ऊर्जा के स्त्रोत - थर्मल पावर उत्पत्ति (Sources of energy - Thermal power generation)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **पारम्परिक एवं गैर-पारम्परिक ऊर्जा स्त्रोतों का अर्थ स्पष्ट करना**
- **ऊर्जा के विभिन्न स्त्रोत बताना**
- **पावर उत्पत्ति में प्रयुक्त विभिन्न प्रकार के ईंधन के नाम बताना**
- **कूल एवं न्युकलियर आधारित थर्मल पावर स्टेशन के कार्य सिद्धांत को स्पष्ट करना**
- **थर्मल, डिज़ल और गैस टर्बाइन पावर उत्त्पत्ति के आरेखात्मक क्रम और संरचना को स्पष्ट करना।**

विद्युत उत्पादन का परिचय (Introduction of power generation)

विद्युत ऊर्जा का उत्पादन किसी देश की आर्थिक व्यवस्था के विकास की मूलभूत आवश्यकता है । प्रकृति में ऊर्जा के विभिन्न स्त्रोत उपलब्ध हैं । इसमें विद्युत ऊर्जा अति महत्वपूर्ण है । आधुनिक समाज पूर्णतः विद्युत ऊर्जा पर निर्भर है । विद्युत का जीवन स्तर से घनिष्ठ संबंध है । ऊर्जा की प्रति व्यक्ति खपत लोगों के जीवन के स्तर का माप है ।

विद्युत ऊर्जा के लाभ (Sources of electrical energy)

विद्युत ऊर्जा प्रकृति में स्थित विभिन्न रूपों से उत्त्पन की जाती है, यह वांच्छनिय है कि ऊर्जा के विभिन्न स्त्रोतों का पता लगाया जाए। विद्युत को उत्पन्न करने के विभिन्न स्त्रोत नीचे प्रकार हैं: :

i सूर्य (Sun)

ii पवन (Wind)

iii जल (Water)

iv ईंधन (Fuels)

v परमाणु ऊर्जा (Nuclear energy)

vi ज्वार (Tidal)

इन सभी स्त्रोतों में से, सौर्य और पवन ऊर्जा का उपयोग कुछ बातों के कारण सीमित है । वर्तमान में जल, ईंधन और परमाणु ऊर्जा विद्युत ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए उपयोग में लिये जा रहे हैं।

i सौर्य (Sun) : सौर्य ऊर्जा का प्राथमिक ऊर्जा का स्त्रोत है। सूर्य द्वारा विकिरित गर्मी ऊर्जा संवेदकों के माध्यम से एक छोटे क्षेत्र पर केंद्रित हो सकती है। इस ऊष्मा का उपयोग वाष्प बनाने के लिए किया जाता है। और बिजली की ऊर्जा टर्बाइन अल्टरनेटर संयोजन की सहायता से तैयार की जा सकती है । सौर कौशिकाओं में से एक भी ऐसे तरीकों में से एक है जो कि वर्तमान दिनों में विद्युत ऊर्जा उत्पन्न करता है। ये विधि सीमित अनुप्रयोग है क्योंकि,

a इस संयंत्र को लगाने में ज्यादा क्षेत्र की आवश्यकता होती है। परन्तु विद्युत उत्पादन कम ही हो पाता है।

b ये रात में और बारिश के दिन में काम नहीं कर सकता है।

c ये विधि आर्थिक रूप से उचित नहीं होती।

ii पवन ऊर्जा (Wind) : इस विधि का उपयोग वहाँ किया जाता है जहाँ हवा का वेग तेज होता है । हवा का वेग पवन चक्कियों को घूमाता है जिससे जनेरेटर जुड़े होते है । एक पनव चक्की से विद्युत ऊर्जा को लगातार प्राप्त करने के लिए, जनरेटर को बैटरी की चार्ज करने की व्यवस्था की जाती है, बैटरी ऊर्जा की अपूर्ती बंद हवा में भी करती है । इसका लाभ ये है कि इसका रखरखाव और उत्पादन कीमत निगणय है । इसकी कमियाँ ये है कि ये अविश्धसनिय है क्योंकि हवा का दाब निश्चित नहीं होता और इसका उत्पादन कम ही होता है।

iv ईंधन (Fuels) : ऊर्जा के मुख्य स्त्रोत इंधन है । कोयला ोस ईंधन के रूप में, तेल तरल ईंधन और प्राकृतिक गैस, गैस के रूप में ईंधन है। ईंधन की ऊष्मीय ऊर्जा यांत्रिक ऊर्जा में उपयुक्त प्रमुख मूवर्स जैसे कि भाप इंजन, स्टीम टर्बाईन, आंतरिक दध्न इंजन आदि द्वारा परिवर्तित की जाती है । मुख्य प्रेरक एक वैकल्पिक यंत्र को चलाता है जो विद्युत ऊर्जा में यांत्रिक ऊर्जा को बदलता है । हालांकी, ईंधन ऊर्जा के अत्याधिक उपयोगी स्त्रोत है । पर दिन-प्रति-दिन इनका संग्रह खत्म होता जा रहा है ।

v परमाणु ऊर्जा (Nuclear energy) : द्वितीय विश्ध युद्ध के बाद यह पाया गया कि यूरेनियम और अन्य विखंडनीय सामग्रियों के संलयन से बड़ी मात्रा में ऊष्मीय ऊर्जा का प्राप्त होती है । अनुमान है कि 1Kg परमाणु ईंधन द्वारा निर्मित ऊष्मीय ऊर्जा 27,50,000 kg कोयले के बराबर ऊर्जा उत्पादन करता है । परमाणु विखंडन के कारण प्राप्त ऊष्मा को माप उत्पादन के लिए किया जाता है । माप से स्टीम टर्बाईन चलाया जाता है। अतः टर्बाइन द्वारा अल्टरनेटर को यांत्रिक ऊर्जा दे कर विद्युत ऊर्जा प्राप्त की जाती है ।

ऊर्जा स्त्रोतों की तुलना (Comparision of energy sources)

विद्युत ऊर्जा उत्पादन के मुख्य स्त्रोत, जल, ईंधन परमाणु है । नीचे टेबल 1 में इन सभी की तुलना की गई है

टेबल 1

क्र.सं.	शर्त	वाटर पावर	ईंधन	नाभिकीय ऊर्जा
1	आरंभिक कीमत	उच्च	निम्न	उच्चतम
2	चलाने की कीमत	कम	उच्च	सबसे कम
3	आरक्षित	स्थायी	रिक्त होने योग्य	रिक्त नहीं होता
4	स्वच्छता	सबसे स्वच्छ	सबसे गंदा	साफ
5	सरलता	सरलतम	जटिल	सर्वाधिक जटिल
6	विश्वसनीयता	सर्वाधिक विश्वसनीय	कम विश्वसनीय	अधिक विश्वसनीय

विद्युत उत्पादन में प्रयुक्त ईंधनों के प्रकार (Types of fuels used for power generaitons)

ईंधन को तीन वर्गों में बाँटा गया है ;

1 ठोस ईंधन (Solid fuels)

2 द्रव ईंधन (Liquid fuels)

3 गैस ईंधन (Gaseous fuels)

ठोस ईंधन (Solid Fuels)

इसे और वर्गीकृत करते हैं :

a प्राकृतिक ठोस ईंधन (Natural solid fuel)

b अप्राकृतिक ठोस ईंधन (Artifical soild fuel)

प्राकृतिक ठोस ईंधन के अंतर्गत लकड़ी और विभिन्न प्रकार के कोयला उत्पाद अति है । वही चारकोल कोक और पलवराईज ईंधन अप्राकृतिक ोस ईंधन के प्रकार है ।

द्रव ईंधन (Liquid Fuels)

यह भाप के उत्पादन के लिए कोयले की जगह ले सकता है । प्रमुख तरल ईंधन में पेट्रोलियम आता है । निम्न लिखित को थी द्रव ईंधन कहा जाता है:

1 गैसोलिन (Gasoline (Petrol))

2 कैरोसिन (Kerosene)

3 गैस ऑइल (Gas oil)

4 डीजल (Diesel)

गैसीय ईंधन (Gaseous Fuels)

इस ईंधन को निम्न वर्गों में बाँटा गया है ।

1 प्राकृतिक गैस (Natural Gas) - यह धरती से प्राप्त होती है । इसे कुँआ खोद कर पम्प से निकाला जाता है ।

2 प्रोड्यूसर गैस (Producer Gas) - यह CO और H_2 का मिश्रण होती है । इसमें कुछ अंश CO_2 का भी होता है ।

3 अन्य गैसे (By product gases) - ये गैस ब्लास्ट फर्नेस और को ओवन से प्राप्त होती है ।

तरल (द्रव) ईंधन के लाभ और हानियाँ (Advantages and disadvantages of liquid fuel)

लाभ (Advantages)

i इस संयंत्र की डिजाइन और ले आऊट सरल होता है । इसे लगाने में ज्यादा जगह की आवश्यकता भी नहीं होती है । इसमें साथ लगाने वाले सहायक यंत्रों की संख्या भी कम और आकार में छोटी होती है ।

ii इसे शुरू करने में कम समय लगता है और कम समय में ही इसमें लोड़ डाल सकते है ।

iii इसमें नुकसान का खतरा नहीं होता है ।

iv इसकी कीमत कोयले की अपेक्षा कम पड़ती है ।

v कोयले की अपेक्षा इसकी थर्मल दक्षता अधिक होती है ।

vi कम ऑपरेटिंग स्टाफ की आवश्यकता होती है ।

हानियाँ (Disadvantages)

i क्योंकि संपूर्ण संयत्र ईंधन से चलाया जाता है और द्रव ईंधन जैसे पेट्रोल, डीजल की कीम ज्यादा है । ये महंगा होता जा रहा है ।

ii इससे केवल निम्न पॉवर जनेरेट हो रहा है ।

ठोस ईंधन के लाभ और हानियाँ (Advantage and disadvantage of solid fuel) :-

लाभ (Advantages)

i उपयुक्त ईंधन (कोयला) सस्ता होता है ।

ii कोयले का साइट तक ट्रेन या रोड से पहुँचाया जाता है ।

iii जल-विद्युत परियोजना की अप्रेक्षा कम जगह लेता है ।

iv इसकी कीमत डीजल से कम होती है ।

हानियाँ (Disadvantages)

i इसके जलने से धूँआ निकलता है जो पर्यावरण के लिए नुकसानदायक है ।

ii इसकी प्रबंधन कीमत अधिक होती है ।

विद्युत ऊर्जा उत्पादन के प्रकार (Types of electrical power generation)

मूल रूप से विद्युत उत्पादन के दो प्रकार है :

a पारम्परिक विद्युत उत्पादन (Conventional power generation)

पारम्परिक विद्युत उत्पादन ऊर्जा के गौर नवीकरणीय स्त्रोत जैसे कि जल, थर्मल और परमाणु आदि तरीको के माध्यम से विद्युत उत्पादन को पारंपरिक विद्युत उत्पादन कहा जाता है ।

b गैर-परंपरागत (पारंपरिक) विद्युत उत्पादन (Non conventional power generation)

नवीकरमीय ऊर्जा स्त्रोतों जैसे पवन, ज्वार, सौर्य आदि से जब विद्युत ऊर्जा का उत्पादन किया जाता है तो इसे गैर-परंपरागत विद्युत उत्पादन कहते है।

उत्पादन स्टेशन (Generating stations)

बल्क (अधिक) इलेक्ट्रिक पावर का उत्पादन विशेष प्लांट द्वारा किया जाता है । जिसे पॉवर प्लांट या उत्पादन स्टेशन कहते है । इसमें एक जनेरेटर के साथ एक प्रमूवर को कपल करके विद्युत उत्पादन किया जाता है । उत्पादित विद्युत पॉवर को आगे संप्रेषण और वितरण द्वारा उपभोक्ता तक पहुँचाया जाता है ।

उत्पादन स्टेशनों का वर्गीकरम उसमें किसी ऊर्जा के उपयोग से विद्युत ऊर्जा उत्पन्न हो रही है इस आधार पर होता है :

1 स्टीम पॉवर स्टेशन/धर्मल पॉवर स्टेशन

2 हाइड्रो - इलैक्ट्रिक पॉवर स्टेशन (जल-विद्युत परियोजना)

3 डीजल पॉवर स्टेशन

4 परमाणु पॉवर स्टेशन

5 गैस-टर्बाईन पॉवर स्टेशन

1 थर्मल पॉवर स्टेशन (Thermal /steam power station)

ऐसा जनरेटिंग स्टेशन जहाँ कोयले को जला का जो ऊष्मा मिलती है । (उससे भाव बनाकर) उससे विद्युत ऊर्जा बनाई जाती ही, स्टीम पॉवर स्टेशन कहलाता है । (steam power station)

यहाँ जनरेशन दो चरणों में होता है (i) बॉयलर हाऊज में स्टीम बनाते हैं (ii) जनेरेटर रूम में विद्युत ऊर्जा उत्पन्न करके ।

बॉयलर में पानी को कोयला जला कर भाप बनाते है । भाप को सुपर-हीटर में अधिक प्रेशर में लाकर, टर्बाइन की ब्लेड पर से गुजरते है, तो टर्बाइन घुमता है । अतः जेनरेटर में विद्युत ऊर्जा उत्पन्न होती है ।

जेनेरेशन रूप में टर्बाइन एक प्रामूवर जैसा कार्य करता है । ये अल्टरनेटर को घूमाता है । अल्टरनेटर यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदलता है । अल्टरनेटर को सर्किट ब्रेकर और फिर बस बार से जोड़ा जाता है ।

इस प्रकार के पॉवर प्लांट उस स्थान पर ही लगाए जा सकते है, जहाँ पानी और कोयले की आपूर्ती हो सके । इसकी आपूर्ती से अधिक विद्युत ऊर्जा उत्पन्न की जा सकती है ।

2 हाइड्रो-इलैक्ट्रिक पॉवर स्टेशन (Hydro - electric power station)

ऐसा पॉवर स्टेशन जहाँ पानी की स्थितिज ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदला जाता है । उसे हाइड्रो इलेक्ट्रिक पॉवर स्टेशन कहते है ।

जल ऊर्जा एक बड़ा स्त्रोत है । जल दो तरह की ऊर्जा रखता है । बहते पानी में गतिज ऊर्जा (kinetic energy) और हरे हुए पानी में स्थितिज ऊर्जा (potential energy) होती है । पानी को डेम बनाकर एकत्रित किया जाता है । और ऊँचाई से जब उसे टर्बाइन की ब्लेड पर गिराते है । तो टर्बाइन तेजी से घूमता है । और टर्बाइन अल्टरनेटर या प्रमूबर होता है । इस प्रकार हाइड्रोपॉवर प्लांट में बिजली बनती है । इस प्रकार के प्लांट में शुरूवाती दौर में खर्च व मेहनत ज्यादा होती है । बाँधा और अन्य में अधिक क्षेत्र व मजदूरी की आवश्यकता पड़ती है । परन्तु इसका विद्युत उत्पादन अधिक होता है । इसलिए अधिक रूप इस विधि को अच्छा माना जाता है ।

3 परमाणु ऊर्जा स्टेशन (Nuclear Power Station)

इस पॉवर स्टेशन में परमाणु ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा बनाई जाती है ।

परमाणु ऊर्जा, यूरनियम जैसे रेडियोधर्मी पदार्थ के संलयन से प्राप्त ऊर्जा को कहा जाता है । इस संलयन से प्राप्त ऊष्मा से भापा बनाई जाती है और इस भाप को अधिक प्रेशर से टर्बाइन पर डालते है । अंततः टर्बाइन जनेरेटर को घूमाता है और विद्युत ऊर्जा प्राप्त होती है । इस पॉवर स्टेशन में यूरोनियम और थरोरियम जैसे रेडियोधर्मी पदार्थ उपयोग में लाये जाते है । अनुमानित, तौर पर 1Kg परमाणु ईंधन से जितनी ऊष्मा मिलती है उतनी ही ऊर्जा 27,50,000 kg कोयला जलाने पर मिलती है । परमाणु ऊर्जा का अधिक उपयोग इसलिए भी किया जा रहा है क्योंकि अब धरती में कोयला और पेट्रोल का अस्तित्व खत्म होने की कगार पर है ।

4 गैर-परंपरागत ऊर्जा (Non conventional energy)

यह स्पष्ट है कि जीवाशम ईंधन पर उपलब्ध सभी ऊर्जा संसाधनों की उपलब्धता में सीमाएँ और जल्द ही समाप्त हो जाएगा । अतः गैर पारंपरिक ऊर्जा स्त्रोतों के साथ ऊर्जा आपूर्ति जीवन के लिए दीर्घकालिक विकल्प है । ये संसाधन अतुलनीय है और अगले सैकड़ों हजारों वर्षों के लिए हमें प्राप्त होते रहेंगे ।

उदाहरण के लिए सौर्य ऊर्जा, पवन ऊर्जा, ज्वार ऊर्जा, तरंग, भू-ताप ऊर्जा आदि ।

स्टीम पावर स्टेशन के लिए साइट का विकल्प (Choice of site for steam power stations)

संपूर्ण अर्थव्यवस्था को प्राप्त करने के लिए एक स्टिम पावर स्टेशन के लिए एक साइड का चयन करते समय निम्न बिंदुओं पर विचार किया जाना चाहिए ।

i **ईंधन की आपूर्ति (Supply of fuel) :** स्टीम पावर स्टेशन कोयले की खानों के निकट स्थित होना चाहिए ताकि ईंधन की परिवहन लागत न्यूनतम हो । अगर किसी कारण ऐसी जगह ये प्लाट लगया भी जाए तो परिवहन सुविधा को ध्यान में रखना चाहिए ।

ii **पानी की आपूर्ति (Availability of water) :** कंडेनसर के लिए पानी की भारी मात्रा की आवश्यकता होनी है, इसलिए इस तरह के प्लांट में पानी की सुविधा हेतु नदी या नहर के किनारे लगाए जाते है।

iii **परिवहन सुविधा (Transportation facilities) :** एक आधुनिक स्टीम पावर स्टेशन को अक्सर सामग्री और मशीनरी के लिए परिवहन की आवश्यकता होती है । इसलिए पर्याप्त परिवहन सुविधा मिले, इसलिए साइट को अन्य स्थानों से रेलमार्ग और रोड मार्ग से जुड़ा होना अनिवार्य है ।

iv **जमीन की कीमत और प्रकृति (Cost and type of land) :** स्टीम पावर स्टेशन उस स्थान पर स्थित होना चाहिए जहाँ जमीन सस्ती हो और यदि आवश्यकता हो तो अधिक विस्तार किया जा सकें । जमीन की असर क्षमता से अधिक पर्याप्त होना चाहिए ताकि भारी उपकरण या मशीनें स्थापित की जा सकें ।

v **लोड़ केन्द्र से निकटता (Nearness to load centers) :** ट्रांसमिशन की कीमत को करने के लिए संयंत्र लोड के केन्द्र के पास स्थित होना चाहिए, यह विशेष रूप से महत्वपूर्ण है यदि DC सप्लाई सिस्टर अपनाया गया हो । हालांकि, अगर AC सिस्टम ट्रांसमिशन होता है तो यह कारक अपेक्षाकृत कम महत्वपूर्ण हो जाता है । क्योंकि AC वोल्टेज में हाई वोल्टेज में ट्रांसमिट करते है । इससे संचरण लागत कम हो जाती है ।

vi **घनी आबादी से दूरी (Distance from populated area) :** स्टीम पावर स्टेशन में अधिक मात्रा में कोयला जलने से घूँआ निकलता है । जो वातावरण को दूषित करता है । अगर बहा आबादी हो तो लोगों में बीमारियाँ फैल सकती है ।

निष्कर्ष (Conclusion) : यह स्पष्ट है कि सभी कारक अनुकूल नहीं हो सकते हैं । इस तथ्य को ध्यान में रखते हुए कि वर्तमान में सप्लाई सिस्टम AC में हो रहा है । इसमें संपेषण और वितरण आसान है । साइट का चुनाव ऐसे स्थान पर किया जाए जो नदी के समीप हो और ईंधन का परिवहन आसानी से किया सकें ।

स्टीम पावर स्टेशन की व्यवस्थिति कार्य प्रणाली (Schematic arrangement of steam power station)

स्टीम पावर स्टेशन में कोयले को जलाकर ऊष्मा उत्पन्न की जाती है जो बाद में विद्युत ऊर्जा बनाती है। इस प्लांट में अनेक व्यवस्था बनाई जाती है। जिससे ऊर्जा उत्पादन होता है । नीचे दिये गये Fig.1 में इसका सचित्र वर्णन किया गया है ।

1 कोयले और राख का रखरखाव

2 स्टीम जनरेटिंग प्लांट

3 स्टीम टर्बाइन

4 अल्टरनेटर

5 फीड वॉटर

6 शीतलन व्यवस्था

स्टीम पावर स्टेशन के घटक (Constituents in steam power station)

आधुनिक स्टीम पॉवर स्टेशन काफी जलिट संरचना का होता है । इसमें विभिन्न प्रकार के उपकरण और सहायक सामग्री लगी होती है :

1 स्टीम जनेरेटिंग उपकरण

2 कंडेन्सर

3 प्रमूवर

4 वाटर ट्रिटमेंट प्लांट

5 इलेक्ट्रिकल उपकरण

1 स्टीम जेनेरेटिंग उपकरण (Steam generating equipment)

स्टीम जेनेरेटिंग उपकरण इस पॉवर स्टेशन का मुख्य भाग है । इसमें सुपर हीटेड स्टीम बनाने के लिए बॉयलर, फर्नेस, सुपर हीटर, इकोनोमाजर अन्य हीट रिक्लेमिंग उपकरण लगे होते है ।

i **बॉयलर (Boiler) :** बॉयलर एक बंद कंटेनर है जिसमें पानी को गरम करके भाप बनायी जाती है । इसमें कोयले को गला कर पानी गरम किया जाता है ।

a वॉटर ट्यूब बॉयलर b फायर ट्यूब बॉयलर

वॉटर ट्यूब वॉयलर में पानी ट्यूब के अंदर से गुजरता है और ट्यूब के बाहर गरम गैसे होती है जो पानी को गरम करती है । फॉयर ट्यूब बॉयलर में ट्यूब में पानी में डाला जाता है । और इस ट्यूब में अंदर से गरम गैसे गुजारी जाती है । फॉयर ट्यूब को अपेक्ष वॉटर ट्यूब वॉयलर के अधिक लाभकारी है । जैसे वॉटर ट्यूब कम जगह लेता है । ड्रम और ट्यूब का आकार छोटा होता है । छोटा ड्रम होने के कारण प्रेशर अधिक होता है । वॉयलर के फटने की संभावना कम होती है । इसलिए इसका उपयोग अधिक से अधिक किया जाता है।

ii **बॉयलर फर्नेस (Boiler furnace) :** बॉयलर फर्नेस एक चैम्बर है जहाँ ईंधन को जलाया जाता है। जहां ऊष्मा उत्पन्न है। फर्नेसू, बरनर को कवर करके ईंधन के दहन को पूर्णत : दहन होने में मदद करता है फर्नेस की दीवारे फायर क्ले, सिलिका, कॉवलिंग आदि की बनी होती है। इन पदार्थों के उपयोग से बनी फर्नेस गरम होने पर भी अपनी भैतिक परिस्थिति नहीं बदलती। जैसे ऊँचाई, चौड़ाई आदि।

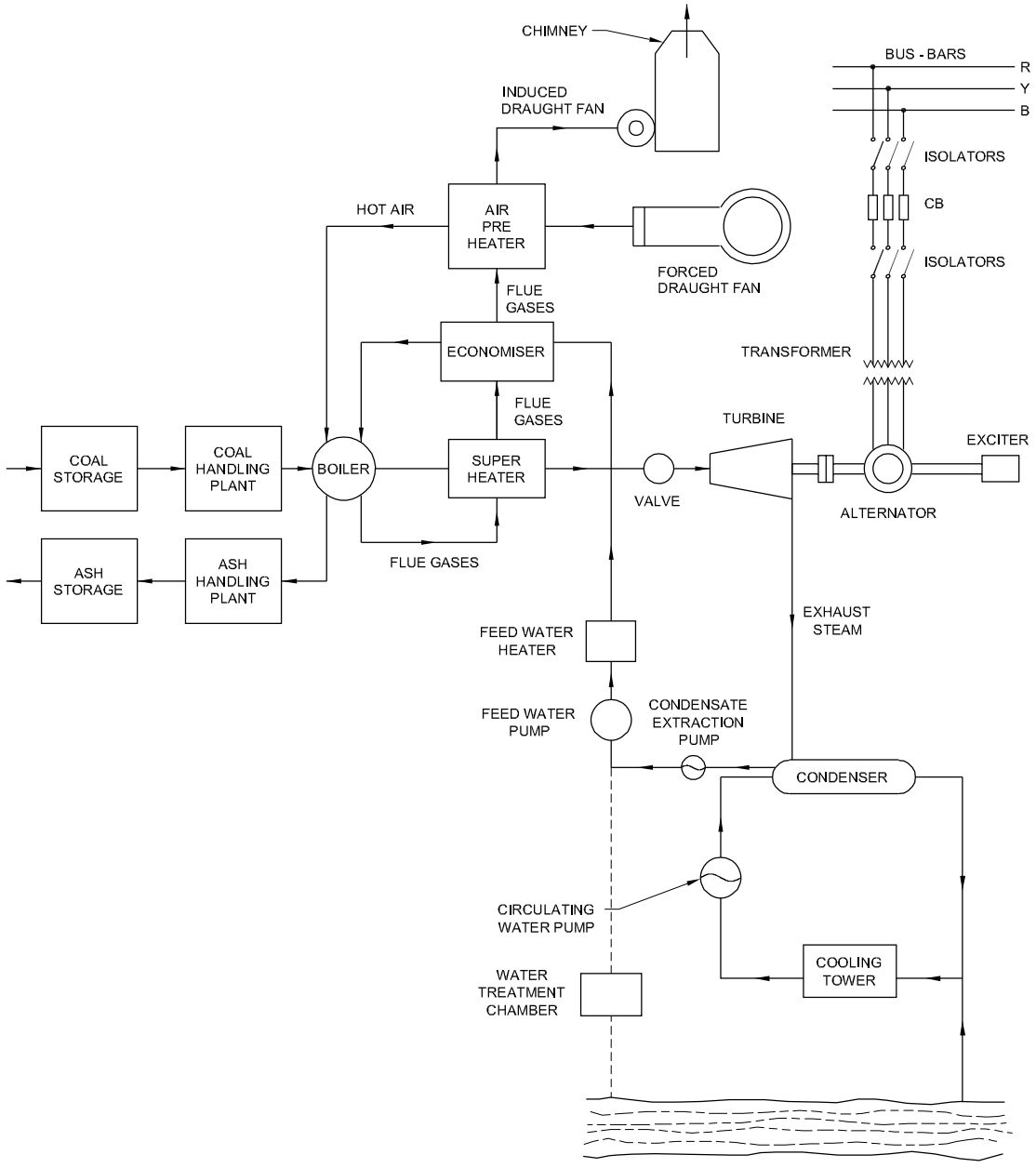
फर्नेस का आकार कम-से-कम रखा जाता है । ताकि उसकी कीमत और अन्य बातों को प्रभावित न करें ।

iii **सुपर हीटर (Super heater) :** सुपर हीटर वॉयलर में उत्पादित आपको और अधिक गरम करके सुपर हीट करता है । इससे प्लांट की दक्षता बढ़ती है । इसमें अनेक ट्यूबों का समूह होता है जो कि विशेष प्रकार की मिश्र धातु (chromium-molybdenum) की बनाई जाती है । वॉयलर से निकलने वाली आप जब सुपर हीटर से गुजरती है तो अधिक गरम हो जाती है । ये मुख्यतः दो प्रकार के होते है जो उसमें से बहने वाली गैसे के आधार पर वर्गीकृत किया गया है ।

a रेडिएंट सुपर हीटर (Radiant super heater)

b कनवेक्शन सुपर हीटर (Convection super heater)

Fig 1



SCHEMATIC ARRANGEMENT OF STEAM POWER STATION

iv इकोनामाइजर (Economiser) : यह एक ऐसा उपकरण है जो पानी को वॉयलर में फीड करने से पहले ही गरम कर देता है । इससे ईंधन की बचत होती है । बॉयलर की दक्षता में वृद्धी होती है । ये बॉयलर के प्रेशर को कम करता है । इकोनॉमाइजर में सटे हुए सामांतर स्टील के ट्यूब लग होते है । वॉयलर का फीट वॉटर इन ट्यूबों में से होकर गुजरता है बाहर जो गैसे होती है । वो पानी को गरम करती है । गैसों से पानी गरम होता है । और वॉयलर में फीड़ किया जाता है ।

v एयर प्रि-हीटर (Air Pre-heater) : सुपर हीटर और इकोनामाइडर से गुजरने के बाद गैसें प्रि-हीटर से गुजरती है । जहाँ हवा का तापमान बढ़ाया जाता है । प्रि-हीटेड एयर फर्नेस में भेजी जाती है । इससे फर्नेस का तापमान बढ़ता है । और कोयला जल्दी जलता है । इससे समय और ईंधन की बचता होती है । इससे फर्नेस की दक्षता बढ़ती है । फ्लू गैसे से हवा में ऊर्ष्मा के संचरण के आधार पर प्रि-हीटर को वर्गीकृत करते हैं ।

a रिक्यूपरेटिव टाइप (Recuperative type)

b रिजनेरेटिव टाइप (Regenerative type)

2 कंडेनसर (Condensers)

कंडेनसर एक ऐसा उपकरण है जो वाष्प और टर्बाइन निकास को कंडेनस करता है। यह दो काम करता है। पहला यह फायर टरवाइन के निकास पर बहुत कम दबाव पैदा करता है। इससे भाव का विस्ताप बढ़ता है । प्रमूवर की यांत्रिक ऊर्जा को उत्पन्न करने के लिए ऊर्जा देता है। दूसरा, कंडेनस स्टीम को बॉयलर को बॉयलर को फीड वॉटर के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है। यहाँ दो तरह के कंडेनसर होते है।

a जैट कन्डेनसर (Jet condenser)

b सर्फेस कंडेनसर (Surface condenser)

3 प्राइम मूवर्स (Prime movers)

प्रयममूवर स्टीम ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में बदलते है। स्टीम प्रयममूवर दो प्रकार के होते हैं :- स्टीम इंजन और स्टीम टर्बाइन। स्टीम इंजन की अपेक्षा स्टीम टर्बाइन के अनेक फायदे हैं। जैसे उच्चतम दक्षता, सरल संरचना, हाई स्पीड, कम क्षेत्रफल की आवश्यकता, न्यूनतम रखरखाव और कीमत। इसलिए वर्तमाम स्टीम पॉवर स्टेशनों में स्टीम टर्बाइन का उपयोग किया जा रहा है।

स्टीन ब्लेड को किसी तरह घूमा रही है इस आधार पर स्टीम टर्बाइन के दो प्रकार होते है।

a इम्पल्स टर्बाइन (Impulse turbines)

b रिएक्शन टर्बाइन (Reaction turbines)

इम्पलस टर्बाइन में स्टीम पूरी नोजलों (fixed blades) में फैलती है । चलित ब्लेडों में स्टीम का प्रेशन स्थिर रहता है। ऐसा करने से भाप उच्च गति और चलनेवाले ब्लेड पर आवेगी बल देता है जो रोटर को सेट करता है।

रिएक्शन टरवाइन में स्टीम आंशिक रूप से नोजलों (स्थिर) में फैलती है और बाकी स्टीम का विस्तार चलित ब्लेडों पर पड़ती है। परिणाम यह है कि वाष्प की गति चलती ब्लेड पर प्रतिक्रिया बल का कारण बनती है। जो गति में रोटर निर्धारित करता है।

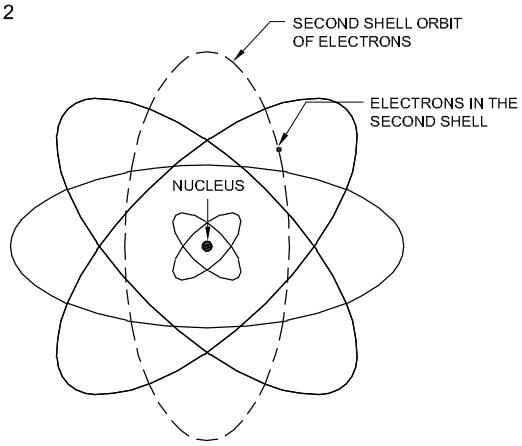
4 वॉटर ट्रिटमेंट प्लांट (Water treatment plant)

बॉयलरों के लम्बे जीवन काल के लिए स्वच्छ और नरम पानी की आवश्यकता होती है। लेकिन बेहतर है बॉयलर फीड पानी का स्त्रोत आम तौर पर एक नहीं या झील के पानी में अशुद्धियां, गैसे आदि शामिल हो सकती है। इसलिए यह बहुत महत्वपूर्ण है कि पानी पहले शुद्ध और रासायनिक उपचार से नरम हो गया और फिर बॉयलर को दिया जाता है। आपूर्ति के स्त्रोत से पानी भंडारण टैकों में जमा होता है। पानी में जो अशुद्धियों को अवसादन, जमावट और छानने के माध्यम से हटाया जाता है। पानी में घूली गैसों को वातन और डिगैसीफिकेशन द्वारा हटाया जाता है। पानी को नरम करने के लिए स्थाई व अस्थाई प्रकार की रासायनिक प्रक्रियाएँ की जाती है । शुद्ध और नरम पानी का ही वॉयलर में डाला जाता है।

नाभिकीय ऊर्जा उत्पादन संयंत्र (Nuclear based thermal power stations)

परमाणु नाभिकीय संरचना (Composition of an atomic nucleus) कहा जाता है कि धातु का परमाणु छेटे कणों से बना होता है और परमाणु में स्वयं प्रोटान, न्यूट्रान और इलेक्ट्रान जो एक व्यवस्थित ढंग से संगति होते है। परमाणु के केन्द्र में प्रोटान और न्यूट्रान द्वारा गति बहुत घने नाभिक होते है। नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रान घुमते है। कि वैसे ही जैसे की सौर्यमंडल में ग्रह और सूर्य Fig 2 में दिखाया गया है। नाभिक की त्रिज्या 10^{-12} cm होती है। और इलेक्ट्रानिक का आर्बिट 10^{-5} cm होती है।

Fig 2



REPRESENTATION OF SPINNING OF ELECTRONS

परमाणु संरचना के महत्वपूर्ण गुण : प्रोटॉन और न्यूट्रॉन का द्रव्यमान लगभग समान होता है, जबकि प्रत्येक इलेक्ट्रान का द्रव्यमान प्रोट्रान या न्यूट्रॉन के 1/1840 गुना होता है, जो दर्शाता है कि द्रव्यमान का परमाणु केवल नाभिक के कारण होता है । एवोगेड्रो परिकल्पना (avogadro's hypothesis) के अनुसार एक ग्राम परमाणुओं की संख्या 6.03×10^{23} होती है ।

$$= \frac{1.008}{6.03 \times 10^{23}}$$

$= 1.67 \times 10^{-24}$ gm $= 1.67 \times 10^{-27}$ kg..... (1)

अतः इलेक्ट्रान का चार्ज

$$= \frac{1.67 \times 10^{-27}}{1840} = 9.10 \times 10^{-31} \text{ kg} \text{.....(2)}$$

इसे प्रायोगिक रूप से सिद्ध किया गया है कि हाइड्रोज का एक अणु डिपोजिट करने में 96,493.7 कूलाम विद्युत की आवश्यकता होती है।

अतः, प्रत्येक इलेक्ट्रोन पर आवेश

$$= \frac{96.493.7}{6.03 \times 10^{23}}$$

$= 1.602 \times 10^{-19}$ कूलाम ..... (3)

प्रोटॉन का चार्ज भी इलेक्ट्रान के बराबर होता है।

$= 1.602 \times 10^{-19}$ coulombs ..... (4)

इलेक्ट्रान, प्रोटॉन और न्यूट्रान के चार्ज और द्रव्यमान इस तरह समझ सकते हैं

परमाणु सामग्री का नाम परिवर्तन	कोलम्ब में विद्यूतिय	किलोग्राम में द्रवमान	परमाणु द्रवमान इकाई में द्रवमान (a.m.u)[2]
1 इलेक्ट्रोन	-1.602×10^{-19}	9.10×10^{-21}	0.000, 548
2 प्रोटोन	$+1.602 \times 10^{-19}$	1.67×10^{-27}	1.00,758
3 न्यूट्रोन	0	1.67×10^{-27}	1.00,898

*1 a.m.u = 1.6597×10^{-19} kg.

परमाणु क्रमांक और द्रवयमान अंक (द्रव्यमान संख्या) (Atomic number and mass number) : किसी भी परमाणु के रासायनिक गुण उसमें उपस्थित प्रोटॉन की संख्या पर जो न्यूकलियस में है उसमें निर्भर करती है।

परमाणु क्रमांक (atomic number) किसी परमाणु के नाभिक में प्रोटान की संख्या को दर्शाते है । इसे Z से प्रदर्शित करते है ।

माने के N = नाभिक के न्यूट्रान की संख्या है और A = द्रव्यमान की संख्या (mass number)

A= Z +N

परमाणु संख्या का सबसे बड़ा लाभ यह है कि ये विशिष्ट रूप से एक परमाणु का प्रतिनिधित्व करता है।

उदाहरण के लिए, एक सोडियम परमाणु को $_{12}Na^{23}$ से दर्शाते है, जहाँ परमाणु संख्या (Z) (A) 12 है और द्ववमान से (mass number) 23 है।

परमाणु में न्यूट्रान की संख्या (N)

N = A - Z = 23-12 = 11

टेबल 1 में कुछ तत्वों के परमाणु संख्या, द्रवमान और न्यूट्रान की संख्या दी गई है।

टेबल 1

तत्व	चिह्न	परमाणु संख्या = Z	द्रवमान No =A	न्यूट्रोन A - Z
हाइड्रोजन	$_1H_1$	1	1	0
हिलियम	$_2He_4$	2	4	2
आक्सिजन	$_8O_{16}$	8	16	8
यूरानियम	$_{92}U_{238}$	92	238	146

परमाणु ऊर्जा केन्द्र (संयंत्र) (Nuclear power station)

उत्पादन केन्द्र जहाँ, परमाणु ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदला जाता है, वह परमाणु ऊर्जा केन्द्र (संयंत्र) कहलाता है ।

परमाणु ऊर्जा केन्द्र में, यूरेनियम (U^{235}) और थयोरियम (Th^{232}) कैसे भारी तत्वों का उपयोग किया जाता है। एक विशेष उपकरण जिसे रिएक्टर कहते है, उसमें इन तत्वों का नाभिकीय संलगन होता है। और इस नाभिकीय संल्यन के होने पर उत्सर्जित ऊष्मा का उपयोग उच्च तापमान पर भाप बनाई जाती है। भाप का तापमान और दाब अधिक होता है। इस भाप से स्टीम टर्बाइन चलाया जाता है। और टर्बाइन से अल्टरनेटर चलता है। इस प्रकार परमाणु ऊर्जा से विद्युत ऊर्जा उत्पन्न होती है।

इस संयंत्र की सबसे बड़ी खासियत से है कि कम ईंधन के उपयोग से अधिक विद्युत ऊर्जा उत्पन्न होती है। इसमें अन्य पारंपरिक संयंत्रों की तुलना में ईंधन की खपत कम होने पर भी विद्युत उत्पादन अधिक होता है। हालांकि, कोयले और गैस की तुलना में इसके निसकासित ईंधन का निसकासन कनि होता है।

लाभ (Advantages)

i कम ईंदन की आवश्यकता होती है। इसलिए, परिवहन खर्चे भी कम हो जाते है।

ii बाकि प्लांट की तुलना में कम जगह लगती है।

iii इसके रनिंग चार्ज कम है। कम ईंधन में अधिक विद्युत उत्पादन।

iv आर्थिक रूप से बेहतर।

v इसे लोड केन्द्र के पास लगाया जा सकता है। क्योंकि अधिक पानी की आवश्यकता नहीं होती है। इससे प्रायमरी डिस्ट्रीब्यूशन का खर्चा बचता है।

vi प्राकृतिक परमाणु ईंधन के स्त्रोत अधिक है और कई वर्षों कर उपयोग किये जा सकते है।

vii सरल आपेरेटिंग है।

हॉनियाँ (Disadvantages)

i ईंधन को धरती से निकालना कनि है और ये महंगा भी है ।

ii अन्य प्लांट की तुलना में इसकी पूंजी लागत अधिक है ।

iii इसके निर्माण और चलाने के लिए अधिक कुशल और ज्ञाता आपेरेटर की आवश्यकता होती है।

iv इस उपयुक्त पदार्थ रेडियो-एक्टिव होते है। जो खतरनाक रेडियो-एक्टिव प्रदूषण करते है।

v इसका रखरखाव और मरम्मत कार्य कनि और महंगा होता है।

vi भिन्न-भिन्न लोड के लिए कार्य नहीं करता है। इसकी लोड फ्लक्यूएशन दक्षता कम होती है। (load fluctuations efficiently)

vii इसका अपाशिष्ट (कचन) का निपटान एक बड़ी समस्या होती है क्योंकि ये रेडियोधर्मी पदार्थ होता है। इस गहरा गड्द खोद कर गड़या जाता है या समुद्र में फेक जाता है जहाँ तट न हो।

परमाणु ऊर्जा स्टेशन की प्रबंधन व्यवस्था (Schematic arrangement of nuclear power station)

Fig 3 में परमाणु ऊर्जा स्टेशन की प्रबंधन व्यवस्था दिखाई गई है । पूरी व्यवस्था निम्न चरणों में बाँटी गई है ।

i परमाणु रिएक्टर (Nuclear reactor)

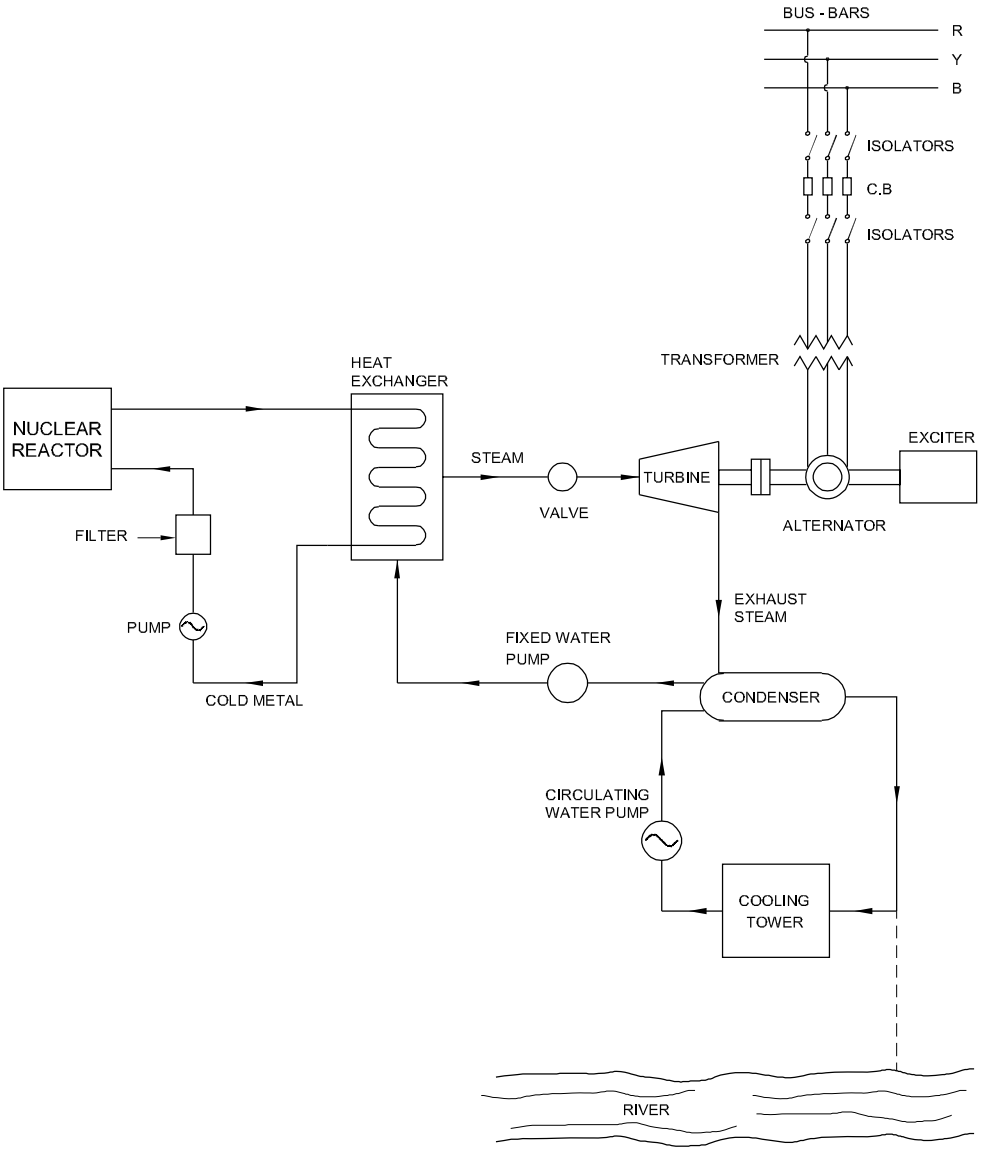
ii हीट एक्सचेंजर (Heat exchanger)

iii स्टीम टर्बाइन (Steam turbine)

iv अल्टरनेटर (Alternator)

i **परमाणु रिएक्टर (Nuclear reactor) :** यह एक उपकरण है जिसमें परमाणु ईंधन (U^{235}) का परमाणु विखंडन होता है । यह श्रृंखला की प्रतिक्रिया को नियत्रित करती है जो विखंडन हो जाने बाद शुरू होती है । अगर चेन रिएक्शन को नियंत्रित नहीं किया जाता है तो उत्सर्जित ऊर्जा में तेजी से वृद्धि के कारण परिणाम विस्फोटक होगा ।

Fig 3



SCHEMATIC ARRANGEMENT OF NUCLEAR POWER PLANT

परमाणु रिएक्टर के बेलनाकार मजबूत वेसल (पोत्र) है जिसमें यूरेनियम की छड़ मोडरेटर और कंट्रोल छड़े होती है । (Fig 4 में देखें) ।

धन की छड़ों में फ्यूजन (संलयन) पदार्थ होता है । जब इसमें धीमी गति से चलने वाले न्यूट्रानों की बौछार की जाती है तो इसमें से अधिक मात्रा में ऊर्जा उत्सर्जित होती है । मोडरेटर में ग्रेफाइट की छेड़ होती है जो ईंधन छडों को घेरे रहती है ।

मोडरेटर न्यूट्रान की गति का धीमा करती है । रिएक्टर के अंदर कैडमियम की कंट्रोल छड़े डाली जाती है । कैडमियम एक मजबूत न्यूट्रान अवशोषक है और संलयन के लिए न्यूट्रान की आपूर्ति को विनियमित करता है ।

जब कंट्रोल छड़ों को रिएक्टर में डाला जाता है तो ये न्यूट्रान को अवशोषित करती है और कुछ जो रह जाते है वो चेन रिएक्शन में काम करते है। रिएक्शन में श्रृंखला चलती जाती है। और चेन रिएक्शन के होने से हीट (ऊष्मा) उत्सर्जित होती है । अतः कंट्रोल छड़ों को अंदर डालने से रिएक्टर को पावर घटती है और निकाने पर बढ़ती है ।

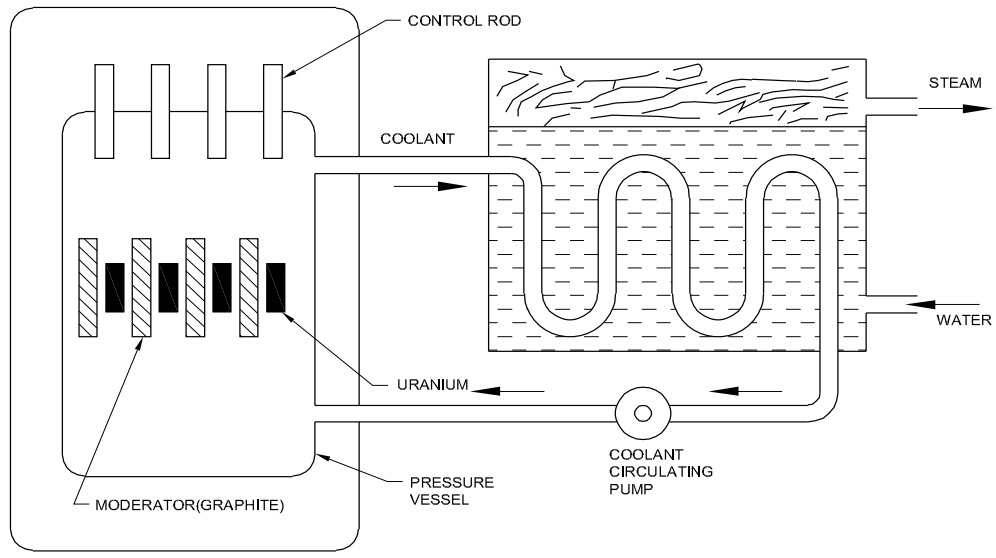
वास्तविक प्रक्रिया में कंट्रोल रॉड को ऑटोमेटिक सिस्टम द्वारला चलाया जाता है। रिएक्टर में उत्पन्न ऊष्मा को कम करने के लिए कूलेंट का उपयोग करते है। सोडियम को कूलेंट की तरह उपयोग करते है । कूलेंट ऊष्मा को हीट एक्सचेंजर तक ले जाता है।

ii **हीट एक्सचेंजर (Heat exchanger) :** कूलेंट (ऊष्मा) हीट को हीट एक्सचेंजर को देता है। और इस तरह स्टीम बनती है। हीट एक्सचेंजर को हीट देकर कूलेंट दोबारा रिएक्टर में फीड कर दिया जाता है।

iii **स्टीम टर्बाइन (Steam turbine) :** हीट एक्सचेंजर में बनी स्टीम को स्टीम टर्बाइन में वाल्व के द्वारा दिया जाता है। टर्बाइन पर काम करने के बाद स्टीम कंडेनस्र में चली जाती है। कंडेनसर स्टीम को पानी में बदलता है और दोबारा पम्प के द्वारा हीट एक्सचेंजर में पहुँचा देता है।

iv **अल्टरनेटर (Alternator) :** स्टीम टर्बाइन से अल्टरनेटर को चलाया जाता है। जो यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदलता है। अल्टरनेटर का आऊट पुट ट्रांसफार्मर, सर्किट ब्रेकर और आइसोलेटर से होता हुआ बस बार को दिया जाता है।

Fig 4



NUCLEAR REACTOR

अल्टरनेटर को डा रखने के लिए हवा या हाइड्रोजन का उपयोग करते है। अल्टरनेटर को एक्साइटेशन देने के लिए मेन से सप्लाई देते है और अल्टरनेटर की शाफ्ट के साथ पॉयलेट एक्साइट कंपल किया जाता है ।

परमाणु ऊर्जा स्टेशन के लिए साइट का चुनाव (Selection of site for nuclear power station)

नाभिकीय पावर स्टेशन के लिए स्थान का चयन करते समय अधोलिखित बिन्दुओं को ध्यान में रखना चाहिए :

i **पानी की उपलब्धता (Availability of water) :** कूलिंग के लिए पर्याप्त मात्रा में पानी की आवश्यकता होती है। इसलिए साइट के पास पानी का स्त्रोत होना आवश्यक है।

ii **अवशिष्ट का निपटान (Disposal of waste) :** संलग्न के बाद शेष राख को निपटान के लिए पर्याप्त व्यवस्था होनी चाहिए। इसे जमीन में गड़या जाता है या बीच समुद्र में फेका जाता है । जो किसी प्राणी को नुकसान न पहुँचा सकें।

iii **आबादी वाले इलाकों से दूर (Distance from populated areas) :** परमाणु ऊर्जा स्टेशन को रिहाइशी इलाकों से दूर लगाया जाता है। क्योंकि इस उपयोग होने वाला ईंधन रेडियो - धर्मी होता है। जो स्वास्थ के लिए हानिकारक होता है। इससे वायुमंडल में रेडियोधर्मी होता है । जो स्वास्थ्य के लिए हानिकारक होता है। इससे वायुमंडल में रेडियोधर्मी किरणों व कण कैलते है। जो खतरनाक होते है।

iv **परिवहन सुविधा (Transportation facilities) :** परमाणु ऊर्जा स्टेशन के लिए उचित परिवहन सुविधा होनी चाहिए। ताकी उपाशिष्ट निपटान केलिए परेशानी न हो और कर्मचारियों को भी सुविधा हो।

ऊपर से बताये गये सभी घटकों को ध्यान में रखते हुए परमाणु ऊर्जा स्टेशन का नदी या समुद्र के किनारे लगाया जाता है।

परमाणु रिएक्टर (Nuclear reactors)

परमाणु रिएक्टर को निम्न आधार पर वर्गीकृत किया जाता है।

A न्यूट्रॉन ऊर्जा के आधार पर

1 धर्मल रिएक्टर (Thermal reactors)

2 फास्ट ब्रीदर रिएक्टर (Fast breeder reactors)

B ईंधन के आधार पर

1 प्राकृतिक यूरानियम (Natural uranium)

2 समृध्द यूरानियम (Enriched uranium)

C मॉडरेटर के आधार पर

1 ग्रेफाइट रिएक्टर (Graphite reactors)

2 बेरलियम रिएक्टर (Beryllium reactors)

D कूलेंट के आधार पर

1 वॉटर कूल्ड रिएक्टर (साधारण या कोर जल)

i बॉयलिंग वॉटर रिएक्टर

ii प्रेशराइज़ड वॉटर रिएक्टर

iii ंडा कोर जल और माडरेट रिएक्टर

2 गैस कूल्ड रिएक्टर

3 लिक्विट मेटर कूल्ड रिएक्टर

4 ऑर्गेनिक लिक्विड कूल्ड रिएक्टर

E कोर के प्रकार के आधार पर

1 सदृश रिएक्टर (Homegenous reactors)

2 असदृश रिएक्टर (Heterogenous reactors)

बायलिंग वॉटर रिएक्टर (Boiling water reactor (BWR))

इस रिएक्टर में समृध्द यूरानियम का उपयोग किया जाता है। पानी को मॉडरेटर और कूलेंट की तरह उपयोग करते है। कूलेंट के लिए हल्के वॉटर का उपयोग किया जाता है । जब रिएक्टर में ही स्टीम बनती है तो पानी को रिएक्टर के तली में डाला जाता है। और संलयन की ऊर्जा से भाप बनने लगती है।

स्टीम रिएक्टर में ऊपर की तरफ उकर बाहर आती है। जो बाद टर्बाइन को घूमाती है। यूरेनियम ईंधन को एक विशेष प्रकार की जाली रखकर प्रेशर वेसल में रखा जाता है। डाला गया पानी मॉटरेटर और कूलेंट से होता हुआ फ्यूज कूलेंट से होता हुआ। फ्यूज एलीमेंट पर पड़ता है। (Fig 5) में बॉयलिंग वॉटर रिएक्टर दर्शाया है।

लाभ (Advantages)

1 इसमें हीट एक्सचेंजर सर्किट को अलग कर दिया गया है। इससे कीमत कम होती है और धर्मल दक्षता बढ़ती है। (30% से 20% प्रेशर वॉटर रिएक्टर)

2 पानी रिएक्क्र के अंदर बॉयइल होता है। इससे रिएक्टर के अंदर प्रेशर कम होता है। इससे रिएक्टर को कम मोटाई का बनाया जाता है। स्वच किम होता है।

3 BWR की दक्षता PWR से अधिक होती है।

4 मेटलर सर्फेस का तापमान कम होता है। क्योंकि वॉयलिंग रिएक्टर के अंदर हो रही है।

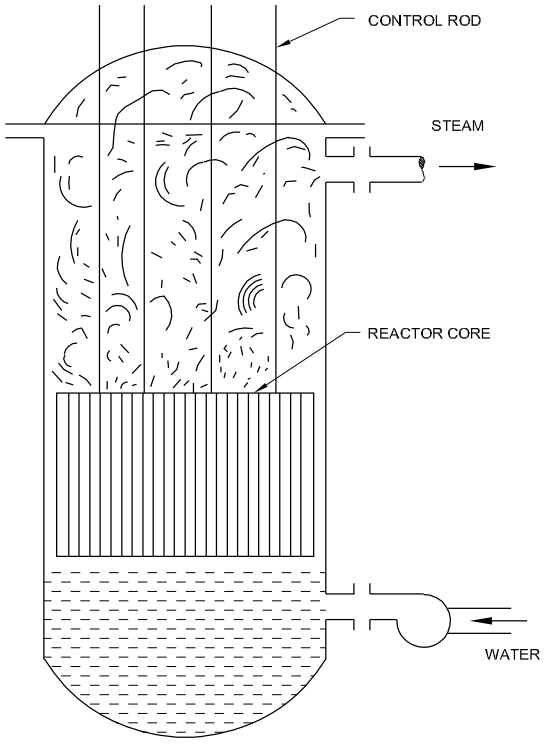
5 PWR की अपेक्षा BWR उपयुक्त समझा जाता है। (BWR को सेल्फ कंट्रोल रिएक्टर कहा जाता है) ।

हॉनियाँ (Disadvantages)

1 टरबॉइन तंत्र रेडियो धर्मी पदर्थों से दूषित हो जाता है। और किसी भी प्रकार के कार्य बाधित करता है। इसके लिए कुछ सुक्षात्मक कार्य करने होते है। जिससे खर्चा बढ़ जाता है।

2 भाप का अपव्यय होने से, लोड ऑपरेशन पर तापीय दक्षता को कम करता है।

Fig 5

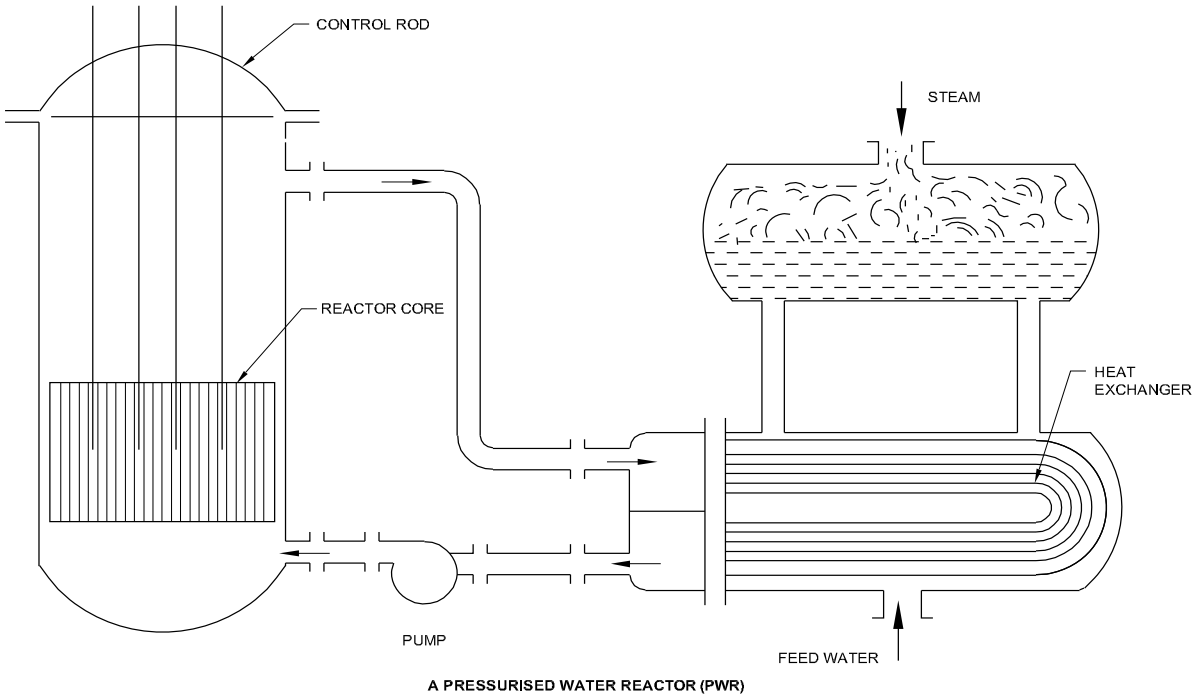


BOILING WATER REACTOR (BWR)

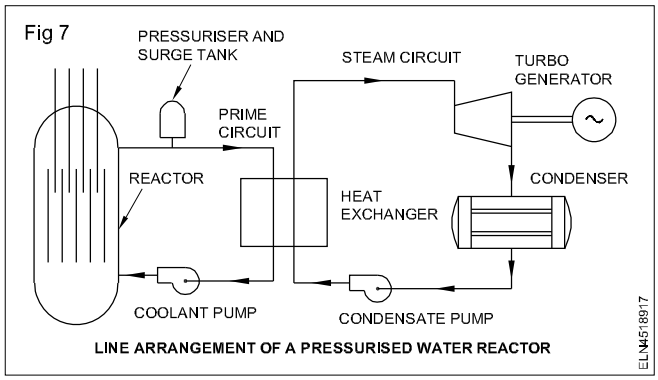
प्रेशराईजड़ वॉटर रिएक्टर (Pressurized Water Reactor (PWR))

Fig 6 में प्रेशराईजड वॉटर रिएक्टर दिखाया गया है। PWR का हीट एक्स्चेंजर के साथ का सर्किट Fig 7 में दिखाया गया है।

Fig 6



A PRESSURISED WATER REACTOR (PWR)



इसमें ईंधन के तौर पर समृध्द यूरेनियम केन्द्र के साथ स्टेनलेस स्टील या जिरकोनियम धातु का उपयोग करते है। मॉडरेटर और कूलेंट में पानी का उपयोग होता है। इस प्रकार के रिएक्टर में कोर के अंदर कूलेंट वॉटर बॉयल नहीं हो पाता है। इसमें पम्प द्वारा पानी को अधिक प्रेशर (140 Kg/cm^2) के साथ कोर के चारों तरफ घूमाते है। पानी ऊर्ष्मा को अवशोषित कर वॉयलर से सेकण्डरी लूप में पहुँचाया जाता है। बॉयलर में हीट एक्सचेंजर और स्टीम ड्रम होता है।

प्रेशराइजर और सर्ज टैंक पाइप लूप से जुड़े होते है। ये वॉटर प्रेशर को कंट्रोल करते है। एक विद्युत हीटिंग क्वाइल पानी को भाप बनाने में सहायता करती है और ये स्टीम कूलेंट सर्किय में जाती है। जब प्रेशर को कम करना होता है तो पानी के बौछार की जाती है। जिससे स्टीम कंडेन्स हो जाती है।

अतः रिएक्टर से निकला पानी रेडियो एक्टिव हो जाता है। इसलिए हीट एक्सचेंजर और प्रायमरी सर्किट को सीलड किया जाता है।

लाभ (Advantages)

1 अन्य रिएक्टर को तुलना में आकार में छोटा होता है।

2 U-238 की कवरिंग करके इसमें प्लोटोनियम का उपयोग भी कर सकते है।

3 उच्च ऊर्जा घनत्व होता है।

4 हीट एक्सचेंजर के होने से विखंडन की रोकथाम करना संभव होता है।

5 मॉटरेटर, कूलेंट और रिफरेक्टर के लिए लाइट वाटर (सादे पानी) का उपयोग होता है जो सस्ता है।

6 लोड़ बढ़ने पर रिएक्टर अधिक पॉवर सप्लाई देता है। (साकारात्मक बिजली की मांग गुणाक, यह स्वचालित बना सकता है)

हॉनियाँ (Disadvantages)

1 मॉडरेटर में अधिक दबाव होने के कारणइसको मजबूत वेसल से बनाया जाता है।

2 जंक से बचाने के लिए महंगा केल्डिंग मटेरियल लगता है।

3 हीट एक्सचेंजर के उपयोग से हीट लॉस होता है।

4 अधित्क सुरक्षात्मक उपकरणों की आवश्यक पड़ती है।

5 रिएक्टर कम लचिला होता है। अर्थात् इसे बंद और चालू करने में समय लगता है।

6 PWR की अपेक्षा PWR की थर्मल दक्षता 20% कम होती है।

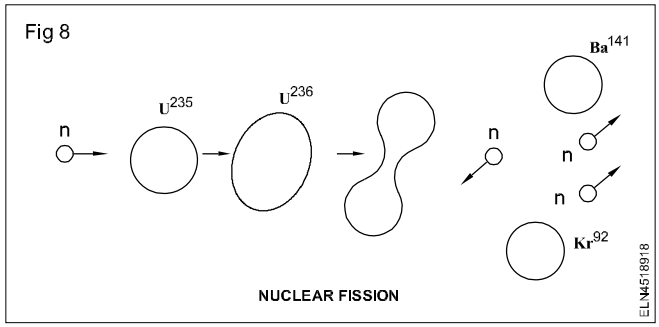
जोकि PWRs और BWRs की आवश्यकता की तुलना में बहुत कम है। हानियों में हैं : घिसाई की अत्यधिक ऊँची दूर, रिसाव की समस्या और डिजाइन का बहुत ऊँचा मानदण्ड आदि।

परमाणु विखंडन और संलयन (Nuclear fission and fusion)

परमाणु विखंडन (Nuclear fission) : जब यूरानियम के न्यूकलियस में धी मी गतिवाले न्यूट्रॉनों की बौछार की जाती है। तो एक विस्फोट होता है और यूरानियम बेरियम और क्रिप्टान के दो बराबर हिस्से में बँट जाता है।

प्रक्रिया जब एक भारी परमाणु का न्यूकलियस दो भागों में बँटता है तो अधिक मात्रा में ऊष्मा उत्सर्जित होती है। इस प्रक्रिया को परमाणु विखंडन कहते है। विखंडन में ऊर्जा के रूप में γ-(गामा) किरणों तीम न्यूटॉन के साथ निकलती है ।

Fig 8 में दिखाया गया है कि U-235 का एक न्यूकलियस उत्तेजित होता है और फिर डम्बल के आकार में आता है और अंततः Ba^{141} और Kr^{92} दो भागों में बँट जाता है और तीन न्यूट्रान उत्सर्जित करता है।



यह देखा गया है कि बेरियम और क्रिप्टान विखंडन के उत्पाद तो है ही साथ ही एक भिन्न-भिन्न परमाणु क्रमांकों 34 से 58 के है।

श्रृंखला अभिक्रिया (Chain reaction)

विखंडन की प्रक्रिया में प्रत्येक विखंडन में दो या तीन न्यूटॉन उत्सर्जित होते है।

जब $_{92}U^{235}$ का न्यूक्लियस तीन न्यूट्रान उत्सर्जित करता है। तीन में से एक न्यूट्रान बिना यूरानियम परमाणु से मिले खाली रह जाता है। बाकी दो न्यूट्रान आपस में टकराते है और फिर तीन न्यूट्रान उत्सर्जित करते है। और इस तरह चेन (श्रृंखला) चलती जाती है। अतः प्रत्येक विखंडन में औसत रूप में एक न्यूट्रान उत्पन्न होता है।

यह विखंडन प्रक्रिया लगातार बढ़ती चली जाती है। इसे इसलिए श्रृंखला अभिक्रिया (चेन रिएक्शन) कहते हैं। Fig 8 में यूरोनियम का श्रृंखला अभिक्रिया दिखाया गया है। चेन रिएक्शन तभी संभव होता है जब विखंडनिय पदार्थ का प्रवमान क्रिटिकल द्रवमान से अधिक होता है।

हाइडल पावर संयंत्र (Hydel power plants)

उद्देश्य : इस पा के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

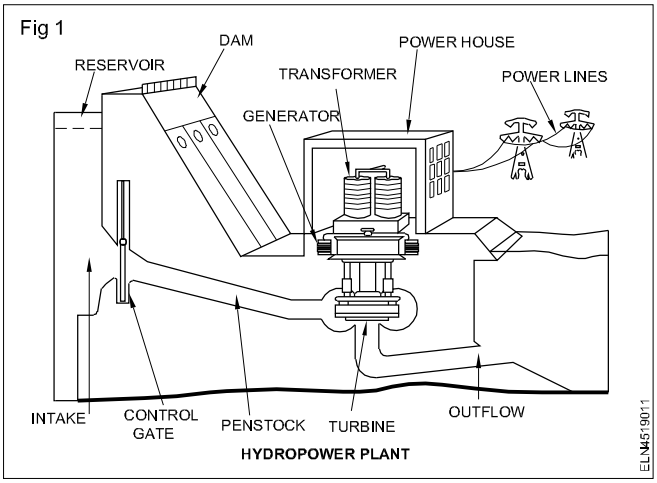
- **जल विद्युत शक्ति संयंत्र के विभिन्न प्रकार बताना**
- **थर्मल पॉवर प्लांट की तुलना में हाइड्रो पॉवर प्लांट के लाभ और हानियाँ बताना**
- **हाइड्रो पावर प्लांट के लिए स्थान चयन के कारणों की सूची बनाना**
- **हाइड्रो पावर प्लांट का प्रबंधन एवं व्यवस्था स्पष्ट करना**
- **हाइड्रो पॉवर प्लांट में लगानेवाले टर्बाइन और उसके उपयोग के उचित कारण स्पष्ट करना**
- **हाइड्रो पावर प्लांट का वर्गीकरण करना ।**

हाइड्रो इलैक्ट्रिक पॉवर स्टेशन (Hydro - electric power stations)

विद्युत ऊर्जा के उत्पादन के लिए पानी की स्थितिज ऊर्जा (potential energy) का उपयोग किया जाता है । ऐसे प्लांट को "हाइड्रो पावर प्लांट" कहा जाता है ।

H.E.P का मूलभूत मॉडल Fig 1 में दर्शाया गया है । इसे ही जल विद्युत परियोजना या हाइड्रो पॉवर प्लांट कहते हैं ।

Fig 1



आमतौर पर हाइड्रो पावर प्लांट को पहाड़ी इलाकों में बनाया जाता क्योंकि ऐसे स्थानों में बाँध (dam) बनाना आसान होता है और पानी के स्त्रोत भी बहुत होते है । बाँध बनाकर पानी को प्रेशर से टर्बाइन पर गिराया जाता है । टर्बाइन पानी की हाइड्रालिक ऊर्जा (hydraulic energy) को यांत्रिक ऊर्जा में बदलता है ।

टर्बाइन, अल्टरनेटर को घूमाता है जिससे यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है । वर्तमान में अधिकतम स्थानों में हाइड्रो पॉवर प्लांट लगाए जाते है क्योंकि दिन व दिन ईंधन की आपूर्ति करना संभवनहीं हो रहा ।

लाभ (Advantages)

i इसमें किसी प्रकार का ईंधन नहीं लगता क्योंकि ऊर्जा उत्पादन पानी द्वारा किया जा रहा होता है ।

ii ये साफ सुथरा होता है क्योंकि किसी प्रकार का धुआँ या राख नहीं है ।

iii परिचालन लागत कम होती है क्योंकि पानी प्राकृतिक स्त्रोत है ।

iv साधारण संरचना और कम रखरखाव ।

v शुरू करने में कम समय लगता है ।

vi ये मजबूत होते है और इनका जीवन काल भी तम्बा होता है ।

vii इस प्लांट से ऊर्जा उत्पादन के साथ साथ अन्य कार्य भी किये जा सकते है जैसे सिचाँई और मत्सपालन ।

viii प्लांट को बनाते समय कुशल करिगारों को जरूर होती है पर जब उत्पादन कार्य शुरू होता है कुशल कारिगरों को आवश्यक नहीं होती।

हानियाँ (Disadvantages)

i संरचना के अधिक लागत लगती है।

ii पानी की आपूर्ति के लिए मौसम पर निर्भर करता है ।

iii बाँध बनाने के लिए कुशलतम कारिगरों की आवश्यकता होती है।

iv प्लांट लोड स्टेशन से दूर होता है। इस कारण इसकी संप्रेषण लागत बढ़ जाती है।

हाइड्रो पॉवर प्लांट के लिए साइट का चुनाव (Choice of site for hydro - electric power stations)

साइट का चुनाव करते समय निम्नलिखित बिन्दुओं पर गौर किया जाता है।

i **पानी की आपूर्ति (Availability of water) :** प्लांट की प्राथमिक आवश्यकता अधिक मात्रा ये पानी का होना है । अतः ऐसे स्थान का चुनाव किया जाता है । जल नदी या झील हो ।

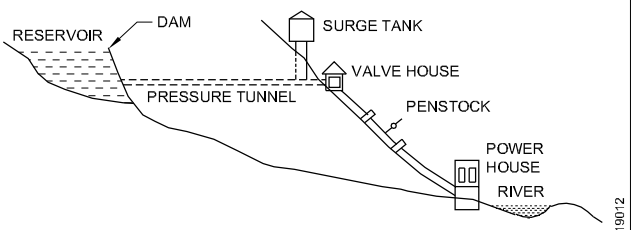
ii **संचयन (Storage of water) :** पानी का आपूर्ति वर्ष भर एक समान नहीं होती इसलिए पानी का संचयन करना आवश्यकता होता है । इसके लिए बांध बनाया जाता है ।

iii **जमीन की कीमत और गुणवत्ता (Cost and type of land) :** जहाँ प्लांट लगान हो वहाँ जमीन की कीमत अधिक न हो और जमीन की मजबूती व क्षमता अधिक होनी चाहिए।

vi **परिवाहन सुविधा (Transportation facilities) :** साइट ऐसे स्थान पर होना चाहिए जहाँ अन्य सामग्री लाने ले जाने के लिए उचित परिवहन सुविधा हो।

हाइड्रो पावर प्लांट का योजनाबद्ध प्रबंधन (Schematic arrangement of hydro - electric power station) : (Fig 2)

Fig 2



SCHEMATIC ARRANGEMENT OF A HYDRO - ELECTRIC PLANT

Fig 2 में हाइड्रो पावर प्लांट का व्यवस्थित प्रबंधन में दिखाया गया है । नदी या झील के किनारे बांध बनाया जाता है । और बांध के पीछे जल आरक्षित क्षेत्र में पानी एकत्र किया जाता है । पानी को रिजर्वियर से एक सुरंग से एक सुरंग से पेनस्टॉक के स्टार्ट में ले जाया जाता है ।

वाल्व हाऊज में एक मुख्य स्लोइस वाल्व और एक ऑटोमेटिक आइसोलेटिंग वाल्व होता है । पानी के बहाव को पॉवर हाऊज तक पहुँचाया जाता है और उसे बहाव को कंट्रोल भी किया जाता है । पेनस्टॉक एक स्टील का मोटा पाइव होता है, जिससे पानी वाल्व हाऊज से टर्बाइन तक पहुँचाया जाता है । टर्बाइन हाइड्रालिक ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में बदलता है। टर्बाइन अल्टरनेटर को चलाता है। जिससे यांत्रिक ऊर्जा विद्युत ऊर्जा में बदलती है।

जल विद्युत संयंत्र के घटक (Constituents of Hydro - Electric Plant)

हाइड्रो पावर प्लांट के निम्न घटक है (1) हाइड्रालिक संरचना (hydraulic structures((2) वॉटर टर्बाइन (water turbines) और (3) विद्युत उपकरण (electrical equipment).

1 हाइड्रालिक संरचना (Hydraulic Structures)

हाइड्रालिक संरचना में बाँध, स्लिपवे, हेडवर्क सर्जटैंक, पेनस्टाक और अन्य सहायक उपकरण है।

i **बाँध (Dam) :** पानी को ऊँचाई तक एकत्र करके रखने के लिए बाँध बनाया जाता है । बाँध सीमें कांकरीट, पत्थर आदि से बनाया जाता है । बाँध का प्रकार और व्यवस्था स्थलाकृति (topography) पर निर्भर करती है । बांध का प्रकार उसकी नीव, उपलब्ध सामग्री और परिवहन पर भी निर्भर करती भूकंप और अन्य आपदाओं को भी ध्यान रख कर बाँध बनाया जाता है।

ii **स्पिल वेज (Spillways) :** कई बार नदी का प्रवाह बाँध के रिर्जवायर (reservoir) की क्षमता से अधिक हो जाता है । इस तरह की परिस्थिति आरक्षित क्षेत्र में भारी बारिश के दौरान उत्पन्न होती है। बांध के इस अधि शेष जल को (surplus water) का निर्वहन करने के लिए बांध में एक डाउन स्ट्रीम बनाई जाती है जहाँ स्पिल वेज का उपयोग होता है।

iii **हेडवर्क्स (Headworks) :** हेडवर्क्स में एक डायवशन (मोड़) बनाया जाता है जो इनटेक (सिरे) के हेड पर होता है । वे आमतौर पर फ्लोटिंग मलबे को हटाने के लिए ब्लूम और रैक शामिल करते है । टर्बाइन के प्रवाहव्र को नियंत्रित करने के लिए सेडिमेंट और वाल्वों को लगाया जाता है । हेट के ऊपर से बहने वाला पानी शांत होता है । ताकी हेड के किनारे न कटें ।

iv **सर्ज टैंक (Surge tank) :** अगर टर्बाइन को दिया जानेवाला पानी खुले कंड्यूट (नालियाँ) में से दिया जाए तब सर्ट टैंक की कोई आवश्यकता नहीं होती है परन्तु जब कंड्यूट बंद होते है । तो पानी का प्रेशर बढ़ने से इनके फटने की संभावना होती है । अतः ऐसी स्थिति से बचने के लिए सर्ज टैंक बनाएँ जाते है । सर्ज टैंक एक छोटा सा टैंक होता है जो ऊपर से खुला होता है । इसका वॉटर लेबल कंड्यूट में पानी के प्रेशन के अनुरूप घटता बढ़ता रहता है ।

कंट्यूट के शुरुवाती सिरे पर सर्ज टैंक बना होता है । जब टर्बाइन एक स्थिर लोड़ पर चल रहा होता है । तो कंड्यूट से उचित मात्रा में पानी प्रवाह होता रहता है । पर जब कभी टर्बाइन का लोड घटता है तो गवरनर टर्बाइन के गेट को बंद कर देता है । और पानी का प्रवाह कम हो जाता है ।

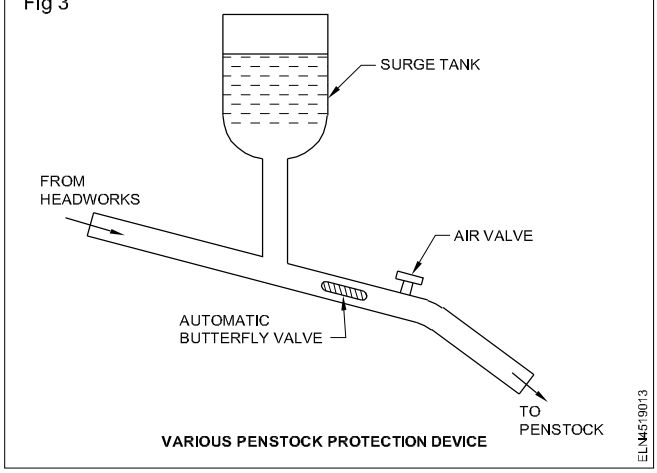
कोन्ड्यूट के नीचले सिरे का अतिरिक्त पानी सर्ज टेन्क में वापस आ जाता है और उसके जल स्तर को बढ़ा देता है। इस प्रकार कोन्ड्यूट फटने से बच जाता है। वहीं दूसरी और जब टर्बाइन पर भार बढ़ता है तो सर्ज टेन्क से अतिरिक्त पानी खींचा जाता है जिससे बढ़े हुए भार की आवश्यकता की आपूर्ति होती है। अतः सर्ज टेन्क, कान्ड्यूट में अस्वभाविक दबाव को सहता है जब टर्बाइन में भार बढ़ जाता है और टर्बाइन रिजरवायर के रूप में कार्य करता है।

v **पेनस्टाक्स (Penstocks) :** पेन स्टाक एक खुला या बंद कंड्यूट (नाली) होता है जो पानी को टर्बाइन तक ले जाता है। ये कॉनकरीट या स्टील के बनाए जाते है। पानी के प्रेशर के आधार पर पेनस्टाक की मोटाई निर्धारित होती है।

पेन स्टाक की सुरक्षा के लिए विभिन्न उपकरण लगाए जाते है जैसे ऑटोमेटिक बटर फ्लाई वाल्व, एयर वाल्व और सर्ज टैंक। ऑटोमेटिक बटरफ्लाई वाल्प पेनस्टाक से पानी के प्रवाह को रोकता है। एमर वाल्व पेनस्टाक के हवा के प्रेशर के बराबर बनाए रखता है।

पेन स्टानक के अंदर बहने वाले पानी का बहाव (प्रेशर) बाहर के पानी से अधिक होता है। शुरूवात में पेनस्टाक में एक वैक्यूम उत्पन्न हो सकता है इसलिए एक वाल्व लगाए जाते है। एक पेनस्टाक और उसके सुरक्षात्मक उपकरण का व्यवस्थित Fig 3 में दर्शाया गया है।

Fig 3



VARIOUS PENSTOCK PROTECTION DEVICE

vi टेल रेस (Tail race) : टेल रेस एक नहर (channel) जैसी होती है। जिसमें टर्बाइन में उपयोग हो। चुका पानी पावर हाउज से दूर ले जाने के लिए बनाई जाता है। ये प्राकृतिक नहरों जैसा ही होती है। टेल रेस ये बहने वाली पानी टेल रेस लेवल या टेरेस कहलात है।

vii ड्राफ्ट ट्यूब (Draft tube) : रिएक्शन टर्बाइन में पानी का प्रेशर वायुमंडलीय दाब से भिन्न होता है। इस लिए इस टर्बाइन को पूर्णतः कवर किया जाता है। अतः इस बात को ध्यान में रखकर टर्बाइन के आऊट लेट में लगाए जानेवाले पाइप की गार्डिंग की जाती है और टेलरेस की मोटाई (cross sectional area) बढ़ाया जाता है।

ड्राफ्ट ट्यूब लगाने के दो मुख्य कारण है :

1 ये निगेटिव या सकशन हेड को रनर निकासी (runner head) पर स्थापित करता है । जिससे हेट को नुकसान नहीं पहुँचाता और टर्बाइन को टेल स्टेप से आसानी से जोड़ता है ।

2 ये रनर से निकासित गतिज ऊर्जा को प्रेशर हेड को दे कर उपयोग करता है । कह सकते है कि यह एक रिक्यूपेरेटर की तरह काम करता है (recuperator of pressure energy) ।

2 वॉटर टर्बाइन (Water turbine)

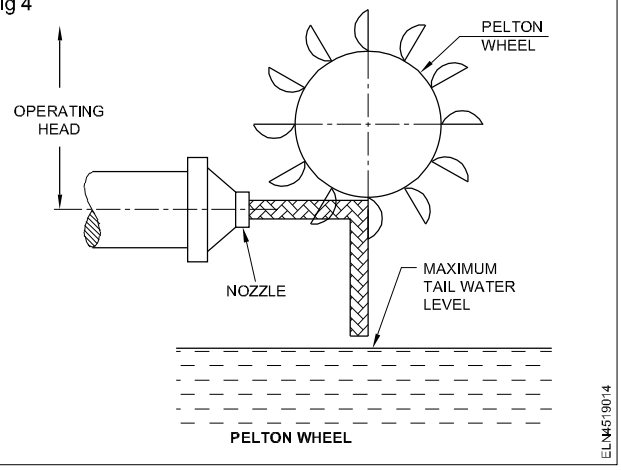
वॉटर टर्बाइन गिरते हुए पानी की ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में बदलता है । सैद्धांतिक आधार पर टर्बाइन दो तरह के होते हैं :

i इम्पल्स टर्बाइन (Impulse turbines)

ii रिएक्शन टर्बाइन (Reaction turbines)

i इम्पल्स टर्बाइन्स (Impulse turbines) : इम्पल्स टर्बाइन ऊँचे हेड वाले प्लांट में उपयोग किये जाते है । इम्पल्स टर्बाइन में पानी की सारी गतिज ऊर्जा (kinetic energy) को एक नोजल में एकत्र करते है । जेट ड्राइव के वेग से व्हील को न्यूमाया जाता है। जैसे पेल्टन व्हील Fig 4 में दिखाया गया है । इस व्हील (पहिया) के किनारों पर दीर्घ वृत्ताकार बुल्टी जैसी लगी होती है । नट के नोज़ल से तेज धार वाला पानी इनपे पड़ता है और टर्बाइन घूमने लगता है । टर्बाइन पर पड़ने वाली पानी की धारा को निडिल या स्पीयर से कंट्रोल करते है । (जैसा Fig 4 में दिखाया है) उसे टिप पर एक नोज़ल लगा हुआ है ।

Fig 4



निडिल को गवरनर कंट्रोल करता है । यदि टरवाइन का लोड कम होता है तो गवरनर निडिल को नोजल के अंदर कर देता है । जिससे पानी की मात्रा कम निकलती है । इसके विपरीत लोड बढ़ने पर निडिल को बाहर कर देता है।

ii रिएक्शन टर्बाइन (Reaction turbines) : रिएक्शन टर्बाइन को निम्न और मध्यम ऊँचाई के हेड के लिए उपयोग करके बै । इस टर्बाइन में रनर में पानी की कुछ मात्रा प्रेशर, ऊर्जा से और कुछ वेलोसिटी हेड (velocity head) से दी जाती है प्रमुख रिएक्शन टर्बाइन है।

a. फ्रांसिस टर्बाइन (Francis turbines)

b. कापलान टर्बाइन (Kaplan turbines)

फ्रांसिस टर्बाइन का उपयोग कम और मध्यम हेट के लिए किया जाता है। इसमें टर्बाइन आवरण के लिए स्थिर गाइड ब्लेड की एक बाहरी रिंग होती है और आपेरेटिंग रिंग के लिए रनर बनाने के लिए आंतरिक रिंग होती है । टर्बाइन पर पानी के वेग को गाइड ब्लेड की कंट्रोल करती है । इस टर्बाइन में पानी की दिशा बदलती रहती है । इसलिए इसे रिएक्शन टर्बाइन कहते है ।

कापलान टर्बाइन वहाँ उपयोग करते है जहाँ कम हेड होता है और पानी की मात्रा अधिक होती है । ये फ्रांसिस टर्बाइन के जैसा ही होता है सिवाय इसके की इसके रनर पर पानी अक्षीय दिशा से गिरता है ।

3 विद्युत उपकरण (Power equipment)

हाइड्रो पावर प्लांट में अल्टरनेटर, ट्रांसफार्मर, सर्किट ब्रेकर और स्विच और सुरक्षात्मक यंत्र लगे होते है ।

हाइड्रो इलेक्ट्रिक संयंत्र के प्रकार (Types of hydro - electric plants)

विद्युत प्लांट को वगीकृत करने को तीन विद्यियां है । वर्गीकरण आधारित होता है :

a पानी की मात्रा (Quantity of water available)

b हेड (Available head)

c लोड की प्रकृति पर (Nature of load)

पानी की मात्रा के आधार पर हाइड्रो पॉवर संयंत्र का वर्गीकरण (Classificaton of Hydro - electric plants according to quantity of water available)

इस वर्गीकरम के आधार पर प्लांट तीन प्रकार से बाटें जाते हैं ।

i बिना नदी को बंद किये और बिना जलाशय

ii बिना नदी को बंद किये और जलाशय बनाकर

iii रिजरवियर (जलाशय) बनाकर

i बिना नदी को बंद किये बिना जलाशय के (Run off river plants without pondage)

जैसा कि नाम से समझ आता है । इसमें पानी को एकत्र नहीं किया जाता है । जिस मात्रा में पानी उपलब्ध होता है वैसे ही उपयोग करते है ।

ii बिना नदी को रोके और जलाशय बनाकर (Run- off river plants with pondage)

नदी को बिना रोके बांध बनाकर पानी रोका जाता है । जलाशय में पानी एकत्र करके, ऐसे जलाशय में जब नदी में पानी कम होता है । तब भी काम करते हैं ।

iii रिजर्वायर प्लांट (Reservoir plants)

इस प्लांट में बांध के पीछे पानी को एकत्र किया जाता है । इसकी क्षमता अधिक होती है और पूरा साल एकत्र आऊट दे सकते है ।

हाइड्रो पावर प्लांट का वर्गीकरण हेड के आधार पर (Classification of hydro-electric plants according to available head)

हाइड्रो पॉवर प्लांट हाई हेड, मध्यम हेड और ल्वो (निम्न) हेड के आधार पर वर्गीकृत किये जाते है । प्लांट उच्च हेड कहलाता है । यदि हेड की ऊँचाई 300 मीटर से ऊपर होती है । प्लांड हेट की ऊँचाई अगर 30 मीटर से कम होती वह निम्न हेड कहलाता है । और यदि इसके बीच की ऊँचाई हो तो मध्यम हेड कहता है ।

हाई (उच्च) हेड प्लांट में अधिक वर्षा या बर्फ बिघलने से पानी अधिक हो जाता है । लो (निम्न) हेड वाले डेम को नदियों के मोहाने पर बनाया जाता है । मध्यम हेड वाले प्लांट लो हेड जैसे ही होते है । ये 30 - 300 मीटर तक की ऊँचाई के हेड होते है ।

हाइड्रो पॉवर संयंत्र का वर्गीकरण लोड के आधार पर (Classification of Hydro- electric plants according to nature of load)

प्लांट का वर्गीकरण बेस लोड, पीक लोड, पीक लोड के लिए पम्पड् स्टोरेज प्लांट ।

इलेक्ट्रिक सबस्टेशन की मुलाकात (Visiting of electrical substation)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **भ्रमण से पूर्व तैयारियों का अध्ययन एवं कार्यक्रम निर्धारित करना**
- **मुख्य भागों और उसके तैयारियों के महत्व को अलग-अलग प्रशिक्षणार्थी को बताना**
- **भ्रमण के दौरान ले जाना जाने वाली सहायक सामग्रियों की सूची तैयार करना**
- **भ्रमण पर क्या करना है और क्या नहीं करना है का सूची तैयार करना।**

प्रस्तावना (Introduction)

उचित कार्यकारी वातावरण बनाने के लिये औद्योगिक भ्रमण एक महत्वपूण कदम है। प्रयोगशाला या कार्यक्रम में अभ्यास करने वाले प्रायोगिक अभ्यासों के दौरान कभी भी वास्तविक काम करने की स्थिति नहीं मिलती, क्योंकि यह एक निर्धारित समय के भीतर और बाद के चरण में एक ऑकलन के तहत पुरा करने के लिये नियोजित प्रशिक्षण का एक भाग है।

आंशिक कार्ययोजना (Initial preparatory work)

प्रशिक्षणार्थियों को वासतविक साइड पर अच्दी तरह से बातचीत की स्थिति में होनी चाहिए। प्रत्येक उद्योग तकनीकी विशेषज्ञ एक टीम पर काम निष्पादित करते हैं और बेहतर परिणाम देते है। संबंधित तकनीशियन या आपरेटर किसी विशेष कार्य के कार्य या प्रक्रिया का एक स्पष्ट विचार देने में सक्षम होंगे और आपको इसे पूरी तरह जानना होगा।

संबंधित तकनीशियन या आपरेटर से पूरी प्रक्रिया को समझने के लिये आपको उस विशेष विशेषण या प्रक्रिया का एक अच्छा ज्ञान होना चाहिए। जब आप किसी कारखाने या कार्यस्थल में औद्योगिक यात्रा पर जायें, तो आपको चुनौती को पूरा करने के लिये कार्ययोजना तैयार करना चाहिए।

भ्रमण क्षेत्र और उसके महत्व (Preparation areas and its importance)

जटिल है या बहु स्तरीय प्रक्रिया शमिल है, उस मामले में प्रशिक्षणर्थिसों को बातचीत करने या पूरी प्रक्रिया को शमिल करने के लिये छोटे बैच बनाये जाने चाहिए। ऐसे मामलों मं प्रत्येक बैंच को पहले से गठित किया जाना चाहिए और बातचीत करने के लिये सभी बैंच को एक साथ शामिल करना चाहिए।

सहायक सामग्रियाँ (Supporting materials)

जब भ्रमण जनरेटिंग स्टेशन में है, तो निम्नाकिंत चीजों की जानकारी अवश्य रखना चाहि -

1 संयंत्र की स्थापित क्षमता

2 अधिकतम लोड डिमांड

3 लोड फैक्टर

4 निकटतम लोड डिमांड

5 स्थापित किये गये आल्टसेटरों की कुल संख्या और उसकी कार्यशील स्थति

6 ईंधन का विवरण (कोयला-परमाणु, इसकी उपलब्धता गुणवता आदि) और ईंधन के दैनिक खर्च।

7 पर्यावरण इमरजेंसी के मामले में अतिरिक्त ईंधन को पूरा करने के लिये समाधान।

8 संयंत्र और उसके आसपास के स्थान का मेंप।

9 निर्देशित (guided) या अध्ययन के अलावा संबंधित पीढ़ी और वितरण तकनीकों के बारे में अधिकतम जानकारी इकठ्ठा करें।

10 अधिकतम जोखिम भरा क्षेत्र - PPE सुविधा आपातकालीन रास्ता आपातकाल की अवस्था में।

क्या करें क्या न करें (Do's & Dont's)

क्या करें (Do's)

1 पहचान पत्र के साथ यूनिफार्म पहनें।

2 सुनिश्चित कर लें कि सुरक्षात्मक गैजेट उपलब्ध हैं अन्यथा उसे ले जायें।

3 विशेष क्षेत्रों में लागाए सुरक्षा मापइदण्डों का पालन करें निर्देश को ध्यान से सुनें।

4 अपने निष्कर्षों और आकलन रिकार्ड करने के लिये सामग्रियों को ले सुने।

5 सख्त अनुशासन और समयनिष्ठता (punctuality) ध्यान दें।

6 सभी निर्देशों और नियमों का पालन करें।

7 सिर्फ निर्धारित क्षेत्रों में ही चलें।

क्या न करें (Dont's)

1 ढ़ीले कपड़े और गहने पहनने से बचें।

2 कोई भी बैग या सामग्री न ले जाये।

3 किसी भी प्रतिबंधित क्षेत्र को पार न करें।

4 मशीन के पास गुजरते समय किसी भी भाग को या मशीन से स्पर्श या खेल न करें।

5 भ्रमण के समय किसी भी मशीन या जगह पदृवर न बैठें।

6 कारखाने के अंदर भ्रमण के समय अनुपयोगी ध्वनि या उत्पन्न न करें।

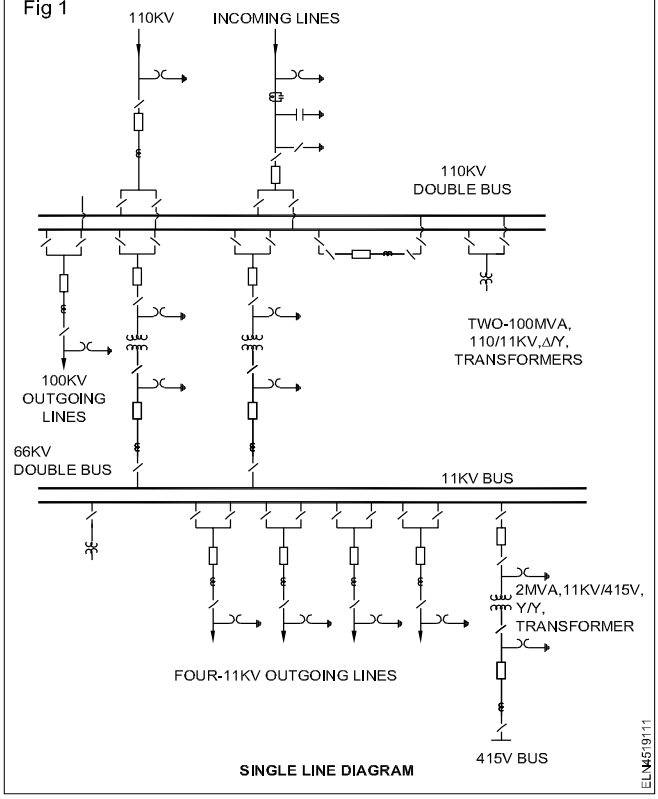
7 अलग-अलग सेक्शन या क्षेत्रों में भ्रमण के समय किसी भी प्रकार का छेड़छाड न करें।

8 आपकों किसी भी समय दिये गये निर्देशों को उपेक्षा करने या टालने की कोशिश न करें।

9 किसी भी प्रकार का छेड़छाड़ करने के लिये प्ररितज न करें या दूसरों को करने के लिये प्रोत्ससाहित न करें। यात्रा का नेत्वव करन के लिये जिम्मेदार व्यक्ति को कार्यक्रम को पहले से अच्छी तरह से व्यवस्थित करना होगा और संबंधितों को सूचित करना होगा। समय पर पहुचने के लिये परिवहन पर जाने और व्यवस्था करने की अनुमति लेना। सभी को ले जाने की व्यवस्था भी हो सकती है, जो संबंधित व्यक्ति की जिम्मेदारी है।

Fig 1 में एक ट्रांसमिशन और डिस्ट्रीब्यूशन सबस्टेयान का एक विशिष्ट सिंगल ले आउट आरेख दिखाया गया है।

Fig 1



पावर सबस्टेशन (Power substations)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **इलेक्ट्रिक सबस्टेशनों के प्रकार्य एवं प्रयोजन बताना**
- **विभिन्न प्रकार के सबस्टेशनों का वर्गीकरण करना**
- **सबस्टेशनों में प्रयुक्त उपकरण एवं भागों की सूची बनाना**
- **चिन्हों के साथ पावर सबस्टेशन का एकल रेखा चित्र स्पष्ट करना।**

सबस्टेशन (Substations)

इलेक्ट्रिक पावर का उत्पादन पावर जनरेटिंग स्टेशनों पर किया जाता है, जो आमतौर पर लोड सेंटर से बहुत दूर स्थित होते हैं । विद्युत उत्पादन स्टेशनों और उपभोक्ताओं के बीच कई ट्रांसफारमेशन और स्वीचिंग स्टेशनों की आवश्यकता होती है । यह आमतौर पर सब स्टेशन के रूप में जाना जाता है ।

सबस्टेशन पावर सिस्टम का महत्वपूर्ण हिसासा है और जनरेटिंग स्टेशन, ट्रांसमिशन सिस्टम और डिस्ट्रीब्युशन सिस्टम के बीच बनता है यह इलेक्ट्रिक उपकरणों जैसे बुस-बार, स्विच गियर उपकरण, पावर ट्रांसफॉर्मर इत्यादि की असेम्बली होती है।

कार्य (Function)

इनका मुख्य कार्य जनरेटिंग स्टेशन से उच्च वोल्टेज पर ट्रांसमिट पावर को रिसिव करना होता है और ट्रांसमिशन लाइन के स्विचिंग ऑपरेशन के लिए वोल्टेज को कम करना होता है । सबस्टेशन को सुरक्षा उपकरणों दिये जाते है जिससे फाल्ट या दोष के समय उपकरण और सर्किट को अलग किया जा सके।

सबस्टेशन सुविधाजनक स्थान है जहाँ सिन्क्रोनस कंडेसर को स्थापित किया जाता है जो पावर फेक्टर को सुधार के उद्देश्य और इलेक्ट्रिक सिस्टम के विभिन्न भागों के संचालन की माप को मापने के लिए सुविधाएं प्रदान करता है ।

सबस्टोशन का वर्गीकरण (Classification of substation)

सबस्टेशन का वर्गीकरण सर्विस की आवश्यकता एवं निर्माण और के अनुसार किया जाता है । सर्विस की आवश्यकता के अनुसार ये ट्रांसफार्मर सबस्टेशन स्वीचिंग सबस्टेशन और कर्न्वटिंग सबस्टेशन में वर्गीकृत होते हैं।

1 **ट्रांसफार्मर सबस्टेशन (Transformer substations) :** सबसे ज्यादा इस तरह के ही सबस्टेशन, पावर सिस्टम में होते हैं । यह पावर को एक वोल्टेज लेवल से वोल्टेज लेवल में परिवर्तित करते हैं । ट्रांसफार्मर, सबस्टेशन में मुख्य उपकरण होता है । ट्रांसफार्मर सबस्टेशन को स्टेपअप सबस्टेशन प्रायमरी ग्रिड सबस्टेशन, सेकंडरी सबस्टेशन और डिस्ट्रीब्युशन सबस्टेशन में अधिक वर्गीकृत किया जाता है ।

a **स्टेप-अप सबस्टेशन (Step - up substations) :** यह सबस्टेशन जनरेटिंग स्टेशन पर सिवच होता है । 11KV जनरेटिंग वोल्टेज को 220KV या 400KV के प्राथमिक ट्रांसमिशन वोल्टेज स्तर तक बढ़ाया जाना चाहिए ।

b **प्रायमरी ग्रिड सबस्टेशन (Priamary grid substations) :** प्रायमरी ट्रांसमिशन लाइन के अतिम सिरे यह सबस्टेशन स्थिति होता

है और प्रायमरी वोल्टेज उपयुक्त सेकंडरी वोल्टेज 66KV या 33KV में स्टेप डाउन होता है ।.

c **सेकंडरी सबस्टेशन (Secondary substations) :** वोल्टेज को 11KV में स्टेप डाउन किया जाता है। 11KV के पावर के साथ उपभोक्ताओं को सप्लाय की जाती है।

d **डिस्ट्रीब्युशन सबस्टेशन (Distribution substations) :** यह सबस्टेशन स्थानीय उपभोक्त के पास स्थित रहता है और उपभोक्ता 415V तीन फेस या 240V सिंगल फेस सप्लाय करता है।

2 **स्विचिंग सबस्टेशन (Switching substations) :** इस तरह के सबस्टेशन से मतलब है कि वोल्टेज को परिवर्तित किए बिना पावर लाइन का स्वीचिंग आपरेशन करना होता है। विभिन्न ट्रांसमिशन लाइन के मध्य भिन्न कनेक्शन बनाता है।

3 **कन्वर्टिंग सबस्टेशन (Converting substation) :** इस तरह के सबस्टेशन का मतलब AC से DC या इसके विपरीत में कनवर्ट करना है । कुछ का उपयोग, उद्योग उपयोग के लिए उच्चतर से कम या इसके विपरीत में आवृत्ति को बदलने के लिए किया जाता है।

निर्माण विशेषताओं के अनुसार सबस्टेशन को इनडोर सबस्टेशन आउटडोर सबस्टेशन, अंडर ग्राउण्ड सबस्टेशन और पोल माउण्टेड सब स्टेशन को वर्गीकृत किया है ।

1 **इनडोर सबस्टेशन (Indoor substations) :** इस स्टेशन के सभी उपकरण स्टेशन बिल्डिंग के भीतर स्थापित होते हैं ।

2 **आउटडोर सबस्टेशन (Outdoor substations) :** सभी उपकरण जैसे ट्रांसफार्मर, सर्किट ब्रेकर, आइसोलेटट इत्यादि बाहर स्थापित होते हैं।

3 **अंडर ग्राउण्ड सबस्टेशन (Underground substations) :** मौटे तौर पर आबादी वाले क्षेत्रों में जहाँ खाली जगह की बड़ी समस्या है, और जमीन की लागत अधिक है, ऐसी स्थिति में सबस्टेशन अंडरग्राउण्ड रखे जाते हैं।

4 **पोल माउण्टेड सबस्टेशन (Pole mounted substations) :** यह आऊटडोर सबस्टेशन होता है, साथ में H pole या 4 pole संरचना के ओवरहेड उपकरण स्थापित किए जाते हैं ।

सबस्टेशन को निम्नलिखित तरीको से भी वर्गीकृत किया जा सकता है ।

1 **वोल्टेज स्तर के आधार पर वर्गीकरण (Classification based on voltage levels) :** उदा. AC सबस्टेशन : EHV, HV, MV, LV : HVDC सबस्टेशन ।

2 **आउटडोर और इनडोर के आधार पर वर्गीकरण (Classification based on outdoor or indoor) :** खुली हवा में आउटडोर सब स्टेशन होते हैं और इनडोर सबस्टेशन बिल्डिंग के अंदर होते हैं ।

3 **विन्यास के आधार पर वर्गीकरण (Classification based on configuration)**

- परम्परागत हवा इंसुलेटेड आउटडोर सबस्टेशन या
- SF6 गैस इंसुलेटेड सबस्टेशन (GIS)
- समग्र सबस्टेशन जिसमें ऊपर दिए हुए दोनों का संयोजन होता है ।

4 **अनुप्रयोग के आधार पर वर्गीकरण (Classification based on application)**

- **स्टेप अप सबस्टेशन (Step up substation) :** जनरेटिंग स्टेशन के साथ जुड़ा हुआ होता है क्योंकि जनरेटिंग वोल्टेज कम होती है ।
- **प्रायमरी ग्रिड सबस्टेशन (Primary Grid substation) :** प्रायमरी ट्रांसमिशन लाइनों के साथ उचित लोड केन्द्र पर बनाया जाता है । यह EHV लाइन से 400KV, 220 KV, 132KV पावर रिसिव करता है और अल्टीमेट उपभोक्ता के लोड और दूरी दोनों के संबंध में स्थानीय आवश्यकताओं के अनुरूप वोल्टेज को 66KV, 33KV या 22KV (22KV असमान्य है) में बदलता है ।
- **सेकंडरी सबस्टेशन (Secondary substation) :** सेकंडरी ट्रांसमिशन लाइन के साथ 66/33KV के दर पर पावर रिसिव होती है जो आमतौर पर 11KV तक नीचे आ जाती है ।
- **डिस्ट्रीब्युशन सबस्टेशन (Distribution substation) :** बनाया जहाँ ट्रांसमिशन लाइन वोल्टेज, सप्लाय वोल्टेज को स्टेप डाउन करता है ।
- **थोक आपूर्ति और औद्योगिक सबस्टेशन (Bulk supply and industrial substation) :** डिस्ट्रीब्युशन सबस्टेशन के समान होता है लेकिन प्रत्येक उपभोक्ता के लिए अलग से बनाया जाता है ।
- **खनन सबस्टेशन (Mining substation) :** इलेक्ट्रिक सप्लाय के संचालन में आवश्यक सुरक्षा के लिए अतिरिक्त सावधानी के कारण इसको विशेष डिजाइन के विचार की आवश्यकता होती है ।
- **मोबाइल सबस्टेशन (Mobile substation) :** ट्रांसफार्मर आदि को आपातकालीन प्रति स्थापन के लिए बनाया जाता है ।
- **डिस्ट्रीब्युशन सबस्टेशन (Distribution substations) :** इस पर 11KV, 6.6 KV प्राप्त होता है और उपयुक्त वोल्टेज को LV डिस्ट्रीब्युशन उद्देश्य के लिए स्टेप डाउन किया जाता है, आमतौर पर 415 वोल्ट पाया ।

सबस्टेशन में स्थापित भाग, उपकरण और घटक (The parts, equipment and components installed in substation)

प्रत्येक सबस्टेशन के निम्नलिखित भाग और उपकरण हैं।

1 **आउटडोर स्विचयार्ड (Outdoor switchyard)**

- इनकमिंग लाइन (Incoming lines)
- आउटगोइंग लाइन (Outgoing lines)
- बुसबार (Busbar)
- ट्रांसफॉर्मर (Transformer)
- बस पोस्ट इंसुलेटर और स्ट्रिंग इंसुलेटर
- सब स्टेशन उपकरण जैसे सर्किट ब्रेकर, आइसोलेटर, अर्थिंग स्विच, सर्ज अरेस्टर, CTs, PTs न्युट्रल अर्थिंग उपकरण।

- स्टेशन अर्थिंग सिस्टम में ग्राउंड मेट, राइज़र, सहायक मेट, अर्थिंग स्ट्रिप्स, अर्थिंग स्पाइक और अर्थ इलेक्ट्रोड शामिल है।
- ओवरहेड अर्थवाइल शिल्डिंग against लाइटनिंग स्ट्रोक (लाइटनिंग स्ट्रोक के विरुद्ध ओवरहेड अर्थवाइस शिलिंडग)
- लोवर उपकरण सपोर्ट के लिए गेल्वेनाइज्ड स्टील संरचना ।
- PLCC उपकरण सहित लाइन ट्रेप, ट्युनिंग यूनिट, कपलिंग केपेसिटर etc.
- पावर केबल्स
- सुरक्षा और नियंत्रण के लिए कंट्रोल केबल
- रोड़, केबल ट्रेंच
- स्टेशन इल्युमिनेशन सिस्टम

2 मेन ऑफिस बिल्डिंग (Main office building)

- प्रशासनिक भवन
- सम्मेल कक्ष इत्यादि

3 6.6/11/22/33/66/132 KV स्विच गियर LV

- इनडोर स्विच गियर

4 स्विचगियर और कंट्रोल पेनल बिल्डिंग (Switchgear and control panel building)

- लो वोल्टेज AC स्विच गियर
- कंन्ट्रोल पेनल, सुरक्षा पेनल

5 बैटरी रूम और DC डिस्ट्रीब्युशन सिस्टम (Battery room and DC distribution system)

- DC बैटरी सिस्टम और चार्जिंग उपकरण
- DC डिस्ट्रिब्युशन सिस्टम

6 मेकेनिकल, पावर और अन्य सहायक (Mechanical, electrical and other auxillaries)

- अग्निशमन प्रणाली
- D.G (डीजल जनरेटर) सेट
- तेल शोधन प्रणाली

एक सबस्टेशन द्वारा किया जानेवाला महत्वपूर्ण कार्य स्विचिंग है, जो सिस्टम से ट्रांसमिशन लाइनों या अन्य घटकों को जोड़ता या डिसकनेक्ट करता है। ट्रांसमिशन लाईन या ट्रांसफार्मर को जोड़ने या हटाने के लिए एक ट्रांस मिशन लाइन या अन्य घटकों को रखरखाव के लिए नए निर्माण के लिए बिना सक्रिय किये जाने की आवश्यकता हो सकती है । सभी काम करने के लिए, नए सबस्टेशन जोड़ने के लिए नियमित परीक्षण पूरे सिस्टम को चालू रखने के दौरान किया जाना चाहिए।

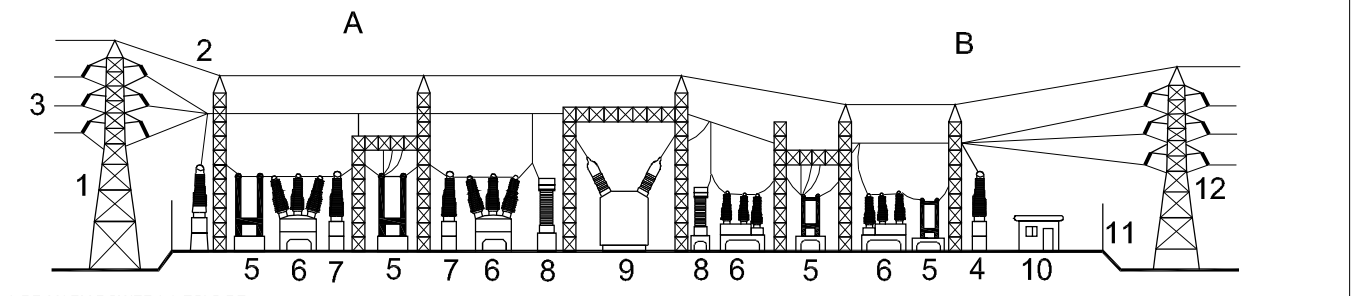
दोप ट्रांसमिशन लाईन या अन्य अवयवों में आ सकते हैं । इस लाइन दोप के कुछ उदाहरण लाइटिंग के द्वारा और आर्क विकसित होती है । सब स्टेशन का कार्य है कि वह कम से कम मुमकिन समय में प्रयुक्त भाग को अलग कर सके ।

सबस्टेशन ले आउट और उनके घटक (Substation layout and their components)

Fig 1 में प्ररूपी सबस्टेशन का लेआऊट दिखाया गया है, इसमें निम्न घटक होते हैं और नीचे समझाया गया है ।

पावर ट्रांसफार्मर (Power transformer) : पावर ट्रांसफार्मर का उपयोग जनरेशन और ट्रांसमिशन नेटवर्क में, जनरेटिंग स्टेशन में स्टेपिंग अप

Fig 1



वोल्टेज और डिस्ट्रीब्युशन के लिए वोल्टेज को स्टेप डाउन करने के लिए किया जाता है । सबस्टेशन के सहायक उपकरणों के पावर सहायक ट्रांसफार्मर द्वारा दिया जाता है । (Fig 2).

करंट ट्रांसफार्मर (Current transformers (CT)) : सब स्टेशन में लाइनें हजारों एम्पीयर की करंट लेती है । माप उपकरणों को करंट के कम वेल्यु के लिए डिजाइन किया गया है । करंट ट्रांसफार्मर (CT) माप उपकरणों और सुरक्षात्मक रिले को सप्लाय देने के लिए लाइन में जुड़े हुए होते है । उदाहरण के लिए 100/1A CT , 100A, की लाइन के साथ जुड़ा होता है और करंट ट्रांसफार्मर CT का द्वितीयक करंट 1A होता है । (Fig 3)

पोटेशिंयल ट्रांसफार्मर (Potential transformers (PT)) : स्टेशन की लाइने उच्च वोल्टेज पर कम करती है । माप उपकरणों को वोल्टेज के कम वेल्यु के लिए डिजाइन किया जाता है । पोटेशिंयल ट्रांसफार्मर माप उपकरणों और सुरक्षात्मक रिले की आपूर्ति के लिए लाइनों में जुड़ा होता है ।

Fig 2

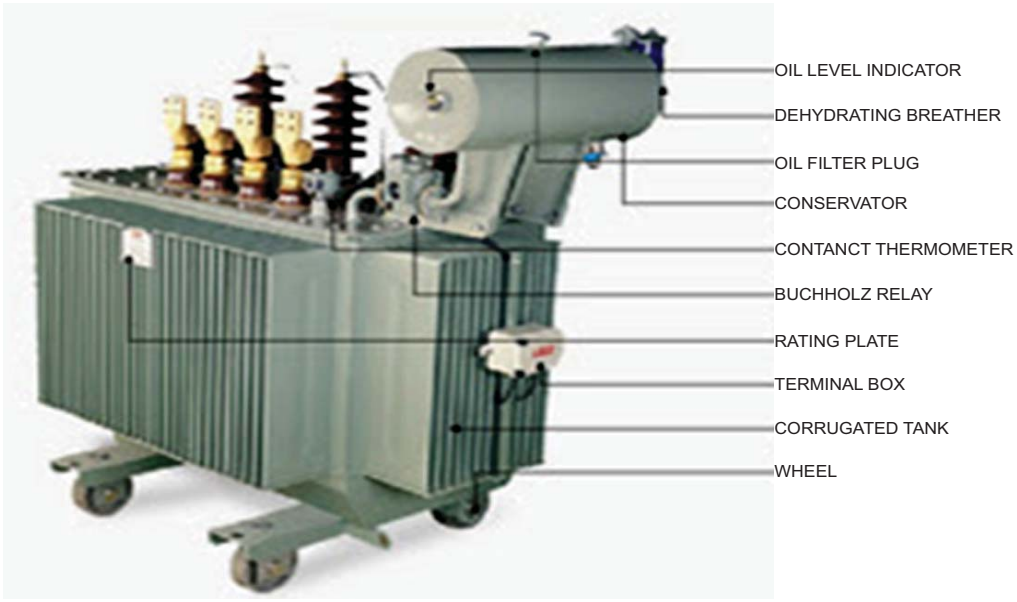
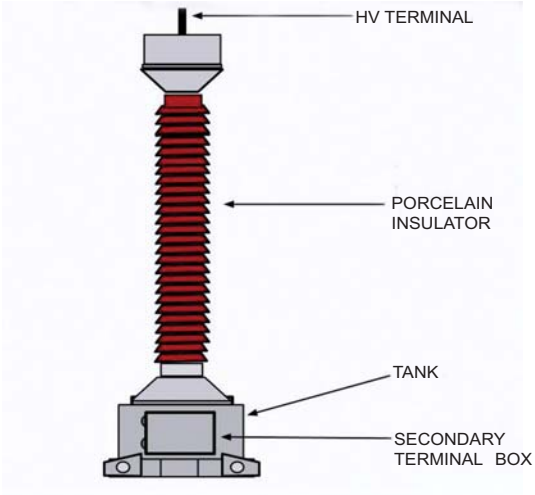


Fig 3



उच्च वोल्टेज के माप के लिए यह ट्रांसफार्मर, कम वोल्टेज यंत्र के लिए उपयुक्त होते हैं । उदाहरण के लिए 11KV/110V PT पावर लाइन से जुड़ा होता है और लाइन वोल्टेज 11KV है तो द्वितीयक वोल्टेज 110V है। (Fig 4)

Fig 4

सर्किट ब्रेकर (Circuit breaker (CB)) : सामान्य और असामान्य दोनों स्थिति में सर्किट को खोलने और बंद करने के लिए सर्किट ब्रेकर का उपयोग किया जाता है । विभिन्न प्रकार के सर्किट ब्रेकर है जैसे ऑयल सर्किट ब्रेकर, एयर ब्लास्ट सर्किट ब्रेकर, वेक्युम सर्किट ब्रेकर और SF_6 सर्किट ब्रेकर ।

आइसोलेटिंग स्विच के लिए आइसोलेटर (Isolators for isolating switches) : सामान्य रखरखाव के लिए सिस्टम के हिस्से को प्रथक करने के लिए, आइसोलेटर सबस्टेशन में कार्यरत होते है । आइसो लेटर स्विच केवल लोड की स्थिति में संचालित होते हैं । आइसोलेट सर्किट ब्रेकर के हर तरफ या दोनों तरफ दिये जाते हैं ।

लाइटनिंग अरेस्टर्स (LA) (Lightning arresters) (LA) : लाइटनिंग अरेस्टर्स सुरक्षात्मक युक्तियाँ हैं जो उपकरणों बिजली के झटकों से बचाने के लिए प्रयुक्त की जाती हैं ।

अर्थ स्विच (Earth switch) : यह एक स्विच है जिसे आमतौर पर खुला, और पृथ्वी और कंडक्टर के बीच जोड़ा जाता है । यदि स्विच बंद होता है तो यह इलेक्ट्रिक चार्ज को भूमि पर डिस्चार्ज करता है । जो बिन्द चार्ज की लाइन पर उपलब्ध होता है ।

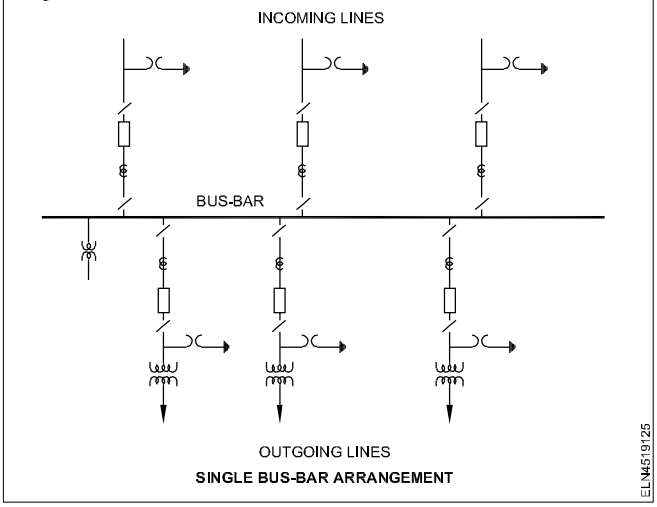
वेव ट्रेप (Wave trap) : यह उपकरण सबस्टेशन में स्थापित किया जाता है ताकि रिमोट सबस्टेशन से लाइन पर भेजे गए हाई फ्रिक्वेंसी संचार सिग्नल को ट्रेप करने और उन्हें सबस्टेशन कंट्रोल रूप में दूरसंचार पैनल में बदल दिया जा सके ।

कपलिंग केपेसिटर (Coupling capacitor) : कपलिंग केपेसिटर का इस्तेमाल सबस्टेशन में वहाँ किया जाता है, जहाँ कम्युनिकेशन या संचार AC पावर लाइन द्वारा किया जाता है । यह हाई फ्रिक्वेंसी केरिअर सिग्नल के लिए बहुत कम प्रतिबाधा (impedance) प्रदान करता है और उन्हें लाइन मेचिंग यूनिम में प्रवेश करने और लोफिक्वेंसी को ब्लॉक करने की अनुमति देता है।

बुस-बार (Bus - bar) : जब समान वोल्टेज स्तर पर संचालित होनेवाली लाइनों की संख्या को इलेक्ट्रिकली जोड़ने की जरूरत होती है वहाँ बुस-बार का उपयोग किया जाता है। बस बार कॉपर या एल्युमिनियम के बने हुए कंडक्टर होते है, जो बहुत कम प्रतिबाधा और हाई करंट को ले जाने की क्षमता रखते हैं। विभिन्न प्रकार की बुस-बार व्यवस्था जैसे सिंगल बुस-बार व्यवस्था, सिंगल बसबार सेक्शन लाइजेशन, डबल बुस-बार व्यवस्था, सेक्शन लाइज्ड डबल बस बार व्यवस्था, डबल मेन और सहायक बुस-बार व्यवस्था, ब्रेकर और हाफ स्कीम/1.5 ब्रेकर स्कीम और रिंग बुस-बार स्किम है।

सिंगल बुस-बार व्यवस्था (Single bus-bar arrangement) : इसमें सिंगल बुस-बार शामिल है / इनकमिंग और आउटगोइंग दोनों सिंगल बस बार से जुड़े होते हैं (Fig 5). इस व्यवस्था के फायदे कम रखरखाव, कम प्रारंभिक लागत और सरल आपरेशन है । इस व्यवस्था की कमी यह है कि अगर कोई भी मरम्मत कार्य बुस-बार पर किया जाता है, तो पूरी प्रणाली बाधित हो जाएगी ।

Fig 5

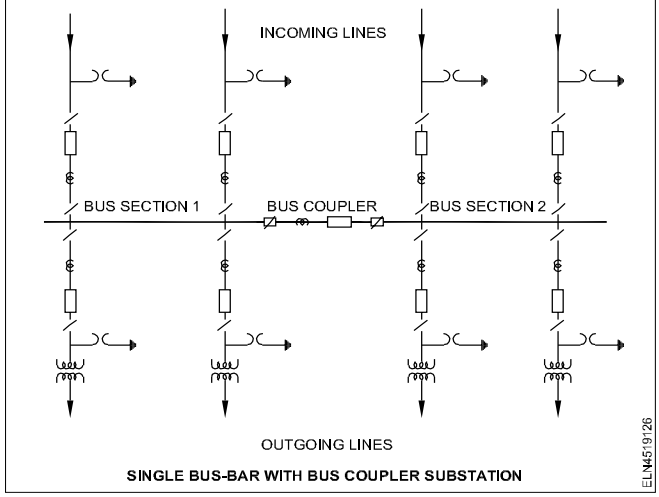


SINGLE BUS-BAR ARRANGEMENT

सेक्शनलाइजेशन के साथ बुस-बार (Single bus-bar with sectionalization) : सिंगल बुस-बार को सेक्शन में बांटा गया है । सर्किट ब्रेकर और आइसोलेटर्स द्वारा कोई भी दो सेक्शन जुड़े होते हैं । दोष या रखरखाव के दौरान विशेष सेक्शन को डी. एनरजाइज्ड (सक्रियहीन) किया जा सकता है । यह सिस्टम को पूरे तरह से बंद करने से बचाता है ।

Fig 6 दर्शाता है कि दो इनकमिंग और दो आउट गोइंग लाइन बस सेक्शन I से जुड़ी है और दूसरी दो इमकमिंग और दो आउटगोइंग लाइनों को बस कपलर के द्वारा बस सेक्शन 2 से जोड़ा हुआ है ।

Fig 6

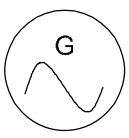


SINGLE BUS-BAR WITH BUS COUPLER SUBSTATION

डबल बुस-बार व्यवस्था (Double bus - bar arrangements) : इस व्यवस्था को डुप्लीकेट बुस-बार सिस्टम के रूप में भी जाना जाता है । इसमें दो बार-बार मुख्य और अतिरिक्त ('spare') एक ही क्षमता की होती है। इनकमिंग और आउटगोइंग लाइनों को बस-कपलर, ब्रेकर और आउसोलेटर या तो बस से जोड़ा जा सकता है । सर्किट की सप्लाय की निरंतरता की मुख्य बस- के रखरखाव के दौरान या उसके पर होने वाले दोष पर को बनाए रखा जा सकता है ।

सबस्टेशन के लिए सिंगल लाइन डायग्राम (Single line diagram for substation) : कोई भी काम्पलेक्स पावर सिस्टम बल्कि 3 फेस सर्किट है, सिंगल लाईन डायग्राम द्वारा दर्शाया जा सकता है, इलेक्ट्रिक पावर सिस्टम के विभिन्न इलेक्ट्रिक घटकों को दिखाता है और उनका एक दूसरे से संबंध को भी दिखाता सिंगल लाईन में सबस्टेशन के विद्युत घटक जैसे पावर ट्रांसफार्मर, इनकमिंग और आउटगोइंग लाइन, बुस-बार, स्विचिंग और सुरक्षा उपकरण, मानक प्रतीकों द्वारा दर्शाया जाता है और उनके बीच उनके इंटरकनेक्शन लाइन द्वारा दिखाया जाता है । सिंगल लाइन डायग्राम सबस्टेशन ले आउट की प्लानिंग बनाने में उपयोगी होते हैं ।

सब स्टेशन घटकों को दर्शाने के लिए प्रयुक्त कुछ मानक प्रतीकों को नीचे तालिका में दिया गया है ।

क्र.सं.	पावर भाग	चिह्न
1	AC जनरेटर	
2	बुस बार	

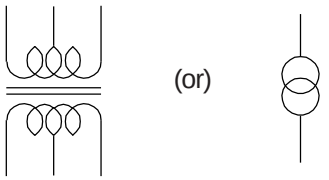
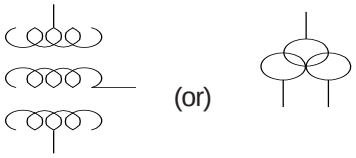
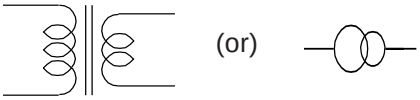
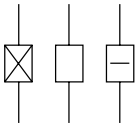
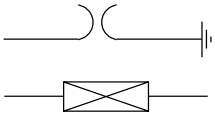
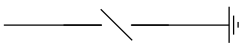
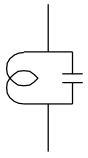
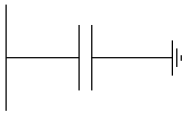
क्र.सं.	पावर भाग	चिह्न
3	पावर ट्रान्सफार्मर - दो वाइन्डिग	 (or)
4	तीन वाइन्डिंगवाला ट्रान्सफार्मर	 (or)
5	करन्ट ट्रान्सफार्मर (CT)	
6	बोल्टेज ट्रान्सफार्मर अथवा पोटेन्शियल ट्रान्सफार्मर (PT)	 (or)
7	सर्किट ब्रेकर (CB)	
8	सर्किट ब्रेकर आइसोलिटर के साथ	
9	आइसोलेटर अथवा समुह प्रचालित स्विट्च (GOS)	
10	बीजली अरेस्टर (LA)	
11	अर्थ स्विट्च (ES)	
12	वेव अथवा लाईन टेप	
13	कपलिंग कैपेसिटर (CC)	

Fig 7 और 8 में सबस्टेशन ले आउट ड्राइंग के उदा. (1 & 2) के साथ सारे उपकरण के सिम्बोल या प्रतीक को दिखाया गया है ।

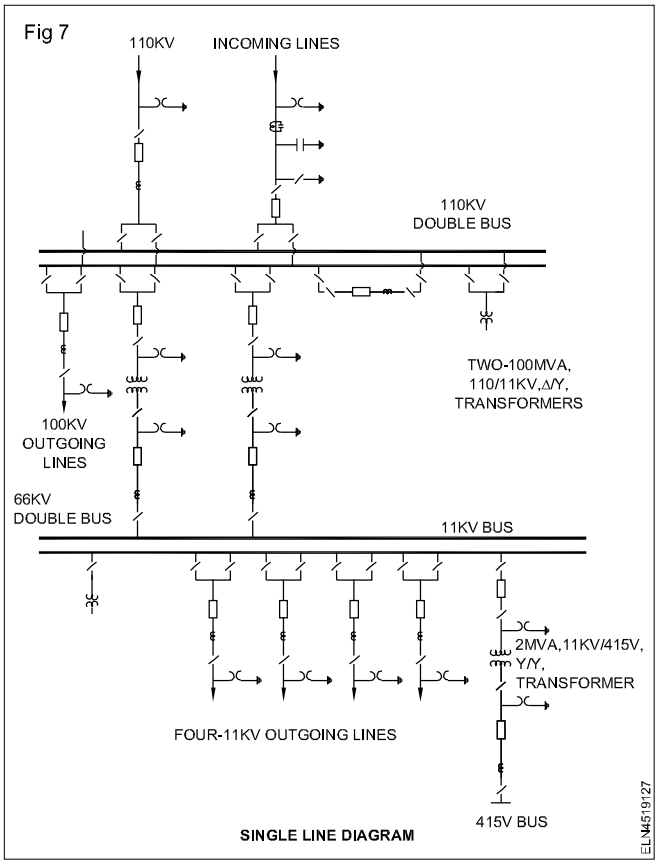
उदाहरण 1

निम्न उपकरण वाले सबस्टेशन के सिंगल लाईन डायग्राम को बनाइये ।

i इनकमिंग लाइन्स : Two, 110KV

ii आउटगोइंग लाइन्स : (a) One, 110KV (b) Four, 11KV

iii ट्रांसफार्मर : (a) Two, 100MVA, 110/11KV, Δ/Y (b) 1, 2MVA, 11KV/ 415V, Y/Y



iv बुस-बार : 110KV- डुप्लीकेट बुस-बार, 11KV सिंगल बुस-बार CTs, PT आइसोलेटर लाइटनिंग अरेस्टर, सर्किट ब्रेकर की स्थिति को दर्शाता है ।

Fig 7 में सबस्टेशन का सिंगल लाइन डायग्राम दिखाया गया है ।

उदाहरण - 2

पोल माउण्टेड सबस्टेशन का सिंगल लाईन डायग्राम खिंचिए। पोल माउण्टेड सबस्टेशन का प्रारूपी सिंगल लाईन डायग्राम Fig 8 में दर्शाया है।