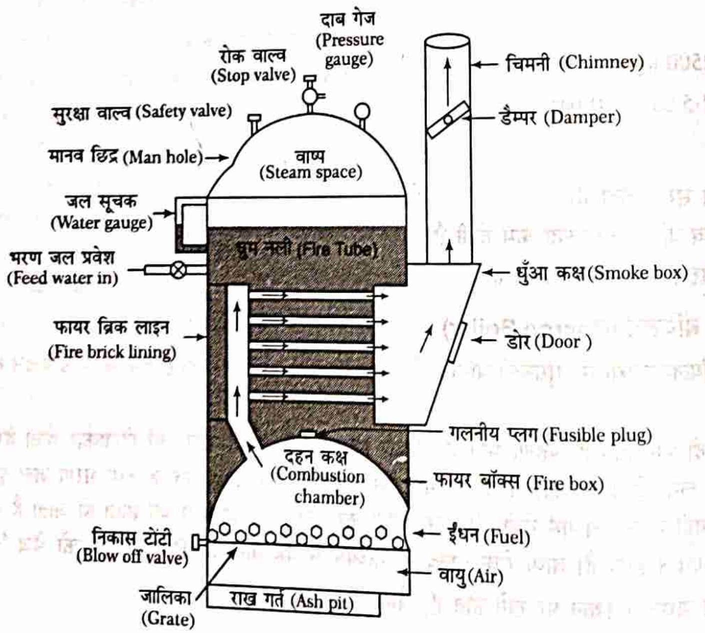
दक्षता = 70 – 75%

तापक सतह = 130 m^2

बॉयलर की ऊँचाई = 5·79 m

बॉयलर की चौड़ाई = 2·75 m

* बॉयलर की दक्षता ईंधन, ईंधन दहन दर पर भी निर्भर करता है।



चित्र 3.3

3.5.3 बैबकॉक-विलकॉक बॉयलर (Babcock and Wilcock Boiler)

बैबकॉक-विलकॉक बॉयलर एक जल नली बॉयलर है जिसमें जल नली की स्थिति या तो तिरछी होती है या तो अनुदैर्घ्य होती है। इस बॉयलर में ईंधन के रूप में कोयला इस्तेमाल किया जाता है। फायर डोर के रास्ते कोयले को दहन भट्टी की नलिका में प्रवेश कराते हैं। दहन के पश्चात् उत्पन्न ऊष्मा जल नलियों के ऊपर से प्रवाहित कराते हैं। जिससे नलियों का जल वाष्प में परिवर्तित हो जाता है। यह शुष्क वाष्प अतितापक से गुजरते हुए प्राथमिक चालक (Prime mover) को भेज दिया जाता है। दहन भट्टी से उत्पन्न गर्म गैसों का जल नलियों के ऊपर से, अतितापक से मितोपयोजक से, वायु पूर्व तापक से गुजारते हुए चिमनी के माध्यम से वायुमण्डल में छोड़ दिया जाता है।

इस बॉयलर में दो निरीक्षण डोर लगे होते हैं जिससे बॉयलर का समय-समय पर रख रखाव किया जा सके। जल नलियों में से जल तथा वाष्प को पृथक् करने के लिए जल तथा वाष्प पृथक्कारी लगे होते हैं। एंटी प्राइमिंग पम्प की सहायता से आर्द्र जल के कणों को पृथक् किया जाता है।

प्रचालन आकड़े

वाष्प का दाब = 40 bar अधिकतम

वाष्पन क्षमता = 4000 kg/ hr

दक्षता = 60 – 80%

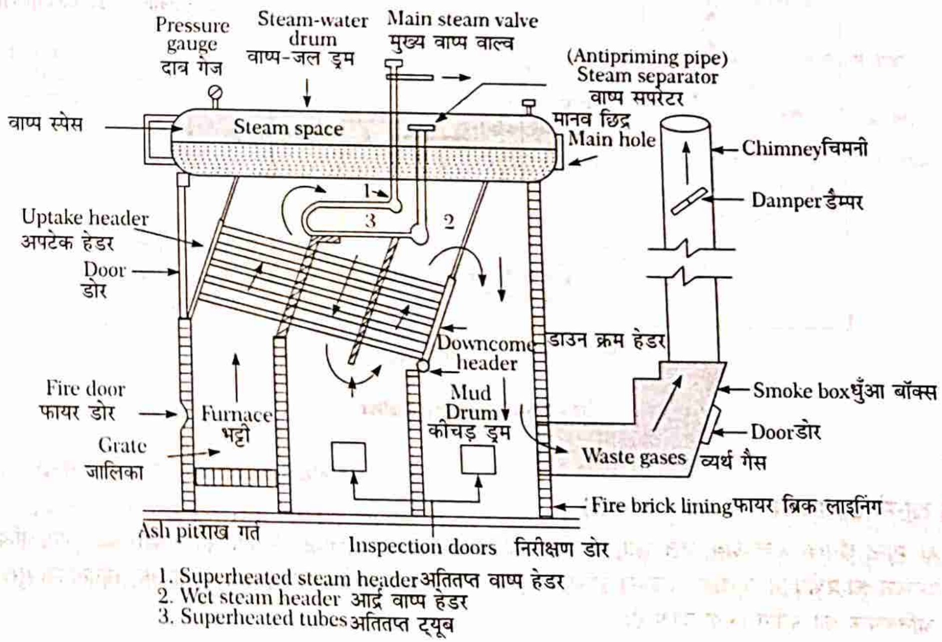
ड्रम की चौड़ाई = 1·22 – 1·83 m

ड्रम की लम्बाई = 6·096 to 9·14 m

जल नली का व्यास = 7·62 – 10·16 cm

अतितापक नली का व्यास = 3·84 – 5·71 m

* जब हम बॉयलर में क्रास ड्रम का इस्तेमाल करते हैं तो वाष्प का दाब बढ़कर 100 bar तथा क्षमता 27000 KJ/h हो जाती है।



चित्र 3.4

3.5.4 स्टर्लिंग बॉयलर (Steerling Boiler)

स्टर्लिंग बॉयलर में मुख्यत: चार ड्रम होते हैं जिनमें तीन ड्रम भाप ड्रम होते हैं तथा एक ड्रम तलछट ड्रम होता है। चारों ड्रम आपस में मुड़ी हुई नलियों के सहारे जुड़े होते हैं। बॉयलर के निचले सिरे में दहन भट्टी होती है जिसमें ऊष्मा का दहन होता है। बॉयलर खोल की दिवारों को फायर ब्रिक्स अर्थात् तापसह ईंटों की बनाई जाती है।

भरण जल, भरण पम्प की सहायता से सर्वप्रथम ड्रम 1 में प्रवेश करता है। जल में विद्यमान निलम्बित पदार्थ तलछट ड्रम में प्रवेश करता है। इसके पश्चात् जल नलियों में गर्म होते हुए ऊपरी ड्रम-2 एवं ड्रम-3 में प्रवेश करता है।

भट्टी में उत्पन्न गर्म गैसें बफलों के सहारे निश्चित मार्ग से होते हुए ऊष्मा जल को अंतरित करती है। अंत में चिमनी के माध्यम से वायुमण्डल में विसर्जित हो जाती है।

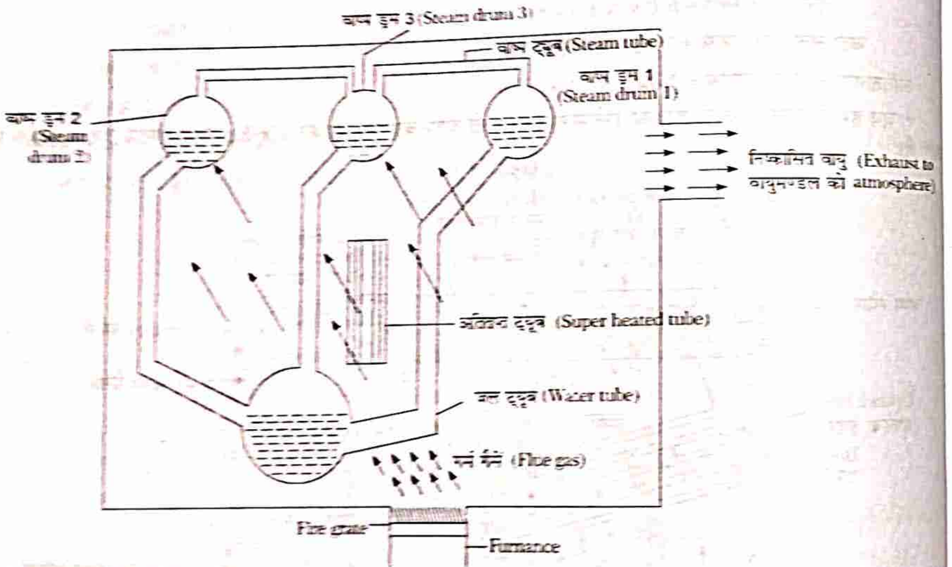
बॉयलर में आवश्यक आरोपणियाँ एवं उपसाधन लगे होते हैं। अतितापक से प्राप्त अतितप्त भाप, वाष्प रोक वाल्व के माध्यम से पाईप द्वारा प्राथमिक चालक को उपयोग के लिए भेज दी जाती है।

प्रचालन आकड़े

वाष्पन क्षमता = 50 ton/hr

वाष्प का दाब = 55 bar

वाष्प का तापमान = 400°C



चित्र 3.5—Steerling Boiler

3.5.5 ला-मोन्ट बॉयलर (La-Mont Boiler)

ला-मोन्ट बॉयलर उच्च दाब, जल नली, प्रणोदित संचरण (Force circulation) बॉयलर है। बॉयलर की दक्षता वृद्धि के लिए उपसाधन का प्रयोग किया जाता है। प्रमुख उपसाधन हैं—संभरण पम्प, मितोपयोजक, वायु पूर्व तापक, अतितापक मुख्य संवहन अतितापक का प्रयोग किया जाता है।

जल स्रोतों से भरण पम्प की सहायता से जल सर्वप्रथम मितोपयोजक से गुजरता है जिससे भरण जल पूर्व तापित हो जाता है। यह पूर्व तपित भरण जल नलियों में प्रवाहित होता है। नलियों के ऊपर दहन कक्ष की दग्ध गैसें प्रवाहित होती हैं जिससे भरण जल संतृप्त भाप में परिवर्तित हो जाता है। यह शुष्क एवं संतृप्त भाप अतितापक से अतिरिक्त ऊष्मा प्राप्त कर अतितप्त भाप में परिवर्तित हो जाता है।

दहन के लिए वायु को वायु पूर्व तापक की सहायता से पहले थोड़ा गरम कर लेते हैं जिससे ईंधन का दहन तीव्र गति से तथा सम्पूर्ण होता है।

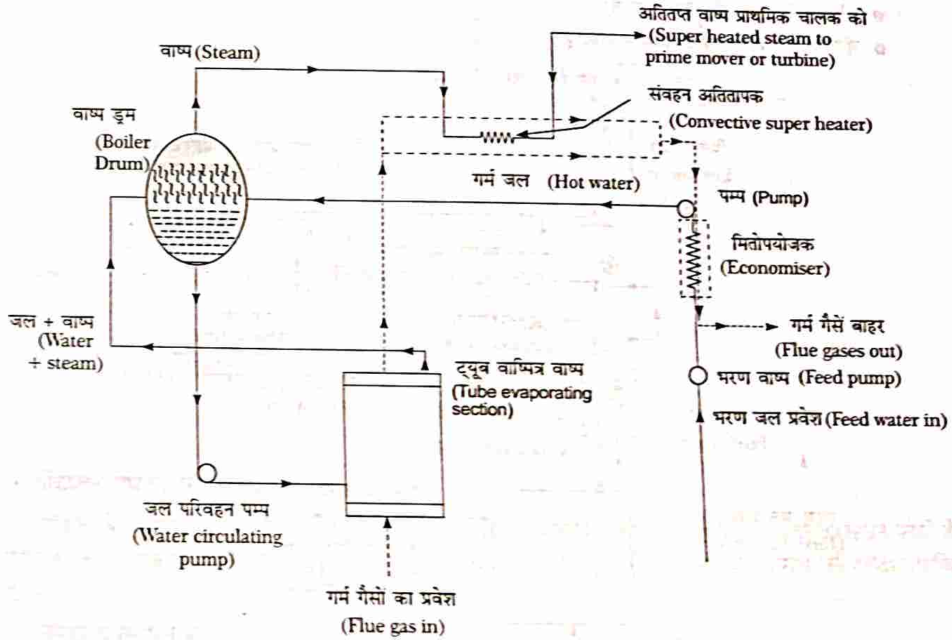
वायु पूर्व तापक, मितोपयोजक तथा अतितापक को अतिरिक्त ऊष्मा दहन कक्ष की बची गैसों द्वारा प्रदान किया जाता है।

प्रचालन आकड़े

वाष्पन क्षमता = 45 – 50 ton/hr

वाष्प का दाब = 120 – 130 bar

वाष्प का तापमान = 500°C



चित्र 3.6—La-mont Boiler

3.5.6 बेन्सन बॉयलर (Benson Boiler)

बेन्सन बॉयलर एक उच्च दाब, उच्च क्षमता बॉयलर है। सर्वप्रथम 1922 में बेन्सन नामक व्यक्ति ने इसका निर्माण किया तथा सफलतापूर्वक 1927 में पश्चिम जर्मनी में उपयोग किया गया। यह प्रणोदित जल संचरण, इकहरा प्रचालन प्रकार का बॉयलर है, जिसके कारण जल नलियों से होते हुए एक ही बार में पूरी तरह भाप में परिवर्तित हो जाता है। सर्वप्रथम भरण जल

मितोपयोजक से होकर संवाहक वाष्पित्र में जाते हुए क्रमशः वाष्पित्र, मितोपयोजक, अतितापक एवं वायु पूर्व तापक से होते चिमनी के माध्यम से वायुमण्डल में विसर्जित कर दी जाती है।

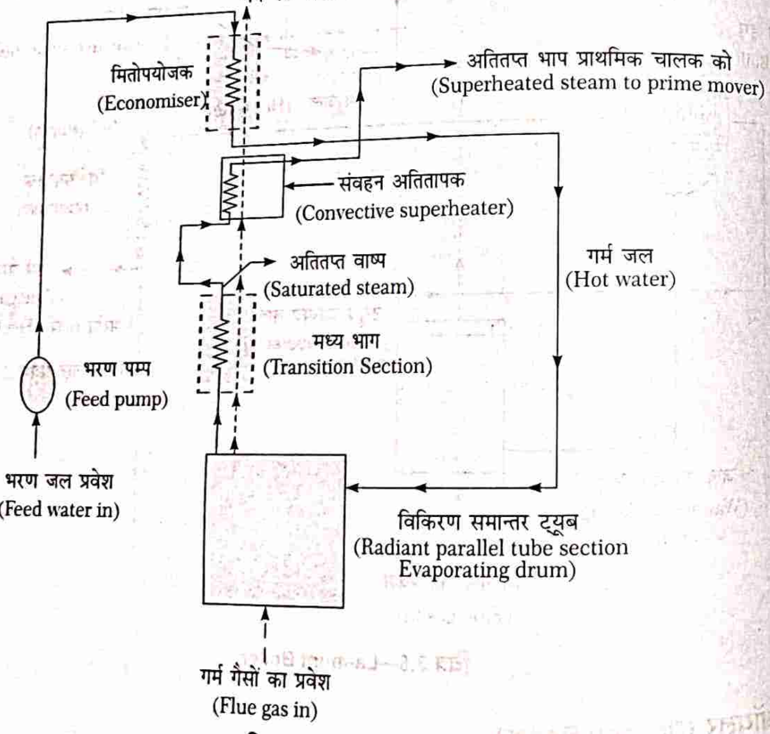
बॉयलर की प्रमुख विशिष्टियाँ

- ईंधन = द्रवीय ईंधन (तेल)
- तापमान = 650°C
- वाष्प का दाब = 150 ton/ hr

इसमें बॉयलर ड्रम की आवश्यकता नहीं होती है।

लाभ

- उच्च क्षमता होती है।
- बॉयलर का डिजाइन सरल होता है।
- बॉयलर कम जगह घेरता है।
- बॉयलर का भार भी कम होता है।
- बॉयलर का रख-रखाव आसान होता है।



चित्र 3.7—Benson Boiler

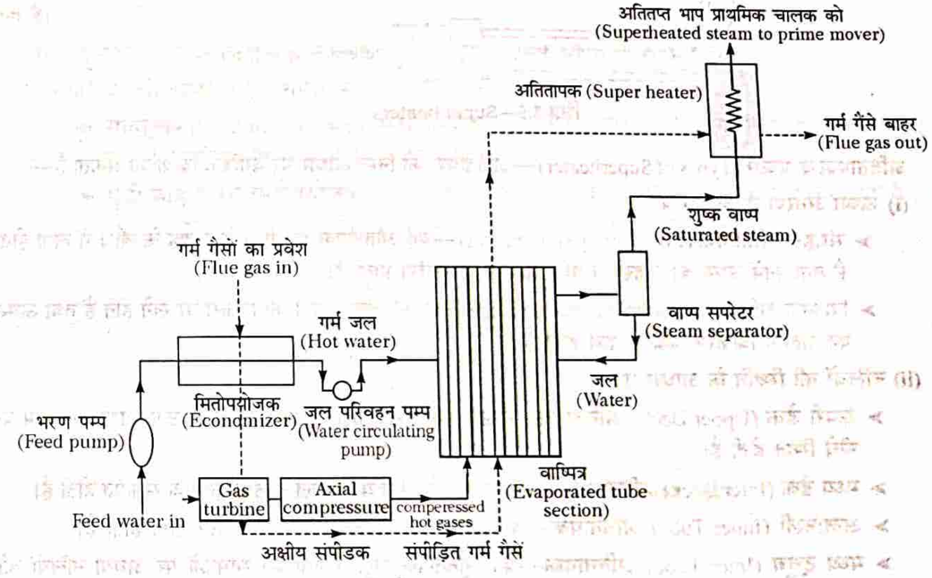
3.5.7 विलाक्स बॉयलर (Velox Boiler)

हम जानते हैं कि ऊष्मा अंतरण करने वाली गैसों की गति बढ़ाकर ध्वनि गति से अधिक (Supersonic velocity) की जाती हैं तो गैस द्वारा ऊष्मा अंतरण की दर अत्यधिक बढ़ जाती है। वेलाक्स बॉयलर इसी सिद्धान्त पर कार्य करता है।

भरण जल, मितोपयोजक तथा सेपरेटर (Seperator) से गुजर कर नलियों के अन्दर दहन कक्ष में प्रवेश करती है। गैसें संपीडित वायु के साथ मिलकर नलियों के बीच खोखले स्थान से प्रवाहित होते हुए नलियों के भरण जल को ऊष्मा अंतरित करते हुए अतितापक में प्रवेश करती हैं। नलियों का जल आंशिक रूप से वाष्पित्र हो जाता है। मिश्रण में से वाष्प और जल को सेपरेटर में अलग-अलग कर लेते हैं। संतृप्त वाष्प को अतितापक में भेजते हैं तथा जल को दहन कक्ष की नलियों से पुनः संचारित करते हैं।

अतितापक से उत्पन्न गैस से गैस टरबाइन चलाई जाती है। जिससे प्राप्त शक्ति को वायु संपीडक चलाने में उपयोग किया जाता है। गैस टरबाइन से निकली गैसों को मितोपयोजक में भेजा जाता है तथा अतितप्त भाप से टरबाइन चलाई जाती है।

बॉयलर की वाष्पन क्षमता 100 ton/hr होती है।



चित्र 3.8—Velox boiler

3.6 बॉयलर उपसाधन (Boiler Accessories)

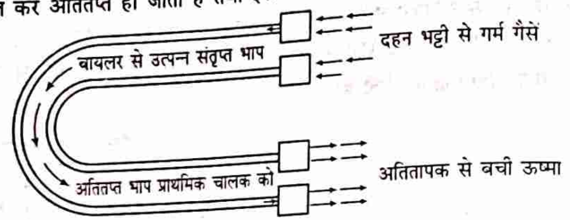
बॉयलर के प्रचालन को दक्ष करने तथा दक्षता वृद्धि के लिए जो युक्तियाँ लगाई जाती हैं उन्हें बॉयलर उपसाधन कहते हैं। उपसाधनों के न लगने पर भी बॉयलर का कार्य सुचारू रूप से होता है, परन्तु इसके न लगने पर बॉयलर की दक्षता प्रभावित होती है।

प्रमुख उपसाधन हैं—

(a) अतितापक (Superheater)
(b) मितोपयोजक (Economiser)
(c) वायु पूर्व तापक (Air Pre-heater)
(d) प्रवात उपकरण (Draught equipment)
(e) जल भरण युक्ति या प्रभरण युक्ति (Water Feed Pump)
(f) भरण जल तापक (Feed Water Heater)

(a) अतितापक (Superheater)

इसका प्रमुख कार्य बॉयलर ड्रम से प्राप्त होने वाली संतृप्त भाप का तापमान बढ़ाकर उसे अतितप्त भाप में परिवर्ति करना होता है। अतितापक नलियों की आकृति का बना होता है तथा एक ऊष्मा विनिमित्र (Heat exchanger) की तरह कार्य करता है। अतितापक में संतृप्त भाप नलियों में प्रवाहित होती है तथा गर्म गैसें नलियों के ऊपर से प्रवाहित कराई जाती है। भाप गर्म गैसों की ऊष्मा प्राप्त कर अतितप्त हो जाता है तथा इसे प्राथमिक चालक को भेज दिया जाता है।



चित्र 3.9—Super heater

अतितापक के प्रकार (Types of Superheater)—अतितापक को निम्न आधार पर वर्गीकृत किया जा सकता है—

(i) ऊष्मा अंतरण के आधार पर—

- **संवहन अतितापक** (Convection Superheater)—यह अतितापक गर्म गैसों के प्रवाह के बीच में लगा होता है तथा इनमें ऊष्मा का अंतरण संवहन प्रक्रिया के कारण होता है।
- विकिरण अतितापक (Radiation Superheater)—यह अतितापक भट्टी की दिवारों पर लगे होते हैं तथा ऊष्मा का अंतरण विकिरण प्रक्रिया द्वारा होता है।

(ii) नलियों की स्थिति के आधार पर—

- **ऊपरी डेक** (Upper Deck) **अतितापक**—इसमें अतितापक नलियाँ जल नलियों के ऊपर तथा भाप ड्रम के नीचे स्थित होती हैं।
- **मध्य डेक** (Inter Deck) **अतितापक**—बॉयलर भट्टी के पास वाली जल नलियों के मध्य स्थापित होती है।
- **अन्तःनली** (Inner Tube) **अतितापक**—यह अतितापक दो जल नलियों के भीतर लगा होता है।
- **मध्य ट्यूब** (Inter Tube) **अतितापक**—यह अतितापक जल नलियों की सीमाओं पर अथवा नलियों की कतारों के नीचे स्थित होती हैं।

(iii) उपयोगिता के आधार—

- **प्राथमिक** (Primary) **अतितापक**—यह बॉयलर से सीधी उपजी संतृप्त भाप को अतितप्त करती है।
- **माध्यमिक या पुनः** (Intermidiate) **अतितापक**—यह टरबाइन में कार्य कर चुके भाप को पुनः अतितप्त करती है।

(iv) ऊष्मा स्रोत के आधार पर—

- **अभिन्न** (Integral) **अतितापक**—इस प्रकार के अतितापक बॉयलर के अंदर स्थापित होते हैं।
- **स्वतंत्र अतितापक** (Independent)—यह बॉयलर बड़े आकार के होते हैं तथा स्थिर बॉयलर के बाहर लगे होते हैं इन्हें ऊष्मा पृथक् भट्टी द्वारा दी जाती है।

(v) दहन गैसों तथा भाप की परस्पर दिशा के अनुसार—

- **समान्तर प्रवाह अतितापक** (Parallel Flow)—इस अतितापक में दहन गैसे तथा भाप का प्रवाह एक ही दिशा में होता है।

- **प्रतिप्रवाह अतितापक** (Counter Flow)—इस अतितापक में दहन गैसें तथा भाप का प्रवाह एक दूसरे के विपरीत होती है।
- **संयुक्त प्रवाह अतितापक** (Combined Flow)—यह समान्तर प्रवाह तथा प्रति प्रवाह अतितापक का संयुक्त रूप होता है।

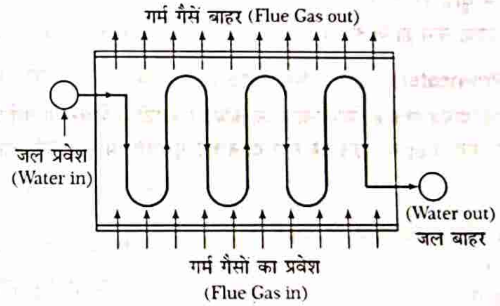
(b) मितोपयोजक (Economiser)

मितोपयोजक को मूल रूप से भरणजल पूर्व तापक (Water Pre-heater) भी कहते हैं। यह एक ऊष्मा विनियमित्र है जिसमें गर्म गैसों की ऊष्मा को संघनित्र जल या भरण जल को अंतरित की जाती है। बॉयलर में भरण जल को भेजने से पूर्व मितापयोजक में गर्म किया जाता है। इसमें सामान्यत: जल नलियों में भेजा जाता है तथा गर्म गैसें इन नलियों के ऊपर से प्रवाहित होती हैं।

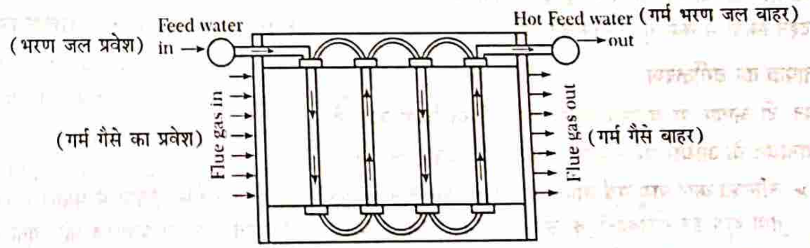
मितोपयोजक का वर्गीकरण—निम्न मापदण्डों पर मितापयोजक का वर्गीकृत किया गया है—

(i) नलियों की व्यवस्था के आधार पर—

- **सतत् लूप** (Continuous Loop) **मितोपयोजक**—इस मितोपयोजक में नलियों को बिना जोड़ के लगातार एक लूप में व्यवस्थित किया जाता है, (चित्र 3.10)।
- **मुड़ी जोड़ वाली मितोपयोजक**—इस मितोपयोजक में क्षैतिज नलियों को सिराओं पर गैस्केट लगी बैन्ड से जोड़ दी जाती है। यह बैन्ड गैस के प्रवाह मार्ग से बाहर होती है, (चित्र 3.11)।



चित्र 3.10—Continuous loop



चित्र 3.11—Discontinuous loop

(ii) भरण जल की गर्म होने की अवस्था के आधार पर—

- **वाष्पन मितोपयोजक** (Steaming Economiser)—भरण जल को क्वथनांक तक गर्म किया जाता है।
- **अवाष्पन मितोपयोजक** (Non-steaming Economiser)—भरण जल को इतना गर्म किया जाता है कि उसका तापमान क्वथनांक से 20–30°C कम ही हो।

(iii) बॉयलर में स्थिति के आधार पर—

- **अभिन्न मितोपयोजक** (Integral Economiser)—बॉयलर के अंदर बॉयलर के एक अभिन्न भाग की तरह लगाए जाते हैं।
- **स्वतंत्र मितोपयोजक** (Independent Economiser)—बॉयलर खोल के बाहर अलग से लगाए जाते हैं।

(iv) मितोपयोजक नली के सामग्री के आधार पर—

- लौह नलियाँ मितोपयोजक
- इस्पात नलियाँ मितोपयोजक

(v) जल और गर्म गैसों के सापेक्षिक प्रवाह की दिशा के आधार पर—

- **समान्तर प्रवाह** (Parallel Flow) **मितोपयोजक**—जल एवं गर्म गैसों की दिशा एक समान होती है।
- **प्रति-प्रवाह** (Counter Flow) **मितोपयोजक**—जल एवं गर्म गैसों की दिशा विपरित होती है।

मितोपयोजक के लाभ

- दग्ध गैसों में व्यर्थ ऊष्मा का उपयोग हो जाता है।
- दक्षता 10% से 15% तक बढ़ जाती है।
- ईंधन की खपत 5% से 15% तक बचती है।
- बॉयलर की क्षमता में वृद्धि हो जाती है।
- तापीय प्रतिबल की मात्रा कम हो जाती है।

(c) वायू पूर्व तापक (Air Pre-heater)

यह मूलत: एक ऊष्मा विनियमित्र होता है जिसमें वायु को बॉयलर भट्टी में भेजने के पूर्व दहन गैसों की सहायता से पूर्व तप्त कर देते हैं। वायु को पूर्व तप्त करने से दहन पर तथा दहन की गुणवत्ता में वृद्धि हो जाती है।

वायु पूर्व तापक के लाभ

- निम्न श्रेणी का ईंधन भी उपयोग किया जा सकता है।
- तापीय दक्षता बढ़ती है।
- ईंधन खपत कम होती है।
- बॉयलर की वाष्पन क्षमता में वृद्धि हो जाती है।
- दहन क्रिया में कम धुँआ निकलता है।

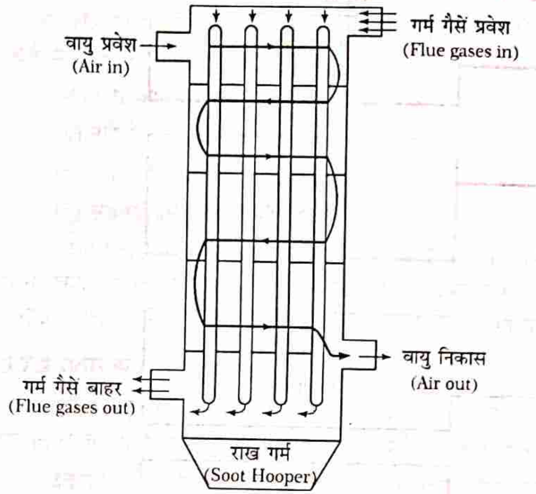
वायुपूर्व तापक का वर्गीकरण

मुख्यत: दो आधार पर वायुपूर्व तापक को वर्गीकृत किया जाता है—

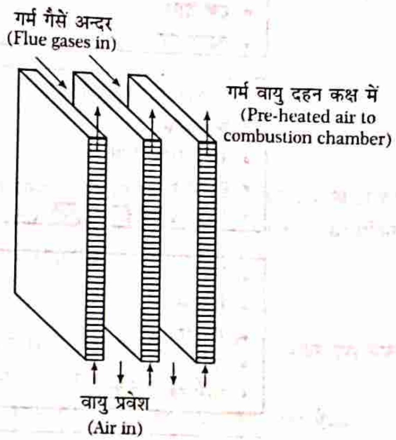
(i) बनावट के आधार पर—मुख्य रूप से तीन प्रकार के होते हैं—

- **नलिका कार वायु पूर्व तापक** (Tublar Air Pre-heater)—इसमें गर्म गैसें नलियों में प्रवाहित की जाती हैं तथा वायु इन नलिकाओं के ऊपर एवं गर्म गैसों के प्रवाह के विपरित दिशा में प्रवाहित की जाती है। ऊष्मा अंतरण दर बढ़ाने के लिए बैफलस (Baffeles) का प्रयोग किया जाता है। हॉपर (Hopper) में बची कालिख संग्रहित की जाती है, (चित्र 3.12)।
- **प्लेट आकार वायु पूर्व तापक** (Plate Type Air Pre-heater)—इसमें आयताकार सपाट प्लेटों का प्रयोग किया जाता है। दो समान्तर प्लेटों के बीच की दूरी 2 cm तक होती है। प्लेटों के बीच समान्तर मार्गों के एक तरफ वायु तथा दूसरी तरफ गर्म गैसें प्रवाहित की जाती है। दोनों के प्रवाह की दिशा विपरित होती है, (चित्र 3.13)।

- **स्टोरेज वायु पूर्व तापक** (Storage Type Air Pre-heater)—



चित्र 3.12—Tublar air preheater



चित्र 3.13—Plate type airpreheater

(ii) वायु और गर्म गैसों के बीच सम्पर्क अथवा ऊष्मा अंतरण समय के आधार पर—

- **रिक्युपरेटिव** (Recuperative) **प्रकार का**—इस तरह के पूर्व तापकों में ऊष्मा सतत् रूप से गर्म गैस से ठण्डी वायु में अंतरित होती रहती है। **उदाहरण**—Tublar and Plate Type Air Pre-heater
- **पुनर्योजी** (Regenerative) **प्रकार का**—इस प्रकार के वायु पूर्व तापक में ऊष्मा अंतरण रुक-रुक कर होता है।

  मुख्यत: दो प्रकार की होती हैं—

  (a) स्थिर वायु पूर्व तापक

  (b) घूमने वाला वायु पूर्व तापक

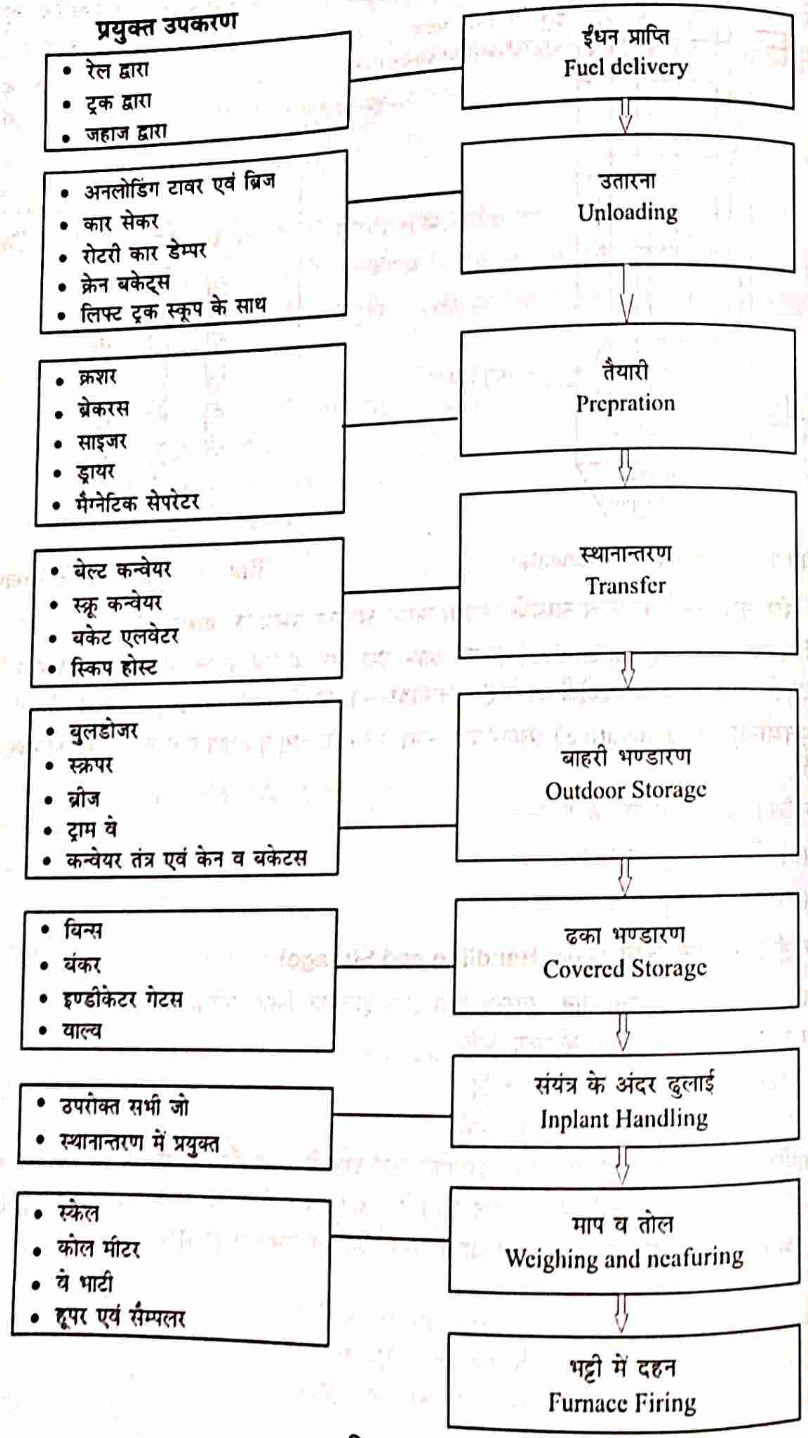
3.7 ईंधन ढुलाई एवं भण्डारण (Fuel Handling and Storage)

वाष्प शक्ति संयन्त्रों में मुख्यत: तीन अवस्थाओं में ईंधन इस्तेमाल किए जाते हैं—

- ठोसीय ईंधन; जैसे—लकड़ी, कोयला आदि
- द्रवीय ईंधन; जैसे—पेट्रोलियम, तेल आदि
- गैसीय ईंधन; जैसे—विभिन्न प्रकार की गैसें

मुख्यत: तापीय शक्ति संयन्त्रों में ठोस ईंधन इस्तेमाल किए जाते हैं। ठोस ईंधन के रूप में कोयला का अधिकतम प्रयोग किया जाता है। कोयले को दहन भट्टी में इस्तेमाल करने से पहले इसे विभिन्न चरणों तथा प्रक्रियाओं से गुजरना पड़ता है जिससे दहन से उत्पन्न तथा दहन के दौरान होने वाली समस्याओं का समाधान हो सके।

कोयले को भट्टी में प्रयोग करने के लिए उपयोग विभिन्न चरण



चित्र 3.14

3.7.1 ईंधन प्राप्ति (Fuel Delivery)

कोयले को खनन क्षेत्रों से शक्ति संयंत्र तक पहुँचाने की प्रक्रिया को ईंधन प्राप्ति कहते है। ईंधन प्राप्ति के लिए प्रयुक्त औजार और उपकरण कोयले के प्राप्ति स्थान की प्रकृति पर निर्भर करते हैं। जैसे पहाड़ी क्षेत्रों तथा समतल क्षेत्रों में प्रयोग किए जाने वाले उपकरण भिन्न-भिन्न होंगे।

प्रयोग में आने वाले प्रमुख माध्यम निम्न हैं—

(a) नदियों के द्वारा

(b) रेल इंजनों द्वारा

(c) सड़कों द्वारा, आदि।

सामान्यत: भारत में रेल इंजनों का प्रयोग किया जाता है, क्योंकि यह सस्ता तथा लगभग सभी स्थानों पर पाया जाता है। जिन स्थानों पर रेल की व्यवस्था नहीं होती है वहाँ सड़कों के माध्यम से कोयले की प्राप्ति होती है। यदि खनन क्षेत्र तथा शक्ति संयन्त्र के बीच की दूरी कम होती है तो पट्टा वाहक का भी प्रयोग किया जाता है।

3.7.2 उतारना (Unloading)

शक्ति संयन्त्रों में कोयले की प्राप्ति के बाद उसे उपकरणों की सहायता से उतारा जाता है। उपकरणों का प्रयोग इस बात पर निर्भर करता है कि कोयला खनन क्षेत्र से शक्ति संयन्त्र तक किस माध्यम द्वारा लाया जाता है।

उदाहरण के लिए—यदि कोयले की प्राप्ति रेलवे वैगन द्वारा होती है तो निम्न उपकरण प्रयोग की जाती हैं—

- ब्रिज व टावर क्रेन (Bridge or Tower Crane)
- ग्रैब बकेट (Grab Buckets)
- कार सेकर (Car Shakers)
- रोटरी कार डैम्पर (Rotary Car Damper)
- कोल एसीलेटरस, etc. (Coal Accelerators)

यदि कोयले की प्राप्ति नदियों से जहाजों के माध्यम से होती है तो निम्न उपकरण उपयोग किए जाते हैं—

- कोल टावर (Coal Tower)
- अनलोडिंग ब्रिज (Unloading Bridge)
- कोल एसीलेटर (Coal Accelerators)
- पोर्टेबिल कन्वेयर (Portable Conveyors)

यदि कोयले की प्राप्ति सड़कों द्वारा ट्रकों के माध्यम से होती है तो उतारने के लिए किसी उपकरण की आवश्यकता नहीं पड़ती है।

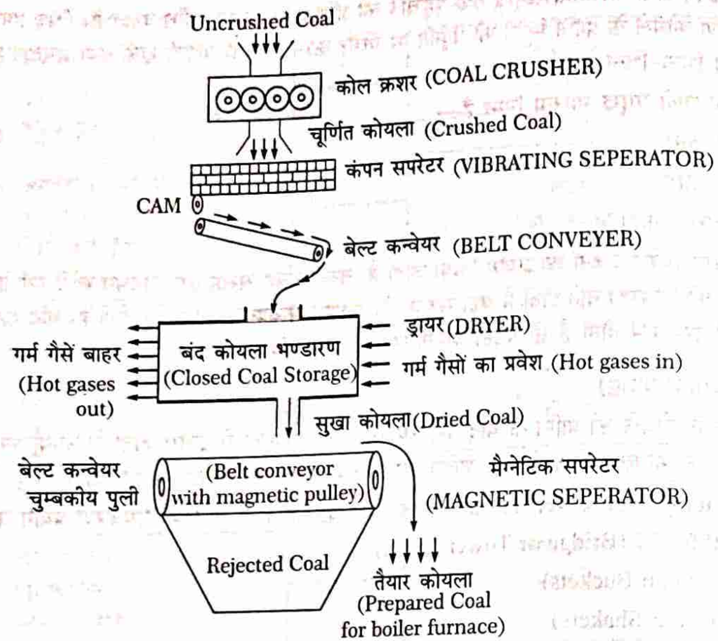
3.7.3 कोयले की तैयारी (Preparation of Coal)

खनन क्षेत्रों से प्राप्त कोयले को सीधे दहन भट्टी में नहीं प्रयोग किया जा सकता, क्योंकि इनके साइज एक समान नहीं होते हैं तथा विभिन्न प्रकार की अशुद्धियाँ भी पाई जाती हैं। अत: ऐसी स्थिति में कोयले की तैयारी करनी पड़ती। जिससे कोयले एक साइज तथा अशुद्धियाँ रहित हों।

निम्न उपकरण का प्रयोग कोयले की तैयारी में किया जाता है—

- क्रशर (Cursher)
- ब्रेकर (Breaker)
- साइजर (Sizer)
- ड्रायर (Dryer)
- मैग्नेटिक पृथक्कारी (Magnetic Seperator)

उपकरणें का कार्य तथा प्रयोग विधि का वर्णन निम्न चित्र द्वारा प्रदर्शित किया गया है—



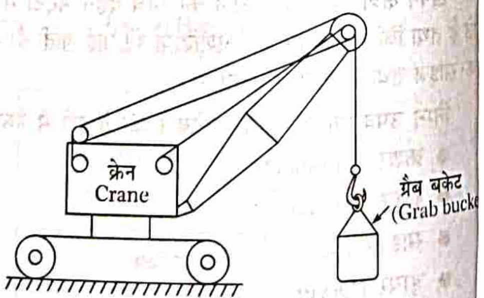
चित्र 3.15

3.7.4 ईंधन स्थानान्तरण (Fuel Transfer)

कोयले को दहन कक्ष के अनुरूप तैयार करने के पश्चात् इसे विभिन्न उपकरणों के माध्यम से कोयला भण्डार तक पहुँचाया जाता है।

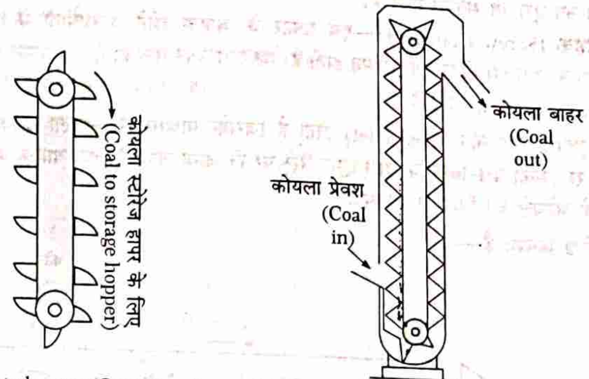
(i) ग्रैब बाल्टी वाहक (Grab Bucket Elevators)
(ii) बाल्टी वाहक (Bucket Elevators)
(iii) पट्टा वाहक (Belt Conveyor)
(iv) स्क्रू वाहक (Screw Conveyor)
(v) फ्लाईट वाहक (Flight Conveyor)
(vi) स्किप हाइस्ट (Skip Hoist)

(i) ग्रैब बाल्टी वाहक (Grab Bucket Elevators)—यह उपकरण मुख्यत: लिफ्टिंग (Lifting) तथा वाहक (Conveying) प्रक्रियाओं के लिए उपयुक्त है। यह उपकरण महंगे होते हैं तथा वहीं इस्तेमाल किए जाते हैं जहाँ अन्य उपकरण नहीं इस्तेमाल किए जा सकते हैं। यह उपकरण 60 मीटर तक ईंधन को उठा सकता है तथा इसकी क्षमता 100 tons/hr होती है।



चित्र 3.16–ग्रैब बकेट

(ii) बाल्टी वाहक (Bucket Elevator)—यह उपकरण ऊर्ध्वाधर लिफ्ट के लिए इस्तेमाल की जाती है। यह उपकरण मुख्यत: कोयले को नीचे से उठाता है तथा सीधे ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर या उसके समकक्ष उतारता है। प्रवाह आरेख निम्नलिखित है—



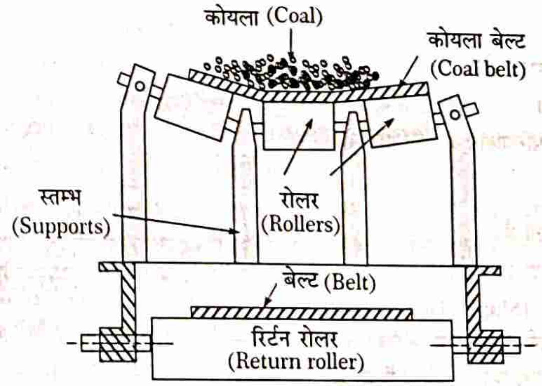
(b) Bucket elevator (Centrifugal) (b) Bucket conveyor (Continuous type) (बकेट कन्वेयर)

चित्र 3.17–बाल्टी वाहक

(iii) पट्टा वाहक (Belt Conveyor)—इसका उपयोग मुख्यत: वाहक तथा होस्टिंग (Hoisting) के लिए किया जाता है। यह क्षैतिज से 20° तक कोयले को ऊपर उठाने में भी सहायक होते हैं। औसत चाल 60–100 m/min होती है। भार उठाने की क्षमता 50–100 ton/hr होती है तथा 400 मीटर तक भार (कोयले) को पहुँचा सकता है।

पट्टा वाहक के लाभ

- सतत् कोयले को स्थानान्तरित किया जा सकता है।
- प्रक्रिया सरल तथा स्वच्छ होती है।
- अधिक मात्रा में कोयले को स्थानान्तरित किया जा सकता है।
- रख-रखाव आसान तथा सस्ता होता है।



चित्र 3.18–बेल्ट कन्वेयर (Bucket conveyor)

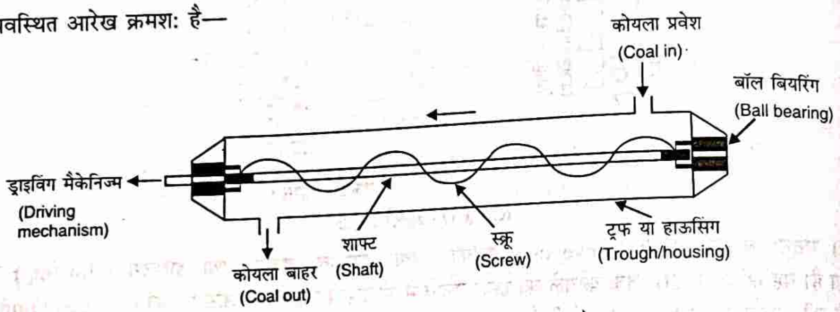
पट्टा वाहक की हानियाँ

- कम दूरी के लिए उपयुक्त नहीं है।
- अधिकतम नत दूरी भी सीमित होती है।

(iv) स्क्रू वाहक (Screw Conveyor)—इस प्रकार के वाहक छोटे अनुप्रयोगों के लिए उपयोग किए जाते हैं, जहाँ दूरी सीमित होती है। दूरी 60 मीटर तक सीमित होती है। नत दूरी 35° तक होती है। औसत चाल 120 rpm होती है। भार स्थानान्तरण क्षमता 125 tonne/hr होती है।

उपकरण में मुख्यत: एक नॉप (Coal inlet) होता है जिसके माध्यम से कोयला उपकरण में प्रवेश करता है तथा कुण्डलिनी के घूमने से उसकी पेंच-क्रिया के द्वारा दूसरे सिरे पर ले जाया जाता है। इस वाहक की लम्बाई के किसी बिन्दु पर निकास के माध्यम से कोयले को निकाला जा सकता है।

व्यवस्थित आरेख क्रमश: है—



चित्र 3.19–स्क्रू कन्वेयर (Screw conveyor)

(v) फ्लाईट वाहक (Flight Conveyor)—इसे खुरचनी वाहक (Scraper Conveyor) भी कहते हैं। उपकरण में श्रृंखला बद्ध खुरचनी लगी होती है। इसमें एक बेसिरे (Endless) चेन पर अनेक खुरचनियाँ लगी होती हैं। दो पहिए के माध्यम से चेन घूमती है। इस्पात या ढलवा लोहे के बने खोल में चेन तथा खुरचनी बन्द होती है। खुरचनियाँ चेन की गति के अनुसार खोल में सरकती हैं तथा अपने साथ कोयले को भी ले जाती हैं। खोल के एक सिरे में कोयले का भरण होता है तथा दूसरे सिरे पर निस्तारण होता है।

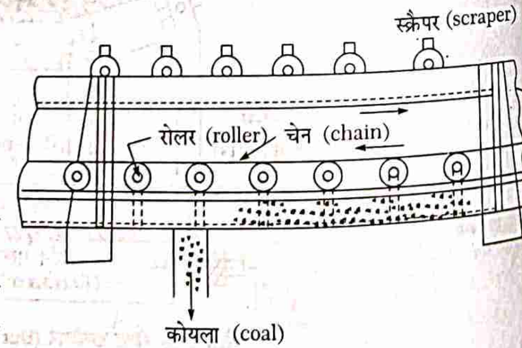
इसका उपयोग कोयले को क्षैतिज दूरी तथा नत दूरी (लगभग 35° तक) के लिए इस्तेमाल किया जाता है।

लाभ

- गति में परिवर्तन सम्भव होता है।
- कम स्थान घेरता है।
- डिजाइन सरल तथा परिचालन आसान होता है।

हानियाँ

- टूट-फूट अधिक होती है।
- शक्ति का व्यय ज्यादा होता है।

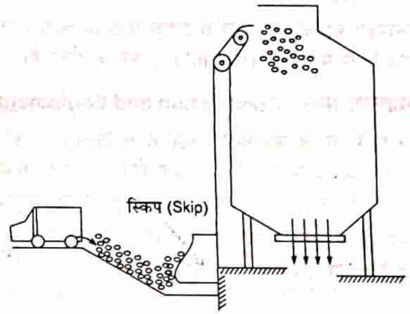


चित्र 3.20

(vi) स्किप होस्ट (Skip Hoist)—यह कोयला स्थानान्तरण का सबसे प्राचीनतम तरीका है। इसके माध्यम से कोयले तथा राख को ऊर्ध्वाधर दिशा में स्थानान्तरित किया जा सकता है। मध्यम् क्षमता प्लान्ट के लिए उपयुक्त होता है।

लाभ

- संरचना सरल होती है।
- परिचालन तथा रख-रखाव व्यय कम होता है।
- कम फ्लोर इस्तेमाल करता है।
- अधिक से अधिक ऊर्ध्वाधर दूरी प्राप्त की जा सकती है।
- कोयले तथा राख दोनों के लिए उपयुक्त है।



चित्र 3.21–स्किप होस्ट (Skip hoist)

3.7.5 भण्डारण (Storage)

भण्डारण मुख्यत: एक ऐसी प्रक्रिया है जिसके अंतर्गत हम तैयार कोयलों को यथावस्थ स्थान पर इकट्ठा कर लेते हैं। जिससे बॉयलर का परिचालन बाधित न हो। कुछ विशेष परिस्थितियां जिसमें कोयले का स्थानान्तरण सम्भव नहीं होता है उसमें यह भण्डारित कोयले इस्तेमाल किए जाते हैं।

विशेष परिस्थितियाँ निम्न हैं—

- प्राकृतिक परिस्थिति; जैसे वर्षा, भूस्खलन आदि।
- मजदूरों का हड़ताल
- उपकरणों की अनुपस्थिति, आदि।

मुख्यत: दो प्रकार का भण्डारण किया जाता है—

(i) बाहरी भण्डारण (Outdoor Storage)

(ii) ढका हुआ भण्डारण (Covered Storage)

(i) बाहरी भण्डारण (Outdoor Storage)—इसमें कोयलों को 30 से 80 दिनों तक भण्डारित किया जाता है। मैदान में पिलरों की तरह खुले रूप में भण्डारित किए जाते हैं। वातावरण में उपस्थित आर्द्रता तथा अशुद्धियों को दूर करने की व्यवस्था नहीं होती है। यह मुख्यत: शक्ति संयन्त्र के बाहर होती है।

(ii) ढका हुआ भण्डारण (Covered Storage)—यह मुख्यत: संयन्त्र के अंदर अधिकतम दो से तीन दिनों के लिए किए जाते हैं। वातावरणीय आर्द्रता तथा अशुद्धियों से सुरक्षित होता है। भण्डारण के लिए ऊर्ध्वाधर बंकर का इस्तेमाल किया जाता है जो इस्पात या कंक्रीट का बना होता है।

3.7.6 संयन्त्र के अन्दर ढुलाई (Inplant Handling)

इसमें मुख्यत: ढके हुए भण्डारण से संयन्त्र के अन्दर कोयले को स्थानान्तरित करने के लिए उपकरण का इस्तेमाल किया जाता है।

वे सभी उपकरण जो स्थानान्तरण में प्रयोग किए जाते हैं, Inplant handling में भी इस्तेमाल किए जाते हैं।

3.7.7 माप व तोल (Weighing and Measuring)

ईंधन की क्षमता, मात्रा, मूल्य ज्ञात करने के लिए यह आवश्यक है कि उसका मापन हो। कोयले को या तो मापते हैं या तौलते हैं। मापने या तौलने के लिए मुख्यत: तीन विधियाँ प्रयोग की जाती हैं—

(a) यांत्रिक विधि (Mechanical Method)

(b) इलेक्ट्रानिक विधि (Electronic Method)

(c) वायुवीय विधि (Pneumatic Method)

मुख्य रूप से यांत्रिक विधि इस्तेमाल की जाती है, क्योंकि इसका प्रचालन आसान होता है तथा श्रमिकों की आवश्यकता भी कम पड़ती है। इसके अलावा इस विधि में नम्यता (flexibility) अधिक होती है।

3.8 ईंधन दहन तथा दहन उपकरण (Fuel Combustion and Equipment)

ईंधन का दहन जिस निश्चित क्षेत्र में होता है उसे भट्टी कहते हैं भट्टी में ईंधन के दहन से ऊष्मा प्राप्त करने के लिए निश्चित मात्रा में ईंधन के साथ-साथ वायु की उपस्थिति भी आवश्यक होती है। दहन उपकरण में वे सभी उपकरण सम्मिलित होते हैं जिनके द्वारा दहन प्रक्रिया पूर्ण होती है। जैसे, ईंधन भरण उपकरण, ज्वलन एवं वायु प्रवात नियन्त्रण उपकरण, आदि।

दहन उपकरणों का चुनाव करते समय निम्न घटकों का ज्ञात होना आवश्यक है—

- जालिका क्षेत्र या दहन क्षेत्र जिस पर ईंधन का दहन होता है।
- वायु की मात्रा
- दहन क्षेत्र
- वायु-ईंधन का अनुपात एवं मिलान
- प्रचालन मूल्य
- रख-रखाव मूल्य
- प्राकृतिक घटक, आदि।

कोयला दहन विधि या ज्वलन विधि

चूँकि कोयला एक ठोस ईंधन है अत: कोयला दहन या ठोस ईंधन दहन निम्नलिखित वर्गों में वर्गीकृत किया गया है—

कोयला दहन या ज्वलन (Solid Firing)
- अचूर्णित कोयला ज्वलन (Unpulurized Coal Firing)
  - हस्त ज्वलन (Hand Firing)
  - स्ट्रोकर या यांत्रिक ज्वलन (Stroker or Mechanical Firing)
    - ऊपरी भरण स्ट्रोकर (Overfeed Stroker)
      - चेन जाली स्ट्रोकर (Chain Grate Stroker)
      - सचल जाली स्ट्रोकर (Travelling Grate Stroker)
      - प्रसारक स्ट्रोकर (Spreader Stroker)
    - अधोरण भरण स्ट्रोकर (Under Feed Stroker)
      - एकल रिटार्ट स्ट्रोकर (Single Retort Stroker)
      - बहु रिटार्ट स्ट्रोकर (Multi Retort Stroker)
- चूर्णित कोयला ज्वलन (Pulverized Coal Firing)
  - इकाई चूर्णित निकाय (Unit Pulverised System)
  - केन्द्रीय चूर्णित निकाय (Central Pulverised System)

3.8.1 हस्त ज्वलन (Hand Firing)

हस्त ज्वलन कोयले के ज्वलन का सबसे आसान तरीका है। यह छोटे पैमाने पर प्रयोग किया जाता है। प्रमुख हस्त ज्वलन औजार है—बेलचा, स्लाइस छड़ (Slice bar), कुदाल, पांचा (Rake) आदि।

हस्त ज्वलन विधि के लाभ

- सबसे आसान विधि है।
- अधिक खर्च की आवश्यकता नहीं होती है।
- किसी किस्म तथा किसी साइज के कोयले का प्रयोग किया जा सकता है।

हस्त ज्वलन विधि की हानियाँ

- एक समान दहन नहीं प्राप्त होता है।
- भार (Load) में बदलाव के साथ आसानी से अनुकूलता नहीं बना पाता है।
- निम्न दहन दक्षता होती है।
- निर्वात नियंत्रण आवश्यकतानुसार नहीं होता है।

3.8.2 स्ट्रोकर या यांत्रिक ज्वलन

स्ट्रोकर एक शक्ति संचालित ईंधन भरण उपकरण तथा जालिका का सम्मिलित रूप होता है। यह मुख्यत: बड़े पैमाने के लिए प्रयोग किया जाता है।

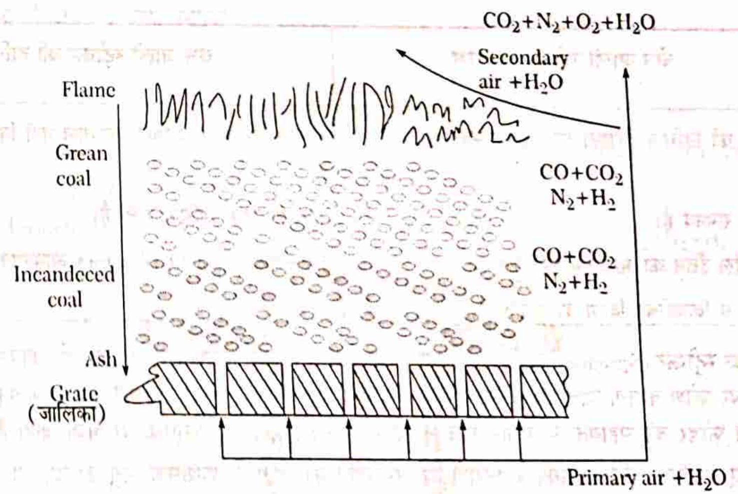
स्ट्रोकर मुख्य दो प्रकार के होते हैं—

(i) ऊपरी भरण स्ट्रोकर (Over Feed Stroker)

(ii) अधोरण भरण स्ट्रोकर (Under Feed Stroker)

(i) ऊपरी भरण स्ट्रोकर (Over Feed Stroker)—ऊपरी भरण स्ट्रोकर में कोयले को जालिका के ऊपर वहाँ से भरण किया जाता है जहाँ से वायु प्रवेश किया जाता है।

कार्य सिद्धान्त का सचित्र विवरण निम्न है—

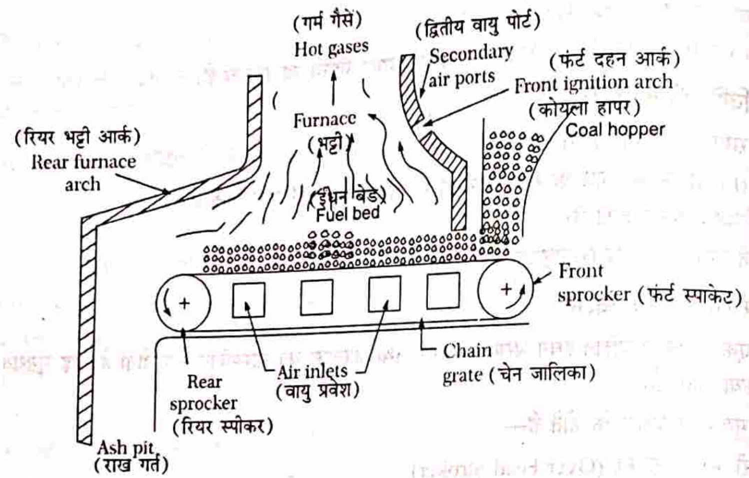


चित्र 3.22 : Princeiple of over Feed stoker

ऊपरी भरण स्ट्रोकर के प्रकार—मुख्यतः तीन प्रकार के ऊपरी भरण स्ट्रोकर इस्तेमाल किए जाते हैं।

(a) चेन जाली स्ट्रोकर (Chain Grate Stroker)—इसमें अनुदैर्ध्य लिंक या बार को अनुप्रस्थ पिन द्वारा प्रकार जोड़ा जाता है कि यह एक सतत् समतल चेन का निर्माण करते हैं जो भट्टी की चौड़ाई पर वितरित होते हैं। चेन स्पैकेट (Spockets) की सहायता से दो सम्मुख तथा पार्श्व दोनों सिरों पर जोड़ दिया जाता है।

क्रिया विधि का सचित्र विवरण निम्न है—



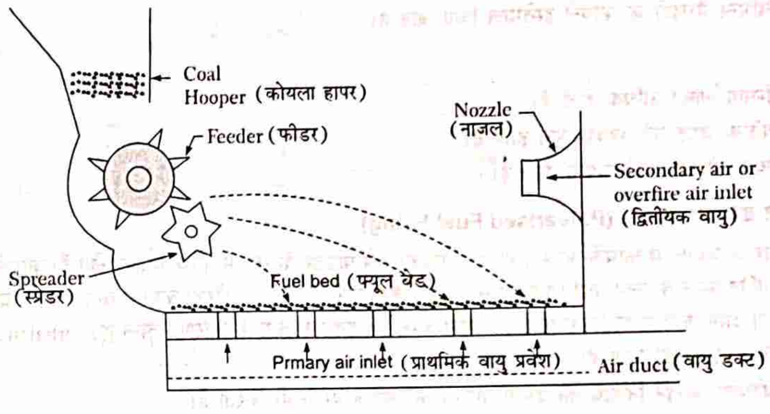
चित्र 3.23—Chain Grate stoker

क्रम संख्या	चेन जाली स्ट्रोकर के लाभ	चेन जाली स्ट्रोकर की हानि
1.	कोयले की विभिन्न वैराइटी का दहन सम्भव है।	विभिन्न साइज के कोयले इस्तेमाल नहीं किए जा सकते हैं।
2.	कोकिंग सम्भव है।	राख की मात्रा अधिक होती है।
3.	वोलाटाईल ईंधन का भी दहन हो जाता है।	धूल संग्रहक (Dust Collector) आवश्यक होता है।
4.	आसानी से क्रियान्वित किया जा सकता है।	

(b) प्रसारक स्ट्रोकर (Spreader Stroker)—इस स्ट्रोकर में हूपर की सहायता से कोयले को फीडर के माध्यम घूर्णित ड्रम के ऊपर प्रवेश कराया जाता है। घूर्णित ड्रम में वेन लगे होते हैं। फीडर की गति को आवश्यकतानुसार बदला सकता है। हूपर में फीडर की सहायता से समान गति से कोयले को (Spreader) प्रसारक पर भेजा जाता है।

दहन के लिए प्राथमिक वायु जालिका के निचले सिरे से प्रदान की जाती है। प्राथमिक वायु का उपयोग कर कोयले दहन किया जाता है। दहन की दर तथा दक्षता वृद्धि के लिए द्वितीयक वायु नॉजल की सहायता से दहन कक्ष में प्रवेश कराया जाता है। द्वितीयक वायु के कारण एक turbulence उत्पन्न होता है जिसके कारण कोयले का दहन सम्पूर्ण रूप से होता है। राख तथा बचे हुए बिना जले ईंधन समय-समय पर बाहर निकाल लिए जाते हैं।

सचित्र विवरण क्रमशः है—



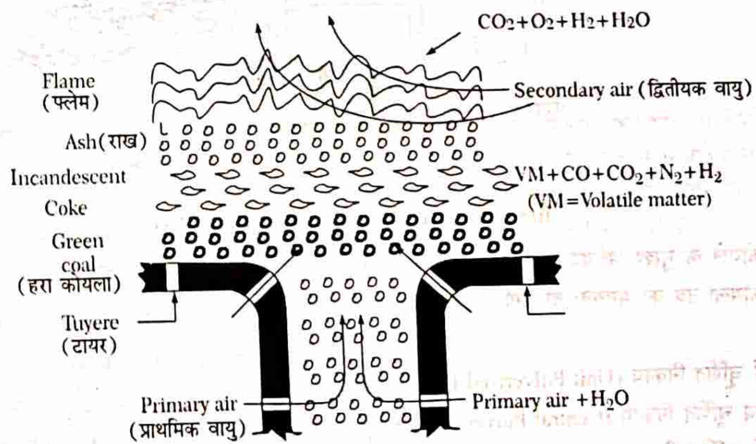
चित्र 3.24—प्रसारक स्ट्रोकर (Spreader stroker)

(ii) अधोरण भरण स्ट्रोकर (Under Feed Stroker)—इस प्रकार के स्ट्रोकर में कोयले का भरण दहन कक्ष में ऊपर से किया जाता है तथा प्राथमिक वायु को दहन कक्ष के नीचे से प्रवेश कराते हैं। वायु छिद्रों का प्रयोग किया जाता है जिससे दहन की तीव्रता बनी रहे। द्वितीयक वायु को फ्लेम के साथ प्रवेश कराते हैं। जिससे दहन तीव्रता से तथा सम्पूर्ण होता है।

मुख्यतः दो प्रकार के अधोरण भरण स्ट्रोकर होते हैं—

(a) एकल रिटार्ट अधोरण भरण स्ट्रोकर

(b) बहु रिटार्ट अधोरण भरण स्ट्रोकर



चित्र 3.25 : Princeiple of underfeed Feedars

लाभ

(i) अधिक तापीय दक्षता प्राप्त होती है।
(ii) दहन दर तीव्र होता है।
(iii) जालिका स्वत: साफ हो जाती है।
(iv) विभिन्न वेराइटी के कोयले इस्तेमाल किए जाते हैं।

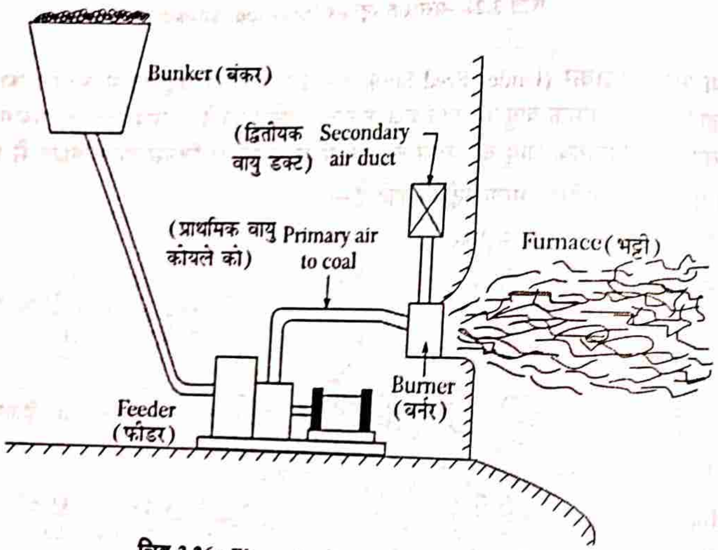
हानि

- प्रारम्भिक लागत अधिक होती है।
- अत्यधिक जगह की आवश्यकता होती है।
- किंल्कर की समस्याएँ उत्पन्न होती हैं।

3.8.3 चूर्णित कोयला ज्वलन (Pulverised Fuel Firing)

इस प्रकार के ज्वलन में कोयले की साइजों को छोटाकर उसे पाउडर के रूप में परिवर्तित कर लेते हैं। कोयले को पाउडर के रूप में परिवर्तित करने के लिए ग्राइडिंग मिलों का प्रयोग किया जाता है। चूर्णित कोयले को गर्म वायु के साथ दहन भट्टी में भेजते हैं। सम्पूर्ण दहन के लिए द्वितीयक वायु का प्रयोग करते हैं। द्वितीयक वायु के कारण उत्पन्न हुए turbalence से कोयले का दहन समान तथा सम्पूर्ण होता है।

चूर्णित कोयला ज्वलन निकाय की दक्षता पाउडर की साइज पर निर्भर करता है।



चित्र 3.26 : Elements of pulverised coal system

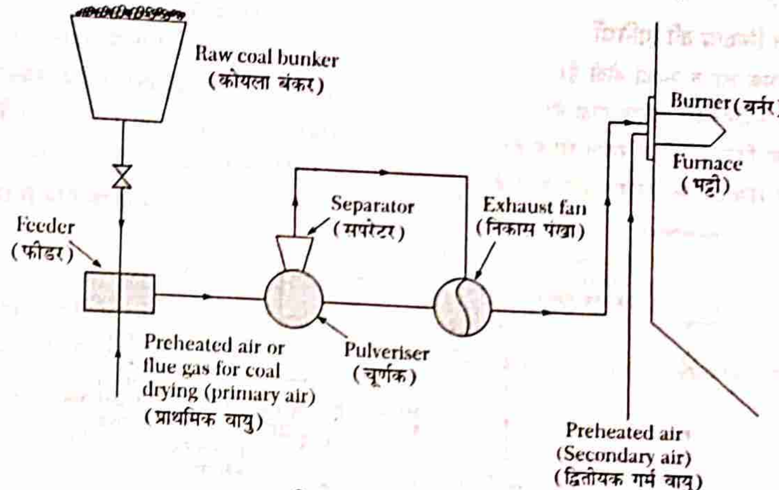
चूर्णित कोयले के मुख्य अवयव का सचित्र विवरण निम्न है—

चूर्णित कोयला तंत्र को मुख्यत: दो वर्गों में विभाजित किया गया है—

(i) इकाई चूर्णित निकाय (Unit Pulverised Fuel System)
(ii) केन्द्रीय चूर्णित निकाय (Central Pulverised Fuel System)

(i) इकाई चूर्णित निकाय (Unit Pulverised Fuel System)—इस निकाय में कोयले को बंकर की सहायता से फीडर में भेजा जाता है। वायु पूर्व तापक की सहायता से गर्म गैसे फीडर में चूर्णित कोयले के साथ मिलाकर भेजी जाती

Pulveriser की सहायता से कोयले को चूर्णित रूप में परिवर्तित कर बर्नरों की सहायता से दहन भट्टी में भेजते हैं। बर्नर के पास द्वितीयक गर्म वायु को भेजते हैं जिससे दहन के फलस्वरूप अत्यधिक ऊष्मा प्राप्त होता है।



चित्र 3.27 : Unit System

इकाई चूर्णित निकाय के लाभ

(a) संयन्त्र का डिजाइन सरल होता है।
(b) सस्ता निकाय है।
(c) ईंधन दहन सीधे रूप से नियंत्रित किया जा सकता है।
(d) रख-रखाव सस्ता होता है।

इकाई चूर्णित निकाय की हानियाँ

(a) नम्यता निकाय में कम होता है।
(b) टूट-फूट ज्यादा होती है।
(c) खराब performance प्राप्त होता हैं।

(ii) केन्द्रीय चूर्णित निकाय (Central or Bin Pulverised System)—कोयले को बंकर में भेजने से पूर्व उसे क्रशार के माध्यम से तोड़ते हैं। तोड़े हुए टुकड़ों का बंकर तथा फीडर के माध्यम से चूर्णित मिलों में ले जाते हैं जहाँ यह कोयला पाउडर के रूप में परिवर्तित हो जाता है। चूर्णित कोयले को सुखाने के लिए दग्ध गैसों का उपयोग किया जाता है। सूखे चूर्णित कोयले को प्राथमिक वायु के साथ साइलोन (Cylone) तथा फिर केन्द्रीय भण्डारण में भेजा जाता हैं। जहाँ से इसे बर्नरों की सहायता से दहन किया जाता है।

केन्द्रीय चूर्णित निकाय के लाभ

(a) ब्रेक डाउन के बाद भी कायेले की सप्लाई सतत् होती है।
(b) चूर्णित मिल का साइज भी छोटा होता है।
(c) कम श्रमिकों की आवश्यकता होती है।
(d) शक्ति दर की कम आवश्यकता होती है।

(e) निकाय में नम्यता अधिक होती है।

(f) टूट-फूट भी कम होती है।

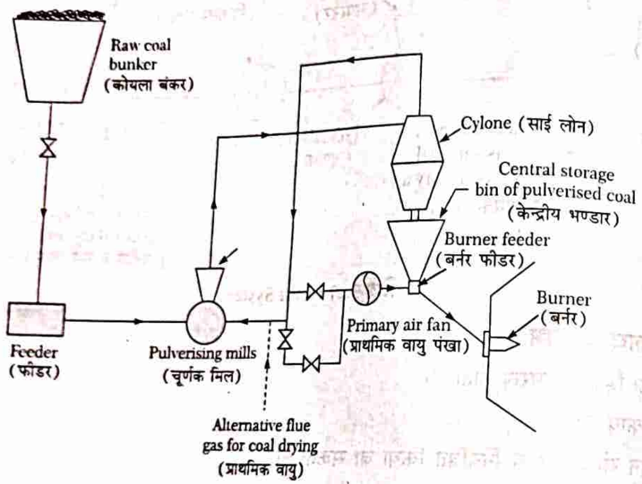
केन्द्रीय चूर्णित निकाय की हानियाँ

(a) प्रारम्भिक लागत ज्यादा होती है।

(b) कोल स्थानान्तरण कठिन होता है।

(c) सम्पूर्ण निकाय अधिक स्थान घेरता है।

(d) ड्रायर (Drier) की आवश्यकता होती है।



चित्र 3.28—Central System

3.9 चूर्णक (Pulveriser)

चूर्णक को मिल भी कहा जाता है। ठोस ईंधन (कोयला) को पाउडर का रूप देने के लिए हम चूर्णक का इस्तेमाल क[रते] हैं। यह चूर्णित ईंधन तंत्र का प्रमुख अंग होता है। चूर्णक या तो विद्युत मोटर द्वारा संचालित होते हैं या तो छोटे डी०सी० मो[टरों] द्वारा संचालित होते हैं। मोटरों का इस्तेमाल नियंत्रण के ऊपर निर्भर करता है।

चूर्णक को मुख्य वर्गों में विभाजित किया गया है—

- बाऊल मिल (Bowl Mills)
- बाल एवं रेस मिल (Ball and Race Mills)
- बाल मिल (Ball Mill)
- हैमर मिल (Hammer Mill)

3.10 राख निर्वतन (Ash Disposal)

कोयले के दहन से प्रतिदिन कुल कोयले की कुल मात्रा का 10 से 20% तक राख में परिवर्तित हो जाता है। राख निर्वतन में मुख्यत: निम्न पद होते हैं—

- दहन भट्टी से बाहर निकालना
- राख को उठाकर उसे यथावस्थ स्थान तक पहुँचाना जिससे राख से होने वाले दुष्प्रभाव में कमी हो।

मुख्यत: निम्न उपकरण इस्तेमाल किए जाते हैं—

(a) बकेट एल्वेटर (Bucket Elevator)

(b) बकेट कन्वेयर (Bucket Conveyor)

(c) बेल्ट कन्वेयर (Belt Conveyor)

(d) वायुवीय कन्वेयर (Pnenmatic Conveyor)

(e) द्रवीय उपकरण (Hydraulic Equipment)

(f) ट्रेलर और रेल (Trailors or Cars etc.)

राख निर्वतन में होने वाली समस्याएँ

- राख तप्त होती है जिसे उठाने में समस्याएँ उत्पन्न होती हैं।
- राख में धूल की मात्रा अधिक होती है।
- श्रमिकों को निर्वतन के दौरान जलन तथा खुजली भी उत्पन्न होती है।
- राख बहुत सारे हानिकारक कणों से मिलकर बना होता है जो मनुष्यों पर हानिकारक दुष्प्रभाव डालता है।

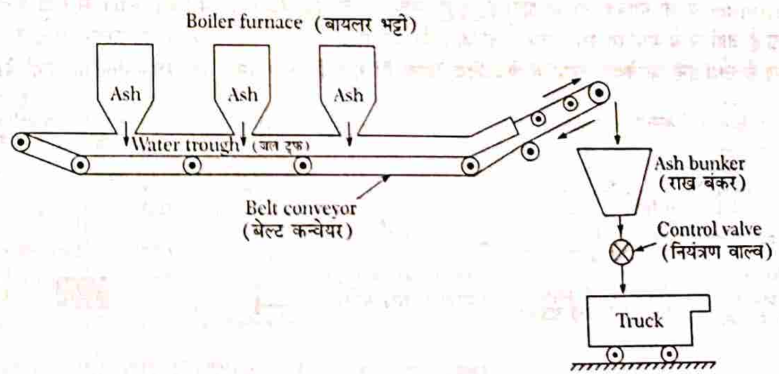
राख निर्वतन तंत्र (Ash Disposal or Handling System)

मुख्यत: चार प्रकार के राख निर्वतन तंत्र होते हैं—

(a) यांत्रिक राख निर्वतन तंत्र (b) द्रवीय राख निर्वतन तंत्र

(c) वायुवीय राख निर्वतन तंत्र (d) वाष्प जेट तंत्र

3.10.1 (a) यांत्रिक राख निर्वतन तंत्र—राख निर्वतन के इस तंत्र में गर्म राख (बॉयलर से उत्पन्न) को वाटर सील (Water seal) से ठण्डा करने के पश्चात् उसे बेल्ट कन्वेयर के माध्यम से राख बंकर में कन्ट्रोल वाल्व के रास्ते बाहर निकाल देते हैं। ट्रकों के माध्यम से इसे यथावथ स्थान तक पहुँचाते हैं। यह तंत्र मुख्यत: निम्न क्षमता वाले शक्ति संयन्त्रों के लिए उपयुक्त हैं।



चित्र 3.29 : यांत्रिक राख निर्वतन

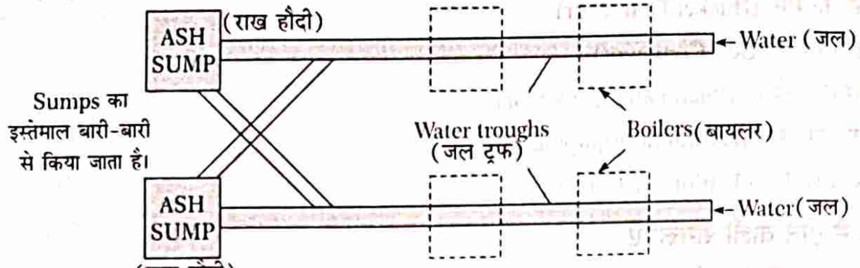
3.10.2 (b) द्रवीय राख निर्वतन तंत्र—इस तंत्र में राख को उच्च दाब पर जल के माध्यम से उच्च गति के साथ प्रवाहित करते हैं। यह मिश्रण हौदी (Sump) में जाकर इकट्ठा होता है।

तंत्र मुख्यत: दो भागों में विभाजित किया गया है—

(i) निम्न दाब तंत्र (ii) उच्च दाब तंत्र

(i) निम्न दाब तंत्र—इस तंत्र की क्षमता 50 tonne/hr की होती है तथा राख का निर्वतन 500 मीटर तक होता है।

प्रवाह चित्र क्रमश: है—



चित्र 3.30–निम्न दाब तन्त्र

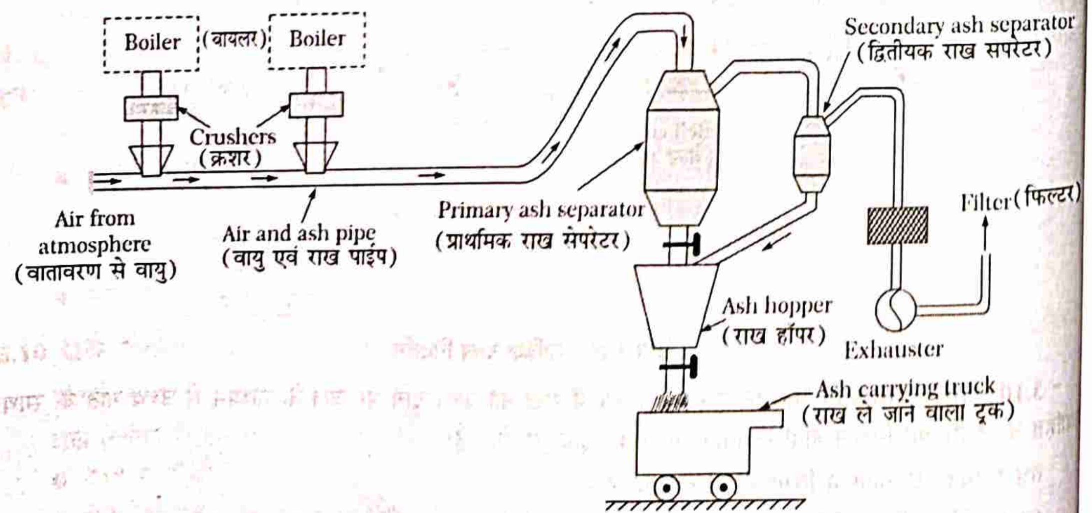
इस तंत्र में बॉयलर भट्टी के नीचे trough या ड्रेन का प्रयोग किया जाता है। पानी का प्रवाह इन्हीं drain में होता है भट्टी से बची राख को इन्हीं ड्रेन (Drain) से गुजारकर पानी के साथ बॉयलर भट्टी से बाहर निकाला जाता है तथा राख हौदी में भेजा जाता है। राख हौदी में निर्वतन से पूर्व इसे जाली (Screen) की सहायता से पानी तथा राख को पृथक् कर लिया जात है। यह पानी दुबारा drain में राख के प्रवाह के लिए इस्तेमाल किया जाता है।

(ii) उच्च दाब तंत्र—यह उच्च क्षमता वाले शक्ति संयन्त्र में प्रयोग किया जाता है। राख निर्वतन क्षमता 120 tonne/hr होती है तथा यह 1 km की दूरी तक के लिए उपयुक्त होता है।

3.10.3 (c) वायुवीय तंत्र—राख निर्वतन का यह तंत्र अपघर्षक कणों के साथ धूल मटेरियल; जैसे, fly ash, कालिख (Soot) को भी निर्वतन करने की क्षमता रखता है। वायुवीय तंत्र उन शक्ति संयन्त्रों के लिए उपयुक्त होता है जहाँ राख तथ कालिख दोनों को संयन्त्र से काफी दूर ले जाना होता है।

निर्वतन के अंतिम सिरे पर exhauster लगा होता है जो उच्च गति से सभी पाइपों से राख, कालिख को बाहर की ओ खींचता है।

Exhauster या तो यांत्रिक चलित होता है या तो वाष्प जेट या द्रव जेट होता है। Exhauster से राख कन्वेयर पाइप मे भेजा जाता है जहाँ से ये यथावथ स्थान तक भेजा जाता है। बड़े राख कणों को चलित क्रशर के माध्यम से छोटे-छोटे कणों मे तोड़ा जाता है तथा इन्हें कन्वेयर पाइपों में भेज दिया जाता है। राख निर्वतन क्षमता 15–25 tonne/hr होती है।



3.10.3 (d) वाष्प जेट तंत्र (Steam Jet System)—उच्च दाब तथा उच्च गति की वाष्प जेटों का प्रयोग किया जाता है। इस तंत्र में राख प्रवाह की दिशा में उच्च गति की वाष्प जेटों को प्रवाहित कराया जाता है। कन्वेयर पाइपों की सहायता से बॉयलर से ये राख, राख हूपर में एकत्र कर ली जाती है। क्षैतिज दिशा में 200 m की दूरी तथा ऊर्ध्वाधर दिशा में 30 m की दूरी तक राख निर्वतन की क्षमता रखता है।

3.11 धूल निस्तारण (Dust Collector)

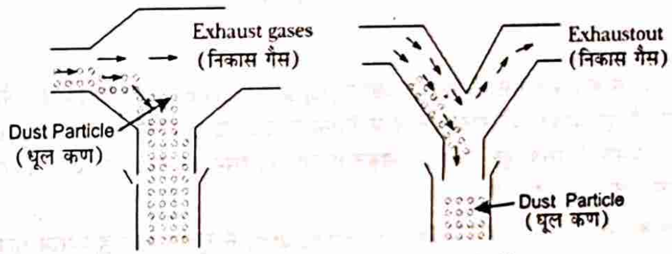
ठोस कणों से मिलकर बने पदार्थों को धूल कहते है जो कोयला दहित बॉयलरों में दग्ध गैसों के साथ उपस्थित होते हैं। धूल कणों को ग्रेन/मीटर^3 (grain/meter^3) के रूप में मापते हैं जो एक निश्चित विशिष्ट तापमान तथा दाब पर होता है। इन धूल कणों में CO, CO_2, SO_2 तथा N_2 गैसों से मिलकर बने होते हैं। यदि धूल कणों का साइज 1–100 microns के बीच हो तो उसे धूल या धुआँ कहते हैं। यदि धूल कणों का साइज 100 microns से अधिक होता है तो उसे साइन्डर (Cinder) कहते हैं।

धूल निस्तारण मुख्यत: दो विधियों द्वारा किया जाता है—

(a) यांत्रिक युक्तियाँ (Mechanical Dust Collector)

(b) स्थिर वैद्युत युक्तियाँ (Electro Static Dust Collector)

3.11.1 (a) यांत्रिक युक्तियाँ (Mechanical Dust Collector)



चित्र 3.32—Dust collector (mechanical)

यांत्रिक उपकरण (Mechanical Dust Collector) **के प्रकार—यह मुख्यत: दो प्रकार की होती है—**

(i) **आर्द्र प्रकार** (Wet Type)
- ➤ - स्प्रे प्रकार (Spray Type)
- ➤ - पॉकेट प्रकार (Pocket Type)
- ➤ - इम्पीगमेन्ट प्रकार (Impingement Type)

(ii) **शुष्क प्रकार** (Dry Type)
- ➤ - गुरुत्वाकर्षण पृथक्कारक (Gravitational Seperator)
- ➤ - तूफानी पृथक्कारक (Cyclone Seperator)

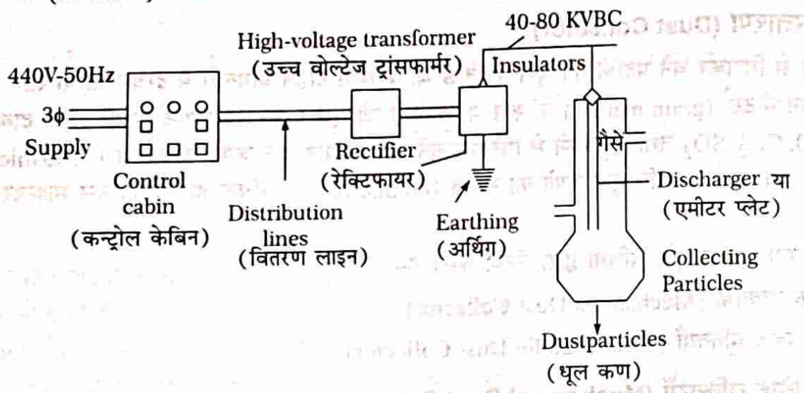
3.11.2 (b) स्थिर वैद्युत युक्ति (Electro Static Dust Collector)

एफ० जी० काटरेल (F. G. Cottrell) द्वारा 1905 में पहला स्थिर वैद्युत युक्ति बनाया गया। पहला औद्योगिक स्थिर वैद्युत युक्ति 1937 में बनाया गया।

मुख्य अवयव

- उच्च वोल्टेज स्रोत (440 V. 50 Hz and 3ϕ supply)

- दो सेट इल्कट्रोड कुचालक की परत चढ़ी हुई, पहले इलेक्ट्रोड को एमिटर (Emitter) तथा दूसरे इलेक्ट्रोड को कलेक्टर (Collector) कहते हैं।
- उच्च वोल्टेज ट्रांसफारमर
- रेक्टिफायर (Rectifier) AC को DC में बदलने के लिए



चित्र 3.33–स्थिर वैद्युत युक्ति

क्रिया विधि

इसके अंतर्गत् धूल से भरी फ्लू-गैस की विपरीत आवेश (Opposite charge) वाले विद्युत चालकों (Conductor) के बीच में से गुजारा जाता है। इन चालकों को उच्च वोल्टता के विभव पर रखा जाता है। जब गैस इन चालकों के बीच से गुजरती है तो उच्च वोल्टता के प्रभाव में उसके धूल-कण आयनीकृत हो जाते हैं। इसमें धन तथा ऋण दोनों प्रकार के आयन होते हैं। धन आयन कुल आयनों का 80% होता है।

आयनीकृत गैस को पुन: धूल संग्रह इकाई (Dust collecting unit) से गुजारा जाता है जिसमें धातु की उर्ध्व प्लेटों के अनेक सैट होते हैं। प्रत्येक एक प्लेट छोड़कर दूसरी प्लेट धन-आवेशित होती है और भूसम्पर्कित (Earthed) होती है, क्योंकि प्लेट धातु की होती है, इसलिए प्लेटों के बीच में उच्च तीव्रता को स्थिर-विद्युत क्षेत्र (Electro static field) स्थापित हो जाता है। जब आवेशित (Charged) धूल के कण प्लेटों के बीच से गुजरते हैं तो स्थिर-वैद्युत क्षेत्र के बल से प्रभावित होकर धन आवेशित कण भूसम्पर्कित प्लेटों पर एकत्रित हो जाते हैं। प्लेटों को कम्पित (Shake) करके उन पर एकत्रित धूल को पृथक् कर दिया जाता है। इस प्रकार प्लेटों से पृथक् हुई धूल को एक हापर में एकत्र किया जाता है।

3.12 कालिख जमना तथा कालिख फूँकना (Soot Formation and Blowing)

दहन गैसों से उत्पन्न गर्म गैसें बॉयलर के लगभग प्रत्येक अंग तक पहुँचती है। जैसे जल नलियों, बॉयलर ड्रम, मित्तोपयोजक, अतितापक, वायु पूर्व तापक, चिमनी आदि। इन दग्ध गर्म गैसों के साथ-साथ, कोयले तथा धूल के कण, फ्लाई ऐश, कालिख भी उत्पन्न होते हैं जो बॉयलर अगों की सतह पर जमा होने लगते हैं। कालिख के बॉयलर अंगों की सतहों पर जमा होने पर बॉयलर का कार्य प्रभावित होता है। इसके कारण से ऊष्मा अन्तरण की दर कम होने लगता है। जिससे बॉयलर की दक्षता भी कम होती है। कालिख के जमाव से दहन गैसों का प्रवाह मार्ग भी अवरुद्ध होता है और सतहों के संक्षारण तथा कटाव की सम्भावना भी उत्पन्न हो जाती है। अत: इन कालिखों को समय-समय पर हटाना भी आवश्यक होता है।

कालिख फूँकना एक ऐसी क्रिया है जिसमें बॉयलर की जल नलियों का ऊष्मक सतहों के ऊपर कालिख की तह को कालिख ब्लोअर (Soot blower) की सहायता से हटाया जाता है।

Soot Blower—यह एक ऐसी यांत्रिक युक्ति है जिसमें संपीड़ित वायु अथवा भाप की तेज धार को जमी हुई कालिख ... को हटाया जाता है।

मुख्यत: दो प्रकार के soot blower होते हैं—

(i) एक स्थान पर स्थित कालिख ब्लोअर (Fixed Position Soot Blower)

(ii) रिट्रेक्टेबिल ब्लोअर (Retractable Blower)

3.13 प्रवाहिता-जल तंत्र (Circulating Water Schme)

तापीय शक्ति संयन्त्र में, गर्म गैसों की ऊष्मा, जल से वाष्प परिवर्तन में सहायक होती है। यह वाष्प प्राथमिक चालक के माध्यम से यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है। प्राथमिक चालक के रूप में वाष्प टरबाइन का प्रयोग किया जाता है। टरबाइन में बची ऊष्मा को संघनित्र से ठण्डा करना पड़ता है ताकि दक्षता प्रभावित न हो। संघनित्र में वाष्प को ठण्डा करने के लिए अतिरिक्त जल की आवश्यकता होती है। इस अतिरिक्त जल को प्रवाहिता जल तंत्र के माध्यम से प्राप्त किया जाता है।

प्रवाहिता जल तंत्र में जल मुख्यत: दो स्रोतों द्वारा प्राप्त किया जाता है—

(a) शीतलक-तालाब तंत्र (Cooling-pond System)

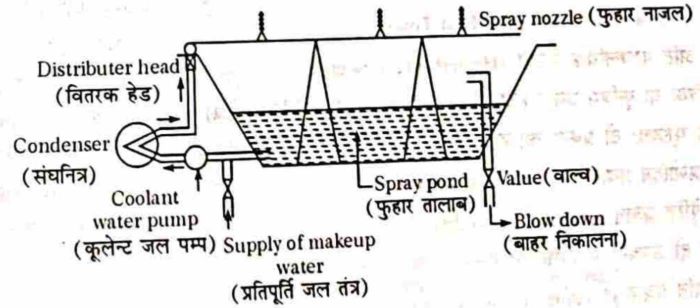
(b) शीतलक-मीनार तंत्र (Cooling-tower System)

3.13.1 शीतलक-तालाब तंत्र (Cooling-pond System)

यह वातावरणीय शीतलन प्रणाली है जिसके प्रमुख अवयव निम्नलिखित हैं—

- संघनित्र (Condenser)
- पम्प (Pump)
- संघनित्र चूषण पम्प (Condensate Exract-pump)
- वायु चूषण पम्प या शुष्क वायु पम्प (Air Extraction Pump)
- परिपूर्ति जल पम्प (Make up Water Pump)
- ऊष्ण कूप (Hot Well)
- शीतलन तालाब (Cooling Pond)
- शीतलन जल (Cooling Water)

शीतलक-तालाब तंत्र का प्रवाह चित्र निम्न है—



चित्र 3.34—Cooling Pond System

निम्न घटक शीतलक तालाब तंत्र से ऊष्मा अंतरण को प्रभावित करते हैं—

- शीतलक जल का प्रारम्भिक तापमान
- सापेक्षिक आर्द्रता
- वायु वेग
- सौर विकिरण

- धरातल तापमान
- वातावरणीय दाब
- तालाब का क्षेत्रफल, आदि।

3.13.2 शीतलक-मीनार तंत्र (Cooling Tower System)

उन संघनित्रों जहाँ पर वाष्प के शीतलन के लिए आवश्यक शीतलक जल की उपलब्धता नहीं होती है वहां बन्द परिप का निर्माण किया जाता है। शीतलक जल को पुन: ठण्डा करने के उद्देश्य से लकड़ी या सीमेंट एवं मिट्टी के बने मीनार क उपयोग किया जाता है। जिसे हम शीतलक मीनार कहते हैं।

क्रिया विधि

संघनित्र से बाहर आने वाले गर्म शीतलन जल को मीनार के ऊपरी भाग से फुहार के रूप में छिड़का जाता है। जल क ठण्डा करने के लिए वायु, मीनार के आधार से ऊपर की ओर (जल प्रवाह की दिशा के ठीक विपरित दिशा में) अथवा ए दीवार से दूसरी दीवार की ओर (जल प्रवाह की दिशा के लम्बवत् दिशा में) प्रवाहित की जाती है। वायु जल से ऊष्मा लेक उसे ठण्डा करते हुए मीनार के बाहर वायुमंडल में चली जाती है तथा ठण्डे जल को मीनार के निचले भाग पर एकत्रित करे शीतलन जल पम्प के माध्यम से पुन: संचारित किया जाता है।

शीतलक मीनार तंत्र के प्रकार

शीतलक मीनार को मुख्यत: निम्न आधार पर वर्गीकृत किया गया है—

(a) पदार्थ के उपयोग के आधार पर—

- ➤ लकड़ी के बने शीतलक मीनार तंत्र
- ➤ कंक्रीट के बने शीतलक मीनार तंत्र
- ➤ स्टील के बने शीतलक मीनार तंत्र

(b) वायु प्रवात के आधार पर—

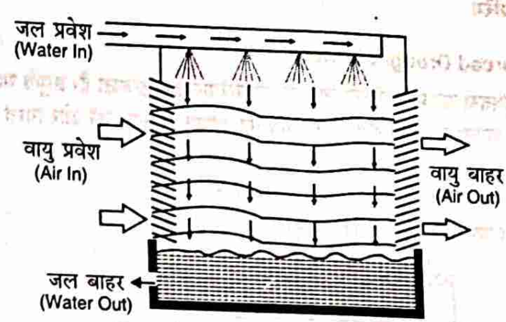
- ➤ प्राकृतिक प्रवात (Natural Draught) शीतलक मीनार तंत्र—यह मुख्यत: तीन प्रकार का होता है—
  - फुहार मीनारें (Spray Tower)
  - पैक्ड बेड मीनारें (Packed Bed Tower)
  - अति परवलयिक मीनारें (Hyperbolic Tower)
- ➤ यांत्रिक या कृत्रिम प्रवात (Mechanical or Artificial Draught)

  यह मुख्यत: दो प्रकार का होता है—
  - प्रणोदित प्रवात (Forced Draught)
  - प्रेरित प्रवात (Induced Draught)

  यह दो उपवर्गों में विभाजित है—
  - प्रति प्रवाह (Counter Flow)
  - तिरछा प्रवाह (Cross Flow)

प्राकृतिक प्रवाह स्प्रे मीनार

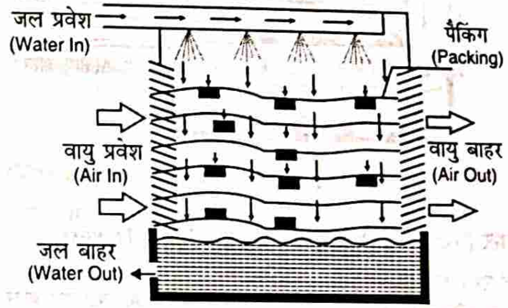
इन मीनारों की दक्षता अत्यन्त कम होती है इसलिए इन्हें आधुनिक संघनित्रों में इस्तेमाल नहीं किया जाता है। इन मीनारों वायु का प्रवाह प्राकृतिक होता है।



चित्र 3.35 : प्राकृतिक प्रवात फुहार मीनार

प्राकृतिक प्रवाह पैक्ट बेड मीनारें

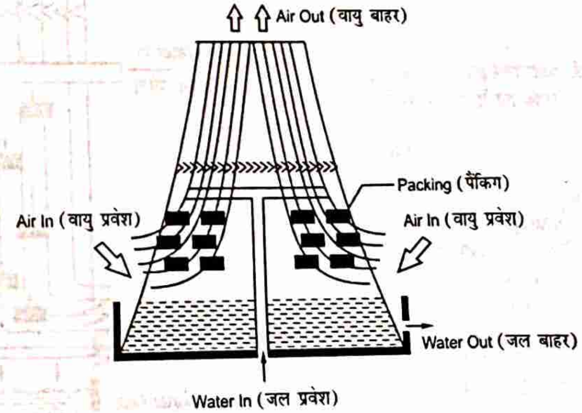
इनकी क्रिया विधि फुहार मीनारें (Spray tower) की तरह ही होती हैं। पैकिंग की सहायता से जल को छोटे-छोटे कणों में विभाजित किया जाता है जिससे ऊष्मा अंतरण दर बढ़ जाती है।



चित्र 3.36 : प्राकृतिक प्रवात पैक्ट बेड मीनार

अतिपरवलयिक प्राकृतिक प्रवात मीनारें

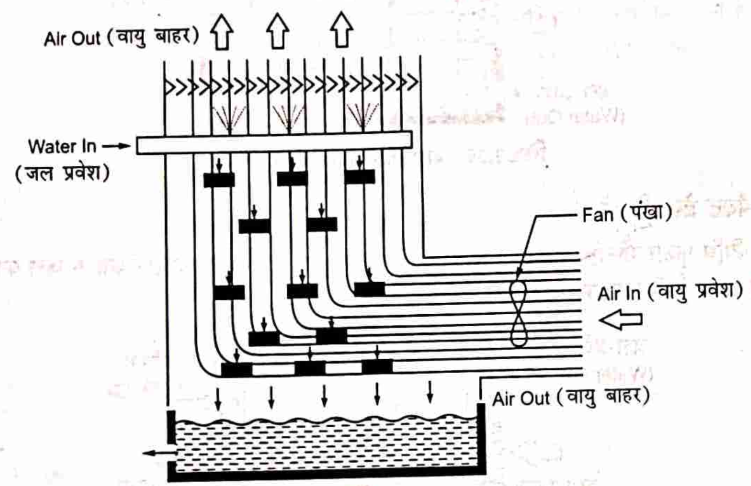
इसकी संरचना अति परवलयिक आकार की होती है तथा इस्पात और कंक्रीट पदार्थों से मिलकर बना होता है। आधार से ऊपर की ओर अनुप्रस्थ क्षेत्र वृत्ताकार होता है जिससे प्राकृतिक प्रवात प्राप्त होता है। मीनार के अंदर रोधक या पैकिंग लगी होती है।



चित्र 3.37 : अतिपरवलिक प्राकृतिक प्रवात मीनार

प्रणोदित प्रवात मीनार (Forced Draught Tower)

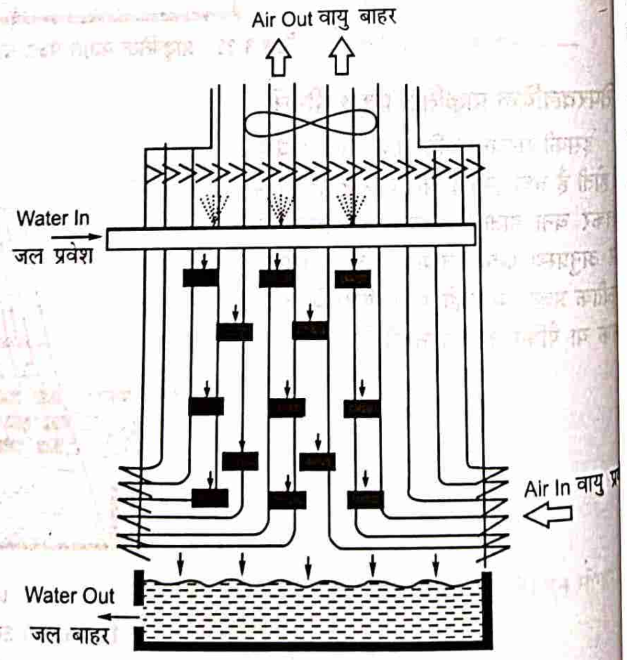
इन मीनारों में यांत्रिक युक्तियों का प्रयोग किया जाता है, जिससे प्रवात बढ़ जाता है। प्रमुख यांत्रिक युक्तियाँ हैं—पंखे त ब्लोअर। इसमें पंखा मीनार के आधार पर लगा होता है जो वायु को आधार से ऊपर की ओर गिरते हुए जल के विपरीत दिश प्रवाहित होता है।



चित्र 3.38–प्रणोदित प्रवात मीनार

प्रेरित प्रवात प्रति प्रवाह मीनार (Induced Draught Counter Flow Tower)

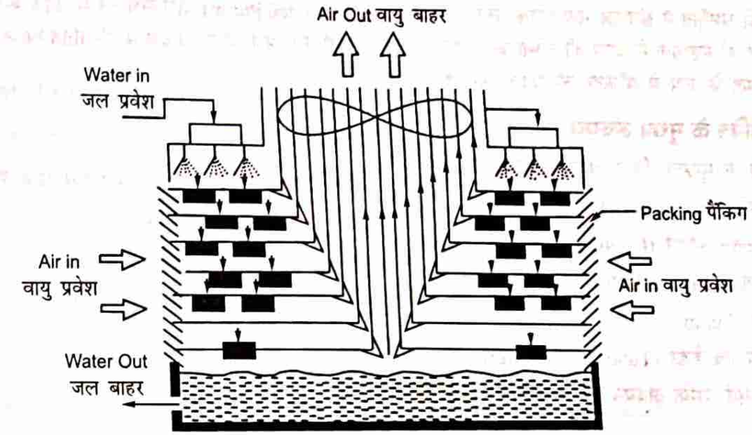
इसमें पंखा मीनार की छत पर लगा होता है जो वायु को पानी के गिरने की विपरीत दिशा में खींचता है।



चित्र 3.39–प्रेरित प्रवात प्रति प्रवाह मीनार

प्रेरित प्रवात तिरछा प्रवाह मीनार

इसमें वायु पहले क्षैतिज दिशा में प्रवाहित होती है तथा फिर छत पर लगे पंखों द्वारा ऊपर की ओर खींची जाती है।



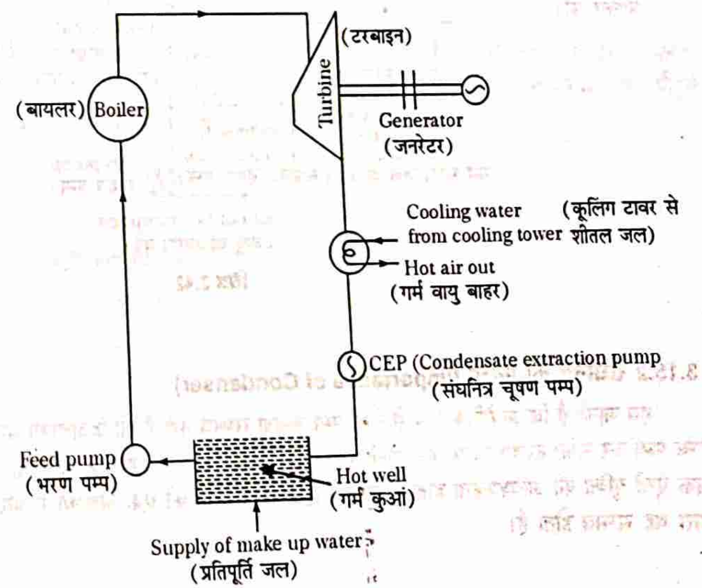
चित्र 3.40–प्रेरित प्रवात तिरछा प्रवाह मीनार

3.14 प्रतिपूर्ति जल तंत्र (Make up Water System)

हम जानते हैं कि बॉयलर का भरण जल एक बंद परिपथ का अनुसरण करता है। सर्वप्रथम बॉयलर में पम्प की सहायता से बॉयलर खोल के अंदर जल को प्रवेश कराते हैं। यह जल वाष्प में परिवर्तित होकर टरबाइन को प्राप्त होता है। बची हुई वाष्प टरबाइन के बाद संघनित्र को भेज दिया जाता है। चूँकि घर्षण में जल का ह्रास होता है। इस ह्रास की पूर्ति के लिए प्रतिपूर्ति जल तंत्र का इस्तेमाल किया जाता है।

हानियों के प्रमुख कारण

- वाष्प का बॉयलर ड्रम से उड़ना।
- पाइपों में वाष्प लीकेज के कारण।
- कालिख उड़ने के साथ वाष्प का उड़ना।



चित्र 3.41—Make up water system

3.15 संघनित्र (Condansor)

संघनित्र एक ऐसी युक्ति है जो वाष्प को ठण्डा करके उसे संघनित्र करती है। वाष्प में उपस्थित ऊष्मा को जल द्वा अवशोषित कर लिया जाता है। यह टरबाइन के निकास बिन्दू पर लगा होता है। टरबाइन में बची गीली भाप (दो अवस्थाओं उपस्थित) को संघनित में संघनित्र भाप चूषक पम्प (Condensate Extracted Pump) द्वारा संघनित्र में प्रवेश कराया जाता है शीतलक जल की सहायता से वाष्प की ऊष्मा को अवशोषित करके उसे एक अवस्था वाली द्रव में परिवर्तित किया जाता है त पुन: भरण जल के रूप में बॉयलर को प्रदान कर दिया जाता है।

3.15.1 संघनित्र के मुख्य अवयव

संघनित्र के मुख्यत: निम्न अवयव समायोजित होते हैं—

(a) संघनित्र (Condensor)

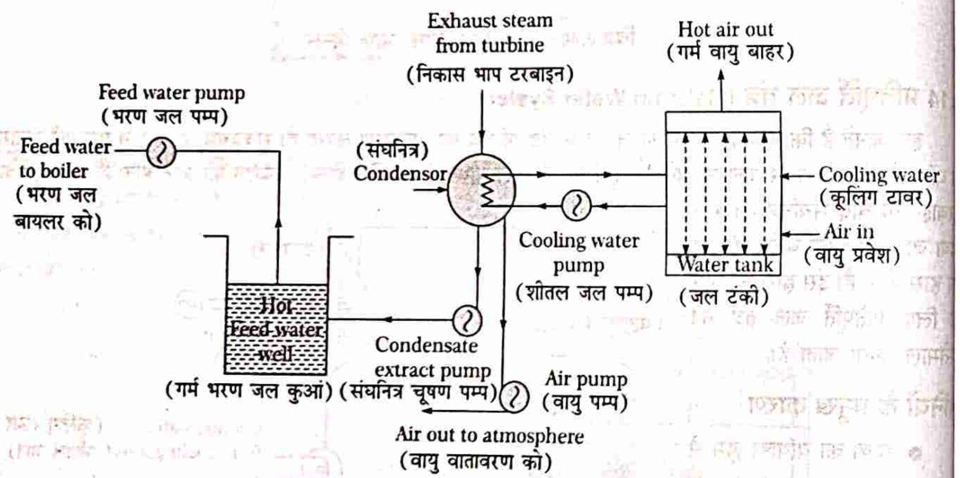
(b) शीतलक मीनार (Cooling Tower)

(c) ऊष्ण कूप (Hot Well)

(d) पम्प (Pump)

(e) ट्यूब एवं हेडर (Tubes and Header)

संघनित्र एवं उसके अवयव का व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 3.42

3.15.2 संघनित्र की महत्ता (Importance of Condenser)

हम जानते हैं कि प्रायोगिक रूप से ऐसा पम्प बनाना सम्भव नहीं है जो द्विअवस्था वाले कार्यकारी तरल को बॉयलर त तक पम्प कर सके। टरबाइन द्वारा हमें गीली भाप (द्विअवस्था, भाप एवं जल के कणों दोनों साथ में) प्राप्त होती है। अत: ह एक ऐसी युक्ति की आवश्यकता होती है जो इस द्विअवस्था तरल को एक अवस्था में परिवर्तित कर सके। संघनित्र के प्रयो द्वारा यह सम्भव होता है।

संघनित्र की उपयोगिता निम्न कारणों द्वारा महत्वपूर्ण हो जाती है—

- संघनित्र के अभाव में टरबाइन को भाप अपेक्षाकृत अधिक दाब या बॉयलर दाब से अधिक पर निष्कासित करना होता है।
- भाप का प्रसारण अपेक्षाकृत पहले ही रोकना पड़ता है जिससे टरबाइन का कार्य प्रभावित होता है।
- जल को प्रत्येक चक्र में उपचारित (Treatment) करना होता है जिससे जल उपचार लागत भी बढ़ जाती है।

3.15.3 संघनित्र का वर्गीकरण

संघनित्रों का वर्गीकरण मुख्यत: निम्न आधार पर किया गया है—

भाप तथा जल के मिश्रित करने के आधार पर—मुख्यत: दो वर्गों में विभाजित किया गया है—

(a) प्रत्यक्ष या मिक्सिंग या प्रधार प्रकार के संघनित्र
(Direct or Mixing or Jet Type Condensor)

(b) अप्रत्यक्ष या नान मिक्सिंग या पृष्ठीय संघनित्र
(Indirect Contact or Non-mixing or Surface Condenser)

3.15.3 (a) प्रत्यक्ष या मिक्सिंग या प्रधार प्रकार के संघनित्र (Direct or Mixing or Jet Type Condensor)—प्रत्यक्ष संघनित्र में टरबाइन द्वारा निष्कासित भाप तथा शीतलक जल एक दूसरे से प्रत्यक्ष रूप में मिलते हैं। शीतलक जल को मुख्यत: फुहार (स्प्रे) के रूप में प्रयोग करते हैं। निष्कासित भाप का तापमान फुहार के साथ मिल कर कम हो जाता है। जल को फुहार के रूप में प्रयोग करने से कम मात्रा में जल की आवश्यकता पड़ती है तथा ऊष्मा अंतरण दर भी बढ़ती है।

प्रधार संघनित्र मुख्यत: तीन वर्गों में विभाजित किया गया है—

(i) समानान्तर प्रवाह प्रधार संघनित्र (Parallel Flow Type Jet Condenser)

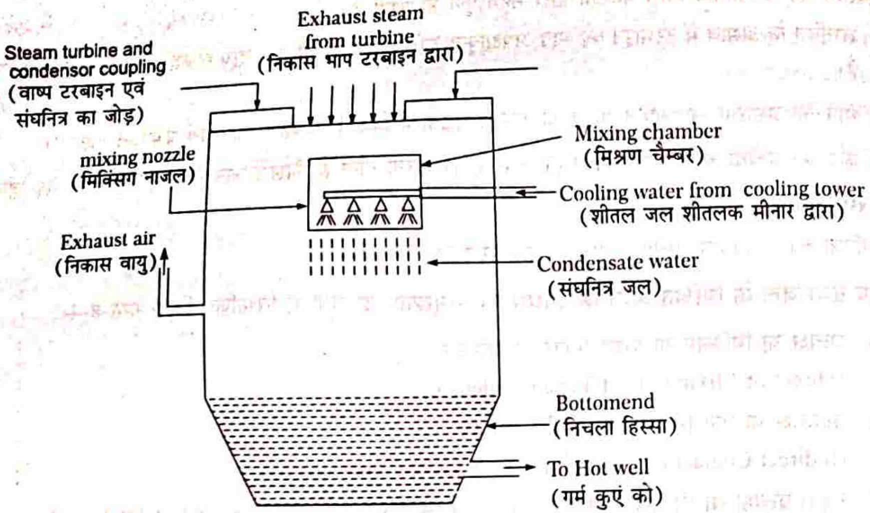
(ii) विपरित प्रवाह प्रधार संघनित्र (Counter Flow Type Jet Condensor)

(iii) निष्कासक संघनित्र (Ejector Type Jet Condensor)

(i) समानान्तर प्रवाह प्रधार संघनित्र (Parallel Flow Type Jet Condenser)—इस संघनित्र में वाष्प तथा शीतलक जल दोनों संघनित्र के ऊपरी सिरे से प्रवेश करते हैं तथा नीचे की ओर प्रवाहित होते हैं। संघनित्र जल संघनित्र के निचले हिस्से में एकत्र किये जाते हैं तथा पाइपों के माध्यम से ऊष्ण कूप (Hot well) को प्रदान किए जाते हैं।

मुख्य अवयव

- वाष्प स्रोत (Steam Inlet)
- शीतलक जल स्रोत (Cooling Water Inlet)
- नॉजल या वितरक (Nozzle or Distributer)
- मिक्सिंग चैम्बर (Mixing Chamber)
- ऊष्ण कूप (Hot Well)



चित्र 3.43—Parallel Flow type Jet Condensor

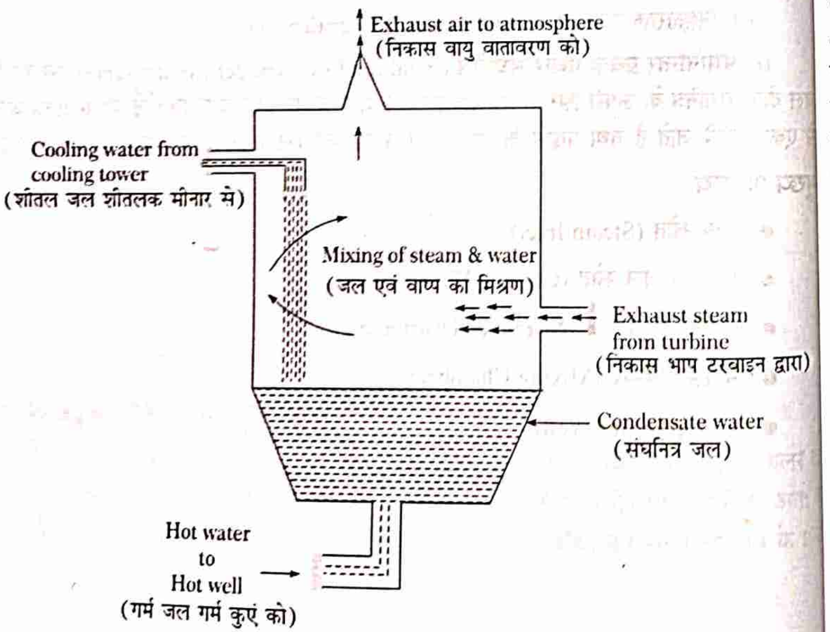
यह मुख्यत: दो प्रकार की होती है—

(i) निम्न स्तर समान्तर प्रवाह प्रधार संघनित्र

(ii) उच्च स्तर समान्तर प्रवाह प्रधार संघनित्र

(ii) विपरीत प्रवाह प्रधार संघनित्र (Counter Flow Jet Condensor)—विपरीत प्रवाह प्रधार संघनित्र में निष्कासित वाष्प तथा शीतलक जल की दिशा दोनों विपरीत होती हैं। वाष्प नीचे से ऊपर की ओर प्रवाहित होती है तथा शीतलक जल ऊपर से नीचे की ओर प्रवाहित होता है। संघनित्र के बीच में वाष्प तथा जल का मिश्रण होता है तथा इसे नीचे एकत्रित कर लिया जाता है।

वाष्प तथा जल के विपरीत दिशा के कारण इसे विपरीत प्रवाह प्रधार संघनित्र कहा गया।



चित्र 3.44—Counter Flow Jet Condensor

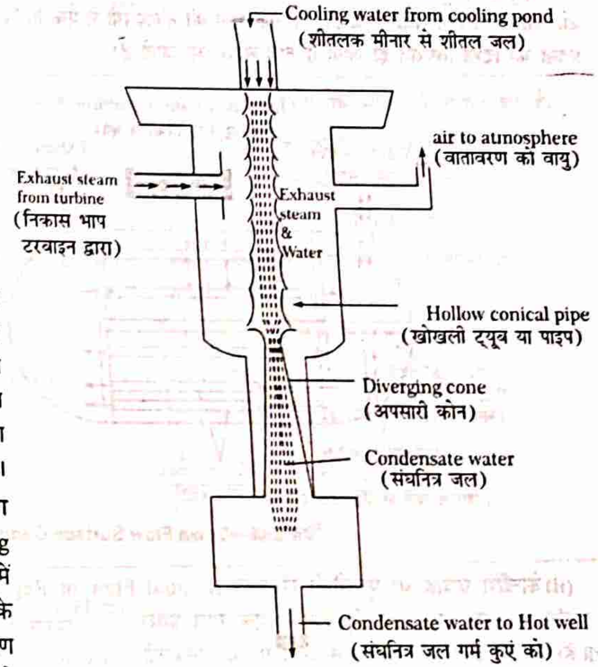
यह मुख्यत: दो प्रकार का होता है—

(i) निम्न स्तर विपरीत प्रवाह प्रधार संघनित्र

(ii) उच्च स्तर विपरीत प्रवाह प्रधार संघनित्र

(iii) निष्कासक संघनित्र (Ejector Type)—टरबाइन में बची आर्द्र भाप तथा शीतलक जल स्रोत से (शीतलक तालाब या मीनार) शीतल जल को एक खोखली ट्यूब में मिक्स करते हैं। शीतल जल को 5–6 m ऊंचाई से शृंखलाबद्ध अभिसारी नॉजल (Convergent nozzle) द्वारा प्रवाहित किया जाता है। प्रत्येक नॉजल से निकलने पर जल की गति बढ़ती जाती है तथा दाब कम होता जाता है। नीचे की ओर घटते दाब के कारण जल स्वत: नीचे की ओर खींचने लगता है।

एक तरफा वाल्व (Non-return valve) के माध्यम से वायु इस शीतलक जल में प्रवेश करती है तथा संघनित्र होता है। मिश्रण नीचे की ओर बढ़ते हुए एक अपसारी नॉजल (Divergent) में प्रवेश करता है जिससे इसकी गतिज ऊर्जा दाब ऊर्जा में बदल जाती है तथा दाब वायुमण्डलीय दाब से कुछ ज्यादा हो जाता है जिससे संघनित्र भाप एवं जल का मिश्रण आसानी से ऊष्ण कूप में निष्कासित हो जाता है।



चित्र 3.45—Ejector type Condensor

3.15.6 (b) अप्रत्यक्ष या नान मिक्सिंग या पृष्ठ संघनित्र (Indirect or Non-mixing or Surface Condensor)— पृष्ठ संघनित्र में वाष्प तथा शीतल जल दोनों एक दूसरे के सम्पर्क में नहीं आते हैं। ऊष्मा का अंतरण संवहन के द्वारा होता है। शीतलक जल को नलियों में प्रवाहित करते हैं तथा निष्कासित भाप को इन नलियों के ऊपर प्रवाहित करते हैं। संवहन के कारण वाष्प का तापमान कम होता है और शीतल जल का तापमान बढ़ जाता है।

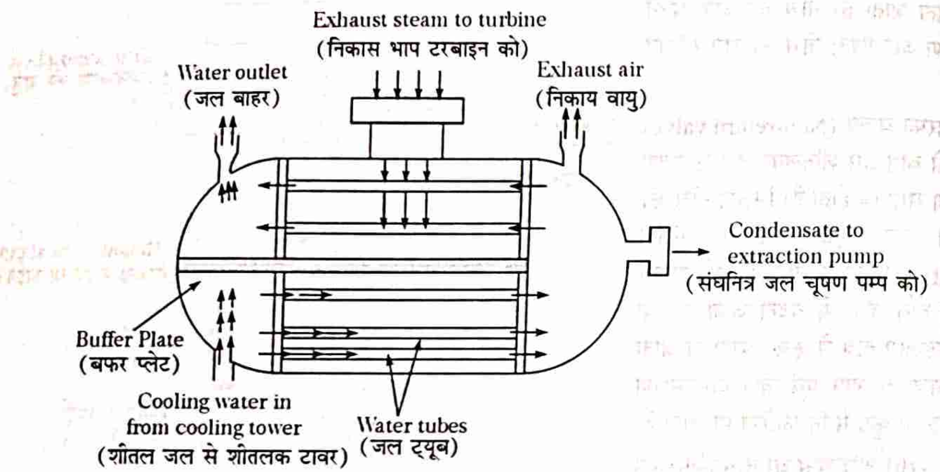
संघनित्र के मुख्य भाग

- खोल (Shell)
- चादरें (Covered Plates)
- जल नलिकाएँ (Water Tubes)
- ट्यूब प्लेट (Tube Plate)
- जल कक्ष (Water Box)
- बैफल प्लेट (Baffle Plate)
- ऊष्ण कूप (Hot Well)

संघनित्र को वाष्प प्रवाह की दिशा, जल नलियों की व्यवस्था तथा संघनित्र चूषण पम्प की स्थिति के आधार निम्न तीन वर्गों में वर्गीकृत किया गया है—

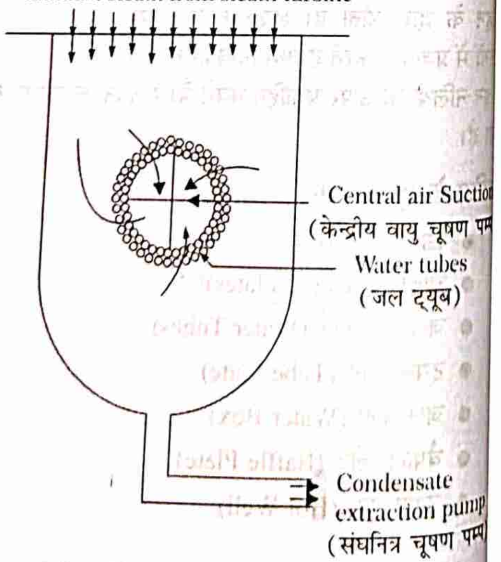
(i) अधोप्रवाह पृष्ठ संघनित्र (Down flow surface condensor)
(ii) केन्द्रीय प्रवाह या पुनर्योजी संघनित्र (Central flow or Regenerative surface condensor)
(iii) वाष्पक संघनित्र (Evaporative condensor)

(i) अधो प्रवाह पृष्ठ संघनित्र (Down Flow Surface Condensor)—इस संघनित्र में भाप ऊपर से नीचे ओर बहती है। जल संघनित्र के निचले अर्द्ध भाग की नलिकायों में एक ही दिशा में प्रवाहित होते हुए ऊपर अर्द्ध भाग में इस प्रवाह की दिशा विपरीत हो जाती है तथा बाहर आ जाती है।



चित्र 3.46—Down Flow Surface Condensor

(ii) केन्द्रीय प्रवाह या पुनर्योजी संघनित्र (Central Flow or Regenerative condensor)—इसमें भाप खो की परिधि के चारों तरफ सभी दिशाओं में एक साथ प्रवेश करता है। पम्प के द्वारा वायु संघनित्र के केन्द्र से बाहर निकाली जाती है। भाप बाह्य परिधि में प्रवेश कर नलिकाओं की जाल के ऊपर से बहते हुए संघनित्र होकर त्रिज्जीय दिशा में जाल के केन्द्र की ओर प्रवाहित होता जाता है। कुछ भाप आगे बहते हुए अघोशी तल जल में मिलता है जिससे संघनित्र जल पूर्व तापित हो जाता है तथा भरण पम्प की सहायता से बॉयलर खोल में प्रवेश करता है। संघनित्र केन्द्र से वायु पम्प की सहायता से बाहर निकाली जाती है।



चित्र 3.47—Central Flow Condensor

(iii) वाष्पक संघनित्र (Evaporative Condensor)—इस संघनित्र में मुड़ी नलियों का प्रयोग किया जाता है। वाष्प को इन मुड़ी नलियों में प्रवाहित किया जाता है तथा शीतल जल पम्प की सहायता से इन नलियों पर फुहार के रूप में गिराया जाता है। साथ ही इन नलियों के ऊपर से वायु भी प्रवाहित की जाती है जिससे संघनन दर भी बढ़ जाती है।

अतिरिक्त ऊष्मा अंतरण के लिए पंखों का भी प्रयोग किया जाता है।

3.15.4 प्रधार तथा पृष्ठ संघनित्रों में अंतर

क्रम संख्या	प्रधार संघनित्र	पृष्ठ संघनित्र
1.	वाष्प तथा शीतल जल एक साथ मिलाए जाते हैं।	वाष्प तथा शीतल जल एक साथ नहीं मिलाए जाते हैं।
2.	कम क्षेत्रफल की आवश्यकता होती है।	अधिक क्षेत्रफल की आवश्यकता होती है।
3.	कम शीतल जल की आवश्यकता होती है।	अधिक शीतल जल की आवश्यकता होती है।
4.	वायु पम्प को अधिक शक्ति दी जाती है।	वायु पम्प को कम शक्ति दी जाती है।
5.	जल को पम्प करने के लिए कम शक्ति की आवश्यकता पड़ती है।	जल को पम्प करने के लिए अधिक शक्ति की आवश्यकता पड़ती है।
6.	संयन्त्र का डिजाइन सरल होता है।	संयन्त्र का डिजाइन कठिन होता है।
7.	निम्न क्षमता वाले संयन्त्र के लिए उपयुक्त है।	उच्च क्षमता वाले संयन्त्र के लिए उपयुक्त है।
8.	उत्पादन लागत कम होती है।	उत्पादन लागत अधिक होती है।
9.	संयन्त्र की दक्षता कम होती है।	संयन्त्र की दक्षता अधिक होती है।
10.	दो पम्प की आवश्यकता होती है।	तीन पम्प की आवश्यकता होती है।
11.	उच्च शीतलन दर	निम्न शीतलन दर

3.15.5 संघनित्र के लिए आवश्यक शीतलन जल की गणना

पृष्ठ संघनित्र के लिए

$$m_w = \frac{m_s\left(h_f + \frac{x\,h_{fg}}{C_{pw}} - t_c\right)}{t_{wo} - t_{wi}}$$

जहाँ m_w = शीतल जल की आवश्यक मात्रा (kg में)

h_f = ज्ञेय ऊष्मा (KJ/kg)

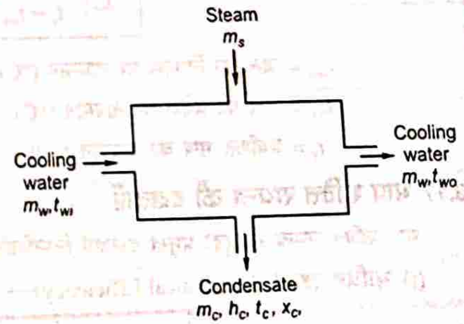
x = शुष्कता भिन्नता

h_{fg} = गुप्त ऊष्मा (KJ/kg)

t_c = संघनित्र तरल का तापमान (°C)

C_{pw} = शीतलन जल की विशिष्ट ऊष्मा (KJ/Kg K)

t_{wo} = निर्गमित शीतलन जल का तापमान (°C)



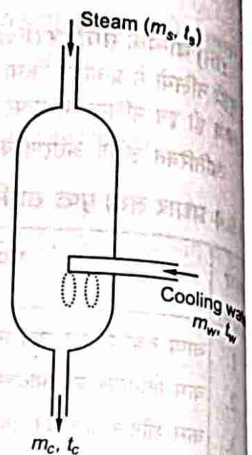
चित्र 3.48–पृष्ठ संघनित्र

t_{wi} = प्रवेशित शीतलन जल का तापमान (°C)

m_s = प्रवेशित भाप की मात्रा (Kg में)

प्रधार संघनित्र के लिए

$$m_w = \frac{m_s (h_f + x\, h_{fg} - C_{pw}\, t_{wo})}{C_{pw} (t_{wo} - t_{wi})}$$



चित्र 3.49–प्रधार संघनित्र

3.15.6 संघनित्र दक्षताएँ (Condensor Efficiency)

(i) निर्वात दक्षता (η_{vaccum})—यह वास्तविक निर्वात तथा आदर्श निर्वात का अनुपात होता है।

$$\eta_{vaccum} = \frac{\text{वास्तविक निर्वात}}{\text{आदर्श निर्वात}}$$

$$\eta_{vaccum} = \frac{P_b - P_t}{P_b - P_s}$$

P_b = (वातावरणीय दाब) Atmospheric Pressure

P_t = संघनित्र की कुल दाब

$P_a + P_s$

P_s = संघनित्र में भाप की आंशिक दाब

P_a = संघनित्र में वाष्प की आंशिक दाब

(ii) संघनित्र दक्षता ($\eta_{condensor}$)—

$$\eta_c = \frac{\text{शीतलक जल के निकास एवं प्रवेश पर तापमानों में अन्तर}}{\text{संघनित्र में प्रवेशित भाप तथा प्रवेशित जल के तापमानों में अन्तर}}$$

$$\eta_c = \frac{t_{wo} - t_{wi}}{t_s - t_{wi}}$$

t_{wo} = जल का निकास पर तापमान (°C)

t_{wi} = जल का प्रवेश पर तापमान (°C)

t_s = प्रवेशित भाप का तापमान (°C)

3.17 भाप शक्ति संयन्त्र की दक्षताएँ

भाप शक्ति संयन्त्र से जुड़ी प्रमुख दक्षताएँ निम्नलिखित हैं—

(i) यांत्रित दक्षता (Mechanical Efficiency)—

$$\eta_{mech} = \frac{\text{ब्रेक पावर (Brake Power)}}{\text{सूचित पावर (Indicate Power)}}$$

(ii) सकल दक्षता (Overall Efficiency)—

$$\eta_0 = \frac{\text{ब्रेक पावर}}{m_f \times C.V}$$

m_f = ईंधन की मात्रा (kg)

C.V = ईंधन का ऊष्मीय मान (KJ/kg)

(iii) तापीय दक्षता (Thermal Efficiency)—दो प्रकार की होती है—

(a) सूचित तापीय दक्षता (Indicated Thermal Efficiency)—

$$\eta_i = \frac{IP}{m_s (h_1 - h_{fb})}$$

(b) ब्रेक तापीय दक्षता (Brake Thermal Efficiency)—

$$\eta_b = \frac{BP}{m_s (h_1 - h_{fb})}$$

जहाँ m_s = उपयोग की गई भाप की मात्रा (kg)

h_1 = प्रवेश दाब (P_1) पर भाप की कुल ऊष्मा

h_{fb} = पश्च दाब (P_0) पर भरण जल की ज्ञेय ऊष्मा

(iv) सापेक्षिक दक्षता (Relative Efficiency)—

$$\eta_r = \frac{\text{तापीय दक्षता}}{\text{रैंकिन दक्षता}}$$

3.18 ऊष्मा संतुलन पत्रक (Heat Balance Sheet)

ऊष्मा संतुलन पत्रक, भाप शक्ति संयन्त्र में एक निश्चित समय में प्रदाय की गई ऊष्मा एवं विभिन्न माध्यमों में इस ऊष्मा के वितरण को सारणीय स्वरूप में दर्शाने वाला विवरण होता है।

क्रम संख्या	विवरण	ऊष्मा	
	प्रदाय की गई कुल ऊष्मा	KJ/sec	%
			100
1.	सूचित शक्ति के रूप में ऊष्मा $= h\,(m_s + m_f)$ KJ/sec		
2.	शीतलन जल में ऊष्मा $= m_c c_w (t_o - t_i) = 4{\cdot}2\, c_w (t_o - t_{wi})$		
3.	संघनित जल में ऊष्मा $= m_s\, c_c t_c = 4{\cdot}2\, m_s t_c$		
4.	जैकेट निथार में ऊष्मा $= m_j c_w t_j = 4{\cdot}2\, m_j t_j$		
5.	अगणित ऊष्मा		

जहाँ h = भाप की एन्थालपी (कुल ऊष्मा) KJ/kg

m_s = भाप की प्रदान की गई मात्रा (kg/sec) सिलेण्डर में

m_f = भाप की मात्रा (kg/sec) जैकेट में

m_c = शीतलन जल की मात्रा (kg/sec)

c_w = जल की विशिष्ट ऊष्मा की मात्रा (kg/sec)

c_c = संघनित जल की विशिष्ट ऊष्मा की मात्रा (kg/sec)

t_o = निकास पर शीतलन जल का तापमान

t_i = प्रवेश पर शीतलन जल का तापमान

t_c = संघनित्र जल का तापमान

t_j = जैकेट के जल का तापमान

m_j = जैकेट से ड्रेन जल की मात्रा

सारांश

तापीय शक्ति संयन्त्र—वह शक्ति स्रोत जिसमें ईंधन के रूप में ठोस ईंधन (कोयले) का प्रयोग करते हैं तथा शक्ति उत्पादन के लिए प्राथमिक चालक के रूप में वाष्प टरबाइन का प्रयोग करते हैं।

तापीय शक्ति संयन्त्र के मुख्यत: चार परिपथ होते हैं—

(i) दहन तथा ईंधन परिपथ
(ii) बॉयलर भरण जल तथा वाष्प परिपथ
(iii) दहन गैसों का परिपथ
(iv) शीतल जल परिपथ

ताप शक्ति संयन्त्र के मुख्य अवयव हैं—

(i) मुख्य अंग—इसमें निम्न अंग सम्मिलित होते हैं—

(a) बॉयलर (b) टरबाइन
(c) संघनित्र (d) विद्युत जनरेटर

(ii) सहायक अंग—इसमें प्रमुख हैं—

(a) ईंधन ढुलाई अंग (b) ईंधन दहन अंग
(c) राख निर्वतन अंग (d) धूल-निस्तारण अंग
(e) शीतल जल उपकरण

(iii) उपसाधन—प्रमुख हैं—

(a) मितोपयोजक (b) वायु पूर्व तापक
(c) अतितापक

भाप जनित्र या बॉयलर

एक ऐसा बंद पात्र जिसमें स्वच्छतापूर्वक वाष्प उत्पादन किया जाए तथा जिसकी क्षमता 10 गैलेन से अधिक हो। प्रमुख अवयव हैं—

(a) बॉयलर खोल (b) दहन भट्टी
(c) जाली (d) भट्टी
(e) चढ़नार एवं उपसाधन (f) भरण पम्प
(g) चिमनी तथा पंखें (h) ट्यूब एवं हेडर
(i) तापक सतह

बॉयलर का वर्गीकरण

(i) ईंधन के आधार पर—

(a) ठोस ईंधन दहन बॉयलर (b) तरल ईंधन दहन बॉयलर
(c) गैसीय ईंधन दहन बॉयलर

(ii) दहन कक्ष की स्थिति के आधार पर—

(a) अंत:दहन बॉयलर (b) बाह्यदहन बॉयलर

(iii) बॉयलर अक्ष की स्थिति के आधार पर—

(a) ऊर्ध्वाधर बॉयलर (b) क्षैतिज बॉयलर
(c) नत बॉयलर

(iv) जल एवं गर्म गैसों के प्रवाह के आधार पर—

(a) धूम नली बॉयलर (b) जल नली बॉयलर

(v) पानी के संचरण के आधार पर—

(a) प्राकृतिक संचरण बॉयलर (b) कृत्रिम संचरण बॉयलर

(vi) भाप के दाब के आधार पर—

(a) निम्न दाब बॉयलर (b) उच्च दाब बॉयलर

(vii) क्षमता के आधार पर—

(a) उच्च क्षमता बॉयलर (b) निम्न क्षमता बॉयलर

प्रमुख बॉयलर निम्न हैं—

(1) सरल खड़ा बॉयलर (2) कॉकरान बॉयलर
(3) बैबकॉक-विलकाक बॉयलर (4) स्टर्लिंग बॉयलर
(5) ला-मान्ट बॉयलर (6) बेन्सन बॉयलर
(7) विलाक्स बॉयलर

बॉयलर उपसाधन

बॉयलर की दक्षता बढ़ाने के लिए प्रयुक्त अंग, बॉयलर उपसाधन कहलाते हैं।

उदाहरण—

(i) **मितोपयोजक**—यह वे अंग हैं जिनसे दग्ध गैसों की सहायता से भरण जल को गर्म करते हैं।
(ii) **वायु-पूर्व तापक**—यह वे अंग हैं जो दहन के लिए प्रयुक्त वायु को पूर्व गर्म करते हैं।
(iii) **अतितापक**—यह वे अंग हैं जो शुष्क भाप को अतितप्त भाप में परिवर्तित करते हैं।

ईंधन ढुलाई एवं भण्डारण

कोयले को खनन क्षेत्र से दहन भट्टी तक पहुंचाने की क्रिया ईंधन ढुलाई कहलाती है। प्रमुख चरण निम्न हैं—

(i) **ईंधन प्राप्ति**—रेल द्वारा, ट्रक द्वारा, जहाजों द्वारा।
(ii) **उतारना**—प्रमुख उपकरण हैं—अनलोडिंग टावर एव ब्रिज, कार सेकर, क्रेन बकेट्स आदि।
(iii) **तैयारी**—प्रमुख उपकरण हैं—क्रशर, ब्रेकरस, साइजर, ड्रायर आदि।
(iv) **स्थानान्तरण**—बेल्ट कन्वेयर, स्क्रू कन्वेयर, बकेट एलवेटर आदि द्वारा।
(v) **बाहरी भण्डारण**—बुलडोजर, स्क्रेपर, ब्रीज आदि द्वारा।
(vi) **ढका भण्डारण**—बिन्स बंकर द्वारा।
(vii) **संयन्त्र के अन्दर ढुलाई**—उपरोक्त सभी उपकरण जो स्थानान्तरण में प्रयोग किए जाते हैं।
(viii) **माप व तौल**—स्केल, कोल मीटर व लारी आदि।

ईंधन दहन एवं उपकरण

वह निश्चित क्षेत्र जिसमें ईंधन का दहन होता है भट्टी कहलाता है।

दहन उपकरण मुख्यत: निम्न प्रकार के हैं—

(i) अचूर्णित कोयला ज्वलन

(a) हस्त ज्वलन

(b) स्ट्रोकर या यांत्रिक ज्वलन
- ऊपरी भरण स्ट्रोकर
  - चेन जाली स्ट्रोकर
  - सचल जाली स्ट्रोकर
  - प्रसारक स्ट्रोकर
- अधोरण स्ट्रोकर
  - एकल रिटार्ट स्ट्रोक
  - बहु रिटार्ट स्ट्रोक

(ii) चूर्णित कोयला ज्वलन
- इकाई चूर्णित निकाय
- केन्द्रीय चूर्णित निकाय

चूर्णक

कोयले को पाउडर रूप में बदलने के लिए चूर्णक या मिल का इस्तेमाल करते हैं।

प्रमुख मिल हैं—

(i) बाऊल मिल (ii) बाल एवं रेस मिल
(iii) बाल मिल (iv) हैमर मिल

राख निर्वतन

राख को भट्टी से बाहर निकालने के लिए उपकरणों का इस्तेमाल किया जाता है। प्रमुख उपकरण हैं—

- Bucket Elevator
- Conveyor
- Hydraulic and Pneumatic Equipment, etc.

प्रमुख राख निर्वतन तंत्र

(a) यांत्रिक राख निर्वतन तंत्र
(b) द्रवीय राख निर्वतन तंत्र
(c) वायुवीय राख निर्वतन तंत्र
(d) वाष्प जेट तंत्र

धूल निस्तारण

धूल, ठोस कणों से मिलकर बना होता है। प्रमुख धूल निस्तारण अंग—

(a) यांत्रिक युक्तियाँ
(b) स्थिर वैद्युत युक्तियाँ

कालिख जमना तथा कालिख फूंकना

धूल के साथ कालिख भी बॉयलर के प्रत्येक अंग में जमते हैं।

कालिख फूंकना एक ऐसी क्रिया है जिसमें बॉयलर की जल नलियों के ऊष्मक सतहों के ऊपर कालिख की त[illegible] कालिख ब्लोअर की सहायता से हटाया जाता है।

प्रवाहिता-जल तंत्र

संघनित्र में वाष्प को ठण्डा करने के लिए प्रवाहिता-जल तंत्र का प्रयोग किया जाता है। शीतल जल का प्रयोग करके वाष्प को ठण्डा करते हैं। शीतल जल के मुख्य स्रोत हैं—

(a) शीतलक-तालाब तंत्र (b) शीतलक-मीनार तंत्र

संघनित्र

एक ऐसी युक्ति है जो वाष्प को ठण्डा करके संघनित्र करती है। वाष्प में उपस्थित ऊष्मा को जल द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है।

संघनित्र के मुख्य अवयव हैं—

(a) संघनित्र (b) शीतलक मीनार
(c) ऊष्ण कूप (d) पम्प
(e) ट्यूब एवं हेडर

संघनित्र का वर्गीकरण

मुख्यत: दो प्रकार के होते हैं—

(a) प्रत्यक्ष, मिक्सिग या प्रधार संघनित्र
- समान्तर प्रधार प्रकार संघनित्र
- विपरीत प्रधार प्रकार संघनित्र
- निष्कासक प्रधार प्रकार संघनित्र

(b) अप्रत्यक्ष, नान मिक्सिग या पृष्ठ संघनित्र
- अधो प्रवाह पृष्ठ संघनित्र
- केन्द्रीय प्रवाह प्रकार संघनित्र
- वाष्पक प्रवाह प्रकार संघनित्र

शीतलन जल की मात्रा

$$m_w = \frac{m_s\left(h_f + \frac{x\, h_{fg}}{C_{pw}} - t_c\right)}{t_{wo} - t_{wi}}$$ पृष्ठ संघनित्र के लिए

$$m_w = \frac{m_s\,(h_f + x\, h_{fg} - C_{pw}\, t_{wo})}{C_{pw}\,(t_{wo} - t_{wi})}$$ प्रधार संघनित्र के लिए

संघनित्र दक्षता

$$\eta_{vaccum} = \frac{P_b - P_t}{P_b - P_s}$$

$$\eta_{condensor} = \frac{t_{wo} - t_{wi}}{t_s - t_{wi}}$$

भाप शक्ति संयन्त्र की दक्षता

(i) $$\eta_{mechenical} = \frac{BP}{IP}$$

(ii) $\eta_{overall} = \frac{BP}{m_f \times c_v}$

(iii) $\eta_{indicated\ thermal\ efficiency} = \frac{IP}{m_s (h_1 - h_{f_b})}$

(iv) $\eta_{brake\ thermal\ efficiency} = \frac{BP}{m_s (h_1 - h_{f_b})}$

(v) $\eta_{relative} = \frac{\text{तापीय दक्षता}}{\text{रैंकिन दक्षता}}$

ऊष्मा संतुलन पत्रक

ऊष्मा के विभिन्न अनुप्रयोगों का सारणीक विवरण संयन्त्र के अन्दर ऊष्मा संतुलन पत्रक कहलाता है।

प्रश्नावली

1. ताप शक्ति संयन्त्र क्या है?
2. ताप शक्ति संयन्त्र के प्रमुख भागों का विवरण दीजिए।
3. ताप शक्ति संयन्त्र के मुख्य अवयय को लिखिए।
4. भाप जनित्र को परिभाषित कीजिए। मुख्य अवयय तथा लक्षण लिखिए।
5. बॉयलर का वर्गीकरण कोजिए।
6. निम्न बॉयलरों का संक्षिप्त विवरण दीजिए—
   (a) सरल खड़ा बॉयलर (b) कॉकरान बॉयलर
   (c) बैबकॉक एवं विलकॉक बॉयलर (d) स्टर्लिंग बॉयलर
   (e) ला-मोन्ट बॉयलर (f) बेन्सन बॉयलर
   (g) विलाक्स बॉयलर
7. उपसाधन के कार्यों का विवरण दीजिए। प्रमुख उपसाधन कौन-कोन से हैं?
8. निम्न के कार्यों तथा गुणों का विवरण कीजिए—
   (i) अतितापक
   (ii) वायु-पूर्व तापक
   (iii) मितोपयोजक
9. ईंधन ढुलाई तंत्र पर संक्षिप्त विवरण दीजिए।
10. कोयले को दहन भट्टी तक पहुँचने में प्रयुक्त चरणों को विस्तार से समझाइए।
11. ईंधन स्थानान्तरण के लिए प्रयुक्त उपकरणों का वर्णन कीजिए।
12. कोयला ज्वलन विधि का वर्गीकरण कीजिए।
13. निम्न को समझाइए—
    (a) अचूर्णित कोयला ज्वलन (b) चूर्णित कोयला ज्वलन
14. चूर्णक क्या होते हैं? तथा कितने प्रकार के होते हैं?
15. राख निर्वतन क्या होते हैं?
16. प्रमुख राख निर्वतन विधियों का उल्लेख कीजिए।
17. धूल निस्तारण तथा प्रयुक्त उपकरणों का उल्लेख कीजिए।
18. प्रवाहिता जल तंत्र का संक्षिप्त विवरण दीजिए।

19. निम्न को समझाइए—
    (a) शीतलक तालाब (b) शीतलक मीनार
20. प्रति पूर्ति जल तंत्र क्या होते हैं? प्रवाह आरेख द्वारा समझाइए।
21. संघनित्र क्या होते हैं? इनकी महत्ता की विवेचना कीजिए।
22. संघनित्र की विवचेना कीजिए।
23. संघनित्र के संदर्भ में निम्न की विवेचना कीजिए—
    (a) शीतलन जल की मात्रा (b) संघनित्र दक्षता
    (c) निर्वात दक्षता
24. भाप शक्ति संयन्त्र की प्रमुख दक्षताओं का विवरण कीजिए।
25. ऊष्मा संतुलन पत्रक क्या हैं?

वस्तुनिष्ठ प्रश्नावली

1. छोटे शक्ति संयन्त्रों में प्रयुक्त कोयले को उतारने के लिए उपकरण हैं—
   (a) टावर क्रेन (b) कोल एसिलेटर (c) लिफ्ट ट्रक (d) ये सभी
2. मैग्नेटिक सपरेटर का प्रयोग किया जाता है—
   (a) किलंकर हटाने में (b) धूल को हटाने में
   (c) लोहे के टुकड़े को हटाने में (d) सभी को हटाने में
3. बेल्ट कन्वेयर की अधिकतम ऊर्धाधर दूरी होती है—
   (a) 20° (b) 30° (c) 60° (d) 90°
4. ओवर फीड का उदाहरण है—
   (a) चेन ग्रेट (b) ट्रेवलिंग ग्रेट (c) स्प्रेडर (d) ये सभी
5. संघनित्र दक्षता है—
   (a) $\frac{t_{wo} - t_{wi}}{t_{wo} - t_{wi}}$ (b) $\frac{t_{wo} - t_{wi}}{t_s + t_c}$ (c) $\frac{t_{wo} - t_{wi}}{t_s - t_{wi}}$ (d) $\frac{t_s - t_{wi}}{t_{wo} + t_{wi}}$
6. निर्वात दक्षता है—
   (a) $\frac{P_s + P_a}{P_s}$ (b) $\frac{P_s}{P_s + P_a}$ (c) $\frac{P_b - P_t}{P_b - P_s}$ (d) $\frac{P_b - P_s}{P_b - P_t}$
7. किस संघनित्र में, शीतल जल तथा वाष्प मिलाए नहीं जाते हैं—
   (a) प्रधार संघनित्र (b) इजेक्टर संघनित्र (c) पृष्ठ संघनित्र (d) बैरो मिट्रिक संघनित्र
8. काकरान बॉयलर होता है—
   (a) क्षैतिज धूम नली बॉयलर (b) ऊर्ध्वाधर धूम नली बॉयलर
   (c) क्षैतिज जल नली बॉयलर (d) ऊर्ध्वाधर जल नली बॉयलर
9. यदि वाष्पन की गुप्त ऊष्मा शून्य हो तो दाब का मान होगा—
   (a) 225·65 kg f/cm² (b) 100 kg f/cm² (c) −1 kg f/cm² (d) 1 kg f/cm²
10. गलनीय प्लग लगा होता है—
    (a) बॉयलर ड्रम के ऊपर (b) धूम नली में (c) जल नली में (d) दहन भट्टी के ऊपर

उत्तर—

1. (b)	2. (c)	3. (a)	4. (d)	5. (c)
6. (c)	7. (c)	8. (b)	9. (a)	10. (d)

प्राविधिक शिक्षा परिषद् द्वारा वार्षिक परीक्षा में विगत 10 वर्षों में पूछे गए प्रश्न

1. वाष्प शक्ति संयन्त्र का एक स्वच्छ अभिन्यास खींचिए। निम्न अवययों के कार्य बताइए— (2002, 201
   (a) इकोनोमाइजर (b) एयर-प्री हीटर (c) सुपरहीटर
2. वाष्प शक्ति संयन्त्र में राख एकत्रित करने की विधि का वर्णन कीजिए। इसमें आने वाली विभिन्न कठिनाइयों की सू दीजिए। (200
3. वाष्प शक्ति संयन्त्र की दक्षता को बढ़ाने की विधियों को समझाइए। (200
4. अतितापक के उद्देश्य एवं अतितप्त भाप के लाभ बताइए। (2003, 0
5. स्ट्रोकर का वर्गीकरण कीजिए। उनमें से किसी एक को स्पष्ट चित्र से समझाइए। (200
6. अतितापक के क्या कार्य हैं? तापीय विद्युत शक्ति संयन्त्र में अतितप्त भाप के प्रयोग से क्या लाभ हैं? (2004
7. चूर्णित कोयला फायरिंग प्रणाली से आप क्या समझते हैं? उसके लाभों की विवेचना कीजिए। (2005
8. टरबाइन के प्रवेश पर संघनित्र दाब तथा भाप की गुणवत्ता, भाप शक्ति संयन्त्र के निष्पादन को किस प्रकार प्रभावित कर है? (2005
9. फ्लाई ऐश सक्रबर की क्रिया विधि समझाइए। (2005
10. भरण जल हीटर पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। (2005
11. एक भाप-शक्ति संयन्त्र का आरेख बनाइए तथा इसके प्रमुख अवययों के कार्य बताइए। (2006
12. भाप शक्ति संयन्त्र में एक संघनित्र की क्रिया प्रणाली का वर्णन कीजिए। (2006
13. निम्न को समझाइए— (2006
    (i) ऊष्मा संतुलन पत्रक
    (ii) बॉयलर की दक्षता
14. तापीय शक्ति संयन्त्र में चूर्णक ईंधन कब उपयोग में लाई जाती है? (2007
15. राख निर्वतन की विभिन्न विधियों के नाम दीजिए। किसी एक विधि का संक्षेप में विवरण दीजिए। (2008, 2010)
16. भाप शक्ति संयन्त्र में प्रयुक्त शीतलक टावर कौन-कौन से हैं? उन सब के विशिष्ट लाभ बताइए। (2008)
17. चूर्णित कोयले के दहन के लिए प्रयुक्त विभिन्न वर्नरों का चित्र सहित वर्णन कीजिए। (2009)
18. वाष्प टरबाइन की गवर्निंग क्यों आवश्यक है? विभिन्न विधियों को लिखिए। किसी एक का उल्लेख कीजिए। (2009)
19. भाप टरबाइन शक्ति संयन्त्रों में धूल निस्तारण निकायों का वर्णन कीजिए। (2009, 2010)
20. भाप टरबाइन की कम्पाउडिंग व गवर्निंग क्यों की जाती है? (2009)
21. वृहद क्षमता वाष्प-विद्युत संयन्त्रों में जल परिभ्रमण की विधियों का संक्षेप वर्णन कीजिए। (2010)
22. तापीय विद्युत संयन्त्रों में दक्षता वृद्धि करने के लिए प्रयुक्त उपकरणों/विधियों का वर्णन कीजिए। (2010)
23. तापीय विद्युत शक्ति संयन्त्रों में जल परिभ्रमण तथा कमी की विधियों का योजनाबद्ध आरेख दीजिए एवं उसकी क्रिया विधि समझाइए। (2011)
24. तापीय विद्युत शक्ति में कोयले के हस्तानान्तरण का स्वच्छ आरेख से क्रिया विधि समझाइए। (2011)
25. वायु पूर्व तापक की क्रिया-विधि स्वच्छ आरेख से समझाइए। (2011)
26. मितोपयोजक की स्वच्छ आरेख द्वारा क्रिया विधि समझाइए। (2012)
27. कौन-कौन से विभिन्न प्रकार के कोयला वाहक हैं? स्वच्छ आरेख की सहायता से बेल्ट वाहक की रचना एवं क्रियाविधि का वर्णन कीजिए। (2013)
28. वाष्प के अधिऊष्मा की माप के नियन्त्रण हेतु प्रयुक्त विविध विधियों का वर्णन कीजिए।
29. बॉयलर प्रदाय जल के तापन के क्या उद्देश्य हैं? स्वच्छ आरेख द्वारा जल तापक की क्रिया विधि का वर्णन कीजिए।

Chapter 4

जल विज्ञान (Hydrology)

4.1 परिचय (Introduction)

पिछले अध्याय में हमने तापीय विद्युत शक्ति संयन्त्र का अध्ययन किया। इस शक्ति संयन्त्र में हम जल का उपयोग वाष्प के निर्माण में करते हैं। इस वाष्पीय ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करने के लिए हम वाष्प टारबाइन का प्रयोग करते हैं। इस यांत्रिक ऊर्जा को जनरेटर की सहायता से हम विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं।

इस अध्याय में हम जल की ऊर्जा को सीधे यांत्रिक ऊर्जा में जल टरबाइनों द्वारा परिवर्तित कर लेते हैं। हम जानते हैं कि जल में ऊर्जा निहित होती है। इस ऊर्जा को हम गतिज ऊर्जा में परिवर्तित कर लेते हैं जिससे हमारा प्राथमिक चालक (जल टरबाइन) घूमता है। प्राथमिक चालक पर प्राप्त यांत्रिक ऊर्जा को जनरेटर की सहायता से विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित कर लेते हैं। इस सम्पूर्ण व्यवस्था को जल-विद्युत शक्ति संयन्त्र कहते हैं।

प्रथम जल विद्युत शक्ति संयन्त्र सन् 1882 में अमेरिका में स्थापित किया गया था। शक्ति संयन्त्र का परिचालन जल की उपलब्ध मात्रा तथा जल के उपलब्ध शीर्ष (Head of Water) पर निर्भर करता है। अत: शक्ति संयन्त्र के स्थल चुनाव के लिए निम्न बातों का ध्यान आवश्यक होता है—

- उस क्षेत्र में जल की उपलब्ध मात्रा
- प्रति वर्ष वर्षा का अनुमानित आंकड़ा

कुछ अन्य घटक जैसे—

- तापमान
- आर्द्रता
- कोहरे की मात्रा
- वायु
- जलवायु परिस्थितियाँ, आदि।

जल-विद्युत शक्ति संयन्त्र का निर्माण निम्न घटकों पर निर्भर करता है—

- प्रारम्भिक लागत
- विद्युत उत्पादन दर तथा लागत
- निर्माण होने में लगा पूर्ण समय

जल विद्युत शक्ति संयन्त्रों में जल का भण्डारण आवश्यक होता है। जल का भण्डारण हम डैम के माध्यम से करते हैं। जल-शक्ति संयन्त्र के अध्ययन के लिए हमें जल विज्ञान (Hydrology) का अध्ययन आवश्यक होता है।

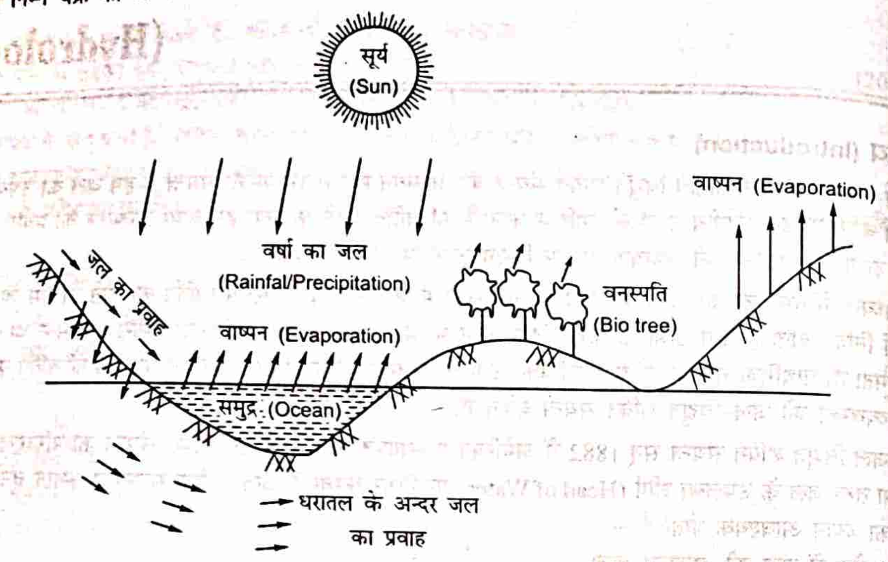
4.2 जल विज्ञान (Hydrology)

जल विज्ञान को निम्न प्रकार से परिभाषित किया गया है—

"विज्ञान की वह शाखा जिसके अंतर्गत हम जल संसाधनों के खाली होने तथा आपूर्ति का अध्ययन करते हैं।" जल संसाधनों के खाली होने का तात्पर्य **अपवाह** (Run-off) से है तथा आपूर्ति का तात्पर्य **वर्षा** (Rain-fall) से है।

यह सतही जल तथा धरातल के नीचे दोनों के जल से संबंधित होता है। इसके अंतर्गत जल संसाधनों का एक स्थान से दूसरे स्थान तक परिवहन भी सम्मिलित है।

जल विज्ञान की सहायता से हम कुल जल की उपलब्धता तथा आवृत्ति (Occurance) को ज्ञात कर सकते हैं। जल विज्ञान की सहायता से हम पानी के जमाव, व्यवहार, भण्डारण आदि का अध्ययन करते हैं। जल विज्ञान के अंतर्गत मुख्यतः निम्न चक्र का अध्ययन किया जाता है—



चित्र 4.1

जल विज्ञान में जल को निम्न समीकरण द्वारा प्रदर्शित करते हैं—

$$P = R + E$$

जहाँ P = Precipitation

R = Run-off

E = Evaporation

4.3 जल विज्ञान से सम्बन्धित प्रमुख पद

(i) जल जमाव (Water Precipitation)—इसके अन्तर्गत वातावरणीय जल आते हैं जो वर्षा के रूप में धरातल पर प्रवेश करते हैं। मुख्यतः दो प्रकार के होते हैं—

(i) ठोस जमाव—बर्फ के रूप में

(ii) द्रव जमाव—जल के रूप में

(ii) अपवाह (Run-off)—अपवाह के अन्तर्गत वे जल आते हैं जो किसी निश्चित क्षेत्र में बहते हैं।

(iii) वाष्पन (Evoporation)—जल का द्रवीय अवस्था से वाष्पीय अवस्था में परिवर्तन वाष्पन कहलाता है।

(iv) अपवाह का मापन (Measurment of Run-off)—अपवाह का मापन हम दिन, महीने, वर्ष तथा सी किसी भी समयांतराल पर कर सकते हैं। मुख्य रूप से निम्न विधियों का इस्तेमाल किया जाता है—

(a) वर्षा के रिकार्ड के आधार (From Rain-fall Record)

(b) इम्पेरिकल सूत्र के द्वारा (Empirical Formula)

(c) अपवाह वक्र एवं टेबिल (Run-off Curve and Table)

(d) निवृत्त टिप्पणी के आधार पर (Discharge Observation Method)

(a) वर्षा के रिकार्ड के आधार (From Rain-fall Record)—इस विधि में हम वर्षा को एक नियत समय के लिए मापते हैं तथा उस आधार पर हम अपवाह का मापन करते हैं।

अपवाह मापन के लिए हम सरल समीकरण का इस्तेमाल करते हैं—

Run-off = Rain-fall × coefficient

अपवाह = वर्षा × नियतांक

(b) इम्पेरिकल सूत्र के आधार (Empirical Formula)—इस विधि में कुछ महत्वपूर्ण सूत्रों के आधार पर अपवाह की गणना की जाती है—

खोसला सूत्र (Kholas's formulae)—

$$R = P - 4{\cdot}811T$$

जहाँ

R = वार्षिक अपवाह (mm में)

P = वार्षिक वर्षा (mm में)

T = मध्य तापमान (°C) (Mean temperature)

इनगिलिस सूत्र (Inglis formulae)—यह सूत्र मुख्यतः महाराष्ट्र के लिए इस्तेमाल किया जाता है।

घाटी क्षेत्र के लिए

$$R = 0{\cdot}88\,P - 304{\cdot}8$$

समतल क्षेत्रों के लिए

$$R = \frac{(P - 177{\cdot}8) \times P}{2540}$$

लेसी सूत्र (Lacey's formulae)—

$$R = \frac{P}{1 + \dfrac{3084\,F}{PS}}$$

जहाँ R = मानसून अपवाह (mm में)

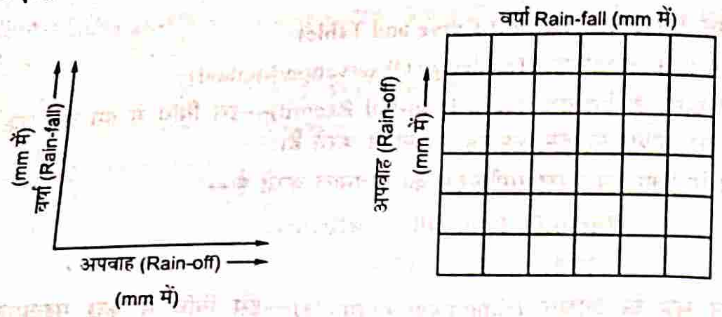
P = मानसून वर्षा (mm में)

F = मानसून अंतराल गुणांक (Mansoon duration factor)

S = Catchment area factor

(c) अपवाह वक्र और टेबिल (Run-off Curve and Table)—हम जानते हैं कि वर्षा (Rain-fall) तथा अपवाह प्रत्येक क्षेत्र के लिए एक समान नहीं होता है। अतः उपरोक्त वर्णित सूत्र सर्वमान्य नहीं होते हैं।

ऐसी स्थिति में हम अपवाह वक्र (Run-off curve) या टेबिल का निर्माण करते हैं। इसके लिए एक अक्ष पर हम अपवाह का मान रखते हैं तथा दूसरे अक्ष पर वर्षा का मान रखते हैं। दोनों अक्षों पर रेखीय सम्बन्ध "अपवाह वक्र" कहलाता है तथा टेबिल का निर्माण भी इसी प्रकार करते हैं।



चित्र 4.2

(d) निवृत्त के आधार पर (Discharge Observation Method)—यह निरीक्षण घाटियों के निकास द्वा किया जाता है। चूँकि इस निरीक्षण को हम किसी यंत्र द्वारा नहीं करते हैं। अत: यह विधि अनुमानित गणना के आधार पर है।

अपवाह (Run-off) को प्रभावित करने वाले घटक

मुख्य रूप से निम्न घटक प्रभावित करते हैं—

- वर्षा का पैटर्न (Rain-fall Pattern)
- क्षेत्र के वनस्पति का प्रारूप (Vegetation)
- जलवायु परिस्थितियाँ (Weather Conditions)
- क्षेत्र का भूविज्ञान (Geology)
- किसी स्थान की आकृति (Topology)
- धरातल का जल में वह स्थान जहाँ से जल प्रवाह होता है। (Catchment Area)

अपवाह की इकाई

अपवाह को मुख्यत: निम्न इकाईयों में व्यक्त किया जाता है—

- M^3/sec
- Day-second-meter
- $(km)^2$–cm/hr

(v) वर्षा की तीव्रता एवं आकलन (Intensity of Rain-fall and Measurement)—"निश्चित स्थान निश्चित अवधि में जल की मात्रा को वर्षा की तीव्रता कहते हैं।" वर्षा की तीव्रता को नियत (Constant) नहीं किया जा स है, परन्तु इसका मापन सतत् पाठयांक गेज (Continuous-reading gange) द्वारा किया जा सकता है।

Intensity of Rain-fall (वर्षा की तीव्रता)

$$I = \frac{R}{T+C} \text{ inch/hr}$$

जहाँ R and C = स्थिरांक

T = वर्षा की अवधि (घण्टों में)

हम जानते हैं कि पृथ्वी के धरातल पर वर्षा का जल गिरना एक प्राकृतिक प्रक्रिया है। अत: वर्षा का जल विभिन्न मौ ा प्रभावित होता है; जैसे—ग्रीष्म ऋतु, वर्षा ऋतु, शीत ऋतु, बसन्त ऋतु आदि।

वर्षा के जल को सामान्यत हम एक सेंटी मीटर वर्षा के रूप में मापते हैं।

अत: एक सेंटी मीटर वर्षा जल को निम्न प्रकार से परिभाषित किया जाता है—

" यह जल की वह मात्रा होती है जो वर्षा द्वारा किसी समतल क्षेत्र में एक सेमी ऊँचाई तक प्राप्त होती है।"

परन्तु वास्तविक रूप से इसका मापन जटिल होता है, क्योंकि धरातल समतल सम्भव नहीं होता है तथा वाष्पन एवं रिसाव (Evaporation and leakage) में हानियाँ की गणना मुश्किल होती है।

4.4 वर्षा का आकलन (Measurement of Rain-fall)

किसी निश्चित क्षेत्र तथा किसी निश्चित समय में वर्षा के मापन के लिए हम विभिन्न प्रकार के वर्षा-गेज (Rain-gauges) का इस्तेमाल किया जाता है।

वर्षा गेज (Rain-gauges) दो प्रकार के होते हैं—

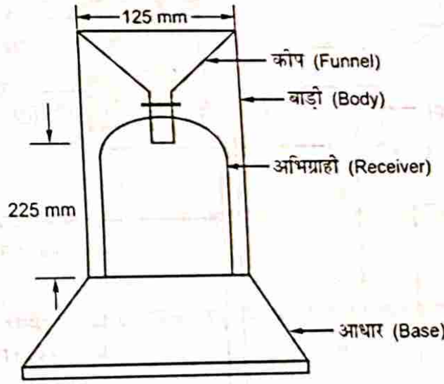
(i) अपठ्नीय वर्षा गेज (Non-recording Rain Gauge)

(ii) पठ्नीय वर्षा गेज (Recording Rain Gauge)

4.4.1 (i) अपठ्नीय वर्षा गेज (Non-recording Rain gauge)

इस गेज में एक मानक कीप (Standard funnal) में अभिग्राही (Receiver) लगा होता है। अभिग्राही (Receiver) आकार में इतना बड़ा होता है कि उसमें दिन भर के वर्षा के जल का भण्डारण किया जा सके।

व्यवस्थित आरेख नीचे बना है—



चित्र 4.3—Non-Reading Rain Guage

इसका आधार कंक्रीट में स्थाई रूप से जुड़ा होता है। कंक्रीट ब्लाक में गेज इस प्रकार व्यवस्थित किया जाता है कि वह समतल से 30 cm ऊपर हो। सम्पूर्ण व्यवस्था को गेजिंग स्टेशन (Gauging station) कहा जाता है। गेजिंग स्टेशन की सुरक्षा के लिए कंटीले तारों का प्रयोग किया जाता है।

क्रिया विधि

वर्षा का जल कीप में इक्ट्ठा होता है, जिसका ऊपरी भाग वायुमण्डल की दिशा में खुला होता है। कीप में से जल अभिग्राही में प्रवेश करता है जिसे हम निश्चित समयांतराल पर मापन-पात्र (Measuring-vessel) में डालकर उसका पाठ्यांव (Reading) नोट कर लेते हैं। पाठ्यांक सामान्यत: सेमी या मिमी में नापते हैं।

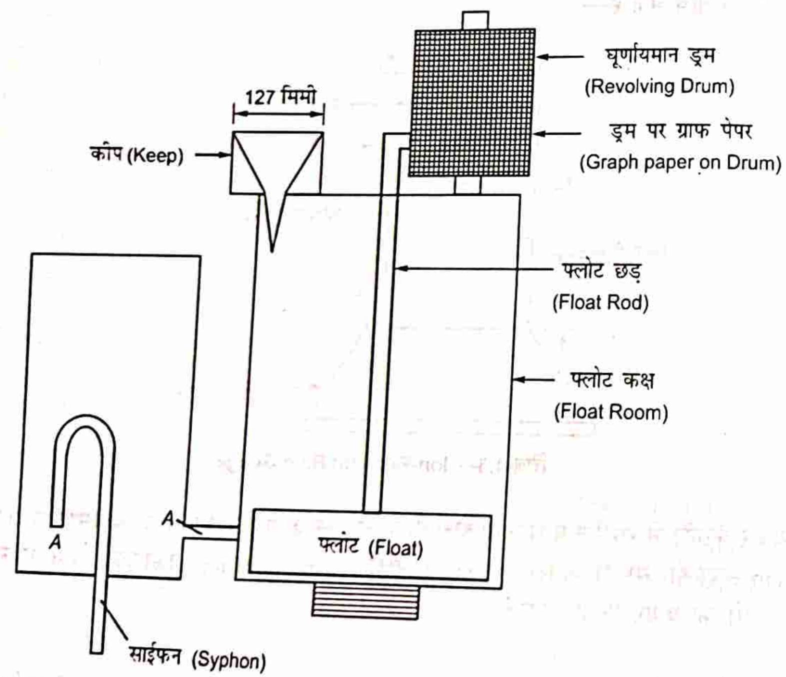
मापन-पात्र (Measuring vessels) वर्षा के जल का मापन कीप मुख (Funnal face) के क्षेत्रफल के अनुपात में कर है तथा सम्पूर्ण क्षेत्रफल ज्ञात करने के लिए हम सम्पूर्ण क्षेत्रफल का गुणा कर देते हैं।

4.4.2 (ii) पठ्नीय वर्षा गेज (Recording Rain Gauge)

इस गेज में एक आयताकार बाक्स होता है जिसके हेड पर एक मानक कीप (Standard funnal) लगा होता है। बाक्स में एक फ्लोट (Float) लगा होता है जो फ्लोट रॉड (Float rod) की सहायता से पिन-बिन्दू (Pin-point) से जुड़ा होता है। गेज में एक ग्राफ पेपर होता है जो घूमते हुए ड्रम (Revolving drum) से जुड़ा होता है। इस ग्राफ पेपर को छूते हुए पिन-बिन्दु (Pin-point) फ्लोट (Float) की चाल अंकित करता है। ड्रम को विद्युत मोटर द्वारा निरन्तर घूर्णन गति प्राप्त करता है। वर्षा के समय जल आयताकार बाक्स में एकत्रित होता है। जैसे-जैसे जल स्तर बाक्स में बढ़ता है, फ्लोट (Float) भी ऊपर उठता है। चूँकि फ्लोट (Float) पिन-बिन्दू (Pin-point) से जुड़ा होता है। अत: पिन बिन्दु घूमने लगता है और ग्राफ पेपर पर वक्र प्राप्त होता है। जब बाक्स में वर्षा का जल भर कर X-X तक पहुँचता है तब साइफन (Syphon) कार्यकारी हो जाता है और बाक्स का जल फ्लोट (Float) से होकर बहने लगता है। जिससे हमें ग्राफ पेपर पर वर्षा जल का मान प्राप्त होता है।

वर्षा गेज (Rain Gauge) सामान्यतः निम्न स्थानों पर लगे होते हैं–

- निकास स्थान पर
- प्रवेश स्थान पर
- समतल स्थान पर
- उस स्थान पर जहाँ वर्षा (Rain-fall) का आकलन करना हो।



चित्र 4.4—Recording Rain Guage

4.5 औसत वर्षा-जल की गहराई (Average or Mean Depth of Rain-fall)

हम जानते हैं कि प्रत्येक जल ग्रहण क्षेत्र (Catchment area) में वर्षा गेजों द्वारा प्रदान वर्षा जल की मात्रा समान नहीं होती है। अत: हमें औसत वर्षा जल की गहराई ज्ञात करनी होती है।

इसके लिए हम निम्नविधियों का इस्तेमाल करते हैं—

(i) थाईसन विधि (Thiesson method)

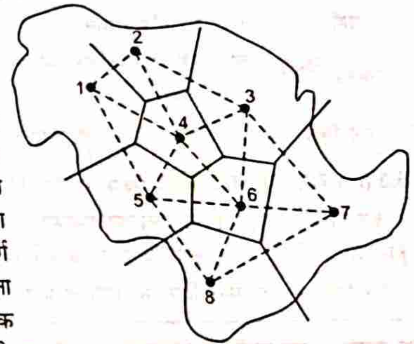
(ii) समान्तर माध्य विधि (Arithmatic-mean method)

(iii) सम-वर्षा विधि (Iso-hyetol method)

4.5.1 (i) थाईसन विधि (Thiesson Method)

यह विधि सामान्यत: 500-5000 वर्ग किमी जल ग्रहण क्षेत्रों के लिए प्रयोग की जाती है तथा शुद्ध (Accurate) परिणाम देती है। इस विधि में जल ग्रहण क्षेत्रों को कुछ स्टेशनों में विभाजित कर लेते हैं। इन स्टेशनों का क्षेत्रफल ज्ञात होना चाहिए।

उदाहरण के लिए जल ग्रहण क्षेत्र को 8 स्टेशनों में विभाजित कर लेते हैं। जिनको क्रमश: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 द्वारा व्यक्त किया गया है। इन स्टेशनों को हम टूटी लाइनों (Broken line) द्वारा जोड़ देते हैं। जिससे हमें कई त्रिभुजों का एक समूह प्राप्त है। प्रत्येक त्रिभुज की भुजाओं द्वारा यदि लम्ब अर्धक (Perpendicular bisectors) खींचे जाएँ तो सम्पूर्ण जल ग्रहण क्षेत्र 8 बहुभुज (Polygon) में विभाजित हो जाएगा। इस रचना को पूर्ण रेखाओं द्वारा प्रदर्शित किया गया है। प्रत्येक बहुभुज से प्रत्येक स्टेशन का वर्षा (Rain-fall) का मान प्राप्त हो जाता है। बहुभुज के क्षेत्रफल के लिए हम प्लेनी मीटर (Plani meter) का इस्तेमाल करते हैं।



चित्र 4.5—Thiesson method

प्रत्येक स्टेशन पर वर्षा गेजों द्वारा प्राप्त वर्षा का मान तथा प्लेनी मीटर द्वारा बहुभुज के क्षेत्रफल का मान तालिका में दर्शाया गया है—

क्र. सं.	वर्षा गेज द्वारा वर्षा का मान (cm में)	बहुभुज का क्षेत्रफल a	बहुभुज क्षेत्रफल का कुल आयतन b	स्टेशन क्रमांक
01	h_1	a_1	$h_1 \times a_1$	1
02	h_2	a_2	$h_2 \times a_2$	2
03	h_3	a_3	$h_3 \times a_3$	3
04	h_4	a_4	$h_4 \times a_4$	4
05	h_5	a_5	$h_5 \times a_5$	5
06	h_6	a_6	$h_6 \times a_6$	6
07	h_7	a_7	$h_7 \times a_7$	7
08	h_8	a_8	$h_8 \times a_8$	8

औसत वर्षा-जल की गहराई $h_a = \frac{\sum b}{\sum c}$

$$h_a = \frac{h_1 \times a_1 + h_2 \times a_2 + h_3 \times a_3 + h_4 \times a_4 + h_5 \times a_5 + h_6 \times a_6 + h_7 \times a_7 + h_8 \times a_8}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7 + a_8}$$

4.5.2 (ii) समान्तर-माध्य विधि (Arithmatic-mean Method)

यह विधि औसत मान विधि कहलाती है। इस विधि में वर्षा गेजों द्वारा प्राप्त मान का औसत माध्य निकालते हैं। गणितीय रूप से—

$$h_a = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + \dots\dots\dots + h_n}{n}$$

जहाँ h_a = वर्षा का औसत मान

h_1, h_2 = वर्षा गेजों द्वारा विभिन्न स्टेशनों का मान

n = स्टेशनों की संख्या

यह विधि 500 वर्ग किमी क्षेत्रफल के लिए इस्तेमाल की जाती है।

4.5.3 (iii) सम-वर्षा मापी विधि (Iso-hyetol Method)

इस विधि में कंटूर (Contour) का इस्तेमाल करते हैं। कंटूर जल ग्रहण क्षेत्र में सम वर्षा वाले क्षेत्रों को मिलाने वाले आकृति को कहते हैं। कंटूर बनाने के लिए आँकड़े वर्षा गेजों द्वारा प्राप्त किए जाते हैं।

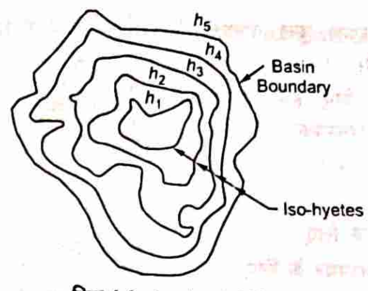
इस विधि में एक सेन्टीमीटर का अंतराल होता है तथा कंटूर के क्षेत्रफल प्लेनीमीटर द्वारा ज्ञात किया जाता है।

क्रम संख्या	सम वर्षामापी अन्तराल	औसत मान	दो कंटूरों के बीच का क्षेत्रफल	औसत मान × क्षेत्रफल
01	$h_1 - h_2$	$\frac{(h_1 + h_2)}{2}$	a_1	$\frac{(h_1 + h_2)\ a_1}{2}$
02	$h_2 - h_3$	$\frac{(h_2 + h_3)}{2}$	a_2	$\frac{(h_2 + h_3)\ a_2}{2}$
03	$h_3 - h_4$	$\frac{(h_3 + h_4)}{2}$	a_3	$\frac{(h_3 + h_4)\ a_3}{2}$
04	$h_3 - h_4$	$\frac{(h_4 + h_5)}{2}$	a_4	$\frac{(h_4 + h_5)\ a_4}{2}$
05	$h_5 - 1$	$\frac{(2h_5 - 1)}{2}$	a_5	$\frac{(2h_5 - 1)\ a_5}{2}$

औसत वर्षा की गहराई

$$h_a = \frac{\sum b}{\sum a}$$

$$h_a = \frac{(h_1 + h_2)\,a_1 + (h_2 + h_3)\,a_2 + (h_3 + h_4)\,a_3 + (h_4 + h_5)\,a_4 + (2\,h_5 - 1)\,a_5}{2\,(a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5)}$$



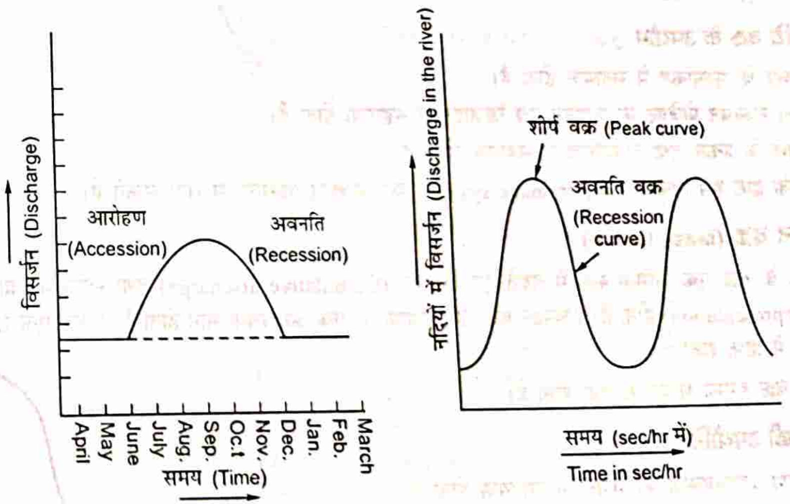
चित्र 4.6—Iso-hyetol Method

4.6 हाइड्रोग्राफ (Hydrograph)

किसी निश्चित समय में प्रवाहित जल के अपवाह या विसर्जन (Run-off or discharge) का आरेखीय सम्बन्ध हाइड्रोग्राफ कहलाता है।

समय या तो दिन हो सकता है, या घण्टा, सप्ताह, महीना या वर्ष हो सकता है एवं विसर्जन m^3/sec, km^2-cm/hr, day-sec-meter आदि में होता है।

हाइड्रोग्राफ विभिन्न समय में जल प्रवाह की शक्ति को प्रदर्शित करता है। हाइड्रोग्राफ सामान्यत: जल ग्रहण क्षेत्र के लक्षण तथा वर्षा के जमाव (Catchment area and precipitation) पर निर्भर करता है।



चित्र 4.7—Hydrograph

4.7 प्रवाह अवधि वक्र (Flow Duration Curve)

यह वक्र जल प्रवाह तथा दिए गए समयावधि के बीच बनाया जाता है। यह वक्र भी अपवाह (Run-off) प्रदर्शन के लिए इस्तेमाल किया जाता है। यदि किसी अक्ष (Ordinate) पर प्रवाह में उपस्थित शक्ति को प्रदर्शित किया जाए तो इस वक्र को शक्ति अवधि वक्र (Power Duration Curve) भी कहते हैं। यह वक्र जल की उपलब्ध शक्ति ज्ञात करने का महत्वपूर्ण तकनीक है।

प्रवाह अवधि वक्र द्वारा प्राप्त क्षेत्रफल, कुल अपवाह की मात्रा को दिए समय में प्रदर्शित करता है।

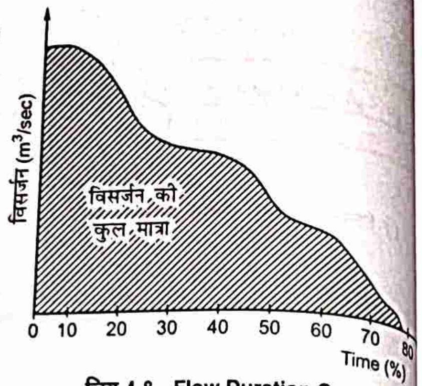
प्रवाह अवधि वक्र बनाने के लिए हमें हाइड्रोग्राफ (Hydrograph) द्वारा प्राप्त आंकड़े की आवश्यकता होती है।

प्रवाह अवधि वक्र के द्वारा हम निम्न के विषय में महत्वपूर्ण निष्कर्ष निकालते हैं—

(i) अपवाह के प्रारम्भिक अध्ययन के लिए

(ii) दो प्रवाह के बीच तुलनात्मक अध्ययन के लिए

यदि हमें विसर्जन हेड (Discharge head) ज्ञात हो तो हम जल प्रवाह की शक्ति निम्न समीकरण द्वारा ज्ञात कर सकते हैं—



चित्र 4.8—Flow Duration Curve

$$P = \frac{wQH}{1000} \times \eta_0$$

जहाँ P = Power (Kw में)

W = Weight density (N/m^3 में)

Q = Discharge m^3/sec

H = Head (m)

η_0 = Overall efficiency

प्रवाह अवधि वक्र के उपयोग

- प्रवाह के मूल्यांकन में सहायक होता है।
- जल संसाधन प्रोजेक्ट के प्लानिंग एवं डिजाइन में सहायक होता है।
- प्रवाह के प्रकार तथा उपयोगिता में सहायक होता है।
- इसके द्वारा हम निकास तंत्र (Drainage system) का डिजाइन आसानी से बना सकते हैं।

4.8 द्रव्यमान वक्र (Mass Curve)

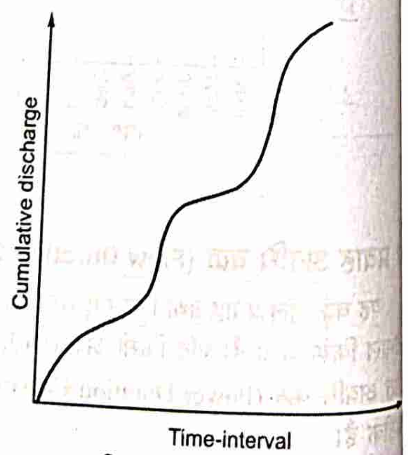
यह एक के बाद एक क्रमिक रूप में बढ़ते हुए विसर्जन (Cumulative discharge) तथा समय का ग्राफीय प्रद (Graphical representation) होता है। द्रव्यमान वक्र, हाइड्रोग्राफ का एक आवश्यक भाग होता है जो हमें एक समय से दू समय के बीच में प्राप्त होता है।

द्रव्यमान वक्र हमेशा धनात्मक वक्र होता है।

द्रव्यमान वक्र की उपयोगिता

- भण्डारण आवश्यकता की गणना में सहायक होता है।
- माँग की गणना का आवश्यक यंत्र होता है।

द्रव्यमान वक्र द्वारा माँग की गणना एक trial and error method होता है।

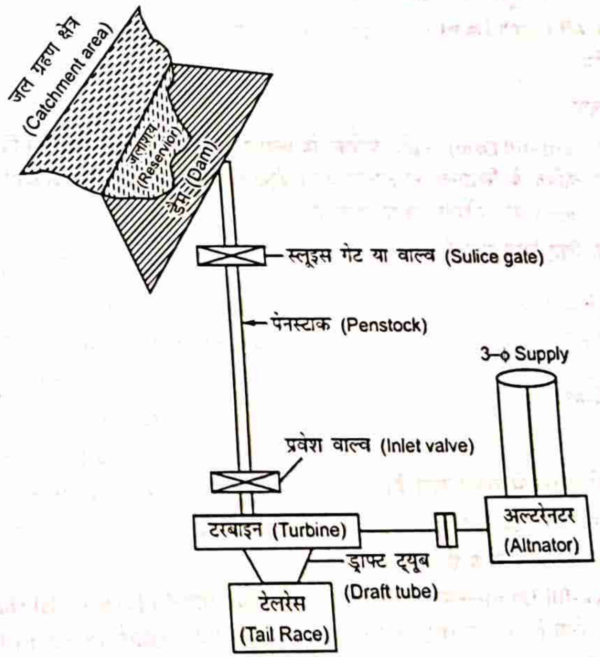


चित्र 4.9—Mass Curve

4.9 जल-विद्युत शक्ति संयन्त्र के मुख्य अवयव (Main Elements of Hydro-electric Power Plant)

जल-विद्युत शक्ति संयन्त्र के मुख्य अव्यय निम्नलिखित हैं—

(i) जल ग्रहण क्षेत्र (Catchment Area)
(ii) भण्डारण (Reservoir)
(iii) डैम (Dam)
(iv) स्लिप वे (Slip Ways)
(v) कंडक्ट (Conducts)
(vi) बहाव टंकी (Surge Tank)
(vii) प्राथमिक चालक (Prime Mover)
(viii) ड्राफ्ट ट्यूब (Draft Tube)
(ix) पावर हाऊस के उपकरण (Power House Equipment)



चित्र 4.10

(i) जल ग्रहण क्षेत्र (Catchment Area)—डैम के पीछे का सम्पूर्ण भाग जिसमें जल का जमाव होता है जहाँ से डैम एवं जलाशय को धारा प्रवाह (Stream flow) प्राप्त होता है **जल ग्रहण क्षेत्र** कहलाता है।

(ii) जलाशय या भण्डारण (Reservoir)—यह जल-विद्युत शक्ति संयन्त्र का प्रमुख अंग है। जलाशय का कार्य जल टरबाइन को सतत् जल आपूर्ति का होता है।

जलाशय दो प्रकार के होते हैं—

(a) प्राकृतिक जलाशय (b) कृत्रिम जलाशय

(iii) डैम या बांध (Dam)—डैम एक बैरियर की तरह कार्य करता है जिसमें जलाशय के जल को सीमित कर भण्डारित करते हैं जिससे जल में एक हेड या शीर्ष (Head) उत्पन्न होता है जो टरबाइन चलाने में सहायक होता है। डैम जल को उसके तल से ऊपर करके संचित करता है। डैम या तो कंक्रीट का बना होता है या तो पत्थरों का बना होता है।

डैम के प्रकार

डैम को मुख्यत: निम्न वर्गों में विभाजित किया गया है—

(a) फिल डैम (Fill Dam)
- ➤ अर्थ-फिल डैम
- ➤ राक-फिल डैम

(b) मैसनरी डैम (Masonary Dam)
- ➤ ठोस गुरुत्व डैम (Solid-gravity Dam)
- ➤ बटरस डैम (Butress Dam)
- ➤ आर्च डैम (Arch Dam)

(c) टिम्बर डैम

प्रमुख डैमों का विवरण

अर्थ-फिल डैम (Earth-fill Dam)—छोटे प्राजेक्ट के लिए इस तरह के डैम का इस्तेमाल किया जाता है। इस बांध के निर्माण के लिए हमें मृदा यांत्रिक के सिद्धान्तों का उपयोग करना होता है। ऐसे बांध के निर्माण के लिए मृदा हस्तांतरण उपकरण (Soil handling equipment) का इस्तेमाल किया जाता है।

डैम के निर्माण के लिए निम्न पदार्थों का इस्तेमाल किया जाता है—
- ढीली चट्टान
- रेत
- चट्टान
- मिट्टी मृतिका (Clay)

अर्थ-फिल डैम के लाभ

- यह अन्य डैम की तुलना में सस्ता होता है।
- यह प्राकृतिक रूप मिश्रित हो जाता है।
- यह नियमित प्रकार का बाँध होता है।

रॉक-फिल डैम (Rock-fill Dam)—यह ढीली-चट्टान का ट्रैपिजोडियल (Trapezoidal shape) आकार का बना होता है जिसका आधार चौड़ा होता है। आधार चौड़ा होने के कारण जल के विभिन्न काटों (Section) में रिसाव कम होता है। यह सामान्यत: पहाड़ी क्षेत्रों (Mountaneous area) में पाया जाता है जहाँ भूमि कम होती है। चट्टानें ज्यादा होती हैं।

इस बांध में लचीलापन (Flexibility) ज्यादा होती है।

ठोस गुरुत्व डैम (Solid-gravity Dam)—इस बांध की संरचना महाकाय (Massive) तथा बड़ा होता है। इसका भार अधिक होता है, क्योंकि यह कंक्रीट द्वारा बनाया जाता है। संरचना के बीच में जोड़ों का प्रयोग किया जाता है जिससे तापमान बढ़ने पर सकुंचन एवं प्रसार (Contraction and elongation) का कोई प्रभाव न हो। अत्यधिक भार होने के कारण इसमें स्थाईत्व आ जाता है।

बटरस बाँध (Buttress Dam)—इस प्रकार के बांध में नत धारा प्रवाह (Inclined up stream face) मुख बना होता है। नत मुख होने के कारण यह उच्च धारा प्रवाह शक्ति प्राप्त होती है। इसमें कंक्रीट की मात्रा की कम आवश्यकता होती है। इन बांधों को कम सामर्थ्य वाले आधार पर भी बनाया जाता है।

यह अपेक्षाकृत महँगे होते हैं, क्योंकि—
- कुशल कारीगरों की आवश्यकता होती है।
- Rein forcing steal इस्तेमाल किए जाते हैं जो Concerete से महँगें होते हैं।
- अत्यधिक फ्रेम की आवश्यकता होती है।

आर्च डैम (Arch Dam)—इसकी आकृति वर्कांकार (Curved) होती है। वर्गाकार आकृति के कारण प्रतिकूल धारा प्रवाह को रोकने में सहायक होता है। अपनी रचना के कारण यह जल के भार को अत्यधिक सहन करने की क्षमता रखता है। यह अन्य बांधों की तुलना में अत्यधिक सस्ते तथा मजबूत होते हैं। यह बांध भूकम्प से प्रभावित नहीं होते हैं।

टिम्बर डैम (Timber Dam)—यह बांध कम क्षमता वाले होते हैं। उन स्थानों पर जहाँ कंक्रीट की उपलब्धता नहीं होती है वहाँ टिम्बर डैम का इस्तेमाल किया जाता है।

यह डैम सामान्यत: कम देखने को मिलते हैं।

(iv) स्लिप-वे (Slip-way)—जब जलाशय में पानी भरता है तो जलाशय के स्तर में वृद्धि होती है जिससे जलाशय में भार की वृद्धि होने लगती है। इस अधिक भार से बांध की स्थिरता प्रभावित होती है। इस अधिक जल भार को कम करने के लिए एक संरचना डैम के चारों ओर या उसके किनारे पर लगाई जाती है। इस संरचना को हम स्लिप-वे (Slip-way) कहते हैं।

स्लिप-वे के प्रमुख कार्य निम्न हैं-

- यह सरचना को सभी स्थितियों में स्थिरता प्रदान करता है।
- बाढ़ की स्थिति में अधिक जल स्तर को कम करता है।

स्लिप-वे के प्रकार

निम्न प्रकार के स्लिप-वे होते हैं—
- ठोस गुरुत्व स्लिप-वे (Solid gravity slip-way)
- साइड-चैनल स्लिप-वे (Side channel slip-way)
- ट्रफ स्लिप-वे (Trough slip-way)
- सैडल स्लिप-वे (Saddle slip-way)
- इमरजेन्सी स्लिप-वे (Emergency slip-way)
- साइफन स्लिप-वे (Siphon slip-way)
- शाफ्ट या ग्लोरी होल स्लिप-वे (Shaft or glory hole slip-way)

(v) कंडक्ट (Conducts)—यह हेड रेस टरबाइन (Head race) भी कहलाता है। सामान्यत: यह चैनल की तरह कार्य करता है जिसके माध्यम से पानी को, टरबाइन व्हील तथा टेल रेस तक पहुँचाते हैं।

कंडक्ट सामान्यत: दो विधियों से व्यवस्थित किए जाते हैं—
- **खुला कंडक्ट** (Open Conduct) : कैनल, फ्लयूमस (Cannel or flumes)
- **बंद कंडक्ट** (Close Conduct) : टनल, पाइप लाइन, पेन स्टाक (Tunnel) (Pipe line) (Pen stock)

कैनल (Canal)—यह एक खुला पानी का रास्ता होता है जिसे हम नहर भी कहते हैं जो प्राकृतिक रूप से धरातल पर प्राप्त होता है।

फ्ल्यूम (Flume)—यह एक खुला चैनल होता है जो धरातल पर सीधे खड़े पाया जाता है। यह द्रवीय दाब (Hydraulic gradient) को बढ़ाने के लिए प्रयोग किया जाता है।

टनल (Tunnel)—यह एक बंद चैनल होता है जिसका प्रमुख उद्देश्य जल के एक निकास क्षेत्र को दूसरे निकास क्षेत्र से जोड़ना होता है।

पाइप लाइन (Pipe line)—यह मुख्यत: धारा प्रवाह के लिए प्रयोग किया जाता है। इसे प्रवाह लाइन (Flow line) कहते हैं।

पेन स्टाक (Pen stock)—यह एक बंद कंडक्ट होता है जिसके प्रयोग से हम पानी को दाब के साथ टरबाइन में प्र... कराते हैं।

(vi) बहाव टंकी (Surge Tank)—यह एक छोटी टंकी या जलाशय होता है जिसका इस्तेमाल हम पानी के ... को बढ़ाने या घटाने में करते हैं जिससे टरबाइन का प्रचालन प्रभावित नहीं होता है।

बहाव टंकी का इस्तेमाल निम्न उद्देश्यों से किया जाता है—

- यह टरबाइन तथा जलाशन के बीच की दूरी को कम करता है।
- यह इमरजेन्सी स्थिति में आपूर्ति टैंक (Supply tank) के रूप में कार्य करता है।

बहाव टैंक के प्रकार

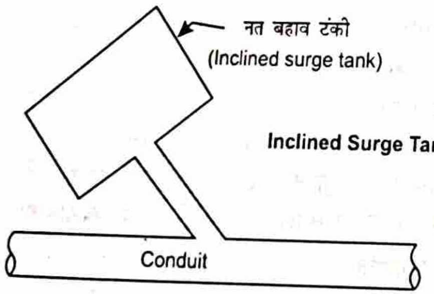
- सामान्य बहाव टैंक (Simple Surge Tank)
- नत बहाव टैंक (Inclined Surge Tank)
- गैलरी या प्रसारण बहाव टैंक (Gallary Type or Expansion Surge Tank)
- डिफरेन्सियल बहाव टैंक (Differential Surge Tank)
- प्रतिबंद्धित आरिफिस बहाव टैंक (Restricted Orific Surge Tank)

(vii) प्राथमिक चालक (Prime Mover)—शक्ति संयन्त्र में यह ऊर्जा रूपान्तरण का कार्य करता है। ऊ... रूपान्तरण के लिए हम जल टरबाइन का प्रयोग करते हैं। जब टरबाइन सर्वप्रथम जल की गतिज ऊर्जा (Kinetic energy) ... शाफ्ट की यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करता है। इस यांत्रिक ऊर्जा को जनरेटर की सहायता से हम विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं।

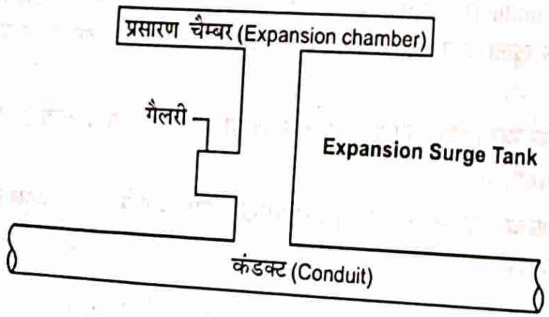
मुख्य रूप से दो टरबाइन इस्तेमाल की जाती है—

(i) आवेगी टरबाइन (Impulse turbine)

(ii) प्रतिक्रिया टरबाइन (Reaction turbine)



Inclined Surge Tank



Expansion Surge Tank

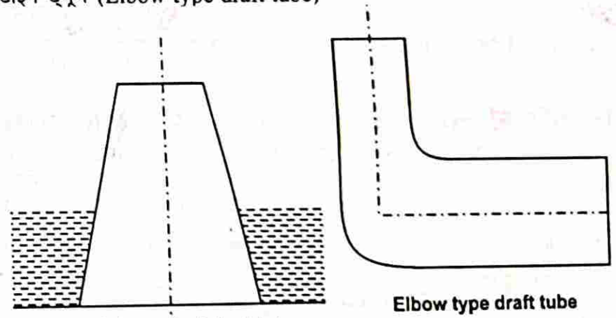
चित्र 4.11–बहाव टंकी के प्रकार

(viii) ड्राफ्ट ट्यूब (Draft Tube)—ड्राफ्ट ट्यूब का इस्तेमाल निम्न क्रियाओं के लिए किया जाता है—

- यह टरबाइन को टेल-जल तल से ऊपर सेट करता है जिससे की हेड-हानि से बचा जा सके।
- इससे निरीक्षण तथा रख-रखाव में सुविधा होती है।
- यह जल की गतिज ऊर्जा को डिफ्यूसर क्रिया की सहायता से रनर में भेजा जाता है।

ड्राफ्ट ट्यूब के प्रकार–

- सीधा श्क्वांकार या सकेंद्रित ट्यूब (Straight conical or concentracted tube)
- एल्बो टाइप ट्यूब (Elbow type draft tube)



चित्र 4.12–ड्राफ्ट ट्यूब के प्रकार

(ix) पावर हाऊस एवं उपकरण—प्रमुख पावर हाऊस उपकरण निम्नलिखित हैं—

- द्रवीय टरबाइन (Hydraulic Turbine)
- विद्युत जनरेटर (Electric Generator)
- गवरनर (Governor)
- वाल्व, गेट, रिलीफ (Valve, Gate, Relief)
- जल संचरण पम्प (Water Circulating Pump)
- प्रवाह मापन यंत्र (Flow Measuring Equipment)
- वायु डक्ट (Air Duct)
- स्विच बोर्ड निकाय (Switch Board System)

- रियेक्टर (Reactors)
- क्रेन (Cranes)
- उच्च एवं निम्न टेंशन बार (High and Low Tension Bar)
- भण्डार बैट्रीज (Storage Batteries)
- आयल सर्किट ब्रेकर (Oil Circuit Brakers)

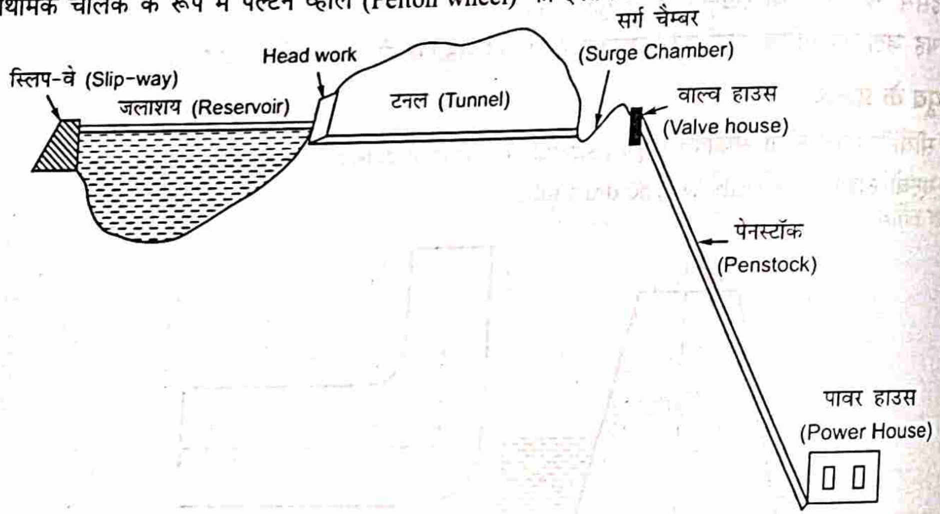
4.10 जल-विद्युत शक्ति संयन्त्र का वर्गीकरण (Classification of Hydro-electric Power Plant)

जल विद्युत शक्ति संयन्त्र को मुख्यत: निम्न आधार पर वर्गीकृत किया गया है—

1. जल-शीर्ष (Water-head) की उपलब्धता के आधार पर

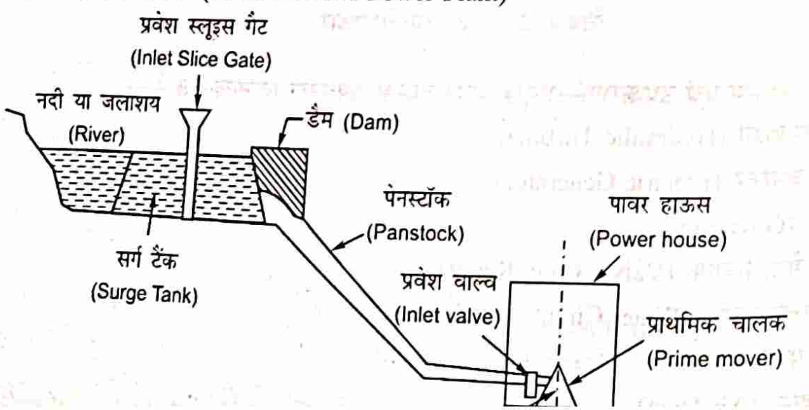
(a) उच्च शीर्ष शक्ति संयन्त्र (High Head Power Plant)—इस प्रकार के शक्ति संयन्त्र में शीर्ष की उपलब्धता 100 m या उससे अधिक होती है। जल को झीलों में ऊँचे पहाड़ों के बीच इक्ट्ठा किया जाता है तथा उपयुक्त उपकरणों द्वारा टरबाइन को भेजा जाता है।

प्राथमिक चालक के रूप में पेल्टन व्हील (Pelton wheel) का इस्तेमाल किया जाता है।



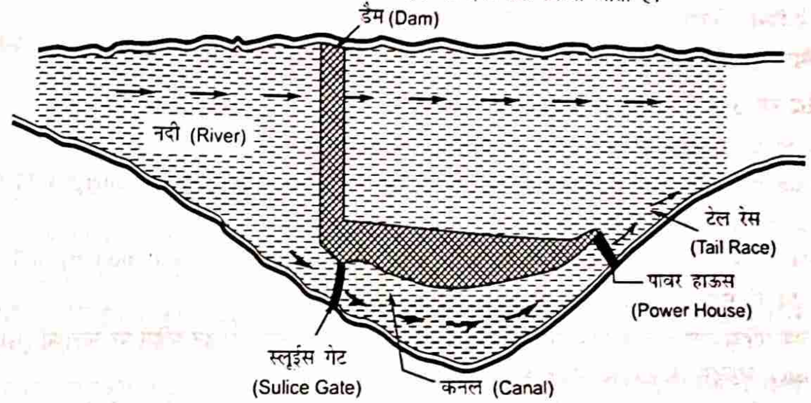
चित्र 4.13 : High-head Power Plant

(b) मध्यम शीर्ष शक्ति संयन्त्र (Medium Head Power Plant)—



यह शक्ति संयन्त्र का जल-शीर्ष 30–100 m के बीच होता है। इस शक्ति संयन्त्र में फ्रांसिस टरबाइन का इस्तेमाल किया जाता है।

(c) निम्न शीर्ष शक्ति संयन्त्र (Low Head Power Plant)—इस शक्ति संयन्त्र में नदियों पर सीधी बाँध का निर्माण कर दिया जाता है। इसमें फ्रांसिस या कपलान टरबाइन का इस्तेमाल किया जाता है।



चित्र 4.15 : Low Head Power Plant

2. भार की प्रकृति के आधार पर

(a) मूल-भार शक्ति संयन्त्र (Base-load Power Plant)—वह शक्ति संयन्त्र जिसकी स्थापना मूल-भार (Base load) की पूर्ति के लिए की गयी हो उसे मूल-भार शक्ति संयन्त्र कहते हैं। इन शक्ति संयन्त्रों की क्षमता भी उच्च होती है।

(b) शिखर-भार शक्ति संयन्त्र (Peak-load Power Plant)—ऐसे शक्ति संयन्त्र जिनका उपयोग शिखर-भार की पूर्ति के लिए किया जाता है, शिखर-भार शक्ति संयन्त्र कहा जाता है।

3. उपलब्ध जल की मात्रा के आधार पर

(a) अपवाह नदी बिना तालाब शक्ति संयन्त्र—ऐसे शक्ति संयन्त्रों में जल के प्रवाह पर किसी प्रकार का नियंत्रण नहीं होता है। इस शक्ति संयन्त्र में जल का भण्डारण नहीं होता है। इसमें जल जिस प्रकार आता है उसी प्रकार इस्तेमाल किया जाता है। बाढ़ तथा सूखे के दिनों में जल के प्रवाह में बहुत अंतर होता है। जिससे संयन्त्र की दक्षता प्रभावित होती है।

जल के शीर्ष की गणना जल प्रवाह पर निर्भर करती है। संयन्त्र की दक्षता अपेक्षाकृत कम होती है।

(b) अपवाह-नदी तालाब सहित शक्ति संयन्त्र—ऐसे शक्ति संयन्त्रों में हम पानी को तालाब में भण्डारित करते हैं। तालाब का उद्देश्य पानी को डैम के पीछे कुछ दिनों के लिए एकत्रित करके रखना होता है, जिसके कारण जल का प्रवाह सतत् एवं समान हो। ऐसे शक्ति संयन्त्र मूल-भार एवं शिखर-भार दोनों में सक्षम होते हैं।

अन्य शक्ति की तुलना में यह शक्ति संयन्त्र अधिक विश्वसनीय होते हैं तथा शक्ति का उत्पादन जल प्रवाह पर निर्भर नहीं करता है।

(c) संग्रहक शक्ति संयन्त्र (Storage Power Plant)—ऐसे शक्ति संयन्त्रों में पानी को विशाल मात्रा में भण्डारित कर लेते हैं तथा आवश्यकता अनुसार इन्हें हम इस्तेमाल करते हैं। अधिकांश शक्ति संयंत्र इसी प्रकार के होते हैं। ऐसे शक्ति संयन्त्र मूल-भार तथा शिखर-भार दोनों के लिए उपयुक्त होते हैं। इन शक्ति संयन्त्रों में जल का प्रवाह प्राकृतिक प्रवाह से उच्च होता है।

(d) पम्प-संग्रहक शक्ति संयन्त्र (Pumped-storage Power Plant)—ऐसे शक्ति संयन्त्र वहाँ स्थापित कि जाते हैं जहाँ जल की उपलब्ध मात्रा शक्ति उत्पादन के लिए पर्याप्त न हों। इन शक्ति संयन्त्रों में जल को टरबाइन में भेजने बाद उसे टेल रेस तालाब (Tail Race Pond) में भेजते हैं। जहाँ उसे पम्प की सहायता से पुन: जलाशय में वापस ले आते जिससे जल की मात्रा कम नहीं पड़ती है, जहाँ शक्ति उत्पादन सतत् होता है। ऐसे शक्ति संयन्त्र किसी अन्य शक्ति संयन्त्र जोड़े जाते हैं जिससे शिखर-भार के समय उत्पादन प्रभावित न हो।

(e) मिनी एवं माइक्रो हाइडिल शक्ति संयन्त्र—इन शक्ति संयन्त्रों का अध्ययन हम अध्याय 10 में करेंगे।

4.11 द्रवीय या जल टरबाइन (Hydraullic Turbine)

द्रवीय या जल टरबाइन को निम्न प्रकार से परिभाषित किया गया है—

"यह एक ऐसा द्रवीय इंजन है जिसकी सहायता से हम जल की संचित ऊर्जा (Potential energy) को यांत्रिक ऊर्जा (Mechanical energy) में परिवर्तित करते हैं।"

यह एक प्राथमिक चालक की तरह कार्य करता है जिसमें हमें घूर्णी गति (Rotational motion) प्राप्त होती है।

इसमें द्रव की संवेग (Momentum) को घूर्णन गति में परिवर्तित करते हैं।

इसमें एक पहिया लगा होता है जिसे हम जल पहिया (Water-wheel) कहते हैं। इन पहिए पर फलकों (Blades), जिन्हे हम वेन (Vane), बकेट्स (Buckets) कहते हैं व्यवस्थित होते हैं।

वेन का एक सिरे पर प्रवेश तथा दूसरे सिरे पर निकास की व्यवस्था होती है। वेन के प्रवेश सिरे से जब जल प्रवेश करता है तो वेन चपटे सिरे (Curved face) के कारण उसके मान तथा दिशा (Magnitude and direction) दोनों में परिवर्तन हो जाता है। इस वेग परिवर्तन के कारण वेन (Vane) पर प्रणोद (Thrust) उत्पन्न होता है जिससे वेन में घूर्णन गति उत्पन्न होने लगती है। यह घूर्णन गति रनर या रोटर (Runner or Rotor) पर यांत्रिक कार्य के रूप में प्राप्त होती है।

रनर एक शाफ्ट पर दो बियरिंग (Bearing) के बीच दृढ़तापूर्वक बद्ध (Fixed) होते हैं तथा इन दोनों बियरिंग के बीच में घूमता है। टरबाइन केसिंग (Turbine casing) पर गाइड वेन (Guide vane) लगा होता है। इसे स्थिर वेन (Stationary vane) भी कहते हैं। यह वेन पानी के प्रवाह के कोणीय परिवर्तन में सहायक होता है।

जल स्रोत (जलाशय या डैम) से टरबाइन में जल के प्रवेश के लिए पेन स्टॉक का प्रयोग किया जाता है। टरबाइन के निकास से बचे हुए जल को बाहर निकालने के लिए ड्राफ्ट ट्यूब (Draft tube) तथा टेल रेस (Tail race) का प्रयोग किया जाता है।

अत: जल टरबाइन के प्रमुख अव्यय निम्न हैं—

(a) जल स्रोत (Water Source)
(b) पेन स्टॉक (Pen Stock)
(c) टरबाइन केसिंग (Turbine Casing)
(d) पहिया, रनर या रोटर (Wheel, Runner or Rotor)
(e) गाइड वेन (Guide Blade, Stator Blade)
(f) ड्राफ्ट ट्यूब (Draft Tube)
(g) टेल रेस (Tail Race)

4.12 जल टरबाइन का वर्गीकरण (Classification of Water Turbine)

जल टरबाइन को मुख्यत: निम्न आधार पर किया जाता है—

(a) जल के शीर्ष तथा मात्रा की उपलब्धता के आधार पर

- **आवेगी टरबाइन** (Impulse Turbine)— इस टरबाइन में उच्च जल शीर्ष तथा कम प्रवाह की मात्रा की आवश्यकता होती है। **उदाहरण**—पेल्टन टरबाइन (Pelton turbine)।
- **प्रतिक्रिया टरबाइन** (Reaction Turbine)—इस टरबाइन में निम्न जल शीर्ष (Low water-head) तथा उच्च प्रवाह की मात्रा की आवश्यकता होती है। **उदाहरण**—फ्रांसिस टरबाइन तथा कपलान टरबाइन (Francis turbine and Kaplan turbine)।

(b) रनर में जल के प्रवाह की दिशा के आधार पर

- स्पर्शीय प्रवाह टरबाइन (Tangential flow turbine)
- त्रिज्यीय प्रवाह टरबाइन (Radial flow turbine)
- अक्षीय प्रवाह टरबाइन (Axial flow turbine)
- मिश्रित प्रवाह टरबाइन (Mixed flow turbine)

(c) प्रारम्भ करने वाले नाम के आधार पर

- **पेल्टन टरबाइन** (Pelton Turbine)—इस टरबाइन को कैलिफोर्निया (यू०एस०के०) के लीस्टर ऐलन पेल्टन (Lester Allen Pelton) नामक वैज्ञानिक ने बनाया था।
- **फ्रांसिस टरबाइन** (Francis Turbine)—इसे जेम्स बेचन फ्रांसिस (James Bechens Francis) नामक वैज्ञानिक ने बनाया था।
- **कपलान टरबाइन** (Kaplan Turbine)—इसे डॉ० विक्टर कपलान (Dr. Victor Kaplan) नामक वैज्ञानिक ने बनाया था।

(d) टरबाइन में शाफ्ट की व्यवस्था के आधार पर

- ऊर्ध्वाधर टरबाइन (Vertical Turbine)
- क्षैतिज टरबाइन (Horizontal Turbine)

(e) विशिष्ट चाल के आधार पर

- तेज विशिष्ट चाल टरबाइन (Fast Specific Speed Turbine)
- मध्यम् विशिष्ट चाल टरबाइन (Medium Specific Speed Turbine)
- धीमी विशिष्ट चाल टरबाइन (Low Head Turbine)

(f) जल-शीर्ष के आधार पर

- उच्च शीर्ष टरबाइन (High head turbine)
- मध्यम शीर्ष टरबाइन (Medium head turbine)
- निम्न शीर्ष टरबाइन (Low head turbine)

4.13 प्रमुख जल टरबाइन का विवरण (Details of Main Turbine)

4.13.1 पेल्टन टरबाइन (Pelton Turbine)

यह एक स्पर्शीय प्रवाह आवेगी टरबाइन (Tangential flow impulse turbine) है। इसमें मुख्यत: एक रोटर लगा होता है जो कि एक दूगने अर्ध-गोलाकार आकृति में बंधा होता है। जल को उच्च शीर्ष पर पेन स्टॉक पाइपों की सहायता से टरबाइनों में प्रवेश कराते हैं। पेन स्टॉक के आखिरी सिरे पर नॉजल लगा होता है जिसकी सहायता से जल को उच्च स्पीड जेट में परिवर्तित किया जाता है। नॉजल में जल के प्रवाह को नियंत्रित करने के लिए निडिल या स्पेयर (Needle or Spear) का उपयोग किया जाता है। नॉजल की सहायता से जल में संचित ऊर्जा (Potential energy) को हम गतिज ऊर्जा (Kinetic energy) में परिवर्तित करते हैं। यह गतिज ऊर्जा वेन पर टकराती है। इस दौरान दाब को नियत मानते हैं तथा यह दाब वातावरणीय दाब के बराबर होता है। इस चरण के दौरान ऊर्जा का रूपान्तरण बिल्कुल आवेगी क्रिया की तरह होता है।

पेल्टन टरबाइन के प्रमुख अव्यय हैं—

(a) नॉजल (Nozzle)

(b) रनर तथा बकेट या वेन (Runner and Bucket or Vane)

(c) केसिंग (Casing)

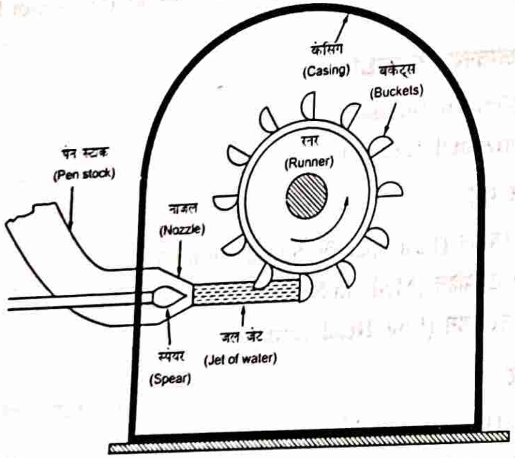
(d) ब्रेकिंग जेट (Breaking Jet)

(a) नॉजल (Nozzle)—यह जल के प्रवाह को निर्देशित करती है तथा उससे उच्च गति जेट (High speed je... में परिवर्तित करती है।

(b) रनर तथा बकेट या वेन (Runner and Bucket or Vane)—रनर एक वृत्ताकार डिस्क (Circular di... होता है जिसकी परिधि पर अनेक बकेट (Bucket) या वेन लगे होते हैं। यह डिस्क एक क्षैतिज शाफ्ट (Horizontal shaft) ... बद्ध (Fixed) होता है।

(c) केसिंग (Casing)—यह बाहरी आवरण होता है जो कि ढला हुआ (Casted), फैबरी केशन (Fabricatio... से बना होता है।

(d) ब्रेकिंग जेट (Breaking Jet)—टरबाइन के घूमते हुए पहिए को रोकने के लिए ब्रेकिंग जेट का इस्तेमा... किया जाता है।



चित्र 4.16—Pelton turbine

4.13.2 फ्रांसिस टरबाइन (Francis Turbine)

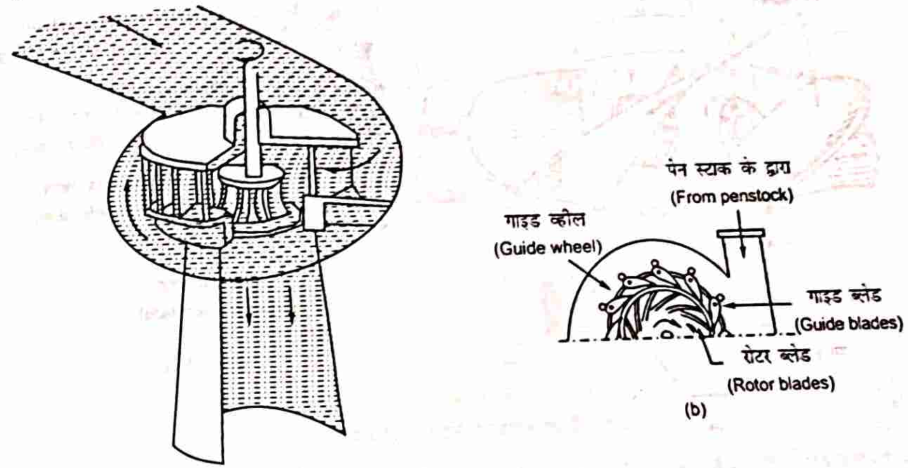
यह प्रतिक्रिया टरबाइन (Reaction turbine) होती है। इसमें जल का प्रवाह अंदर की ओर तथा मिश्रित (Inward mixed flow) होता है।

मिश्रित प्रवाह का तात्पर्य है कि जल गाइड वेन (Guide vane) की सहायता से रनर में निश्चित दाब पर त्रिज्यीय दिशा (Radial direction) में प्रवेश करता है तथा रनर से बाहर अक्षीय दिशा (Axial direction) में निकलता है।

फ्रांसिस टरबाइन मध्यम शीर्ष तथा मध्यम जल प्रवाह की मात्रा पर कार्य करता है। टरबाइन में जल मुख्यत: नीचे की ओ... बहता है तथा स्थिर ऑरिफिस से होते हुए रनर की परिधि पर पहुँचता है। इस स्थिर ऑरिफिस (Stationary orifice) को ... गाइड वेन (Guide vane) कहते हैं। टरबाइन में शीर्ष मुख्यत: दो प्रकार का होता है। शीर्ष गतिज ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता ... तथा दूसरा शीर्ष दाब शीर्ष (Pressure head) में परिवर्तित हो जाता है।

रनर की गतिज ऊर्जा तथा गाइड वेन के दाब शीर्ष में अन्तर के कारण एक प्रतिक्रिया बल (Reaction force) उत्पन्न होता है जिसके कारण रनर को गति प्राप्त होती है तथा शाफ्ट घूमने लगता है। जिससे हमें यांत्रिक कार्य प्राप्त होता है।

जल स्रोत से जल के लिए हम पेन स्टॉक का इस्तेमाल करते हैं। रनर वेन के बाद बचा हुआ पानी ड्राफ्ट ट्यूब (Draft tube) की सहायता से टेल रेस (Tail race) में पहुँचता है।



चित्र 4.17—Francis turbine

फ्रांसिस टरबाइन में जल का प्रवाह एक बंद कंडक्ट (Close conduct) में होता है तथा प्रवेशित जल का दाब निकास जल के दाब से अधिक होता है।

रनर की गति सामान्यत: जल की स्थितिज तथा गतिज ऊर्जा दोनों द्वारा प्रभावित होती है।

4.13.3 कपलान टरबाइन (Kaplan Turbine)

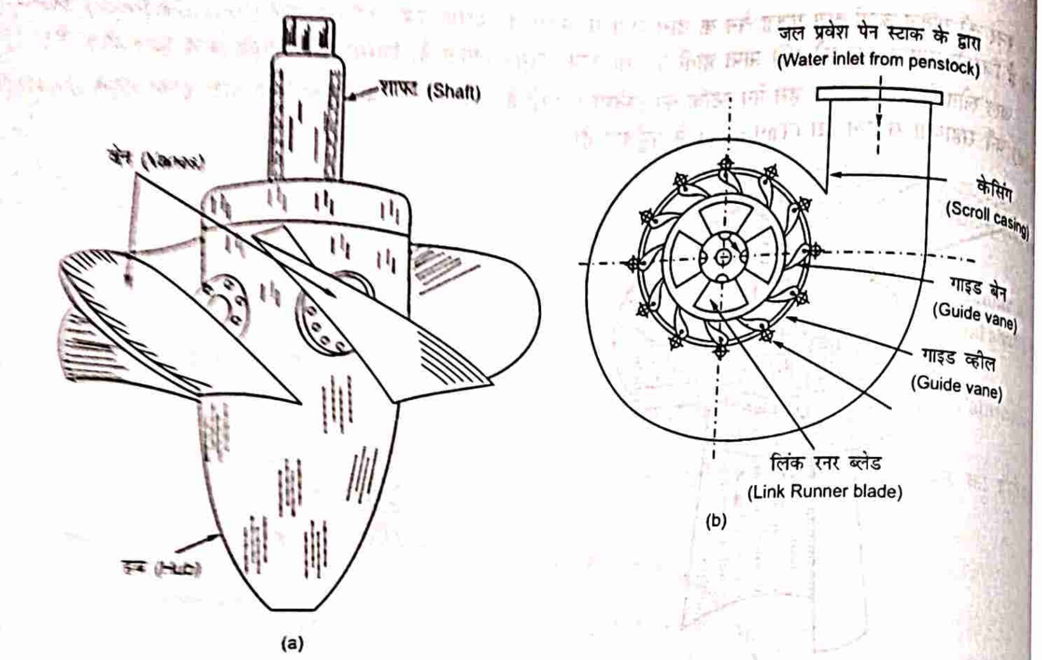
यह एक अक्षीय प्रवाह प्रतिक्रिया (Axial flow reaction turbine) टरबाइन है। जिससे जल शाफ्ट के समान्तर दिशा प्रवेश करता है।

यह टरबाइन ऐसे जगहों के लिए उपयुक्त होता है जहाँ जल अत्यधिक मात्रा में उपलब्ध होता है तथा कम शीर्ष उपलब्ध होता है। ऐसे टरबाइन को कम चाल के इंजन की आवश्यकता होती है।

इस टरबाइन की रचना एवं क्रिया विधि बिल्कुल फ्रांसिस टरबाइन की तरह होती है। दोनों में वेनों की संख्या में अंतर है।

कपलान टरबाइन में कुल 8 वेन लगे होते हैं।

इसे प्रोपेलर टरबाइन (Propeller turbine) भी कहते हैं।



चित्र 4.18–कपलान टरबाइन

4.14 जल टरबाइन का नियंत्रण (Governing of Hydraulic Turbine)

जल टरबाइन के नियंत्रण से तात्पर्य है कि रनर के गति को नियमित (Regulate) करना जिससे हमें नियत कार्य प्राप्त हो।

सामान्य स्थिति में जल टरबाइन एक नियत गति पर कार्य करता है तथा भार में किसी प्रकार का परिवर्तन गति को प्रभावित नहीं करता है। गति नियंत्रण के लिए हम तेल दाब नियंत्रक (Oil pressure governor) का इस्तेमाल करते हैं।

टरबाइन में गति नियंत्रण के लिए हम नॉजल से गुजरने वाले जल को नियंत्रित करते हैं।

इसके लिए मुख्य रूप से तीन विधियाँ इस्तेमाल की जाती हैं—

(i) स्पेयर नियंत्रण (Spear Regulation)

(ii) डिफ्लेक्टर नियंत्रण (Deflector Regulation)

(iii) संयुक्त स्पेयर और डिफ्लेक्टर नियंत्रण (Combined Spear and Deflector Regulation)

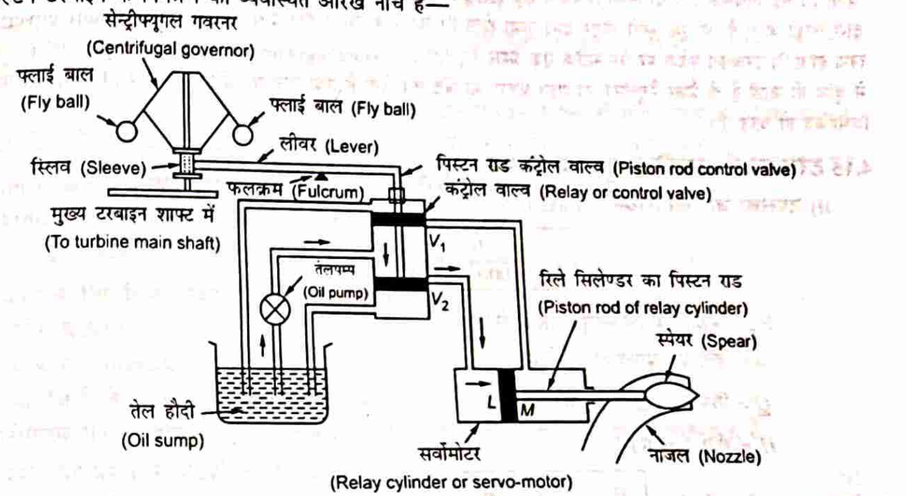
(i) स्पेयर नियंत्रण (Spear Regulation)—नॉजल में स्पेयर व्यवस्थित होते हैं। स्पेयर के पश्चाग्र गति के कारण नॉजल में जल का प्रवाह भार के अनुसार होता है। जब आवश्यकता नहीं होती है तो यह नॉजल में जल के प्रवाह को अवरूद्ध कर देता है।

(ii) डिफ्लेक्टर नियंत्रण (Deflector Regulation)—डिफ्लेक्टर एक प्लेट नुमा आकृति वाला होता है जो तेल दाब नियंत्रक (Oil pressure governor) से लीवर की सहायता से जुड़ा होता है। अधिक जल को यह विभाजित करके टेल रेस में भेज देता है जिससे गति नियंत्रित हो जाती है।

(iii) संयुक्त स्पेयर और डिफ्लेक्टर नियंत्रण (Combined Spear and Deflector Regulation)—सभी आधुनिक जल टरबाइन में इस विधि का प्रयोग किया जाता है। स्पेयर चाल को नियंत्रित करता है तथा डिफ्लेक्टर दाब को नियंत्रित करता है।

4.14.1 पेल्टन टरबाइन का नियंत्रण

पेल्टन टरबाइन के नियंत्रण का व्यवस्थित आरेख नीचे है—



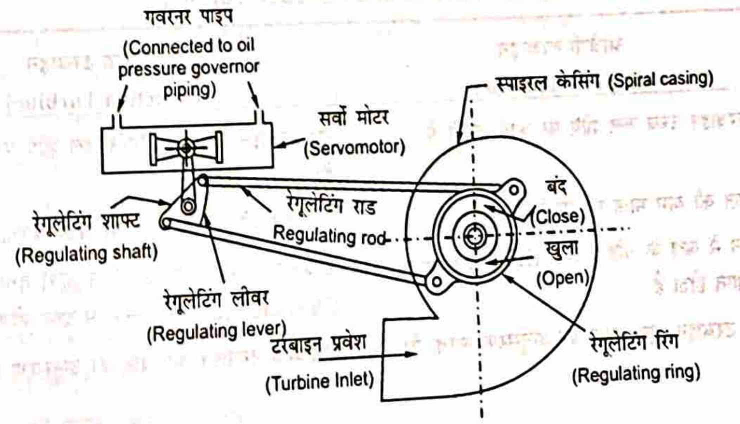
चित्र 4.19 : पेल्टन टरबाइन का नियंत्रण

नियंत्रण की इस विधि में हम सर्वो-मोटर का इस्तेमाल करते हैं। जब जनरेटर पर भार कम होता है तब जनरेटर की गति बढ़ जाती है जिसके कारण टरबाइन की गति में भी वृद्धि हो जाती है। गति के बढ़ने के कारण सेन्ट्रीफ्यूगल गवरनर (Centrifugal governor) में लगा फ्लाई-बाल (Fly-ball) ऊपर की दिशा में बढ़ने लगता है। जिसके कारण स्लिव (Sleeve) भी ऊपर उठने लगता है जिसके कारण लीवर (Lever) अपने फलक्रम (Fulcrum) के अक्ष पर घूमने लगता है। लीवर के घूमने के कारण पिस्टन से जुड़ा वाल्व (V_1), बंद हो जाता है तथा वाल्व (V_2) खुल जाता है।

तेल हौदी (Oil sump) से तेल, पम्प की सहायता से सर्वो मीटर में जाता है। जिससे जल के प्रवाह को नॉजल में नियंत्रित करते हैं। यदि भार में वृद्धि हो जाए तो यही क्रिया उल्ट जाती है और टरबाइन को अधिक मात्रा में जल प्राप्त होता है।

4.14.2 प्रतिक्रिया टरबाइन का नियंत्रण (Governing of Reaction Turbine)

प्रतिक्रिया टरबाइन में नियंत्रण विधि का व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 4.20 : प्रतिक्रिया टरबाइन का नियंत्रण

इसमें गाइड वेन (Guide vane) को लीवर तथा लिंक की सहायता से नियंत्रक रिंग (Regulating ring) द्वारा जोड़ा जाता है। यह नियंत्रक रिंग दो लम्बे नियंत्रक रॉड (Regulating rod) द्वारा जुड़ा होता है। नियंत्रक लीवर को नियंत्रक शाफ्ट द्वारा जोड़ा जाता है जो एक सर्वो मोटर द्वारा जुड़ा होता है। यह सर्वो मोटर तेल दाब गवरनर (Oil pressure governor) से जुड़ा होता है। टरबाइन प्रवेश पर पेन स्टॉक एक प्रैशर रैगुलेटर (Pressure regulator) की सहायता से जुड़ा होता है। जब भार में वृद्धि हो जाती है तो प्रैशर रैगुलेटर टरबाइन प्रवेश को बंद कर देता है तथा जल का प्रवाह टेल रेस (Tail race) की तरफ विभाजित हो जाता है।

4.15 टरबाइन से सम्बन्धित कुछ प्रमुख पद

(i) उपलब्ध जल की शक्ति (Power)

$$P_{th} = \frac{wQH}{1000} \text{ Kw}$$

P_{th} = सैद्धान्तिक आऊटपुट (Kw में)

w = जल का घनत्व (N/m^3 में)

Q = विसर्जन (m^3/sec में)

H = शीर्ष (m में)

$$P_{actual} = P_{th} \times \eta_0$$

η_0 = overall efficiency

(ii) टरबाइन की विशिष्ट चाल (Specific Speed of Turbine)

$$N_s = \frac{N\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

जहाँ N = टरबाइन की वास्तविक चाल

P = शाफ्ट पावर

H = शीर्ष (Head)

4.16 आवेगी टरबाइन तथा प्रतिक्रिया टरबाइन में अन्तर
(Difference between Impulse Turbine and Reaction Turbine)

क्रम संख्या	आवेगी टरबाइन (Impulse Turbine)	प्रतिक्रिया टरबाइन (Reaction Turbine)
1.	यह टरबाइन उच्च जल शीर्ष पर कार्य करती है।	यह टरबाइन मध्यम या निम्न जल शीर्ष पर कार्य करती है।
2.	यह जल की कम मात्रा पर कार्य करती है।	यह जल की अधिक मात्रा पर कार्य करती है।
3.	टरबाइन में जल के गतिज ऊर्जा (Kinetic energy) से कार्य प्राप्त होता है	टरबाइन में कार्य जल के गतिज ऊर्जा तथा दाब शीर्ष (Pressure head) के अन्तर से प्राप्त होता है।
4.	आवेगी टरबाइन खुला चक्र का अनुसरण करती है।	प्रतिक्रिया टरबाइन बंद चक्र का अनुसरण करती है।

5.	निकास पर जल प्रवाह का वेग नगण्य होता है।	निकास पर जल प्रवाह का वेग उच्च होता है तथा दाब निम्न होती है।
6.	टरबाइन केसिंग में जल का पूरा भरा होना आवश्यक नहीं होता है।	टरबाइन केसिंग में जल का पूरा भरा होना आवश्यक होता है।
7.	इस टरबाइन में जल की सम्पूर्ण ऊर्जा को गतिज ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं।	इस टरबाइन में जल की सम्पूर्ण ऊर्जा को गतिज ऊर्जा के साथ-साथ दाब में भी परिवर्तित करते हैं।

4.17 जल टरबाइन शक्ति संयन्त्र का संचालन एवं रिमोट कंट्रोल
(Automatic and Remote Control of Hydro-Power Plant)

जल शक्ति संयन्त्रों का संचालन अन्य शक्ति संयन्त्रों की तुलना में अपेक्षकृत आसान होता है। नियंत्रण के लिए निम्न उपकरणों का प्रयोग किया जाता है—

- रिले (Relay)
- गवरनर (Governor)
- वोल्टेज रैगुलेटर (Voltage Regulator), etc.

आटोमैटिक तंत्र वह होता है जिसका संचालन सुरक्षित, विश्वसनीय तथा उच्च दक्षता वाला होता है। मुख्यत: तीन प्रकार के आटोमैटिक संयन्त्र होते हैं—

(a) पूर्ण आटोमैटिक संयन्त्र (Fully Automatic Plant)—इस संयन्त्र में नियंत्रण के लिए निम्न उपकरणों का इस्तेमाल किया जाता है—

- टाइम स्विच (Time Switch)
- फ्लोट स्विच (Float Switch)
- भार संवेदन शील यंत्र (Load Sensitive Device)

(b) अर्ध-आटोमैटिक संयन्त्र (Semi-Automatic Plant)—इस संयन्त्र में मुख्यत: सारे कार्य हाथों द्वारा ही किए जाते हैं, परन्तु इमरजेन्सी की स्थिति में आटोमैटिक प्रणाली कार्यरत होती है।

यह संयन्त्र अपेक्षाकृत सस्ते होते हैं।

(c) रिमोट नियंत्रक संयन्त्र (Remote Control Plant)—ऐसे संयन्त्र वहाँ इस्तेमाल होते हैं जहाँ आपरेटर या नियंत्रक विभाग संयन्त्र से दूर होता है। दूरी अधिक होने का कारण कुछ भी हो सकता है; जैसे प्राकृतिक कारण या अन्य दूसरा संयन्त्र बीच में हो। ऐसी स्थिति में आपरेटर सिग्नलों की सहायता से कार्य करता है।

4.18 जल शक्ति संयन्त्रों के लाभ (Advantage of Hydro-Electric Plant)

1. यह अधिक विश्वसनीय होते हैं।
2. प्रचालन लागत कम होती है।
3. उत्पादन दर उच्च होती है तथा उत्पादन दर लागत भी कम होती है।
4. ईंधन पर व्यय नहीं होता है।
5. ईंधन परिवहन की आवश्यकता नहीं होती है।
6. संयन्त्र की दक्षता समय के साथ प्रभावित नहीं होती है।
7. कम देखभाल की आवश्यकता होती है।
8. रख-रखाव लागत कम होती है।
9. पर्यावरण को प्रदूषित नहीं करता है।

10. इसमें ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोत का उपयोग होता है।
11. राख की समस्याएँ उत्पन्न नहीं होती हैं।
12. संयन्त्र की आयु अधिक होती है।
13. शक्ति उत्पादन के साथ यह शक्ति संयन्त्र बाढ़ नियंत्रण तथा सिंचाई में भी उपयोगी होते हैं।

4.19 जल शक्ति संयन्त्रों की हानियाँ (Disadvantages of Hydro-Electro Power Plant)

1. प्रारम्भिक लागत अधिक होती है।
2. यह शक्ति जल की उपलब्धता पर निर्भर करती है।
3. यह संयन्त्र पहाड़ी क्षेत्रों में पाया जाता है।
4. संयन्त्र के उपकरण का क्षरण अधिक होता है।

4.20 भारत में प्रमुख जल शक्ति संयन्त्र

क्र. सं.	प्रदेश	शक्ति संयन्त्र का नाम	क्षमता (MW में)
1.	उत्तर प्रदेश	रिहन्द शक्ति संयन्त्र यमुना शक्ति संयन्त्र	300 424
2.	राजस्थान	चम्बल शक्ति संयन्त्र	287
3.	असम	उम्यम (Umiam) शक्ति संयन्त्र	54
4.	हिमांचल प्रदेश	बईरा सूइल (Baira Suil) शक्ति संयन्त्र	300
5.	जम्मू एवं कश्मीर	सलल (Salal) शक्ति संयन्त्र	270
6.	महाराष्ट्र	कोयाना (Koyna)	860
7.	मणीपुर	लोकतक (Loktak)	70
8.	आंध्र प्रदेश	मचखण्ड (Machkhand) ऊपरी सिलरन (Upper Silern) नीचली सिलरन (Lower Silern) श्री साईलम (Sri sailam) नागार्जुन	114 120 600 770 110
9.	कर्नाटक	टुंगाभद्रा (Tungabhadra) सारावती (Sharavati) कालिन्दी (Kalindi)	72 890 396
10.	केरल	परमभी कुल्लम-अलियर (Parambi Kulam-Aliyar) सबरी गिरी (Sabari giri) इद्क्की (Idikki)	185 300 390
11.	तमिलनाडु	कुन्ड (Kundah) खेडिहर (Kediar)	425 100
12.	पंजाब	भाखड़ा-नांगल सतलुज	1084 780
13.	उड़ीसा	हिराकुण्ड (Hirakund) बालीमेला (Balimela)	270 480
14.	गुजरात	उकई (Ukai)	54

4.21 विभिन्न टरबाइनों की विशिष्ट चाल

टरबाइन	रनर के प्रकार	विशिष्ट चाल (N_S)
पेल्टन	धीमा सामान्य तेज	10–20 20–28 28–35
फ्रांसिस	धीमा सामान्य तेज	60–120 120–180 180–300
कॅपलान	–	300–1000

4.22 जल विद्युत शक्ति संयन्त्र के लिए स्थल का चुनाव

जल विद्युत शक्ति संयन्त्र के लिए स्थल का चुनाव करते समय निम्न घटक विचारणीय होते हैं—

(i) जल मात्रा की उपलब्धता
(ii) जल का भण्डारण
(iii) जल शीर्ष
(iv) संयन्त्र का प्रकार
(v) भूमि का प्रकार
(vi) भार केन्द्रों की दूरी
(vii) जलवायु
(viii) कार्यकारी परिस्थितियाँ आदि।

4.23 जल विद्युत शक्ति संयन्त्र की लागत

जल विद्युत शक्ति संयन्त्र की प्रारम्भिक लागत अधिक होती है। कुल लागत में सम्मिलित हैं—

(i) भूमि तथा संयन्त्र के अधिकार का मूल्य
(ii) निर्माण में लगी लागत
(iii) परिवहन लागत (रेलवे आदि)
(iv) भवन निर्माण में लागत
(v) अभियंत्रण लागत

(vi) उपकरण लागत
(vii) विद्युत उपकरण में लागत
(viii) विद्युत संचरण में लागत
(ix) अन्य लागत

4.24 जल विद्युत शक्ति संयन्त्र तथा तापीय शक्ति संयन्त्र में तुलना

क्र.सं.	विवरण	जल विद्युत शक्ति संयन्त्र	तापीय शक्ति संयन्त्र
1.	ईंधन	जल	कोयला
2.	ऊर्जा उत्पादन लागत	सस्ता	महंगा
3.	संयन्त्र की आयु	अधिक	कम
4.	प्रदूषण	प्रदूषण रहित होता है।	प्रदूषण अधिक होता है।
5.	संयन्त्र का डिजाइन	सरल एवं विश्वसनीय	कठिन एवं कम विश्वसनीय होता है।
6.	ऊर्जा स्रोत	नवीकरणीय स्रोत	अनवीकरणीय स्रोत
7.	प्रचालन	विश्वसनीय होता है।	कम विश्वसनीय होता है।
8.	श्रम की आवश्यकता	कम होती है।	अधिक श्रम की आवश्यकता होती है।
9.	संयन्त्र निर्माण में समय	दोनों में समान होता है।	दोनों मे समान होता है।
10.	कुल लागत	कम होती है।	अधिक होती है।

NUMERICAL

उदाहरण 1. वर्षा के जल का आयतन दिन-सेकण्ड-मीटर में तथा $km^2 - m$ में ज्ञात कीजिए, यदि 1000 वर्ग km क्षेत्रफल में 6·2 सेमी वर्षा को रिकार्ड किया गया हो?

हल—कुल वर्षा जल

$$= 1000 \times (1000)^2 \times \frac{6 \cdot 2}{100} \, m^3$$

$$= 1000 \times 6 \cdot 2 \times 10^4 \, m^3$$

हम जानते है कि

$$\text{दिन-सेकण्ड-मीटर} = 1 \times 24 \times 60 \times 60$$

$$= 86400 \text{ मीटर}^3/\text{दिन}$$

$$= \frac{1000 \times 6 \cdot 2 \times 10^4}{86400}$$

$$= 717 \cdot 59259 \text{ दिन-सेमी}$$

उत्तर

Km^2-मीटर

$$= \frac{1000 \times 6 \cdot 2 \times 10^4}{10^6}$$

$$= 64 \text{ km}^2/\text{मीटर}$$

उत्तर

उदाहरण 2. जल-ग्रहण क्षेत्र में प्रवाहित वर्षा जल का कुल आयतन दिन-सेकण्ड-मीटर, मिलियन-मीटर^3 तथा सेमी में ज्ञात कीजिए यदि निम्न आँकड़े दिए गए हों—

दिन	1	2	3	4	5	6	7
औसत दैनिक प्रवाह m^3/सेकण्ड	100	320	210	50	30	25	120

जल ग्रहण क्षेत्र का क्षेत्रफल = 3000 वर्ग मीटर

हल—

सात दिन का कुल प्रवाह

$$= 24 \times 3600 \, (100 + 320 + 210 + 50 + 30 + 25 + 120) \, m^3$$

$$= 24 \times 3600 \times 855 \text{ मीटर}^3$$

(i) 1 दिन-सेकण्ड-मीटर $= \frac{24 \times 3600 \times 855}{864 \cdot 00}$

$$= 85 \cdot 5 \text{ दिन-सेकण्ड मीटर}$$

उत्तर

(ii) मिलियन-मीटर^3 $= \frac{24 \times 3600 \times 857}{10^6}$ मिलियन-m^2

$$= 73 \cdot 8 \text{ मिलियन} - m^2$$

उत्तर

(iii) सेमी $= \frac{24 \times 3600 \times 855}{3000 \times 10^4}$

$$= 2 \cdot 4624 \text{ सेमी}$$

उत्तर

उदाहरण 3. शक्ति संयंत्र का विद्युत शक्ति का मान Kw में ज्ञात कीजिए, यदि-

- जल ग्रहण क्षेत्र का क्षेत्रफल = 226 cm^2
- वार्षिक औसत वर्षा = 154 cm
- जल का उपलब्ध शीर्ष = 120 m
- टरबाइन की दक्षता = 85%
- जनरेटर की दक्षता = 90%
- लोड फैक्टर = 1
- हानि = 20%

हल—

$$\text{जल की उपलब्ध मात्रा} = 226 \times 10^6 \times \left(\frac{154}{100}\right)(1 - 0 \cdot 2) \text{ मीटर}^3$$

$$= 2 \cdot 78 \times 10^8 \, m^3$$

प्रति सेकेण्ड जल की उपलब्ध मात्रा

$$Q_l = \frac{2{\cdot}78\times10^8}{365\times24\times3600}\ \text{m}^3/\text{sec}$$

$$= 8{\cdot}83\ \text{m}^3/\text{sec}$$

$$P = \frac{wQH}{75}\times0{\cdot}736\times\eta_m\times\eta_g$$

$$= \frac{1000\times8{\cdot}83\times120}{75}\times0{\cdot}736\times0{\cdot}85\times0{\cdot}9$$

$$\boxed{P = 8000\ \text{Kw}}$$

उदाहरण 4. जल विद्युत संयन्त्र की क्षमता ज्ञात कीजिए यदि जल ग्रहण क्षेत्रफल 200 km² है तथा औसत वार्षिक वर्षा 100 cm है। विद्युत उत्पादन के लिए 80% अपवाह उपलब्ध है तथा जल का शीर्ष 80 m है। सर्वांग क्षमता 75% दिया है। यदि संयन्त्र प्रतिदिन 16 घण्टे कार्य करता है तो प्रतिवर्ष KwH में शक्ति उपार्जन ज्ञात कीजिए।

हल—

प्रतिवर्ष जल की उपलब्ध मात्रा

$$= 200\times10^6\times0{\cdot}8\times1\ \text{m}^3/\text{year}$$

$$= \frac{160\times10^6}{365\times24\times3600} = 5{\cdot}07\ \text{m}^3/\text{sec}$$

$$P = \frac{wQH}{75}\times\eta_g\times0{\cdot}736$$

$$= \frac{100\times5{\cdot}07\times80}{75}\times0{\cdot}75\times0{\cdot}736$$

$$\boxed{P = 2980\ \text{Kw}}$$

प्रतिवर्ष शक्ति उत्पादन

$$P = 2{\cdot}980\times1{\cdot}6\times3{\cdot}65\times10^6$$

$$\boxed{P = 17{\cdot}4\times10^6\ \text{Kwh}}$$

4.25 टरबाइन की दक्षता (Efficiency of Turbine)

टरबाइन की दक्षताएँ निम्नलिखित हैं—

(a) द्रवीय दक्षता (Hydraulic Efficiency)

(b) यांत्रिक दक्षता (Mechanical Efficiency)

(c) आयतनिक दक्षता (Volumetric Efficiency)

(d) सर्वांग दक्षता (Overall Efficiency)

(a) द्रवीय दक्षता (Hydraulic Efficiency)—यह रनर शक्ति तथा जल शक्ति का अनुपात होता है। गणितीय रूप से

$$\boxed{\eta_h = \frac{\text{Runner Power}}{\text{Water Power}} = \frac{w\left(V_{w_1}+V_{w_2}\right)\times v}{g\times100}\ \text{Kw}}$$

पेल्टन टरबाइन के लिए

$$\boxed{\eta_h = \frac{wV_{w_1}V_1 \pm V_{w_2}V_2}{g\times1000}\ \text{Kw}}$$ त्रिज्यीय प्रवाह टरबाइन के लिए

$$\boxed{WP = g\times Q\times H\ \text{Kw}}$$

w = जल का भार प्रति सेकेण्ड जो वेन पर टकराता है।
V_{w_1} = वर्ल वेग प्रवेश पर (where velocity at inlet)
V_{w_2} = वर्ल वेग निकास पर (Whirl velocity at outlet)
u = वेन का स्पर्शीय वेग (Tangential volocity)
V_1 = वेन का प्रवेश पर स्पर्शीय वेग
V_2 = वेन का निकास पर स्पर्शीय वेग
H = कुल शीर्ष (Net head)
Q = डिस्चार्ज (Discharge)

(b) यांत्रिक दक्षता (Mechanical Efficiency) η_m—यह शाफ्ट शक्ति तथा रनर शक्ति का अनुपात है।

$$\eta_m = \frac{\text{शाफ्ट शक्ति}}{\text{रनर शक्ति}} = \frac{\text{S.P.}}{\text{R.P.}}$$

(c) आयतनिक दक्षता (Volumetric Efficiency) η_V—यह रनर पर टकराये जल का आयतन तथा टरबाइन को प्रदान किए जल के आयतन का अनुपात होता है।

$$\eta_V = \frac{\text{Volume of water actually striking the runner}}{\text{Volume of water supplied to the turbine}}$$

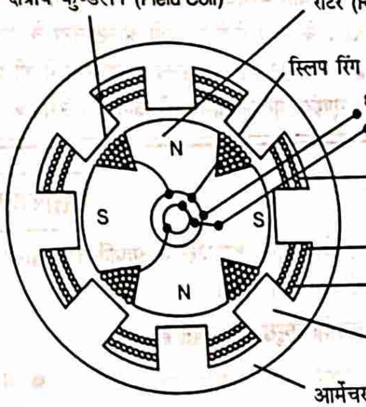
(d) सर्वांग दक्षता (Overall Efficiency) η_0—यह शाफ्ट शक्ति तथा जल शक्ति का अनुपात होता है।

$$\eta_0 = \frac{\text{Shaft Power}}{\text{Water Power}} \quad \text{or} \quad \eta_o = \eta_m\times\eta_h \quad \text{or} \quad \eta_0 = \frac{P}{\frac{\rho\times g\times Q\times H}{1000}}$$

जहाँ P = Shaft Power, Q = Discharge
ρ = density, H = Head

4.26 अल्टरनेटर : संरचना, क्रियाविधि एवं शीतलन

दि० धा० मशीनों में बाहरी योक चुम्बकीय फ्लक्स ले जाने का कार्य करता है, लेकिन आल्टरनेटर में इसका यह कार्य नहीं है। यहाँ इसका कार्य आर्मेचर क्रोड को पकड़े या थामे रखना है। प्रायः छोटे प्रत्यावर्तक के फ्रेम ढलवाँ लोहे के बनाये जाते हैं तथा फ्रेम में छेद कर दिये जाते हैं। जिनके द्वारा प्रत्यावर्तक के कुण्डलनों को ठण्डा होने में मदद मिलती है। आजकल परम इस्पात की प्लेटों को परस्पर वैल्ड करके प्रत्यावर्तक के फ्रेम बनाये जाते हैं।



चित्र 4.21

स्टेटर क्रोड—आर्मेचर क्रोड स्टेटर फ्रेम के अन्दर लगी होती है तथा सिलिकॉन स्टील की पत्तियों से बनी होती है। क्रोड की पत्तियों को एक-दूसरे से

पटलित बना दिया जाता है ताकि भँवर धारा हानियों को निम्न किया जा सके। क्रोड की पत्तियाँ एक-दूसरे से विद्युतरोधित हैं। छोटी मशीनों में क्रोड की पत्तियों को एक-दूसरे से छल्ले के रूप में जोड़ दिया जाता है तथा बड़ी मशीनों में खण्डों में जोड़ दिया जाता है।

रोटर—प्रत्यावर्तक में दो प्रकार के रोटर प्रयोग किये जाते हैं—

(1) संयुक्त ध्रुव रोटर या उभरे हुये ध्रुव प्रारूपी रोटर—इस प्रकार के रोटर कम तथा मध्यम गति वाले प्रत्यावर्तकों के लिये प्रयोग किये जाते हैं—

(i) ये अधिक व्यास तथा लघु अक्षीय लम्बाई रखते हैं।

(ii) ध्रुवनाल ध्रुव पिच का 2/3 भाग ढक लेते हैं।

(iii) इनके ध्रुव पटलित होते हैं तथा भंवर धारा हानियाँ कम होती हैं।

(iv) इनका प्रयोग जल वैद्युत केन्द्र तथा डीजल शक्ति-केन्द्रों पर किया जाता है।

(2) चिकने बेलनाकार प्रारूपी या असमुन्नत ध्रुव रोटर—इन्हें अति उच्च गति वाले प्रत्यावर्तकों (वाष्प टरबाइन चालित प्रत्यावर्तक) के लिये काम में लाया जाता है।

(i) इनका व्यास कम तथा अक्षीय लम्बाई अधिक होती है।

(ii) इसमें वायु हानियाँ कम होती हैं।

(iii) इनकी गति (1500 rpm) तथा (3000 rpm) के बीच होती है।

(iv) इनका गति सन्तुलन अच्छा तथा प्रचालन काफी अच्छा है, बहुत कम आवाज होती है।

प्रत्यावर्तक दि०धा० जनित्र की भाँति विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धान्त पर कार्य करता है। इसमें भी आर्मेचर कुण्डलन तथा चुम्बकीय क्षेत्र होता है। लेकिन दोनों में मुख्य अन्तर यह है दि०धा० जनित्र में आर्मेचर घूमता है तथा चुम्बकीय क्षेत्र स्थिर रहता है जबकि प्रत्यावर्तक में उपरोक्त की ठीक विपरीत व्यवस्था कर दी जाती है। क्षेत्रीय कुण्डलन को घुमाने वाले भाग पर व्यवस्थित कर दिया जाता है। जिसे रोटर कहते हैं। जब रोटर घूमता है तब स्टेटर के चालक (स्थिर होने से) फ्लक्स को काटते हैं। जिससे स्टेटर में वि०वा०बल प्रेरित हो जाता है। चूँकि चुम्बकीय ध्रुव N व S क्रम में होते हैं। इसलिए स्टेटर चालकों में प्रत्यावर्ती वि० वा० बल उत्पन्न हो जाता है। इस प्रत्यावर्ती वि० वा० बल० की आवृति N तथा S ध्रुवों की संख्या तथा प्रति सेकेण्ड में रोटर चालकों के घूमने पर निर्भर है।

(iv) टर्बो आल्टरनेटर—छोटे औद्योगिक वाष्प टरबाइन चालित प्रत्यावर्तक 4 ध्रुव वाली मशीनें होती हैं। 50 Hz परिचालन के लिये इनकी गति 1500 rpm होती है। यदि टरबाइन उच्च गति वाली है तो इससे युग्मित प्रत्यावर्तक की गति गियरों द्वारा कम किया जाता है। उच्च धारिता वाली सभी मशीनें 2 ध्रुव वाली होती हैं। 50 Hz के परिचालन के लिए इनकी गति 3000 rpm होती है। इस प्रकार मध्यवर्ती शक्ति केन्द्रों के अधिकांश टर्बो-आल्टरनेटर 2 ध्रुव वाले होते हैं। टर्बो आल्टरनेटर की धारिता 10 से 500 MW के बीच होती है। टर्बो आल्टरनेटर के लिये सामान्य वोल्टता क्षमता 11 kV होती है। कुछ दशाओं में भारी मशीनों में 22 kV तथा 33 kV की उच्चतर वोल्टता में भी प्रयोग की जाती है। टर्बो-आल्टरनेटरों की क्षमता सामान्यतः 0·8 पश्चगामी शक्ति गुणांक पर निर्धारित की जाती है। उत्तेजक 115 वोल्ट या 230 V का कम्पाउन्ड जनित्र होता है।

सारांश

जल विज्ञान—इसके अंतर्गत हम जल में आपूर्ति तथा खाली होने का अध्ययन करते हैं। खाली होने से तात्पर्य अपवाह तथा आपूर्ति का तात्पर्य वर्षा होने से है।

इस विज्ञान के अंतर्गत प्रमुख पद आते हैं—

- जल जमाव
- वाष्पन
- अपवाह
- वर्षा

अपवाह का मापन

अपवाह = वर्षा × नियतांक

निम्न विधियाँ प्रयोग की जाती हैं—

- इम्पेरिकल सूत्र के द्वारा
- इनगिलीस सूत्र के द्वारा
- लेसी सूत्र के द्वारा
- अपवाह वक्र एवं टेबिल के द्वारा
- निवृत्त के आधार पर

वर्षा का मापन

वर्षा की तीव्रता

$$I = \frac{R}{T + C}$$

R and C = नियतांक

T = वर्षा की अवधि

निम्नविधियों द्वारा वर्षा का आकलन किया जाता है—

- अपठ्नीय वर्षा गेज द्वारा
- पठ्नीय वर्षा गेज द्वारा

वर्षा जल की गहराई के मापन के लिए निम्न विधियाँ प्रयोग की जाती हैं—

- थाईसन विधि
- समान्तर माध्य विधि
- सम-वर्षा विधि

हाइड्रोग्राफ—यह दिए गए समय तथा अपवाह के बीच का आरेखीय सम्बन्ध होता है। यह दिए गए समय में जल के शक्ति का प्रदर्शन है।

प्रवाह अवधि वक्र—इसका इस्तेमाल भी अपवाह प्रदर्शन के लिए किया जाता है। यह वक्र जल प्रवाह तथा समयावधि के बीच बनता है।

द्रव्यमान वक्र—यह एक के बाद एक क्रमिक रूप में बढ़ते हुए विसर्जन तथा समय का ग्राफीय प्रदर्शन होता है।

जल विद्युत शक्ति संयन्त्र के मुख्य अव्यय

मुख्य अवयव निम्नलिखित हैं—

(i) जल ग्रहण क्षेत्र (ii) भण्डारण या जलाशय (iii) डैम (iv) स्लिप-वे (v) कंडक्ट (vi) बहाव टंकी (vii) प्राथमिक चालक (viii) ड्राफ्ट ट्यूब (ix) पावर हाऊस के उपकरण

जल विद्युत शक्ति संयन्त्र का वर्गीकरण

निम्न आधार पर वर्गीकृत किया गया है—

जल शीर्ष की उपलब्धता के आधार पर

(i) उच्च शीर्ष शक्ति संयन्त्र (ii) मध्य शीर्ष शक्ति संयन्त्र

(iii) निम्न शीर्ष शक्ति संयन्त्र

भार की प्रकृति के आधार पर

(i) मूल-भार शक्ति संयन्त्र (ii) शिखर-भार शक्ति संयन्त्र

उपलब्ध जल की मात्रा के आधार

(i) अपवाह नदी बिना तालाब शक्ति संयन्त्र (ii) अपवाह नदी तालाब सहित शक्ति संयन्त्र

(iii) संग्रहक शक्ति संयन्त्र (iv) पम्प-संग्रहक शक्ति संयन्त्र

(v) मिनी एवं माइक्रो हाइडिल शक्ति संयन्त्र

जल टरबाइन

यह एक प्राथमिक चालक की तरह कार्य करता है जिसकी सहायता से हम जल में उपलब्ध ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं। इसके प्रमुख अपयय निम्नलिखित हैं—

- जल स्रोत
- पेन स्टॉक
- टरबाइन केसिंग
- पहिया, रनर या रोटर
- गाइड वेन
- ड्राफ्ट ट्यूब
- टेल रेस

जल टरबाइन का वर्गीकरण

जल के शीर्ष तथा मात्रा की उपलब्धता के आधार पर

(i) आवेगी टरबाइन
(ii) प्रतिक्रिया टरबाइन

रनर में जल के प्रवाह की दिशा के आधार पर

(i) स्पर्शीय प्रवाह टरबाइन
(ii) त्रिज्यीय प्रवाह टरबाइन
(iii) अक्षीय प्रवाह टरबाइन
(iv) मिश्रित प्रवाह टरबाइन

आविष्कारक के नाम के आधार पर

(i) पेल्टन टरबाइन
(ii) फ्रांसिस टरबाइन
(iii) कॅपलान टरबाइन

टरबाइन में शाफ्ट की व्यवस्था के आधार पर

(i) ऊर्ध्वाधर टरबाइन
(ii) क्षैतिज टरबाइन

विशिष्ट चाल के आधार पर

(i) तेज विशिष्ट चाल टरबाइन
(ii) मध्यम् विशिष्ट चाल टरबाइन
(iii) धीमी विशिष्ट चाल टरबाइन

जल-शीर्ष के आधार पर

(i) उच्च जल-शीर्ष के आधार पर
(ii) मध्यम जल-शीर्ष के आधार पर
(iii) निम्न जल-शीर्ष के आधार पर

जल टरबाइन का नियंत्रण (Governing of Water Turbine)

रनर की गति को नियंत्रित करने की प्रक्रिया को जल टरबाइन का नियंत्रण कहते हैं।

नियंत्रण के लिए तीन विधियों का प्रयोग किया जाता हैं—

1. स्पेयर नियंत्रण
2. डिफ्लेक्टर नियंत्रण
3. संयुक्त डिफ्लेक्टर एवं स्पेयर नियंत्रण

जल की उपलब्ध शक्ति

$$P_{th} = \frac{wQH}{1000} \text{ Kw}$$

$$P_{\text{actual}} = P_{th} \times \eta_0$$

जल की विशिष्ट गति

$$N_S = \frac{N\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

जल टरबाइन शक्ति संयन्त्र का नियंत्रण एवं रिमोट कंट्रोल

नियंत्रण के लिए निम्न उपकरणें का प्रयोग किया जाता है—

- रिले
- गवरनर
- वोल्टेज रैगुलेटर

आटोमैटिक संयन्त्र मुख्यत: तीन प्रकार के होते हैं—

- पूर्ण आटोमैटिक संयन्त्र
- अर्ध-आटोमैटिक संयन्त्र
- रिमोट नियंत्रक संयन्त्र

प्रश्नावली

1. जल विज्ञान को विस्तार से समझाइए।
2. निम्न को समझाइए—
   (a) जल जमाव (b) अपवाह (c) वर्षा
3. अपवाह के मापन के लिए प्रयुक्त विधियों को लिखिए।
4. अपवाह की इकाईयों को लिखिए।
5. अपवाह को प्रभावित करने वाले घटकों का विवरण दीजिए।
6. वर्षा की तीव्रता से क्या तात्पर्य है ?
7. निम्न को समझाइए—
   (a) अपठ्नीय वर्षा गेज (b) पठ्नीय वर्षा गेज
8. निम्न विधियों को समझाइए—
   (a) थाईसन विधि (b) समान्तर माध्य विधि
   (c) सम-वर्षा विधि
9. हाइड्रोग्राफ को विस्तार से समझाइए।
10. प्रवाह अवधि वक्र से क्या तात्पर्य है?
11. द्रव्यमान वक्र से आप क्या समझते हो?
12. जल विद्युत शक्ति-संयन्त्र के प्रमुख अवयवों का वर्णन कीजिए।
13. डैम क्या है ? डैम के विभिन्न प्रकार का वर्णन कीजिए।
14. बहाव टंकी का सचित्र वर्णन कीजिए।
15. ड्राफ्ट ट्यूब के विभिन्न प्रकार को चित्र द्वारा समझाइए।
16. जल-विद्युत शक्ति-संयन्त्र में प्रयुक्त पावर हाऊस उपकरण का वर्णन कीजिए।
17. जल विद्युत शक्ति-संयन्त्र का वर्गीकरण कीजिए।
18. जल टरबाइन को समझाइए।
19. जल टरबाइन के मुख्य अवयय कौन-कौन से हैं?
20. जल टरबाइन को वर्गीकृत कीजिए।
21. पेल्टन टरबाइन की क्रिया विधि का सचित्र वर्णन कीजिए।
22. फ्रांसिस टरबाइन का सचित्र वर्णन कीजिए।

23. कपलान टरबाइन को समझाइए।
24. जल टरबाइन के नियंत्रण से आप क्या समझते हैं?
25. निम्न की नियंत्रण विधियों को लिखिए—
(a) पेल्टन टरबाइन का नियंत्रण (b) फ्रांसिस टरबाइन का नियंत्रण
26. निम्न को समझाइए—
(a) जल की उपलब्ध शक्ति (b) टरबाइन की विशिष्ट चाल
27. जल टरबाइन शक्ति संयंत्र का संचालन एवं रिमोट कंट्रोल पर संक्षेप टिप्पणी लिखिए।
28. जल टरबाइन के लाभ एवं हानियों का विवरण दीजिए।
29. निम्न को संक्षेम में लिखिए—
(a) आवेगी टरबाइन एवं प्रतिक्रिया टरबाइन (b) जल विद्युत शक्ति-संयन्त्र की विशिष्ट चाल
(c) जल विद्युत शक्ति-संयन्त्र का स्थल चुनाव (d) टरबाइनों की विशिष्ट चाल
(e) टरबाइन की विभिन्न दक्षताएँ
30. जल विद्युत शक्ति-संयन्त्र तथा तापीय शक्ति-संयन्त्र में अन्तर लिखिए।

वस्तुनिष्ठ प्रश्नावली

1. हाइड्रोलोजी से तात्पर्य है—
(a) जल-विज्ञान (b) जल-स्थैतिकी (c) जल-गतिकी (d) ये सभी
2. खोसला नियम है—
(a) $P = R + E$ (b) $R = P - 4{\cdot}811T$ (c) $P = R - 4{\cdot}811T$ (d) $\frac{R}{P} = -4{\cdot}811T$
3. घाटी के लिए इनगिलीस सूत्र है—
(a) $R = P - 4{\cdot}811T$ (b) $R = 0{\cdot}88P - 304{\cdot}8$ (c) $R = \frac{(P-177{\cdot}8)P}{2540}$ (d) $R = \frac{P}{1+\frac{3084F}{PS}}$
4. इनगिलीस सूत्र इस्तेमाल किया जाता है—
(a) उत्तर प्रदेश (b) असम (c) बिहार (d) महाराष्ट्र
5. आर्च डैम की आकृति होती है—
(a) वृत्ताकार (b) अर्धवृत्ताकार (c) वक्राकार (d) ये सभी
6. बंद कंडक्ट का उदाहरण है—
(a) टनल (b) पाइप लाइन (c) पेनस्टॉक (d) कैनल
7. उच्च जल शीर्ष शक्ति संयंत्र में जल का शीर्ष होता है—
(a) 50–100 मीटर (b) 100 मीटर से अधिक (c) 25–50 मीटर (d) 25 मीटर से कम
8. आवेगी टरबाइन का उदाहरण है—
(a) कपलान टरबाइन (b) फ्रांसिस टरबाइन (c) पेल्टन टरबाइन (d) इनमें से कोई नहीं
9. $P_{actual} = ?$—
(a) $\frac{wQH}{1000}$ Kw (b) $\frac{P_{th}}{\eta_0}$ (c) $\sqrt{P_{th} \times \eta_0}$ (d) $P_{th} \times \eta_0$
10. चम्बल जल शक्ति-संयन्त्र स्थित है—
(a) उत्तर प्रदेश (b) राजस्थान (c) पंजाब (d) उड़ीसा

उत्तर

1. (d)	2. (b)	3. (b)	4. (d)	5. (b)
6. (d)	7. (b)	8. (c)	9. (d)	10. (b)

प्राविधिक शिक्षा परिषद् द्वारा वार्षिक परीक्षा में विगत 10 वर्षों में पूछे गए प्रश्न

1. एक जल विद्युत शक्ति-संयन्त्र के लिए स्थल के चुनाव हेतु विचारणीय कारकों को बताइए। (2002, 06)
2. टरबाइन की विशिष्ट गति को समझाइए। (2002, 05, 09, 10, 11)
3. निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए—
(a) जल विद्युत-संयन्त्र का स्वचालन एवं नियंत्रण
(b) पम्प स्टोरेज संयन्त्र (2002)
(c) टरबाइन गवरनिंग (2003)
4. हाइड्रोग्राफ तथा प्रवाह समय वक्र को परिभाषित करते हुए इनके महत्व की विवेचना कीजिए। (2006, 2010)
5. जल शक्ति-संयन्त्रों का वर्गीकरण करते हुए, उनके प्रत्येक प्रकार के संयन्त्र का विशिष्ट उपयोग बताइए। (2003, 07, 10, 11)
(2003, 04, 06, 11, 12)
6. चित्र की सहायता से पेल्टन टरबाइन की कार्य विधि समझाइए। (2004)
7. इकाई हाइड्रो ग्राफ से आप क्या समझते हैं? विवेचना कीजिए। (2005)
8. निम्न के संदर्भ में विभिन्न प्रकार के टरबाइनों (Pelton, Francis, Kaplan) के लक्षणों की विवेचना कीजिए। (2005)
(a) शीर्ष (b) विसर्जन
(c) विशिष्ट वेग (d) अधिकतम दक्षता
(e) आंशिक भार दक्षता (9) लोड अवधि वक्र को समझाइए। (2006)
10. टरबाइन में विशिष्ट गति से क्या तात्पर्य है? विभिन्न प्रकार के जल टरबाइनों के लिए विशिष्ट गति के परास लिखिए। (2007)
11. एक द्रवीय टरबाइन के गति नियंत्रण की क्या आवश्यकता है? (2007)
12. पेनस्टॉक को समझाइए। (2007, 12)
13. विभिन्न प्रकार के जल टरबाइनों के नाम दीजिए। हाइड्रो-इलेक्ट्रिक पावर प्लांट के लिए जल टरबाइन के चुनाव का क्या आधार है? (2008)
14. जल विद्युत शक्ति-संयन्त्र में प्रयुक्त विभिन्न नियंत्रकों का संक्षिप्त विवरण दीजिए। (2008)
15. प्रति क्रिया टरबाइन की अधिकतम दक्षता टरबाइन के प्रकार के साथ कैसे बदलती है? किस टरबाइन की अधिकतम और किस टरबाइन की न्यूनतम होती है और क्यों? (2009)
16. जल विद्युत संयंत्रों में किस प्रकार के टरबाइन प्रयोग की जाती है? इनकी विशेषताओं व अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। (2010)
17. जल विद्युत संयन्त्र का योजनाबद्ध विन्यास खींचिए एवं उसकी क्रिया विधि लिखिए। (2011)
18. निम्न को समझाइए— (2011)
जल विद्युत संयन्त्र हेतु क्षमता की गणना।
19. द्रव्यमान वक्र क्या है? इसके अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए। (2012)
20. निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए— (2012)
(a) जल टरबाइन का नियंत्रण (b) जल विद्युत की लागत गणना।
21. जल विद्युत संयंत्र के कार्य सिद्धान्त की विवेचना कीजिए। (2013
22. जल विद्युत शक्ति संयंत्र के लाभ एवं हानियों की विवेचना कीजिए। (2013
23. प्रत्यावर्तित के शीतलन की विभिन्न विधियाँ लिखिए।

Chapter 5

नाभिकीय शक्ति संयन्त्र (Nuclear Power Plant)

5.1 परिचय (Introduction)

पिछले अध्यायों में शक्ति उत्पादन के लिए विभिन्न स्रोतों; जैसे—कोयला, जल आदि का प्रयोग किया गया। चूँकि भविष्य में इन स्रोतों का अभाव सम्भव है, अत: एक ऐसे उर्जा स्रोत की आवश्यकता है जो सस्ता हो तथा अधिक मात्रा में उपलब्ध हो। उद्योगों के बढ़ने से शक्ति की खपत में भी वृद्धि जिसे पुराने ऊर्जा स्रोत पूरा करने में सक्षम नहीं हैं। अत: नाभिकीय ऊर्जा का उपयोग किया जा सकता है। चूँकि यह धरातल पर प्रचुर मात्रा में उपलब्ध है तथा इनका ऊर्जा स्तर भी अधिक होता है। अतः नाभिकीय शक्ति संयन्त्र, ऊर्जा के बढ़ते संकट से उबारने में सहायक है।

नाभिकीय शक्ति संयन्त्र में हम एक नाभिकीय रियेक्टर की सहायता नाभिक की ऊर्जा को ऊष्मा में परिवर्तित करते हैं। इस ऊष्मा का उपयोग वाष्प उत्पादन के लिए किया जाता है। वाष्प की ऊर्जा का उपयोग कर टरबाइन चलाया जाता है जिससे ऊष्मीय ऊर्जा यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है। इस यांत्रिक ऊर्जा से विद्युत शक्ति प्राप्त की जाती है।

विश्व का पहला नाभिकीय शक्ति संयन्त्र 1954 में यू०एस०एस०आर० में डॉ०एच०जे० भाभा द्वारा स्थापित किया गया था। भारत में भाभा आणविक रिसर्च सेन्टर में नाभिकीय ऊर्जा से संबंधित खोज एवं अध्ययन किया जाता है।

5.2 प्रमुख नाभिकीय सिद्धान्त

नाभिकीय शक्ति संयन्त्र के अध्ययन से पूर्व कुछ प्रमुख नाभिकीय सिद्धान्तों; जैसे—पदार्थ की संरचना, संरचना में संचित ऊर्जा, ऊर्जा तथा द्रव्यमान समीकरण नाभिकीय संलयन तथा नाभिकीय विखण्डन प्रक्रिया, चेन प्रक्रिया (आरम्भ विधि तथा ऊष्मा निष्कासन) का अध्ययन आवश्यक है।

5.2.1 ऊर्जा तथा द्रव्यमान में सम्बन्ध

अणुओं की संरचना (प्रोट्रान तथा न्यूट्रान) में जो ऊर्जा निहित होती है उसे आणविक ऊर्जा (Atomic energy) कहते हैं। अल्बर्ट आइंस्टीन द्वारा आणविक ऊर्जा तथा अणुओं के द्रव्यमान में एक सम्बन्ध स्थापित किया गया है—

$$E = mC^2$$

जहाँ

E = ऊर्जा की मात्रा उत्पन्न (Joule में)

m = द्रव्यमान (kg)

C = प्रकाश का वेग (3×10^8 m/sec)

5.2.2 नाभिकीय विकिरण

मुख्यत: पाँच नाभिकीय विकिरण, नाभिकीय अभिक्रिया द्वारा उत्पन्न होते हैं—

(a) गामा विकिरण या इलेक्ट्रोमैग्नेटिक या प्रोटॉन

(b) न्यूट्रान विकिरण (uncharged particle) mass + 1

(c) प्रोट्रान + 1 charge

(d) अल्फा कण (हीलियम नाभिक, charge +2, mass 4)

(e) बीटा कण (electrons, mass बहुत कम होता है)

5.2.3. नाभिकीय अभिक्रिया

नाभिकीय अभिक्रिया के दौरान नाभिक के टूटने या आपस में जुड़ने के फलस्वरूप अत्यधिक मात्रा में ऊर्जा (ऊष्मा के रूप में) उत्पन्न होती है।

नाभिकीय अभिक्रिया के उदाहरण—

$${}_{11}Na^{23} + {}_{1}H^{1} \longrightarrow {}_{12}Mg^{23} + {}_{0}n^{1} + q$$

${}_{0}n^{1}$ = न्यूट्रान

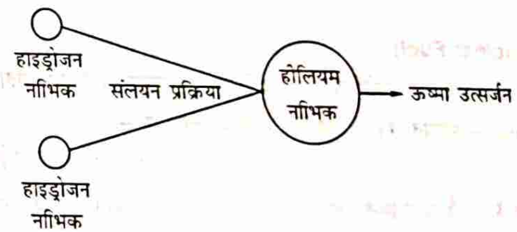
${}_{1}e^{0}$ = इलेक्ट्रान

q = ऊर्जा (ऊष्मा)

5.2.4 नाभिकीय संलयन प्रक्रिया (Nuclear Fusion Process)

इस प्रक्रिया के अंतर्गत दो हल्के नाभिक मिलकर एक बड़े तथा भारी संरचना का नाभिक बनाते हैं। इस प्रक्रिया के दौरान अत्यधिक मात्रा में ऊर्जा, ऊष्मा के रूप में निकलती है। इस ऊर्जा को नाभिकीय संलयन ऊर्जा (Nuclear energy) कहते हैं।

उदाहरण—दो हल्के हाइड्रोजन के नाभिक मिलकर हीलियम नाभिक का निर्माण करते हैं तथा अत्यधिक मात्रा में ऊष्मा उत्पन्न करते हैं।



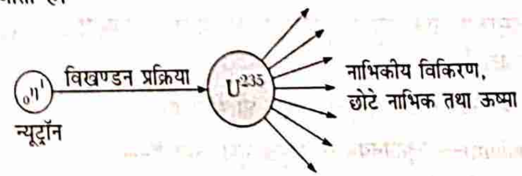
चित्र 5.1

सूर्य से ऊर्जा इसी मौलिक आधार पर प्राप्त होती है।

5.2.5 नाभिकीय विखण्डन प्रक्रिया (Nuclear Fission Process)

नाभिकीय विखण्डन प्रक्रिया के अंतर्गत एक बड़े, भारी नाभिक पर जब न्यूट्रानों की बमबारी कराई जाती है तब बड़ा नाभिक कई हल्के नाभिकों में टूट जाता है और अत्यधिक मात्रा में ऊष्मा तथा विकिरण उत्पन्न होता है। यह उत्पन्न ऊर्जा नाभिकीय विखण्डन ऊर्जा कहलाती है।

उदाहरण के लिए जब यूरेनियम 235 पर न्यूट्रानों की बमबारी कराई जाती है तब यह कई हल्के नाभिक तथा विकिरण एवं ऊष्मा में परिवर्तित हो जाती है।

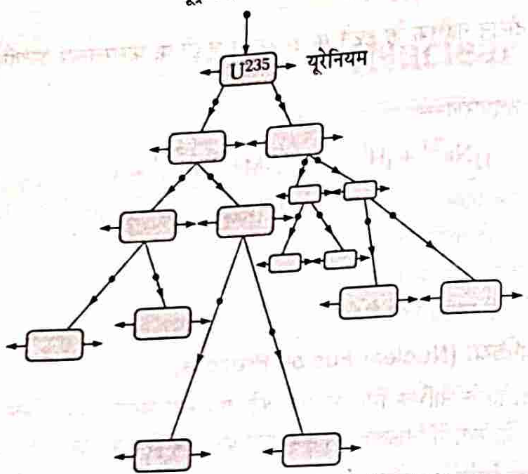


चित्र 5.2

U-235 एक नाभिक के विखण्डन के दौरान कुल ऊर्जा उत्पन्न की मात्रा 193 MeV होती है।

5.2.6 नाभिकीय चेन प्रतिक्रिया (Nuclear Chain Reaction)

चेन अभिक्रिया के दौरान नाभिक पर न्यूट्रानों की संख्या में वृद्धि गुणित प्रक्रम के आधार पर होती है। न्यूट्रानों की सं... में वृद्धि तब तक होती है जब तक की नाभिकीय ईंधन के नाभिक के सभी कण टूट न जाएँ।



चित्र 5.3 : U-235 की नाभिकीय विखण्ड (चेन प्रतिक्रिया)

5.2.7 नाभिकीय ईंधन (Nuclear Fuel)

नाभिकीय ईंधन के रूप में यूरेनियम, प्लूटोनियम एवं थोरियम का इस्तेमाल किया जाता है।

(i) यूरेनियम (Uranium)—मुख्यत: निम्न अयस्कों में पाया जाता है—

- यूरेनाईट (UO_2)
- पिच ब्लेन्ड ($UO_2 + x$)
- Carnotite [$K_2(UO_2)(UO_4)_{2x} \cdot H_2O$]

खानों से प्राप्त यूरेनियम का शोधन करके यूरेनियम आक्साइड (U_3O_8) प्राप्त किया जाता है। विभिन्न उपचार प्रक्रिया... के माध्यम से यूरेनियम के आइसोटोपस प्राप्त किए जाते हैं। यूरेनियम के प्रमुख आइसोटोपस हैं—

$$_{92}U^{249}, _{92}U^{235}, _{92}U^{238}$$

ईंधन के रूप में यूरेनियम का प्रयोग अधिक होता है।

(ii) थोरियम (Thorium)—यह आणविक ऊर्जा रूपान्तरण के लिए महत्वपूर्ण धातु है जिसका उपयो... इंजीनियरिंग उपचारों के बाद किया जा सकता है।

थोरियम का उत्पादन मुख्यत: थोरियम आक्साइड (Thorium Oxide) के तापीय विच्छेदन के बाद प्राप्त किया जाता है।

तापीय विच्छेदन के फलस्वरूप आक्साइड एवं हैलाइड को थोरियम आक्साइड से क्षारीय (अल्कलाइन) धातु की उपस्थिति में पृथक् कर लिया जाता है।

थोरियम की प्राप्ति वैद्युत अपघटन (Electrolysis) द्वारा भी होता है।

(iii) प्लूटोनियम (Plutonium)—पलूटोनियम के प्रमुख गुण निम्न हैं—

(a) यह तीव्र अभिक्रिया शील होता है।

(b) यह तीव्र आक्साइडाइज (Oxidise) हो जाता है।

(c) निम्न ताप पर रासायनिक संरचना कठिन होती है।

(d) यह जहरीला होता है।

नाभिकीय ईंधन से सम्बन्धित प्रमुख नाभिकीय अभिक्रियाएँ

(i) $_{92}U^{238} + _0n^2 \longrightarrow _{92}U^{239} + \gamma$

(ii) $_{92}U^{239} \xrightarrow{23\cdot5\ min} -_{-1}e^0 + _{91}NP^{231}$

(iii) $_{93}U^{239} \xrightarrow{2\cdot3\ days} _{-1}e^0 + _{99}PU^{239}$

(iv) $_{90}Th^{232} + _0\eta^1 \longrightarrow _{90}Th^{233} + \gamma$

(v) $_{90}Th^{233} \xrightarrow{23\cdot3\ min} _{91}Pa^{233} + _{-1}e^0$

(vi) $_{94}U^{233} \xrightarrow{27\cdot4\ days} _{92}U^{233} + _{-1}e^0$

कुछ अन्य नाभिकीय ईंधन

- Th_{227}
- Pa_{232}
- U^{231}
- NP^{238}
- Pu^{241}

5.3 नाभिकीय शक्ति संयन्त्र के मुख्य अवयव

नाभिकीय शक्ति में अवयवों को मुख्यत: तीन भागों में विभाजित किया गया है—

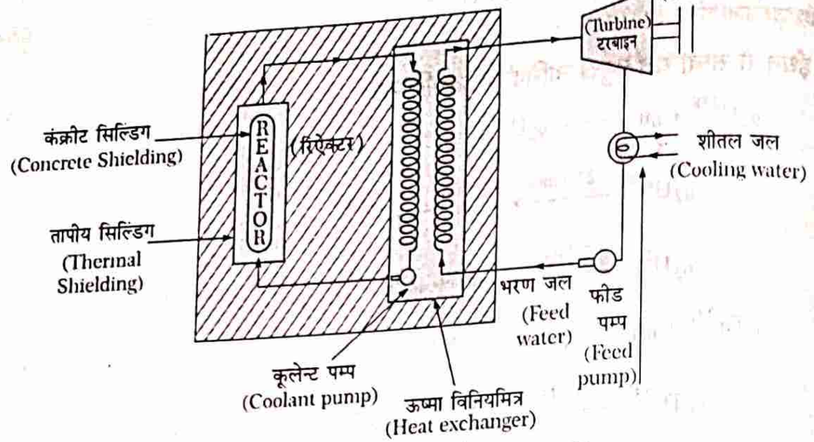
प्रथम अवयव—नाभिकीय ईंधन से ऊष्मा प्राप्ति के लिए प्रयुक्त अवयव।

शीतलन अवयव—ऊष्मा संतुलन के लिए प्रयुक्त अवयव।

ऊर्जा रूपान्तरण अवयव—इसके अंतर्गत वे अवयव आते हैं जो ऊष्मीय ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं तथा यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में।

उपरोक्त के आधार पर मुख्य अवयव निम्नलिखित हैं—

1. नाभिकीय रियेक्टर (Nuclear Reactor)
2. शीतलक एवं शीतलन पम्प (Coolant and Coolant Pump)
3. ऊष्मा विनियमित्र (Heat Exchanger)
4. वाष्प टरबाइन, संघनित्र, जनरेटर (Steam Turbine, Condensor, Generator)
5. सहायक युक्तियाँ (Auxiallary Device)



चित्र 5.4–नाभिकीय शक्ति संयंत्र के मुख्य अवयव

1. **नाभिकीय रियेक्टर** (Nuclear Reactor)—नाभिकीय रियेक्टर को निम्न रूपों में परिभाषित किया गया है—

"एक ऐसा उपकरण जिसके अंदर नाभिकीय प्रक्रियाएँ (संघटन तथा विखण्डन) (Fission and Fusion) को क्रियान्वित कराके चेन प्रक्रिया आरम्भ कराई जाती है जिससे ऊष्मा उत्पन्न होती है।"

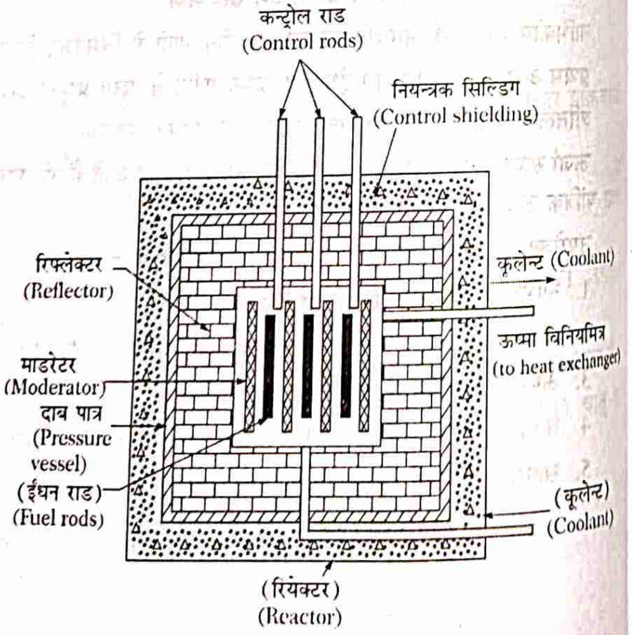
या

एक ऐसा निकाय जिसके अंदर नाभिकीय चेन प्रक्रिया के माध्यम से नाभिकीय ऊर्जा उत्पन्न की जाती है।

नाभिकीय रियेक्टर के मुख्य अवयव निम्न हैं—

(a) रियेक्टर कोर (Reactor core)
(b) रिफ्लेक्टर (Reflector)
(c) कंट्रोल रॉड (Control rod)
(d) माडरेटर (Moderator)
(e) कूलेन्ट (Coolant)
(f) मापन युक्तियाँ
(Measuring device)
(g) सिल्डिंग (Shielding)

(a) रियेक्टर कोर (Reactor core)—यह नाभिकीय रियेक्टर का वह भाग है जो नाभिकीय विखण्डन तथा नाभिकीय संलयन प्रक्रिया के लिए उत्तरदायी होता है तथा चेन प्रक्रिया को सम्पन्न कराता है। यह वह भाग होता है जिसमें नाभिकीय ऊर्जा, ऊष्मीय ऊर्जा में परिवर्तित होती है। इसके मुख्य भाग हैं—



चित्र 5.5–नाभिकीय रियेक्टर

- प्रैशर वेसल या दाब पात्र (Pressure vessel)
- ईंधन तत्त्व (Fuel element)
- **दाब पात्र** (Pressure Vessel)—वह भाग जो रियेक्टर कोर को चारों ओर से घेरता है तथा रियेक्टर कोर का ही भाग माना जाता है, दाब पात्र (Pressure vessel) कहलाता है।
- **ईंधन तत्त्व** (Fuel Element)—यह प्लेट या रॉड की आकृति का बना होता है। प्लेट या रॉड नाभिकीय ईंधन का बना होता है। प्लेट या रॉड के ऊपर मुख्यत: स्टेनलस स्टील, जिरकोनियम या एल्यूमिनियम की परत चढ़ी होती है। यह परत ईंधन तत्त्व को संक्षारणरोधी बनाता तथा रेडियो एक्टिव स्थिर बनाता है।

यह मुख्यत: खड़ा वृत्तीयकार बेलनाकार रूप में होता है। जिसका व्यास 0·5 m से 15 m तक होता है।

(b) रिफ्टलेक्टर (Reflector)—यह मुख्यत: रियेक्टर कोर के चारों तरफ लगा है जिससे न्यूट्रानों का लीकेज कम होता है तथा ऊर्जा स्तर बना रहता है। यह मुख्य उसी पदार्थ (Material) का बना होता है जिसका माडरेटर बना होता है।

(c) कन्ट्रोल रॉड (Control Rod)—कन्ट्रोल रॉड के मुख्य कार्य निम्नलिखित हैं—

- रियेक्टर कोर को चालू करने तथा उसके सामान्य स्थिति में बनाए रखने में सहायक होता है।
- रियेक्टर कोर को उसके ऊर्जा स्तर पर बनाए रखता है।
- रियेक्टर को सामान्य तथा इमरजेन्सी स्थिति में बंद करता है।
- चेन प्रतिक्रिया यदि खतरनाक हो जाए तो उसको रोकने में सहायक होता है।
- रियेक्टर के सुरक्षित परिचालन में सहायक होता है।

(d) माडरेटर (Moderator)—माडरेटर का मुख्य कार्य उच्च गति के न्यूटनों के वेग को कम करना होता है। माडरेटर न्यूट्रानों के वेग को कम करता है परन्तु उन्हें ग्रहण नहीं करता है।

माडरेटर के वांछित गुण

- न्यूट्रानों की गति को कम करने की उच्च शक्ति।
- निम्न परजीवी क्षमता।
- निम्न क्षरण क्षमता।
- ठोस के लिए उच्च गलन बिन्दू तथा द्रवों के लिए निम्न गलन बिन्दू।
- रासायनिक एवं विकिरण स्थिरता।
- उच्च तापीय प्रवाह।
- प्रकृति में अधिक तथा शुद्ध रूप में उपलब्ध होना चाहिए।

उदाहरण

- D_2O
- H_2O
- He (gas)
- Be
- C (graphite)

(e) कूलेन्ट (Coolants)—कूलेन्ट का इस्तेमाल मुख्यत: अत्यधिक ऊष्मा को रियेक्टर के बाहर निकालना जिससे रियेक्टर कोर प्रभावित न हो।

कूलेन्ट के वांछित गुण

- निम्न परजीवी क्षमता। (Low parasite capture)
- निम्न गलन बिन्दू तथा उच्च उबालक बिन्दू। (Low melting point and high boiling point)

- निम्न श्यानता (low viscosity)
- क्षरण रहित तथा अविषैला
- उच्च विशिष्ट ऊष्मा तथा घनत्व
- रासायनिक एवं विकिरण स्थिर।

(f) मापन युक्तियाँ (Measuring Instruments)—मापन युक्तियों का प्रमुख कार्य न्यूट्रान के फ्लक्स का म[...] होता है। जिससे हम रियेक्टर द्वारा उत्पन्न शक्ति की गणना करते हैं।

(g) सिल्डिंग (Shielding)—सिल्डिंग का मुख्य कार्य विकिरण से होने वाले क्षति को रोकना होता है। सिल्[...] मुख्यत: दो प्रकार की होती है—

- ऊष्मीय सिल्डिंग (Thermal Shielding)—स्टील लाइनिंग द्वारा की जाती है।
- जैविक सिल्डिंग (Biological Shielding)—यह मुख्यत: कंक्रीट द्वारा की जाती है।

सिल्डिंग नाभिकीय रियेक्टर में अति आवश्यक होता है, क्योंकि—

- यह विकिरण से होने वाले क्षति से रियेक्टर दाब पात्र को बचाता है।
- यह विकिरण से होने वाली दुष्प्रभावों से मनुष्यों तथा जीव जन्तुओं को सुरक्षित रखता है।

नाभिकीय सिल्डिंग का प्रभाव नाभिकीय ईंधन के द्रव्यमान पर निर्भर करता है।

5.5 नाभिकीय रियेक्टर (Nuclear Reactor) का वर्गीकरण

नाभिकीय रियेक्टर का वर्गीकरण निम्न आधार पर किया जा सकता है—

1. न्यूट्रान ऊर्जा जिसके कारण विखण्डन प्रक्रिया सम्पन्न होती है, के आधार पर

(a) तेज रियेक्टर (Fast Reactor)—इसमें मुख्यत: न्यूट्रान की उच्च ऊर्जा के कारण विखण्डन प्रक्रिया सम्[...] होती है।

(b) मध्यमिक रियेक्टर (Intermediate Reactor)—यदि नाभिकीय विखण्डन न्यूट्रान की मध्य (कम ऊर्जा [...] ऊपर) ऊर्जा के कारण होता है तो उसे माध्यमिक न्यूट्रान कहते हैं।

(c) धीमा रियेक्टर (Slow Reactor)—यदि नाभिकीय विखण्डन न्यूट्रान की कम ऊर्जा के कारण होता है [...] उसे धीमा रियेक्टर कहते हैं।

2. ईंधन-माडरेटर की जुड़ने के आधार पर

(a) संमाग रियेक्टर (Homogeneous Reactor)—इन रियेक्टरों में ईंधन तथा माडरेटरों की व्यवस्था इस प्र[...] होती है जिससे वे संमाग मिश्रण का निर्माण करते हैं।

उदाहरण—यूरेनियम ईंधन नमक तथा पानी।

(b) विषमाग रियेक्टर (Hetrogeneous Reactor)—इन रियेक्टरों में ईंधन तथा माडरेटरों की व्यवस्था [...] प्रकार होती है जिससे वे द्विअवस्था में होते हैं।

उदाहरण—यूरेनियम रॉड एवं जल।

इस रियेक्टर में ईंधन राड, प्लेट, लैम्प या वायर के रूप में होता है तथा माडरेटर इसके चारों ओर घेरे होते हैं।

3. ईंधन की अवस्था के आधार पर

(a) ठोस अवस्था रियेक्टर
(b) द्रव अवस्था रियेक्टर
(c) गैसीय अवस्था रियेक्टर

4. ईंधन सामग्री के आधार पर

(a) प्राकृतिक यूरेनियम (U^{235})
(b) समृद्ध यूरेनियम (0·71 of U^{235})
(c) PU^{239}, PU^{241}, PU^{234} or U^{233} (Man made)

5. माडरेटर के आधार पर

(a) पानी माडरेटर के रूप (Water Used Reactor)
(b) भारी जल माडरेटर के रूप (Heavy Water Used Reactor)
(c) ग्रेफाइट माडरेटर के रूप (Graphite Reactor)
(d) बेरेलियम या बेरेलियम आक्साइड माडरेटर के रूप (Berylium or Beryliumoxide Reactor)
(e) हाइड्रोकार्बन या हाइड्राइड माडरेटर के रूप (Hydro Carbon or Hydrides Reactor)

6. कूलेन्ट के आधार पर

(a) हवा, हीलियम गैस, कार्बन गैस, कूलेन्ट रियेक्टर
(b) पानी या अन्य द्रवीय कूलेन्ट रियेक्टर
(c) द्रवीय मेटल कूलेन्ट रियेक्टर

7. कोर की संरचना के आधार पर

(a) घनाकार रियेक्टर कोर (Cubical Reactor Core)
(b) बेलनाकार रियेक्टर कोर (Cylindrical Reactor Core)
(c) अष्टभुज रियेक्टर कोर (Octagonal Reactor Core)
(d) गोलाकार रियेक्टर कोर (Spherical Reactor Core)
(e) पट्टीकार रियेक्टर कोर (Slab Reactor Core)
(f) बेमेल रियेक्टर कोर (Annulus Reactor Core)

5.6 नाभिकीय रियेक्टर की शक्ति

नाभिकीय रियेक्टर की शक्ति को '*P*' द्वारा प्रदर्शित किया जाता है—

$$P = \frac{nC\sigma N_\upsilon}{3{\cdot}1\times10^{10}} \text{ watt}$$

n = औसत न्यूट्रान घनत्व (no/m^3)

C = औसत गति (m/sec)

σ = विखण्डन क्षेत्र (m^2)

N_υ = विखण्डन में प्रयुक्त नाभिक

$= m\times 6{\cdot}02\times10^{26/235}$

$\sigma = 582\times10^{-28}\ m^2$

$$P = 4{\cdot}8\times10^{-12}\ mnc \text{ watt}$$

5.7 नाभिकीय शक्ति संयन्त्र

प्रमुख नाभिकीय शक्ति संयन्त्र निम्नलिखित हैं—

1. दाबानुकूलित जल रियेक्टर (Pressurised Water Reactor) शक्ति संयन्त्र (PWR)
2. उबलते जल रियेक्टर (Boiling Water Reactor) शक्ति संयन्त्र (BWR)
3. गैस-शीतलक रियेक्टर (Gas Cooled Reactor) शक्ति संयन्त्र (GCR)

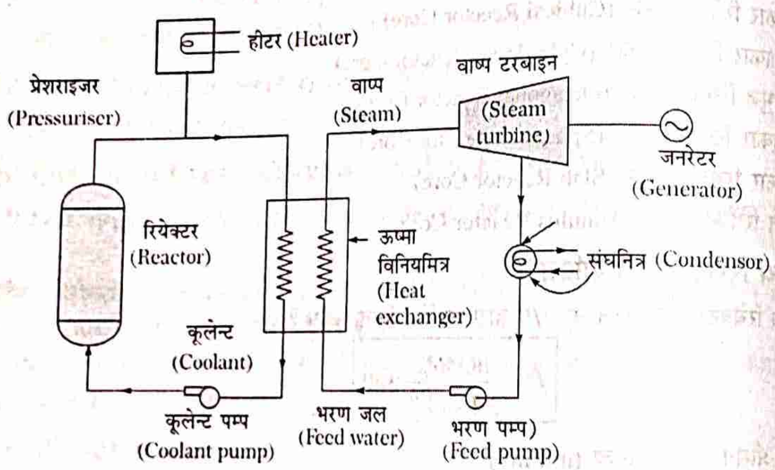
4. उच्च तापमान गैस शीतलक रियेक्टर (High Temperature Gas Cooled Reactor) शक्ति संयन्त्र (HTGR)
5. दाबानुकूलित भारी जल रियेक्टर (Pressurized Heavy Water Reactor) शक्ति संयन्त्र (PHWR)
6. द्रव मेटल तीव्र प्रजनक रियेक्टर (Liquid Metal Fast-Breeder Reactor) शक्ति संयन्त्र (LMFBR)
7. गैस शीतलक तीव्र प्रजनक रियेक्टर (Gas Cooled Fast Breeder Reactor) शक्ति संयन्त्र (GCFBR)

5.7.1 1. दाबानुकूलित जल रियेक्टर शक्ति संयन्त्र (Pressurized Water Reactor Power Plant)

इस शक्ति संयन्त्र के मुख्य अवयय निम्नलिखित हैं—

(a) (Pressure vessel) दाब पात्र
(b) रियेक्टर
(c) ईंधन अवयय
(d) कंट्रोल रॉड
(c) रियेक्टर कन्टेनमैन्ट (Reactor Containment)
(f) रियेक्टर प्रेशराइजर

समोजित चित्र निम्न है—



चित्र 5.6–PWR

प्रमुख लक्षण निम्नलिखित हैं—

1. इसमें समृद्ध यूरेनियम (Enriched Uranium) का इस्तेमाल किया जाता है।
2. जल का इस्तेमाल माडरेटर तथा कूलेन्ट दोनों के लिए किया जाता है।
3. केवल संतृप्त वाष्प का उत्पादन कर सकता है।

क्रिया विधि

इसमें मुख्यत: दो जल के परिपथ होते हैं। पहला परिपथ जिसे हम प्राथमिक परिपथ कहते हैं। प्रवाह पम्प (Circulating pump) की सहायता से हम प्राथमिक परिपथ के जल को रियेक्टर कोर से गुजारते हैं। जिससे रियेक्टर कोर की ऊष्मा जल को प्राप्त हो जाती है तथा उसे वाष्प में परिवर्तित कर देती है। यह वाष्प ऊष्मा विनियमित्र को भेज दी जाती है।

दूसरे जल परिपथ में भरण पम्प की सहायता से भरण जल को ऊष्मा विनियमित्र (बॉयलर) में प्रवेश कराते हैं। प्र... परिपथ से प्राप्त वाष्प की सहायता से दूसरे परिपथ के जल को वाष्प में परिवर्तित करके वाष्प टरबाइन को भेज दिया जाता... जिससे हमें यांत्रिक कार्य प्राप्त होता है। यह यांत्रिक कार्य जनरेटर की सहायता से विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है। संघ...

की सहायता से टरबाइन में बची गीली भाप को बाहर निकाला जाता है। प्रथम परिपथ में दाब को बढ़ाने के लिए प्रेशराइजर का इस्तेमाल करते हैं।

PWR के लाभ

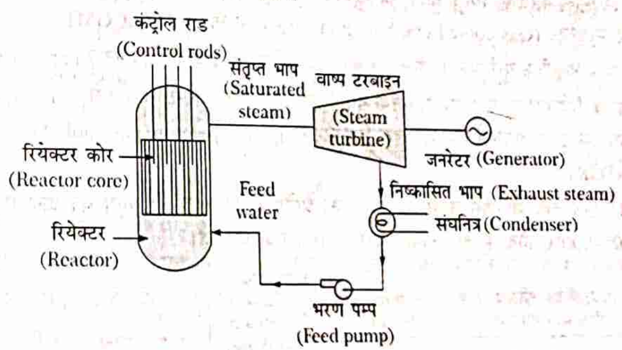
- माडरेटर तथा कूलेन्ट दोनों में पानी होता है और यह सस्ता एवं प्रचुर मात्रा में उपलब्ध होता है।
- शक्ति घनत्व उच्च होता है।
- रियेक्टर सुसम्बन्ध (Compact) होता है।
- कंट्रोल राड की आवश्यकता कम होती है।
- दुष्प्रभाव कम होते हैं।

PWR की हानियाँ

- प्रारम्भिक लागत अधिक होती है।
- तापीय दक्षता कम होती है।
- ईंधन अवयय की तैयारी महंगी होती है।
- क्षरण समस्याएँ ज्यादा होती हैं।
- ईंधन विकिरण द्वारा प्रभावित होता है।

5.7.2. उबलते जल रियेक्टर शक्ति संयन्त्र (Boiling Water Reactor)

शक्ति संयन्त्र का व्यवस्थित चित्र नीचे दिया गया है—



चित्र 5.7 : Boiling Water reactor

इस शक्ति संयन्त्र में समृद्ध यूरेनियम ईंधन के रूप में प्रयोग किया जाता है। पानी को कूलेन्ट तथा माडरेटर दोनों के रूप में प्रयोग किया जाता है। इसे हम डायरेक्ट चक्र उबलते जल रियेक्टर शक्ति संयन्त्र (Direct cycle boiling water reactor) भी कहते हैं, क्योंकि इस शक्ति संयन्त्र में ऊष्मा विनियमित्र की आवश्यकता नहीं होती है एवं शक्ति संयन्त्र में उत्पादित वाष्प को सीधे प्राथमिक चालक (वाष्प टरबाइन) को भेज दिया जाता है। उत्पादित वाष्प का तापमान 285°C होता एवं दाब 70 bar तक होती है।

क्रिया विधि

भरण पम्प की सहायता से हम भरण जल को रियेक्टर कोर में भेजते हैं। रियेक्टर कोर में विखण्डन के फलस्वरूप उत्पन्न ऊष्मा भरण जल को वाष्प में परिवर्तित करते हैं। यह वाष्प ट्यूब के माध्यम से प्राथमिक चालक (Prime mover) को

प्रदान की जाती है। फलस्वरूप ऊष्मीय ऊर्जा का रूपान्तरण यांत्रिक ऊर्जा में हो जाता है। इस यांत्रिक ऊर्जा को जनरे... सहायता से विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित कर लेते हैं। आर्द्र भाप के शीतलन के लिए संघनित्र का इस्तेमाल किया जाता है।

तारापुर आणविक शक्ति संयन्त्र BWR शक्ति संयन्त्र का उदाहरण है।

BWR के लाभ

- कुछ विशेष अंग जैसे ताप विनिमित्र (Heat exchanger), प्रैशराइजर, प्रवाह पम्प, अत्यधिक पाइपों का प्रयोग... होता है।
- निकाय (शक्ति संयन्त्र) सरल एवं सस्ता होता है।
- दक्षता अधिक होती है।
- प्रारम्भिक लागत कम होती है।

BWR की हानियाँ

- हानिकारक विकरणों से वाष्प टरबाइन दूषित होती है।
- भार में अचानक परिवर्तन सम्भव नहीं है।
- अत्यधिक सुरक्षा युक्तियों की आवश्यकता होती है।

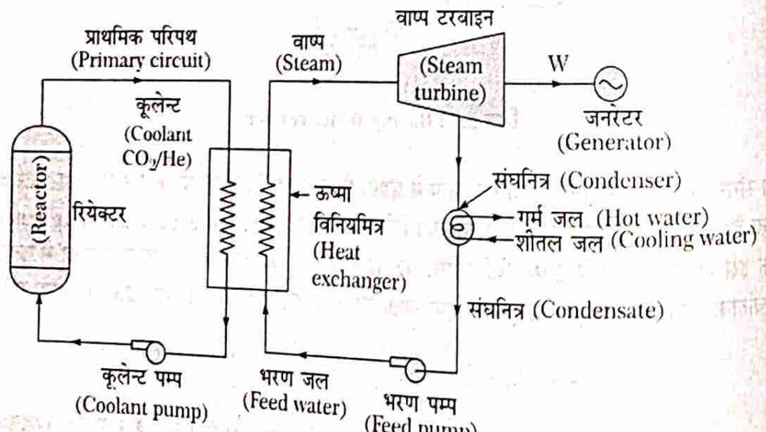
5.7.3. गैस-शीतलक रियेक्टर शक्ति संयन्त्र (Gas Cooled Reactor Power Plant)

पहला गैस-शीतलक शक्ति संयन्त्र यूनाइटेड किंगडम में बनाया गया था। इस शक्ति संयन्त्र में कूलेन्ट के रूप में पानी... जगह CO_2 गैस का इस्तेमाल करते हैं तथा ग्रेफाइट को माडरेटर के रूप में इस्तेमाल करते हैं। इसलिए इस शक्ति संयन्त्र... गैस शीतलक ग्रेफाइड माडरेटर (Gas cooled graphite moderator) भी कहते हैं। (GCGM)

इसमें ईंधन के रूप में प्राकृतिक यूरेनियम का इस्तेमाल करते हैं। कूलेन्ट का दाब एवं तापमान 7 bar and 336°C होता है।

दूसरा गैस-शीतलक रियेक्टर यू०एस०ए० में बनया गया जिसमें हीलियम कूलेन्ट के रूप में तथा ग्रेफाइट माडरेटर के रूप... में इस्तेमाल किया गया। इसे उच्च तापमान गैस शीतलक रियेक्टर (High temperature gas cooled reactor) शक्ति संयन्त्र भी कहा जाता है। (HTGR)

इसमें मुख्यत: U-235 तथा थोरियम नाभिकीय ईंधन का प्रयोग किया जाता है। वाष्प का दाब एवं तापमान क्रमशः 15–30 bar तथा 700°–800°C होता है तथा तापीय दक्षता 40% तक होती है।



चित्र 5.8 : Gas Cooler reactor power plant

क्रिया विधि

इस शक्ति संयन्त्र में उच्च मात्रा तथा उच्च प्रवाह दर में गैस शीतलक ब्लोअर या पंखों की सहायता से रियेक्टर कोर में प्रवेश करता है। कोर की उच्च ऊष्मा को शीतलक ग्रहण करके उसे ऊष्मा विनिमित्र में स्थानान्तरित करता है। भरण पम्प की सहायता से भरण जल को ऊष्मा विनिमित्र में प्रवेश कराते हैं। जिससे ऊष्मा जल को वाष्प में परिवर्तित करती है। उपलब्ध वाष्प परम्परागत शक्ति संयन्त्र की भाँति रैंकिन चक्र पर कार्य करते हुए विद्युत शक्ति का उत्पादन करता है। चूँकि ब्लोअर का इस्तेमाल किया जाता है। इसलिए उच्च शक्ति मोटर की आवश्यकता होती है।

GCR के लाभ

1. संक्षारण समस्याएँ उत्पन्न नहीं होती हैं।
2. प्रैशराइज करना आसान होता है।
3. विकिरण समस्याएँ कम होती हैं।
4. गैसों का परिचालन सुरक्षित एवं आसान होता है।

GCR की हानियाँ

1. बड़े ऊष्मा विनिमित्र (Heat exchanger) की आवश्यकता होती है।
2. ईंधन का परिचालन उच्च तापमान पर करना होता है।
3. लीकेज की समस्याएँ उत्पन्न होती हैं।

5.7.4 दाबानुकूलित भारी जल रियेक्टर (Pressurized Heavy Reactor) शक्ति संयन्त्र

केनेडियन (Canandian) द्वारा इसे विकसित किया गया था इसलिए इसे CANDU रियेक्टर भी कहते हैं।

CANDU (Candian, Deutorium, Uranium), इसमें माडरेटर तथा कूलेन्ट के रूप में दाबानुकूलित भारी जल का इस्तेमाल किया जाता है। (99·8% Deutoriam oxide D_2O)

ईंधन के रूप में प्राकृतिक यूरेनियम का इस्तेमाल किया जाता है। इस शक्ति संयन्त्र में प्राकृतिक यूरेनियम आक्साइड को छोटे सिलेण्डर पैकेट के रूप में इस्तेमाल किया जाता है। इन पैकेट को क्षरण रहित ट्यूबों में (जिलकोरियम अयस्क) पैक किया जाता है। इन ट्यूबों की लम्बाई 0·5 cm तथा 13 cm व्यास होती है।

इन ईंधन रॉडों को 37 बन्डलों में एक साथ 37 की संख्या जोड़कर व्यवस्थित किया जाता है। प्रत्येक 12 बन्डलों को दाब पात्रों की सहायता से पृथक् करके व्यवस्थित किया जाता है। इस प्रकार की व्यवस्था इसलिए की जाती है जिससे ईंधन को दुबारा भरने में सहायता हो।

रियेक्टर कोर को क्षैतिज व्यवस्थित किया जाता है तथा यह इस्पात सिलेण्डरों का बना होता है जिसे हम केलेन्ड्रिया (Calendria) कहते हैं। दाब ट्यूबों जिनका व्यास 7 से 8 m होता है तथा उँचाई 6 m होती है लम्बाई में व्यवस्थित होते हैं।

क्रिया विधि

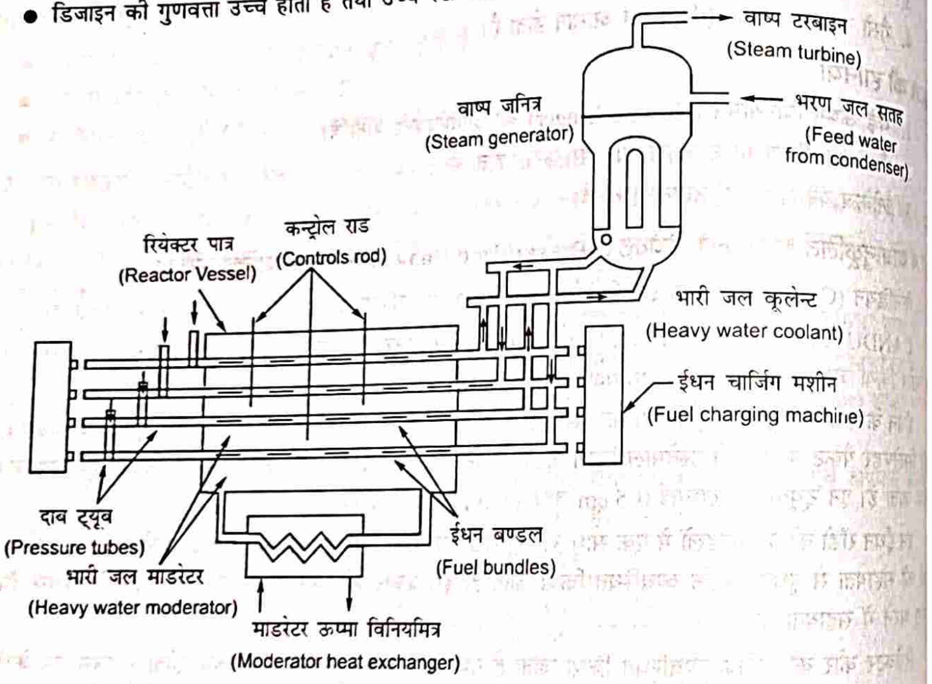
शक्ति संयन्त्र में, कूलेन्ट (भारी जल, D_2O) रियेक्टर कोर के दाब ट्यूबों में प्रवेश करता है। जिसका दाब 110 bar होता है तथा तापमान 260°C होता है। कूलेन्ट इन ट्यूबों से ईंधन रॉड के चारों ओर प्रवाहित होता है तथा गर्म होकर संयन्त्र के ऊष्मा विनिमित्र में प्रवेश करता है जिससे वाष्प उत्पादन होता है। यह वाष्प पुन: परम्परागत शक्ति संयन्त्रों को भेज दिया जाता है। जिससे हमें विद्युत शक्ति प्राप्त होती है।

CANDU के लाभ

- संयन्त्र में कम ईंधन की खपत होती है।
- समृद्ध ईंधन की आवश्यकता नहीं होती है।
- संयन्त्र की लागत कम होती है।
- प्रजनक अनुपात अच्छा होता है।

CANDU की हानियाँ

- भारी जल इस्तेमाल किया जाता है जो कि महंगा होता है।
- उच्च तापमान सीमित होता है।
- लीकेज की समस्याएँ उत्पन्न होती हैं।
- डिजाइन की गुणवत्ता उच्च होती है तथा उच्च रख रखाव की आवश्यकता होती है।



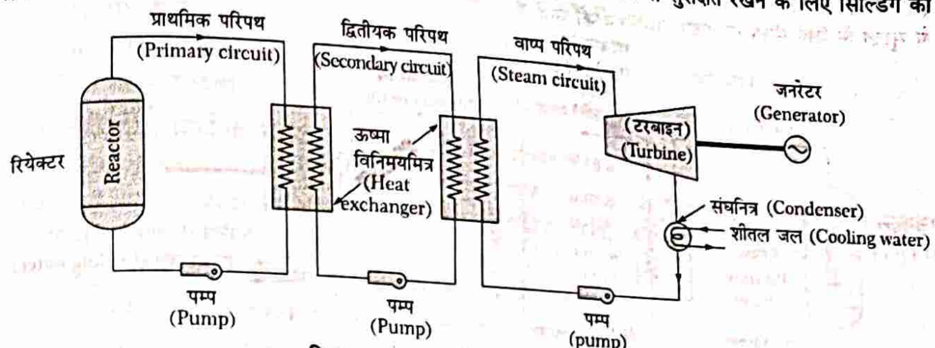
चित्र 5.9 : CANDU reactor

5.7.5 द्रव मेटल रियेक्टर शक्ति संयन्त्र (Liquid Metal Reactor Power Plant)

इसे हम सोडियम ग्रेफाइट रियेक्टर (Sodium Graphite Reactor) (SGR) शक्ति संयन्त्र भी कहते हैं। इसमें ग्रेफ माडरेटर के रूप में प्रयोग किया जाता है तथा द्रव सोडियम कूलेन्ट के रूप में प्रयोग किया जाता है।

सोडियम जब रियेक्टर कोर से गुजारा जाता है तब यह रेडियो एक्टिव हो जाता है तथा पानी के साथ अभिक्रिया क लगता है। इसलिए गर्म सोडियम को दूसरे कूलेन्ट में गुजारा जाता है जो कि प्राथमिक ऊष्मा विनियमित्र में होता है। दूसरे कूले के रूप में पोटेशियम का इस्तेमाल किया जाता है। इस कूलेन्ट की ऊष्मा को दूसरे ऊष्मा विनियमित्र में प्रवेश कराते हैं। जि भरण जल अतितप्त भाप में परिवर्तित हो जाता है। जिसका तापमान 540°C होता है। इस अतितप्त भाप का इस्तेमाल श उत्पादन के लिए किया जाता है।

रियेक्टर कोर, प्राथमिक परिपथ तथा प्राथमिक ऊष्मा विनियमित्र को विकिरण से सुरक्षित रखने के लिए सिल्डिंग का प्रयोग किया जाता है।



चित्र 5.10 : Liquid metal reactor power plant

SGR या LMR के लाभ

- वाष्प को उच्च तापमान पर प्राप्त किया जा सकता है।
- प्रैशराइजर की आवश्यकता नहीं होती है।
- उच्च तापीय दक्षता।
- संयन्त्र की लागत कम होती है।

SGR या LMR की हानियाँ

- सोडियम तीव्रता से वायु तथा जल के साथ अभिक्रिया करता है जो हानिकारक होता है।
- माध्यमिक ऊष्मा विनियमित्र की आवश्यकता होती है।
- सोडियम कूलेन्ट का लीकेज सम्भव होता है।

5.7.6 द्रव मेटल तीव्र प्रजनक रियेक्टर (Liquid Metal Fast Breeder Reactor) (LMFBR) शक्ति संयन्त्र

इस रियेक्टर में ऊष्मा के साथ-साथ अन्य द्वितीयक ईंधन जैसे प्लूटोनियम भी उत्पन्न किए जाते हैं।

जब U-235 का विखण्डन धीमी गति न्यूट्रान के साथ किया जाता है तब ऊष्मा के साथ एक अतिरिक्त न्यूट्रान भी उत्पन्न होता है। जब एक अन्य जनक नाभिकीय ईंधन जैसे U-238 को उसी रियेक्टर में भेजा जाता है तब यह U-235 को चारों ओर से घेर लेता है। तीव्र गति अतिरिक्त न्यूट्रान जब U-238 से जुड़ता है तो यह Pu-239 में परिवर्तित हो जाता है।

प्रमुख नाभिकीय अभिक्रियाएँ निम्नलिखित हैं—

$$_{92}U^{238} + {}^{0}\eta^{2} \longrightarrow {}_{92}U^{239} + \gamma$$

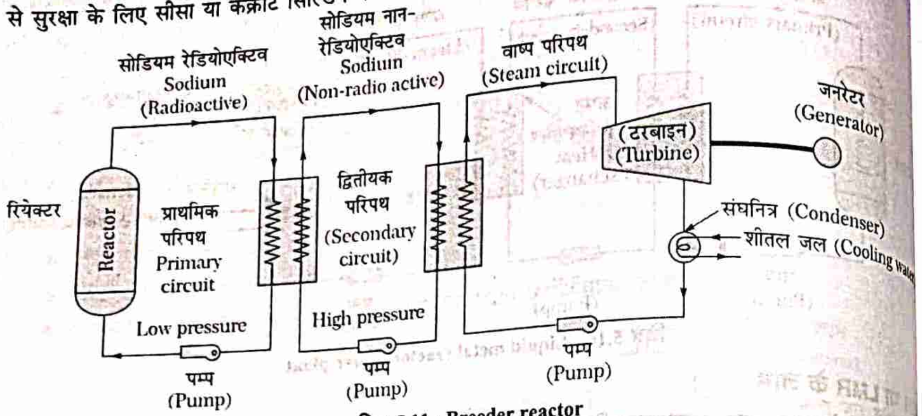
$$\xrightarrow[\beta]{_{92}U^{239}\ 24min} {}_{93}Np^{239} + -1e^{0}$$

$$\xrightarrow[\beta]{_{93}Np^{239}\ 23\ days} {}_{94}Pu^{239} + -1e^{0}$$

क्रिया विधि

इस रियेक्टर में समृद्ध यूरेनियम U^{235} या Pu^{239} को माडरेटर के बिना मोटे आवरण में U-238 के चारों ओर लगाया जाता है। अतिरिक्त न्यूट्रान, जो कि U-235 के विखण्डन से प्राप्त होता है, का इस्तेमाल U-238 या Th-232 को द्वितीयक

ईंधन U-233 में परिवर्तित करने में किया जाता है। न्यूट्रान सिल्डिंग बोरान या ग्रेफाइट के माध्यम से की जाती है। गामा किरणों से सुरक्षा के लिए सीसा या कंक्रीट सिल्डिंग की जाती है।



चित्र 5.11 : Breeder reactor

LMFBR के लाभ

- माडरेटर की आवश्यकता नहीं होती है।
- प्रजनक के द्वारा द्वितीयक ईंधन भी प्राप्त किए जाते हैं।
- न्यूट्रानों का शोषण कम होता है।
- उच्च शक्ति घनत्व प्राप्त होता है।

LMFBR की हानियाँ

- समृद्ध ईंधन की आवश्यकता होती है।
- मोटी सिल्डिंग की आवश्यकता होती है।
- न्यूट्रान फ्लक्स कोर के केन्द्र में ज्यादा होता है।

5.8 नाभिकीय शक्ति संयन्त्र की लागत (Cost of Nuclear Power Plant)

नाभिकीय शक्ति संयन्त्र की लागत को मुख्यत: तीन वर्गों में विभाजित किया गया है—

1. समस्त लागत (Capital cost) (Total)
2. ईंधन लागत (Fuel cost) (Per year)
3. अन्य प्रचालन एवं रख-रखाव लागत (Per year)

1. समस्त लागत (Capital Cost)—यह वह लागत होती है जो सिर्फ एक बार में लगती है। इसके अंतर्गत संयन्त्र निर्माण की सभी पूँजी सम्मिलित होती हैं। समस्त लागत संयन्त्र की दक्षता, उपयोगिता तथा लोक सुविधाओं पर निर्भर करती है।

2. ईंधन लागत (Fuel Cost)—ईंधन लागत के अन्तर्गत निम्न पूँजी सम्मिलित होती है—

(a) ईंधन पूँजी
(b) ईंधन दहन पूँजी
(c) ईंधन दहन से पूर्व पूँजी जैसे ईंधन तैयारी आदि।
(d) ईंधन रख-रखाव पूँजी इत्यादि।

3. अन्य प्रचालन एवं रख-रखाव लागत—इसके अन्तर्गत निम्न लागत सम्मिलित है—

(a) श्रम लागत (b) सामग्री
(c) इंश्योरेंश (बीमा) (d) ईंधन प्रबन्धन
(e) कार्यकारी लागत (f) सेवाएँ लागत

5.9 नाभिकीय व्यर्थ का छुटकारा (Disposal of Nuclear Waste)

चूँकि नाभिकीय व्यर्थ के अंदर रेडियो धर्मिता का गुण होता है इसलिए इन्हें समुचित तरीके से डिस्पोस करना आवश्यक एवं जरूरी क्रिया होती है। इसलिए नाभिकीय व्यर्थ को इस प्रकार छोड़ा जाता है जिससे जीव-जन्तु तथा वनस्पतियों को नुकसान न पहुँचे।

प्रमुख तरीके जिनसे नाभिकीय व्यर्थ डिस्पोस किए जाते हैं निम्न हैं—

1. गैसीय व्यर्थ को फिल्टर के माध्यम से उच्च स्तर पर छोड़ा जाता है।
2. मंद द्रवीय नाभिकीय व्यर्थ को छननीकरण तथा उपचार के बाद उसे शीतल जल मिलाकर गहरे कुएँ में डाल दिया जाता है।
3. उच्च रेडियो धर्मी द्रवीय व्यर्थ को कंक्रीट टैंकों में रखकर जमीन में गाड़ दिया जाता है।
4. ठोस व्यर्थ को कंक्रीट पात्रों में रखा जाता है।
5. दहनशील व्यर्थ को दुबारा जलाकर उसे फिल्टर करके गैसीय व्यर्थ में परिवर्तित किया जाता है।
6. कार्यकारी व्यर्थ को जल में एकत्र किया जाता है।

5.10 नाभिकीय शक्ति संयन्त्र के स्थल का चुनाव

नाभिकीय शक्ति संयन्त्र स्थल का चुनाव इस प्रकार होना चाहिए जिससे वह सभी मित्व्ययी (Economical) तथा तकनीकी कारणों को पूरा करने में सक्षम हों।

कुछ प्रमुख घटक निम्न हैं जिनके द्वारा शक्ति संयन्त्र के स्थल का चुनाव करते हैं—

1. भार केन्द्र से दूरी (Proximity to load centre) 2. जन जीवन वितरण (Population distribution)
3. भूमि (Land use) 4. मौसम (Metorololgy)
5. कम्पन (Seismolgy) 6. भूविज्ञान (Geology)
7. जल विज्ञान (Hydrology)

5.11 लाभ एवं हानियाँ

लाभ

- यह क्षय हो रहे संसाधनों; जैसे—कोयला, तेल, गैस पर आश्रित नहीं होता है।
- अत्यधिक भण्डारण की आवश्यकता नहीं होती है।
- अधिक शक्ति का उत्पादन करता है।
- उच्च क्षमता प्रदर्शन।
- वातावरण को कम प्रदूषित करता है।
- उच्च दक्षता होती है।

हानियाँ

- प्रारम्भिक लागत अधिक होती है।
- कुशल कारीगरों की आवश्यकता होती है।

- रेडियो धर्मी व्यर्थ अधिक होते हैं।
- उच्च कोटी की सुरक्षा की आवश्यकता होती है।
- शक्ति उत्पादन लागत भी अधिक होती है।

सारांश

नाभिकीय शक्ति संयन्त्र

नाभिकीय शक्ति संयन्त्र में ईंधन के रूप में नाभिक की ऊर्जा का इस्तेमाल किया जाता है। पहला नाभिकीय शक्ति संयन्त्र 1954 में डॉ० एच० जे० भाभा द्वारा किया गया था।

नाभिकीय ऊर्जा एवं द्रव्यमान समीकरण

इसे $E = mC^2$ द्वारा ज्ञात किया जाता है।

नाभिकीय विकिरण

मुख्यत: पाँच प्रकार के नाभिकीय विकिरण उत्पन्न होते हैं—

1. अल्फा विकिरण
2. बीटा विकिरण
3. गामा विकिरण
4. न्यूट्रान विकिरण
5. प्रोट्रान विकिरण

नाभिकीय संलयन प्रक्रिया

इस प्रक्रिया के दौरान दो हल्के नाभिक आपस में जुड़कर एक बड़े नाभिक का निर्माण करते हैं। जिससे अत्यधिक मात्रा में ऊष्मा उत्पन्न होती है।

नाभिकीय विखण्डन प्रक्रिया

इस प्रक्रिया के दौरान एक बड़ा नाभिक कई हल्के अपेक्षाकृत छोटे नाभिकों में परिवर्तित हो जाता है। जिससे अत्यधिक मात्रा में ऊष्मा उत्पन्न होती है।

नाभिकीय ईंधन

- यूरेनियम
- थोरियम
- प्लूटोनियम

नाभिकीय शक्ति संयन्त्र के मुख्य अवयव

1. नाभिकीय रियेक्टर
2. शीतलक एवं शीतलन पम्प
3. ऊष्मा विनियमित्र
4. वाष्प टरवाइन, संघनित्र एवं जनरेटर
5. सहायक युक्तियाँ

नाभिकीय रियेक्टर

यह संयन्त्र का वह भाग है जिसमें नाभिकीय विखण्डन प्रक्रिया सम्पन्न होती है। इसके प्रमुख अवयव हैं—

- रियेक्टर कोर
- रिफ्लेक्टर
- कूलेन्ट
- माडरेटर
- मापन युक्तियाँ
- कंट्रोल रॉड
- सिल्डिंग

प्रमुख नाभिकीय शक्ति संयन्त्र

1. **PWR शक्ति संयन्त्र**
   ईंधन—समृद्ध यूरेनियम माडरेटर—जल कूलेन्ट—जल
2. **BWR शक्ति संयन्त्र**
   ईंधन—समृद्ध यूरेनियम माडरेटर—पानी कूलेन्ट—पानी
   Example—Tarapur Power Plant
3. **GCR शक्ति संयन्त्र**—इसे गैस शीतलक ग्रेफाइट माडरेटर शक्ति संयन्त्र भी कहते हैं।
   ईंधन—प्राकृतिक यूरेनियम माडरेटर—ग्रेफाइट कूलेन्ट—CO_2 गैस
4. **दाबानुकूलित भारी जल रियेक्टर शक्ति संयन्त्र**
   ईंधन—प्राकृतिक यूरेनियम कूलेन्ट तथा माडरेटर—D_2O (भारी जल)
   इसे CANDU Power Plant भी कहते हैं।
5. **LMR शक्ति संयन्त्र**
   इसे सोडियम (Sodium) ग्रेफाइट रियेक्टर शक्ति संयन्त्र भी कहते हैं।
   ईंधन—प्राकृतिक यूरेनियम
   माडरेटर—ग्रेफाइट
   कूलेन्ट—द्रव सोडियम, एवं पोटेशियम
6. **LMBR शक्ति संयन्त्र**

इसमें ईंधन के दहन से ऊष्मा के साथ-साथ द्वितीयक ईंधन भी उत्पन्न किए जाते हैं। इसमें माडरेटर की आवश्यकता नहीं होती है।

नाभिकीय शक्ति संयन्त्र की लागत

मुख्यत: तीन प्रकार की लागत होती है—

1. प्रारम्भिक लागत या कुल लागत या समस्त लागत
2. ईंधन लागत
3. प्रचालन एवं रख-रखाव लागत

प्रश्नावली

1. निम्न पदों को समझाइए—
   (a) एल्वर्ट-आइंसटाईन समीकरण
   (b) नाभिकीय विकिरण
   (c) नाभिकीय अभिक्रिया
   (d) चेन प्रक्रिया
   (e) संलयन
   (f) विखण्डन

2. नाभिकीय शक्ति संयन्त्रों के मुख्य अवयवों का वर्णन कीजिए।
3. नाभिकीय रियेक्टर क्या है? मुख्य अवयव एवं प्रत्येक के कार्यों को लिखिए।
4. नाभिकीय रियेक्टर का वर्गीकरण संक्षेप में कीजिए।
5. नाभिकीय ईंधन पर टिप्पणी लिखिए।
6. निम्न शक्ति संयन्त्रों की क्रियाविधि सचित्र लिखिए—
   (a) BWR (b) PWR (c) GCR
   (d) LMR (e) LMBR
   (f) दाबानुकूलित भारी जल रियेक्टर
7. नाभिकीय रियेक्टर की शक्ति का सूत्र लिखिए।
8. निम्न पर टिप्पणी लिखिए—
   (a) नाभिकीय व्यर्थ (b) नाभिकीय शक्ति संयन्त्र लागत
9. नाभिकीय शक्ति संयन्त्र स्थल के चयन के प्रमुख घटकों का वर्णन कीजिए।
10. नाभिकीय संयन्त्रों के लाभ एवं हानियाँ लिखिए।

वस्तुनिष्ठ प्रश्नावली

1. माडरेटरों का उपयोग किया जाता है—
   (a) तापमान को कम करने के लिए (b) अभिक्रिया नियंत्रण के लिए
   (c) ऊष्मा बाहर निकालने के लिए (d) न्यूट्रानों की गति कम करने के लिए
2. नाभिकीय ऊर्जा का मापन किया जाता है—
   (a) क्यूरी में (b) MW में (c) MeV में (d) फैरॉडे में
3. प्रजनक रियेक्टर का रूपान्तरण (Conversion ratio) अनुपात होता है—
   (a) 0 (b) 1 (c) एक से कम (d) एक से अधिक
4. समृद्ध यूरेनियम होता है—
   (a) U-235 का % कृत्रिम रूप से बढ़ा दिया जाता है।
   (b) U-238 का % कृत्रिम रूप से बढ़ा दिया जाता है।
   (c) अत्यधिक ऊर्जा होती है। (d) अशुद्धियाँ रहित होती हैं।
5. कंट्रोल रॉड बना होता है—
   (a) U-235 (b) ग्रेफाइट (c) सीसा (d) बोरान व केडमियम
6. अतितप्त भाप उत्पन्न होता है—
   (a) BWR में (b) LMR में (c) PWR में (d) GCR में
7. BWR में ईंधन प्रयोग होता है—
   (a) समृद्ध यूरेनियम (b) प्राकृतिक यूरेनियम (c) थोरियम (d) प्लूटोनियम
8. तीव्र प्रजनक रियेक्टर में होता है—
   (a) ग्रेफाइट माडरेटर (b) सोडियम माडरेटर
   (c) कोई माडरेटर नहीं होता है (d) इनमें से कोई नहीं
9. BWR उपयोग करता है—
   (a) कूलेन्ट (b) ग्रफाइट रॉड (c) फैराइट रॉड (d) इनमें से सभी

10. रिफ्लेक्टर का कार्य होता है—
   (a) न्यूट्रान की संख्या बढ़ाना (b) न्यूट्रान को सोखना
   (c) न्यूट्रान की गति को कम करना (d) न्यूट्रान लीकेज को कम करना

उत्तर

1. (d)	2. (c)	3. (d)	4. (a)	5. (d)
6. (d)	7. (a)	8. (c)	9. (a)	10. (d)

प्राविधिक शिक्षा परिषद् द्वारा वार्षिक परीक्षा में विगत 10 वर्षों में पूछे गये प्रश्न

1. नाभिकीय रियेक्टर का एक स्वच्छ आरेख खीचिए। इसके प्रमुख भागों के कार्य लिखिए। (2002, 07)
2. नाभिकीय शक्ति संयन्त्र हेतु विभिन्न ईंधनों की सूची दीजिए। (2002, 08)
3. नाभिकीय शक्ति संयन्त्र की वाष्प शक्ति संयन्त्र से तुलना करते हुए उसके लाभ एवं हानियाँ बताइए। (2003, 04)
4. नाभिकीय शक्ति संयन्त्रों की कार्य प्रणाली का वर्णन कीजिए। (2003, 07, 10, 12)
5. विभिन्न आधारों पर नाभिकीय रियेक्टरों का वर्गीकरण कीजिए। (2004)
6. एक नाभिकीय शक्ति रियेक्टरों में कौन-कौन से नियंत्रकों की आवश्यकता होती है। (2004)
7. ब्रीडिंग से क्या तात्पर्य है? "ब्रीडर रियेक्टर को आवश्यक रूप से तीव्र रियेक्टर होना चाहिए"। इस कथन की पुष्टि कीजिए। (2005)
8. निम्न के कार्य की विवेचना कीजिए— (2006)
   (a) रियेक्टर (b) माडरेटर (c) कूलेन्ट
9. नाभिकीय रियेक्टर में कौन-कौन से शीतलक प्रयोग किए जाते हैं? एक अच्छे शीतलक के वांछित गुणों को लिखिए। (2007, 10, 11)
10. नाभिकीय पावर प्लांट के पक्ष में कारकों की विवेचना कीजिए। (2008)
11. नाभिकीय शक्ति संयन्त्रों का वर्गीकरण कीजिए। भारत में कौन-कौन से नाभिकीय शक्ति संयन्त्र प्रयोग किये जाते हैं? (2009, 11)
12. कंट्रोल रॉड तथा माडरेटरों के मुख्य गुणों को लिखिए। (2009)
13. निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए— (2012)
   (a) नाभिकीय ईंधन
   (b) नाभिकीय विद्युत शक्ति संयन्त्र की लागत
   (c) प्रयुक्त माडरेटर
14. नाभिकीय प्रतिक्रिया क्या है? नाभिकीय रियेक्टर के विभिन्न हिस्सों का वर्णन कीजिए। (2013)
15. नाभिकीय रियेक्टर विद्युत संयंत्र में प्रयुक्त मंदक के क्या कार्य हैं? उनके गुणों को समझाइए। (2013)

❑

Chapter 6

डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र (Diesel Engine Power Plant)

पिछले अध्यायों में हमने विभिन्न शक्ति संयन्त्रों; जैसे तापीय शक्ति संयन्त्र, नाभिकीय शक्ति संयन्त्र का अध्ययन कि... इस अध्याय में शक्ति संयन्त्र में प्राथमिक चालक के रूप डीजल इंजन का प्रयोग किया जाता है। तापीय शक्ति संयन्त्र तथा ... विद्युत शक्ति संयन्त्र में कार्यकारी माध्यम कोयला तथा जल होता है। जिन स्थानों पर यह उपलब्ध नहीं होता है, वहाँ डी... इंजन शक्ति संयन्त्र का उपयोग किया जाता है।

डीजल का दहन इंजन सिलेण्डर के अन्दर होता है, जिसमें ईंधन के रूप में डीजल का प्रयोग किया जाता है। डीजल इं... को मुख्यत संपीडन ज्वलन इंजन भी कहते हैं जिसे जर्मन इंजीनियर रूडोल्फ डीजल (Rudolf Diesel) ने 1892 में किया था। है। यह इंजन डीजल के उच्च संपीडन अनुपात पर कार्य करता है।

डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र की क्षमता 2 Mw से 50 Mw तक होती है। शक्ति संयन्त्र में प्रयुक्त होने वाले डीजल इं... की शक्ति तथा विश्वनीयता अत्यधिक होनी चाहिए। डीजल इंजन की क्रिया विधि तथा शक्ति संयन्त्रों के अध्ययन से पूर्व ... अंतर्दहन इंजनों का अध्ययन करना होगा।

6.1 अंतर्दहन इंजन–परिचय

अंतर्दहन इंजन वे इंजन होते हैं जिसमें ईंधन का दहन इंजन सिलेण्डर के अंदर होता है।

उदाहरण—पेट्रोल इंजन, डीजल इंजन, गैसीय इंजन आदि।

अंतर्दहन इंजन के विशिष्ट गुण

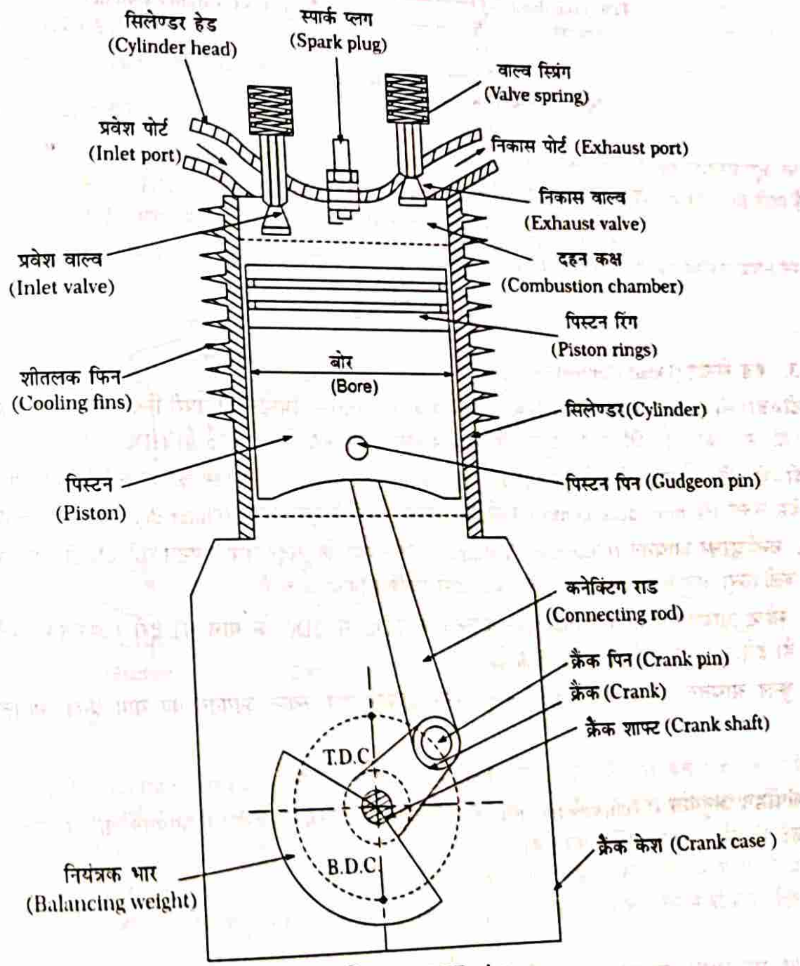
- इंजन की कुल दक्षता उच्च होती है।
- यांत्रिक रूप से सरल होती है।
- भार तथा शक्ति अनुपात कम होता है।
- प्रारम्भिक लागत सामान्यत: कम होती है।
- आसानी से शुरू हो जाती है।
- इंजन प्रचालन सरल तथा डिजाइन आसान होती है।

6.2 अंतर्दहन इंजन के मुख्य अवयव

मुख्यत: निम्न अवयव अंतर्दहन इंजनों में लगे होते हैं—

1. सिलेण्डर (Cylinder)
2. सिलेण्डर-शीर्ष (Cylinder Head)
3. पिस्टन (Piston)
4. पिस्टन रिंग (Piston Ring)
5. पिस्टन पिन (Piston Pin)
6. कनेक्टिंग रॉड (Connecting Rod)
7. क्रैंक शाफ्ट (Crank Shaft)
8. क्रैंक (Crank)
9. इंजन बियरिंग (Engine Bearing)
10. क्रैंक केश (Crank Case)

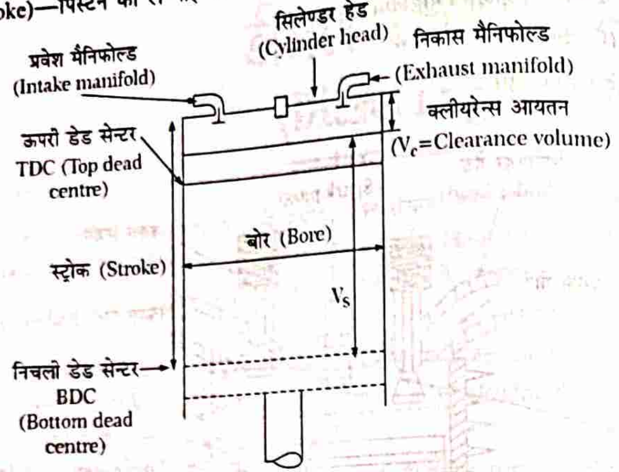
11. फ्लाई व्हील (Fly Wheel)
12. गवरनर (Governor)
13. वाल्व एवं वाल्व स्प्रिंग (Valve and Valve Spring)
14. स्पार्क प्लग/ इंजेक्टर (Spark Plug/ Injector)
15. कारबयूरेटर (Carburettor)
16. फ्यूल पम्प (Fuel Pump)



चित्र 6.1—IC Engine

6.3 अंतर्दहन इंजनों में प्रयुक्त पद (Terms Used in Internal Combustion Engine)

1. **बोर** (Bore)—सिलेण्डर के आंतरिक व्यास को बोर कहते हैं।
2. **स्ट्रोक** (Stroke)—पिस्टन की लम्बाई को स्ट्रोक कहते हैं।



चित्र 6.2

3. **डेड सेन्टर** (Dead Centre)—

टी०डी०सी० (टाप डेड सेन्टर) TDC (Top Dead Centre)— पिस्टन की उपरी स्थिति (सिलेण्डर हेड के नीचे) को टी०डी०सी० कहते हैं। क्षैतिज इंजनों में इसे आई०डी०सी० इनर डेड सेन्टर कहते हैं। (IDC = Inner Dead Centre)

बी०डी०सी० (बाट्म डेड सेन्टर) BDC (Bottom Dead Centre)—पिस्टन की निचली स्थिति को बी०डी०सी० बाट्म डेड सेन्टर (Bottom dead centre) कहते हैं। क्षैतिज इंजनों में इसे ODC (Outer dead centre) कहते हैं।

4. **क्लीयरेन्स आयतन** (Clearance Volume)—सिलेण्डर के अंदर तथा पिस्टन की टी०डी०सी० से ऊपर का आयतन क्लीयरेन्स आयतन कहलाता है। इसे 'V_c' द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

5. **स्वेप्ट आयतन** (Swept Volume)—पिस्टन के TDC से BDC के बीच की दूरी (आयतन) स्वेप्ट आयतन कहलाता है। इसे V_s द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

6. **कुल आयतन** (Total Volume)—क्लीयरेन्स आयतन तथा स्वेप्ट आयतन का योग कुल आयतन कहलाता है।

$$V = V_C + V_S$$

7. **संपीडन अनुपात** (Compression Ratio)—कुल आयतन तथा क्लीयरेन्स आयतन के अनुपात को संपीडन अनुपात कहते हैं। इसे r द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

$$r = \frac{V}{V_C}$$

$$r = \frac{V_C + V_S}{V_C}$$

पेट्रोल इंजन के लिए संपीडन अनुपात 7 : 1 से 9 : 1 के बीच होता है।
डीजल इंजन के लिए संपीडन अनुपात 15 : 1 से 18 : 1 के बीच होता है।

8. **पिस्टन स्पीड** (Piston Speed)—इसे '2 LN' द्वारा ज्ञात किया जाता है।

जहां L = Stroke length (m)
N = engine speed (rpm)

6.4 डीजल इंजन-क्रिया विधि एवं वर्गीकरण

डीजल इंजन को स्ट्रोकों के आधार पर मुख्यत: दो वर्गों में विभाजित किया गया है—

1. दो-स्ट्रोक इंजन (Two stroke engine)
2. चार-स्ट्रोक इंजन (Four stroke engine)

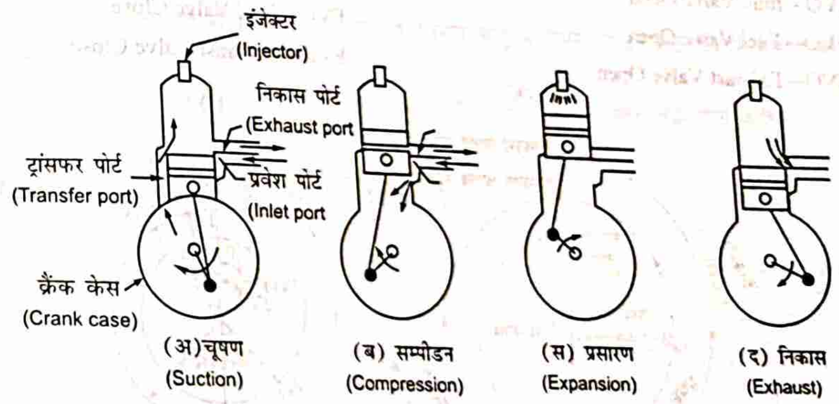
6.4.1 चार स्ट्रोक डीजल इंजन

चार स्ट्रोक डीजल की क्रिया विधि **अध्याय 2** के भाग 2.5.8 में वर्णित है।

6.4.2. दो-स्ट्रोक डीजल इंजन

इस इंजन में कार्यकारी (Working stroke) स्ट्रोक क्रैंक के 360° घुमाव पर प्राप्त हो जाता है तथा पिस्टन एक बार BDC पर आता है तथा एक बार TDC पर आता है अर्थात् पिस्टन दो बार गति करता है। वाल्व के स्थान पर पोर्ट लगे होता है। मुख्यत: तीन पोर्ट लगे होते हैं। प्रवेश पोर्ट, ट्रांसफर पोर्ट तथा निकास पोर्ट।

दो स्ट्रोक डीजल इंजन के चार चरण के दौरान पिस्टन की गति तथा पोर्ट के खुलने तथा बंद होने का सचित्र वर्णन निम्न है—



चित्र 6.3

1. **चूषण स्ट्रोक** (Suction Stroke)—इस स्ट्रोक में पिस्टन BDC से TDC की ओर बढ़ता है तथा प्रवेश द्वार एवं निकास द्वार दोनों खुल जाते हैं जिससे ताजी वायु (Fresh air) प्रवेश द्वार के रास्ते क्रैंक केश में प्रवेश करती है। क्रैंक केश के माध्यम से यह इंजन सिलेण्डर में आता है।

2. **सम्पीडन स्ट्रोक** (Compression Stroke)—इस स्ट्रोक में जब पिस्टन ऊपर की ओर बढ़ता है तो प्रवेश द्वार तथा निकास द्वार दोनों बंद हो जाते हैं। वायु संपीडित होकर अंतरण द्वार (Transfer Port) के माध्यम से इंजन सिलेण्डर में प्रवेश करती है।

3. **प्रसारण स्ट्रोक** (Expansion Stroke)—संपीडन स्ट्रोक के दौरान जब पिस्टन TDC पर पहुँचता तो इन्जेक्टर की सहायता से डीजल (ईंधन) फुहार के रूप में ईंधन सिलेण्डर में प्रवेश करता तथा उच्च संपीडन अनुपात के कारण स्वत: जलने लगता है। दहन के फलस्वरूप इंजन सिलेण्डर के दाब में वृद्धि होती है। जिससे पिस्टन नीचे की ओर गति करता है। पिस्टन की गति संयोजक दण्ड (Connecting rod) एवं क्रैंक के माध्यम से क्रैंक शाफ्ट पर यांत्रिक कार्य के रूप में प्राप्त होता है।

4. निकास स्ट्रोक (Exhaust Stroke)—जब पिस्टन नीचे की ओर बढ़ते हुए इस स्थिति में पहुँचता है, निकास द्वार खुलने लगता है तब इंजन सिलेण्डर के भीतर दहन गैसें (बची हुई गैसें) निकास द्वार से बाहर निकलने लगती हैं। इस प्रकार एक चक्र पूरा हो जाता है तथा इंजन पुन: वायु के चूषण के लिए तैयार हो जाता है।

6.5 वाल्व समयांकन आरेख (Valve Timing Diagram)

वाल्व समयांकन आरेख में इंजन के विभिन्न स्ट्रोक के दौरान प्रवेश तथा निकास एवं ईंधन वाल्वों की TDC तथा BDC के सापेक्ष खुलने तथा बंद होने का समय/स्थिति दिखाया जाता है। यह 4-Stroke इंजन के लिए बनाया जाता है। चित्र में सैद्धान्तिक तथा वास्तविक दोनों आरेख प्रदर्शित किये गये हैं।

प्रवेश वाल्व खुला (IVO)—TDC के 10° से 25° पहले

प्रवेश वाल्व बंद (IVC)—BDC के 25° से 50° बाद

फ्यूल वाल्व खुला (FVO)—TDC के 5° से 10° पहले

फ्यूल वाल्व बंद (FVC)—TDC के 15° से 25° बाद

निकास वाल्व खुला (EVO)—BDC के 30° से 50° पहले

निकास वाल्व बंद (EVC)—TDC के 15° से 25° बाद

TDC—Top Dead Centre

IVO—Inlet Valve Open

FVO—Fuel Valve Open

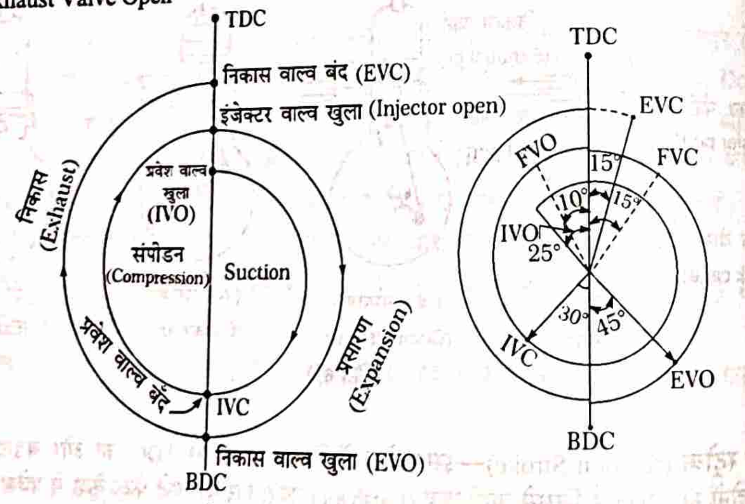
EVO—Exhaust Valve Open

BDC—Bottom Dead Centre

IVC—Inlet Valve Close

FVC—Fuel Valve Close

EVC—Exhaust Valve Close



चित्र 6.4—Valve timing Diagram

6.6 डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र के मुख्य अवयव (Main Component of Diesal Engine Power Plant)

डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र में मुख्यत: निम्न अवयव होते हैं—

1. इंजन (Engine)
2. वायु प्रवेश तंत्र (Air Intake System)
3. इंजन निकास तंत्र (Engine Exhaust System)
4. ईंधन तंत्र (Fuel System)
5. शीतक तंत्र (Cooling System)
6. स्नेहन तंत्र (Lubrication System)
7. इंजन स्टार्टिंग तंत्र (Engine Starting System)

6.6.1 इंजन (Engine)

डीजल इंजन के अवयय, क्रिया विधि का वर्णन पिछले अनुच्छेदों में किया जा चुका है।

6.6.2 वायु प्रवेश तंत्र (Air Intake System)

वायु प्रवेश तंत्र के माध्यम से शुद्ध वायु (Fresh air) वातावरण से पाइपों या डक्ट (Duct) द्वारा इंजन मैनिफोल्ड में प्रवेश कराते हैं। हम जानते हैं कि डीजल इंजन में वायु की आवश्यकता होती है। वायु को इंजन मैनिफोल्ड (Manifold) में प्रवेश कराने से पूर्व इसे फिल्टर की सहायता से छानते हैं। यदि फिल्टर का प्रयोग न किया जाए तो अशुद्धियाँ भी वायु के साथ प्रवेश कर सकती हैं, जिससे इंजन में टूट-फूट हो सकती है तथा इंजन का कार्य भी प्रभावित होगा।

मुख्यत: फिल्टर के रूप में निम्न फिल्टरों का प्रयोग करते हैं—

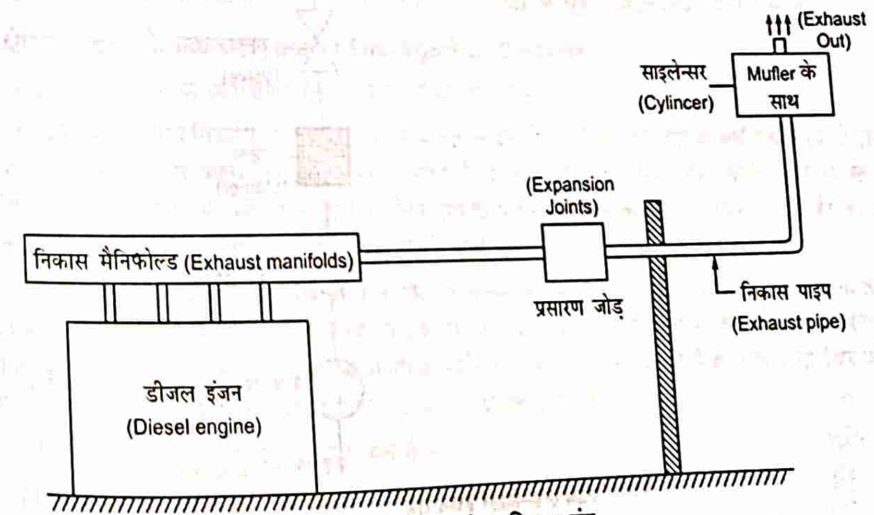
- शुष्क बाथ (Dry Bath)
- तेल बाथ (Oil Bath)
- इलेक्ट्रोस्टैटिक प्रेसिपिटेटर (Electrostatic Precipitator)

फिल्टर के साथ एक मफलर (Muffler) का प्रयोग किया जाता है जिससे इस तंत्र द्वारा उत्पन्न आवाज कम हो सके।

वायु प्रवेश तंत्र का चुनाव करते समय निम्न सावधानियाँ बरतनी पड़ती हैं—

1. वायु प्रवेश तंत्र इंजन कक्ष में नहीं होना चाहिए।
2. वायु को सीमित क्षेत्र से प्रवेश कराना होता है जिससे वायु में कम्पन न हो तथा तंत्र में कम्पन की समस्या उत्पन्न न हो।
3. वायु प्रवेश तंत्र में प्रयुक्त पाइपों का व्यास न बहुत छोटा होना चाहिए न बहुत बड़ा होना चाहिए।
4. फिल्टर का प्रकार एवं स्थान का चयन उपयुक्त होना चाहिए।

6.6.3 इंजन निकास तंत्र (Engine Exhaust System)



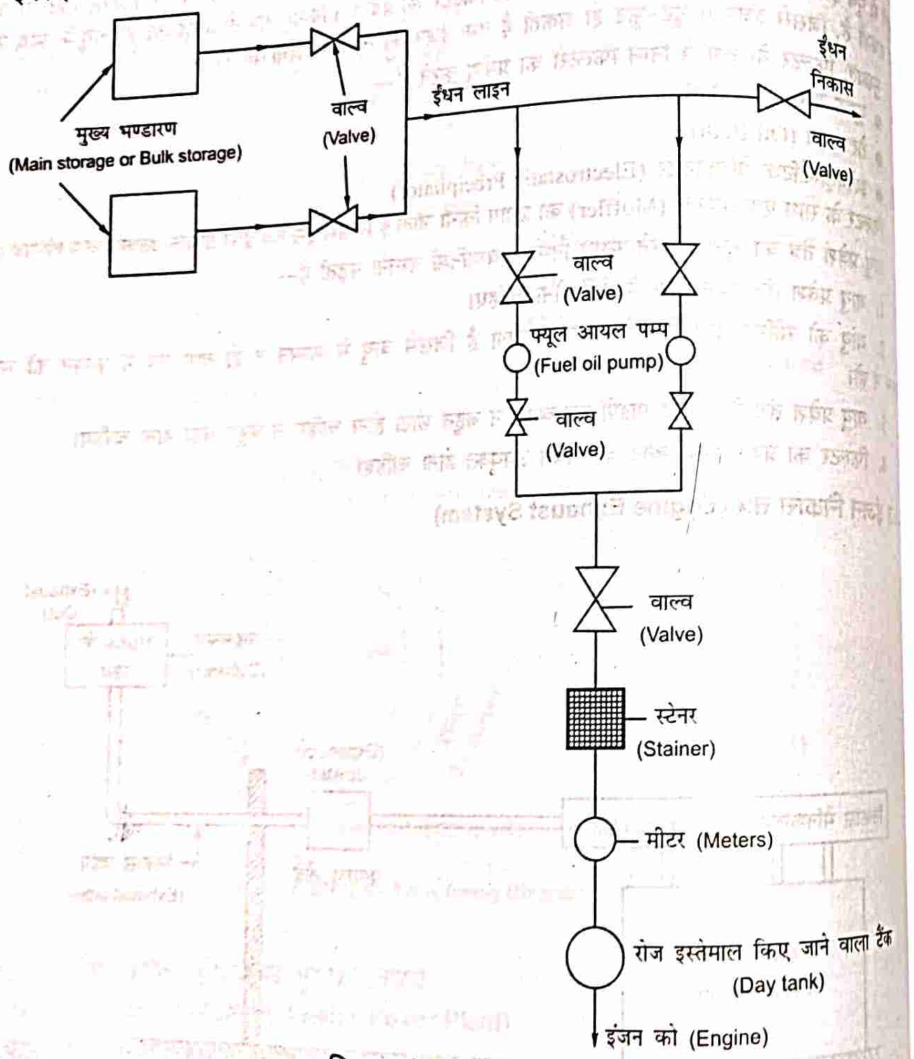
चित्र 6.5-इंजन निकास तंत्र

इंजन निकास तंत्र का उपयोग इंजन में बचे गैसों को वायुमण्डल में छोड़ने में किया जाता है। इंजन निकास तंत्र संयन्त्र बाहरी छोर पर लगा होता है। निकास मैनिफोल्ड, इंजन सिलेण्डर के निकास बिन्दू पर पाइपों द्वारा जुड़ा होता है। मफलर प्रयोग से तंत्र के अंदर उत्पन्न आवाज को नियंत्रित किया जाता है जिससे तंत्र में कम्पन नहीं उत्पन्न होता है।

निकास पाइपों को ठण्डा करने के लिए, जल जैकेट (Water jacket) तथा वायु जैकेट (Air jacket) का प्रयोग किया जाता है। कुछ संयन्त्रों में ऊष्मा विनियमित्र की सहायता से निकास गैसों का भी प्रयोग किया जाता है।

6.6.4. इंजन ईंधन तंत्र (Engine Fuel System)

इंजन ईंधन तंत्र का रेखीय आरेख नीचे है—



चित्र 6.6–इंजन ईंधन तंत्र

उपरोक्त चित्र में शक्ति संयन्त्र के ईंधन तंत्र के मुख्य भण्डारण में ईंधन (डीजल) को टैंकरों की सहायता से ले आते हैं। मुख्य भण्डारण से वाल्वों की सहायता से डीजल को ईंजन में प्रवेश करते हैं। इंजन सिलेण्डर से पूर्व इसे एक छोटे टैंक में फिल्टर (स्टेनर) तथा मीटर की सहायता से प्रवेश कराते हैं। मुख्य भण्डारण से ईंधन पाइपों में डीजल लाने के लिए फ्यूल पम्प (Fuel pump) का इस्तेमाल किया जाता है।

ईंधन तंत्र के सुचारू रूप से कार्य करने के लिए निम्न बातें विचारणीय होती है—

1. पाइप लाइनों को सुचारू रूप से चालने के लिए समय-समय पर सफाई होनी चाहिए।
2. पाइपों का जोड़ मजबूत होना चाहिए।
3. पाइपों के अंदर का दाब अनुपातिक होना चाहिए।
4. फिल्टरों का प्रयोग उचित स्थान पर होना चाहिए।
5. अशुद्धियों को स्टेनर (Stainer) की सहायता से पृथक् करना चाहिए।

6.6.5 ईंधन अंतःक्षेपण निकाय (Fuel Injection System)

ईंधन तंत्र का यांत्रिक भाग ईंधन अंतःक्षेपण निकाय कहलाता है। हम जानते हैं कि डीजल इंजन में संपीडन स्ट्रोक के अंत में डीजल (ईंधन) को स्प्रे के रूप में इंजन सिलेण्डर में प्रवेश कराते हैं।

इंजन में ईंधन अंतःक्षेपण निकाय के प्रमुख कार्य निम्नलिखित हैं—

- ईंधन को फिल्टर करना।
- इंजन पर भार एवं इंजन की गति के अनुसार प्रत्येक चक्र में ईंधन को अंतःक्षेपित करना।
- ईंधन को महीन कणों के रूप में विच्छेदित (कणीकरण atomisation) करना।
- कणीकृत (Atomised) ईंधन को फुहार (Spray) के रूप में वायु के साथ शीघ्रतापूर्वक मिश्रण तैयार करना। (Rapid Mixing)
- बहु सिलेण्डर (Multi-cylinder) इंजनों में विभिन्न सिलेण्डरों में मापित ईंधन को समान मात्रा में वितरित करना।
- सुगठित (Compact) होना चाहिए अर्थात् कम स्थान घेरता हो।
- हल्का (Light weight) होना चाहिए।
- निर्माण (Manufacturing) एवं रख-रखाव (Maintance) या सुधार (Repair) लागत कम हो।

अंतःक्षेपण निकाय के प्रकार (Types of Fuel Injection System)

मुख्यत: दो प्रकार के अंतःक्षेपण निकाय प्रयोग किए जाते हैं—

1. वायु अंतःक्षेपण निकाय (Air Injection System)—इस विधि में वायु को बहुपदी संपीडक में 60 से 70 kg/cm^2 तक संपीडित करके ईंधन वाल्व (Fuel valve) में भेजते हैं। ईंधन वाल्व, कैम शाफ्ट द्वारा यांत्रिक कड़ियों के माध्यम से प्रचालित होता है। ईंधन को भी कैम शाफ्ट द्वारा प्रचालित पम्प के माध्यम से ईंधन वाल्व में पम्प किया जाता है। जब ईंधन वाल्व खुलता है तो संपीडित वायु अपने साथ ईंधन को भी ले जाती है।

2. वायुहीन या यांत्रिक या ठोस अन्तःक्षेपण (Airless or Mechanical or solid Air injection System)—अंतःक्षेपण की इस विधि में ईंधन को प्राथमिक कणीकरण (Atomisation) किए बिना सीधे सिलेण्डर में अंतःक्षेपित किया जाता है। ईंधन को ईंधन पम्प में उच्च दाब तक संपीडित करके अंतःक्षेपक (Injector) में भेजा जाता है जो ईंधन को छोटे-छोटे कणों के रूप सम्पीडन स्ट्रोक के अंत में सिलेण्डर में अंतःक्षेपित करता है।

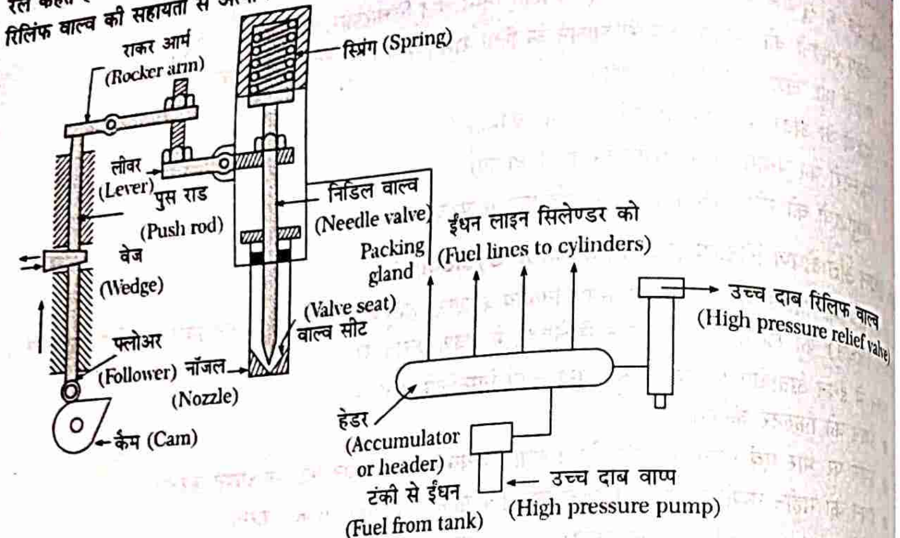
मुख्यत: तीन प्रकार के इस्तेमाल किए जाते हैं—

(a) कॉमन रेल अंतःक्षेपण निकाय (Common Rail Injection System)

(b) व्यष्टि पम्प अंतःक्षेपण निकाय (Individual Pump Injection System)

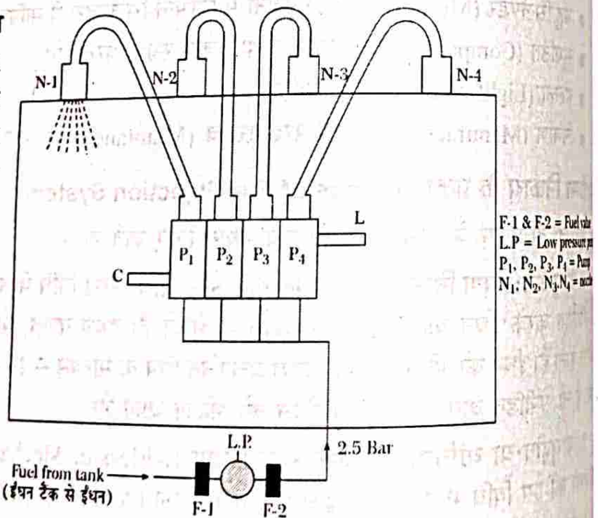
(c) वितरक निकाय (Distributor System)

(a) कॉमन रेल अंत:क्षेपण निकाय (Common Rail Injection System)—इस निकाय में एक उच्च दाब पम्प होता है जिसमें एक दाब नियंत्रक (Pressure regulator) लगा होता है। पम्प की सहायता से ईंधन को हेडर जिसे हम रेल कहते हैं में ले जाते हैं तथा अंत:क्षेपक (Injector) की सहायता से इसे इंजन सिलेण्डर में प्रवेश कराते हैं। उच्च रिलिफ वाल्व की सहायता से अत्यधिक दाब को बाहर निकालते हैं।



चित्र 6.7 : Common Rail System

(b) व्यष्टि पम्प अंत:क्षेपण निकाय (Individual Pump Injection System)—इस निकाय में प्रत्येक इंजन के लिए अलग-अलग पम्प का इस्तेमाल किया जाता है। प्रत्येक पम्प इंजन सिलेण्डर से जुड़ा होता है। पम्प को नॉजल की सहायता से सिलेण्डर से जोड़ा जाता है। पम्प ईंधन तथा वायु को सही अनुपात तथा सही समय पर इंजन सिलेण्डर में प्रवेश करता है। नॉजल में एक प्रदाय वाल्व (Delivery valve) लगा होता है जो कि ईंधन के दाब से खुलता तथा बंद होता है।



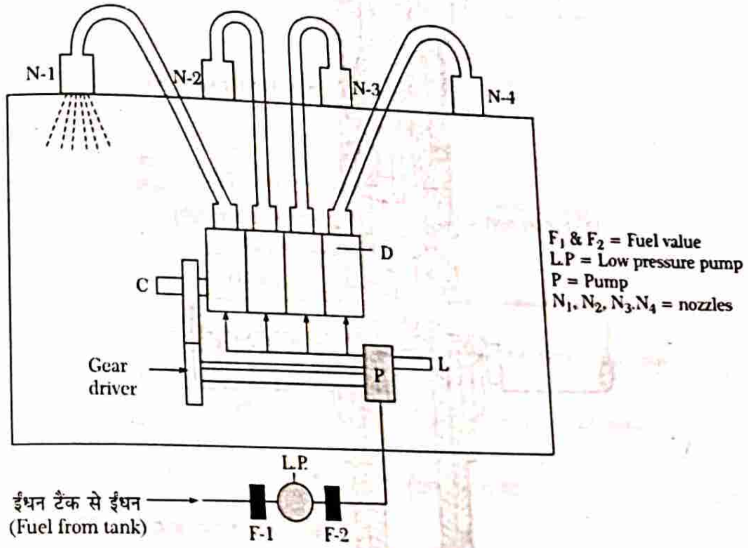
चित्र 6.8 : Individual Pump System

(c) वितरक निकाय (Distributer System)—इस निकाय में ईंधन को एक बिन्दु पर मापा (Meter) जाता है जहाँ से पम्प में प्रवेश करता है।

पम्प के मुख्य कार्य हैं—

- दाब बढ़ाता है।
- दाब के बाद इसे मापता है।
- अंत:क्षेपण समय (Injection timing) भी निर्धारित करता है।

ईंधन इस पम्प से सभी सिलिण्डरों में एक कैम प्रचालित पोपेट वाल्व की सहायता से सभी सिलेण्डरों में प्रवेश (सही फायरिंग क्रम) करता है।



चित्र 6.9 : Distributor System

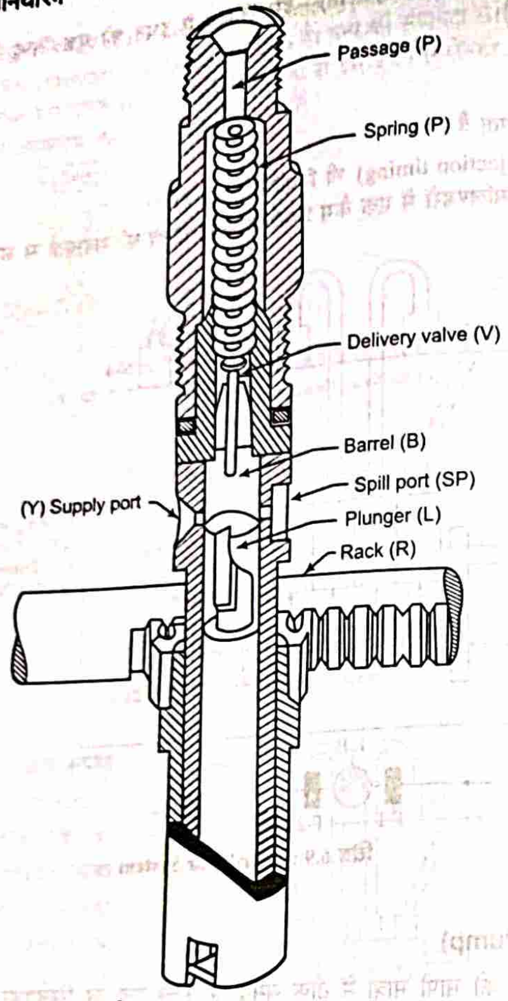
6.6.5.1 ईंधन पम्प (Fuel Pump)

इसका प्रमुख कार्य ईंधन को मापी मात्रा में ठीक समय पर उच्च दाब पर सिलेण्डर में अंत:क्षेपक (Injector) पहुँचाना होता है।

ईंधन पम्प का आरेख निम्नलिखित है—

इसके प्रमुख अवयय हैं—

- सिलेण्डर या बैरल (Cylinder or Barrel)
- हाऊसिंग (Housing)
- प्लंजर (Plunger)
- वितरक (Distributer)
- वाल्व (Valve)
- वाल्व नियंत्रक (Valve Controller)
- वाल्व एवं नियंत्रक रैक (Valve and Control Rack)



चित्र 6.10 : Bosch fuel pump

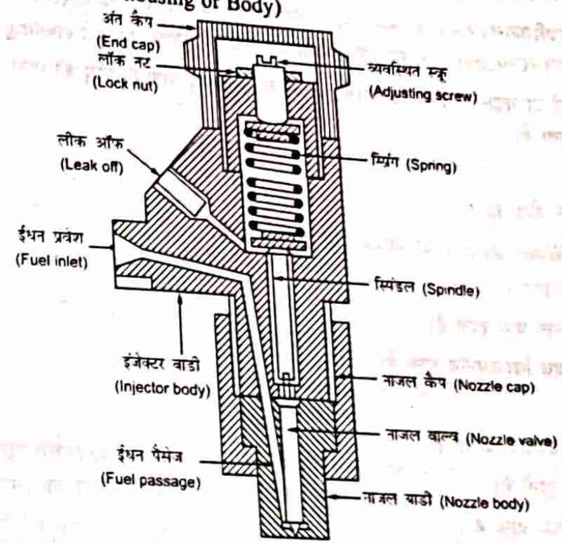
प्लंजर का ऊपरी हिस्सा एक कुण्डली (Coil) के आकार में Helical खांचा (Groove) आकृति का बना होता है। पम बैरल में त्रिज्यीय दिशा में एक-दूसरे के सामने दो छिद्र (Hole) होते हैं। ये छिद्र प्रवेश द्वार (Inlet port) एवं नियंत्रक द्वा (Control port) कहलाते हैं। प्लंजर (Plunger) एक कैम तथा टैपिट (Tappet) द्वारा परिचालित होता है। बैरल में सबसे ऊ एक कमानी-भारित (Spring loaded) प्रदाय वाल्व (Delivery valve) होता है। पम्प का ऊपरी सिरा एक नली द्वारा सिलेण्ड के अंतःक्षेपक (Injector) से जुड़ा होता है। ईंधन की मात्रा को प्रत्येक (स्ट्रोक) (Stroke) में नियंत्रित करने के लिए रैक त पिनियन (Rack and Pinion) की व्यवस्था होती है, जो प्लंजर को घुमाता है।

6.6.5.2 ईंधन अंतःक्षेपक (Fuel Injector)

इसका प्रमुख कार्य पम्प से प्राप्त ईंधन को कणीकृत (Atomise) करके अत्यन्त छोटे कणों में दहन कक्ष में प्रवेश करान होता है। इसके अलावा शीघ्र तथा सम्पूर्ण दहन सुनिश्चित करना होता है। ईंधन को कणीकृत करने के लिए छोटी-सी मुखिका (Orifice) से उच्च दाब पर गुजारा जाता है।

मुख्य अवयव

1. एक सुई वाल्व (Needle valve)
2. संपीडन कमानी (Compression spring)
3. नॉजल (Nozzle)
4. अंतःक्षेपक हाऊसिंग (Injector housing or Body)



चित्र 6.11 : ईंधन अंतःक्षेपक

क्रिया विधि सिद्धान्त (Working Principle)

फ्यूल इंजेक्टर (Fuel injector) से उच्च दाब पर आने वाले ईंधन को दाब चैम्बर (Pressure chamber) में प्रवेश कराके जब कमानी (Spring) बल के विरूद्ध पर्याप्त दाब डालती है तो नॉजल वाल्व ऊपर की ओर उठाता है तो डीजल सिलेण्डर में सूक्ष्म फुहारित कणों के रूप में अंतःक्षेपित (Inject) होता है।

प्रदाय पम्प (Delivery pump) से आने वाला ईंधन के समाप्त होते ही स्प्रिंग का दाब, नॉजल वाल्व को पुनः अपनी सीट (Seat) पर ले आता है।

स्प्रिंग का दबाव वाल्व पर समायोजक पेंच (Adjusting screw) को समायोजित कर निर्धारित किया जाता है।

6.6.6. इंजन कूलिंग तंत्र (Engine Cooling System)

अंतर्दहनों (डीजल इंजन) इंजनो में ईंधन का दहन इंजन सिलेण्डर के अंदर होता है, फलस्वरूप अत्यधिक मात्रा में ऊष्मा उत्पन्न होती है। उत्पन्न ऊष्मा का कुछ ही भाग यांत्रिक कार्य में परिवर्तित होता है। शेष बची ऊष्मा इंजन तथा अन्य पार्ट प दुष्प्रभाव डालते हैं।

प्रमुख दुष्प्रभाव निम्नलिखित हैं—

- पिस्टन के अत्यधिक गर्म होने से वह सीज (Sieze) हो सकता है तथा उसके सामर्थ्य में कमी आती है।
- इंजन में तापीय प्रतिबल (Thermal stress) उत्पन्न होता है।
- इंजन में स्नेहकों के जलने से कार्बन जम जाता है।
- आयतनिक दक्षता (Volumetric efficiency) भी घट जाती है।

उपरोक्त दुष्प्रभावों को रोकने के लिए इंजन शीतलक तंत्र का प्रयोग किया जाता है।

मुख्यत: दो प्रकार के शीतलन विधियाँ होती हैं—

1. वायु शीतलन (Air cooling)
2. जल शीतलन (Water cooling)

6.6.6 (1) वायु शीतलन (Air Cooling)—इस शीतलन विधि में सिलेण्डर के अंदर की गर्म गैसों को वातावरणीय वायु की सहायता से संवहित (Connective) करते हैं। इसे प्रत्यक्ष शीतलन विधि (Direct cooling system) भी कहते हैं। ऊष्मा अंतरण की दर बढ़ाने के लिए फिन्स (Fins) का प्रयोग किया जाता है। वायु की मात्रा बढ़ाने के लिए पंखों (Fans) का इस्तेमाल किया जाता है।

लाभ

- डिजाइन सरल होता है।
- जल जैकेट (Water jacket) की आवश्यकता नहीं होती है।
- खतरनाक नहीं होते हैं।
- रख-रखाव लागत कम होता है।
- निकाय सस्ता एवं विश्वसनीय होता है।

हानियाँ

- निकाय अधिक आवाज करता है।
- असमान कूलिंग होती है।
- शीतलन क्षमता कम होती है।

6.6.6. (2) जल शीतलन (Water Cooling)—इस विधि में इंजन सिलेण्डर के चारों ओर पानी का एक जैकेट (Water jacket) लगा होता है। जिसमें जल संचारित (Circulate) किया जाता है। पानी क्रैंक शाफ्ट चलित पम्प द्वारा जैकेट में प्रवेश करता है। सिलेण्डर एवं सिलेण्डर हेड में जल संचरित होकर गर्म हो जाता है तथा रेडिएटर में वायु के द्वारा ठण्डा किया जाता है। रेडिएटर में ठण्डे हुए जल को निचली टंकी में संग्रहित कर पम्प के द्वारा पुन: पानी के जैकेट में संचारित किया जाता है। रेडिएटर में पंखें की सहायता से वायु संचरण दर बढ़ायी जाती है।

पानी के संचरण के आधार पर जल शीतलन को मुख्यत: निम्न वर्गों में वर्गीकृत किया गया है—

(a) थर्मो-साइफन तंत्र (Thermosyphon System)

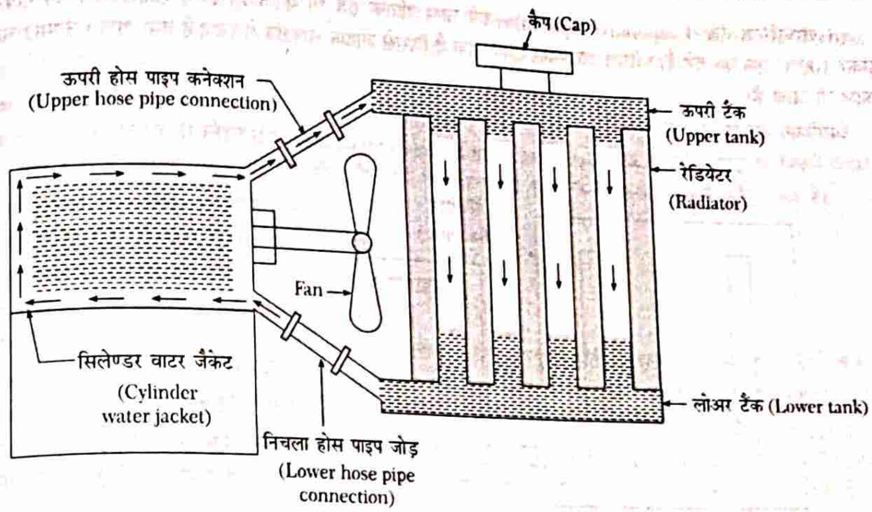
(b) पम्प या प्रणेदित तंत्र (Pump or Forced System)

(c) थर्मोस्टैटिक तंत्र (Thermostatic Regulator System)

(d) प्रैशराइजर तंत्र (Pressuriser Cooling System)

(e) वाष्पित्र तंत्र (Evaporative System)

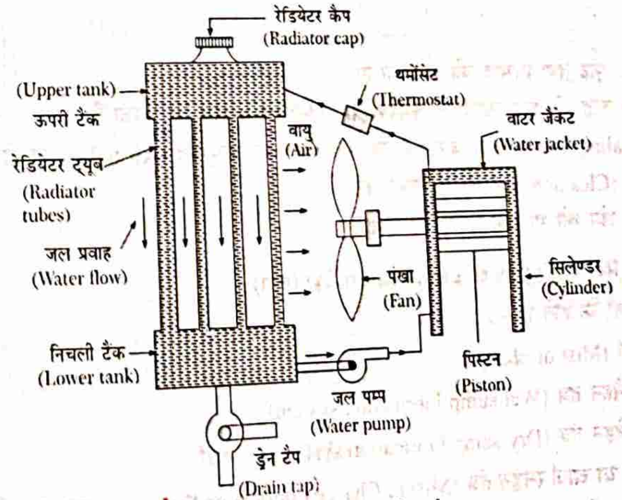
(a) थर्मो-साइफन तंत्र—हम जानते हैं कि यदि पानी को गर्म कर दिया जाए तो वह हल्का हो जाता है। जिससे उसे बाहर निकालने में आसानी होती है। यह तंत्र इसी सिद्धान्त पर कार्य करता है। इसमें रेडिएटर के ऊपरी भाग को वाटर जैकेट के ऊपरी हिस्से से जोड़ देते हैं तथा निचले भाग को निचले हिस्से से।



चित्र 6.12 : Thermo-syphon cooling

(b) पम्प या प्रणोदित तंत्र (Pump or Forced Circulation Cooling System)—इस तंत्र में वाटर जैकेट में पानी को प्रवाहित करने के लिए पम्प का इस्तेमाल किया जाता है। पम्प मुख्यत: इंजन के बेल्ट द्वारा चलता है।

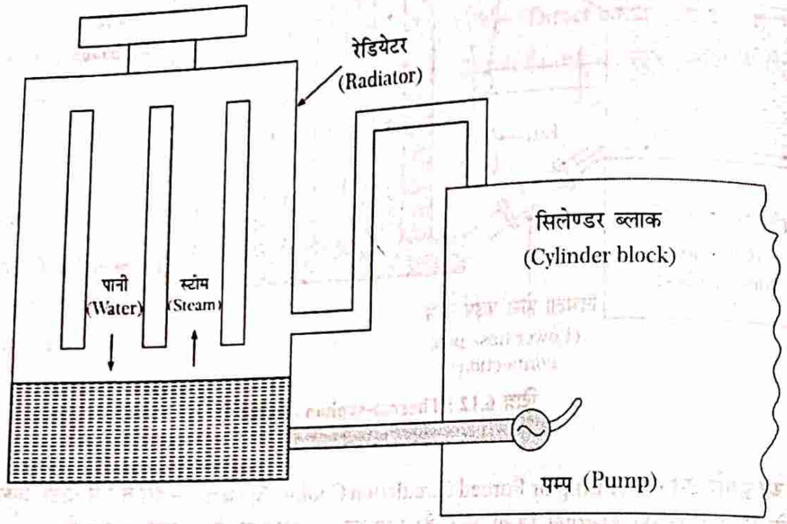
(c) प्रैशराइजर कूलिंग तंत्र (Pressuriser Cooling System)—हम जानते हैं कि यदि जल का तापमान के साथ दाब में भी वृद्धि कर दें तो ऊष्मा अंतरण भी बढ़ जाती है। इस तंत्र में इसी सिद्धान्त का प्रयोग किया जाता है। इस तंत्र के द्वारा अधिक मात्रा में ऊष्मा अंतरण किया जा सकता है। यह तंत्र एक अन्य वाल्व का इस्तेमाल करता है जिसे निर्वात वाल्व कहते हैं। सेफ्टी वाल्व एवं रिलिफ वाल्व का भी प्रयोग किया जाता है।



चित्र 6.13 : पम्प का प्रवाहित तंत्र

(d) वाष्पनिक तंत्र (Evaporative System)—इसे वाष्प शीतक तंत्र भी कहते हैं। इसमें शीतल जल का तापमान बढ़ाकर 100°C तक कर देते हैं। परिपथ इस प्रकार तैयार होता है जिससे शीतक जल तंत्र में रहता है तथा वाष्प (ऊष्मा) बाहर निकाल दी जाती है।

व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 6.14—Evaporative System

6.6.7 इंजन स्नेहक तंत्र (Engine Lubrication System)

इंजन सिलेण्डर के अंदर गतिशील पार्ट के बीच घर्षण को कम करने के लिए प्रयुक्त पदार्थ को ल्यूब्रीकेन्ट कहते हैं तथा यह प्रक्रिया ल्यूब्रीकेशन या स्नेहन कहलाती है।

स्नेहक के कार्य

- पूर्जों के टूट-फूट तथा घिसाव को कम करना।
- शीतलन की तरह भी कार्य करता है, क्योंकि यह ऊष्मा का अंतरण भी करता है।
- सीलिंग (Sealing) का भी कार्य करता है जिससे निकाय को वायु बंद (Air tight) बना देता है।
- सफाई कार्य (Cleaning action) भी करता है।
- कम्पन्न तथा शोर को भी कम करता है।

इंजन स्नेहन तंत्र के प्रकार (Types of Lubrication System)

मुख्यत: तीन प्रकार के होते हैं—

(a) मिश्र या चार्ज (Mist or charge)

(b) गीली हौदी स्नेहन तंत्र (Wet sump lubrication system)

(c) शुष्क हौदी स्नेहन तंत्र (Dry sump lubrication system)

6.6.7.1 (a) मिश्र या चार्ज स्नेहन तंत्र (Mist or Charge Lubrication System)—इस प्रणाली में इंजन में ईंधन के साथ 2 से 3 प्रतिशत स्नेहन मिलाकर ईंधन टंकी (Fuel tank) में भर दिया जाता है। जब ईंधन तथा तेल का मिश्रण क्रैंक केस में प्रवेश करता है तो गैसोलिन वाष्पित हो जाता है और स्नेहन कोहरे (Mist) के रूप में इंजन सिलेण्डर में प्रवेश करता है। क्रैंक

केश की दीवारों पर पड़ने वाला तेल क्रैंक शाफ्ट मुख्य बियरिंगों एवं संयोजक दण्ड बियरिंगों का स्नेहन करता है तथा सिलेण्डर में जाने वाला तेल पिस्टन, पिस्टन रिंगों एवं सिलेण्डर का स्नेहन करता है। इसके निम्न अवयय नहीं होते हैं—

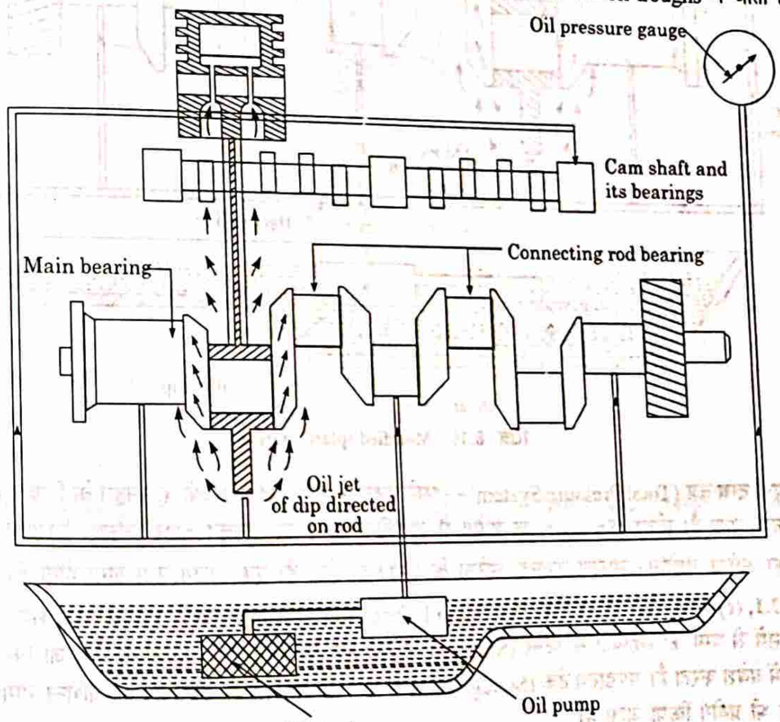
- तेल हौदी (Oil Sump)
- फिल्टर (Filter)

6.6.7.1 (b) गीली हौदी स्नेहन तंत्र (Wet Sump Lubrication System)—इस तंत्र के क्रैंक शाफ्ट के निचले हिस्से में हौदी बनी होती है जिसमें स्नेहन तेल भरा होता है। हौदी से स्नेहन तेल इंजन के विभिन्न पूर्जों को भेजा जाता है।

यह मुख्यत: तीन प्रकार का होता है—

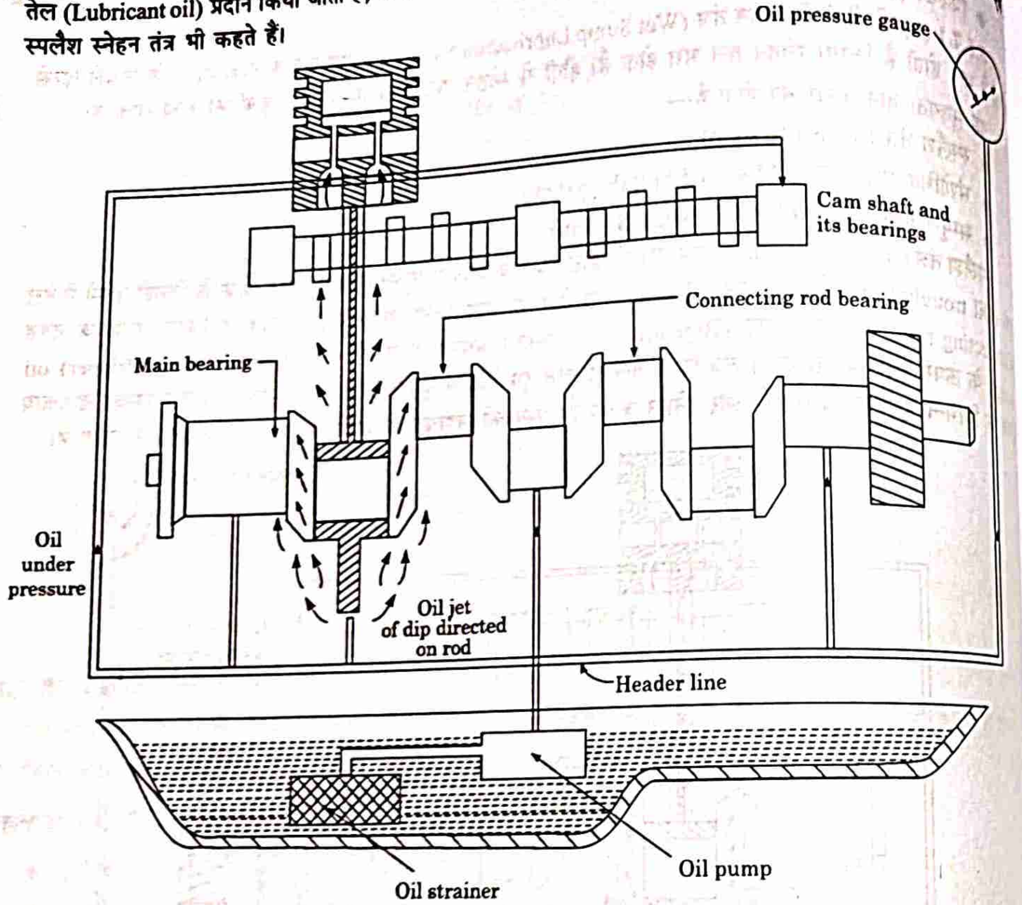
- स्प्लैश तंत्र (Splash System)
- संशोधित स्प्लैश तंत्र (Modified Splash System)
- सम्पूर्ण दाब प्रणाली (Total Pressure System)

स्प्लैश तंत्र (Splash System)—यह प्रणाली छोटे इंजनों के लिए उपयुक्त होती है। इसमें क्रैंक के निचले हिस्से में तेल ट्रफ (Oil troughs) बने होते हैं। इस oil trough में तेल का स्तर इतना बनाए रखना पड़ता है जिससे संयोजक दण्ड (Connecting rod) का ऊपरी सिरा (Bigend) अपनी निम्नतम अवस्था में हो तो तब उसमें लगा ड्रिपर (Dripper) oil trough के ऊपरी सिरों को छू सके। जब ड्रिपर तेल को छूते हुए तेजी से घूमता है तो अपने साथ कुछ तेल उसका छिड़काव इंजन के विभिन्न पूर्जों पर करता है और स्नेहन करता है। पम्प की सहायता से हौदी से तेल oil troughs में जाता है।



चित्र 6.15 : स्प्लैश प्रणाली

संशोधित स्प्लैश प्रणाली (Modified Splash System)—यह बड़े इंजनों में प्रयोग किया जाता है। इसमें कैम शाफ्ट बियरिंगों (Cam shaft bearing) एवं मुख्य बियरिंग (Main bearing) को एक पम्प की सहायता से अधिक दाब पर स्नेहक तेल (Lubricant oil) प्रदान किया जाता है, जबकि अन्य पूर्जों पर स्प्लैश प्रणाली का प्रयोग किया जाता है। इसे दाब भरण स्प्लैश स्नेहन तंत्र भी कहते हैं।

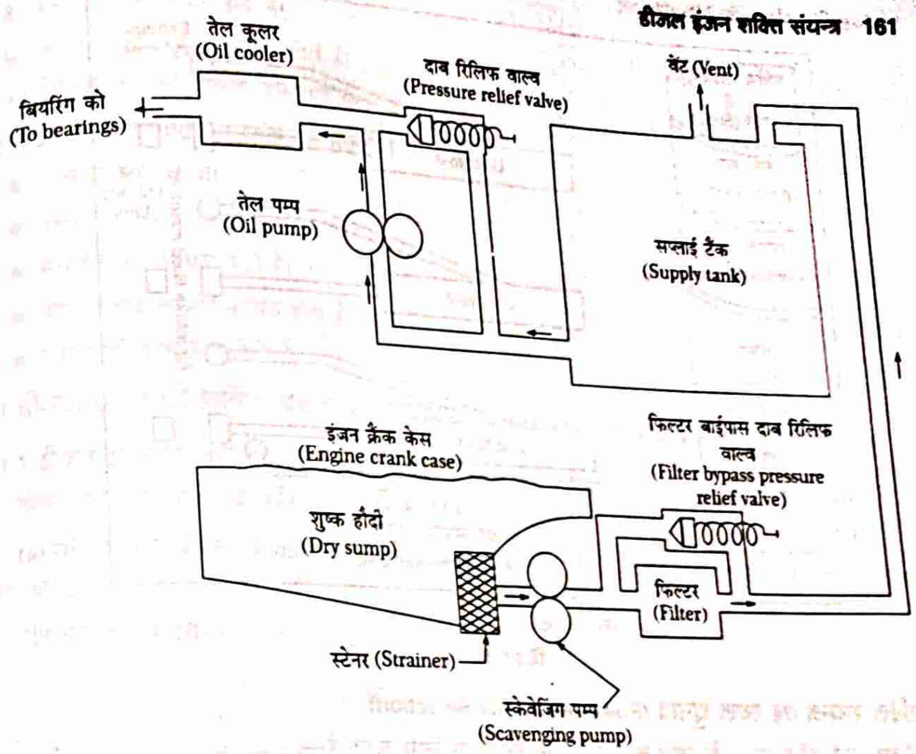


चित्र 6.16—Modified splash System

सम्पूर्ण दाब तंत्र (Total Pressure System)—इसमें इंजन के सभी पूर्जों/अवयवों के स्नेहन के लिए एक तेल पम्प का उपयोग किया जाता है। स्टेनर (Strainer) के प्रयोग से अवांछित पदार्थ को छानकर बाहर निकाल लिया जाता है।

इसका आरेख संशोधित स्प्लैश प्रणाली आरेख के समान ही होता है। एक अलग पम्प लगा होता है।

6.6.7.1. (c) शुष्क हौदी स्नेहन तंत्र (Dry Sump Lubrication System)—इसमें मुख्यत: एक शुष्क तेल हौदी बनी होती है जिसमें से पम्प की सहायता से स्टेनर (Strainer) से होते हुए तेल (स्नेहक), भण्डारण टैंक जो कि इंजन के बाहर होता है उसमें प्रवेश करता है। भण्डारण टैंक (Storage tank) से पम्प की सहायता से यह इंजन के विभिन्न भागों में पहुँचता है। फिल्टरों का भी प्रयोग किया जाता है।



चित्र 6.17 : Dry sump lubrication system

6.6.8 इंजन स्टार्टिंग तंत्र (Engine Starting System)

डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र में डीजल इंजन को शुरू करने के लिए मुख्यत: तीन विधियाँ हैं—

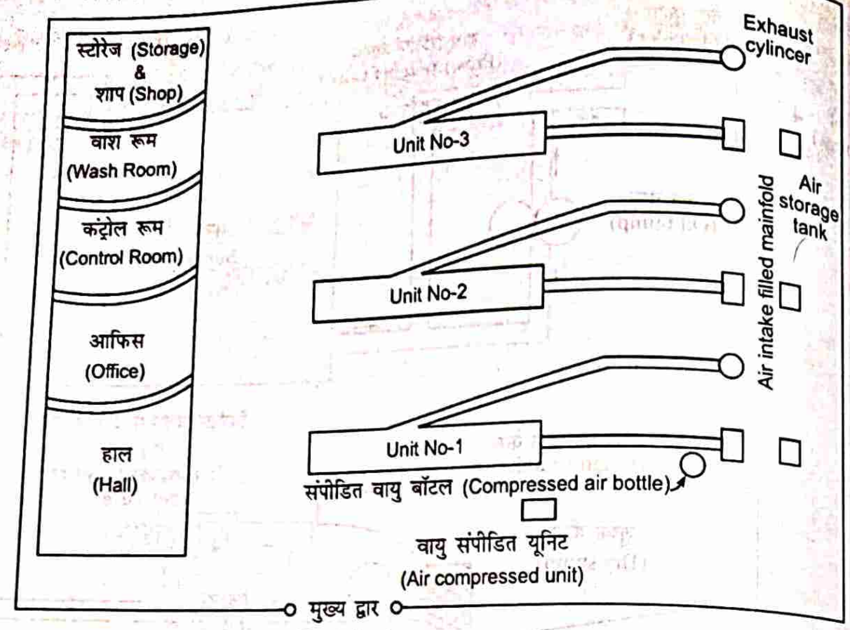
(a) अतिरिक्त छोटा इंजन लगाकर (By Auxillary Engine)

(b) विद्युत मोटर द्वारा (By Electric Motor or Self Starter)

(c) संपीडित वायु द्वारा (By Compressed Air)

6.7 ले-आऊट डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र (Layout of Diesel Engine Power Plant)

ले-आऊट डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र का व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 6.18

6.8 शक्ति संयन्त्र का स्थल चुनाव (Power Plant Site Selection)

डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र के स्थल का चुनाव निम्न घटकों पर निर्भर करता है—

1. प्राकृतिक स्थिति (जैसे—मृदा, मानसून, तापमान, आर्द्रता आदि)।
2. संयन्त्र तक पहुँचने का साधन।
3. भार निर्धारण सेन्टर से दूरी।
4. जल की उपलब्धता।
5 ईंधन परिवहन।
6. अन्य स्थानीय कारण।

6.9 डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र के लाभ

1. कम स्थान घेरता है।
2. डिजाइन सरल एवं सुगठित (Compact) होता है।
3. भार में बदलाव का तुरन्त अनुसरण करता है।
4. आसानी से शुरू हो जाता है।
5. शीतलन के लिए कम पानी की आवश्यकता होती है।
6. राख निवर्तन (Ash handling) की समस्या नहीं होती है।
7. प्रारम्भिक लागत कम होती है।
8. सस्ते ईंधन का प्रयोग होता है।
9. शक्ति उत्पादन क्षमता अधिक होती है।
10. निरीक्षण की आवश्यकता कम होती है।

6.10 डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र की हानियाँ

- उच्च प्रचालन लागत।
- उच्च रख-रखाव लागत।
- स्नेहन लागत अधिक होती है।
- आवाज तथा कम्पन्न अधिक होता है।
- संयन्त्र की आयु कम होती है।

6.11 डीजल इंजन की शक्ति, दक्षता एवं निष्पादन (Power, Efficiency and Performance)

6.11.1 डीजल इंजन की शक्ति

डीजल इंजन में मुख्यत: दो शक्तियों का उल्लेख किया जाता है—

(a) सूचित अश्व शक्ति (Indicated Horse Power) IP—दहन कक्ष में ईंधन के दहन से उत्पन्न कुल उपलब्ध शक्ति को सूचित अश्व शक्ति कहते हैं।

गणितीय रूप से इसे—

$$IP = \frac{nP_m\, LAN\, k}{60}\ \text{watt}$$

जहाँ n = सिलेण्डरों की संख्या

P_m = दाब (Mean effective pressure) (बार में)

L = स्ट्रोक की लम्बाई (Stroke length) (m में)

A = पिस्टन क्षेत्रफल (m^2)

$k = \frac{1}{2}$ for 4 stroke engine

$= 1$ for 2 stroke engine

2. ब्रेक अश्व शक्ति (Breake Horse Power) BHP—इंजन के आउट पुट शाफ्ट पर उपलब्ध शक्ति को ब्रेक अश्व शक्ति कहते हैं।

गणितीय रूप में

$$BHP = \frac{2\pi NT}{60 \times 1000}\ \text{Kw}$$

N = Speed in rpm

T = टार्क (Torque) kg/m में

6.11.2 डीजल इंजन की दक्षता

तापीय दक्षता (Thermal Efficiency)—यह सूचित कार्य (Indicated work) तथा प्रदत्त तापीय ऊर्जा (Th energy) का अनुपात होता है।

$$\eta_{th} = \frac{IHP}{w \times C.V.}$$

IHP = Indicated Horse Power

w = ईंधन का भार (Kg/m)

C.V. = ईंधन का ऊष्मीय मान (Calorific value)

ब्रेक तापीय दक्षता (Break Thermal Efficiency)—यह ब्रेक आउट पुट तथा प्रदत्त तापीय ऊर्जा का अनुपात है

$$\eta_B = \frac{BHP}{w \times C.V.}$$

यांत्रिक दक्षता (Mechanical Efficiency)—ब्रेक अश्व शक्ति (BHP) तथा सूचित अश्व शक्ति के अनुपा यांत्रिक दक्षता कहते हैं।

$$\eta_M = \frac{BHP}{IHP}$$

6.11.3 डीजल इंजन निष्पादन (Performance)

डीजल इंजन का निष्पादन हम ऊष्मा संतुलन पत्रक (Heat Balance Sheet) द्वारा ज्ञात करते हैं।

Heat Balance Sheet बनाने के लिए हमें भार को नियत मानना पड़ता है।

विवरण	ऊष्मा की मात्रा	
ऊष्मा प्रदत्त ईंधन द्वारा	kg (Calorie में)	%
(i) IHP में शोषित ऊष्मा (ii) शीतलक जल में शोषित ऊष्मा (iii) गैसों के साथ बाहर गई ऊष्मा (iv) अन्य स्रोतों में ऊष्मा की हानि		
योग (Total)		

6.12 डीजल इंजन तथा पेट्रोल इंजन में अंतर

क्र. सं.	डीजल इंजन	पेट्रोल इंजन
1.	डीजल चक्र पर आधारित होता है।	आटो चक्र पर आधारित होता है।
2.	ईंधन के रूप में डीजल का प्रयोग होता है।	ईंधन के रूप में पेट्रोल का प्रयोग होता है।
3.	चूषण स्ट्रोक में केवल वायु प्रवेश करती है।	चूषण स्ट्रोक में वायु के साथ ईंधन का मिश्रण दोनों इंजन सिलेण्डर में प्रवेश करते हैं।
4.	ईंधन इंजेक्टर के माध्यम से दिया जाता है।	ईंधन कार्बुरेटर के माध्यम से दिया जाता है।
5.	ईंधन स्वत: प्रज्वलित होता है।	ईंधन स्पार्क प्लग के माध्यम से प्रज्वलित होता है।
6.	संपीडन अनुपात 14-20 के बीच होता है।	संपीडन अनुपात 6-10 के बीच होता है।
7.	भार अधिक होता है।	भार कम होता है।
8.	प्रारम्भिक लागत एवं रख-रखाव लागत अधिक होती है।	प्रारम्भिक लागत एवं रख-रखाव लागत कम होती है।
9.	प्रचालन लागत कम होती है।	प्रचालन लागत अधिक होती है।
10.	तापीय दक्षता अधिक होती है।	तापीय दक्षता कम होती है।

6.13 दो स्टोक तथा चार स्ट्रोक में अंतर

क्रम संख्या	दो स्ट्रोक इंजन	चार स्ट्रोक इंजन
1.	कार्यकारी चक्र पिस्टन के दो स्ट्रोक तथा क्रैंक शाफ्ट एक चक्कर में प्राप्त होते हैं।	कार्यकारी चक्र पिस्टन की चार स्ट्रोक तथा क्रैंक शाफ्ट के दो चक्कर में प्राप्त होते हैं।
2.	पोर्ट लगे होते हैं। (3 Port)	वाल्व लगे होते हैं। (2 Valve)
3.	रचना सरल होती है।	रचना जटिल होती है।
4.	प्रारम्भिक लागत कम होती है।	प्रारम्भिक लागत अपेक्षाकृत अधिक होती है।
5.	चालू करना आसान होता है।	चालू करना कठिन होता है।
6.	तापीय दक्षता अपेक्षाकृत कम होती है।	तापीय दक्षता अधिक होती है।
7.	आयतनिक दक्षता कम होती है।	आयतनिक दक्षता अपेक्षाकृत अधिक होती है।
8.	शीतलन की आवश्यकता अधिक होती है।	शीतलन की आवश्यकता कम होती है।
9.	स्नेहन की आवश्यकता अधिक होती है।	स्नेहन की आवश्यकता कम होती है।
10.	शोर ज्यादा उत्पन्न होता है।	शोर कम उत्पन्न होता है।

सारांश

अंतर्दहन इंजन—वे इंजन जिसमें ईंधन का दहन इंजन सिलेण्डर के अन्दर होता है, अंतर्दहन इंजन कहलाते हैं।

उदाहरण—पेट्रोल इंजन, डीजल इंजन, गैस इंजन आदि।

डीजल इंजन—डीजल ईंधन मुख्यत: डीजल चक्र पर कार्य करता है। इसमें चार स्ट्रोक होते हैं।

- चूषण स्ट्रोक
- संपीडन स्ट्रोक
- प्रसारण या कार्यकारी स्ट्रोक
- निकास स्ट्रोक

ईंधन के रूप में चूषण स्ट्रोक में केवल वायु प्रवेश करती है तथा संपीडन स्ट्रोक के अंत में इंजेक्टर की सहायता से ईंधन को फुहार (Spray) के रूप में प्रवेश कराते हैं। हम जानते हैं कि डीजल का संपीडन अनुपात (Compression ratio) उच्च होता है। अतः यह संपीडित वायु के साथ मिलते ही स्वतः जलने लगता है। जिससे हमें ईंधन से कार्य प्राप्त होता है।

डीजल इंजन दो वर्गों में विभाजित किया गया है—

(a) दो-स्ट्रोक डीजल इंजन

(b) चार-स्ट्रोक डीजल इंजन

दो-स्टोक डीजल इंजन में कार्यकारी चक्र पिस्टन के दो-स्ट्रोक तथा क्रैंक के एक चक्कर में प्राप्त हो जाता है, जबकि चार-स्ट्रोक डीजल इंजन में कार्यकारी चक्र पिस्टन के चार-स्ट्रोक तथा क्रैंक के दो चक्कर घुमने पर प्राप्त होता है।

वाल्व समयांकन आरेख (Valve Timing Diagram)

इस आरेख में इंजन के विभिन्न स्ट्रोक के दौरान प्रवेश तथा निकास एवं ईंधन वाल्वों की TDC तथा BDC के साथ खुलने तथा बंद होने का समय/स्थिति दिखाया जाता है।

डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र के मुख्य अवयव—निम्नलिखित हैं—

1. इंजन (Engine)
2. वायु प्रवेश तंत्र (Air Intake System)
3. इंजन निकास तंत्र (Engine Exhaust System)
4. ईंधन तंत्र (Fuel System)
5. शीतलक तंत्र (Cooling System)
6. स्नेहन तंत्र (Lubrication System)
7. इंजन स्टार्टिंग तंत्र (Engine Starting System)

1. इंजन—वह युक्ति होती है जिस पर यांत्रिक कार्य प्राप्त करते हैं।

2. वायु प्रवेश तंत्र—डीजल इंजन में वायु की अधिक आवश्यकता होती है अतः इस तंत्र के माध्यम से इंजन प्रवेश मैनिफोल्ड में वायु प्रवेश कराते हैं।

3. इंजन निकास तंत्र—दहन के फलस्वरूप इंजन के निकास स्ट्रोक के दौरान इंजन मैनिफोल्ड से बची हुई गैस को बाहर निकालना इस तंत्र का कार्य होता है।

4. ईंधन तंत्र—ईंधन तंत्र का मुख्य कार्य कार्यकारी स्ट्रोक के दौरान इंजन को ईंधन की सप्लाई करना। हम जानते हैं कि डीजल इंजन में ईंधन इंजेक्टर की सहायता से प्रवेश कराते हैं। अतः हमें ईंधन इंजेक्शन तंत्र की आवश्यकता होती है।

ईंधन अंतःक्षेपण निकाय (Fuel Injection System)

ईंधन तंत्र का यांत्रिक भाग अंतःक्षेपण निकाय कहलाता है। यह तंत्र ईंधन का मापन (Meter), छनन (Filter) करके उसे संपीडन स्ट्रोक के अंत में इंजन में प्रवेश कराता है।

ईंधन अंतःक्षेपण निकाय को निम्न वर्गों में वर्गीकृत किया गया है—

(a) वायु अंतःक्षेपण निकाय

(b) वायुहीन या यांत्रिक या ठोक अंतःक्षेपण निकाय

मुख्यतः तीन प्रकार के होते हैं—

- कॉमन रेल अंतःक्षेपण निकाय (Comman Rail Injection System)
- व्यष्टि पम्प अंतःक्षेपण निकाय (Individual Pump Injection System)
- वितरक अंतःक्षेपण निकाय (Distributor Injection System)

ईंधन पम्प

इसका मुख्य कार्य ईंधन को मापी मात्रा (Metered quantity) में ठीक समय पर उच्च दाब पर सिलेण्डर में अंतःक्षेपण तक पहुँचाना होता है।

ईंधन इंजेक्टर

यह ईंधन को कणीकृत करके अत्यन्त छोटे कणों में दहन कक्ष में प्रवेश कराता है तथा यह सुनिश्चित करता है कि दहन सम्पूर्ण एवं शीघ्र हो।

इसके प्रमुख अवयय हैं—

- सुई वाल्व (Needle Valve)
- सम्पीडन कमानी (Compression Spring)
- नॉजल (Nozzle)
- अंतःक्षेपक हाऊसिंग (Injector Housing)

5. इंजन कूलिंग तंत्र (Engine Cooling System)—अंतर्दहन इंजनों में उत्पन्न ऊष्मा के दुष्प्रभावों को रोकने के लिए हमें इंजन शीतलक तंत्र (Engine Cooling System) की आवश्यकता पड़ती है।

मुख्यतः दो प्रकार का इंजन कूलिंग तंग इस्तेमाल किया जाता है—

- वायु शीतलन (Air Cooling)
- जल शीतलन (Water Cooling)—यह मुख्यतः निम्न उपवर्गों में विभाजित है—

  थर्मो साइफन तंत्र (Thermo Syphon System)

  पम्प या प्रणोदित तंत्र (Pump or Forced System)

  थर्मो स्टैटिक तंत्र (Thermo-static System)

  प्रैशराइजर (Pressuriser Cooling System)

  वाष्पित्र तंत्र (Evaporative System)

6. इंजन स्नेहन तंत्र (Engine Lubrication System)—इंजन के अंदर गतिशील पदार्थों के बीच घर्षण कम करने तथा अत्यधिक ऊष्मा को अवशोषित करने के लिए इंजन स्नेहन तंत्र का इस्तेमाल किया जाता है। इसमें ल्यूब्रीकेन्ट आयल का प्रयोग किया जाता है। यह निम्न प्रकार के होते हैं—

- मिश्र या चार्ज तंत्र (Mist or Charge Lubrication)
- गीली हौदी स्नेहन तंत्र (Wet Sump Lubrication System)
- स्पलैश तंत्र (Splash System)
- संशोधित स्पलैश तंत्र (Modified Splash System)
- सम्पूर्ण दाब तंत्र (Total Pressure System)
- शुष्क हौदी स्नेहन तंत्र (Dry Sump Lubrication System)

7. इंजन स्टार्टिंग तंत्र (Engine Starting System)—मुख्यतः तीन प्रकार के इंजन स्टार्टिंग तंत्र प्रयोग किए जाते हैं—

- छोटे इंजन द्वारा
- विद्युत मोटर द्वारा
- संपीडित वायु द्वारा

डीजल इंजन की शक्ति (Power of Diesel Engine)

सूचित अश्व शक्ति (Indicated Horse Power)

$$IHP = \frac{nP_m\ LAN\ k}{60}\ \text{watt}$$

ब्रेक अश्व शक्ति (Brake Horse Power)

$$BHP = \frac{2\pi NT}{60 \times 1000}\ \text{Kw}$$

डीजल इंजन की दक्षता (Efficiency of Diesel Engine)

तापीय दक्षता (Thermal Efficiency)

$$\eta_{th} = \frac{IHP}{w \times C_v}$$

ब्रेक तापीय दक्षता (Brake Thermal Efficiency)

$$\eta_B = \frac{BHP}{w \times C_v}$$

यांत्रिक दक्षता (Mechanical Efficiency)

$$\eta_m = \frac{BHP}{IHP}$$

डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र का निष्पादन (Performance of Diesel Engine)

डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र का निष्पादन हम ऊष्मा संतुलन पत्रक (Heat Balance Sheet) द्वारा ज्ञात कर सकते हैं।

प्रश्नावली

1. अंतर्दहन इंजन को परिभाषित कीजिए।
2. अंतर्दहन इंजन के प्रमुख अवयय को लिखिए।
3. निम्न पदों को परिभाषित कीजिए—
   (a) बोर (b) स्ट्रोक
   (c) डेड सेन्टर (d) क्लीयरेन्स आयतन
   (e) स्वेप्ट आयतन (f) कुल आयतन
   (g) संपीडन आयतन (h) पिस्टन स्पीड
4. डीजल इंजन की क्रिया विधि तथा वर्गीकरण को विस्तार से समझाइए।
5. पेट्रोल इंजन तथा डीजल इंजन में विभेद कीजिए।
6. दो-स्ट्रोक डीजल इंजन की क्रिया विधि का सचित्र वर्णन कीजिए।
7. चार-स्ट्रोक डीजल इंजन की क्रिया विधि का सचित्र वर्णन कीजिए।
8. डीजल इंजन के लिए वाल्व समयांकन आरेख बनाइए।
9. डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र के मुख्य अवयय का संक्षेप वर्णन कीजिए।
10. वायु प्रवेश तंत्र (Air intake system) को समझाइए।

11. डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र के निकास तंत्र (Exhaust system) को समझाइए।
12. ईंधन तंत्र का प्रवाह आरेख बनाइए।
13. ईंधन अंत:क्षेपण निकाय क्या है?
14. ईंधन अंत:क्षेपण निकाय का वर्गीकरण कीजिए।
15. ईंधन पम्प का सचित्र वर्णन कीजिए।
16. ईंधन अंत:क्षेपक क्या है? सचित्र समझाइए।
17. इंजन कूलिंग तंत्र की आवश्यकता हमें क्यों पड़ती है ?
18. प्रमुख इंजन कूलिंग तंत्रों का सचित्र वर्णन कीजिए।
19. वायु शीतलक तंत्र तथा जल शीतलक तंत्र को समझाइए।
20. स्नेहन क्या है तथा स्नेहन की आवश्यकता हमें क्यों पड़ती है?
21. मिश्र या चार्ज ल्यूब्रीकेशन को समझाइए।
22. निम्न को परिभाषित कीजिए—
    (a) गीली हौदी स्नेहन तंत्र (b) शुष्क हौदी स्नेहन तंत्र
23. शक्ति संयन्त्र में डीजल इंजन को स्टार्ट करने के लिए प्रयुक्त विधियों का वर्णन करें।
24. डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र का ले-आउट बनाइए।
25. निम्न को समझाइए—
    (a) सूचित अश्व शक्ति (b) ब्रेक अश्व शक्ति
26. शक्ति संयन्त्र की प्रमुख दक्षताओं को लिखिए।
27. शक्ति संयन्त्र का निष्पादन कैसे ज्ञात की जाती है?
28. डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र के लाभ एवं हानियाँ बताइए।
29. डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र का स्थल चुनाव किन घटकों पर निर्भर करता है।
30. दो-स्ट्रोक तथा चार-स्ट्रोक इंजनों में विभेद कीजिए।

वस्तुनिष्ठ प्रश्नावली

1. चार-स्ट्रोक डीजल इंजन में पिस्टन घूमता है—
   (a) 1 स्ट्रोक (b) 4 स्ट्रोक
   (c) 8 स्ट्रोक (d) 2 स्ट्रोक
2. दो स्ट्रोक इंजन में क्रैंक का चक्कर लगाता है—
   (a) 2 चक्कर (b) 4 चक्कर
   (c) 8 चक्कर (d) 1 चक्कर
3. संपीडन अनुपात होता है—
   (a) $\frac{V_C}{V_S}$ (b) $\frac{V_S}{V_C}$
   (c) $\frac{1}{V_C + V_S}$ (d) $\frac{V_C + V_S}{V_S}$

4. 4 स्ट्रोक इंजन की सूचित अश्व शक्ति होती है—
(a) PLAN (b) 2 PLAN
(c) 4 PLAN (d) $\frac{PLAN}{2}$

5. संपीडन ज्वलन इंजन में दहन होता है—
(a) समान मिश्रण के कारण (b) असमान मिश्रण के कारण
(c) लेमिनार के कारण (d) (a) और (b)

6. ईंधन को छोटे-छोटे फुहार के रूप में तोड़ने की प्रक्रिया कहलाती है—
(a) वाष्पीकरण (Vapourisation) (b) आयनीकरण (Ionisation)
(c) कारबोरेशन (Carburation) (d) कणीकरण (Atomisation)

7. उच्च गति संपीडन इंजन कार्य करता है—
(a) डीजल चक्र (b) आटो चक्र
(c) ड्यूल चक्र (d) कॉरनाट चक्र

8. डीजल इंजन को आवश्यकता होती है—
(a) रासायनिक सही मिश्रण (Chemically Correct Mixture)
(b) लीन मिश्रण (Lean Mixture)
(c) घनी मिश्रण (Rich Mixture)
(d) (b) और (c)

9. डीजल इंजन में—
(a) फ्लाईव्हील की आवश्यकता नहीं होती है (b) हल्के फ्लाईव्हील लगे होते हैं
(c) मध्यम फ्लाईव्हील लगे होते हैं (d) भारी फ्लाईव्हील लगे होते हैं।

10. पिस्टन स्पीड होती है—
(a) स्ट्रोक × rpm (b) स्ट्रोक/rpm
(c) 4 (Stroke × rpm) (d) 2 (Stroke × rpm)

उत्तर

1. (b)	2. (d)	3. (d)	4. (d)	5. (b)
6. (d)	7. (c)	8. (a)	9. (d)	10. (d)

प्राविधिक शिक्षा परिषद् द्वारा वार्षिक परीक्षा में विगत 10 वर्षों में पूछे गए प्रश्न

1. डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र की बी० एच० पी० एवं विशिष्ट ईंधन खपत के मापन के विधि का वर्णन कीजिए। (200
2. डीजल इंजन शक्ति संयन्त्रों की उपयोगिता बताइए। (2002, 0
3. डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र का ले आउट देते हुए, उसके प्रमुख अवयवों के कार्यों का संक्षिप्त विवरण दीजिए। (2003, 04, 05, 1

4. निम्न को समझाइए—
(a) ऊष्मा संतुलन पत्रक (b) तापीय क्षमता (2003)
5. निम्न को समझाइए—
(a) IHP और BHP (b) विशिष्ट ईंधन खपत
(c) मध्य प्रभावी दाब (2006)
6. IHP, BHP तथा FHP को परिभाषित कीजिए। एक डीजल इंजन तापीय दक्षता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।
7. डीजल इंजन विद्युत शक्ति क्षेत्रों के उपयोग के विभिन्न क्षेत्रों को समझाइए। (2007)
8. डीजल इंजन शक्ति संयन्त्र के स्थल चुनाव हेतु किन कारकों पर विचार किया जाना आवश्यक है। (2007)
9. ऊष्मा-संतुलन पत्रक का क्या महत्व है? पूर्ण भार पर डीजन इंजन के ऊष्मा संतुलन पत्रक का विवरण दीजिए। (2008)
10. डीजल इंजन शक्ति संयन्त्रों की तुलना अन्य शक्ति संयन्त्र के साथ कारणों सहित दीजिए। (2008, 09)
11. किसी निम्न क्षमता के डीजल विद्युत ग्रह का विन्यास खींचिए। इस प्रकार के संयन्त्रों के लाभ एवं परिसीमाओं की विवेचना कीजिए। (2009)
12. डीजल इंजनों के प्रचालन व अनुरक्षण में हीट बैलेंस शीट के उपयोग की विवेचना कीजिए। (2010)
13. उन हालातों को समझाइए जहाँ डीजल विद्युत के अनुप्रयोग है। (2010)
14. डीजल विद्युत संयंत्र के निस्पादन परीक्षण की प्रक्रिया का वर्णन कीजिए। संयंत्र का निर्धारण किस प्रकार किया जाता है? (2012) (2014)

❑

Chapter

गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र (Gas Turbine Power Plant)

7.1 परिचय (Introduction)

हम जानते हैं कि टरबाइन एक प्राथमिक चालक के रूप में कार्य करता है, जिसमें ऊर्जा का रूपान्तरण यांत्रिक ऊर्जा में होता है। गैस टरबाइन भी एक प्रकार का प्राथमिक चालक होता है जिसे हम ऊष्मा इंजन भी कहते हैं। गैस टरबाइन में वातावरणीय वायु को दहन भट्टी से उत्पन्न गर्म गैसों की सहायता से संपीड़ित किया जाता है। यह संपीड़ित गर्म गैसें जिनका तापमान एवं दाब उच्च होता है। गैस टरबाइन को प्रवाहित की जाती है जिससे हमें टरबाइन पर यांत्रिक कार्य प्राप्त होता है और विद्युत शक्ति उपलब्ध होती है। बचे हुए गैसों को वातावरण में छोड़ दिया जाता है।

गैस टरबाइन का उपयोग मुख्यतः निम्न क्षेत्रों में होता है

- ऊर्जा उत्पादन में (Power Generation में)
- तेल एवं गैस उद्योगों में (Oil and Gas Industry)
- वैमानिकी (Avitation)
- समुद्रीय उपयोग (Marine Application)

गैस टरबाइन के महत्वपूर्ण लक्षण

- यह self contained होता है।
- संयन्त्र में टरबाइन का भार बहुत कम होता है।
- शीतल जल की आवश्यकता नहीं होती है।
- यह सामान्यत: किसी भी संरचना में व्यवस्थित हो सकता है।
- यह अत्यन्त सरल होता है।
- इसकीं प्रारम्भिक लागत कम होती है।
- सस्ते ईंधन का प्रयोग करता है।

7.2 गैस टरबाइन के मुख्य अवयव

गैस टरबाइन के सरलतम रूप में मुख्यत: एक घूर्णी वायु संपीडक के साथ गैस टरबाइन लगा होता है। दग्ध गैसों के लिए दहन भट्टी की व्यवस्था होती है। कुछ अन्य सहायक उपकरण भी लगे होते हैं; जैसे—पंखा, जल पम्प, जनरेटर, स्टार्टिंग उपकरण, स्नेहन तंत्र, डक्ट तंत्र आदि।

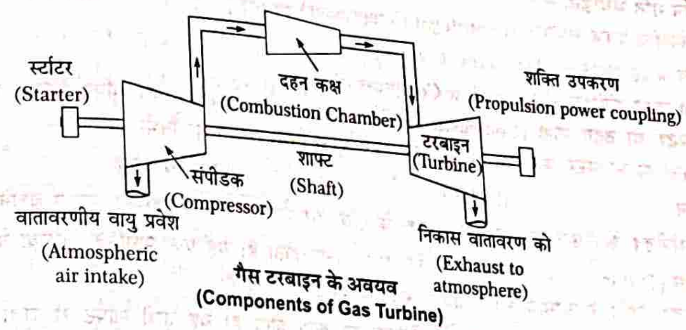
उच्च क्षमता के शक्ति संयन्त्र में मध्य शीतक (Inter cooler), ऊष्मा विनियमित्र (Heat exchanger), पुनस्तापक (Reheater) भी लगे होते हैं।

अत: संयन्त्र के मुख्य अवयव हैं—

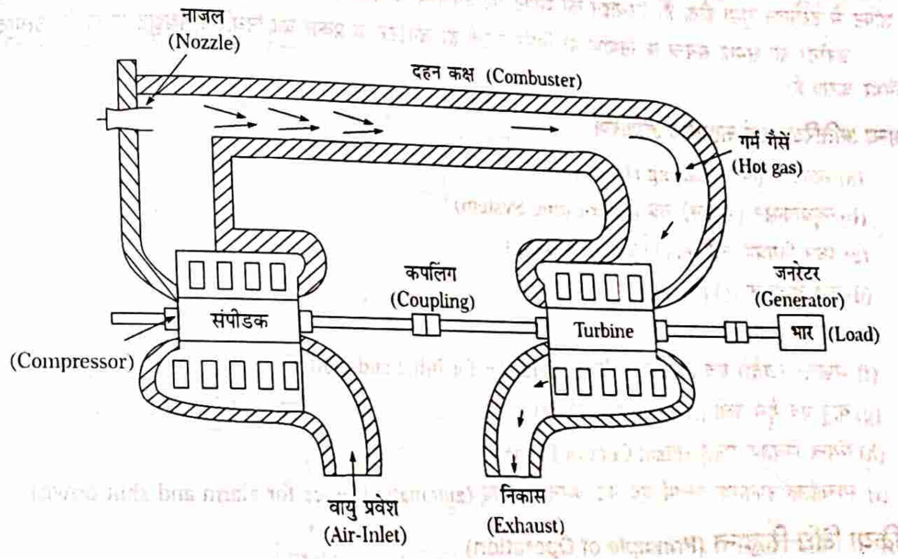
1. वायु संपीडक (Air Compressor)

2. दहन भट्टी (Combustion Chamber)
3. टरबाइन (Turbine)
4. जनरेटर (Generator)

व्यवस्थित आरेख नीचे दिया गया है—



चित्र 7.1



चित्र 7.2–गैस टरबाइन के मुख्य अवयव

1. वायु संपीडक—वायु संपीडक वह युक्ति होती है जिसकी सहायता से हम वायु को संपीड़ित करके दहन कक्ष भेजते हैं या वह युक्ति जो वायु को उच्च दाब पर दहन कक्ष में प्रवाहित करे।

वायु संपीडक मुख्यत: दो वर्गों में वर्गीकृत किया गया है—

(a) धनात्मक विस्थापन संपीडक

(b) घूर्णन गति संपीडक

(a) धनात्मक विस्थापन संपीडक—यह मुख्यत: दो प्रकार के होते हैं—

- पश्चाग्र गति वायु संपीडक
- घूमती वायु संपीडक

(b) घूर्णन गति संपीडक—

- अभिकेन्द्रीय प्रवाह संपीडक (Centrifugal Compressor)
- अक्षीय प्रवाह संपीडक (Axial Flow Compressor)
- मिश्रित प्रवाह संपीडक (Mixed Flow Compressor)

2. कम्बस्टर या दहन कक्ष (Combuster or Combustion Chamber)—वह युक्ति जिसमें ईंधन का दहन होता है, दहन कक्ष या कम्बस्टर कहलाता है। ईंधन का दहन मुख्य निम्न घटकों पर निर्भर करता है—

(a) तापमान (b) समय (c) विक्षुब्ध प्रवाह

कम्बस्टर, संपीडक के निकास द्वार पर तथा टरबाइन के प्रवेश द्वार पर लगा होता है जिसका आकार बेलनाकार होता है।

3. टरबाइन (Turbine)—यह कम्बस्टर के निकास पर लगा होता है। यह एक प्राथमिक चालक के रूप में कार्य करता है। जिसमें दहन कक्ष के ऊष्मीय ऊर्जा यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित होती है।

4. जनरेटर (Generator)—यह टरबाइन के निकास पर लगा होता है। यह उसी शाफ्ट से जुड़ा होता है जिस शाफ्ट से टरबाइन जुड़ा होता है। टरबाइन की शाफ्ट पर उपलब्ध यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है।

जनरेटर की क्षमता संयन्त्र के निर्माण पर निर्भर करती है। जनरेटर के प्रकार का निर्धारण, विद्युत ऊर्जा के उत्पादन पर निर्भर करता है।

अन्य अतिरिक्त एवं सहायक उपकरण

(a) स्टार्टिंग युक्ति (Starting Device)
(b) ल्यूब्रीकेसन (स्नेहन) तंत्र (Lubricating System)
(c) ईंधन नियंत्रण तंत्र (Fuel Control System)
(d) तेल शीतलक (Oil Cooler)
(e) फिल्टर (Filter)
(f) मफलर (प्रवेश एवं निकास के लिए) (Muffler for Inllet and Outlet)
(g) वायु एवं गैस नली (Air and Gas Duct)
(h) संयन्त्र नियंत्रण पैनल (Plant Control Pannel)
(i) स्वचालित उपकरण एलार्म एवं बंद करने के लिए (automatic Device for alarm and shut down)

7.3 क्रिया विधि सिद्धान्त (Principle of Operation)

गैस टरबाइन में गैस टरबाइन के गुजरते हुए मुख्यत: तीन ऊष्मागतिकी प्रक्रम से गुजरता है—

1. आइसन्ट्रापिक संपीड़न प्रक्रिया (Isentropic Compression Process)
2. स्थिर दाब प्रक्रम या आइसोबारिक प्रक्रम (Isobaric Process)
3. आइसन्ट्रापिक विस्तार प्रक्रिया (Isentropic Expansion Process)

गैस टरबाइन में गैस (वायु) के दाब में अत्यधिक वृद्धि की जाती है। यह वृद्धि संपीडक के माध्यम से की जाती है। संपीडक के बाद इन गैसों को डाइवर्जन नॉजल (Divergent nozzle) जिसे डिफ्यूजर (Diffuser) कहते हैं से गुजारा जाता है। इस कारण से गैसों के दाब तथा तापमान में वृद्धि हो जाती है। आदर्श रूप में इस प्रक्रिया को आइसन्ट्रापिक प्रक्रम कहते हैं। डिफ्यूजर से प्राप्त गैसों को दहन कक्ष से गुजारा जाता है जिससे उसका तापमान बढ़ जाता है। यह प्रक्रिया स्थिर दाब पर सम्पन्न होती है। इसलिए इसे isobaric heat addition भी कहते हैं। चूँकि गैस का दाब स्थिर होता है, इसलिए गैस का विशिट आयतन भी बढ़ जाता है। आयतन में वृद्धि के कारण गैसों का विस्तार होता है जिसे हम नॉजल की सहायता से टरबाइन में प्रवेशित करते हैं। टरबान ब्लेडों के कारण यह ऊष्मीय ऊर्जा, यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है। जिसे जनरेटर की सहायता से विद्युत शक्ति में परिवर्तित किया जाता है। यह विद्युत औद्योगिक इकाईयों में उपयोग किया जाता है।

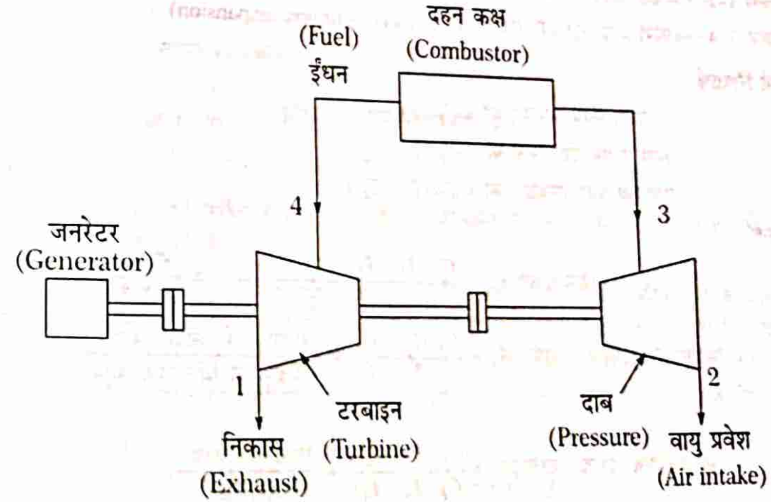
7.4 गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र का वर्गीकरण

गैस टरबाइन को मुख्यत: दो वर्गों में विभाजित किया गया है—

1. **स्थिर दाब दहन गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र—**
   (a) खुला चक्र स्थिर दाब दहन गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र
   (b) बंद चक्र स्थिर दाब दहन गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र
2. **स्थिर आयतन दहन गेस टरबाइन शक्ति संयन्त्र**

1. (a) खुला चक्र स्थिर दाब दहन गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र—इस शक्ति संयन्त्र में वातावरणीय वायु को गर्म, दहन भट्टी की दग्ध गैसों द्वारा किया जाता है। संपीडक की सहायता से संपीड़ित गर्म वायु को टरबाइन में भेजा जाता है। जिससे हमें यांत्रिक ऊर्जा टरबाइन की रोटर शाफ्ट पर प्राप्त होता है। यह यांत्रिक ऊर्जा रोटर पर लगे जनरेटर की सहायता से विद्युत शक्ति में परिवर्तित की जाती है। टरबाइन में बची गर्म गैसों को वातावरण में छोड़ दिया जाता है। वायु तथा ईंधन के सतत् पूर्ति की व्यवस्था होती है।

सचित्र विवरण नीचे दिया गया है—

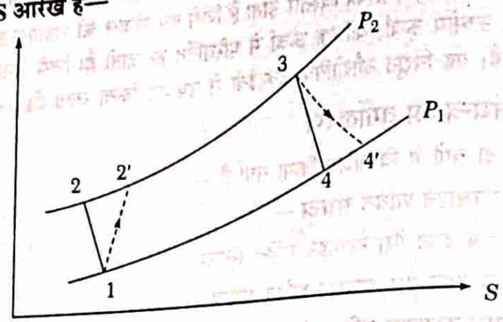


चित्र 7.3 : Open Cycle Gas Turbine

इस तंत्र के मुख्य अवयय निम्न हैं—

- वायु संपीडक
- दहन कक्ष
- टरबाइन
- जनरेटर

खुला तंत्र का T–S आरेख है—



चित्र 7.4

उपरोक्त चित्र में प्रमुख प्रक्रम नीचे वर्णित हैं—

प्रक्रम 1–2'—अप्रतिक्रम्य रुद्धोष्म प्रक्रम (Irreversible Adiabatic Compression Process)

प्रक्रम 2'–3—समदाबी तापन प्रक्रम (Isobaric Heat Addition Process)

प्रक्रम 3–4'—अप्रतिक्रम्य रुद्धोष्म प्रसारण प्रक्रम (Irreversible Adiabatic Expansion Process)

प्रक्रम 1–2—आदर्श आइसंट्रापिक संपीड़न प्रक्रम (Ideal Isentropic Compression)

प्रक्रम 3–4—आदर्श आइसन्ट्रापिक प्रसारण प्रक्रम (Ideal Isentropic Expansion)

महत्वपूर्ण निष्कर्ष

प्रदत्त कार्य संपीड़न को $= C_P(T_2' - T_1)$

ऊष्मा प्रदाय दहन कक्ष को $= C_P(T_3 - T_2')$

उपलब्ध कार्य टरबाइन को $= C_P(T_3 - T_4')$

दक्षता

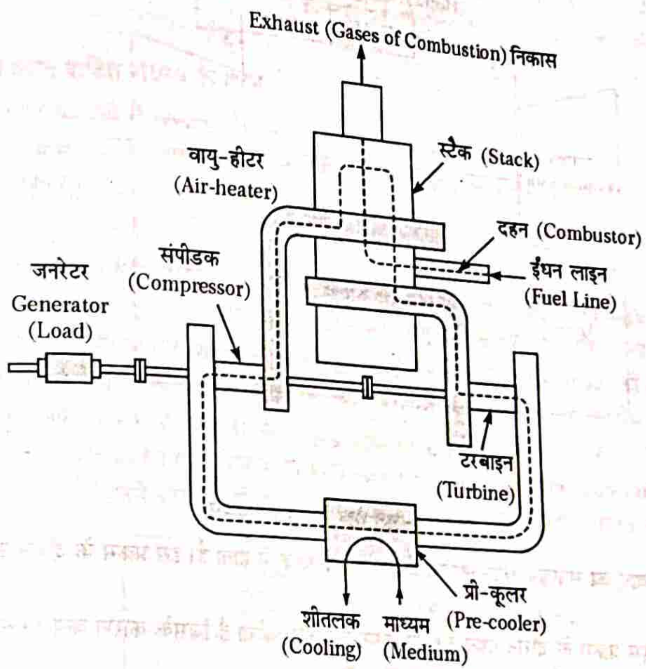
$$\text{तापीय दक्षता } \eta_{th} = \frac{C_P(T_3 - T_4') - (T_2' - T_1)}{C_P(T_3 - T_2')} = \frac{\text{नेट कार्य}}{\text{प्रदत्त कार्य}}$$

$$\text{आइसन्ट्रापिक दक्षता (संपीडक)} = \frac{C_P(T_2 - T_1)}{C_P(T_2' - T_1)} = \frac{\text{संपीडक के आदर्श कार्य}}{\text{संपीडक के वास्तविक कार्य}}$$

$$\text{आइसन्ट्रापिक दक्षता (टरबाइन)} = \frac{C_P(T_3 - T_4')}{C_P(T_3 - T_4)} = \frac{\text{वास्तविक कार्य}}{\text{आदर्श कार्य}}$$

1. (b) बंद चक्र स्थिर दाब दहन गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र—बंद चक्र स्थिर दाब दहन गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र में वायु की मात्रा स्थिर या नियत होती है। इस शक्ति संयन्त्र में वायु के स्थान पर किसी अन्य गैसों का भी प्रयोग किया जा सकता है। चूँकि गैस की मात्रा स्थिर होती है इसलिए यह संयन्त्र में कई बार प्रवाहित कि जाती है। दहन के बाद का गैस, वास्तविक प्रदत्त गैस के बीच एक बंद परिपथ तैयार होता है। इसलिए इसे बंद चक्र स्थिर दाब दहन गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र कहते हैं। संयन्त्र की दक्षता वृद्धि के लिए वायु के स्थान पर किसी अन्य गैस जिसकी तापीय दक्षता अधिक हो, इस्तेमाल की जाती है।

सचित्र विवरण निम्न है—



चित्र 7.5 : बन्द गैस टरबाइन चक्र

क्रिया विधि

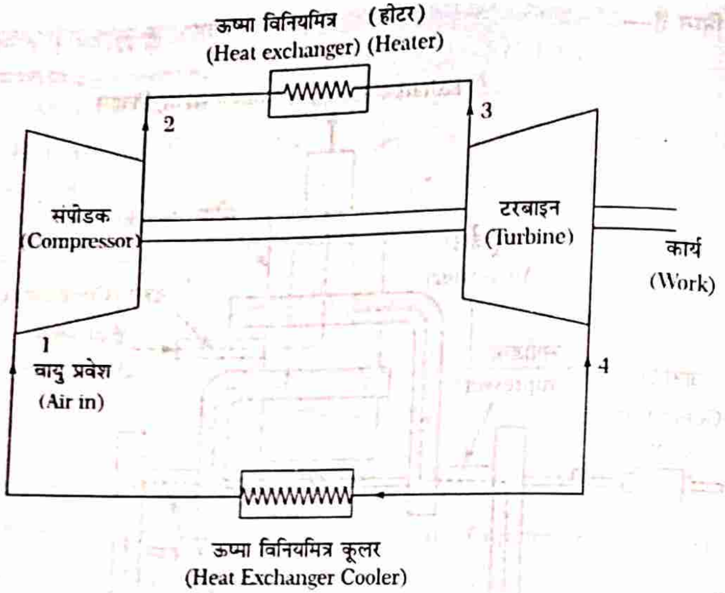
बंद चक्र स्थिर दाब दहन शक्ति संयन्त्र जूल चक्र पर आधारित है। जूल चक्र (Joule-cycle) को हम ब्रेटन (Baryton-cycle) चक्र भी कहते हैं।

इसमें कार्यकारी गैस को रोटरी संपीडक की सहायता से संपीड़ित करके उसके दाब में परिवर्तन करके दक्षन कक्ष या हीटर में प्रवेश कराते हैं। जिससे संपीड़ित गैस के तापमान में वृद्धि हो जाती है। इस गैस को टरबाइन में भेजते हैं। टरबाइन में इन गैसों का प्रसारण होता है। जिससे हमें टरबाइन की शाफ्ट पर यांत्रिक कार्य प्राप्त होता है। टरबाइन में बचे गैसों को कूलर की सहायता से ठण्डा कर लिया तथा पुन: संपीडक को भेज दिया जाता है। अत: हमें एक बंद परिपथ प्राप्त होता है।

जूल चक्र (Joule Cycle)

यह एक सैद्धान्तिक (Theortical) चक्र हो जो स्थिर दाब पर प्राप्त होता है।

चक्र का अवयय, $P-V$ तथा $T-S$ आरेख निम्नलिखित है—



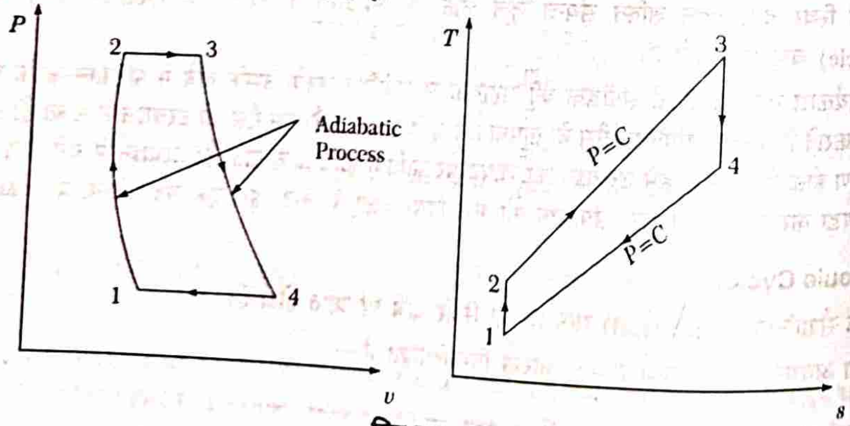
चित्र 7.6–जूल चक्र के प्रमुख अवयव

प्रक्रम 1–2—वायु का संपीड़न आइसन्ट्रापिक प्रक्रम पर संपीडक में होता है। इस प्रक्रम के दौरान ऊष्मा का प्रवाह नहीं होता है।

प्रक्रम 2–3—इस प्रक्रम के दौरान दहन कक्ष से ऊष्मा का प्रवाह होता है जिसके कारण वायु (गैसों) के तापमान तथा आयतन में वृद्धि होती है। प्रक्रम के दौरान दाब स्थिर होता है।

प्रक्रम 3–4—इस प्रक्रम में गैसों का विस्तारण टरबाइन में होता है तथा ऊष्मा का प्रवाह नहीं होता है।

प्रक्रम 4–1—इस प्रक्रम के दौरान ऊष्मा को कूलर की सहायता से ठण्डा किया जाता है तथा आयतन एवं तापमान दोनों में कमी होती है। चरण के दौरान दाब में कमी होती है।



चित्र 7.7

$$\text{चक्र की ऊष्मीय दक्षता} = \frac{\text{किया गया कार्य}}{\text{ऊष्मा प्रदत्त}}$$

$$\eta_{th} = \frac{mc_p(T_3 - T_2) - mc_p(T_4 - T_1)}{mc_p(T_3 - T_2)}$$

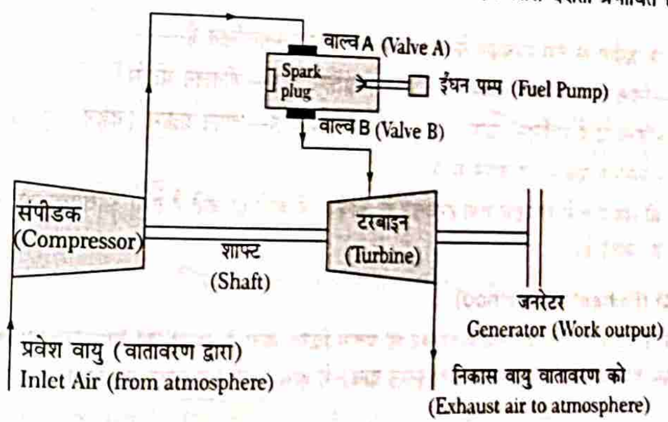
or

$$\eta_{th} = 1 - \left(\frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}\right)$$

बंद चक्र स्थिर दाब दहन शक्ति संयन्त्र के लाभ

1. हीटर का चुनाव आसानी से हो जाता है।
2. दहन कक्ष सरल एवं सस्ता होता है तथा सस्ता ईंधन भी प्रयोग किया जा सकता है।
3. दाब परास (Pressure range) में सुविधा होती है।
4. संयन्त्र की संरचना में लचीलापन होता है।

2. स्थिर आयतन दहन शक्ति संयन्त्र—इस शक्ति संयन्त्र में, संपीडक द्वारा, वायु को संपीड़ित करके दहन कक्ष में वाल्व A के माध्यम से भेजा जाता है। वातावरणीय वायु को दहन कक्ष से गुजारने के पश्चात् उसके तापमान में वृद्धि हो जाती है। ईंधन पम्प द्वारा ईंधन तथा संपीड़ित वायु को चैम्बर में प्रवेश कराते हैं। स्पार्क प्लग (Spark plug) की सहायता से मिश्रण को जलाते हैं तथा उत्पन्न गर्म गैसों को वाल्व B के द्वारा टरबाइन के प्रवेश वाल्व में भेजते हैं। यह गर्म गैसें टरबाइन ब्लेड़ों से टकराकर यांत्रिक ऊर्जा (शाफ्ट पर) में परिवर्तित हो जाते हैं। टरबाइन निकास पर इस यांत्रिक ऊर्जा को जनरेटर की सहायता से विद्युत शक्ति में परिवर्तित कर लेते हैं। इस शक्ति संयन्त्र की प्रमुख कमियाँ गैसों का दाबान्तर (Pressure difference) तथा वेग में परिवर्तन स्थिर नहीं होता है जिससे टरबाइन की गति भी स्थिर नहीं होती है जिससे दक्षता प्रभावित होती है।



चित्र 7.8–स्थिर आयतन दहन शक्ति संयंत्र

7.5 तापीय दक्षता में सुधार के लिए प्रयुक्त उपसाधन

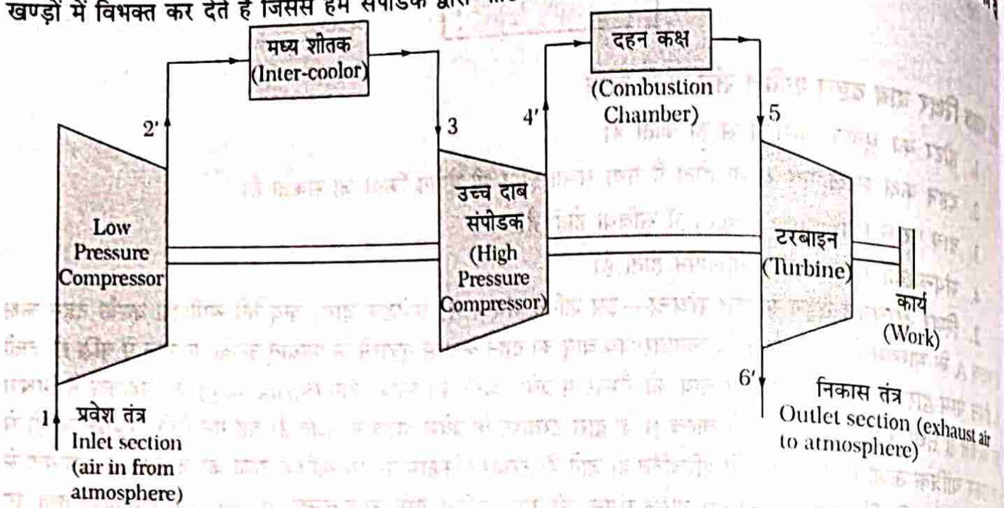
कुछ प्रमुख विधियों द्वारा गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र की तापीय दक्षता तथा विशिष्ट कार्य में वृद्धि की जा सकती है। ये प्रमुख विधियाँ हैं—

1. मध्य शीतलक (Inter Cooler) के उपयोग से
2. पुनःतापक (Reheater) के उपयोग से
3. ऊष्मा विनियमित्र (Heat Exchanger or Regenerator) के उपयोग से

7.5.1. मध्य शीतलक (Inter Cooler) शक्ति संयन्त्र

इस शक्ति संयन्त्र में दो संपीडकों के बीच में एक मध्य शीतलक का प्रयोग करते हैं। दो संपीडकों में पहला संपीडक निम्न दाब पर होता है तथा वातावरण द्वारा वायु इसी संपीडक में प्रवेश करता है। शीतलक से होते हुए संपीड़ित वायु उच्च दाब संपीडक

में प्रवेश कराते हैं। चूँकि हम जानते हैं कि संपीड़ित वायु का उच्च अनुपात अवांछनीय है। इसलिए वायु के संपीड़न को खण्ड़ों में विभक्त कर देते हैं जिससे हमें संपीडक द्वारा वांछित मात्रा में कार्य प्राप्त हो।



चित्र 7.9—Intercooler

मध्य शीतक के प्रयोग से गैस टरबाइन के प्रक्रमों में परिवर्तन निम्नलिखित हैं—

प्रक्रम 1–2—निम्न दाब संपीड़न प्रक्रम

प्रक्रम 2–3—शीतलन प्रक्रम

प्रक्रम 3–4—उच्च दाब संपीड़न प्रक्रम

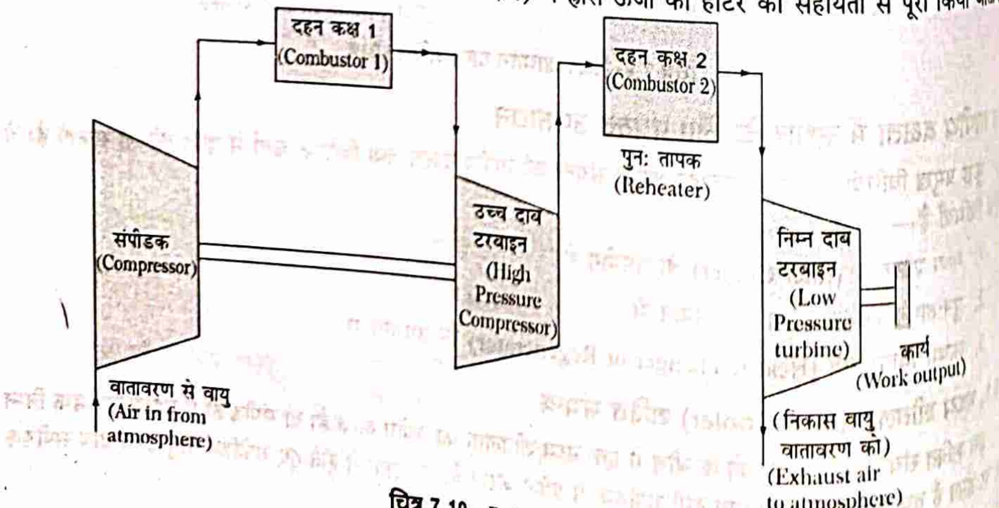
प्रक्रम 4–5—तापन प्रक्रम (दहन भट्टी द्वारा)

प्रक्रम 5–6—प्रसारण प्रक्रम (टरबाइन में)

मध्य शीतक की सहायता से संपीडक तथा टरबाइन के आकार भी छोटे हो जाते हैं तथा आवश्यकता पड़ने पर शीतल ... की उपलब्धता भी हो जाती है।

7.5.2. पुनस्तापक (Reheating Method)

शक्ति संयन्त्र की दक्षता वृद्धि के लिए हीटर का भी प्रयोग किया जाता है। हीटर को दो टरबाइनों के बीच में व्यवस्थित किया जाता है। इसमें दो टरबाइन (उच्च दाब तथा निम्न दाब) में ह्रास ऊर्जा को हीटर की सहायता से पूरा किया जाता है।



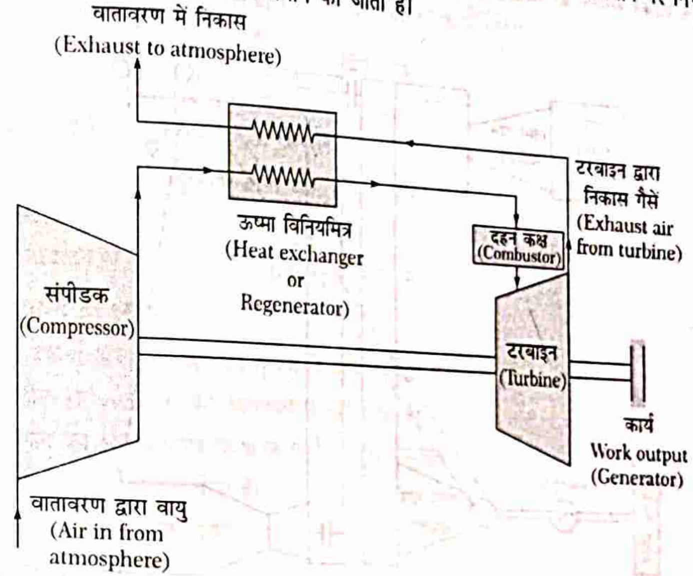
चित्र 7.10—Reheating Method

सर्वप्रथम उच्च तापमान एवं उच्च दाब गर्म गैसों को उच्च दाब टरबाइन में प्रसारित कराते हैं। फिर हीटर की सहायता से गर्म करके उसे निम्न दाब टरबाइन में भेजते हैं तथा शाफ्ट पर कार्य प्राप्त करते हैं। हीटर की सहायता से हम ज्यादा कार्य शाफ्ट पर प्राप्त करते हैं जिससे तापीय दक्षता में वृद्धि होती है।

7.5.3. ऊष्मा विनियमित्र (Heat Exchanger or Regenerator)

इस विधि में संपीड़ित वायु को टरबाइन की निकास गैसों द्वारा गर्म किया जाता है। गर्म करने के लिए ऊष्मा विनियमित्र का इस्तेमाल किया जाता है। हम जानते हैं कि टरबाइन में बची गैसों में तापमान होता है तथा इस तापमान का इस्तेमाल हम संपीड़ित वायु को गर्म करने में प्रयोग करते हैं। संपीड़ित वायु का तापमान, टरबाइन के निकास के तापमान पर निर्भर करता है।

यह विधि मुख्यत: बड़े शक्ति संयन्त्रों में प्रयोग की जाती है।



चित्र 7.11—Heat Exchanger or Regenerator

7.6 गैस टरबाइन में प्रयुक्त ईंधन

गैस टरबाइन में आदर्श रूप से प्राकृतिक गैस का इस्तेमाल किया जाता है, परन्तु कम उपलब्धता के कारण ईंधन के अन्य विकल्पों का भी प्रयोग किया जाता है। ईंधन को मुख्यत: तीन वर्गों में विभाजित किया गया है—

(a) ठोस ईंधन (b) द्रवीय ईंधन (c) गैसीय ईंधन

(a) ठोस ईंधन—ठोस ईंधन में मुख्यत: कोयले का प्रयोग किया जाता है। कोयला को चूर्ण (Puluersier) के रूप में प्रयोग किया जाता है। चूर्णित कोयले को दहन कक्ष में उच्च दाब से प्रवेश कराते हैं। कोयले का दहन राख तथा धूल अवक्षेप द्वारा भी प्रभावित होता है।

(b) द्रवीय ईंधन—द्रवीय ईंधन के रूप में पेट्रोलियम ईंधन का प्रयोग किया जाता है। इसमें मुख्यत: पेट्रोल, डीजल आदि हैं।

द्रवीय ईंधन के प्रमुख गुण हैं—

- श्यानता (Viscosity)
- वाष्पशील (Voltaile)
- ऊष्मीयमान (Calorific Value)

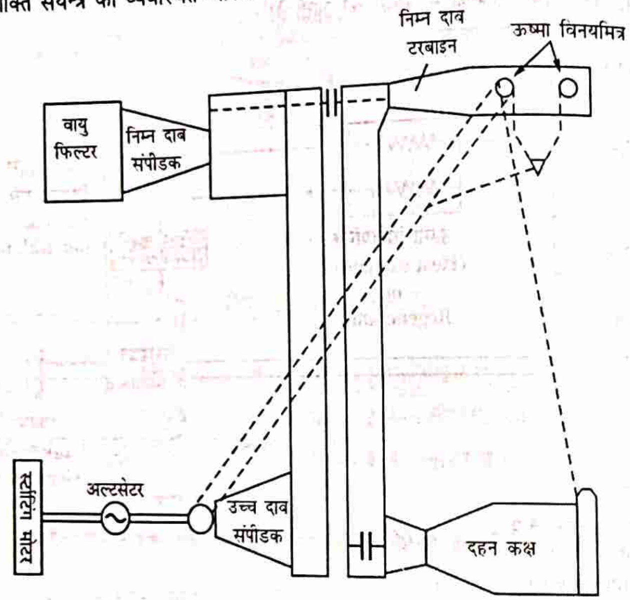
द्रवीय ईंधन के प्रयोग से प्रमुख समस्याएँ

कुछ प्रमुख खनिज जैसे सोडियम, वेनेडियम, कैल्शियम जिनका प्रभाव हानिकारक होता है। टरबाइन ब्लेड़ों पर जम जाते हैं। जिससे ब्लेडों का क्षरण होता है तथा दक्षता भी प्रभावित होती है।

(c) गैसीय ईंधन—प्राकृतिक गैसों के साथ-साथ ब्लास्ट फरनस (Blast furnace) तथा प्रोड्यूसर गैस (Producer gases) का भी प्रयोग किया जाता है।

7.7 गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र ले आऊट (Layout of Gas Turbine Power Plant)

गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र का व्यवस्थित आरेख निम्नलिखित है—



चित्र 7.12

इस शक्ति संयन्त्र में मुख्यत: 4 अवयय होते हैं—

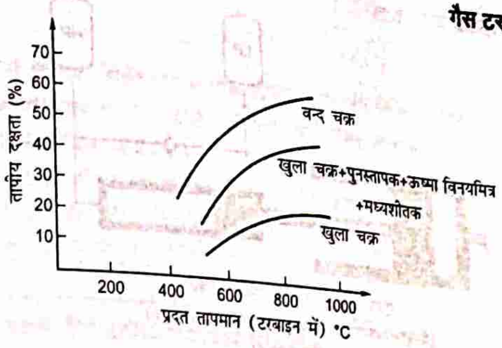
1. संपीडक
2. टरबाइन
3. जनरेटर
4. उपसाधन

परन्तु दक्षता वृद्धि तथा सुचारूपूर्वक प्रचालन के लिए मुख्यत: शक्ति संयन्त्रों में निम्न अवययों का समावेश होता है—

1. वायु फिल्टर (Air Filter)
2. निम्न दाब संपीडक
3. निम्न दाब टरबाइन
4. स्टार्टिंग मोटर
5. अल्टरनेटर
6. उच्च दाब संपीडक
7. ऊष्मा विनियमित्र
8. दहन कक्ष

7.8 गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्रों चक्रों में तापीय दक्षता में समानता

प्रयुक्त प्रमुख चक्रों की तापीय दक्षता तथा उनके प्रदत्त तापमान (टरबाइन में) के बीच सम्बन्ध ग्राफ द्वारा प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 7.13

7.9 गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र के अनुप्रयोग

गैस टरबाइन का अनुप्रयोग मुख्यत: निम्न क्षेत्रों में होता है—

(a) टरबोजेट (b) रेलवे (c) औद्योगिक क्षेत्रों में

(d) विद्युत उत्पादन में (e) समुद्री क्षेत्रों में

7.10 गैस टरबाइन के लाभ

1. यांत्रिक दक्षता अन्य टरबाइन की तुलना में अधिक होता है।
2. फ्लाईव्हील (Flywheel) की आवश्यकता नहीं होती है।
3. सस्ते ईंधन का भी इस्तेमाल किया जाता है। (जैसे पैराफिन)
4. टरबाइन अपेक्षकृत हल्का होता है।
5. टरबाइन तंत्र सरल होता है।

7.11 गैस टरबाइन की हानियाँ

1. तापीय दक्षता कम होती है।
2. विशेष शीतलन तंत्र की आवश्यकता होती है।
3. गैस टरबाइन को शुरू करने में परेशानी होती है।
4. अधिक धुँआ उत्पन्न करती है।
5. ईंधन जलन का नियंत्रण सम्भव नहीं होता है।

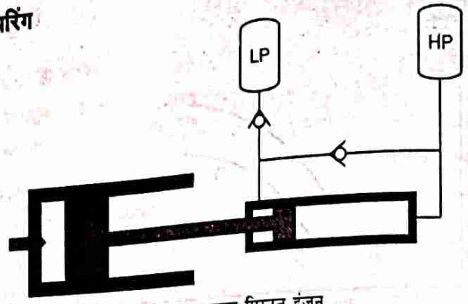
7.12 स्वतन्त्र पिस्टन इंजन (Free Piston Engine)

ऊर्जा स्रोत के रूप में जीवाश्म ईंधन के प्रयोग से वातावरण में CO_2 तथा अन्य दूषित गैसों की मात्रा बढ़ जाती है। चूँकि तकनीकि का विकास तेजी से हो रहा है इसलिए जीवाश्म ईंधनों पर से निर्भरता कम करने के लिए स्वतन्त्र पिस्टन इंजन एक उपयुक्त साधन है। स्वतन्त्र पिस्टन इंजन मुख्यत: परम्परागत गैस टरबाइन ही होता है परन्तु विशेष अंतर यह होता है कि इस इंजन संपीडक तथा दहन कक्ष अनुपस्थित होते हैं।

स्वतन्त्र पिस्टन इंजन की शुरूआत 1922 में हुई जिसका श्रेय आर०पी० पिस्कारा (R. P. Pescara) को जाता है।

स्वतन्त्र पिस्टन इंजन में मुख्यत: निम्न गुण होते हैं—

1. परिवर्तनशील स्ट्रोक लम्बाई
2. पिस्टन की स्वतन्त्र गति
3. घर्षण में हानियों में कमी
4. परिवर्तनशील संपीड़ित अनुपात में इंजन कार्यकारी सम्भव होता है।



एकल पिस्टन स्वतन्त्र पिस्टन इंजन
(Single piston hydraulic free-piston engine)
चित्र 7.14

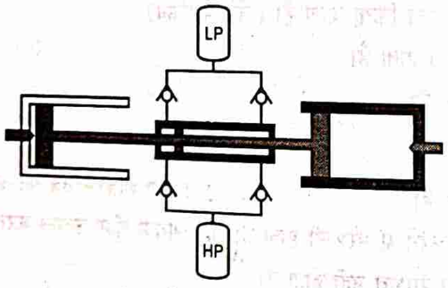
उपरोक्त चित्र में एकल पिस्टन स्वतन्त्र पिस्टन इंजन दर्शाया गया है जिसमें मुख्य रूप से तीन अवयव होते हैं—

1. सिलेण्डर
2. ऊर्जा एकत्रित करने के लिए उपकरण
3. भार उपकरण

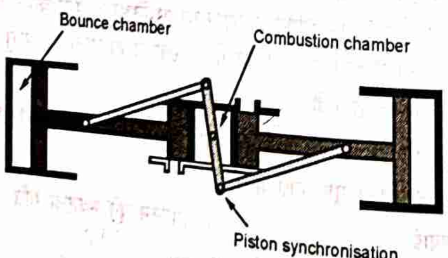
पिस्टन की अवस्था के आधार पर स्वतन्त्र पिस्टन इंजन मुख्यत: निम्न प्रकार के होते हैं—

1. द्वि-पिस्टन स्वतन्त्र पिस्टन इंजन
2. उल्टा पिस्टन स्वतन्त्र पिस्टन इंजन

उपरोक्त दोनों का आरेख निम्न है—



द्वि-पिस्टन इंजन
चित्र 7.15



उल्टा पिस्टन
चित्र 7.16

क्रिया विधि

स्वतन्त्र पिस्टन इंजन में मुख्यत: सिलेण्डरों के बीच पिस्टन व्यवस्थित होता है। सिलेण्डर में ईंधन का दहन पिस्टन की गति द्वारा होती है। पिस्टन के गतिशील होने पर आउट पुट शाफ्ट पर यांत्रिक कार्य प्राप्त होता है। पिस्टन की व्यवस्था संपीड़िक सिलेण्डरों में होती है। स्ट्रोक के अंत में वायु (गर्म गैसें) को भण्डारित करने के लिए प्रत्येक चरण के अंत में सिलेण्डरों की व्यवस्था होती है। ईंधन के रूप में डीजल का प्रयोग किया जाता है। वायु को गतिशील पिस्टन के माध्यम से संपीड़ित करके डीजल, सिलेण्डर द्वारा भेजा जाता है। जिससे ईंधन का दहन होता है तथा हमें गैस ऊर्जा प्राप्त होती है। वायु, ईंधन तथा गर्म गैसों के प्रवेश तथा निकास के लिए वाल्व का प्रयोग किया जाता है। ईंधन को स्प्रे के रूप में प्रवाहित करने के लिए इन्जेक्टर का प्रयोग किया जाता है।

इसी प्रकार यह चक्र क्रमश: चलता रहता है तथा टरबाइन को $5{\cdot}25 kg/cm^2$, 540°C तापमान पर गैसें प्राप्त होती हैं।

लाभ

- वायु खपत दर अन्य टरबाइन की अपेक्षा में कम होती है।
- दक्षता 40% तक प्राप्त की जा सकती है।
- अन्य टरबाइनों की तुलना में हल्का एवं छोटा होता है।
- कम्पन्न रहित होता है।

हानियाँ

- स्टार्टिंग एवं नियंत्रण समस्याएँ।
- सम कालिक (Synchronize) होना कठिन होता है।

सारांश

गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र—गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र में वातावरणीय वायु को दहन भट्टी में गर्म करके टरबाइन की ब्लेड़ों पर प्रवाहित किया जाता है। जिससे हमें यांत्रिक कार्य प्राप्त होता है। यह यांत्रिक ऊर्जा विद्युत शक्ति में जनरेटर की सहायता में परिवर्तित हो जाती है।

मुख्य अवयव हैं—

- वायु संपीडक
- दहन भट्टी
- टरबाइन
- जनरेटर
- उपसाधन (अन्त:शीतक, पुनस्तापक, ऊष्मा विनियमित्र)

शक्ति संयन्त्र में मुख्यत: तीन प्रक्रम होते हैं—

- आइन्सट्रापिक संपीड़न प्रक्रम
- स्थिर दाब प्रक्रम
- आइन्सट्रापिक विस्तार प्रक्रम

गैस टरबाइन का वर्गीकरण

गैस टरबाइन को मुख्यत: दो भागों में वर्गीकृत किया गया है—

(a) स्थिर दाब दहन गैस टरबाइन

- खुला चक्र स्थिर दाब दहन गैस टरबाइन
- बंद चक्र स्थिर दाब दहन गैस टरबाइन

(b) स्थिर आयतन दाब दहन गैस टरबाइन

- तापीय दक्षता के लिए प्रयुक्त उपसाधन

मुख्यत: तीन उपसाधनों का प्रयोग किया जाता है—

(i) मध्य शीतक (Inter Cooler)—यह दो संपीडकों (निम्न दाब तथा उच्च दाब) के बीच लगाया जाता है जिससे संपीडक का कार्य दो चरणों में विभक्त हो जाता है तथा तापीय दक्षता में सुधार होता है।

(ii) पुनस्तापक (Reheater)—यह उच्च दाब टरबाइन तथा निम्न दाब टरबाइन के बीच लगा होता है जिससे ऊर्जा ह्रास में कमी होती है।

(iii) ऊष्मा विनियमित्र (Heat Exchanger or Regenerator)—संपीडक से संपीड़ित गैसों को ऊष्मा विनियमित्र में प्रवाहित करते हैं तथा टरबाइन में बची गैसों की सहायता से गर्म करते हैं।

गैस टरबाइन में प्रयुक्त ईंधन

प्रयुक्त ईंधन को मुख्यत: तीन भागों में वर्गीकृत किया गया है—

(a) ठोस ईंधन—चूर्णित कोयला

(b) द्रवीय ईंधन—पेट्रोलियम

(c) गैसीय ईंधन—प्राकृतिक गैसें

स्वतन्त्र पिस्टन इंजन (Free Piston Engine)

स्वतन्त्र पिस्टन इंजन (Free piston engine) मुख्यत: गैस टरबाइन का ही रूप होता है, परन्तु इसमें संपीडक तथा दहन कक्ष के स्थान पर सिलेण्डर पिस्टन का इस्तेमाल किया जाता है।

स्वतन्त्र पिस्टन इंजन के प्रयोग से यांत्रिक दक्षता में वृद्धि होती है, परन्तु तापीय दक्षता में कमी होती है।

प्रश्नावली

1. गैस टरबाइन क्या है? सचित्र विवरण कीजिए।
2. गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्रों के प्रमुख अवयवों का विवरण दीजिए।
3. संक्षेप में समझाइए—
   (a) वायु संपीडक
   (b) दहन कक्ष
   (c) टरबाइन
4. गैस टरबाइन तथा परम्परागत शक्ति संयन्त्रों के लाभ एवं हानियाँ लिखिए।
5. गैस टरबाइन का वर्गीकरण कीजिए।
6. बंद चक्र तथा खुला चक्र गैस टरबाइन के अंतर लिखिए।
7. गैस टरबाइन की क्रिया विधि का सिद्धान्त लिखिए।
8. जूल चक्र का वर्णन कीजिए।
9. निम्न गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्रों का T–S आरेख बनाइए—
   (a) खुला चक्र स्थिर दाब दहन
   (b) बंद चक्र स्थिर दाब दहन
10. स्थिर आयतन दहन गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र का वर्णन कीजिए।

11. तापीय दक्षता वृद्धि के लिए प्रयुक्त विधियों का वर्णन कीजिए।
12. निम्न के कार्य लिखिए—
    (a) पुन:स्तापक (Reheater)
    (b) मध्य शीतक (Inter Cooler)
    (c) ऊष्मा विनियमित्र (Heat Exchanger or Regenerator)
13. गैस टरबाइन के अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए।
14. गैस टरबाइन में प्रयुक्त ईंधन का विस्तृत वर्णन कीजिए।
15. गैस टरबाइन चक्रों की तापीय दक्षता के आधार पर तुलना कीजिए।
16. गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्रों का ले-आऊट बनाइए।
17. स्वतन्त्र पिस्टन इंजन क्या है?
18. स्वतन्त्र पिस्टन इंजन टरबाइन के लाभ एवं हानियाँ लिखिए।
19. गैस टरबाइन के लाभ बताइए।
20. गैस टरबाइन की हानियाँ बताइए।

वस्तुनिष्ठ प्रश्नावली

1. गैस टरबाइन कार्य करता है—
   (a) जूल चक्र (b) कॉरनाट चक्र
   (c) रैंकिन चक्र (d) ब्रेटन या एंटकिन्स चक्र
2. खुला चक्र गैस टरबाइन कार्य करता है—
   (a) ब्रेटन या एंटकिन्स चक्र (b) जूल चक्र
   (c) रैंकिन चक्र (d) कॉरनाट चक्र
3. वायु तथा ईंधन का अनुपात गैस टरबाइन में होता है—
   (a) 50 : 1 (b) 7 : 1 (c) 40 : 1 (d) 100 : 1
4. गैस टरबाइन मुख्यत: निम्न संपीडक इस्तेमाल करता है—
   (a) लोब प्रकार (Lobe) (b) पश्चाग्र प्रकार (Reciprocating)
   (c) अक्षीय प्रकार (Axial Type) (d) अभिकेन्द्रीय प्रकार (Centrifugal)
5. गैस टरबाइन की दक्षता में वृद्धि होती है—
   (a) पुनस्तापक (b) मध्य शीतक
   (c) दोनों (d) इनमें से कोई नहीं
6. बंद चक्र गैस टरबाइन—
   (a) कम लचीला होता है। (b) अधिक लचीला होता है।
   (c) नहीं इस्तेमाल किया जाता है। (d) इनमें से कोई नहीं।

उत्तर

1. (d)	2. (a)	3. (a)	4. (c)	5. (c)	6. (b)

प्राविधिक शिक्षा परिषद् द्वारा वार्षिक परीक्षा में विगत 10 वर्षों में पूछे गए प्रश्न

1. गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र का $P-V$ तथा $T-S$ आरेख खींचिए। (2002)
2. एक सरल खुला चक्र गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र की कार्य प्रणाली का वर्णन कीजिए। इसके वाष्प शक्ति संयन्त्र की तुलना में लाभ बताइए। (2002, 07, 08)
3. गैस टरबाइन संयन्त्र के लाभ दर्शाते हुए उनके विभिन्न क्षेत्रों में उपयोगिता का वर्णन कीजिए। (2003)
4. एक बंद चक्र गैस टरबाइन संयन्त्र की कार्य प्रणाली का वर्णन स्वच्छ चित्र द्वारा कीजिए। (2004)
5. गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र के विभिन्न लक्षणों की विवचना कीजिए। जिसकी वजह से उसे शीर्ष भार शक्ति संयन्त्र के लिए उपयुक्त समझा जाता है। (2005)
6. मुक्त चक्र एवं बंद चक्र पर आधारित गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र के सापेक्ष गुण-दोषों की तुलना कीजिए। (2006, 10)
7. एक गैस टरबाइन शक्ति संयन्त्र की दक्षता को बढ़ाने के लिए प्रयुक्त विधियों को समझाइए। (2006, 11, 12)
8. खुला चक्र गैस टरबाइन संयन्त्रों की तापीय दक्षता बढ़ाने की विभिन्न विधियाँ समझाइए। (2007)
9. बंद चक्र गैस टरबाइन की दक्षता को प्रभावित करने वाले पांच कारकों के नामों की सूची दीजिए। (2008)
10. फ्री पिस्टन इंजन की कार्य प्रणाली को समझाइए। (2005, 09, 12)
11. एक साधारण खुले गैस टरबाइन संयन्त्र की ऊष्मीय दक्षता रिजनरेशन एवं रिहीटिंग में कैसे बढ़ जाती है? (2009)
12. एक खुला चक्र गैस आधारित शक्ति संयन्त्र की साधारणत: चलित ऊष्मीय दक्षता का सूत्र प्रतिपादित कीजिए। (2009)
13. वाष्प टरबाइन शक्ति संयन्त्र की अपेक्षा में गैस टरबाइन संयन्त्र के लाभ एवं हानियों की विवेचना कीजिए। (2011)
14. गैस टरबाइन ईंधन के दहन पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। (2012)

Chapter 8

शक्ति संयन्त्रों का संयुक्त संचालन (Combined Working of Power Plnat)

8.1 शक्ति संयन्त्रों का संयुक्त संचालन (Combined Working of Power Plant)

किसी देश की अर्थव्यवस्था में ऊर्जा का महत्वपूर्ण योगदान होता है। ऊर्जा उत्पादन यदि इस प्रकार से हो कि हमें प्रचुर मात्रा में विद्युत शक्ति प्राप्त हो और कम से कम संसाधनों का प्रयोग करना पड़े तो ऊर्जा का सदुपयोग होगा। ऊर्जा का सदुपयोग किसी एक शक्ति संयन्त्र पर निर्भर रह कर नहीं किया जा सकता है। ऊर्जा के सम्पूर्ण उपयोग, हानियाँ कम करने के लिए विभिन्न शक्ति संयन्त्रों का समन्वय होना आवश्यक होता है। उदाहरण के लिए नाभिकीय शक्ति संयन्त्र के साथ वाष्प शक्ति संयन्त्र।

विभिन्न शक्ति संयन्त्रों के समन्वय से व्यर्थ ऊर्जा को उपयोग किया जा सकता जिससे ऊर्जा उत्पादन दर भी बढ़ता है।

उपरोक्त से यह निष्कर्ष निकलता है कि यदि हमें अधिकतम ऊर्जा का उपयोग कम से कम संसाधनों में करना है तो विभिन्न शक्ति संयन्त्रों में समन्वय स्थापित करना आवश्यक है।

8.2 विभिन्न शक्ति संयन्त्रों के समन्वय से लाभ

(i) ग्राहक को विद्युत सप्लाई विश्वसनीय ढंग से की जा सकती है।
(ii) यदि एक संयन्त्र किसी कारणवश खराब हो जाए तो दूसरे संयन्त्र से विद्युत सप्लाई की जा सकती है।
(iii) प्रारम्भिक लागत में कमी आती है।
(iv) आपस में जुड़ने के कारण विद्युत उत्पादन क्षमता में वृद्धि आती है जिससे ईंधन की खपत कम हो जाती है।
(v) उच्च वोल्टेज पर वितरण भी प्रभावी ढंग से होता है।
(vi) ऊर्जा खपत लागत में भी कमी आती है।
(vii) निरीक्षण, प्रचालन तथा रख-रखाव लागत में भी कमी आती है।
(viii) मौसम पर से निर्भरता आसानी से कम हो जाती है।
(ix) सस्ते ईंधन का भी प्रयोग किया जा सकता है।
(x) दक्षता में वृद्धि होती है।

8.3 भार निर्धारण

मुख्यत: शक्ति संयन्त्र में भार को नियत करना सम्भव नहीं होता है, क्योंकि समय के साथ भार परिवर्तनशील होता है।

भार मुख्यत: माँग के आधार पर बदलता रहता है।

माँग के आधार पर मुख्यत: भार दो प्रकार के होते हैं—

(i) मूल-भार (Base-load)
(ii) शिखर-भार (Peak-load)

8.3.1. मूल-भार (Base-Load)

यह वह भार है जो किसी एक शक्ति संयन्त्र से दूसरे शक्ति संयन्त्र में शिखर भार में असमान वितरण को पूरा करता है। सरल शब्दों में "वह भार जो दिन के अधिकतम समय तक सप्लाई किया जाता है तथा स्थिर बना रहता है, मूल-भार कहलाता है।"

मूल भार तथा शिखर भार के लिए यह आवश्यक नहीं होता है कि दोनों शक्ति संयन्त्र जो आपस में जुड़े हों एक ही प्रकार के हों।

उदाहरण के लिए यदि एक शक्ति संयन्त्र नाभिकीय शक्ति संयन्त्र हो तो दूसरा जो इससे जुड़ा हो वह भी नाभिकीय शक्ति संयन्त्र हो।

मूल-भार तथा शिखर भार स्थानान्तरण के लिए शक्ति संयन्त्रों का चुनाव करने के लिए निम्न आवश्यकताएँ होती हैं—

(a) कम प्रचालन लागत।

(b) भार का सतत् प्रवाह।

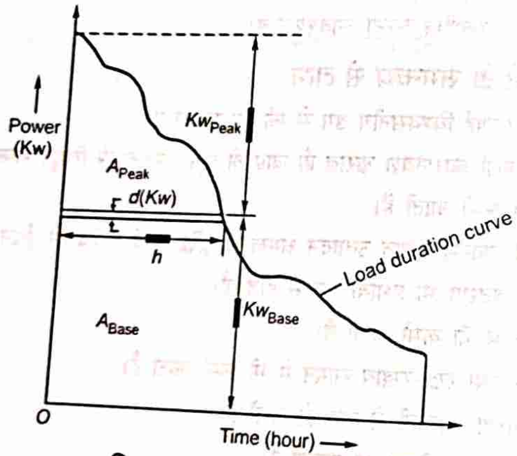
(c) प्रारम्भिक लागत कम होनी चाहिए।

(d) रख-रखाव लागत कम होनी चाहिए।

(e) कम आपरेटरों की आवश्यकता पड़े।

(f) सभी पुर्जे आसानी से उपलब्ध हों।

(g) संयन्त्र भार वितरण केन्द्र के पास ही स्थापित हो।



चित्र 8.1—Base & Peak Load

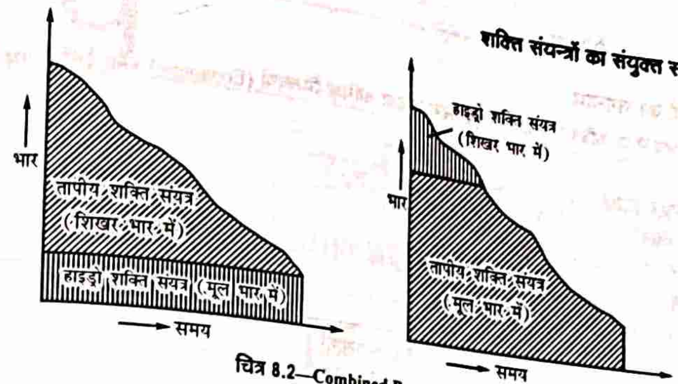
8.3.2 शिखर भार

वह भार जो दिन में किसी निश्चित समय तक के लिए अधिकतम भार होता है।

8.4 संयुक्त शक्ति संयन्त्रों के उदाहरण (Example of Combined Power Point)

(a) हाइड्रो-इलेक्ट्रिक एवं वाष्प शक्ति संयन्त्र का समन्वय—हाइड्रो-इलेक्ट्रिक शक्ति संयन्त्र में भार में बदलाव को तेजी से स्थिर किया जाता है। स्थिरता के लिए शिखर भार (Peak-load) का प्रयोग किया जाता है।

वाष्प शक्ति संयन्त्र (तापीय शक्ति संयन्त्र) में भार का निर्धारण के लिए विश्वसनीयता कम होती है, हाइड्रो-इलेक्ट्रिक शक्ति संयन्त्र की तुलना में हाइड्रो संयन्त्र में मूल भार तथा शिखर भार का वितरण जब हम तापीय शक्ति संयन्त्र से जुड़ा है निम्नलिखित है—



चित्र 8.2—Combined Power Plant

8.5 विभिन्न शक्ति संयन्त्रों का समन्वय

किसी निश्चित क्षेत्र में यदि दो शक्ति संयन्त्र स्थापित हैं तो यह आवश्यक है कि दोनों में समन्वय स्थापित हों जिससे हमें शक्ति की प्राप्ति मित्व्ययी ढंग से हो। समन्वय से क्षेत्र की आर्थिक स्थिति में भी सुधार होता है।

दो शक्ति संयन्त्रों में समन्वय के लिए कुछ प्रमुख घटकों पर विचार करना आवश्यक होता है। प्रमुख घटक निम्नलिखित हैं—

(a) प्रारम्भिक लागत

(b) ईंधन लागत

(c) प्रचालन एवं रख-रखाव लागत

(d) मूल भार तथा शिखर भार में सम्बन्ध

(e) वितरण परिस्थितियाँ (जैसे, लाइन आदि)

(f) संयन्त्र का कार्यकारी वातावरण

(g) मौसम परिस्थितियाँ

(h) परिस्थितियाँ

सारांश

संयुक्त शक्ति संयन्त्र—ऊर्जा का अधिकतम उपयोग, कम से कम संसाधनों में करने के लिए दो शक्ति संयन्त्रों का समन्वय संयुक्त शक्ति संयन्त्र कहलाता है।

संयुक्त शक्ति संयन्त्र, एक शक्ति संयन्त्र की अपेक्षा अधिक लाभदायक होता है, क्योकि—

- लागत में कमी आती है।
- विद्युत सप्लाई निरन्तर होती है।
- रख-रखाव आसान हो जाता है।
- मौसम पर निर्भरता कम हो जाती है।

भार निर्धारण

मुख्यत: दो प्रकार के भार होते हैं—

(a) मूल भार (Base-load)—वह भार जो दिन के अधिकतम समय तक सप्लाई किया जाता है, मूल भार कहलाता है।

(b) शिखर भार (Peak-load)—वह भार जो दिन में किसी निश्चित समय तक के लिए अधिकतम भार होता है।

शक्ति संयन्त्रों का समन्वय

एक ही क्षेत्र में दो शक्ति संयन्त्रों का एक साथ जुड़ना अधिक मितव्ययी (Economic) होता है। समन्वय के लिए मुख्य घटक निम्न हैं—

- प्रारम्भिक लागत
- ईंधन लागत
- प्रचालन एवं रख-रखाव लागत
- मौसम
- कार्यकारी परिस्थितियाँ, आदि।

प्रश्नावली

1. संयुक्त शक्ति संयन्त्र क्या है? विस्तार से समझाइए।
2. संयुक्त शक्ति संयन्त्र के लाभ बताइए।
3. भार निर्धारण क्या है?
4. मूल भार तथा शिखर भार में अंतर बताइए।
5. भार निर्धारण करते समय शक्ति संयन्त्रों की प्रमुख आवश्यकताओं का वर्णन कीजिए।
6. मूल भार तथा शिखर भार के बीच आरेख खींचिए।
7. हाइड्रो-इलेक्ट्रिक तथा तापीय शक्ति संयन्त्रों का समन्वय समझाइए।
8. शक्ति संयन्त्रों में समन्वय को परिभाषित कीजिए।
9. शक्ति संयन्त्रों के समन्वय के प्रमुख घटकों को समझाइए।
10. समन्वय के लाभ लिखिए।

प्राविधिक शिक्षा परिषद् द्वारा वार्षिक परीक्षा में विगत 10 वर्षों में पूछे गए प्रश्न

1. निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए—
   (a) बेस लोड शक्ति संयन्त्र (b) पीक लोड शक्ति संयन्त्र (2002, 07)
2. शक्ति संयन्त्र के ''मितव्ययिता'' से आप क्या समझते हैं? शक्ति संयन्त्र के लिए स्थिर लागत तथा परिचालन लागत को समझाइए। (2002, 06)
3. शक्ति संयन्त्रों का समन्वयय समझाइए।
4. शिखर भार तथा शिखर भार शक्ति संयन्त्र से क्या तात्पर्य है? (2002, 04, 07, 10)
5. आधार भार सम्भरण के लिए संयन्त्र को किन-किन चीजों की आवश्यकता होती है? (2004)
6. शक्ति संयन्त्रों के अन्तर्जोड़ की क्यों आवश्यकता होती है? (2004)
7. हाइड्रो-स्टीम इन्टरकनेक्टेड पावर सिस्टम को संक्षिप्त में समझाइए। (2004)
8. विभिन्न प्रकार के शक्ति संयन्त्र के संयुक्त संचालन के लाभ लिखिए। (2005)
9. पावर स्टेशनों के आपस में जोड़ने को समझाइए। (2006, 08, 09, 12)
10. एक इन्टरकनेक्टेड निकाय में विद्युत आपूर्ति हेतु भार शक्ति संयन्त्र की उपयुक्तता की विवेचना कीजिए। (2008)
11. शीर्ष भार विद्युत केन्द्र को समझाइए। (2009)
12. आधार-भार केन्द्र को समझाइए। (2010, 11)
13. आधार भार तथा शीर्ष भार केन्द्रों के बीच भार सहभाजन के सिद्धान्तों का वर्णन कीजिए। (2010, 12) (2011)

□

Chapter 9

ऊर्जा के अपरम्परागत स्रोत (Non-Conventional Energy Resources)

पिछले अध्यायों में हमने विभिन्न शक्तियों संयन्त्रों जैसे तापीय शक्ति संयन्त्रों, डीजल इंजन शक्ति संयन्त्रों, नाभिकीय शक्ति संयन्त्रों आदि का अध्ययन किया। इन शक्ति संयन्त्रों में ईंधन के रूप में मुख्यत: कोयला, डीजल, नाभिकीय फ्यूल आदि का प्रयोग किया जाता है। ये ईंधन ऊर्जा के परम्परागत स्रोत हैं। इस अध्याय में हम मुख्यत: ऊर्जा, ऊर्जा के प्रकार, ऊर्जा स्रोत विभिन्न प्रकार के अपरम्परागत स्रोत तथा इन स्रोतों से विद्युत उत्पन्न करने के लिए उपकरण, लाभ, हानियाँ एवं उपलब्धता का अध्ययन करेंगे।

9.1 परिचय (Introduction)

हम जानते हैं कि ऊर्जा वह कारक है जिसके कारण परिवर्तन होते हैं। आदिकाल से मनुष्य अपनी जरूरतों के लिए ऊर्जा को विभिन्न रूपों में इस्तेमाल करता है। जैसे भोजन पकाने के लिए ऊष्मा का प्रयोग प्रकाश के लिए सौर ऊर्जा का उपयोग। समय के साथ ऊर्जा के रूपों तथा प्रयोगों दोनों में परिवर्तन हुआ। औद्योगिक क्रान्ति के बाद ऊर्जा का उपयोग तथा खपत दर दोनों में वृद्धि तेजी से हुआ है। तेजी से बढ़ती आबादी तथा इस आबादी की बढ़ती हुई जरूरतों को पूरा करने के लिए केवल परम्परागत ऊर्जा काफी है। अत: हमें ऊर्जा के वैकल्पिक स्रोतों को इस्तेमाल करने की आवश्यकता है।

ऊर्जा—ऊर्जा वह साधन है जिसके द्वारा कोई वस्तु अपने अन्दर परिवर्तन की क्षमता रखती है।

या

वह कारक जिसके कारण बल उत्पन्न होता है तथा कार्य होता है एवं आकार में परिवर्तन होता है।

ऊर्जा के विभिन्न रूपों, स्रोतों तथा उसके परिवर्तन का अध्ययन जिसके अंतर्गत आता है उसे ऊर्जा विज्ञान (Energy science) कहते हैं। ऊर्जा विज्ञान का मनुष्यों के जीवन में उपयोग ऊर्जा तकनीकी के अंतर्गत आता है।

ऊर्जा विभिन्न स्वरूपों में उपलब्ध होता है; जैसे—यांत्रिक ऊर्जा, विद्युत ऊर्जा, तापीय ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा आदि। ऊर्जा के विभिन्न रूपों को उपयुक्त उपकरण की सहायता से एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित किया जाता है। सामान्यत: ऊर्जा को विद्युत रूप में परिवर्तित किया जाता है, क्योंकि इसका वितरण (Distribution) एवं भण्डारण (Storage) दोनों आसान एवं सरल होता है।

9.2 ऊर्जा स्रोत का वर्गीकरण (Classification of Source of Energy)

ऊर्जा स्रोत का वर्गीकरण निम्नलिखित है—

(i) प्राथमिक एवं द्वितीयक ऊर्जा स्रोत (Primary and Secondary Energy Resources)

(ii) परम्परागत ऊर्जा स्रोत एवं अपरम्परागत ऊर्जा स्रोत (Conventional and Non-conventional Energy Resources)

(iii) वाणिज्यिक एवं अवाणिज्यिक ऊर्जा स्रोत (Commercial and Non-commercial Energy Resources)

9.2.1 प्राथमिक एवं द्वितीयक ऊर्जा स्रोत

ऊर्जा के वे स्रोत जो प्राकृतिक रूप में उपलब्ध होते हैं तथा पृथ्वी के अन्तर भण्डारित होते, उन्हें प्राथमिक ऊर्जा स्रोत कहते हैं।

उदाहरण के लिए—कोयला, तेल, पेट्रोलियम, जीवाश्म ऊर्जा आदि।

अन्य उदाहरण में नाभिकीय ऊर्जा, भू-ऊष्मीय ऊर्जा, संभाव्य ऊर्जा (Potential energy) प्रमुख है।

ऊर्जा के वे स्रोत जिनकी प्राप्ति प्राथमिक ऊर्जा के रूपान्तरण के कारण प्राप्त होती है, उन्हें द्वितीयक ऊर्जा स्रोत कहते हैं। उदाहरण के लिए वाष्प ऊर्जा एवं विद्युत ऊर्जा की प्राप्ति कोयले तथा पेट्रोलियम के दहन से प्राप्त होती है।

9.2.2 परम्परागत ऊर्जा स्रोत एवं अपरम्परागत ऊर्जा स्रोत

ऊर्जा के वे स्रोत जिन्हें हम प्रकृति के उन स्रोतों से प्राप्त करते हैं जो कभी नष्ट नहीं होने वाले हैं, अपरम्परागत ऊर्जा स्रोत कहलाते हैं।

उदाहरण—सौर ऊर्जा, वायु ऊर्जा, भू ऊष्मीय ऊर्जा, ज्वारीय ऊर्जा, द्रवीय ऊर्जा आदि।

इन्हें हम ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोत (Renewable source) भी कहते हैं।

अर्थात् यह वह स्रोत है जिनको नवीकृत बार-बार किया जा सकता है तथा उनकी खपत का आपूर्ति पर कोई प्रभाव नहीं होता है।

ऊर्जा के वे स्रोत जिनकी मात्रा प्रकृति में सीमित है, ऊर्जा के परम्परागत स्रोत कहलाते हैं।

उदाहरण—जीवाश्म ईंधन; जैसे कोयला, तेल, पेट्रोलियम आदि।

इन्हें ऊर्जा के अनवीकरणीय ऊर्जा स्रोत (Non-renewable sources) कहलाते हैं अर्थात् लगातार खपत से यह समाप्त हो सकते हैं।

9.2.3 वाणिज्यिक एवं अवाणिज्यिक ऊर्जा स्रोत

ऊर्जा के वे स्रोत जिनकी उपलब्धता बाजार में होती है तथा वे किसी निश्चित राशि पर प्राप्त किए जा सकते हैं, वाणिज्यिक ऊर्जा स्रोत कहलाते हैं।

उदाहरण—बिजली, कोयला, तेल, प्राकृतिक गैसें आदि।

ऊर्जा के इन स्रोतों से हम उद्योगों, कृषि, परिवहन आदि का विकास तेजी से कर सकते हैं।

ऊर्जा के वे स्रोत जो प्रत्यक्ष रूप से बाजार में उपलब्ध नहीं होते हैं, अवाणिज्यिक ऊर्जा स्रोत कहलाते हैं।

उदाहरण—कृषि व्यर्थ ईंधन, गोबर, लकड़ी आदि।

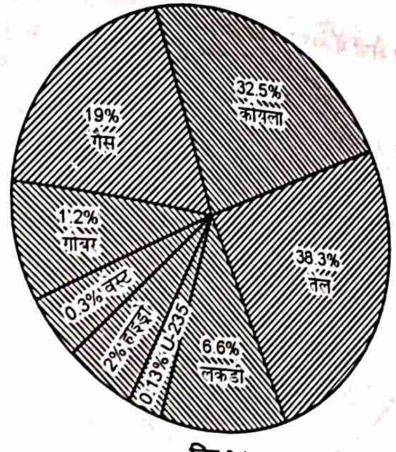
ऊर्जा के उन स्रोतों को ग्रामीण क्षेत्रों में परम्परागत ऊर्जा का स्रोत कहते हैं। इस ऊर्जा का उपयोग मुख्यतः भोजन पकाने, आग जलाने, रोशनी करने में प्रयोग किया जाता है।

9.3 ऊर्जा के प्रमुख लक्षण

(i) ऊर्जा को भण्डारित किया जा सकता है।
(ii) ऊर्जा को न तो नष्ट किया जा सकता है न ही उत्पन्न किया जाता, केवल रूपान्तरण सम्भव है।
(iii) यह विभिन्न रूपों में उपलब्ध होती है।
(iv) यह कभी सम्पूर्ण मान (Absolute value) में उपलब्ध नहीं होती है।
(v) इसमें सम्भाव्य (Potential) होता है।
(vi) ऊर्जा का प्रवाह केवल उच्च सम्भाव्य से निम्न सम्भाव्य की ओर हो सकता है।
(vii) ऊर्जा का एक निकाय से दूसरे निकाय में स्थानान्तरण हो सकता है।
(viii) ऊर्जा को हम N-m या Joule में मापते हैं।

9.4 विश्व के कुल ऊर्जा स्रोत (Energy Sources in World)

विश्व के कुल ऊर्जा स्रोतों का प्रतिशतवार वितरण निम्नलिखित है—



चित्र 9.1

इनमें कोयला, तेल, गैस, यूरेनियम वाणिज्यिक ऊर्जा के स्रोत हैं जो सम्पूर्ण ऊर्जा खपत का लगभग 90% भाग होता है। शेष 10% भाग ऊर्जा के अवाणिज्यिक स्रोत पर निर्भर करता है।

9.5 भारत में ऊर्जा खपत एवं भण्डारण

प्रमुख बातें

- भारत की जनसंख्या विश्व की जनसंख्या का 17% भाग है।
- भारत की जनसंख्या वृद्धि की दर 1·51%।
- भारत विश्व का 11 सबसे बड़ी ऊर्जा उत्पादन देश है।
- ऊर्जा खपत में भारत का 6वां स्थान है।

भारत के प्रमुख ऊर्जा स्रोत

प्राथमिक ऊर्जा स्रोतों में प्रमुख निम्नलिखित हैं—

(i) कोयला
(ii) तेल
(iii) प्राकृतिक गैस
(iv) नाभिकीय ऊर्जा
(v) हाइड्रो ऊर्जा

(i) कोयला—भारत में विश्व के कुल कोयले भण्डारण का 8·6% भाग है। अनुमानित आंकड़ों के अनुसार भारत में कुल 84,396 मिलियन कोयले का भण्डार है।

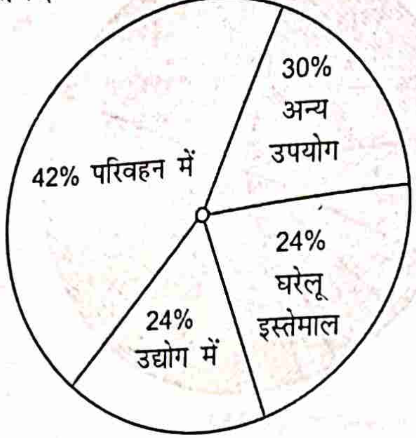
भारत, विश्व के कोयले उत्पादन का चौथा अग्रणी देश है।

प्रमुख कोयला क्षेत्र राज्य हैं—आंध्र प्रदेश, उत्तर प्रदेश, बिहार, मध्य प्रदेश, महाराष्ट्र, तमिलनाडु, उड़ीसा, झारखण्ड, पं० बंगाल।

(ii) तेल—कुल ऊर्जा खपत में तेल 36% की भागीदारी निभाता है। तेल उत्पादन क्षमता में भारत दस प्रमुख अग्रणी देशों में आता है। एशिया देशों में चीन, जापान तथा कोरिया के बाद भारत प्रमुख है।

तेल के प्रमुख क्षेत्र हैं—बाम्बे, आसाम, कैम्बे, कृष्णा-गोदावरी क्षेत्र आदि।

उपयोग के आधार पर विभिन्न क्षेत्रों में तेल का वितरण—



चित्र 9.2

(iii) प्राकृतिक गैस—कुल ऊर्जा खपत का 8·9% भागीदारी होता है। प्राकृतिक गैस का अनुमानित आंकड़ा 660 बिलियन m^3 है।

(iv) नाभिकीय ऊर्जा—कुल ऊर्जा खपत का 2·4% भागीदारी होती है। भारत में कुल दस नाभिकीय रिएक्टर शक्ति संयन्त्र हैं जिनमें से पांच शक्ति संयन्त्रों का प्रयोग कर विद्युत उत्पादन किया जाता है। प्रमुख नाभिकीय ईंधन हैं—यूरेनियम, थोरियम, प्लूटोनियम आदि।

ये ईंधन प्राकृतिक एवं कृत्रिम दोनों रूपों में इस्तेमाल किए जाते हैं।

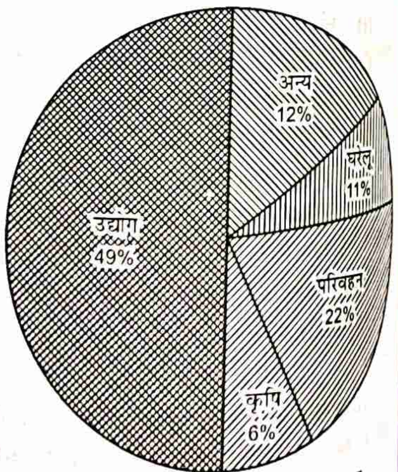
(v) हाइड्रो ऊर्जा—ऊर्जा का यह स्रोत अपरम्परागत ऊर्जा का स्रोत है। भारत में इस ऊर्जा की उपलब्धता अधिक है। हम जानते हैं कि जल सम्भाव्य (Potential) से परिपूर्ण होता है। कुल ऊर्जा खपत का 21·53% की भागीदारी करता है। विद्युत उत्पादन की अनुमानित क्षमता 38106·4 Mw है। हाइड्रो ऊर्जा का इस्तेमाल बाँध बनाकर किया जाता है।

नोट—सभी ऊर्जा स्रोत से उत्पन्न विद्युत तथा शक्ति संयन्त्र का वर्णन अध्याय 1 में किया जा चुका है।

9.6 ऊर्जा के अपरम्परागत स्रोत

हम जानते हैं कि प्रारम्भिक ऊर्जा स्रोत सीमित मात्रा में उपलब्ध हैं। ऊर्जा खपत पर यदि इसी प्रकार बनी रही तो एक दिन ऐसा आएगा जब परम्परागत या प्रारम्भिक ऊर्जा स्रोत नष्ट हो जाएगा।

ऊर्जा का प्रत्येक क्षेत्र में उपयोग का प्रतिशतवार वितरण निम्नलिखित है—



चित्र 9.3–ऊर्जा के परम्परागत स्रोत का प्रतिशतवार वितरण

ऊर्जा की पूर्ति प्रत्येक क्षेत्र में केवल परम्परागत ऊर्जा स्रोतों द्वारा नहीं की जा सकती, क्योंकि ये स्रोत सीमित हैं। अतः हमें ऊर्जा के वैकल्पिक स्रोतों की भी आवश्यकता पड़ेगी।

ऊर्जा के वैकल्पिक स्रोतों में प्रमुख निम्नलिखित हैं—

(a) सौर ऊर्जा (Solar Energy)
(b) पवन ऊर्जा (Wind Energy)
(c) ज्वारीय ऊर्जा (Tidal Energy)
(d) बायो-मास ऊर्जा (Bio-mass Energy)
(e) भू ऊष्मीय ऊर्जा (Geo Thermal Energy)
(f) बायो डीज़ल (Bio Diesel)
(g) माइक्रो हाइडिल ऊर्जा (Micro Hydle Energy)

9.6.1 सौर ऊर्जा (Solar Energy)

सूर्य ऊर्जा का प्रमुख स्रोत है। यह ऊर्जा का नवीनीकरण स्रोत कहलाता है। अर्थात् कभी छय न होने वाला। सूर्य की ऊर्जा विकिरण के रूप में पृथ्वी के धरातल पर पहुँचती है। यह विकिरण संभाव्य (Potential) होती है।

सौर ऊर्जा सबसे स्वच्छ ऊर्जा स्रोत माने जाते हैं, क्योंकि यह वातावरण को प्रदूषित नहीं करते हैं।

ऊर्जा के सभी स्रोतों के लिए उत्तरदायी कारण सूर्य ही होता है।

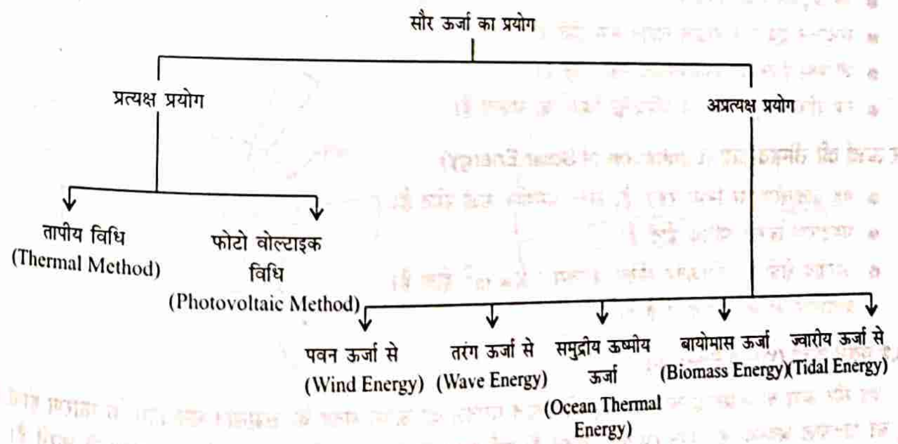
सूर्य के द्वारा धरातल पर विकिरण, सूर्य के अन्दर हुए नाभिकीय संलयन के कारण होता है जिसमें दो भार हाइड्रोजन डेट्रियम (Deutorium) के नाभिक मिलकर एक बड़े हिलियम (Helium) का नाभिक तैयार करते हैं। अभिक्रिया के दौरान अत्यधिक मात्रा में ऊष्मा उत्पन्न होती है। यह ऊष्मा विद्युत चुम्बकीय तरंगों (Electro magnetic waves) के द्वारा पृथ्वी पर पहुँचती है तथा अवशोषित (Absorb) होती हैं। पृथ्वी पर यह तरंगों विकिरण के रूप अवशोषित की जाती हैं। सूर्य द्वारा सतत् विद्युत चुम्बकीय तरंगें उत्पन्न होती हैं, क्योंकि संलयन प्रक्रिया लगातार होती है। अनुमानित आंकड़े के अनुसार सूर्य से विकिरण दर $3 \cdot 7 \times 10^{20}$ MW है तथा पृथ्वी पर सौर विकिरण दर $1 \cdot 85 \times 10^{11}$ MW है।

सूर्य की ऊर्जा का उपयोग हम सीधे रूप में नहीं कर सकते हैं। इसके लिए हमें माध्यम की आवश्यकता पड़ती है। माध्यम के प्रयोग के आधार सौर ऊर्जा को दो वर्गों में विभाजित किया गया है—

(i) प्रत्यक्ष प्रयोग

(ii) अप्रत्यक्ष प्रयोग

प्रत्येक का वर्गीकरण निम्न आरेख द्वारा प्रदर्शित किया है—



चित्र 9.4

सौर ऊर्जा के प्रत्यक्ष प्रयोग में हम सूर्य की किरणों में निहित ऊष्मा को आवश्यक उपकरण द्वारा अन्य प्रकार की ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं।

अप्रत्यक्ष प्रयोग में सूर्य की ऊर्जा माध्यम में सींचित होती है तथा इसी सौर ऊर्जा के कारण हम इन ऊर्जाओं का उपयोग कर सकते हैं।

सौर ऊर्जा का उपयोग कर दूसरे ऊर्जा में परिवर्तित करने के लिए प्रयुक्त उपकरण निम्नलिखित हैं—

(i) सोलर कुकर (Solar Cooker)
(ii) सोलर हीटर (Solar Heater)
(iii) सोलर पैनल (Solar Pannel)
(iv) सोलर चार्जर (Solar Charger)
(v) समतल प्लेट कलेक्टर (Flat Plate Collector)
(vi) सोलर जल तापक (Solar Water Heater)
(vii) आवसीय भवनों का ठण्डा तथा गर्म करने के लिए प्रयुक्त उपकरण (Heating and Cooling of Residental Building)
(viii) सोलर ग्रीन हाऊस (Solar Green House)
(ix) सोलर आसवन (Solar Distillation)
(x) कृषि उत्पादों का सोलर सुखाना (Solar Drying of Agriculture Products)
(xi) सोलर भट्टी (Solar Furnace)
(xii) शक्ति उत्पादन की सौर विधि (Solar System for Power Generation)
(xiii) सोलर फोटो वोल्टपिक सेल (Solar Photo-voltaltic Cell)
(xiv) सोलर सकेन्द्रित कलेक्टर (Solar Concentrated Collector)
(xv) सोलर सेल (Solar Cell)

सौर ऊर्जा के लाभ (Advantage of Solar Energy)

- यह प्रचुर मात्रा में उपलब्ध है।
- यह ऊर्जा का अपरम्परागत तथा नवीकरणीय स्रोत है।
- यह प्रदूषण रहित होता है।
- संचालन एवं रख-रखाव लागत कम होती है।
- जीवाश्म ईंधन की आवश्यकता नहीं होती है।
- यह सीधे विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है।

सौर ऊर्जा की सीमाबद्धता (Limitation of Solar Energy)

- यह वातावरण पर निर्भर रहता है। अत: असमान ऊर्जा स्रोत है।
- भण्डारण लागत अधिक होती है।
- ऊष्णीय क्षेत्रों में अधिकतम सोलर फ्लक्स 1 Kw/m^2 होता है।
- प्रारम्भिक लागत अधिक होती है।

9.6.2 पवन ऊर्जा (Wind Energy)

यह सौर ऊर्जा का अप्रत्यक्ष रूप है। वायु की उत्पत्ति धरातल की ऊपरी सतह के असमान गर्म होने के कारण होती है। वायु की गतिशील अवस्था को पवन (Wind) कहते हैं। इसी पवन ऊर्जा का उपयोग हम ऊर्जा रूपान्तरण में करते हैं। पवन ऊर्जा को या तो यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है या विद्युत ऊर्जा में।

पवन मुख्यत: दो प्रकार की होती हैं—

(i) प्लैनिट्री पवन (Planetary Wind)
(ii) स्थानीय पवन (Local Wind)

(i) प्लैनिट्री पवन (Planetary Wind)—यह पवन भूमध्य रेखा के आस-पास के घरातलीय क्षेत्रों में अत्यधिक सोलर हिटिंग जो उत्तर तथा दक्षिणी ध्रुवों में सोलर हिटिंग से अधिक होता, के कारण उत्पन्न होती हैं। इन पवनों की गति की दिशा पृथ्वी के घूर्णन गति द्वारा प्रभावित होती है।

पवन की दिशा एवं गति मुख्यत: निम्न घटकों पर निर्भर करती है—

(ii) स्थानीय पवन (Local Wind)—यह मुख्यत: तटीय क्षेत्रों में धरातल तथा पानी के असमान गर्म होने के कारण उत्पन्न होती है। हम जानते हैं कि सौर विकिरण के द्वारा धरातल तेजी से गर्म होता है, जबकि पानी धीरे-धीरे गर्म होता है। इसी तापान्तर के कारण वायु उत्पन्न होती है।

स्थानीय वायु पहाड़ी तथा पठारी किनारों के कारण भी उत्पन्न होती है।

नोट—पवन ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करने के लिए पवन चक्की का इस्तेमाल किया जाता है। विभिन्न प्रकार की चक्कियों का वर्णन निम्न है—

पवन चक्की का वर्गीकरण

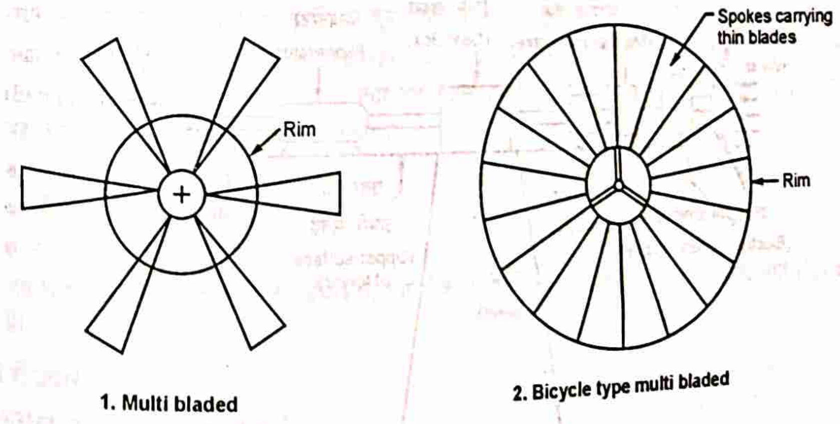
पवन चक्की का वर्गीकरण मुख्यत: निम्न आधार पर किया गया है—

(i) रोटर के अक्ष की स्थिति के आधार पर

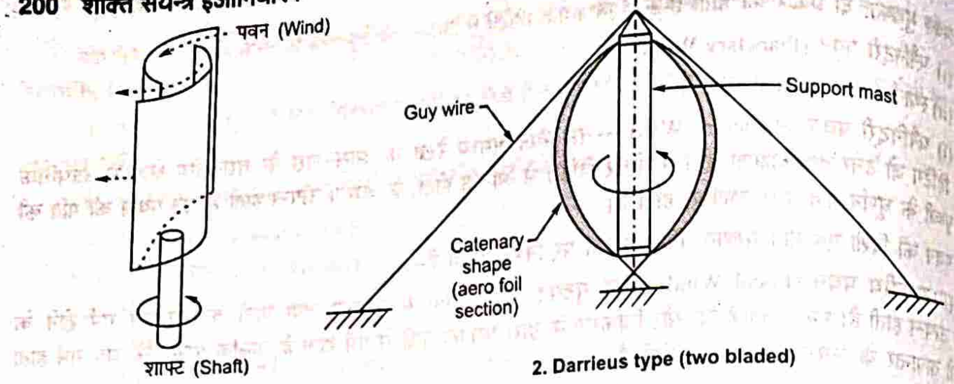
क्षैतिज अक्ष रोटर
ऊर्ध्वाधर अक्ष रोटर

(ii) रोटर के प्रकार के आधार पर

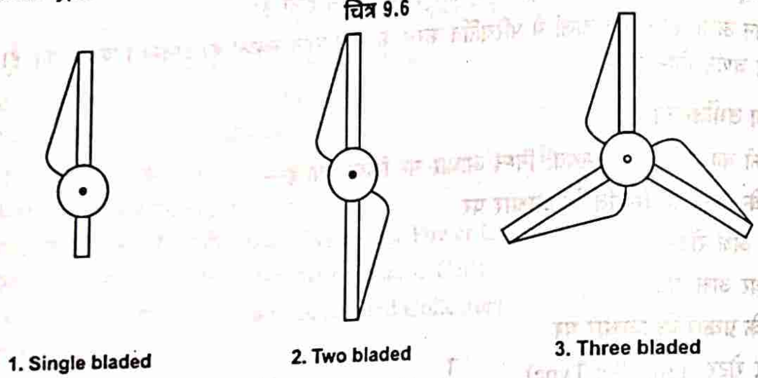
प्रोपेलर रोटर (Propeller Type)	क्षैतिज
बहु ब्लेड रोटर (Multi Blade Type)	क्षैतिज
सेविनियस रोटर (Savonius)	ऊर्ध्वाधर
डारियस रोटर (Darrieus)	ऊर्ध्वाधर



चित्र 9.5 : Horizontal axis wind mills

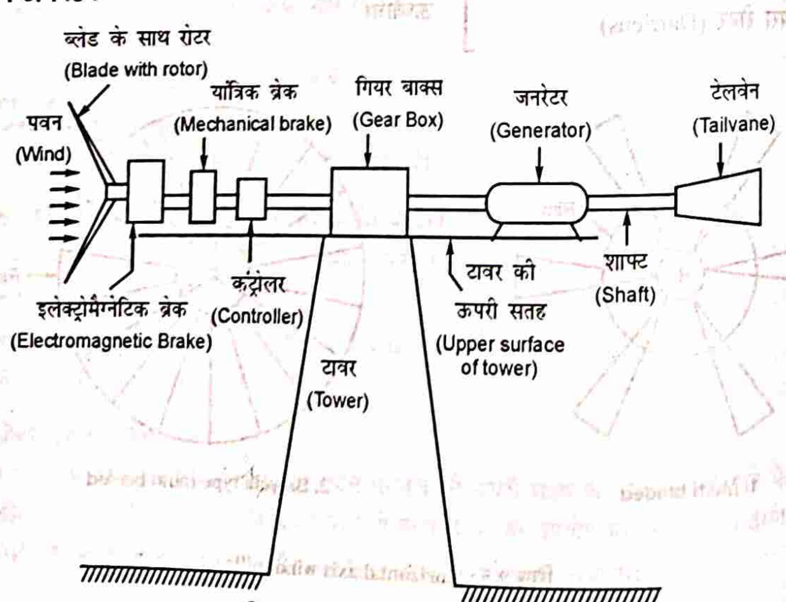


चित्र 9.6



चित्र 9.7 : Propeller Type

पवन टरबाइन जनरेटर



चित्र 9.8 : पवन टरबाइन जनरेटर

2 या तीन ब्लेड क्षैतिज अक्ष में रोटर पर लगे होते हैं। ब्लेड लकड़ी या उच्च घनत्व ग्लास फाइबर दृढ़ीकरण प्लास्टिक (Glass fiber reinforcement plastic) का बना होता है। रोटर का व्यास 2 m या 25 m के बीच होता है। रोटर एवं ब्लेड हब पर बंधे होते हैं। हब से टरबाइन शाफ्ट जुड़ा होता है। सम्पूर्ण अवयव टावर की ऊपरी सतह पर व्यवस्थित होते हैं। यह सतह अत्यधिक भार सहन करने में सक्षम होती है। यदि पवन गति उच्च हो जाए तो इसे नियंत्रित करने के लिए इलेक्ट्रो मैग्नेटिक ब्रेक लगाए जाते हैं।

ब्रेक, हब, गियर बाक्स, जनरेटर तथा विद्युत उपकरण एक बाक्स में व्यवस्थित होते है जिसे नेकल (Nacelle) कहते हैं।

$3-\phi$ जनरेटर की सहायता से टरबाइन की यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है। गियर की सहायता से शाफ्ट की गति में वृद्धि की जाती है।

पवन ऊर्जा का उपयोग

पवन ऊर्जा का उपयोग हम मुख्यत: जल पम्प को चलाने, बैटरी को चार्ज करने तथा विद्युत शक्ति उत्पादन में करते हैं।

पवन ऊर्जा के लाभ

(i) यह कभी खत्म न होने वाला ऊर्जा स्रोत है।
(ii) यह मुफ्त उपलब्ध होता है।
(iii) यह स्वच्छ एवं प्रदूषण रहित होता है।
(iv) रख-रखाव लागत कम होती है।
(v) ऊर्जा उत्पादन दर बहुत कम होती है।

पवन ऊर्जा की हानियाँ

(i) प्रारम्भिक लागत बहुत अधिक होती है।
(ii) वायु का परिमाण तथा दिशा दोनों बदलते रहते हैं।
(iii) गति परिवर्तन बहुत अधिक होता है।
(iv) यह ध्वनि प्रदूषण उत्पन्न करती है।

9.6.3 ज्वारीय ऊर्जा (Tidal Energy)

यह हाइड्रो ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोत हैं। यह मुख्यत: ज्वार के उठने एवं गिरने के कारण उत्पन्न होते हैं। प्रतिदिन यह दो बार उठते हैं तथा दो बार गिरते हैं।

ज्वार भाटा सूर्य तथा चन्द्रमा के पृथ्वी की घूर्णन गति के सापेक्ष गुरुत्वाकर्षण बल के कारण उत्पन्न होता है।

ज्वार भाटा का ऊपरी स्तर फ्लोड या उच्च ज्वार (Flood of high tide) कहलाता है तथा निचला स्तर ऐब स्तर या निम्न ज्वार (Ebb or low tide) कहलाता है। उच्च ज्वार तथा निम्न जवार के अंतर को ज्वार रेंज (Tidal range) कहते हैं।

यह ज्वार रेंज निम्न घटकों पर निर्भर करती है—

- समय
- मौसम
- स्थान

जब चांद नया तथा पूरा होता है तो अधिकतम् ज्वार रेंज (Tidal range) मिलती हैं जिसे हम स्प्रिंग ज्वार (Spring tides) कहते हैं।

भारत में ज्वारीय ऊर्जा केन्द्र

मुख्यत: दो ज्वारीय ऊर्जा केन्द्र हैं—

(i) कच्छ की खाड़ी, गुजरात
(ii) सुन्दरवन क्षेत्र, पश्चिमी बंगाल

कुछ अन्य में प्रमुख हैं—

- मालता नदी तथा कूरजोन खाड़ी पर (Malta river and Curzon creak)
- बेलेडन खाड़ी, पश्चिम बंगाल
- दुर्गा दोनी खाड़ी
- कैम्बे की खाड़ी, आदि।

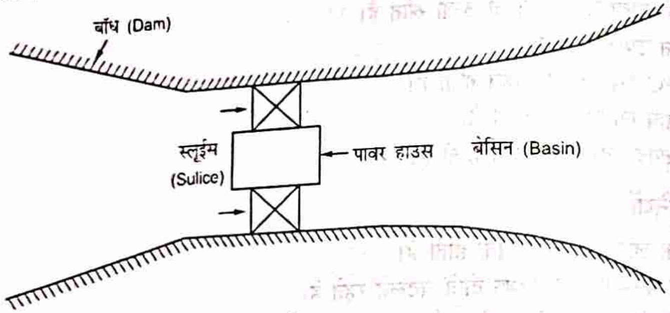
ज्वारीय ऊर्जा शक्ति संयन्त्र

मुख्यत: दो प्रकार के होते हैं—

(i) एकल घाटी निकाय ज्वारीय शक्ति संयन्त्र (Single Basin System Tidal Power Plant)

(ii) दो घाटी निकाय ज्वारीय शक्ति संयन्त्र (Double Basin System Tidal Power Plant)

(i) एकल घाटी निकाय ज्वारीय शक्ति संयन्त्र (Single Basin System Tidal Power Plant)



चित्र 9.9

उपरोक्त चित्र में एकल घाटी निकाय ज्वारीय शक्ति संयन्त्र दिखाया गया है, जिसके प्रमुख अवयव हैं—

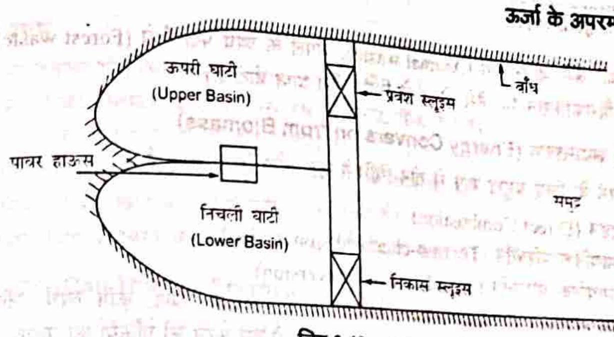
- शक्ति घर (Power House)
- बाँध
- बेसिन (घाटी)
- स्लूईस रास्ते जिससे ज्वार बाँध से बेसिन में आ और जा सकें।

इस निकाय में पहले उच्च ज्वार के समय कृत्रिम बेसिन में पानी को इकट्ठा कर लेते हैं तथा निम्न ज्वार के समय इस बेसिन से स्लूईस गेट के माध्यम से बाहर निकाल देते हैं। निम्न ज्वार के समय जब हम पानी बाहर निकालते हैं तब हम हाइड्रोलिक टरबाइन के द्वारा इस ऊर्जा का प्रयोग करते हैं तथा यांत्रिक कार्य प्राप्त करते हैं। जिसे हम शक्ति संयन्त्र की सहायता से विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित कर लेते हैं।

इस निकाय में सतत् विद्युत उत्पादन सम्भव नहीं है।

(ii) दो घाटी निकाय ज्वारीय शक्ति संयन्त्र (Double Basin System Tidal Power Plant)

चित्र में दो घाटी निकाय ज्वारीय शक्ति संयन्त्र प्रदर्शित किया गया है। इसमें दो कृत्रिम घाटियों का इस्तेमाल किया गया है पहला ऊपरी घाटी तथा निचली घाटी। दोनों घाटियों के लिए एक ही शक्ति घर (Power house) का प्रयोग किया जाता है जिससे हमें सतत् विद्युत शक्ति प्राप्त होती है।



चित्र 9.10

पहला ज्वारीय ऊर्जा शक्ति संयन्त्र 1966 में फ्रांस में जनरल डी गुल्ले (General De Gulle) द्वारा संचालित किया गया था।

इन शक्ति संयन्त्रों में द्रवीय टरबाइन के रूप में मुख्यत: कपलान (Kaplan) एवं विशेष बल्ब टरबाइन (Special bulb type turbine) का प्रयोग किया जाता है।

ज्वारीय ऊर्जा के लाभ

(i) यह कभी क्षय न होने वाला ऊर्जा स्रोत है तथा मुफ्त में उपलब्ध होता है।

(ii) समुद्री क्षेत्रों के स्थानीय शक्ति जरूरतों की पूर्ति की जा सकती है।

(iii) यह प्रदूषण रहित होता है।

ज्वारीय ऊर्जा की हानियाँ

(i) संयन्त्र की लागत अधिक होती है।

(ii) समुद्री जल नमकीन होता जिससे क्षरण होता है तथा अवसाद जमा होते हैं।

(iii) सीमित मात्रा में विद्युत उत्पादन की जा सकती है।

(iv) समुद्री जन-जीवन प्रभावित होता है।

9.6.4 बायोमास ऊर्जा (Biomass Energy)

बायोमास एक जैविक पदार्थ है जो पेड़-पौधों से प्राप्त होता है। पेड़-पौधें जो धरती पर उगने के साथ-ही-साथ जल में उत्पन्न होते हैं। यह पेड़-पौधों से व्युत्पन्न पदार्थ तथा जीवों के व्यर्थ पदार्थ (गोबर) से भी उत्पन्न होता है। उपरोक्त जैविक पदार्थों से प्राप्त ऊर्जा को बायोमास ऊर्जा कहते हैं।

बायोमास सौर ऊर्जा का अप्रत्यक्ष स्रोत है चूँकि यह प्रकाश संश्लेषण विधि द्वारा उत्पन्न होता है और प्रकाश संश्लेषण सूर्य की ऊर्जा द्वारा होता है। यह ऊर्जा के नवीकरणीय स्रोत कहलाते हैं।

जीवाश्म ईंधन; जैसे कोयला, पेट्रोलियम तथा प्राकृतिक गैसें भी बायोमास ऊर्जा के उदाहरण हैं, क्योंकि यह भी जैविक पदार्थ (पेड़-पौधों) से प्राप्त होते हैं।

बायोमास ऊर्जा में प्रयुक्त प्रकाश संश्लेषण अभिक्रिया

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{सौर ऊर्जा} \xrightarrow{\text{प्रकाश संश्लेषण}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

बायोमास ऊर्जा के प्रमुख स्रोत

बायोमास ऊर्जा के स्रोतों को तीन प्रमुख वर्गों में विभाजित किया गया है—

- खेतों से, पौधों से, जंगलों से, पानी में उत्पन्न पेड़-पौधों से।

- व्यर्थ पदार्थों; जैसे जीव-व्यर्थ (Animal waste), जंगल के व्यर्थ पदार्थों से (Forest waste) आदि।
- बायोमास गैसिफीकेशन से; जैसे गोबर से मिथेन गैस प्राप्त होती है।

बायोमास से ऊर्जा रूपान्तरण (Energy Conversion from Biomass)

ऊर्जा प्राप्त करने के लिए प्रमुख रूप से तीन विधियों का प्रयोग किया जाता है—

(i) प्रत्यक्ष दहन (Direct Combustion)
(ii) थर्मो-रासायनिक परिवर्तन (Thermo-chemical Conversion)
(iii) बायो-रासायनिक परिवर्तन (Bio-chemical Conversion)

(i) प्रत्यक्ष दहन (Direct Combustion)—जैविक पदार्थों (लकड़ी, खाद, कृषि व्यर्थ, जीव व्यर्थ, औद्योगिक व्यर्थ) को दहन कक्ष (Furnace) में ऑक्सीजन, वायु की उपस्थिति में गर्म करने की प्रक्रिया को प्रत्यक्ष दहन विधि कहते हैं। उत्पन्न ऊष्मा का उपयोग हम स्पेस हीटिंग (Space heating) एवं कूलिंग, शक्ति उत्पादन, एवं उद्योगों में कर सकते हैं।

(ii) थर्मो-रासायनिक परिवर्तन (Thermo-chemical Conversion)—यह विधि जैविक पदार्थों को मुख्यतः गैसें एवं द्रवीय ईंधन में परिवर्तित कर देती है। दो तरीके इस्तेमाल किए जाते हैं थर्मो-रासायनिक परिवर्तन के लिए—

गैसीफिकेशन (Gasification)—यह जैविक पदार्थ को कम वायु की अनुपस्थिति में गर्म करने की विधि है। इससे मुख्यतः H_2, CO, CH_4, N_2 गैसें कम ऊष्मीय मान के प्राप्त किए जाते हैं।

पायरोलिसिस (Pyrolysis)—यह जैविक पदार्थों को बंद पात्र में उच्च तापमान पर (500°C–900°C) पर वायु की अनुपस्थिति में गर्म करने की विधि है। इससे मुख्यतः CO, CH_4, N_2, H_2, CO_2 तथा हाइड्रोजन कार्बन के मिश्रण प्राप्त किए जाते हैं।

(iii) बायो-रासायनिक परिवर्तन (Bio-chemical Conversion)—इसके अंतर्गत पेड़-पौधों तथा जीव जन्तुओं (जैविक पदार्थों) पर ऐसी रासायनिक अभिक्रिया की जाती है जिससे ऊर्जा उत्पन्न होती है। यह रासायनिक अभिक्रिया जीवाणु (Micro-organism) की उपस्थिति में की जाती है। अभिक्रिया के कारण द्रवीय ईंधन तथा गैसें प्राप्त की जाती हैं।

बायो-रासायनिक परिवर्तन दो प्रकार के होते हैं—

(i) Fermentation of Biomass
(ii) Anaerobic Digestion of Biomass

जैविक ईंधन (Bio Fuel)

प्रमुख जैविक ईंधन निम्नलिखित हैं—

(i) मेथेनाल (ii) एथेनाल (iii) बायो डीज़ल

(i) मेथेनाल (Methanol or Methyl Alcohol) (CH_3OH)—मेथेनाल मुख्यतः जीवाश्म ईंधनों (कोयला, लिग्नाईट), व्यर्थों के दहन से प्राप्त होती है। यह उच्च तापमान तथा दाब पर प्राप्त होती है।

(ii) एथेनाल (Ethanol or Ethyl Alcohol C_2H_5OH)—यह फरमेन्टेशन (Fermentation) प्रक्रिया द्वारा प्राप्त की जाती है। सूगर, स्टार्ज का जीवाणु की उपस्थिति में फरमेन्टेशन से हमें एथेनाल प्राप्त होती है।

(iii) बायो डीज़ल (Bio Diesel)—यह मिथाइल या एथाइल ईस्ट (Methyl or Ethyl ester) के द्वारा वेजिटेबल आयल (Vegitable oil) से प्राप्त किया जाता है।

अन्य जैविक ईंधन हैं—

- लकड़ी
- चारकोल
- ईंधन गुटिका (Fuel Pellets)
- प्रोड्यूसर गैसें

बायोमास ऊर्जा के लाभ

- यह ऊर्जा का नवीकरणीय (Renewable source) स्रोत है।
- यह व्यर्थ पदार्थों का इस्तेमाल करती है जिसे हम सामान्यतः फेंक देते हैं।
- यह अन्य ईंधनों की तुलना में कम प्रदूषण फैलाता है।
- इससे वेस्ट डिस्पोसल (Waste disposal) की समस्या भी कम हो जाती है।
- बची हुई व्यर्थ को हम खाद के रूप में प्रयोग कर सकते हैं।
- गाँवों में व्यर्थ पदार्थ (गोबर) का इस्तेमाल हो जाता है जिससे गाँवों की आर्थिक स्थिति में भी सुधार होता है।

9.6.5 भू-ऊष्मीय ऊर्जा (Geo Thermal Energy)

यह ऊष्मीय ऊर्जा का नवीकरणीय स्रोत है। इसमें उच्च ऊर्जा घनत्व होता है। यह कभी छय न होने वाला ऊर्जा स्रोत है। भू-ऊष्मीय ऊर्जा में निहित ऊष्मीय ऊर्जा को विभिन्न तकनीकों की सहायता से हम उसे लाभप्रद ऊर्जा में परिवर्तित कर लेते हैं।

भू-ऊष्मीय ऊर्जा को धरातल के अंदर से निम्न रूपों में प्राप्त किया जाता है—

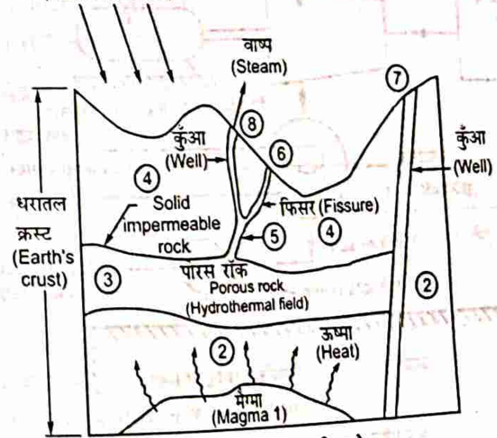
(i) गर्म जल झरना स्रोत (Hot Water Spring)
(ii) गर्म जल पानी का स्रोत (गर्म जल एवं वाष्प) (Geysers), फ्यूमरोल (Fumaroles) (गर्म गैसें एवं गर्म वाष्प)
(iii) ज्वालामुखी उद्गार (Volcanic Eruption)—इसमें मुख्यतः गर्म लावा, राक्स, उबलता कीचड़ आदि।

भू-ऊष्मीय ऊर्जा को मुख्यतः धरातल के अंदर जिस क्षेत्र से प्राप्त किया जाता है उसे भू-ऊष्मीय मैदान (Geothermal field) कहते हैं। धरातल के अंदर यह ऊष्मीय ऊर्जा लगभग 80 km नीचे पायी जाती है।

भू-ऊष्मीय ऊर्जा का निर्माण

करोड़ों वर्ष पूर्व जब सूर्य के गुरुत्वाकर्षण विंध्वस (Gravitational collaspe) के कारण पृथ्वी का निर्माण हुआ तब इसके आंतरिक भागों में गर्म जल, गैसें मैग्मा आदि निहित हुईं। जिसके कारण धरातल कोर का अनुमानित तापमान 4000°C ज्ञात हुई। इन गर्म गैसों, मैग्मा आदि को ही भू-ऊष्मीय स्रोत के रूप इस्तेमाल किया जाता है।

भू-ऊष्मीय क्षेत्र का रेखीय आरेख निम्नलिखित है—



चित्र 9.11 : भू-ऊष्मीय क्षेत्र

उपरोक्त भू-ऊष्मीय क्षेत्र की प्रत्येक सतह निम्नलिखित है—

(i) सबसे नीचली सतह में मैग्मा होता है।
(ii) इसके बाद गर्म पत्थर होता है।

(iii) इसके बाद छिद्र युक्त चट्टान होती है। (Pourous Rock)
(iv) यह एक ठोस अपारदर्शी चट्टान होती है जो छिद्र युक्त चट्टान को घेरती है।
(v) इसके बाद एक रास्ते की आकृति होती है जिसमें हम गर्म ऊष्मीय जल को भण्डारित करते हैं।
(vi) इसके बाद फ्यूमारोल (Fumaroles) होते हैं।
(vii) इसके बाद गर्म जल झरना (Hot water spring) होता है।
(viii) सबसे ऊपरी सतह धरातल होती है जहाँ से भू-ऊष्मीय ऊर्जा का उपयोग करते हैं।

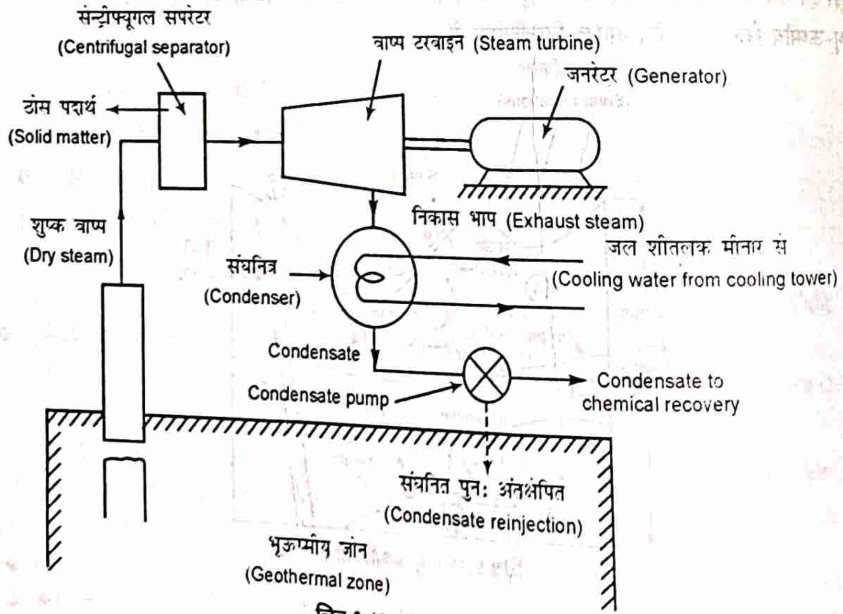
भू-ऊष्मीय ऊर्जा के स्रोत

भू-ऊष्मीय ऊर्जा के प्रमुख स्रोत हैं—
(i) हाइड्रो-ऊष्मीय क्षेत्र (Hydro Thermal Region)
(ii) गर्म सूखा पत्थर (Hot Dry Rock) (HDR)
(iii) मैग्मा (Magma)
(iv) भू-दाब युक्त क्षेत्र (Geo Pressurised Area)

भू-ऊष्मीय ऊर्जा शक्ति संयन्त्र

मुख्यत: तीन विधियों से भू-ऊष्मीय ऊर्जा को शक्ति संयन्त्र में परिवर्तित किया जाता है—
(i) शुष्क भाप तंत्र (Dry Steam System or Vapour Dominated)
(ii) आर्द्र भाप तंत्र (Wet Steam System or Liquid Dominated)
(iii) गर्म सूखा पत्थर (Hot Dry Rock) (HDR)

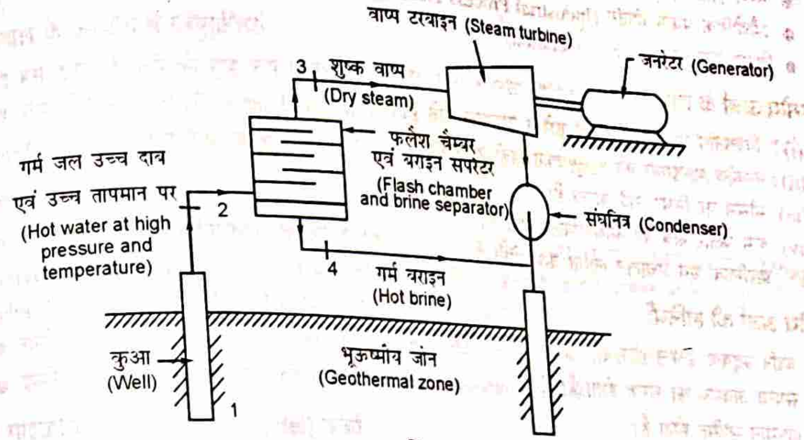
(i) शुष्क भाप तंत्र (Dry Steam System or Vapour Dominated)—इस तंत्र में भू-ऊष्मीय क्षेत्र से केवल शुष्क वाष्प (जिसमें जल की मात्रा विद्यमान नहीं होती है) प्राप्त होता है जिसका दाब एवं ताप क्रमश: 8 bar और 200°C होता है।



चित्र 9.12 : शुष्क भाप तंत्र

भू-ऊष्मीय क्षेत्र से शक्ति उत्पादन में प्रयुक्त अवयव का व्यवस्थित आरेख उपरोक्त है।

(ii) आर्द्र भाप तंत्र (Wet Steam System or Liquid Dominated)—इस तंत्र में भू-ऊष्मीय क्षेत्र से केवल गर्म जल प्राप्त किया जाता है जिसमें कुछ आर्द्र भाप के कण भी विद्यमान होते हैं। निकाय का व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 9.13

(iii) गर्म सूखा पत्थर (HDR Hot Dry Rock)—इसमें गर्म पत्थर मैग्मा से ऊष्मा प्राप्त कर गर्म हो जाता है। यह 5 km की गहराई से प्राप्त होना प्रारम्भ हो जाता है जिसका तापमान 150°C से 290°C तक होता है। गर्म पत्थर से ऊष्मा हम छेद बनाकर प्राप्त करते हैं।

छेद बनाने के लिए प्रयुक्त विधियाँ निम्न हैं—
- द्रवीय तोड़ना (Hydraulic Fracture)
- नाभिकीय विधि द्वारा (Nuclear Explosion)
- रासायनिक विधि द्वारा (Chemical Explosion)

भारत में प्रमुख भू-ऊष्मीय क्षेत्र

प्रमुख भू-ऊष्मीय क्षेत्र निम्नलिखित हैं—

भू-ऊष्मीय क्षेत्र	राज्य
पूगा वैली (Puga)	जम्मू एवं कश्मीर
टाटा पानी (Tatta Pani)	छत्तीसगढ़
तावा (Tawa)	गुजरात
उनई एवं जलगाँव (Unai and Jalgaon)	महाराष्ट्र
गोदावरी एवं महानन्दी घाटियों में	—
सोहाना (Sohana)	दिल्ली
मानीकरण (Manikaran)	हिमांचल प्रदेश
बकरेश्वर (Bakreswar)	बिहार

भू-ऊष्मीय ऊर्जा के उपयोग

- स्पेस हीटिंग (Space Heating)
- औद्योगिक प्रक्रम हीटिंग (Industrial Process Heating)
- विद्युत उत्पादन (Power Generation)

भू-ऊष्मीय ऊर्जा के लाभ

(i) विश्वनीय ऊर्जा स्रोत हैं जो हमेशा उपलब्ध होते हैं।
(ii) ऊष्मीय भण्डारण की आवश्यकता नहीं होती है।
(iii) मौसम पर निर्भर नहीं करता है।
(iv) कम फ्लोर क्षेत्र की आवश्यकता होती है।
(v) प्रारम्भिक एवं प्रचालन लागत कम होती है।

भू-ऊष्मीय ऊर्जा की हानियाँ

- ध्वनि प्रदूषण उत्पन्न होता है।
- संयन्त्र अवयय का क्षरण होता है।
- तापमान सीमित होता है।
- संयन्त्र की आयु कम होती है।

9.6.6 बायो डीज़ल (Bio Diesel)

यह वनस्पति तेल एवं जीव-जन्तुओं से प्राप्त तेल के तेलीय अम्ल से प्राप्त होता है। मुख्यत: यह मेथोइल एवं ऐथाइल ईस्टर होता है। बायो डीज़ल या तो शुद्ध रूप में उपलब्ध होता है या तो डीज़ल के साथ मिश्रित किया जाता है।

बायो डीज़ल को मुख्यत: डीज़ल इंजन (संपीड़न प्रज्वलन इंजन) में प्रयोग करते हैं। बायो डीज़ल ऊर्जा का वैकल्पिक स्रोत है तथा पेट्रोल तथा डीज़ल के समतुल्य होता है।

बायो डीज़ल के प्रमुख गुण निम्नलिखित हैं—

- यह पर्यावरणीय अनुकूल होता है तथा बायो-डिग्रेडबिल (Biodegradeble) होता है।
- बायो डीज़ल के ज्वलन से हानिकारक गैसें उत्पन्न नहीं होती हैं। जैसे सल्फर, कार्बन मोनो-आक्साइड इत्यादि।
- बिना जला हाइड्रोकार्बन (Unburnt Hydrocarbon) उत्पन्न नहीं करता है।
- यह प्रदूषित रहित (Pollution free) तथा गैर-विषाक्त (Non-toxic) होता है।

बायो डीज़ल के प्रमुख स्रोत हैं—

- जैटरोपा (Jatropha)
- सूरजमुखी (Sunflower)
- करंज (Karanj)
- खजूर (Palm)
- तोरी का बीज (Rape Seeds)

बायो डीजल की विशिष्टियाँ (Specification of Bio Diesel)

(i) इसका विशिष्ट गुरुत्व 0·87 से 0·89 के बीच होता है।
(ii) इसका सिटेन नम्बर (Centane Number) 46 से 70 के बीच होता है।
(iii) सल्फर का प्रतिशत 0·0 से 0·0024% होता है।
(iv) इसका अधिकतम हीटिंग मान 16928 से 17996 होता है।
(v) क्लाउड बिन्दू (Cloud point) और पोर बिन्दू क्रमश: 11 से 16 तथा 15-13 के बीच होता है।
(vi) इसकी गतिक श्यानता Kinematic viscoscity 3·7 से 5·8 के बीच होती है।

बायो डीजल का प्रमुख क्षेत्र

बायो डीज़ल का प्रमुख क्षेत्र, यूरोपीय तथा एशिया के कुछ देशों में है। इसके अलावा अमेरिका, फ्रांस, जर्मनी, इटली, मलेशिया, चेकोस्लोवेकिया, आस्ट्रिया भी प्रमुख हैं।

बायो डीजल के उपयोग में परेशानियाँ

यदि हम वनस्पति तेलों को शुद्ध रूप में उपयोग करें तो उच्च श्यानता प्रदर्शित करती है। इसके अलावा ईंधन ढुलाई, कणीकरण तथा जेट पेन्टेरेशन (Fuel handling, Atomisation, Jet penteration) आदि में समस्याएँ उत्पन्न होती हैं।

अत: हम इन वनस्पति तेलों का डीजल के साथ मिश्रण बनाकर प्रयोग करते हैं। इसलिए इसे हम बायो डीजल कहते हैं।

प्रमुख बातें

बायो डीजल की प्रमुख विशेषता यह भी है कि इसे भारत में गैर-परम्परागत ऊर्जा स्रोत मंत्रालय (Ministry of Non-conventional Energy Resources) द्वारा भी इस्तेमाल किया जाता है। इसके अलावा अन्य संस्थाएँ; जैसे IOCL, Mahindra & Mahindra तथा निजी संस्थाएँ भी इसका इस्तेमाल करती हैं।

- बायो डीजल के प्रयोग के लिए इंजन की संरचना में कोई परिवर्तन नहीं किया जाता है।
- इसके प्रयोग से चार्ज का पूर्ण दहन (Complete combustion) होता है।

9.6.7 माइक्रो हाइडिल (Mircro Hydel) ऊर्जा

माइक्रो हाइडिल ऊर्जा परियोजना में हम विद्युत शक्ति का उत्पादन लघु स्तर पर करते हैं। इसके लिए नदियों पर छोटे-छोटे बाँध बनाकर कम जल की मात्रा का इस्तेमाल करके हम विद्युत का उत्पादन करते हैं। यह ऊर्जा परियोजना उन स्थानों के लिए लाभप्रद होती है जहाँ अन्य ऊर्जा परियोजनाएँ सम्भव नहीं होती हैं। या ऐसे स्थानों पर यह परियोजनाएँ लाभप्रद होती हैं जहाँ पर विद्युत संचरण (Electric transmission) सम्भव नहीं होता है।

ऐसी परियोनाओं से क्षेत्र को विद्युत शक्ति प्राप्त होती है साथ-ही-साथ लघु परियोजनाएँ (उद्योग) भी शुरू किए जा सकते हैं। जिससे उस क्षेत्र का विकास होगा तथा रोजगार के नए अवसर भी उपलब्ध होंगे।

हम जानते हैं कि भारत में हाइड्रो ऊर्जा की प्रचुर मात्रा उपलब्ध है। बड़े हाईडिल संयन्त्रों की भारत जैसे देशों में उपलब्धता कम होती है। इसलिए लघु एवं माइक्रो हाइडिल शक्ति संयन्त्रों की सम्भावनाएँ बढ़ जाती हैं।

माइक्रो हाइडिल परियोजना की प्रमुख बातें

- ऐसे शक्ति संयन्त्रों की क्षमता 25 MW से कम होती है।
- ऐसे शक्ति संयन्त्र वातावरणीय अनुकूल, मित्व्ययी होते हैं।
- ग्रामीण क्षेत्रों के लिए यह शक्ति संयन्त्र अत्यन्त प्रभावशाली होता है।
- अन्य शक्ति संयन्त्रों की तुलना इसकी प्रारम्भिक लागत लगभग आधी होती है।

माइक्रो हाइडिल परियोजनाओं का वर्गीकरण

क्षमता के आधार पर माइक्रो हाइडिल को मुख्यत: तीन वर्गों में विभाजित किया गया है—

(i) **माइक्रो हाइड्रो परियोजना**—0–1 kilo watt
(ii) **मिनी हाइड्रो परियोजना**—1·0 – 2·0 kilo watt
(iii) **लघु हाइड्रो परियोजना**—2·0 – 2·5 kilo watt

परियोजनाओं के चयन के समय निम्न बातों का ध्यान रखना आवश्यक होता है—

(i) जल की उपलब्धता सम्पूर्ण वर्ष एवं लगातार होनी चाहिए।
(ii) पर्यावरण को हानि नहीं पहुँचनी चाहिए।
(iii) पर्याप्त मात्रा में भूमि की उपलब्धता होनी चाहिए।

(iv) यातायात के साधन होने चाहिए।
(v) वातावरण अनुकूल होना चाहिए।
(vi) प्रारम्भिक सामग्री (Raw material) की उपलब्धता आसानी से होनी चाहिए।
(vii) परियोजना के लाभ के लिए पर्याप्त उपभोक्ता होने चाहिएँ।
(viii) जल-शीर्ष की उपलब्धता।

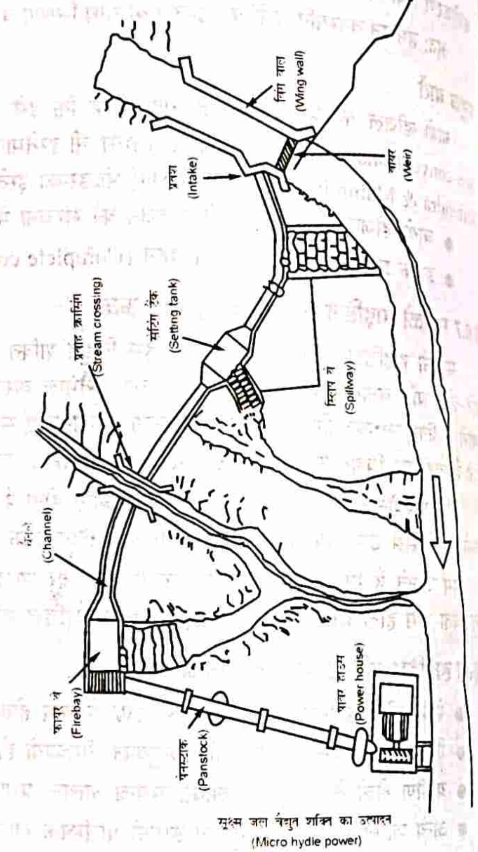
माइक्रो हाइडिल द्वारा विद्युत शक्ति का उत्पादन

माइक्रो हाइडिल का व्यवस्थित आरेख एवं मुख्य अवयव निम्न है—

- प्रवेश तंत्र
- निकास तंत्र
- स्लिप-वे
- सेटिंग टैंक
- चैनल
- फायर-बे
- पेन स्टाक
- पावर हाऊस

मुख्यत: तीन प्रकार के पेन स्टाक होते हैं—

- लघु पेन स्टाक
- मध्यम दूरी पेन स्टाक
- दीर्घ दूरी पेन स्टाक



चित्र 9.14—Micro Hydle Power Generation

9.7 ऊर्जा के गैर-परम्परागत स्रोत के लाभ

(i) ऊर्जा के इन स्रोतों की पुनावृत्ति सम्भव होती है।
(ii) ऊर्जा के यह स्रोत कभी छय न होने वाला है।
(iii) ऊर्जा के यह स्रोत पर्यावरण को प्रदूषित नहीं करते हैं।
(iv) पर्यावरण तंत्र को असंतुलित नहीं करते हैं।
(v) तकनीकों के प्रयोग में नम्यता होती है।
(vi) देश की अर्थव्यवस्था में सुधार होता है।
(vii) शक्ति संयन्त्रों से विद्युत शक्ति की आपूर्ति हो जाती है।

9.8 ऊर्जा के गैर-परम्परागत स्रोतों की हानियाँ

(i) ऊर्जा घनत्व कम होता है।
(ii) ऊर्जा के ये स्रोत पर्यावरण पर निर्भर करते हैं।
(iii) संयन्त्र की दक्षता भी कम होती है।

सारांश

ऊर्जा—ऊर्जा वह साधन है जिसके द्वारा कोई वस्तु अपने अंदर परिवर्तन की क्षमता रखती है।

ऊर्जा का वर्गीकरण

(i) प्राथमिक एवं द्वितीयक ऊर्जा स्रोत
(ii) परम्परागत ऊर्जा स्रोत एवं अपरम्परागत ऊर्जा स्रोत
(iii) वाणिज्यिक ऊर्जा स्रोत एवं अवाणिज्यिक ऊर्जा स्रोत

विश्व के कुल ऊर्जा स्रोत

कोयला	=	32·5%
तेल	=	38·3%
गैस	=	19·0%
लकड़ी	=	6·6%
गोबर	=	1·2%
यूरेनियम	=	0·13%
हाइड्रो	=	2%
वेस्ट	=	0·3%

ऊर्जा के गैर परम्परागत स्रोत

ऊर्जा के वे स्रोत जिनकी पुनरावृत्ति सम्भव होती है, गैर परम्परागत ऊर्जा स्रोत कहलाते हैं। **उदाहरण के लिए**—सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, ज्वारीय ऊर्जा, भूऊष्मीय ऊर्जा, बायोमास ऊर्जा, माइक्रो हाइडिल ऊर्जा, आदि।

सौर ऊर्जा—सूर्य ऊर्जा का प्राथमिक एवं नवीकरणीय स्रोत है। सूर्य की ऊर्जा को सौर विकिरण द्वारा प्राप्त किया जाता है। ऊर्जा के सभी स्रोतों के लिए सौर ऊर्जा ही उत्तरदायी होती है।

सौर ऊर्जा को मुख्यत: दो विधियों द्वारा प्राप्त किया जाता है—

- प्रत्यक्ष विधि
- अप्रत्यक्ष विधि

सौर ऊर्जा के कुछ प्रमुख अनुप्रयोग हैं—

- सोलर कुकर
- सोलर हीटर
- सोलर सेल
- सोलर चार्जर, आदि।

पवन ऊर्जा—यह सौर ऊर्जा का अप्रत्यक्ष रूप है। इसकी उत्पत्ति धरातल की ऊपरी सतह के असमान गर्म होने के कारण होती है। मुख्यत: दो प्रकार के होते हैं—

- प्लैनिट्री पवन
- स्थानीय पवन

पवन ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करने के लिए हम पवन चक्की का प्रयोग करते हैं।

पवन चक्की को मुख्यत: दो वर्गों में विभाजित किया गया है—

रोटर के अक्ष के आधार पर

- क्षैतिज अक्ष रोटर
- ऊर्ध्वाधर अक्ष रोटर

रोटर के प्रकार के आधार पर

• प्रोपेलर रोटर • बहु ब्लेड रोटर	क्षैतिज अक्ष
• सेविनियस रोटर • डारियस रोटर	ऊर्ध्वाधर अक्ष

ज्वारीय ऊर्जा

यह हाइड्रो ऊर्जा का नवीकरणीय स्रोत है तथा ज्वार भाटा के उठने एवं गिरने के कारण उत्पन्न होती है।

ज्वारीय ऊर्जा मुख्यत: निर्भर करता है—

- समय
- मौसम
- स्थान

ज्वारीय ऊर्जा शक्ति संयन्त्र दो प्रकार के होते हैं—

- एकल बेसिन ज्वारीय ऊर्जा शक्ति संयन्त्र (Single Basin Tidal Energy Power Plant)
- दो बेसिन ज्वारीय ऊर्जा शक्ति संयन्त्र (Double Basin Tidal Energy Power Plant)

शक्ति संयन्त्र के मुख्य अवयव हैं—

- पावर हाऊस
- बाँध
- बेसिन
- स्लूईस

बायोमास ऊर्जा—बायो मास एक जैविक पदार्थ है जो पेड़-पौधों तथा जीव जन्तु से प्राप्त होता है। बायोमास को ऊर्जा में रूपान्तरित करने के लिए मुख्यत: तीन विधियाँ इस्तेमाल की जाती हैं—

- प्रत्यक्ष दहन
- थर्मो-रासायनिक रूपान्तरण
- बायो-रासायनिक रूपान्तरण

प्रमुख जैविक ईंधन हैं—

- मेथेनाल
- एथेनाल
- बायो डीज़ल
- लकड़ी
- चार कोल
- प्रोड्यूसर गैसें, आदि।

भू-ऊष्मीय ऊर्जा

यह ऊष्मीय ऊर्जा का नवीकरणीय स्रोत है। भू-ऊष्मीय ऊर्जा मुख्यत: निम्न रूपों में प्राप्त की जाती है—

- गर्म जल झरना स्रोत
- गर्म पानी का स्रोत, फ्यूमारोल
- ज्वालामुखी उद्गार

प्रमुख भू-ऊष्मीय ऊर्जा शक्ति संयन्त्र हैं—

- शुष्क भाप तंत्र
- आर्द्र भाप तंत्र
- गर्म सूखा पत्थर

बायो डीज़ल ऊर्जा

वनस्पति तेलों को डीज़ल के साथ मिश्रण बनाकर हम बायो डीज़ल तैयार करते हैं। रासायनिक रूप से यह मेथाइल, एथाइल ईस्टर होता है।

बायो डीज़ल के प्रमुख स्रोत हैं—

- जैटरोपा
- सूरजमुखी
- करंज
- पालक
- तौरी का बीज।

माइक्रो हाइडिल ऊर्जा

विद्युत उत्पादन के लिए नदियों पर छोटी-छोटी परियोजनाएँ बनाई जाती हैं जिसे हम माइक्रो हाइडिल परियोजना कहते हैं। यह परियोजनाएँ मुख्यत: उन स्थानों के लिए होती हैं जहाँ अन्य विद्युत उत्पादन विधियाँ सम्भव नहीं तथा विद्युत संचरण (Electric Transmission) सम्भव न हो।

प्रमुख हाइडिल परियोजनाएँ हैं—

- माइक्रो होइडिल परियोजना
- मिनी हाइडिल परियोजना
- लघु हाइडिल परियोजना

प्रश्नावली

1. ऊर्जा को परिभाषित कीजिए।
2. ऊर्जा का वर्गीकरण संक्षेप में कीजिए।
3. ऊर्जा के परम्परागत तथा गैर-परम्परागत स्रोतों में अंतर लिखिए।
4. ऊर्जा खपत के विभिन्न क्षेत्रों को चित्र द्वारा प्रदर्शित कीजिए।
5. ऊर्जा के प्रमुख लक्षण लिखिए।
6. भारत में ऊर्जा के प्रमुख स्रोतों का वर्णन कीजिए।
7. ऊर्जा के अपरम्परागत स्रोतों का संक्षेप में वर्णन कीजिए।
8. सौर ऊर्जा पर टिप्पणी कीजिए।
9. सौर ऊर्जा के प्रत्यक्ष तथा अप्रत्यक्ष रूपों का वर्णन कीजिए।
10. सौर ऊर्जा के प्रमख अनुप्रयोगों को लिखिए।
11. सौर ऊर्जा के लाभ एवं हानियाँ बताइए।
12. पवन ऊर्जा का विस्तृत वर्णन कीजिए।

13. विभिन्न प्रकार की पवन चक्की का विवरण दीजिए।
14. पवन टरबाइन जनरेटर की क्रिया विधि का सचित्र वर्णन कीजिए।
15. ज्वारीय ऊर्जा पर टिप्पणी कीजिए।
16. निम्न के बारे में संक्षेप में लिखिए—
(a) एकल बेसिन ज्वारीय शक्ति संयन्त्र (b) दो बेसिन ज्वारीय शक्ति संयन्त्र
17. भारत में प्रमुख ज्वारीय केन्द्र कौन-कौन से हैं?
18. बायोमास ऊर्जा क्या है?
19. बायोमास से ऊर्जा किन विधियों से प्राप्त की जा सकती है?
20. प्रमुख जैविक ईंधनों का वर्णन कीजिए।
21. भू-ऊष्मीय ऊर्जा क्या है?
22. निम्न को परिभाषित कीजिए—
(a) शुष्क भाप तंत्र (b) आर्द्र भाप तंत्र (c) गर्म सूखा पत्थर
23. भारत में प्रमुख भू-ऊष्मीय क्षेत्रों को लिखिए।
24. बायोडीज़ल क्या है?
25. बायोडीज़ल के प्रमुख स्रोतों का वर्णन कीजिए।
26. माइक्रोहाइडिल ऊर्जा क्या है?
27. माइक्रोहाइडिल द्वारा विद्युत शक्ति उत्पादन का सचित्र वर्णन कीजिए।
28. निम्न के लाभ एवं हानियाँ लिखिए—
(a) पवन ऊर्जा (b) ज्वारीय ऊर्जा (c) भू-ऊष्मीय ऊर्जा
29. गैर परम्परागत ऊर्जा स्रोत के लाभ लिखिए।
30. गैर परम्परागत ऊर्जा स्रोत की हानियाँ लिखिए।

वस्तुनिष्ठ प्रश्नावली

1. ऊर्जा के गैर परम्परागत स्रोत हैं—
(a) कोयला (b) तेल (c) जीवाश्म ईंधन (d) इनमें से काई नहीं
2. ऊर्जा के परम्परागत स्रोत हैं—
(a) सूर्य (b) पवन (c) जीवाश्म ईंधन (d) इनमें से सभी
3. ऊर्जा के गैर-परम्परागत स्रोत वह होते हैं—
(a) जिनकी पुनरावृत्ति सम्भव है (b) जिनकी पुनरावृत्ति सम्भव नहीं है
(c) दोनों (a) और (b) (d) इनमें से कोई नहीं
4. सौर ऊर्जा का प्रत्यक्ष रूप है—
(a) पवन (b) ज्वार
(c) भू-ऊष्मीय (d) फोटो वोल्टायिक सेल
5. स्थानीय पवन वे होते हैं जो—
(a) पहाड़ी क्षेत्रों में उत्पन्न होते हैं (b) तटीय क्षेत्रों में उत्पन्न होते हैं
(c) भूमध्य रेखा के पास उत्पन्न होते हैं (d) इनमें से कोई नहीं
6. भू-ऊष्मीय क्षेत्र में नीचे से पहला स्तर क्या है?
(a) गर्म जल (b) फ्यूमारोल (c) मैग्मा (d) गीज़र

7. बायोमास प्राप्त होता है—
(a) प्रकाश-संश्लेषण विधि से (b) कार्बनिक विधि से
(c) अकार्बनिक विधि से (d) रासायनिक अपघटन विधि से
8. तावा है—
(a) स्थानीय पवन ऊर्जा क्षेत्र (b) ज्वारीय ऊर्जा क्षेत्र
(c) भू-ऊष्मीय क्षेत्र (d) इनमें से कोई नहीं
9. पहला ज्वारीय शक्ति संयन्त्र बना था—
(a) 1947 (b) 1949 (c) 1965 (d) 1966
10. तेल का कितना प्रतिशत भाग परिवहन में इस्तेमाल होता है—
(a) 50% (b) 55% (c) 10% (d) 42%

उत्तर

1. (d)	2. (c)	3. (a)	4. (d)	5. (b)
6. (c)	7. (a)	8. (c)	9. (d)	10. (d)

प्राविधिक शिक्षा परिषद् द्वारा वार्षिक परीक्षा में विगत 10 वर्षों में पूछे गए प्रश्न

1. ऊर्जा के अपरम्परागत स्रोत को समझाइए। (2002, 03)
2. विभिन्न प्रकार की पवन चक्की के नाम लिखिए। उनमें से किसी एक को सरल चित्र द्वारा समझाइए। (2004)
3. माइक्रो एवं मिनी जल शक्ति संयन्त्र में अंतर स्पष्ट कीजिए। (2005)
4. सौर ऊर्जा की धारणा बताइए। (2008, 09, 10)
5. माइक्रोहाइडिल तथा बायोडीज़ल ऊर्जा की विवेचना कीजिए। (2008)
6. वायु-विद्युत शक्ति संयन्त्र का चित्र द्वारा उल्लेख कीजिए। (2009)
7. 'बायोमास' क्या होता है? इससे विद्युत उत्पादन करने की विधि का उल्लेख कीजिए। (2010, 12)
8. निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए— (2011)
(a) विद्युत उत्पादन में सौर ऊर्जा का उपयोग
(b) भू-गर्भीय ताप विद्युत ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा उत्पादन
(c) ज्वारीय ऊर्जा
9. पवन द्वारा विद्युत उत्पादन समझाइए। (2012)

Chapter 10

वैद्युत ऊर्जा उत्पादन में नवीन विकास (Recent Development Generation of Electrical Energy)

10.1 परिचय (Introduction)

पिछले अध्यायों में हमने शक्ति संयन्त्रों का अध्ययन किया। शक्ति संयन्त्रों में विद्युत शक्ति के उत्पादन के लिए विभिन्न प्रकार की ऊर्जा का इस्तेमाल किया जाता है। शक्ति संयन्त्रों में ईंधन के रूप में विभिन्न प्रकार की ऊर्जाओं का इस्तेमाल किया जाता है। जैसा कि हमने पिछले अध्याय में ऊर्जा का वर्गीकरण किया था, ऊर्जा को मुख्य रूप से दो भागों में वर्गीकृत किया गया है—

- परम्परागत ऊर्जा स्रोत या अनवीकरणीय ऊर्जा स्रोत
- अपरम्परागत ऊर्जा स्रोत या नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत

प्रमुख ऊर्जा स्रोत हैं—

- जीवाश्म ईंधन; जैसे—कोयला, पेट्रोलियत एवं प्राकृतिक गैस
- सौर ऊर्जा
- पवन ऊर्जा
- भू-ऊष्मीय ऊर्जा
- ज्वारीय ऊर्जा
- बायोमास ऊर्जा
- हाइडिल ऊर्जा, आदि।

औद्योगिक क्रियाओं तथा देश की अर्थव्यवस्था में शक्ति उत्पादन का विशेष महत्व है। हम जानते हैं कि ऊर्जा के परम्परागत स्रोतों को यदि इसी प्रकार इस्तेमाल किया तो वह दिन दूर नहीं जब यह समाप्त हो जाएँगे। जिससे विश्व ऊर्जा संकट से जुझने लगेगा। अत: हमें इन ऊर्जा स्रोतों का इस्तेमाल कम करके अन्य वैकल्पिक ऊर्जा स्रोतों को ढूंढना होगा जिससे हम ऊर्जा के परम्परागत स्रोतों को बचा सकें।

उपरोक्त वर्णित सभी ऊर्जा के रूपों का अध्ययन हम अध्याय 9 में कर चुके हैं। इस अध्याय में विद्युत उत्पादन की विभिन्न विधियों का वर्णन करेंगे तथा उनके योगदान का अध्ययन करेंगे।

10.2 विद्युत शक्ति

हम जानते हैं कि ऊर्जा विभिन्न रूपों में उपलब्ध होती है। **उदाहरण के लिए**—यांत्रिक ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा, तापीय ऊर्जा, चुम्बकीय ऊर्जा परमाणु या नाभिकीय ऊर्जा, पवन ऊर्जा, सौर ऊर्जा, विद्युत ऊर्जा आदि।

ऊर्जा के सभी रूपों का विशेष महत्व है। हम जानते हैं कि ऊर्जा न तो नष्ट की जा सकती है और न ही उत्पन्न की जा सकती है। इसे ऊर्जा संरक्षण का नियम भी कहते हैं।

अत: हम ऊर्जा को एक रूप से केवल दूसरे रूप में परिवर्तित कर सकते हैं। सामान्यत: हम सभी प्रकार की ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा या विद्युत शक्ति में परिवर्तित करते हैं।

निम्नलिखित कारणों से ऊर्जा के सभी रूपों को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं—

(i) यह प्रदूषण रहित (Non-polluting) होता है।
(ii) इसका संचारण (Transmission) आसानी से होता है।
(iii) इसका वितरण (Distribution) आसान एवं मितव्ययी होता है।
(iv) इसका भण्डारण (Storage) आसान एवं कम स्थान घेरने वाला होता है।
(v) इस ऊर्जा को किसी भी रूप में आसानी से परिवर्तित किया जा सकता है।
(vi) ऊर्जा का विभाजन (Division of Energy) सरल होता है।
(vii) ऊर्जा का नियंत्रण (Control of Energy) आसानी से होता है।
(viii) यह प्रणाली नम्य (Flexible) होती है।
(ix) इन ऊर्जा उपकरणों की दक्षता उच्च होती है।
(x) यह ऊर्जा साफ-सुथरी होती है।
(xi) इसका प्रचालन जटिल नहीं होता है।
(xii) यह ऊर्जा स्रोत सस्ता होता है।
(xiii) इसके शुरू करने में दिक्कत नहीं होती है।
(xiv) इसके प्रयोग से समय की बचत होती है।
(xv) ऊर्जा का यह स्रोत मनोहर (Pleasant) होता है।

10.3 विद्युत ऊर्जा के स्रोत (Source of Electrical Energy)

ऊर्जा के विभिन्न रूपों को किसी माध्यम से प्राप्त करके उसे हम विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं। विभिन्न माध्यम को हम ऊर्जा स्रोत कहते हैं।

विभिन्न ऊर्जा स्रोत निम्नलिखित हैं—

(i) सूर्य या सौर ऊर्जा (Solar Energy)
(ii) पवन ऊर्जा (Wind Energy)
(iii) समुद्री लहरें (Ocean Waves)
(iv) ज्वारी ऊर्जा (Tidal Energy)
(v) भू-ऊष्मीय ऊर्जा (Geothermal Energy)
(vi) हाइड्रो ऊर्जा (Hydro Energy)
(vii) नाभिकीय ऊर्जा (Nuclear Energy)
(viii) जीवाश्म ईंधन (Fossil-fuels)
(ix) व्यर्थ ऊर्जा (Waste Energy)
(x) ईंधन सेल (Fuel Cell)
(xi) ताप विद्युत युग्म (Thermo Couple)
(xii) तापयनिक परिवर्तक (Thermo-ionic Convertor)
(xiii) समुद्री तापान्तर (Ocean Temperature Differeence)
(xiv) चुम्बकीय द्रव गतिकी जनित्र (Magneto-hydro Dynamic Generator)

10.3.1 सूर्य या सौर ऊर्जा

हम जानते हैं कि ऊर्जा का मुख्य स्रोत सूर्य है। सूर्य से प्राप्त विकिरणों में ऊष्मा निहित होती है। इसी ऊष्मा का प्रयोग हम विद्युत उत्पादन में करते हैं। विस्तृत वर्णन अध्याय-9 में किया जा चुका है।

10.3.2 पवन ऊर्जा (Wind Energy)

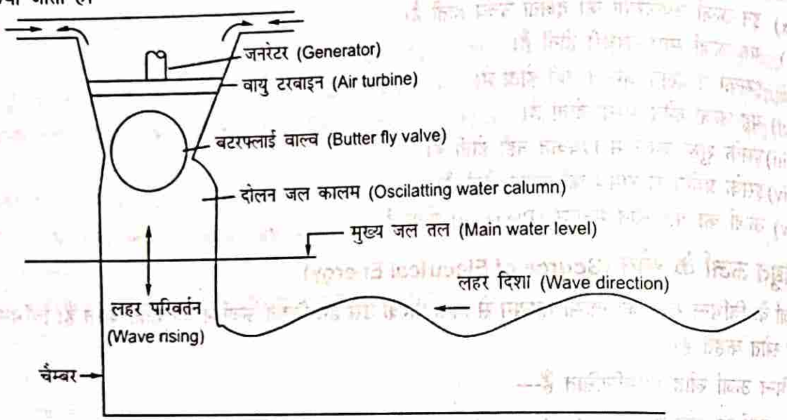
इसका वर्णन अध्याय-9 में किया जा चुका है।

10.3.3 समुद्री लहरों की ऊर्जा (Ocean Wave Energy)

समुद्रों में समुद्री लहरों का निर्माण, वायु का समुद्र सतह पर टकराने के कारण होता है।

हम जानते हैं कि पवन ऊर्जा सौर ऊर्जा का अप्रत्यक्ष रूप है। अत: पवन में ऊष्मीय ऊर्जा निहित होती है। यही ऊष्मीय ऊर्जा लहरों को स्थानान्तरित कर दी जाती है।

समुद्री ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करने के लिए दोलन जल कॉलम (Oscillating Water Column) का इस्तेमाल किया जाता है।



चित्र 10.1

इसमें एक चैम्बर, जिसका एक सिरा समुद्री लहरों की तरफ से खुला होता है बना होता है। चैम्बर में लहरों के कारण पवन उत्पन्न होती है जिसे हम बटरफ्लाई वाल्व के माध्यम से वायु टरबाइन में प्रवेश कराते हैं। वायु टरबाइन से एक जनरेटर जुड़ा होता है। टरबाइन के शाफ्ट पर यांत्रिक ऊर्जा को जनरेटर की सहायता से विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित कर लेते हैं।

लहर ऊर्जा मुख्यत: लहरों की ऊँचाई (Height) एवं उसी आवृत्ति (Frequency) पर निर्भर करती है।

भारत में समुद्री लहरों के द्वारा लगभग 150 KW शक्ति का उत्पादन तिरूवन्तपुरम में किया जाता है।

10.3.4. ज्वारीय ऊर्जा (Tidal Energy) द्वारा विद्युत शक्ति का उत्पादन

ज्वारीय ऊर्जा द्वारा विद्युत शक्ति के उत्पादन का वर्णन हम अध्याय-9 में कर चुके हैं। ज्वारीय ऊर्जा से कुछ अन्य प्रमुख तथ्य नीचे वर्णित हैं—

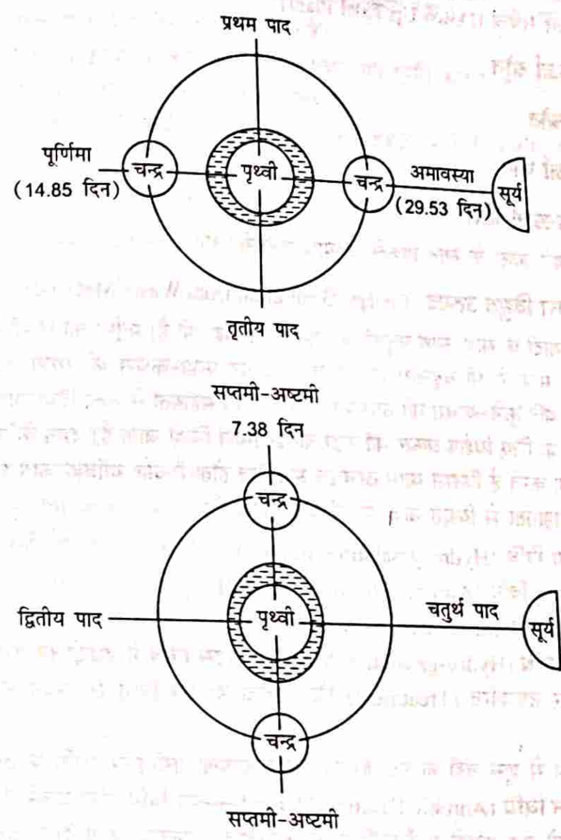
समुद्र में ज्वार-शक्ति का उत्पादन

हम जानते हैं कि पृथ्वी से चन्द्रमा तथा सूर्य दोनों की दूरी कम है इसलिए सूर्य का गुरूत्वाकर्षण बल पृथ्वी तथा चन्द्रमा पर अधिक होता है। इसी गुरूत्वाकर्षण बल के कारण ही समुद्रों का पानी ऊपर की ओर उठता है। इसे हम ज्वार कहते हैं। ज्वार के कारण समुद्रों में लहरें उत्पन्न होती हैं जिसे हम ज्वार-भाटा कहते हैं।

ज्वार-भाटा के सम्बन्ध में कुछ मान्याताएँ मानी गई हैं—

- चन्द्रमा पृथ्वी के वृत्ताकार पथ पर घूमती है।
- समुद्रों में आकर्षण बल बहुत कम होता है।

- समुद्र की गहराई समान है।
- पृथ्वी का घूर्णन ज्वार भाटा को प्रभावित नहीं करता है।
- समुद्री जलों का जड़त्व एवं श्यानता (Inertia and viscosity) नगण्य होती है।



चित्र 10.2 : समुद्री ज्वार का उत्पादन (Sea Tide Generation)

ज्वार-शक्ति संयन्त्र

मुख्यत: निम्न आधार पर वर्गीकृत किया गया है—

घाटी (बेसिन) की संख्या के आधार पर

(i) एकल घाटी संयन्त्र (Single Basin Plant)
(ii) द्वि-घाटी संयन्त्र (Double Basin Plant)
(iii) त्रि-घाटी संयन्त्र (Triple Basin Plant)
(iv) पम्प-भण्डारण संयन्त्र (Pump Storage Plant)

ज्वार के आधार पर

(i) उतार ज्वार संयन्त्र (Down Tidal Plant)
(ii) चढ़ाव जवार संयन्त्र (Up Tidal Plant)
(iii) उतार-चढ़ाव संयन्त्र (Down-Up Tidal Plant)

10.3.5 भू-ऊष्मीय ऊर्जा स्रोत

10.3.6 हाइड्रो ऊर्जा स्रोत

10.3.7 नाभिकीय ऊर्जा स्रोत

10.3.8 जीवाश्म ईंधन ऊर्जा स्रोत

नोट—उपरोक्त चारों ऊर्जा के स्रोत पिछले अध्याय में वर्णित हैं।

10.3.9 कूड़ा-कचरा द्वारा विद्युत उत्पाद (Energy Generation from Waste Material)

विश्व की बढ़ती आबादी के साथ-साथ मनुष्यों की जरूरतें भी बढ़ रही हैं। मनुष्य की बढ़ती जरूरत के साथ व्यर्थ पदार्थ (कूड़ा-कचरा) आदि की मात्रा में भी बढ़ोत्तरी हो रही है। यदि यह कूड़ा-कचरा की संख्या इसी प्रकार बढ़ती जाएगी तो पर्यावरण भी प्रदूषित होगा। यदि कूड़े-कचरों को उपयुक्त उपकरणों की सहायता से जला दिया जाए तो हमें ऊष्मीय ऊर्जा प्राप्त होगी। कूड़े-कचरें के दहन के लिए विशेष प्रकार की भट्टी का इस्तेमाल किया जाता है। दहन के फलस्वरूप ऊष्मीय ऊर्जा से हम जल से वाष्प का निर्माण करते हैं जिससे वाष्प टरबाइन संचालित होता है और यांत्रिक कार्य शाफ्ट पर प्राप्त होता है। यह यांत्रिक कार्य जनरेटर की सहायता से विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित होती है।

(i) हाइड्रो गैसीकरण विधि (Hydro-gasalation Method)
(ii) वायु रहित संसाधन विधि (Anrobic Disation Method)
(iii) ऊष्मा विघटन विधि (Heat Hydrolysis Method)

(i) हाइड्रो गैसीकरण विधि (Hydro-gasalation Method)—इस विधि में हाइड्रोजन गैस की उपस्थिति में कूड़े को उच्च दाव एवं उच्च ताप पर उपचारित (Treatment) किया जाता है। इस विधि से मिथेन गैस प्राप्त होती है जो अति ज्वलनशील होती है।

यह विधि प्रायोगिक रूप से शुरू नहीं हो पाई है। यह विधि कोयला गैसीकरण विधि के समतुल्य है।

(ii) वायु रहित संसाधन विधि (Anrobic Disation Method)—यह विधि गीले कचरे के लिए प्रयोग की जाती है। इसमें वारीक कटे हुए कचरे को वन्द कुण्डों में बैक्टीरिया की उपस्थिति में गलाया जाता है। ये बैक्टीरिया कचरे में उपस्थित जटिल कार्बनिक पदार्थों को मीथेन तथा कार्बन डाई आक्साइड में वदल देता है।

(iii) ऊष्मा विघटन विधि (Heat Hydrolysis Method)—इस विधि में कचरे को वायु की अनुपस्थिति में 55°C से लेकर 600°C तक के तापक्रम पर तप्त किया जाता है। जिससे उसके अंदर उपस्थित कार्बनिक पदार्थ टार, चारकोल हल्के तेल, कार्बनिक एसिड, एल्कोहल आदि प्राप्त होते हैं जो लाभदायक होते हैं।

कचरे द्वारा विद्युत ऊर्जा उत्पादन के लाभ

- पर्यावरण प्रदूषण कम हो जाएगा।
- ऊर्जा संकट में राहत होगी।
- यह ऊर्जा का सबसे सस्ता स्रोत है।
- कूड़ा-कचरे के भण्डारण की समस्या खत्म हो जाएगी।

10.3.10 ईंधन सेल द्वारा विद्युत उत्पादन (Electric Generation from Fuel Cell)

ईंधन सेल को निम्न प्रकार से परिभाषित किया गया है—

"एक ऐसा विद्युत-रासायनिक उपकरण जो रासायनिक ऊर्जा को सतत् विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है, ईंधन सेल कहलाता है। इसमें दहन प्रक्रिया नहीं होती है। ईंधन सेल के माध्यम से हम विद्युत तथा ऊष्मा दोनों लगातार प्राप्त कर सकते हैं। ईंधन सेल तथा अन्य विद्युत सेल दोनों में काफी समानताएँ होती हैं।

उदाहरण के लिए दोनों में दो इलेक्ट्रोड होते हैं। एक धनात्मक तथा दूसरा ऋणात्मक। दोनों इलेक्ट्रोडों के बीच में इलेक्ट्रोलाइट भरा होता है। दोनों सेल डी०सी० पावर उत्पन्न करते हैं।

दोनों सेलों में मुख्य अंतर यह होता है कि ईंधन सेल सतत् ऊर्जा का उत्पादन करती है, जबकि अन्य सेल ऊर्जा को संचित (Store) करते हैं।

ईंधन सेल में रासायनिक ऊर्जा का विद्युत ऊर्जा में रूपान्तरण समतापी प्रक्रम (Isothermal Process) है।

ईंधन सेल का वर्गीकरण (Classification of Fuel Cell)

ईंधन सेल का वर्गीकरण मुख्यत: निम्न आधारों पर किया गया है—

(a) इलेक्ट्रोलाइट के आधार पर
- ➤ एल्कलाईन फ्यूल सेल [Alkaline Fuel Cell, (AFC)]
- ➤ फास्फोरिक एसिड फ्यूल सेल [Phosphoric Acid Fuel Cell, (PAFC)]
- ➤ माल्टन कारबोनेट फ्यूल सेल [Moltan Carbonate Fuel Cell, (MCFC)]
- ➤ ठोस आक्साइड फ्यूल सेल [Solid Oxidise Fuel Cell, (SOFC)]
- ➤ पालिमर एक्सचेंज मेम्बरेन फ्यूल सेल [Polymer Membrane Fuel Cell, (PMFC)]

(b) ईंधन एवं आक्सीटेंड (Fuel and Oxidents) के आधार पर
- ➤ H_2-O_2 फ्यूल सेल
- ➤ H_2 वायु फ्यूल सेल
- ➤ हाइड्रो कार्बन गैस-वायु फ्यूल सेल
- ➤ संथेसिस गैस-वायु फ्यूल सेल

(c) कार्यकारी तापमान के आधार पर
- ➤ निम्न तापमान फ्यूल सेल (150°C से कम)
- ➤ मध्यम तापमान फ्यूल सेल (150° – 250°C तक)
- ➤ उच्च तापमान फ्यूल सेल (250°C से अधिक)

(d) इलेक्ट्रोलाइट की प्रकृति के आधार पर
- ➤ एसिड इलेक्ट्रोलाइट
- ➤ एल्कलाईन इलेक्ट्रोलाइट
- ➤ उदासीन इलेक्ट्रोलाइट

(e) उपयोगिता के आधार पर
- ➤ आटोमोबाइल में (In Automobile)
- ➤ स्पेश में (In Space)
- ➤ सेना में (In Military)
- ➤ मरीन क्षेत्रों में (Marine Application)
- ➤ अन्य औद्योगिक क्षेत्रों में

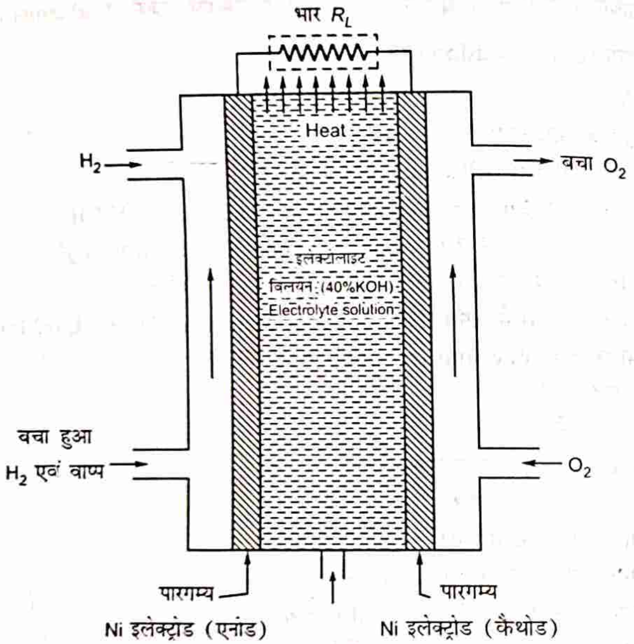
H_2-O_2 ईंधन सेल की रचना एवं क्रिया विधि का वर्णन

इसे हॉइड्राक्स फ्यूल सेल या एल्कलाइन फ्यूल सेल (Hydrox or Alkaline Fuel Cell) भी कहते हैं। इस ईंधन सेल में ऊर्जा का रूपान्तरण स्थिर दाब एवं तापमान पर होता है।

इसके मुख्य अवयव निम्न हैं—

- ईंधन इलेक्ट्रोड (ऐनोड)
- आक्सीडेंट इलेक्ट्रोट (कैथोड)
- इलेक्ट्रोलाइट (H_2SO_4 का विलयन एसिडिक फ्यूल सेल के लिए, KOH एल्कली ईंधन सेल के लिए)
- **अन्य अवयव :** कन्टेनर, सेपरेटर, सिलिंग, ईंधन एवं आक्सीडेन्ट पूर्ति तंत्र।

व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 10.3

इस सेल में निकिल (Nickel) धातु के दो पारगम्य इलेक्ट्रोड लगे होते हैं। एक ऐनोड होता है तथा दूसरा कैथोड होता है। दोनों इलेक्ट्रोड एक अच्छे सुचालक इलेक्ट्रोलाइट में डूबा होता है।

ऐनोड ऋणात्मक होता है तथा कैथोड धनात्मक होता है। दोनों इलेक्ट्रोड छिद्र युक्त गैस बैरियर (सेपरेटर) द्वारा पृथक किए जाते हैं।

ऐनोड की तरफ से H_2 गैस प्रवाहित की जाती है तथा कैथोड की तरफ से O_2 गैस प्रवाहित की जाती है। यह गैसें छिद्र युक्त इलेक्ट्रोडों से होते हुए विद्युत रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेती हैं।

दोनों इलेक्ट्रोड वाहरी परिपथ से जुड़े होते हैं। जिस पर हमें विद्युत शक्ति प्राप्त होती है।

अभिक्रिया की तीव्रता बढ़ाने के लिए प्रत्येक उत्प्रेरक (Catalyst) का इस्तेमाल किया जाता है। प्रमुख रूप से प्लेटिनम, निकिल एवं सिल्वर का प्रयोग किया जाता है।

प्रमुख रासायनिक अभिक्रियाएँ निम्न हैं—

ऐनोड पर— $H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$

कैथोड पर— $\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2O$

कुल

$$H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$$
$$\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2O$$
$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$$

कार्यकारी तापमान 100°C से 200°C के बीच होता है। एक सेल द्वारा 1·23 V का emf उत्पन्न होता है। ईंधन सेल का वोल्टेज एवं विद्युत धारा बढ़ाने के लिए हम ईंधन सेल की संख्या में (Series and Parallel Arrangement) वृद्धि करते हैं। ईंधन सेल की अनुमानित आयु दस हजार घण्टे होती है।

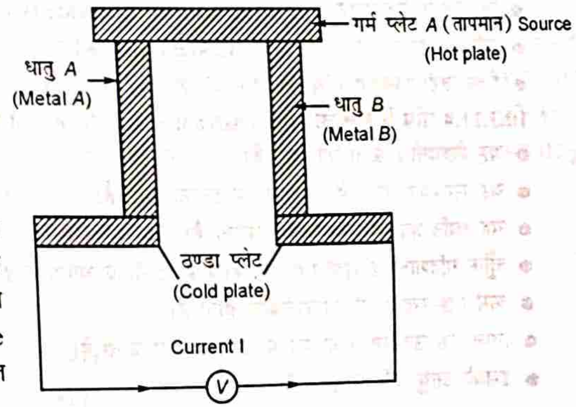
ईंधन सेल के लाभ

- शीतलक जल की आवश्यकता नहीं होती है।
- प्रचालन आसान एवं प्रदूषण रहित होता है।
- ऊर्जा रूपान्तरण क्षमता अधिक होती है।
- क्षमता में वृद्धि आसानी से सम्भव है।
- कम स्थान की आवश्यकता होती है।
- ईंधन सेल की आयु ज्यादा होती है।
- अत्यधिक ऊष्मा को सीधे वायुमण्डल में निकाला जा सकता है।
- ईंधन सेल महंगा होता है तथा शुद्ध O_2 की आवश्यकता होती है।

10.3.11 ताप विद्युत युग्म (Thermo Couple) द्वारा विद्युत शक्ति उत्पादन

यह ऊर्जा रूपान्तरण उपकरण होता है जिसमें निम्न ग्रेड ऊष्मीय (ईंधन) ऊर्जा को सीधे विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं। विद्युत ऊर्जा रूपान्तरण ताप विद्युत प्रभाव (Thermo-electric Effect) के कारण होता है। यह ऊर्जा रूपान्तरण अन्य ऊर्जा रूपान्तरण उपकरण से भिन्न होता है। अन्य ऊर्जा रूपान्तरण में ऊर्जा का रूपान्तरण सर्वप्रथम यांत्रिक ऊर्जा में होता है तत्पश्चात् विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है। अन्य ऊर्जा रूपान्तरण उपकरण में ऊष्मा स्रोत के रूप में तापीय ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा या सौर ऊर्जा होती है।

10.3.11.1 ताप विद्युत युग्म का सिद्धान्त एवं क्रिया विधि—ताप विद्युत युग्म का सिद्धान्त जर्मन वैज्ञानिक 1821 में सी-बैक द्वारा दिया गया था। जिसे सी-बैक प्रभाव (See Back Effect) भी कहते हैं।



चित्र 10.4

इस सिद्धान्त के अनुसार, "जब दो अलग-अलग धातुओं को एक बन्द परिपथ में दो जंक्शनों पर अलग-अलग तापमान पर जोड़ा जाता है, तब एक ई०एम०एफ० emf (Electro Motive Force) उत्पन्न होता है जो कि परिपथ द्वारा स्थापित किया जाता है।

विद्युत धारा का परिमाण मुख्यतः दोनों धातु (A) and (B) तथा दोनों जंक्शनों के बीच तापान्तर पर निर्भर करता है।

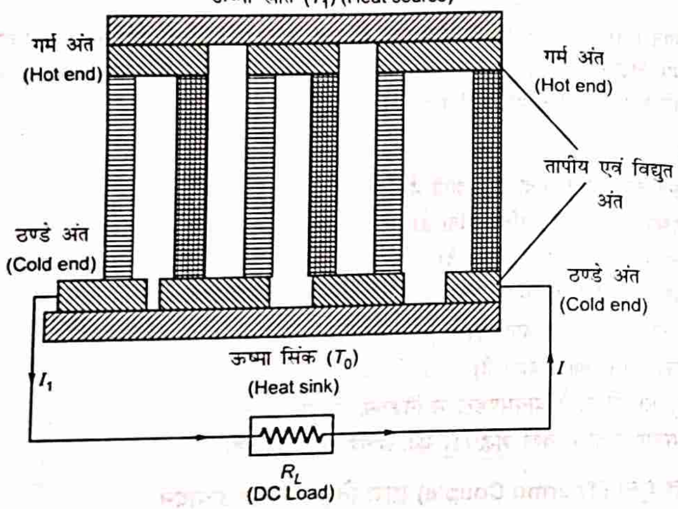
$$V = \alpha_{AB} \cdot \Delta T$$

V = वोल्टेज दो जंक्शनों के बीच

α_{AB} = सी-बैक गुणांक (V/K)

ΔT = तापान्तर दोनों जंक्शनों के बीच $(T_a - T_b)$ K

10.3.11.2 ताप विद्युत शक्ति जनरेटर (Thermo-Electric Power Generator)—ताप-विद्युत शक्ति जनरेटर का व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 10.5

10.3.11.3 ताप विद्युत पदार्थ (Thermo-Electrical Material)—मुख्यतः निम्न पदार्थों का उपयोग किया जाता है—

- बिस्मथ टेलीराइड (S_b और S_e डोपिंग) $Bi_2 Te_3$ [Bismuth Telluride]
- लेड टेलीराइट $P_b T_e$ [Lead Telluride]
- जरमेनियम टेलीराइट $G_e T_e$ [Germanium Telluride (with Bismuth)]
- सेसियम सल्फाइड $C_e S$ [Cesium Sulphide]
- जिंक एंटी मोनाइड (सिल्वर डोपिंग) $Z_n S_b$ [Zinc Antimonide (doped with Silver)]

10.3.11.4 ताप विद्युत के लाभ (Advantage of Thermo-Electric)—

- यह विश्वनीय ऊर्जा का स्रोत है।
- यह सुसम्बद्ध होता है तथा भार में हल्का होता है।
- यह ध्वनि प्रदूषण उत्पन्न नहीं करता है।
- चूँकि गतिशील यन्त्रावलियाँ नहीं होती हैं, इसलिए घर्षण में हानि कम होती है।
- कम रख-रखाव की आवश्यकता होती है।
- निम्न ग्रेड ऊष्मीय ऊर्जा का भी इस्तेमाल हो जाता है।
- इसकी आयु अधिक होती है।

10.3.12 थर्मो-आयनिक ऊर्जा रूपान्तरण (Thermo Ionic Energy Conversion)

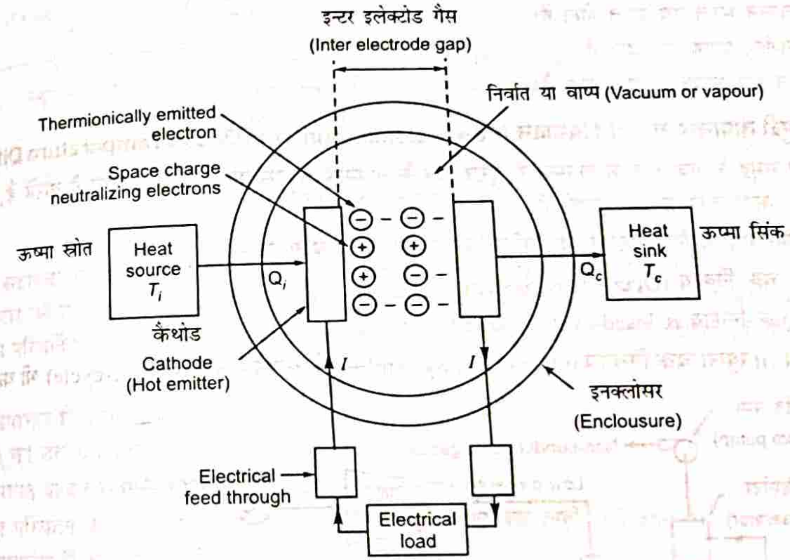
इसके अंतर्गत एक थर्मो-आयनिक जनरेटर लगा होता जो सीधे ऊष्मीय ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है। रूपान्तरण के लिए थर्मो-आयनिक इलेक्ट्रान एमिसन (Thermo Ionic Electron Emission) विधि का इस्तेमाल किया जाता है।

मुख्य अवयव—मुख्य अवयव निम्नलिखित हैं—

कैथोड (Cathode)—यह धनात्मक होता है, गर्म एमिटर इलेक्ट्रोड (Hot Emitter Electrode)

ऐनोड (Anode)—यह ऋणात्मक होता है, ठण्डा एमिटर इलेक्ट्रोड (Cold Emitter Electrode)

यदि दो इलेक्ट्रोड के बीच में केवल निर्वात (Vaccum) हो तो उसे निर्वात डायोड (Vaccum diode) कहते हैं। यदि दो इलेक्ट्रोडों के बीच में वाष्प हो तो उसे प्लास्मा डायोड (Plasma diode) कहते हैं।



चित्र 10.6 : थर्मो-आयनिक ऊर्जा कनवर्टर

क्रिया विधि—एमिटर से निकला हुआ इलेक्ट्रान सतह से प्रवाहित होते हुए ऐनोड (Anode) की तरफ आता है। इलेक्ट्रान छोटे गैप से होते हुए ठण्डे इलेक्ट्रोड (Collector) की तरफ इक्ट्ठा होते हैं। क्लेक्टर से होते हुए यह इलेक्ट्रान बाहरी परिपथ (External Circuit) तथा फिर एमिटर (Emitter) में भेज दिये जाते हैं, जिससे विद्युत शक्ति उत्पन्न होती है।

ऊर्जा हानि को कम करने के लिए दो इलेक्ट्रोड के बीच की दूरी बढ़ा दी जाती है या उच्च संवहन प्लास्मा (High conduction plasma) का इस्तेमाल किया जाता है।

चक्र की दक्षता कारनॉट चक्र (Carnot-cycle) की 50% होती है।

प्रमुख आंकड़े—

प्रचालन

एमिटर तापमान = 1600 K – 2400 K

क्लेक्टर तापमान = 800 K – 1100 K

दक्षता = 20 – 25% तक

शक्ति घनत्व = 1–10 w/cm^2

सामग्री

- **एमिटर**—टंगस्टन (Tungstion), Melebedunum (Mb) , Platinum (Pt)
- **क्लेक्टर**—Ni, Mo, Ag, Ni
- **कुचालक पदार्थ**—Al_2O_3; Al_2O_3/N_b cement
- **इलेक्ट्रोड गैप**—Ionized Cesium Vapour at 1 Torr

थर्मो-आयनिक के लाभ—

- सुसम्बद्ध (Compact) होता है।
- उच्च ऊर्जा रूपान्तरण दक्षता।
- प्रचालन सरल एवं शान्त होता है।
- गतिशील पदार्थ नहीं होते हैं।
- निम्न भार शक्ति अनुपात होता है।

10.3.13 समुद्री तापान्तर से विद्युत उत्पादन (Power Generation from Ocean Temperature Difference)

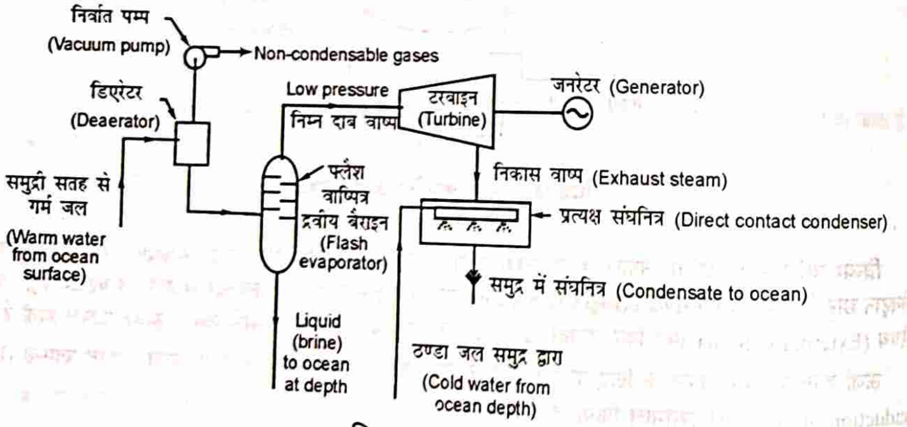
जब हम समुद्र के एक क्षेत्र के तापमान से दूसरे क्षेत्र के तापमान का इस्तेमाल विद्युत उत्पादन में करते हैं, तो यह विधि समुद्री तापान्तर ऊर्जा रूपान्तरण कहलाती है।

ऊर्जा रूपान्तरण के लिए मुख्यत: दो विधियों का प्रयोग किया जाता है—

(i) खुला चक्र निकाय (Open-cycle System)

(ii) बन्द चक्र निकाय (Closed-cycle System)

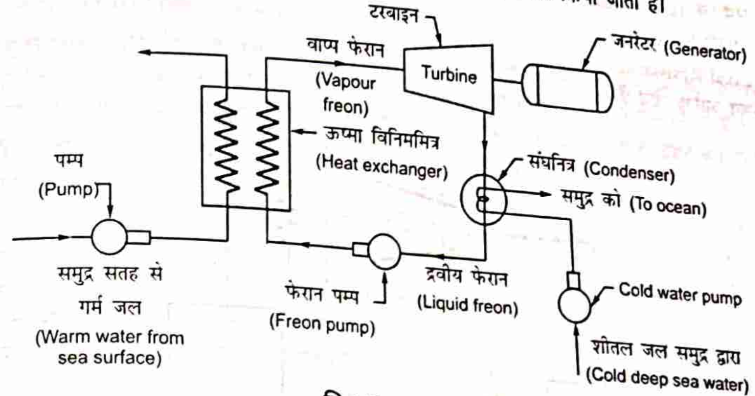
10.3.13.1 (i) खुला चक्र निकाय (Open-cycle System)—इसे क्लाउड चक्र (Claude-cycle) भी कहा जाता है।



चित्र 10.7 : खुला चक्र

इस निकाय में समुद्र सतह से गर्म जल को सपरेटर की सहायता से फ्लैश वाष्पित्र में ले जाते हैं जिसमें उच्च निर्वात होता है। जिसके कारण निम्न दाब वाष्प उत्पन्न होता है। बचा हुआ समुद्री जल थ्रोटलिंग प्रभाव के कारण समुद्रों में काफी गहराई में छोड़ दिया जाता है। सपरेटर की सहायता से ठोस कणों को पृथक् कर लिया जाता है। वाष्प को टरबाइन की सहायता से यांत्रिक कार्य में परिवर्तित किया जाता है। शाफ्ट पर यह यांत्रिक कार्य जनरेटर की सहायता से विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है।

10.3.13.2 (ii) बन्द चक्र निकाय (Close-cycle System)—इसे अंडरशन चक्र (Anderson-cycle) भी कहते हैं। इसमें कार्यकारी माध्यम के रूप में अमोनिया, फेरान-12, ब्यूटेन गैस का इस्तेमाल किया जाता है।



चित्र 10.8 : बन्द चक्र

पम्प की सहायता से समुद्री सतह से गर्म जल को ऊष्मा विनियमित्र (Heat Exchanger) में प्रवेश कराते हैं। ऊष्मा विनियमित्र बॉयलर की तरह कार्य करता है। जिसमें फेरान से वाष्प का निर्माण होता है। इस वाष्प को टरबाइन की सहायता से यांत्रिक शक्ति में परिवर्तित कर लिया जाता है। इस यांत्रिक शक्ति से जनरेटर को चलाया जाता है। जिससे हमें विद्युत ऊर्जा प्राप्त होती है।

समुद्री तापान्तर निकाय से लाभ—

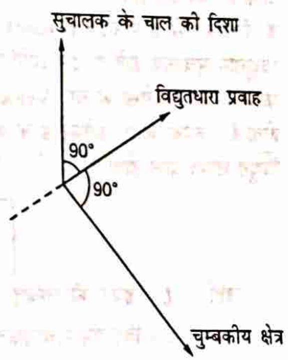
- शक्ति का उत्पादन सतत् होता है।
- परम्परागत शक्ति संयन्त्र में थोड़ा-ही बदलाव करना पड़ता है।
- मौसम परिवर्तन के कारण शक्ति संयन्त्र के शक्ति उत्पादन में कोई प्रभाव नहीं होता है।

समुद्री तापान्तर निकाय की हानियाँ—

- प्रारम्भिक लागत उच्च होती है।
- ऊर्जा रूपान्तरण दर कम होती है।
- बड़े साइज का टरबाइन इस्तेमाल किया जाता है।
- विद्युत उत्पादन दर अधिक होती है।

10.3.14 चुम्बकीय द्रव गतिकी जनित्र (Magnetic Hydro Dynamic Generator) MHD

एक ऐसा उपकरण है जिसकी सहायता से ऊष्मीय ऊर्जा द्वारा विद्युत शक्ति का उत्पादन करते हैं। इसका एक प्रमुख गुण है कि इसमें परम्परागत विद्युत जनरेटर नहीं लगा होता है। यह मुख्यत: फैराडे नियम पर कार्य करता है। इस नियम के अनुसार यदि एक सुचालक को घूमते चुम्बकीय क्षेत्र में ले जाते हैं तो सुचालक में emf उत्पन्न होता है। दिशा को हम सीधे हाथ के नियम (Right Hand Rule) के द्वारा प्राप्त करते हैं।

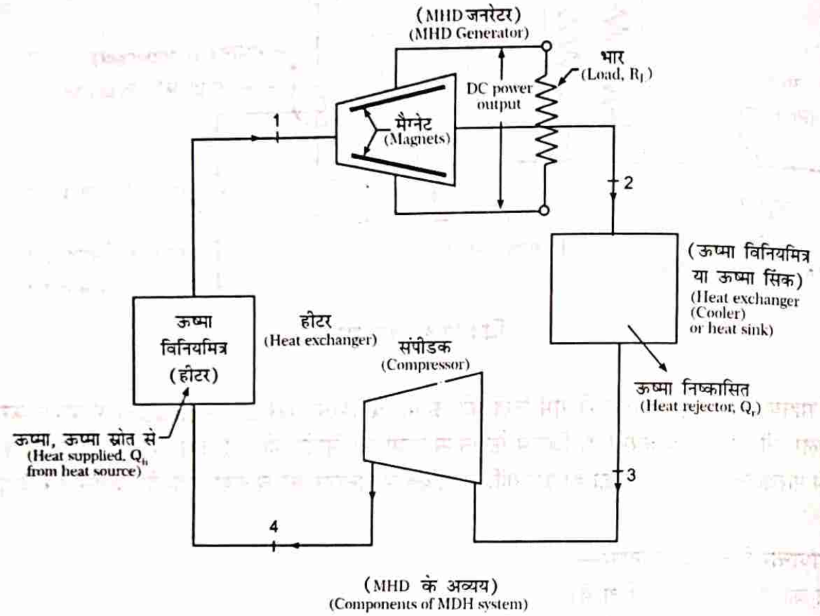


चित्र 10.9—MHD Principle

10.3.14.1 MHD के प्रमुख अवयव—इसके प्रमुख अवयव निम्नलिखित हैं—

(i) ऊष्मा स्रोत (Heat Source)
(ii) ऊष्मा सिंक (Heat Sink)
(iii) संपीड़क (Compressor)
(iv) MHD Generator
(v) Load Resistance

व्यवस्थित आरेख नीचे है—



चित्र 10.10 : MDH के अवयव

10.3.14.2 क्रिया विधि—यह एक टरवो-जनरेटर की तरह कार्य करता है। इसमें उच्च तापमान ऊर्जा स्रोत के रूप में रासायनिक नाभिकीय, सौर ऊर्जा का इस्तेमाल किया जाता है। इस निकाय में गर्म गैसों को सुचालक के रूप में प्रयोग किया जाता है। जब इन गैसों का तापमान उच्च हो जाता है तब बैलेंस कक्ष से एक या दो इलेक्ट्रान अपने कक्ष के बाहर घूमने लगते हैं। जिससे गैसें आयोनाइज (Ionise) हो जाती हैं तथा धनात्मक एवं ऋणात्मक आयनों में टूट जाती हैं। ये आयन (Ion) विद्युतीय सुचालक होते हैं। इस आवेशित (Ionised) गर्म गैसों को डक्ट (Duct), जिसे हम MHD Duct कहते हैं, में प्रवेश कराते हैं। इन गर्म गैसों का वेग (Velocity) बहुत उच्च होता है। इन आवेश (आयन) के कारण मजबूत चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है। जिसके कारण इलेक्ट्रोड के बीच emf उत्पन्न होता है। यह इलेक्ट्रोड बाहरी परिपथ से जुड़ा होता है जिस पर हमें विद्युत शक्ति प्राप्त होती है।

$$\text{उत्पादित शक्ति } P = \frac{L.\upsilon.v.B^2}{\rho}$$

जहाँ L = डक्ट की लम्बाई
υ = विद्युतीय सुचालकता
v = गैस का वेग

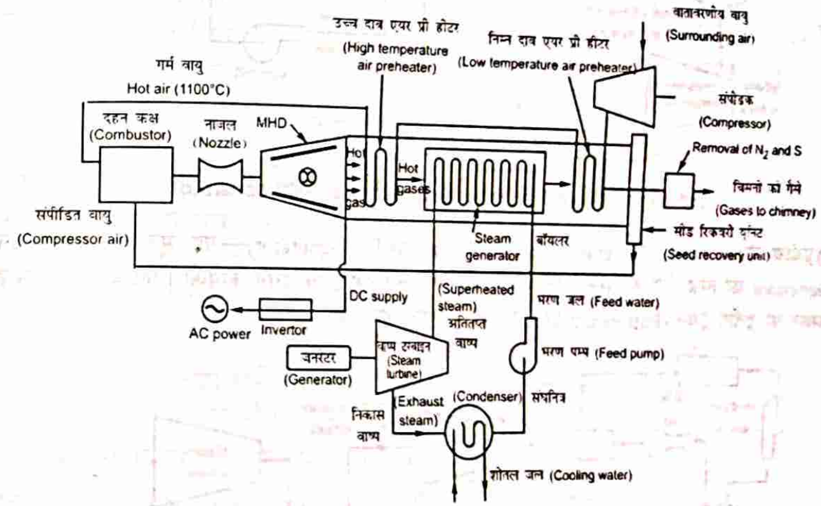
B = चुम्बकीय क्षेत्र
ρ = गैस का घनत्व

10.3.14.3 निकाय का वर्गीकरण (Classification of MHD System)—

(a) खुला चक्र MHD निकाय (Open-cycle MHD System)
(b) बन्द चक्र MHD निकाय (Close-cycle MHD System)

(a) खुला चक्र MHD निकाय (Open-cycle MHD System)—इस निकाय में ईंधन के रूप में जीवाश्म ईंधन; जैसे कोयला तेल तथा प्राकृतिक गैस का इस्तेमाल किया जाता है। परम्परागत शक्ति संयन्त्रों में एक अ— से MHD निकाय जोड़ दिया जाता है। वायु संपीड़क में वातावरणीय वायु को उच्च दाब पर संपीड़ित किया जाता है। दहन कक्ष में भेजने से पूर्व उसे वायु-पूर्व तापक (Air preheater) में भेजकर उसके तापमान में वृद्धि की जाती है।

इन गर्म वायु की सहायता से ईंधन का दहन किया जाता है। दहन के पश्चात् उत्पन्न गर्म गैसों में 1% एल्काइन पोटेशियम (Alkaline potassium) मिलाया जाता है जिससे इन गर्म गैसों की विद्युत सुचालकता (Electrical conductivity) में वृद्धि हो जाती है। इन गैसों को नाजल की सहायता से उच्च वेग तथा उच्च तापमान (2300°C) पर MHD Duct में प्रवेश कराते हैं। गैसों की आन्तरिक ऊर्जा सीधे DC Power में परिवर्तित हो जाती है। इस DC शक्ति को DC-AC कन्वरटर की सहायता से AC शक्ति में परिवर्तित कर लेते हैं। बची हुई गर्म वायु को पूर्व तापक (Air preheater) की सहायता से अतितप्त करके परम्परागत शक्ति संयन्त्र को भेज देते हैं। परम्परागत शक्ति संयन्त्र की क्रिया विधि का वर्णन पिछले अध्यायों में किया जा चुका है।



चित्र 10.11 : खुला चक्र MHD शक्ति संयंत्र

(b) बन्द चक्र MHD निकाय (Close-cycle MHD System)—यह मुख्यत: दो उपवर्गों में वर्गीकृत किया गया है—

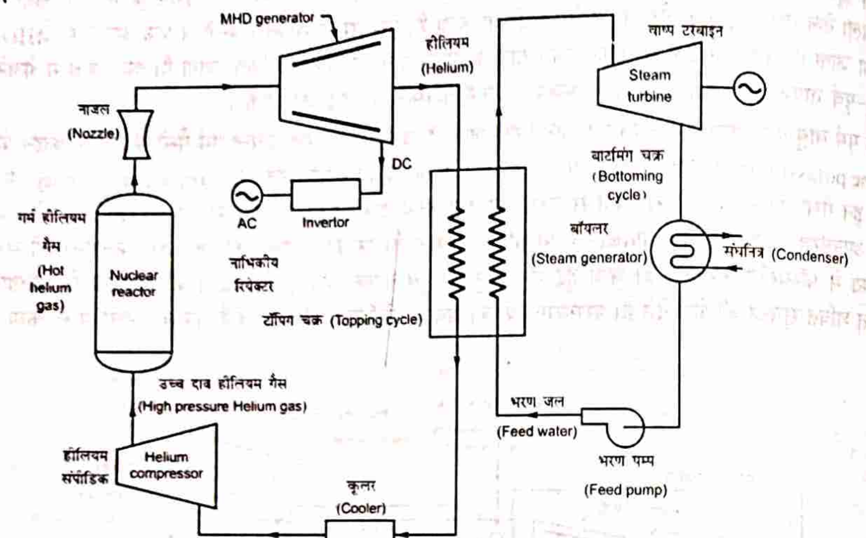
(i) सीडेड इनर्ट गैस MHD Generator (Seeded-Inert Gas MHD Generator)
(ii) द्रवीय मेटल MHD Generator (Liquid Metal MHD Generator)

(i) सीडेड इनर्ट गैस MHD Generator (Seeded-Inert Gas MHD Generator)—इसमें इनर्ट गैस के रूप में हीलियम या आर्गन (Helium or Argon) का प्रयोग किया जाता है।

व्यवस्थित आरेख निम्न है—

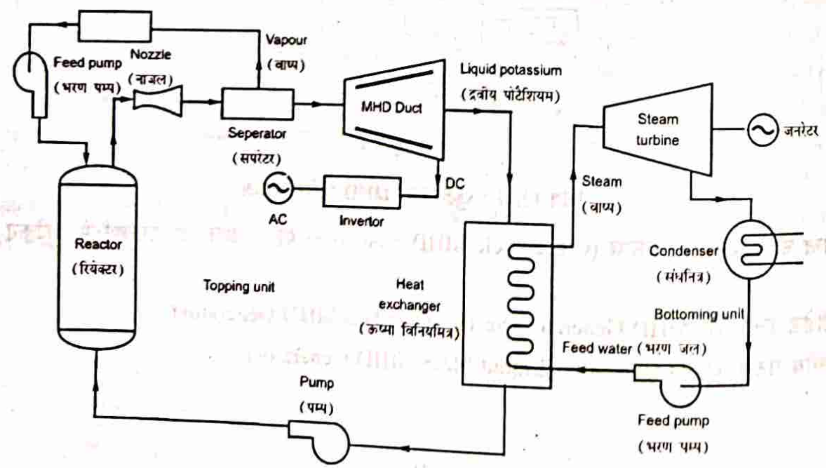
क्रिया विधि स्वयं समझा जा सकता है।

इसमें MHD चक्र को टापिंग चक्र (Topping Cycle) तथा परम्परागत चक्र को बाटमिंग चक्र (Bottoming Cycle) कहते हैं।



चित्र 10.12 : Closed-cycle seeded inert gas, MHD ganerator

(ii) द्रवीय मेटल MHD Generator (Liquid Metal MHD Generator)—यह मुख्यत: सीडेड इनर्ट गैस MHD Generator की तरह होता है। परन्तु दोनों में एक विशेष अन्तर यह है कि इसमें कार्यकारी पदार्थ के रूप में हीलियम गैस के स्थान पर द्रवीय ईंधन (Pottassium Metal) का इस्तेमाल करते हैं।



चित्र 10.13 : A liquid metal MHD system

MHD के लाभ—

- ऊर्जा उत्पादन दर उच्च होती है।
- निकाय विश्वनीय होता है।
- ऊर्जा उत्पादन प्रदूषण रहित होता है।
- प्रचालन एवं रख-रखाव लागत कम होती है।
- प्रारम्भिक लागत कम होती है।

MHD की हानियाँ—

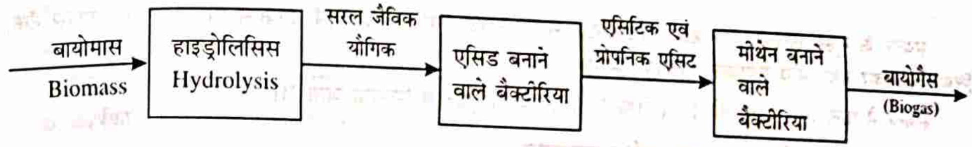
- घर्षण में हानियाँ अधिक होती हैं।
- उच्च तापमान कार्यकारी वातावरण को प्रभावित करता है।

10.3.15 बायो मास द्वारा ऊर्जा उत्पादन (Energy Generation from Bio mass)

बायोमास ऊर्जा का अध्ययन हम अध्याय-9 में कर चुके हैं।

इन अनुच्छेद में बायोगैस संयन्त्र (Biogas Plant) का अध्ययन करेंगे।

बायो गैस—बायोगैस मुख्यत: जैविक पदार्थों के वायु की अनुपस्थिति में अपघटन से प्राप्त होती है। इसमें मुख्यत: मीथेन गैस, CO_2 तथा अशुद्धियाँ जैसे H_2S, H_2, N_2 उपस्थित होते हैं।



बायो गैस उत्पादन की अवस्थाएँ

10.3.15. बायो गैस संयन्त्र का वर्गीकरण (Classification of Biogas Plant)

बायो गैस संयन्त्र को आकार, संरचना के आधार पर निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया गया है—

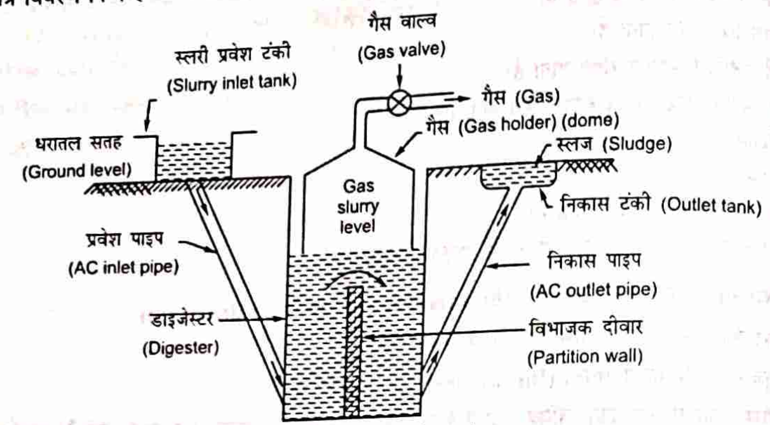
(i) सतत् या बैच टाइप बायो गैस संयन्त्र (Continuous or Batch Type Biogas Plant)
   (a) एकल चरण सतत् बायोगैस संयन्त्र (Single-stage Continuous Biogas Plant)
   (b) दो-चरण सतत् बायोगैस संयन्त्र (Two-stage Continuous Biogas Plant)

(ii) डोम एवं ड्रम टाइप बायोगैस संयन्त्र (Dome and Drum Type Biogas Plant)
   (a) तैरते ड्रम बायोगैस संयन्त्र (Floating Drum Type Biogas Plant)
   (b) फिक्सड डोम बायोगैस संयन्त्र (Fixed Dome Type Biogas Plant)

10.3.15 तैरते ड्रम प्रकार KVIC मॉडल

KVIC का पूरा नाम है खादी ग्राम उद्योग कमीशन (Khadi and Village Industries Commission)। इसमें गोबर का प्रयोग किया जाता है।

सचित्र विवरण निम्न है—



चित्र 10.14 : गोबर गैस प्लांट

संयन्त्र के मुख्य अवयव हैं—डोम, डाइजेस्टर, सलरी प्रवेश टैंक, प्रवेश पाइप, निकास पाइप, स्लज निकास टैंक, विभाजक दीवार तथा अन्य सहायक उपकरण आदि।

संयन्त्र में पानी तथा गोबर को 1 : 1 तथा 1 : 1·25 के अनुपात में मिलाया जाता है।

10.4 विद्युत उत्पादन के कुछ अन्य नवीन उपकरण

(i) गन्ने की खोई द्वारा विद्युत उत्पादन

(ii) वुडेक्स (Woodex) द्वारा विद्युत उत्पादन—लकड़ी तथा बुरादे से बने ईंधन को वुडेक्स कहते हैं।

(iii) उपग्रहों से विद्युत उत्पादन

(iv) हिमनद (Glaciers) से विद्युत उत्पादन

(v) उच्च किस्म के सोलर सेल द्वारा

सारांश

विद्युत ऊर्जा—यह एक प्रकार का ऊर्जा का रूप है जो अन्य ऊर्जा रूपों (स्रोतों) की अपेक्षा अधिक लाभप्रद होता है। कुछ प्रमुख गुण हैं—

- इसका संचारण (Transmission) आसान होता है।
- इसका वितरण (Distribution) सरल होता है।
- भण्डारण आसानी से हो जाता है।
- एक स्थान से दूसरे स्थान तक आसानी से पहुँचाया जा सकता है।

विद्युत ऊर्जा के स्रोत

प्रमुख ऊर्जा के स्रोत निम्न हैं—

(i) सौर ऊर्जा (ii) पवन ऊर्जा (iii) समुद्री लहरों की ऊर्जा
(iv) हाइड्रो ऊर्जा (v) नाभिकीय ऊर्जा (vi) ज्वार ऊर्जा
(vii) भू-ऊष्मीय ऊर्जा (viii) जीवाश्म ऊर्जा (ix) व्यर्थ ऊर्जा

(x) ईंधन सेल (xi) ताप-विद्युत युग्म (xii) ताप आयनिक ऊर्जा
(xiii) समुद्री तापान्तर (xiv) चुम्बकीय द्रव गति की जनित्र ऊर्जा

समुद्री लहरों की ऊर्जा

समुद्र में लहरें वायु के कारण उत्पन्न होती हैं चूँकि वायु सूर्य ऊर्जा का अप्रत्यक्ष स्रोत है। इसलिए लहरों में भी ऊर्जा निहित हो जाती है। जिसका उपयोग हम विद्युत उत्पादन में करते हैं। इसके लिए दोलन जल कॉलम का इस्तेमाल किया जाता है।

कूड़े-कचरे की ऊर्जा

मनुष्यों के दैनिक जीवन की व्यर्थ सामग्री में जैविक पदार्थ सम्मिलित होते हैं। इस जैविक पदार्थों में ऊष्मा निहित होती है। इस ऊर्जा का उपयोग विद्युत उत्पादन में किया जाता है। कचरे से ईंधन गैसें निम्न विधियों द्वारा प्राप्त की जाती हैं—

(i) हाइड्रो-गैसीकरण विधि (ii) वायु रहित संसाधन विधि
(iii) ऊष्मा-विघटन विधि

ईंधन-सेल की ऊर्जा

एक ऐसा विद्युत रासायनिक उपकरण जो रासायनिक ऊर्जा को सतत् विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करता है, ईंधन सेल कहलाता है। ऊर्जा का रूपान्तरण समतापी प्रक्रम के आधार पर होता है।

ईंधन सेल का वर्गीकरण निम्न आधार पर किया जाता है—

- इलेक्ट्रोलाइट के आधार पर
- ईंधन एवं आक्सीडेंट के आधार पर
- कार्यकारी तापमान के आधार पर
- इलेक्ट्रोलाइट की प्रकृति के आधार पर

ताप-विद्युत युग्म

यह ऊर्जा रूपान्तरण उपकरण होती है जिसमें ऊष्मीय ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है। ऊर्जा रूपान्तरण के लिए ताप विद्युत प्रभाव उत्तरदायी होता है। इसे सी-बैक प्रभाव कहते हैं।

$$V = \alpha_{AB} \cdot \Delta T$$

थर्मो-आयनिक ऊर्जा रूपान्तरण

इसमें एक थर्मो-आयनिक जनरेटर लगा होता है जिससे विद्युत ऊर्जा का उत्पादन होता है। ऊर्जा रूपान्तरण के लिए Thermo-ionic Electron Emission विधि का इस्तेमाल किया जाता है।

समुद्री तापान्तर से विद्युत उत्पादन

समुद्रों में एक क्षेत्र से दूसरे क्षेत्र के बीच ताप के अंतर का उपयोग कर ऊर्जा उत्पादन करने की विधि है।

दो विधियों का प्रयोग किया जाता है—

- खुला चक्र निकाय
- बन्द चक्र निकाय

MHD द्वारा विद्युत उत्पादन

MHD एक ऐसी विधि है जिससे विद्युत ऊर्जा का उत्पादन किया जाता है। इस विधि में परम्परागत जनरेटर की जगह MHD जनरेटर लगा होता है। यह फैराडे के नियम पर कार्य करता है।

MHD का वर्गीकरण

- खुला चक्र MHD निकाय
- बन्द चक्र MHD निकाय

बायोगैस द्वारा विद्युत ऊर्जा का उत्पादन

बायोगैस जैविक पदार्थों के वायु की अनुपस्थिति में अपघटन द्वारा प्राप्त होता है।

बायोगैस संयन्त्र का वर्गीकरण

यह मुख्यत: दो वर्गों में वर्गीकृत किया गया है—

(i) सतत् या बैच टाइप बायोगैस संयन्त्र

(a) एकल चरण सतत् बायोगैस संयन्त्र (b) दो चरण सतत् बायोगैस संयन्त्र

(ii) डोम या ड्रम टाइप शक्ति संयन्त्र

(a) तैरते ड्रम बायोगैस संयन्त्र (b) फिक्स डोम बायोगैस संयन्त्र

प्रश्नावली

1. विद्युत शक्ति से क्या तात्पर्य है? लाभ भी बताइए।
2. विद्युत ऊर्जा अधिक विश्वनीय क्यों होती है?
3. विद्युत ऊर्जा उत्पादन के नवीन स्रोतों का उल्लेख कीजिए।
4. समुद्री लहरों की ऊर्जा का संक्षिप्त विवरण दीजिए।
5. समुद्र की लहरों से विद्युत उत्पादन की विधि का उल्लेख कीजिए।
6. ज्वारीय ऊर्जा क्या है?
7. ज्वारीय ऊर्जा शक्ति संयन्त्र का वर्गीकरण कीजिए।
8. व्यर्थ पदार्थों द्वारा विद्युत उत्पादन पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।
9. भू-ऊष्मीय ऊर्जा क्या है? विस्तार से वर्णन कीजिए।
10. ईंधन सेल क्या है?
11. ईंधन सेल का वर्गीकरण कीजिए।
12. H_2-O_2 ईंधन सेल की क्रिया विधि समझाइए।
13. ईंधन सेल के लाभ बताइए।
14. ताप विद्युत युग्म के सिद्धान्त एवं क्रिया विधि का वर्णन कीजिए।
15. सी-बैंक प्रभाव क्या है?
16. ताप विद्युत पदार्थों को लिखिए।
17. ताप विद्युत शक्ति जनरेटर का आरेख खींचिए।
18. थर्मो आयनिक ऊर्जा रूपान्तरण क्या है?
19. थर्मो-आयनिक उपकरण की क्रिया विधि का वर्णन कीजिए।
20. थर्मो-आयनिक के लाभ बताइए।
21. समुद्री तापान्तर क्या है?
22. समुद्री तापान्तर निकाय का विस्तार से वर्णन कीजिए।
23. MHD क्या है?
24. MHD के प्रमुख अवयव तथा क्रिया विधि का वर्णन कीजिए।
25. MDH का वर्गीकरण कीजिए।

26. निम्न को समझाइए—
    (a) सीडेड इनर्ट गैस MHD Generator (b) द्रवीय-मेटल MHD Generator
27. बायो गैस क्या है?
28. बायो गैस का वर्गीकरण कीजिए।
29. किसी एक बायो गैस का सचित्र विवरण कीजिए।
30. निम्न पर प्रकाश डालिए—
    (a) सौर ऊर्जा (b) पवन ऊर्जा
    (c) हाइड्रो ऊर्जा (d) नाभिकीय ऊर्जा
    (e) जीवाश्म ईंधन ऊर्जा

वस्तुनिष्ठ प्रश्नावली

1. MHD का पूरा नाम है—
   (a) Magnetic-Hydraulic Defect (b) Magneto-Hydro-Diode
   (c) Magneto-Hydro-dynamic (d) इनमें से कोई नहीं
2. समुद्री लहर शक्ति संयन्त्र स्थापित है—
   (a) कलपक्कम (b) नरोरा (c) बाम्बे (d) तिरुवन्तपुरम
3. ज्वार-भाटा के समय—
   (a) चन्द्रमा पृथ्वी के वृत्ताकार पथ पर घूमती है। (b) पृथ्वी चन्द्रमा के वृत्ताकार पथ पर घूमती है।
   (c) दोनों (a) & (b) (d) इनमें से कोई नहीं
4. सी बैक प्रभाव है—
   (a) $V = IR$ (b) $V = \alpha_{AB} \cdot \Delta T$ (c) $V = \alpha_{AB}^2 \cdot \Delta T$ (d) $V = \alpha_{AB} \cdot \Delta T^2$
5. थर्मो आयनिक उपकरण में कैथोड होता है—
   (a) ऋणात्मक (b) धनात्मक (c) उदासीन (d) इनमें से कोई नहीं
6. H_2-O_2 ईंधन सेल में ईंधन के रूप में इस्तेमाल करते हैं—
   (a) H_2 (b) O_2 (c) H_2O (d) इनमें से कोई नहीं
7. H_2-O_2 ईंधन सेल में इलेक्ट्रोड बने होते हैं—
   (a) आयरन (b) प्लेटिनम (c) सिल्वर (d) निकिल
8. MHD कार्य करता है—
   (a) चार्ल्स नियम (b) बॉयल नियम (c) सी-बैक नियम (d) फैराडे नियम
9. द्रवीय मेटल MHD Generator में प्रयोग किया जाता है—
   (a) गैस (b) हीलियम गैस (c) आर्गन गैस (d) पोटैशियम धातु
10. खुला चक्र समुद्री तापान्तर निकाय कहलाता है—
    (a) क्लाउड चक्र (b) एण्डरसन चक्र (c) टोपिंग चक्र (d) बाटमिंग चक्र

उत्तर

1. (c)	2. (d)	3. (a)	4. (b)	5. (b)
6. (a)	7. (d)	8. (d)	9. (d)	10. (a)

2014

शक्ति संयन्त्र इंजीनियरिंग
(Power Plant Engineering)

समय : $2\frac{1}{2}$ घण्टे] [पूर्णांक : 50

नोट : सभी प्रश्नों के उत्तर दें। सभी प्रश्नों के (अ), (ब) एवं (स) भाग में से प्रत्येक के किन्हीं दो भागों को हल कीजिये।

1. (अ) प्राइम मूवर का चयन करते समय किन कारकों पर विचार किया जाता है?
   (ब) डीजल इंजन की संरचना एवं कार्य प्रणाली का वर्णन कीजिए।
   (स) विभिन्न प्रकार के फ्यूल बर्नर कौन-कौन से हैं? चित्रों की सहायता से संक्षेप में व्याख्या कीजिए। [2 × 5 = 10]
2. (अ) वॉटर प्रीहीटिंग की विभिन्न विधियाँ कौन-कौन सी हैं? उनका संक्षिप्त विवरण दीजिए।
   (ब) विभिन्न प्रकार के शक्ति संयंत्रों का संयुक्त रूप से कार्य करने के क्या लाभ हैं?
   (स) ईंधन के पूर्ण दहन से आपका क्या अभिप्राय है? व्याख्या कीजिए। [2 × 5 = 10]
3. (अ) वॉटर टरबाइन की विशिष्ट चाल की महत्वता की व्याख्या कीजिए।
   (ब) ऊर्जा के विभिन्न स्रोतों (sources) के नाम लिखिए। स्वच्छ चित्र की सहायता से इनमें से किसी एक की व्याख्या कीजिए।
   (स) टरबाइन की ब्लीडिंग से आप क्या समझते हैं? यह क्यों की जाती है? [2 × 5 = 10]
4. (अ) बॉयलर में सामान्यतया होने वाले विभिन्न ताप हानियों की सूची बनाते हुए व्याख्या कीजिए।
   (ब) हाइड्रोलोजी से आप क्या समझते हैं? एक पनविजली संयंत्र के स्थान (site) का चुनाव करने में हाइड्रोलोजी कैसे सहायता करती है?
   (स) अतितप्त भाप के नियंत्रण हेतु प्रयुक्त विभिन्न विधियों का वर्णन कीजिए। [2 × 5 = 10]
5. (अ) फ्लो-डायग्राम की सहायता से नाभिकीय भट्ठी की कार्य प्रणाली की व्याख्या कीजिए।
   (ब) विभिन्न ऊष्मागतिकी चक्रों का संक्षेप में वर्णन कीजिए।
   (स) बन्द चक्रीय (Closed cycle) गैस टरबाइन के लाभ लिखिए। [2 × 5 = 10]

विषय : शक्ति संयंत्र इंजीनियरिंग
(Power Plant Engineering)
2015

Time : 2.30 Hours] [Max. Marks : 50

Note : सभी प्रश्नों के (अ), (ब) एवं (स) भाग में से प्रत्येक के किन्हीं दो भागों को हल कीजिए।

प्र०1. (अ) तापीय विद्युत संयंत्र में जल परिभ्रमण तथा जल की कमी की पूर्ति की विधियों का योजनाबद्ध आरेख दीजिये एवं उनकी कार्य विधियाँ समझाइये। [2 × 5 = 10]
Give schematic diagrams for the methods of circulating water and supply of make-up water in thermal power plant and describe its working stations.
(ब) तापीय विद्युत केन्द्र में प्रयुक्त उष्मा गतिकी चक्रों का नाम लिखिये, आरेख खींचिये और समझाइये।
Name, draw and explain thermodynamic cycles used in thermal power stations.
(स) मितव्ययक के क्या कार्य हैं? स्वच्छ आरेख की सहायता से उसकी कार्य-विधि को समझाइये।
What is the function of an economiser? With neat diagram explain its working.

प्र०2. (अ) जलविद्युत संयंत्र के विभिन्न प्रकारों का वर्णन कीजिये। उनके उपयोग-क्षेत्र भी बताइये। [2 × 5 = 10]
Describe different types of hydro-electric power plants and their field of use.
(ब) जल टरबाइनों के नाम लिखिये। इनमें से किसी एक टरबाइन की गति नियंत्रण को स्वच्छ आरेख की सहायता से समझाइये।
Name the types of water-turbines. Explain with a neat diagram the governing of any one type of turbine used in hydro-electric power plants.
(स) संक्षेप में निम्न के कार्य समझाइये—
Explain the functions of the following in brief :
(i) बाँध/Dam
(ii) पैनस्टाक/Penstock
(iii) टरबाइन/Turbine
(iv) गति नियंत्रक/Governor

प्र०3. (अ) नाभिकीय विद्युत संयंत्र का योजनाबद्ध विन्यास खींचिये। उसमें स्थित प्रत्येक घटक के कार्यों का वर्णन कीजिये। [2 × 5 = 10]
Draw a schematic layout of a nuclear power plant. Write the functions of each component there in.
(ब) नाभिकीय रियेक्टर में प्रयुक्त शीतक व मन्दक के कार्यों को बताइये। शीतकों का वर्गीकरण कीजिये एवं उनके गुणों को लिखिए।
State the functions of coolant and moderator in nuclear reactors. Classify the coolants and state their properties.

(स) उन स्थितियों को समझाइये जिनमें डीज़ल विद्युत संयंत्र का उपयोग किया जाता है। इसके इंजिन के साइज के चयन में विचारणीय बिन्दुओं को लिखिये।

Explain the situations where the Diesel power plant has its applications. List the points to be considered for selection of size of engine.

प्र०4. (अ) गैस टरबाइन विद्युत संयंत्र के निर्गत व कार्य-कुशलता में अभिवृद्धि करने हेतु प्रयुक्त विधियों के नाम दीजिये। उनमें से किसी एक का वर्णन कीजिये। [2 × 5 = 10]

Name the methods employed in improving output and performance of a gas turbine power-plant. Explain the working of any one of them.

(ब) विभिन्न प्रकार के विद्युत संयंत्रों के संयुक्त परिचालन की व्याख्या कीजिये।

Explain the advantages of combined working of different types of power plants.

(स) गैर पारम्परिक ऊर्जा स्रोतों को महत्व क्यों दिया जा रहा है? विद्युत ऊर्जा उत्पादन में निम्न में से किन्हीं दो स्रोतों का उपयोग किस प्रकार किया जा सकता है? सचित्र वर्णन कीजिये।

Why is importance being given to non-conventional sources of energy? Describe the use of any two of the following sources of non-conventional energy in getting electrical energy :

(i) जैव-द्रव्य/Biomass

(ii) पवन/Wind

(iii) जैव-डीज़ल/Biodiesel

प्र०5. (अ) स्वतंत्र पिस्टन इंजन संयंत्र के अनुप्रयोग के क्षेत्रों की विवेचना कीजिये। उसकी सीमायें बताइये। [2 × 5 = 10]

Discuss the fields of application of free piston engine plant. State its limitations?

(ब) (i) अन्तर्योजित विद्युत प्रणाली में पम्पित जल भंडारण संयंत्र को शीर्ष भार संयंत्र, तथा

Pump storage plant as peak load plant in an interconnected system, and

(ii) अन्तर्योजित विद्युत प्रणाली में गैस टरवाइन संयंत्र को शीर्ष भार संयंत्र के रूप में प्रयुक्त करने के लाभों को समझाइये।

Gas turbine plant as a peak load plant in an interconnected system.

(स) आधार व शीर्ष भार के अर्थ समझाइये। विभिन्न प्रकार के विद्युत संयंत्रों के समन्वयन से क्या आशय है—समझाइये।

Explain the concept of base load and peak load. What is meant by coordination of various power plants? Explain.

□□□

वार्षिक परीक्षा प्रश्न-पत्र-2016

शक्ति संयंत्र इंजीनियरिंग

(POWER PLANT ENGINEERING)

Code No. B-3/E-0826

Time : 2.30 Hours] [Maximum Marks : 50

नोट : सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिए। सभी प्रश्नों के अ, ब एवं स में से किन्हीं दो भागों का उत्तर दीजिये।

Attempt all questions. Attempt any two parts out of (a), (b) and (c) from all the questions.

1. Attempt any two parts of the following : [2 × 5 = 10]

(अ) तापीय बिजली घर से क्या तात्पर्य है? इसके मुख्य अवयवों को चित्रित करते हुए कार्य प्रणाली को समझाइये।

What do you understand by thermal power station? Draw its main parts and explain its working principle.

(ब) तापीय बिजली घर में प्रयोग में लाये जाने वाले इकोनोमाइजर की चित्र सहित व्याख्या कीजिये।

Using neat sketch explain the working principle of economizer used in a thermal power station.

(स) टर्बो आल्टरनेटर से आप क्या समझते हैं? इसके अभिलक्षणों की व्याख्या कीजिये।

What do you understand by turbo alternators? Give their characteristics.

2. Attempt any two parts of the following : [2 × 5 = 10]

(अ) जल बिजली घर में प्रयोग में लायी जाने वाली पानी की टरबाइनों के नाम लिखिये एवं इनके उपयोगों को भी लिखिये।

Name different types of water turbines used in hydro power plants. Give their applications also.

(ब) टरबाइन गवर्नर से क्या ताप्पर्य हैं? स्वच्छ चित्र की सहायता से कार्य प्रणाली को समझाइये।

What do you understand by turbine governors? Explain working principle using neat sketch.

(स) जल बिजली घर के संयंत्र रूपरेखा की चित्र सहित वर्णन कीजिये एवं मुख्य संयंत्र सहकारीयों को भी दर्शाइये।

Using neat sketch draw the plant layout of the hydro power plant showing main hydro plant auxiliaries.

3. Attempt any two parts of the following : [2 × 5 = 10]

(अ) नाभिकीय बिजली घर में प्रयोग में लाये जाने वाले नाभिकीय रियेक्टर से क्या तात्पर्य है? स्वच्छ चित्र की सहायता से कार्य प्रणाली को समझाइये।

What is nuclear reactor used in nuclear power plants? Explain its principle using a neat sketch.

(ब) स्वच्छ चित्र की सहायता से निम्नलिखित की व्याख्या कीजिये—

Define and explain the following terms using neat diagrams :

(i) मोडरेटरस (Moderators)

(ii) नाभिकीय बिजली घर में प्रयुक्त होने वाले शीतलक

(Coolants used in nuclear power plants)

(स) डीजल चालित बिजली घर के डीजल ईंजन की कार्य क्रिया एवं प्रंचालन की व्याख्या कीजिये।

Explain the diesel engine performance and operations of a diesel power plant.

4. Attempt any two parts of the following : [2 × 5 = 10]

(अ) फ्री पिस्टन ईंजन गैस टरबाइन बिजली घर से आप क्या समझते हैं? चित्र की सहायता से व्याख्या कीजिये।

What do you understand by free piston engine gas turbine power plants? Explain using neat sketch.

(ब) विभिन्न प्रकार के बिजली घरों की कम्बाइन्ड कार्यविधि की मुख्य विशेषतायें लिखिये।

Explain the advantages of combined working of different types of power plants.

(स) गैस टरबाइन बिजली घर के प्रचालन अभिलक्षणों की चित्र की सहायता से व्याख्या कीजिये।

Explain the operating characteristics of gas turbine power plant using neat sketch.

5. किन्हीं दो भागों की व्याख्या कीजिये— [2 × 5 = 10]

Write short notes on any two of the following :

(अ) भू-तापीय ऊर्जा (Geothermal Energy)

(ब) सौर-ऊर्जा (Solar Energy)

(स) बिजली घरों का आपसी सम्बन्ध (Interconnection of power stations)

SEMESTER EXAMINATION, (UP) MAY/JUNE 2017

शक्ति संयन्त्र इंजीनियरिंग (Power Plant Engineering)

Code : 0826

II SEMESTER

Time : 2.30 Hours] **[Maximum Marks : 50**

नोट : प्रत्येक प्रश्न से किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए (Attempt any two parts from each question).

1. (अ) विभिन्न प्रकार के जल-विद्युत पावर संयन्त्रों का वर्णन उनके उपयोग-क्षेत्र को बताते हुए कीजिए।

Describe various types of hydroelectric power plants with their field of use. Explain the calculation for hydropower generation.

(ब) निम्न का संक्षेप में वर्णन कीजिए तथा उनके कार्य भी लिखिए—

Describe in brief the following with their functions.

(i) बाँध/Dam (ii) पैनस्टाक/Penstock

(iii) जल टरबाइन/Water turbines (iv) गवर्नर/Governors and

(v) टेलरेस/Tailrace

(स) तापीय पावर संयंत्रो में निम्न से किन्हीं दो उपप्रणालियों का वर्णन कीजिए—

Describe the working of any two the following in a thermal powerplant.

(i) ईंधन उप-प्रणाली/Fuel subsystem (ii) जल उप-प्रणाली/Water subsystem

(iii) वायु उप-प्रणाली/Air subsystem [2 × 5 = 10]

2. (अ) तापीय पावर संयंत्र में वाष्प का सर्वथोचित तापमान व दाब का निर्धारण करने में विचारणीय बिन्दुओं की व्याख्या कीजिए।

Explain the considerations in deciding appropriate temperature and pressure of steam in a thermal powerplants.

(ब) जलविद्युत पावर-संयंत्रों के स्वचालित व दूरस्थ नियन्त्रणों की व्याख्या कीजिए।

Explain automatic and remote control of hydro powerplants.

(स) निम्न पर संक्षेप में लिखिए—

Write short notes on :

(i) धूल संग्रहरण/ Dust collection and

(ii) राख का निपटान/

Ash disposal in respect of coal based thermal powerplants. [2 × 5 = 10]

3. (अ) गैस टरबाइन पावर संयंत्र का नामांकित ले-आउट बनाइए। इसके उत्पादन व कार्य-निष्पादन में सुधार के उपायों की विवेचना कीजिए।

Give labelled layout of a gas turbine powerplant. Discuss the methods of improving its output and performance.

(ब) डीजल पावर संयंत्र का ले-आउट बनाइए। इसमें इंजिन के साइज का चुनाव किस आधार पर किया जाता है—व्याख्या कीजिए।

Draw layout of a diesel powerplant. Describe its working. Explain how engine size is selected.

(स) निम्न की व्याख्या कीजिए। (आरेख बनाकर)

Explain by a diagram :

(i) आधार भार / Base load and (ii) शिखर भार / Peak load by a diagram

इन दो प्रकार के भारों को विभिन्न प्रकार के पावर संयंत्रों को मिलाकर किस प्रकार सप्लाई किया जाता है—व्याख्या कीजिए।

How are these loads supplied by a mix of different types of powerplants. Explain.

[2 × 5 = 10]

4. (अ) ऊर्जा के गैर-परम्परागत स्रोतों के नाम लिखिए। इनके लाभों को बताइए। सौर्य पावर संयंत्र की कार्य-विधि का वर्णन कीजिए।

Name non-conventional sources of energy. Discuss their benefits. Describe working of a solar powerplant.

(ब) भू-तापीय ऊर्जा क्या होती है? इस ऊर्जा का किस प्रकार निष्कर्षण कर विजली का उत्पादन किया जाता है—व्याख्या कीजिए।

What is geothermal energy? How is this energy extracted and employed for generation of electricity? Explain.

(स) नाभिकीय रिएक्टर क्या होता है? नाभिकीय पावर संयंत्रों का वर्गीकरण दीजिए। इसके द्वारा उत्पादित बिजली के मूल्य की तुलना तापीय पावर संयंत्र द्वारा उत्पादित बिजली के मूल्य से कीजिए।

What is a nuclear reactor? Classify Nuclear powerplants. How does cost of generation of electricity differ from nuclear powerstations? Compare with that of thermal powerstations.

[2 × 5 = 10]

5. (अ) 'ज्वारीय ऊर्जा' पर संक्षेप में लिखिए।

Write short note on 'Tidal energy'.

(ब) 'वायो-डीजल ऊर्जा' पर संक्षेप में लिखिए।

Write short note on "Biodiesel energy".

(स) 'वायोमास ऊर्जा' पर संक्षेप में लिखिए।

Write short note on "Biomass energy".

[2 × 5 = 10]

□

EXAMINATION PAPER, MAY-2018 U.P. (EVEN SEMESTER)

शक्ति संयंत्र इंजीरियरिंग

(POWER PLANT ENGINEERING)

Time : 2.30 Hours] [Maximum Marks : 50

नोट—सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिए; सभी प्रश्नों के अ, व तथा स में से किन्हीं दो भागों का उत्तर दीजिए।

(Attempt All questions. Attempt any two parts out of (a), (b) and (c) from all the questions.)

1. (अ) भाप शक्ति संयंत्र को एक स्वच्छ चित्र की सहायता से समझाइये और इसके आवश्यक भागों को विस्तार में समझाइये।

Explain steam Power plant with the support of a neat sketch and explain its main parts.

(ब) राख हैंडलिंग के विभिन्न प्रकारों को बताये तथा द्रवित चलित (न्यूमेटिक) राख हैंडलिंग प्रक्रिया को समझाये।

What are the different methods of ash handling? Explain Pneumatic System of ash handling.

(स) इकोनोमाइज़र को एक साफ चित्र की सहायता से समझाये।

Explain the Economiser with the support of a neat sketch.

[2 × 5 = 10]

2. (अ) जल विद्युत प्लान्ट को समझाये तथा विभिन्न प्रकार के जल विद्युत प्लान्ट को विस्तार से बताए।

Explain Hydro-Electric Power plant and mention the different types of Hydroelectric plant.

(ब) हाइड्रोग्राफ को एक चित्र की सहायता से समझाये।

Explain the Hydrograph in detail with support of diagram.

(स) पेल्टन टरवाइन को एक स्वच्छ चित्र की सहायता से विस्तारपूर्वक बतायें।

Explain the Pelton Wheel turbine with the support of a neat sketch.

[2 × 5 = 1

3. (अ) नाभकीय पावर प्लान्ट के गुण व अवगुणों का विस्तारपूर्वक वर्णन कीजिए।

What are main advantages & limitations of a Nuclear power plant?

(ब) विभिन्न प्रकार के नाभकीय पावर स्टेशन का वर्णन कीजिये तथा किसी एक को विस्तारपूर्वक बताए।

Explain the classification of nuclear power station and explain any one in detail.

(स) नाभकीय विद्युत संयत्र में नाभकीय रियेक्टर तथा माडरेटर को समझाये।

Explain nuclear reactor & moderator for a nuclear power plant.

[2 × 5 =

4. (अ) डीजल विद्युत संयत्र को किन-किन प्रस्थितियों पर क्रिया के लिए चुना जाता है?

What are the different conditions on which basics a diesel power plant is selected?

(ब) गैस टरवाइनों के खुला चक्र व बन्द चक्र प्रचालनों की तुलना कीजिए।

Differentiate between the open & closed cycle gas turbine.

(स) तापीय शक्ति संयंत्रों में पानी गर्म की क्रिया से आप क्या समझते हो विस्तार में बताये।

What do you mean by the water heating in a thermal power station? Explain the same.

[2 × 5 =

5. (अ) सौर ऊर्जा क्या है? आज इसकी आवश्यकता को समझाये।

What is the concept of solar energy? Explain its need in today era.

(ब) टाइडल व माइक्रोहाइडल ऊर्जा को विस्तार से समझाये।

Explain the tidal & microhydel energy.

(स) इंजन की आई०एच०पी० तथा बी०एच०पी० को विस्तार से बताए।

Explain IHP & BHP for an engine in detail.

[2 × 5

EVEN SEMESTER EXAMINATION, JUNE–2019

शक्ति संयन्त्र इंजीनियरिंग

(Power Plant Engineering)

Code : 0826

Fourth Semester

Time : 2.30 Hours] **[Maximum Marks : 50**

Notes :

(i) Attempt all questions. Answer any two parts of every question.

(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 के प्रत्येक के किन्हीं दो भागों को हल कीजिए।

1. (अ) जल विद्युत संयन्त्र के विभिन्न भागों का वर्णन कीजिए।
   (ब) तापीय संयन्त्र में राख निपटारण की विभिन्न पद्धति को समझाइये।
   (स) 'टरवो अल्टरनेटर' की विशेपताओं को समझाइये। [2 × 5 = 10]

2. (अ) स्वच्छ स्केच की सहायता से जल द्वार के कार्य का वर्णन कीजिए।
   (ब) निम्न पर संक्षिप्त लेख लिखिए—
   (i) अल्टरनेटर की ठंडा रखने की विधि
   (ii) जल टरवाईन
   (स) निम्न पर लेख लिखिए—
   (i) एयर प्रीहीटर
   (ii) फीड वाटर हीटर [2 × 5 = 10]

3. (अ) नाभिकीय विद्युत संयन्त्र को वर्गीकृत कीजिए।
   (व) डीजल विद्युत संयन्त्र में इंजन आकार चयन के विभिन्न तरीकों की व्याख्या कीजिए।
   (स) गैस टरवाइन संयन्त्र के "ओपन एवं क्लोज़" चक्र को समझाइये। [2 × 5 = 10]

4. (अ) संयुक्त चक्र विद्युत संयन्त्र की विशेपताओं का वर्णन कीजिए।
   (व) गैस टरवाइन संयन्त्र में उत्पादन सुधार एवं प्रदर्शन के विभिन्न तरीकों को समझाइये।
   (स) आधार भार स्टेशनों एवं ग्रीक भार स्टेशनों के बीच के अन्तर को समझाइये। [2 × 5 = 10]

5. (अ) विभिन्न विद्युत संयन्त्रों को आपस में जोड़ने के विभिन्न तरीके क्या हैं?
   (व) सौर ऊर्जा पर लेख लिखिए।
   (स) विद्युत उत्पादन के लिए पवन ऊर्जा और ज्वारीय ऊर्जा को किस प्रकार प्रयोग में लाया जाता है? [2 × 5 = 10]

O