Unit - 1

Hydroelectric Power Plant

Hydroelectric power plant :-

इस तरह के plant में गिरते हुए Water की energy को use करके power generate किया जाता है। इसमें power generate करने के लिए Water को Dam बनाकर Collect करते हैं। यहाँ Kinetic energy, mechanical energy में Convert होती है। जब Water को turbine में flow कराया जाता है तो turbine Water की hydraulic energy को mechanical energy में Convert करता है। turbine और Alternator Coupled रहते हैं। Alternator इस Mechanical Energy को Electrical Energy में Convert करता है।

Hydroelectric power station के main factor :-

(i) Capital Cost of plant.

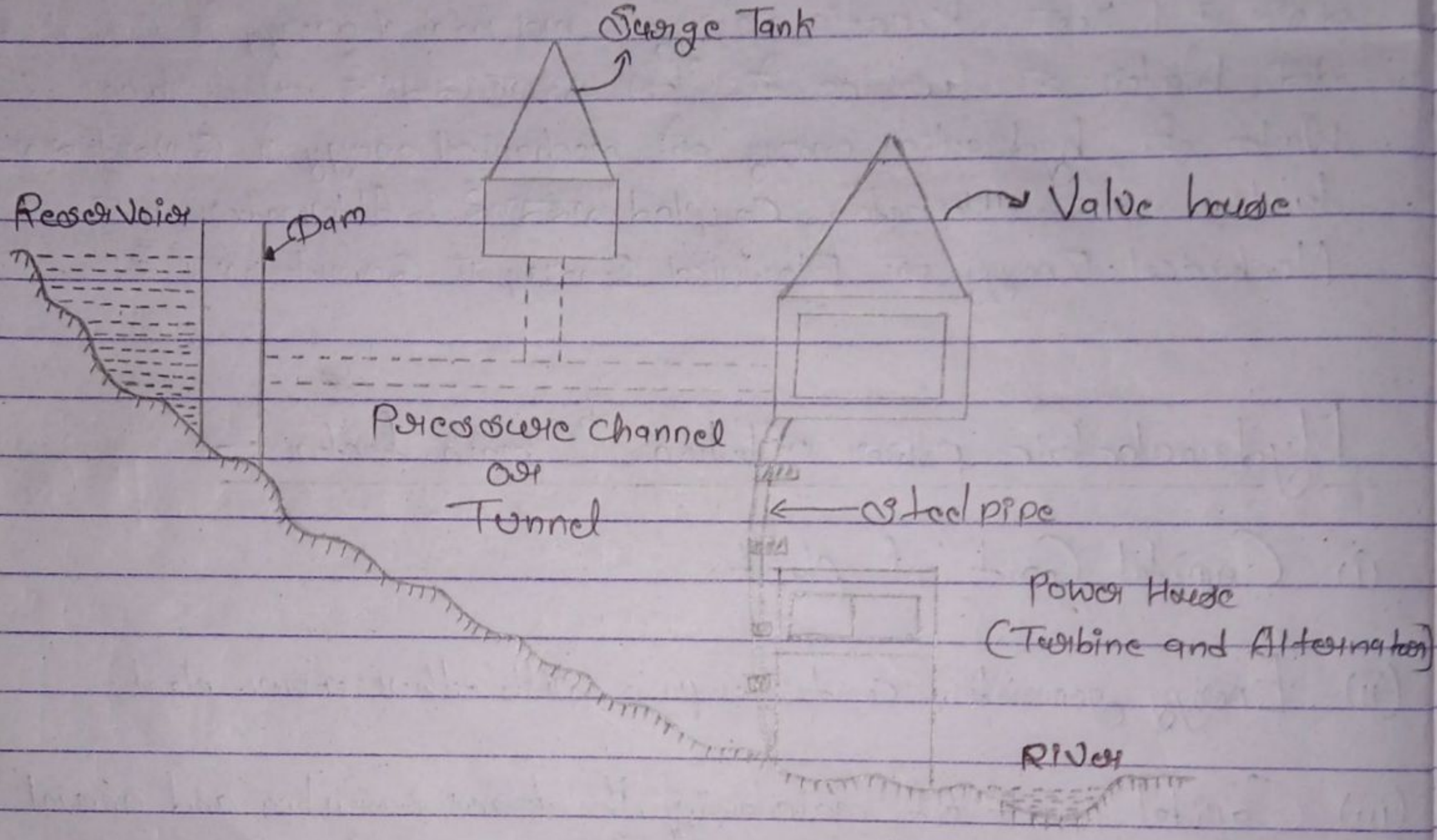
(ii) Energy generation cost Compare with other power plant.

(iii) Capital cost of maintaining the transmission line and annual energy loss in transmission.

Equipment used in Hydroelectric power plant :-

(i) Storage reservoir
(ii) Dam
(iii) Surge tank
(iv) penstock
(v) spill way
(vi) Water turbine

(vii) Trash Rack
(viii) Alternator
(ix) Draft tube
(x) Tail race



[Fig.- Hydroelectric power plant]

(i) Storage reservoir :- किसी Hydroelectric power plant के लिए इसकी बहुत ही जरूरत होती है। इसका मुख्य कार्य वर्षा ऋतु में Water को Store करना एवं सूखे मौसम में प्रदाय करना।

(ii) Dam :-
Dam का कार्य Collected water के स्तर को ऊँचा करना है जो Water Collection की Capacity को बनाता है। कई बार ऊँचे Dam केवल पानी उपलब्ध करने के लिए बनाये जाते हैं। Dam, River के Water के flow को turbine की तरफ मोड़ता है।
Dam normally संकीर्ण नदी घाटी पर बनाया जाता है। Concrete Dam की व्यवस्था निर्माण के दौरान नदी का प्रवाह अच्छा रहता है।

(iii) Trash rock :-
Dam से Water के flow के रास्ते में एक कूड़ा रोधी Tank लगाया जाता है जो अपशिष्ट पदार्थों को आगे flow होने से रोकता है। कूड़ा रोधी टैंक के न होने से कूड़ा Dam के Gate या turbine को Harm पहुँचा सकता है। Mostly सर्दियों के दिनों में बर्फ से होनी वाली समस्याओं का समाधान किया जा सकता है।

(iv) Surge Tank :-
Surge tank, Water hammer tank का use करके Water hammer effect को observe करने के लिए होता है यदि governor द्वारा से अचानक turbine को पानी दे देने वाली gate close

हो जाये तो turbine में Water flow का ratio कम हो जाता है तथा Penstock में Water pressure अचानक बढ़ जाता है Surge tank उस Water hammer को अवशोषित कर लेता है।

(V) Penstock :- reservoir से Water turbine तक जिन pipes द्वारा पहुंचाया जाता है उन pipes को penstock कहा जाता है।

(vi) Spill way :- बाढ़ के समय reservoir में Water की quantity बहुत अधिक हो जाती है जिससे Water level, Danger point से ऊपर चला जाता है जिससे Dam को Harm पहुंच सकता है। अतः Extra water को निकालने के लिए रास्ता बनाया जाता है उसे Spill way कहा जाता है।

(vii) Water-turbine :- यह Water की Kinetic Energy को mechanical energy में Convert करता है।

(viii) Alternator :- Water turbine, Alternator से Coupled रहता है जिससे turbine के घूमने पर Alternator भी rotate होता है जिससे वह mechanical energy को Electrical Energy में Convert करता है।

(ix) Draft Tube:- यह एक Air resistance tube होता है जो Water को turbine से tail race तक पहुचाता है।

(x) Tail Race:- Tail race के through draft tube के द्वारा Water को river में flow कराया जाता है।

Advantages of Hydroelectric power plant:-

(i) इसमें बहुत ज्यादा fuel की आवश्यकता नहीं होती है।

(ii) इसमें बहुत ज्यादा pollution नहीं होता है।

(iii) इसका Use हम सिंचाई के लिए करते है।

(iv) इसमें ज्यादा Maintance की आवश्यकता नहीं होती।

(v) इसमें Man power की ज्यादा required नहीं होता।

(vi) It has longer life as compare to other power plant.

Disadvantages of Hydroelectric power plant :-

(i) Starting Capital बहुत ज्यादा होगा।

(ii) Transmission Cost High होगा। Because Hydro powerplant hilly areas में located होता है और Consumer उससे दूर होते हैं इसलिए transmission cost ज्यादा होगा।

(iii) इसमें जो Total power developed होता है वह पानी की उपलब्धता पर depend करता है।

Classification of Hydroelectric power plant :-

इसे 3 part में बांटा जा सकता है।

Availability of water Head

1. Low head
2. Medium head
3. high head

Quantity of water availability

1. Run of river plant with with pondage
2. Run of river plant without pondage
3. Storage type
4. Pump storage
5. Mini and micro hydro-electric power plant

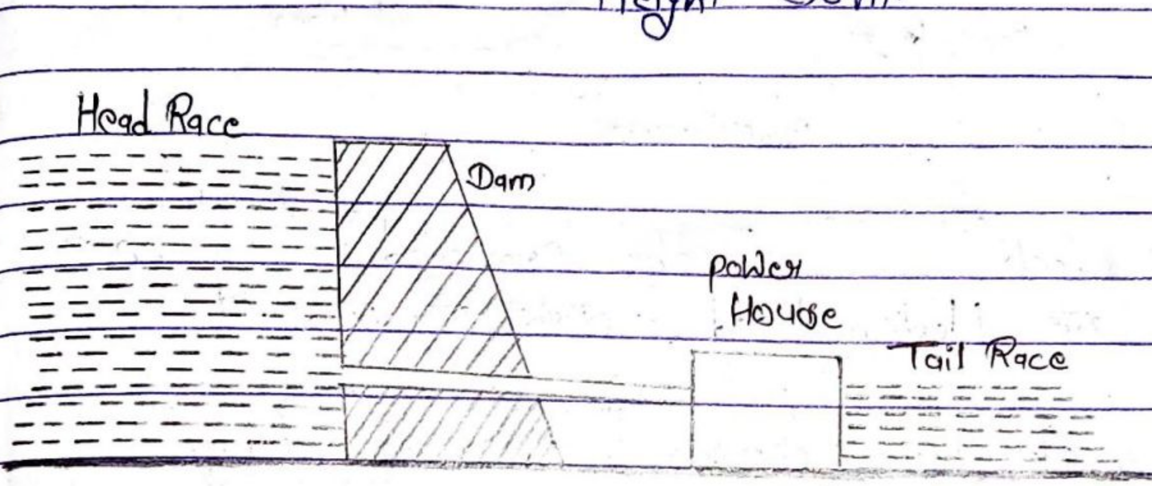
Nature of load

(i) Base load plant
(ii) peak load plant

The amount of power and therefore energy that you can generate is proportional to the head and the flow

(i) On the bases on head :-

(a) Low head :- इसकी Height 30m. तक होती है।



(i) इस Case में बहुत ही छोटा Dam बनाया जाता है, River के across necessary head provide करने के लिए।

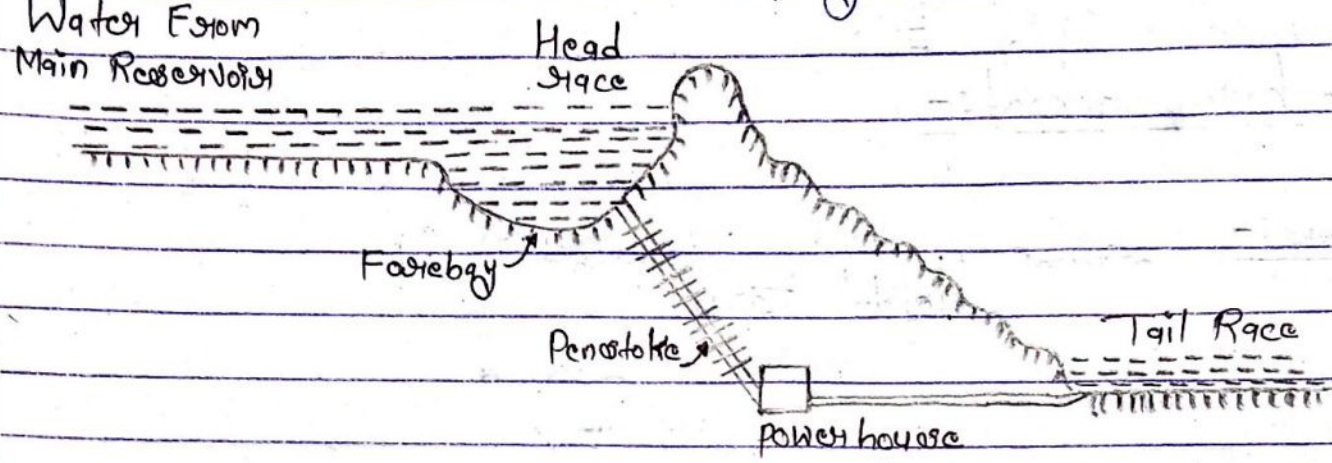
(ii) Axis Water, Dam के ऊपर से flow होने के लिए Allow करता है।

(iii) इस plant में Francis, propeller and Kaplan type के Turbine use करते हैं।

(iv) इसमें हमें Surge tank की आवश्यकता नही होती है।

(v) यहाँ Electricity का production कम होगा क्योंकी यहाँ Water head low होगा।

(b) Medium Head :- इसकी Height 300m. के. होनी चाहिए।



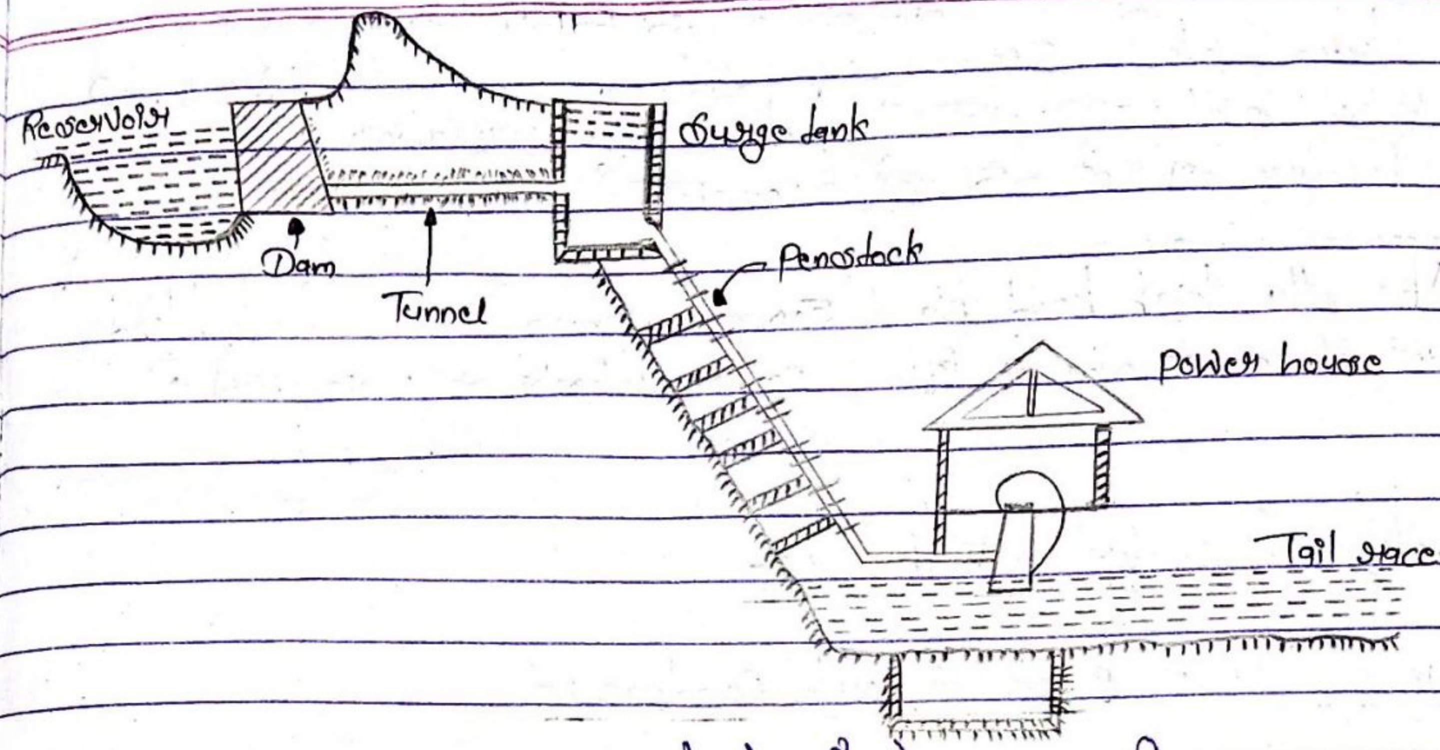
(i) इसमें mainly penstock से पहले Forebay provided होता है। Water reservoir के लिए यह Medium Head की तरह कार्य करता है।

(ii) इस plant मे Water main reservoir के through forbay मे उसके बाद Penstock में जाता है।

(iii) इस plant मे forebay, Surge tank की तरह act करता है। इसमें Francis type turbine use करते है।

(C) High Head plant :- इसकी Height 300m. से ज्यादा होती है।

(i) Mainly इस Type के plant मे Pressure tunnel, surge tank से पहले provide होता है जो की Penstock से Intercd Connect होता है।



(ii) Penstock fero steel pipe होता है जो Water की large quantity को Valve house से power house तक पहुचाता है।

(iii) Valve house में Main sluice gate होता है और Automatic isolating valve होता है।

(iv) Surge tank एक Open tank होता है जो beginning of penstock और Valve house के बीच Connect होता है।

(v) Surge tank के Absence में Water hammer Fixed gate को damage कर सकता है।

(vi) बहुत सारे Dam में Sluice Gate provide होता है।

(vii) Sluice gate को Open कर देते हैं जब पानी अपने स्तर से Bilow level चला जाता है And जैसे Irrigation के लिए पानी का Shortage होता है तब उसे open करते हैं।

(viii) Normally high head plant 500m. के above होते हैं और Head के लिए above 500m के लिए pelton wheels का use करते हैं।

Quantity of water availability :-

(a) Run of river plant without Pondage :-

(i) जब river, hilly region से flow होता है तो flow होने वाला Water directly turbine से fed होता है।

(ii) यहाँ पानी को कहीं भी Store करके नहीं रखते हैं।

(iii) पानी जहाँ से आ रहा है वहीं से उसका Use करते हैं।

(iv) इसकी Generation capacity water के flow rate पर depend करती है।

(v) इस Type के plant का Cost कम होता है।

(b) Run of river plant with pondage :-

(i) off peak hour के time reservoir Water को store करने के लिए allow करता है और Someday peak hour के time उसे use करता है।

(ii) Most of run of river power plant के पास नदी के full width के across dam होता है।

(iii) Electricity generation के लिए river के Water का full utilization होता है।

(iv) इस River की usefulness pondage के कारण बढ़ जाती है।

(v) यह plant more usefull है run of river plant without pondage के compare में।

Storage type :- (i) पानी को Rainy season के time store करके रखते है और Dry season में supply करते है।

(ii) पूरे World में Hydro power plant mostly, storage type ही होते है।

(iii) इस type के plant में पानी Dam के पीछे store होता है।

(iv) इस type के plant में पानी पूरे year available होता है। Dry season में भी।

(v) इस type का power plant efficient होता है।

(vi). इसका use base load plant और peak load plant के time करते है।

Pump storage :- पानी turbine के through पास होने के बाद वापस tail race में head race में pump back किया जाता है off peak period के time.

Mini and Mirco Power plant :-

(i) Mini plant मे head 20 meter तक होता है। Mirco plant head up to 5 meter होता है।

(ii) Mirco hydroelectric power plant की capacity upto 10 kW to 100 kW होती है and mini power plant की capacity upto 100 kW to 2 MW होती है।

Types of Hydraulic turbine :-

Hydraulic turbine water की energy को mechanical energy में convert करता है जो Alternator को drive करता है जो high efficient होते है और construction मे simple होते है इसे easily control कर सकते है ये सभी size मे available होते है upto 10 लाख Hp with 100 rpm varring in large turbine and 1000 rpm small turbine में vary कर सकते है।

Classification of Hydraulic turbine :-

(i) According to type of energy availability :-

(a) Impulse turbine :- (i) Impulse turbine में nozzel से pipe के आगे connect होता है।
exp.→ (pelton turbine)

(ii) यहाँ जो Energy available होती है वह total energy, kinetic energy में convert हो जाता है।

(iii) जब Water nozzel का use करके penstock से काफी दूर आते हैं तो उसमें pressure energy और kinetic energy दोनों होती है। ←

(iv) लेकिन Nozzel का use करके maximum pressure energy, kinetic energy में convert हो जाती है मतलब जो energy available होती है वो kinetic energy available होती है।

(v) ये High velocity से Vanes पर पड़ती है तो pelton weels Anticlock-vice घूमने लगती है।

Impulse turbine में जो भी Water निकलता है वो Atmosphere pressure से subjected होता है। जब fluid निकलता है और नीचे गिरता है तब भी वह atmosphere pressure से subjected होता है।

(b) Reaction turbine :- (Francis turbine) यह close होता है। यह pipe रहता है जिसमे Water line से directly connect potential energy और kinetic energy दोनों available होता है। Reaction turbine का use generally lower head वाली sites के लिए किया जाता है।

(ii) According to direction of flow through runner :-

(a) Tangential flow turbine :- (exp.) → pelton turbine
यहाँ जो Water flow हो रही है वो runner के tangent direction में है।

(b) Radial flow turbine :-
JB (James bicheno) Francis ने सबसे पहले जो turbine design की थी वो radial flow turbine थी।

exp. → Francis turbine

इस Type के turbine में दो parts होते हैं :-

(i) Inward radial flow turbine
(ii) Outward radial flow turbine

➡ • Pipe line के आगे Francis turbine connected होता है।

• Francis turbine के अंदर guide venes होते है जो fluid को guide करते है और direction provide करते है फिर बीच में जो runner लगा रहता है उसे Water rotate करता है उसे ही radial flow turbine कहते है। यहाँ जब fluid बाहर से अंदर की ओर आ रहा हो तो उसे Inward radial flow turbine कहते है और जब fluid अंदर से बाहर की ओर जा रहा हो तो उसे Outward radial flow turbine कहा जाता है।

(c) Axial flow turbine :-
exp.→ (kaplan turbine)

इसमे जिस direction में shaft है उसी direction में fluid flow होता है इस kaplan turbine को Axial flow turbine भी कहते है।

(d) Mixed flow turbine :-

Model francis turbine को ही Mixed flow turbine कहा जाता है। present में इसी turbine का ज्यादा use होता है।

Guide Vanes

(iii) According to head :-

(a) low head
(b) Medium head
(c) High head

Auxiliaries of Hydroelectric power plant :-

• Hydro power plant के auxiliaries के लिए governor oil system, Lubricant oil pump, drain dewash pump, Cooling oil pump, Air compressor, piping relay, exciter etc. ये सभी include होते हैं।

• हर Hydro system step up substation के through high Voltage transmission system से Connected होते हैं जिसमें usual equipment जैसे - Transformer, circuit breaker, lighting arrester, isolator relay इत्यादि आते हैं।

• Almost सभी auxiliaries station electrically driven होते हैं। auxiliaries power supply neighbouring substation से प्राप्त करते हैं।

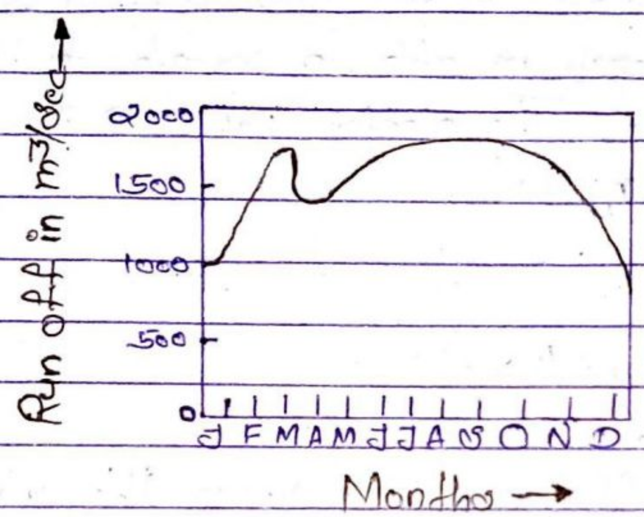
Hydro Graph :-

यह एक विशेष Riverside के time के साथ $m^3/sec.$ में stream flow के Variation को Show करता है। यह time Week, Month or year हो सकता है। यह Chronological load curve के similar होता है।

A hydro graph provides the following information:-

(i) The maximum and minimum run off during period.

(ii) The mean run of during the period.



Run off :- Rainfall का एक छोटा सा part ही power generation के लिए use किया जा सकता है। Rain water का एक significance part evaporates (वाष्पित) हो जाता है। कुछ remaining water soil में और कुछ part vegetation (वनस्पति) द्वारा लिया जाता है। Catchment area के ground surface पर remaining water का प्रवाह streams में होता है। इसे ही Run off कहा जाता है।

Stream flow :- A knowledge of a quantity of water flowing in the stream and it's variation with time with time over a periode of many years is necessary to estimate the available energy.

Water power :- Hydroelectric protects harness water for generation of electric energy. When water drops through a height it's energy is able to rotate turbine which are coupled to Alternators. The electric power P is the given by $P = \frac{735.5}{75} \cdot QH \cdot \eta$ kw

Where,

Q = Discharge (m^3/sec)
H = Water head (meter)
η = Over all efficiency of turbine Alternator set

Numerical problems

(i) A Hydro plant operate under and effective head of 100m and a discharge of 200 m^3/sec. If the efficiency of turbine Alternator set is 0.9 find the power devepled.

Slove :- Head = 100m
discharge = 200 m^3/sec
η = 0.9

Valuess put in a formula –

$$P = \frac{735.5}{75} \times 200 \times 100 \times 0.9$$

$$\boxed{P = 1,76,560 \text{ Watt}}$$ (Ans)

(ii) A avg. rate of flows in flow during 12 Months for a river are as under

January	1000 m^3/sec	July	2400 m^3/sec
February	800 m^3/sec	August	2400 m^3/sec
March	600 m^3/sec	September	1000 m^3/sec
April	400 m^3/sec	October	400 m^3/sec
May	400 m^3/sec	November	400 m^3/sec
June	1200 m^3/sec	December	1000 m^3/sec

plot the Hydrograph, find the avg. in flow and power that can be developed at effective head of 150 M. and a turbine generator efficiency .85

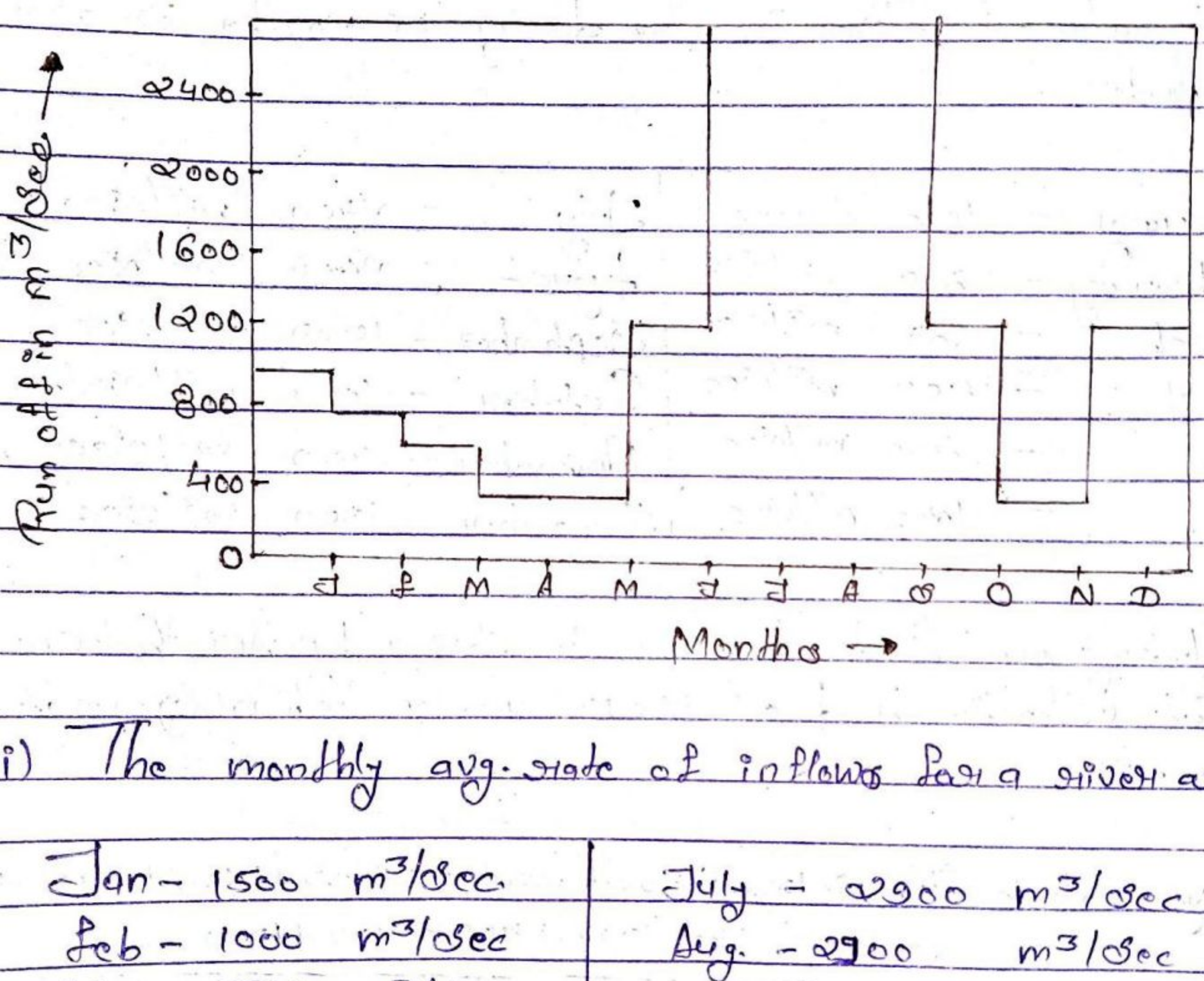
Solve → Avg. rate in flow ⇒

$$\frac{1000+800+600+400+400+1200+2400+2400+1000+400+400+1000}{12}$$

$$= 1000\ m^3/sec$$

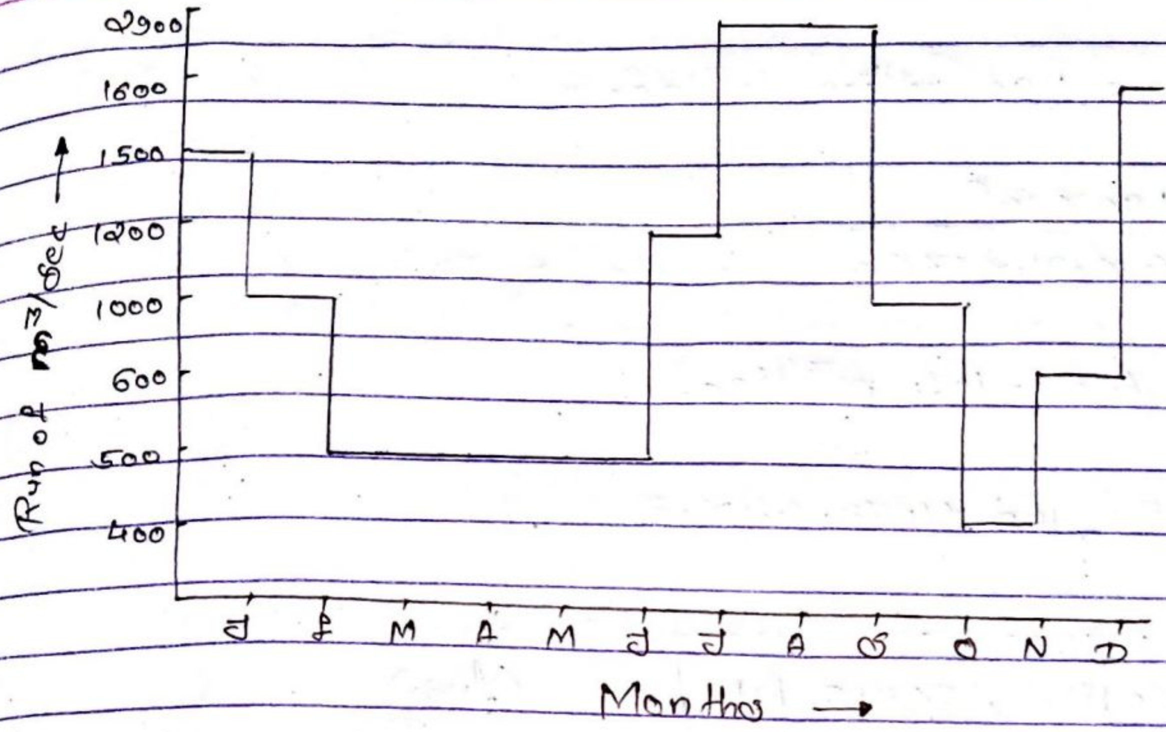
$$P = \frac{735.5}{75} \times 150 \times 1000 \times .85$$

$$\boxed{P = 1250350 \text{ kW}} \quad \text{(Ans.)}$$



(iii) The monthly avg. rate of inflows for a river are as under

Jan - 1500 m³/sec	July - 2900 m³/sec
Feb - 1000 m³/sec	Aug. - 2900 m³/sec
March - 500 m³/sec	Sep. - 1000 m³/sec
April - 500 m³/sec	Oct - 400 m³/sec
May - 500 m³/sec	Nov - 600 m³/sec
June - 1200 m³/sec	Dec - 1600 m³/sec



(iv) The run of data of a river as under

Jan - 80 million m^3/sec	July - 150 million m^3/sec
Feb - 50 million m^3/sec	Aug. - 200 million m^3/sec
March - 40 Million m^3/sec	Sep. - 250 million m^3/sec
April - 20 Million m^3/sec	Oct. - 120 million m^3/sec
May - 0 million m^3/sec	Nov. - 100 million m^3/sec
June - 100 million m^3/sec	Dec. - 80 million m^3/sec

Find power available at mean flow. If head available in 100 m and efficiency of generation is 80% take each month of 30 Days.

Solve

Mean = 1190 million m^3/sec

$$\Rightarrow Q = \frac{1190 \times 10^6}{30 \times 24 \times 3600}$$

$$\Rightarrow Q = 459.104 \ m^3/sec$$

$$\Rightarrow P = \frac{735.5}{75} \times 100 \times 459.104 \times .8$$

$$\boxed{P = 360182.3915 \ kW}$$ (Ans.)

Synchronous generator in Hydro power station :-

Hydroelectric generator एक energy converter होता है जो mechanical energy को electrical energy में convert करता है। यहाँ पर दो main type के AC generator होते हैं -

(i) Synchronous generator
(ii) Induction generator

Selection of Generator :-

(i) Maximum turbine power
(ii) Runway speed of turbine
(iii) Reactive power supply
(iv) Availability of grid supply

→ Comparision of Synchronous generator and Induction generator

Criteria	Synchronous generator	Induction generator
(i) Capacity	यह हर Capacity के लिए applicable होता है।	यह small and medium के लिए ही applicable होता है।
(ii) Voltage regulation	इसमें Voltage regulation possible होता है।	इसमें Voltage regulation possible नहीं होता है।
(iii) power factor regulation	इसमें possible होता है।	इसमें Not-possible है।
(iv) Cost	इसकी Cost High होती है।	इसकी Cost cheap होती है।
(v) Construction	इसका Construction complicated होता है।	इसका Construction simple होता है।
(vi) Simple operation	इसमें possible होता है।	इसमें possible नहीं होता है।

Synchronous Generator के दो part होते है-

(i) Stator
(ii) Rotor

Stator :- इसका laminated Core .4 to .5 होता है dynamo steel का

Rotor :- Water wheel का generator salient pole का बना होता है और poles में steel plates होते हैं जो Heavy and plates के द्वारा clamped होते हैं।

Design of Synchronous Generator :-

(i) Lower Cost
(ii) Smaller Size
(iii) Wider temperature limit
(iv) lower Weight
(v) Minimum loss
(vi) better performance under No-load and loaded condition

Mostly को generator design किये जाते हैं। 3 phase 62.5 KVA salient pole synchronous generator is design for 50 KW Hydro power plant and single phase 2 KVA salient pole synchronous generator is design for 1.6 KW Hydro power plant.

Note :- हम Mostly Hydro power plant के लिए synchronous generator को ही select करते हैं।

Construction of 2 KVA Synchronous Generator:-

(i) यहाँ Synchronous generator की position vertical होती है। because ये hydraulic turbine से directly coupled होते हैं।

(ii) इस type का turbine low head propeller turbine होते हैं।

(iii) इसकी speed 100 revolution per min. होता है।

(iv) इस type के Generator में total 6 No. of poles होते हैं इसकी turbine की speed को match करने के लिए।

Date
Page 28

Unit - 2

Thermal and Nuclear power station

Thermal or steam power plant :-

जो Generating station जो कोयले द्वारा प्राप्त Steam को Electrical Energy में Convert करता है। उसे Thermal power plant कहा जाता है। The main and auxiliaries equipment are =

(i) Coal and Ash handling plant
(ii) Steam Generating plant :- (a) Boiler (b) Super heater (c) Economizer (d) Air pre heater
(iii) Steam turbine
(iv) Alternator
(v) Condenser

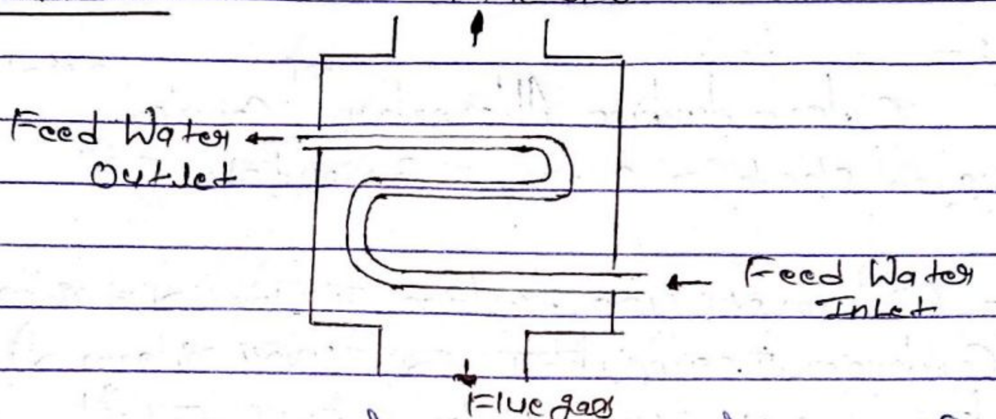
Coal को power station में road या train के through transport करके Coal storage plant से Coal को Coal handling plant में दिया जाता है, जहाँ Coal को power के रूप में बनाया जाता है या pulverized किया जाता है, ताकि Coal का Combustion easily हो सके फिर pulverized Coal को Conveyor belt के through, Boiler के furnace में दिया जाता है जहाँ Coal का Combustion होता है जिसे Ash handling plant में remove किया जाता है और Ash storage में Disposal के लिए deliver किया जाता है।

(i) Steam Generating plant :-

(a) **Boiler :-** Coal के Combustion से प्राप्त Heat को Boiler में present water को steam में Convert करने के लिए use किया जाता है।

(b) Super heater:-
Boiler से Heat मिलता है उसे हम Super heater में लाते हैं because boiler से प्राप्त Steam में कुछ नमी उपस्थित रहती है, उस नमी को दूर करने के लिए हम Super heater का use करते हैं।

(C) Economizer:-



Economizer flue gass से heat प्राप्त करके Boiler की ओर जाने वाली Feed water को heat प्रदान करता है। परिणाम स्वरूप boiler की efficiency बढ़ जाती है तथा feed water के High temperature के कारण fuel gass की बचत होती है।

(d) Air pre heater:-
Economizer और Super heater normally fuel gass से सम्पूर्ण ऊष्मा प्राप्त नहीं कर पाते अतः उस Heat का complete use के लिए Air pre heater का use किया जाता है। Air pre heater coal के Combustion के लिए supply किये गए Air को, fuel gass के heat को utilise कर उस Air के temperature को increase कर देता है। इससे Temperature efficiency increase हो जाती है।

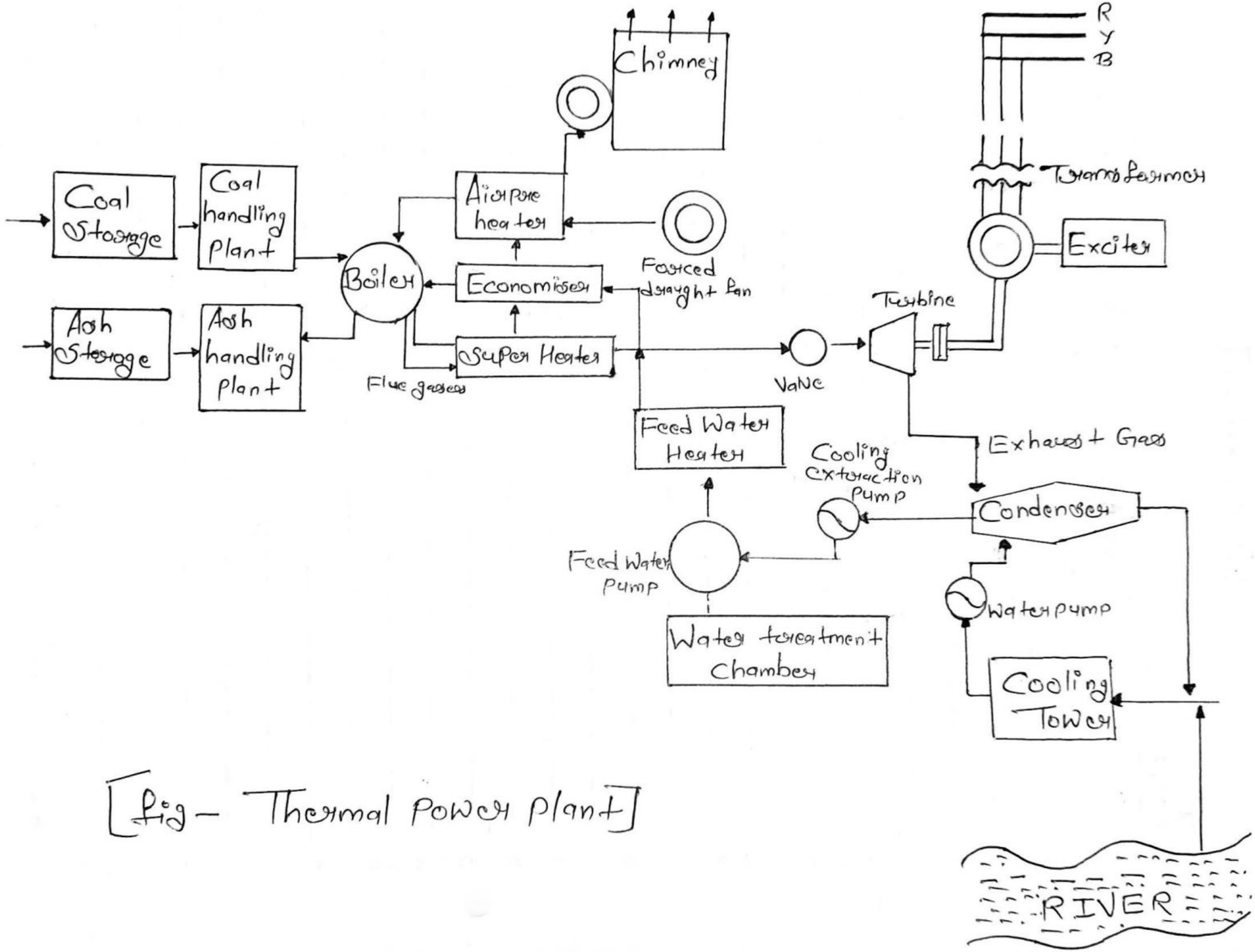
(ii) Steam turbine :-
Super heater से प्राप्त dry और super-heated steam को main valve के द्वारा steam turbine में दिया जाता है। Steam turbine, steam के Heat energy को mechanical energy में convert करता है।

(iii) Alternator :-
Steam turbine Alternator से coupled रहता है यह mechanical energy को electrical energy में convert करता है।

Condenser :- Steam का use turbine में होने के बाद steam को Condenser में supply किया जाता है। इस steam को Water में convert करके फिर से उसका use Boiler में किया जाता है।

(v) Feed Water :- Condenser के output को feed water, boiler में दिया जाता है. इस Feed Water को Water heater and economizer से heat किया जाता है जिससे plant की efficiency increase हो जाती है।

(vi) Water treatment plant :-
Boiler की long life and अच्छी efficiency के लिए साफ and soft Water की need होती है। Water source के लिए नदी, तालाब इत्यादि के पानी का use किया जाता है चूंकि इन पानी में अशुद्धियाँ रहती हैं, इसलिए हम Water treatment plant का use करते हैं।



[fig – Thermal Power Plant]

Advantages of Thermal power plant :-

(i) इसमे use किये जाने वाला fuel, cheap होता है।

(ii) Diesel plant के compare में running cost कम होता है।

(iii) इस plant को load center पर बनाया जा सकता है।

(iv) Hydro power plant के compare में कम place होगा।

(v) निश्चित क्षमता के अन्य power plant के compare में starting cost कम होगी।

Disadvantages :-

(i) इस plant से निकलने वाले अपशिष्ट पदार्थ और धुये से वातावरण प्रदूषित होता है।

(ii) Hydro power plant के compare में इसका running cost ज्यादा होता है।

(iii) इसका maintenance cost काफी expensive होता है।

Site selection of thermal power plant :-

(i) Supply of fuel
(ii) Availability of Water
(iii) Tranportation facility
(iv) Cost and type of land
(v) Distance from populated area

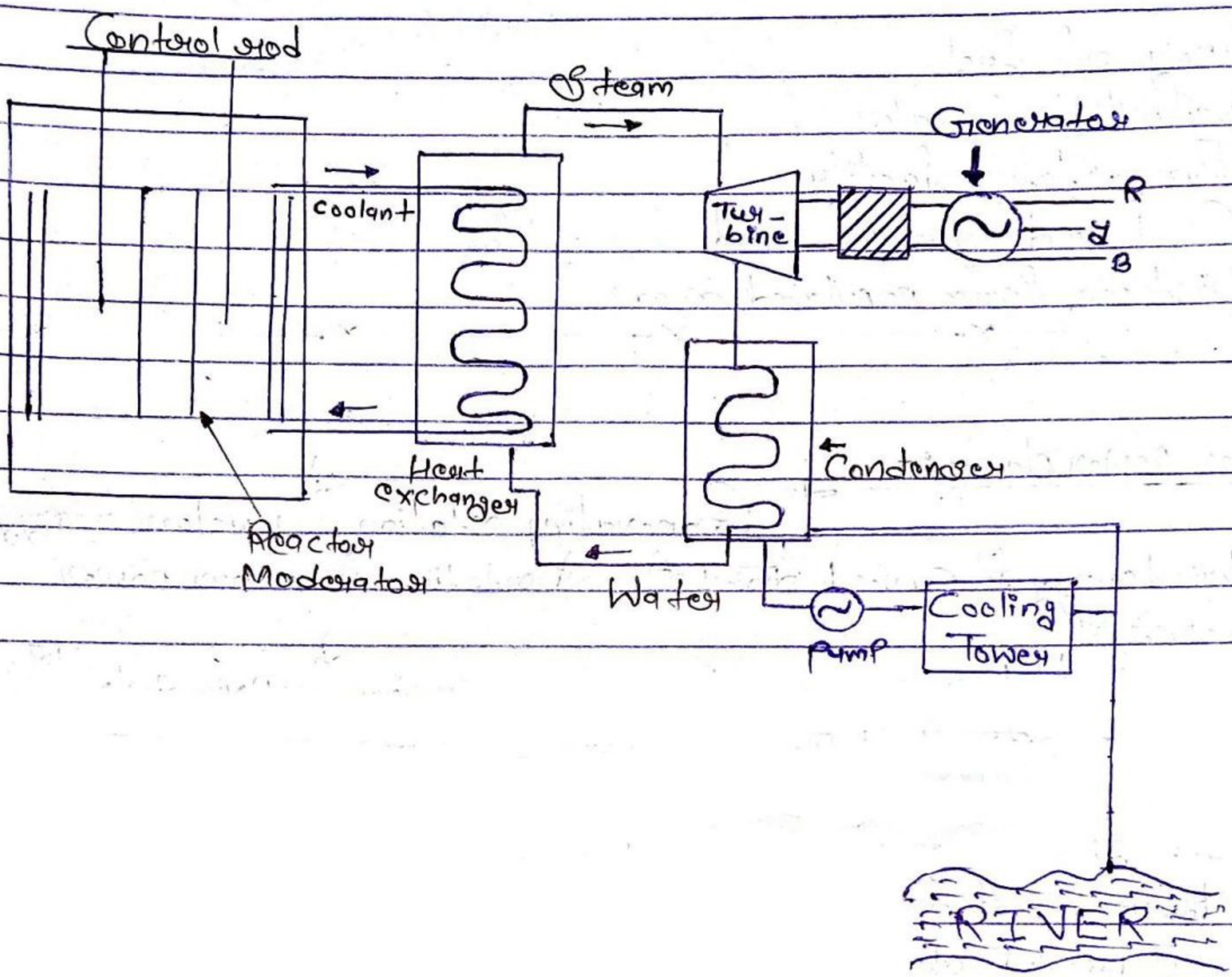
Nuclear power plant :-

वह Generating station जो nuclear energy को electrical energy में Convert करता है उसे station को nuclear power station कहते है।

Nuclear power plant nuclear fission के principle पर base होता है। इस plant में ईंधन के रूप में heavy element जैसे Uranium U-235 and Thorium Th-232 का use किया किया जाता है। इसके Fission से उत्पन्न Heat का use steam produce करने के लिए किया जाता है इस steam का use turbine and Alternator में किया जाता है जिससे electricity produce होती है।

Main parts of Nuclear power plant :-

(i) Nuclear reactor
(ii) Moderator
(iii) Shielding
(iv) Control Rod
(v) Reflector
(vi) Alternator
(vii) turbine
(viii) Coolant
(xi) Steam turbine


Control rod
Steam
Generator
coolant
Tur-bine
R
Y
B
Heat exchanger
Condenser
Reactor Moderator
Water
Pump
Cooling Tower
RIVER

(i) Nuclear reactor :- यह वह Instrument होता है जिसके अंदर nuclear fission होता है। Nuclear fission से उत्पन्न होने वाले Chain reaction को Control न किया जाये तो produce energy से यह blast हो सकता है। Nuclear reactor chain reaction को Control करता है।

(ii) Moderator :- Moderator, nuclear fission से उत्पन्न neutron की speed को कम करता है। Moderator के रूप में Hydrogen, beryllium, Lithium, graphite और भारी जल का use किया जाता है।

(iii) Shielding :- Nuclear fission से उत्पन्न Radio active किरणों को रोकने के लिए Shielding का use किया जाता है, Shielding के लिए Reactor के चारो ओर Concrete की मोटी दीवार बनाई जाती है।

(iv) Control Rod :- [Cadmium की rod] Nuclear reactor के Nuclear fission की speed को Control में रखने के लिए Control Rod का use किया जाता है। Cadmium strong neutron absorber होता है जब Control rod को reactor में push किया जाता है तो यह Fission neutron को absorber कर लेते है and कुछ ही neutron Chain reaction के लिए available होता है।

(v) Coolant :-
Reactor से Heat exchanger तक heat को पहुँचाने के लिए reactor में Coolant का use किया जाता है।

(vi) Steam turbine :-
Steam turbine में Heat exchanger द्वारा उत्पन्न Heat को Valve के through turbine तक पहुँचाया जाता है। यह Steam turbine, Steam energy को mechanical energy में Convert करता है।

(vii) Alternator :-
Alternator, Steam turbine से coupled रहता है। यह Steam turbine से प्राप्त mechanical energy को electrical energy में Convert करता है।

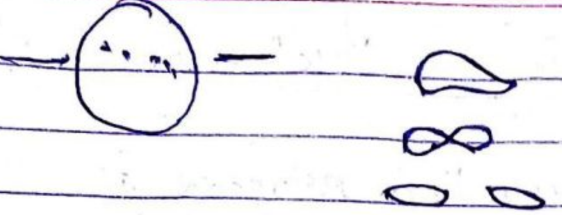
Site Selection of Nuclear power plant :-

(i) Water availability
(ii) Utilisation of Waste material
(iii) Distance from populated area
(iv) Transportation facility

Adout Chain reaction and Working of Nuclear power plant :-

Fission and fusion दोनों Nuclear reaction process में tremendous energy मिलेगी। Uranium ($_{92}U^{235}$) से हो nuclear fission की process होती है उस nucleus को break करने के लिए हम proton का use नहीं कर सकते Because उस nucleus में already proton होता है उस proton का nature, positively charged particle होता है और फिर हम proton भेजेंगे (Nucleus को Break करने के लिए) तो repulsion force बनेगा जिससे यह tolerate नही करेगा। हम Nucleus को break करने के लिए electron भी नही भेज सकते Because यह light particle होते है (इनका Mass बहुत कम - 9.1×10^{-31} kg होता है)। हम किसी small particle को भी Heavy चीज Break करने के लिए use नही कर सकते हमें Heavy mass वाले particle की need होगी जैसे → proton (1.6×10^{-27} kg) but हम proton use नही कर सकते Because proton repulsive force produce करेगा so हम Neutron use करेंगे क्योंकी यह easily nucleus को Break कर सकते है और उनमें किसी भी प्रकार का repulsive force नही लगता Because यह neutral particle होते है। So Heavy nucleus को small nucleus में break करने के लिए हमें ऐसे particle की need होगी जिसमें हमें कोई attractive या repulsive force की जरूरत न हो उसके लिए Neutron best particle होगा।

अगर एक Nucleus के अंदर बहुत ही fast neutron आये तो वह penetrate करेगा और आगे चला जायेगा और अगर वह slow neutron हो तो वह nucleus के अंदर चला जायेगा और उसकी stability को damage करेगा तो उसके अंदर ऐसी situation बनेगी -

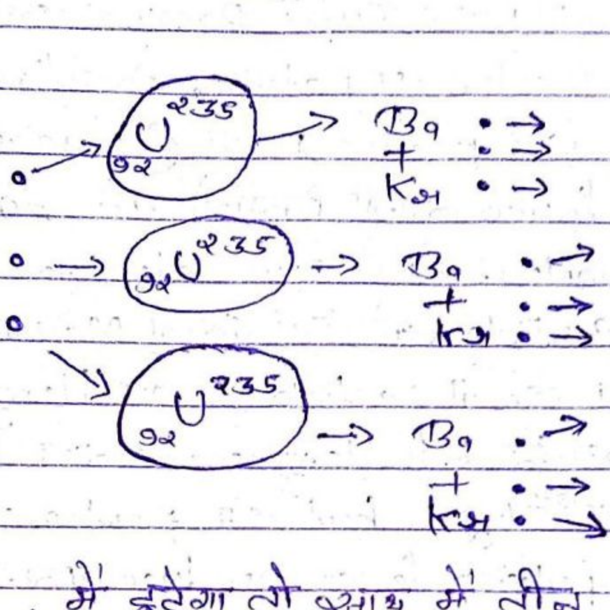


टूटने पर energy बाहर निकलेगी।

$$^{1}n_0 + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{144}_{56}Ba + ^{89}_{36}Kr + ^{3}_{0}n + energy \uparrow$$

$$^{235}_{92}U + _{0}n^{1} \rightarrow _{36}Kr^{89} + _{56}Ba^{144}$$

(Energy = 200 MeV)



यहाँ Uranium को part में टूटेगा तो साथ में तीन extra neutron भी मिलेगा और ये neutron बहुत ज्यादा energetic होते हैं उनकी उस speed को कम करने के लिए moderator लगाया जाता है। इस process में उसमें जो Heat मिलती है उसे उस rod के through Heat exchanger तक लाते हैं Heat exchanger में पहले से ही Water available होता है गर्म rod उस Water को steam में Convert करता है फिर उस steam को valve के through steam turbine में दिया जाता है जहाँ steam energy, mechanical energy में Convert होती है फिर उस mechanical energy को Alternator में दिया जाता है जहाँ mechanical energy, electrical energy में Convert होती है।

But steam की इतनी heavy quantity के कारण कुछ steam turbine में न जाकर Condenser में चले जाते हैं जहाँ यह गर्म steam वापस Water में Convert होता है यह Condenser Cooling tower and River से Connect होता है। Condenser में Convert Water बहुत गर्म होता है इसलिए कुछ Water river में चला जाता है and बचा हुआ Water Cooling tower में जाता है जहाँ पर इस Hot Water को Cool Water में Convert किया जाता है फिर इसे pump के through Heat exchanger में वापस लाया जाता है और ऐसे ही यह Process चलती रहती है।

Advantages of Nuclear power plant :-

(i) इसमें Coal, Oil, Gas की demand नहीं होता।

(ii) इसमें ~~इसमें~~ Storage के समाप्त होने का भय नहीं रहता

(iii) भारी क्षमता में ये बहुत ही economical होता है।

Disadvantages of Nuclear power plant :-

(i) Maintenance charge बहुत अधिक होता है।

(ii) Plant की radio active rays से रक्षा करनी पड़ती है।

(iii) इसमें Use होने वाला ईंधन Costly होता है।

(iv) इस plant के Construction में अन्य power plan के Compare में अधिक खर्चा आता है।

Unit-3
Variable Load on Generating Stations

Syllabus:-

- Structure of electrical power system.
- Connected load, Maximum demand, average demand, Demand factor, load factor, diversity factor and plant use factor and related numerical.
- Load curve and Load duration curve
- Base load and peak load on generating stations.
- Relationship between units generated per year, maximum demand and Load factor.
- Cost of electrical energy and related numerical problems.

Variable Load on Generating station/power station :-

power station या generating station में load कभी भी Constant नहीं रहता है यह Consumer की activity या demand के according vary होता रहता है।
Consumer के uncertain (परिवर्तनशील या अस्थिर) demand के कारण power station में load constant नहीं रहता बल्कि time to time vary करता है, इसे ही Variable load on generating station/power station कहते है।

Effect of Variable load on generating station:-

(i) Need of additional equipment / Material
(ii) Increase in production cost

1. Need of additional equipment / Material:-

Variable load के कारण power station में additional equipment की जरूरत पड़ती है। Exp. → Steam power station में Coal and main raw material की supply को भी vary करना पड़ता है। अगर increase power demand होतो हमें load की supply को increase and boiler में Water की supply को भी increase करना पड़ता है ताकि plant की हम Increase power demand को fulfill कर सके इसके लिए हमें plant में additional equipment को install करना पड़ता है।

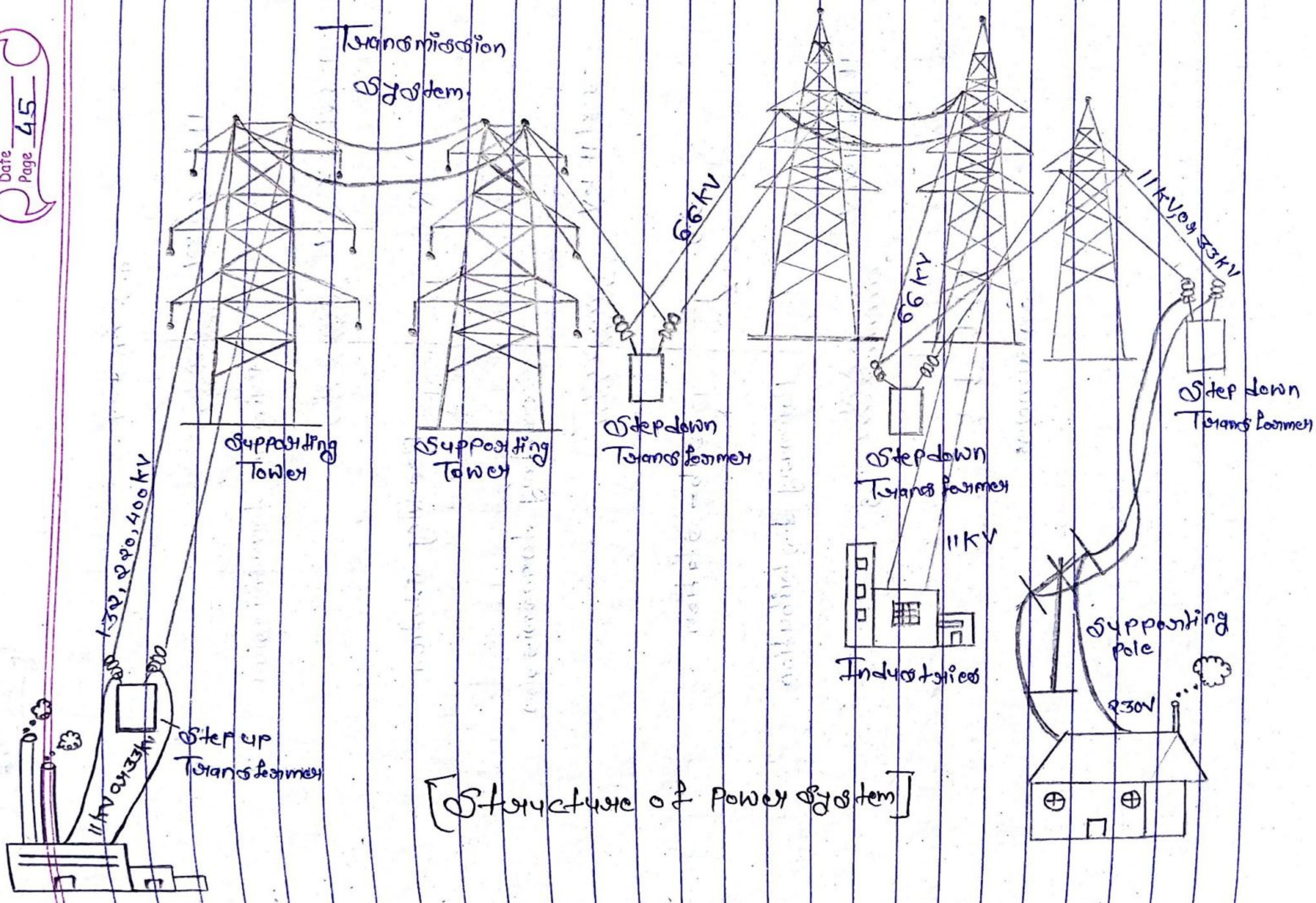
2. Increase in production Cost :-

power station में Variable load के कारण electricity energy produce करने का Cost भी increase होता है Alternator जब अपने rated capacity के near work करता है तभी उनकी efficiency high होती है अगर plant में हम single alternator का use करे तो Heavy load time उसकी efficiency बहुत poor होती जाती है इसलिए line में हम एक ही Alternator न लगाकर अलग-अलग Capacity के बहुत सारे Alternator लगाते हैं ताकि वह अपने rated capacity के near work कर सके अलग-अलग Capacity बहुत सारे Alterator (that is generating unit) लगाने से initial Cost high होता है जिसके कारण electrical energy produce करने का Cost भी increase होता है।

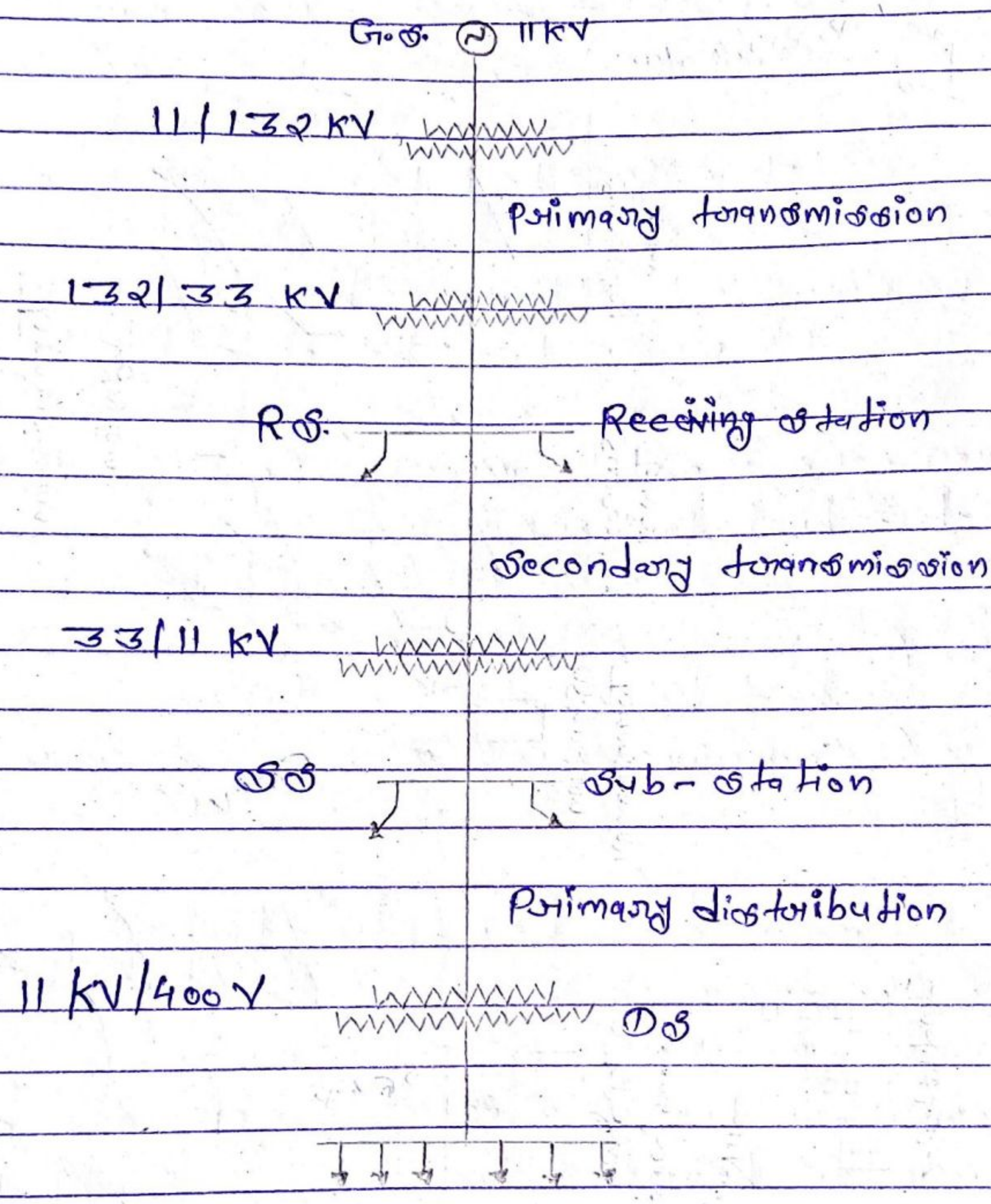
Structure of Electrical power system :-

Generation + Transmission + Distribution = power system

जो power system network है वह generation, transmission and distribution system से बना होता है यह Coal, diesel, Water इन सब की energy को use करके electrical energy में Convert करता है power system में कुछ device includ होते है जो system से Connect होते है जैसे → Synchronous generator, Motor, Transformers, Conductor, Circuit breaker etc power system में power plant, transformer, transmission line, sub-station, distribution line distribution transformer ये 6 main component होते है।



[Structure of Power System]


G.S. 11 KV
11/132 KV
Primary transmission
132/33 KV
R.S.
Receiving station
Secondary transmission
33/11 KV
SS
Sub-station
Primary distribution
11 KV/400 V
DS
Consumers

Generation :- Generator की help से कोई भी fuel का use कर या Water के pressure का use कर हम electricity produce करते है। Mechanical energy से Electrical energy का production या process या उत्पादन करने के लिए ... generator का use किया जाता है।

Transmission :- Generating station से sub-station तक electricity को ले जाना transmission कहलाता है Most of places में electrical power का production उसके उपयोग स्थल से दूर होता है अतः generating station से sub-station तक electricity ले जाना ही transmission कहलाता है। Transmission line, pole के through over head line के रूप में होती है या Under ground cable के रूप में होती है।

Distribution :- Transmission line से प्राप्त Voltage अधिक होता है इसलिए load center (sub-station) पर Voltage को step down कर सभी load को distribution line के through Distribute किया जाता है।

Connected load :- Connected load consumer के परिसर में installed equipment के Watt या KW में rating का addition है।

exp. किसी Consumer के परिसर में 2 bulb 60W के and 2 fan 60W. के है तो Consumer का total load कितना होगा ?

(i) 2 bulb 60W = 2×60 = 120 Watt
(ii) 2 fan 60 W = 2×60 = 120 Watt

total load = 240 Watt.

Consumer का total load 240 Watt है जो supply system में Connected है। Connected load कहलाता है।

Maximum Demand:- power station में given period में सबसे ज्यादा greatest load के demand को "Maximum Demand" कहते हैं।

- Maximum Demand हमेशा Connected load से कम रहता है, because सभी Consumer अपने सारे equipment को एक ही time पर on नहीं करते हैं।

- Maximum Demand का knowledge होना important होता है because यह plant की install capacity को determine करने में help करता है।

Demand Factor:- Maximum demand and Connected load के ratio को ही demand factor कहते हैं।

$$\text{Demand Factor} = \frac{\text{Maximum Demand}}{\text{Connected load}}$$

plant equipment की capacity determine करने के लिए demand factor का knowledge होना important होता है।

Average Load :- किसी power system में given period में (Day, Month, year) load का average ही average load या Average demand कहलाता है।

(i) Daily average load = $\frac{\text{No. of units generated in a day}}{24 \text{ Hours}}$

(ii) Monthly average load = $\frac{\text{No. of units generated in a month}}{720 \text{ Hours}}$

(iii) Yearly average load = $\frac{\text{No. of units generated in a year}}{8760 \text{ Hours}}$

:- Numerical problems :-

Question 1. →

A residential consumer has the following connected load -

8 bulb of 100 Watt each = 800 Watt
2 fans of 60 Watt each = 120 Watt
2 ligh plug point of 100 Watt each = 200 Watt

His use of electricity during a day is as under -

1 Midnight to 5 Am = 1 Fan
5 Am to 7 Am = 2 Fan and 1 light point
7 Am to 9 Am = NIL
9 Am to 6 pm = 2 fan
6 Am to midnight (12 Am) = 2 Fan 4 bulbs

Find ⇒ (i) Connected load (ii) Maximum Demand
(iii) Demand factor (iv) energy consumed during 24 Hour's
(v) Energy consumed in 24 hours if all devices are used in a day

Slove :- (i) Connected load = (800 + 120 + 200) Watt
= 1120 Watt (Ans.)

(ii) Maximum Demand / total Wattage at different time is ⇒

(a) Midnight to 5 Am = 1 Fan = 60 Watt
(b) 5 Am to 7 Am = 2 Fan and 1 light point = 2 × 60 + 1 × 100
= 220 Watt

(c) 9 Am to 6 PM = 2 Fan = 2 × 60 = 120 Watt
(d) 6 Am to Midnight = 2 Fan and 4 bulb = 2 × 60 + 4 × 100
= 520 Watt

Maximum Demand = 520 Watt (Ans.)

(iii) Demand Factor $= \frac{520}{1120} = 0.464$ (Ans.)

(iv) Energy consumed during 24 Hour's ⇒

1 Midnight to 5 Am ⇒ 5 Hour = 60 × 5 = 300 WH
5 Am to 7 Am ⇒ 2 Hour = 220 × 2 = 440 WH
9 Am to 6 PM ⇒ 9 Hour = 120 × 9 = 1080 WH
6 Am to Midnight ⇒ 6 Hour = 520 × 6 = 3120 WH

Total energy consumed during 24 Hours =

(300 + 440 + 1080 + 3120) WH
= 4940 WH (या)
= 4.94 KWH (Ans.)

(V) Energy consumed in 24 hours of all devices are used in a day ⇒
= 1120 × 24
= 26880 WH
= 26.88 KWH (Ans.)

Load Factor :- यह Average load and consumer के maximum demand का ratio होता है। for certain time of period of time.

- अगर plant 'T' hours के लिए operate होता है तो

So,

$$\text{Load factor} = \frac{\text{Units generated in T Hours}}{\text{Maximum demand} \times \text{T Hours}}$$

- Load factor हमेशा 1 से कम [L.F. < 1] होता है because Average load हमेशा Maximum demand से कम होगा।

Load factor 3 type के होते है-

(i) Daily load factor
(ii) Monthly load factor
(iii) yearly load factor

- यदि Consider किया हुआ time period Day, month, year हो तो
Average load < Maximum Demand

- per unit generate करने के लिए over all cost determine करने के लिए load factor का knowledge होना important होता है
- यदि power station का load factor high होगा तो per unit generate करने में low cost लगेगा।

Diversity Factor :- यह Sum of Individual Maximum demand and Maximum demand on power station का ratio होता है।

$$\text{Diversity factor} = \frac{\text{Sum of individual maximum demand}}{\text{Maximum demand on power station}}$$

- Diversity factor हमेशा 1 से अधिक होगा [Diversity factor > 1] because power station में Maximum demand हमेशा sum of individual Maximum demand से कम होगी।

• यदि power station का Diversity factor high होगा तो power generate का cost कम होगा।

Load Curve:- किसी consumer के द्वारा लिया जाने वाली electrical energy load में परिवर्तन के कारण ही constant नहीं रहता है। पूरे time period में use किये गए load के changes को show करने वाले curve को ही Load Curve कहा जाता है।

This can be defined as follows:-

(i) वह Curve जो Consumer के load demand को time [Hour, Day, Month, year] के response में show करता है load curve कहलाता है।

(ii) यदि time hour में हो तो Curve को Daily load curve कहेंगे।

(iii) यदि time Day (30 दिन) में हो तो Curve को Monthly load curve कहेंगे।

(iv) यदि time Monthy (annual load) दिया हो तो उसे Yearly load curve कहेंगे।

Importance of Load Curve:- (i) Daily load curve power station में एक दिन में अलग - अलग time पर load के variation को show करता है।

(ii) Daily load curve में highest point उस दिन के power station में Maximum Demand को represent करता है।

(iii) Load curve की help से हम easily generating unit (Alternator) के size, capacity, No. को select कर सकते हैं।

(iv) Load curve की help से power station के operation schedule को prepare कर सकते हैं।

(v) The area under daily load curve gives the number of units generated in a day

Unit generated/day = Area in KWH under daily load curve

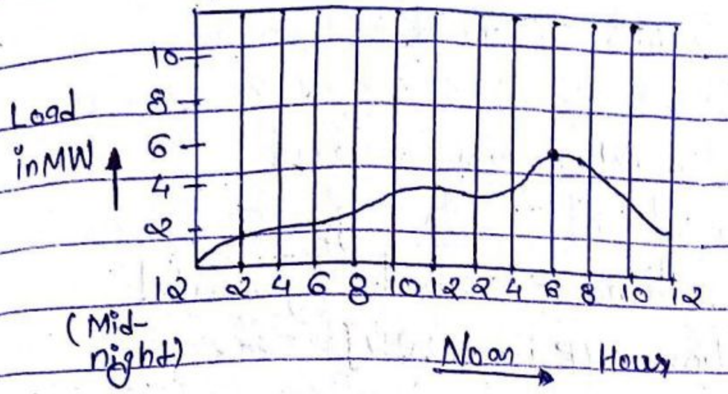
(vi) Load curve से power system में average load भी निकाला जा सकता है

$$\text{Average load} = \frac{\text{Area [KWH] under load curve}}{24 \text{ Hours}}$$

Load curve की help से Load factor भी find किया जा सकता है।

$$L.F. = \frac{\text{Average load}}{\text{Maximum Demand}}$$

(vii) Fig. में एक Daily load curve show किया गया है Figure से clear है की plant में Maximum load 6 pm को 6 MW है।



Plant Capacity Factor :- Load factor या Diversity Factor से plant में आवश्यक reserve capacity का पता नहीं चलता है, इसलिए plant capacity factor को define किया जाता है।

So,

$$\text{plant capacity factor} = \frac{\text{Average Demand (Average load)} \times T}{\text{plant Capacity} \times T}$$

T = Time in hour

$$= \frac{\text{Average Demand}}{\text{plant Capacity}}$$

$$\text{plant capacity factor} = \frac{\text{Actual energy produce}}{\text{Maximum energy that could have been produced}}$$

- Plant capacity factor से plant की reserve capacity पता चलती है। किसी power station को ऐसा Design किया जाता है की power station में कुछ amount में reserve capacity हो।
- यदि future में कभी power station में load increase होता है तो power station उस requirement को fulfill कर सके।

इसलिए plant की capacity हमेशा Maximum Demand से ज्यादा होगी।

Reserve capacity = plant capacity − Maximum Demand

Plant use factor:- इसे given time period में generated energy [station o/p in KWH] और अधिकतम संभावित energy जिसका उत्पादन वास्तविक संचालन था घंटे के दौरान होता है के ratio से define किया जाता है।

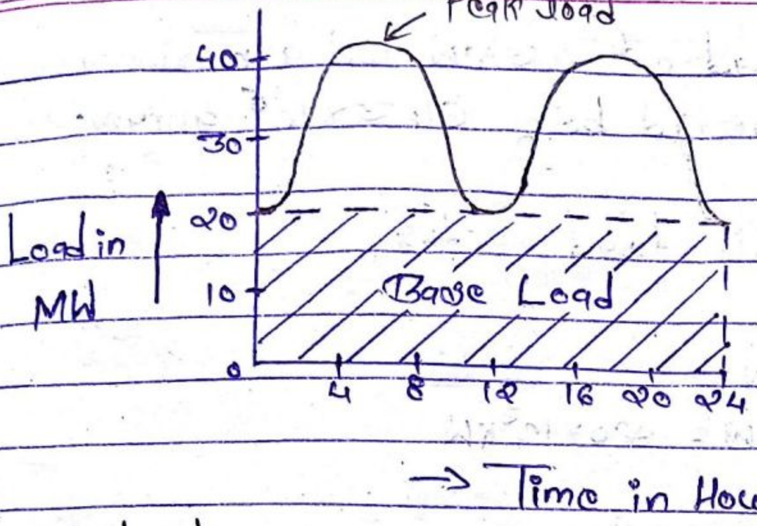
$$\text{plant use factor} = \frac{\text{Station o/p in KWH}}{\text{plant capacity} \times \text{Hour of use}}$$

Base Load and peak Load:-

power station में changing load के कारण load curve भी variable nature का होता है। fig-1 में power station का load curve show किया गया है यह clear है की power station में load time to time change होते रहता है यदि load curve को अच्छे से देखा जाये तो power station में load को two part में consider किया जा सकता है- (a) Base load (b) peak load

(i) **Base load:-** ऐसा Unvaring load जो पूरे समय power station में पाया जाता है Base load कहलाता है या पूरे समय न पाकर peak load के नीचे वाला portion Base load होता है। fig-1 से clear है की 20MW का load power station को all time (Day, night that is throughout 24 Hour) supply किया जाता है इसलिए 20 MW station का Base load है, Base load almost constant Nature का होता है।

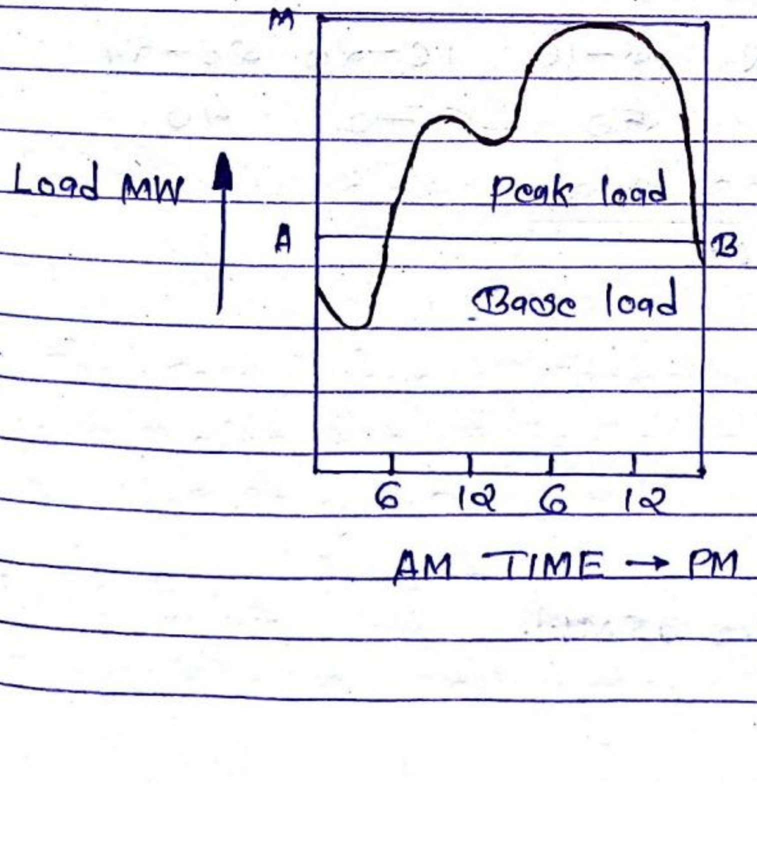
Fig -1 ▸



Peak Load:-

Base load के ऊपर load के various peak demand को station का peak load कहते हैं।

The various peak Demand of load over and above the base load of the station as know as 'Peak Load'.



Numerical:-

(i) A generating as a connecting load of 43 MW and a maximum demand of 20 MW, the unit generated being 61.3×10^6 annum.

- Calculate → (i) Demand Factor (ii) load factor

Slove- Connected load = 43 MW
Maximum Demand = 20 MW = 20×10^3 KW

$$\text{Demand factor} = \frac{20\text{ MW}}{43\text{ MW}} = 0.46$$

$$\text{Load factor} = \frac{61.3 \times 10^6}{10^3 \times 20 \times 8760} = 0.35$$

(Ans)

(ii) A generating station has to supply load in (MW) as follows-

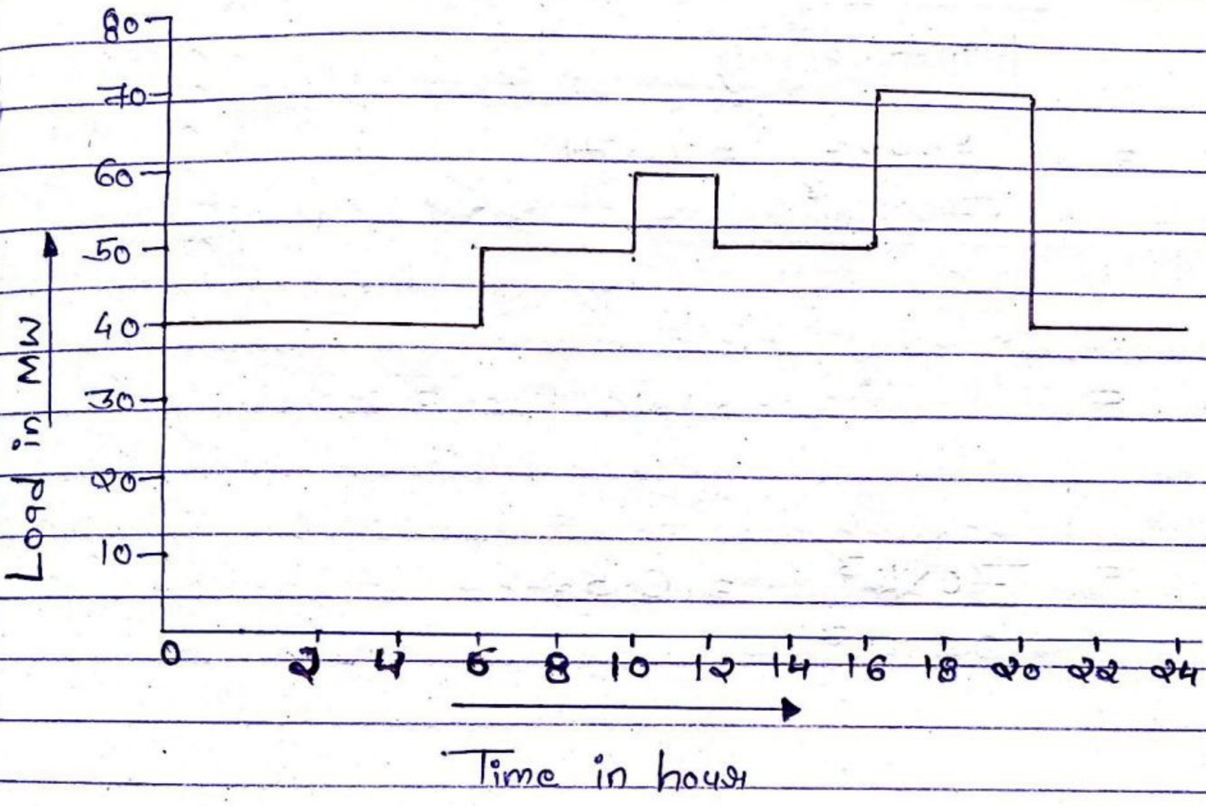
Time (Hrs):	0-6	6-10	10-12	12-16	16-20	20-24
Load (MW):	40	50	60	50	70	40

Draw the load curves and find:-

(i) Load factor
(ii) Unit generated per day
(iii) plant capacity factor

If the capacity of plant is 95 MW.

Slove → Daily load curve is drawn by taking the load along y-axis and time along x-axis for the given load the load curve is shown in figure below -



(i) Area (in KWH) under the load curve

$= 10^3(40\times6 + 50\times4 + 60\times2 + 50\times4 + 70\times4 + 40\times4)$

$\Rightarrow 1200000 = 12\times10^5$ kW

(ii) Average load $= \dfrac{12\times10^5}{24} = 50{,}000$ KW

Load Factor ⇒

$$L.F. = \frac{\text{Units generated in T Hour}}{\text{Max. demand} \times \text{T hour}} = \frac{12 \times 10^5}{70 \times 10^3 \times 24}$$

$$\boxed{L.F. = 0.71}$$

(iii) Capacity Factor ⇒

$$\frac{\text{Maximum Demand}}{\text{plant Capacity}} \times \text{load factor}$$

$$= \frac{70 \times 10^3 \text{ KWH}}{95 \times 10^3 \text{ KWH}} \times 0.71$$

$$\boxed{\text{Capacity factor} = 0.523}$$ (Ans.)

(iii) The maximum demand on a power station is 100MW, If the annual load factor is 40%, calculate the total energy generated in a year.

Slove, Maximum Demand = 100 MW

Annual Load factor = 40% = $\frac{40}{100}$ = 0.4

Total energy generated in a year = ?

$$\text{Load Factor} = \frac{\text{Unit generated in T hour}}{\text{Maximum demand} \times \text{T hour}}$$

Where $\boxed{T = 1 \text{ year}}$

Unit generated in year = Load Factor × Maximum Demand × 8760 hour

$= 0.4 \times 100 \times 10^3 \times 8760$

$= 350400000$

$= 3504 \times 10^5$ KWH (Ans.)

Economics of power generation:- किसी power station को design और बनाते समय यह try करना चाहिए की per unit electrical energy produce करने का Cost कम से कम होना चाहिए। जिससे Electric supply electrical energy को profit में sell कर सके। Electrical energy produce करने के Cost को determine करना बहुत ही Complex होता है। इसमें बहुत से factors हैं जिनका effect production cost पर होता है। जैसे की → Cost of land and equipment

Cost of Electrical Energy:- Electrical Energy generate करने के total Cost को 3 parts में divied किया गया है – (i) fixed Cost
(ii) Semi fixed Cost
(iii) Running Cost

(i) **Fixed Cost:-** यह वह Cost होता है जो Maximum Demand and No. of Units generated पर depend नही करता है। Fixed Cost के अंतर्गत Annual Cost of central Organisation interest on capatial Cost of land

and salaries of high officers आते है। Central Organisation और high officers की salaries पर annual expenditure (खर्च) fixed रहता है चाहे plant के पास Maximum demand high हो या low हो generating unit less हो या more हो, यह Cost fixed रहता है।

(ii) **Semi fixed Cost:-** Semi fixed Cost वह Cost होता है जो power station के maximum demand पर depend रहता है। अंतर्गत Depreciation on capital investment of building and equipment, taxes salary of management and other electrical staff etc. आते है। power station पर maximum demand, power station का size and installation Cost determine करता है। power station पर जितना ज्यादा Maximum demand होगा उतना ही station का size and installation Cost भी ज्यादा होगा। Taxes and electrical staff plant के size पर depend करता है।

(iii) **Running Cost (Operating Cost):-** Running Cost या operating Cost वह Cost होता है जो No. of unit generating पर depend करता है। Running Cost के अंदर Annual fuel Cost, lubricating oil, maintenance, operating staff की salaries etc. आते है। यदि power station ज्यादा unit generate करेगा तो उसका running cost भी high होगा।

Expression for Cost of Electrical Energy :-

Power station द्वारा Electrical Energy generate करने के लिए overall annual cost को two forms में express कर सकते है -

(i) Three part form
(ii) Two part form

Three part Form :- इस method में electrical energy generate करने के लिए overall annual cost को 3 parts में divied कर सकते हैं → (a) Fixed (b) Semi fixed (c) Running cost
So,

Total Annual Cost of energy = Fixed Cost + Semi fixed Cost + Running Cost

= Constant + Maximum Demand + No. of unit generated (KWH)

$$= Rs\,(a + b\,KW + c\,KWH)$$

Where,
a = Annual fixed Cost independent of Maximum demand energy generation
b = Constant, which is multiply by Maximum demand (KW) on the station gives the annual semi-fixed cost
C = Constant, which is multiply by KWH (output per annum) of the annual running cost

Two parter form :- Energy के annual Cost को कभी - कभी two part form में divied कर देना आसान होता है इसलिए इसमें Electrical energy के annual Cost को दो part में divied किया जाता है।

Total Annual Cost of energy = A fixed sum per kW of maximum demand + A running charge per unit of energy

= Rs (A KW + B KWH)

Where,

a = A fixed sum per kW of Maximum demand

b = A Constant which is multiply by the annual KWH generated gives the Annual running

Importance of High load factor :-

(1) Reduce Cost per Unit generated → High load factor के कारण overall per unit generating Cost होगा load factor के high होने पर generation Cost low होगा। यह इसलिए because high low factor का मतलब ही यह की Maximum demand के लिए No. of generating unit अधिक होगा। जो generation Cost को reduce करता है।

Relationship between units generated per year, Maximum demand and Load Factor:-

Units generated / Annum = Average load x Hours in a year

Load factor = Average load / Maximum Demand

Load factor = (Units generated / annum) / (Maximum demand x hours in a year)

Unit - 4

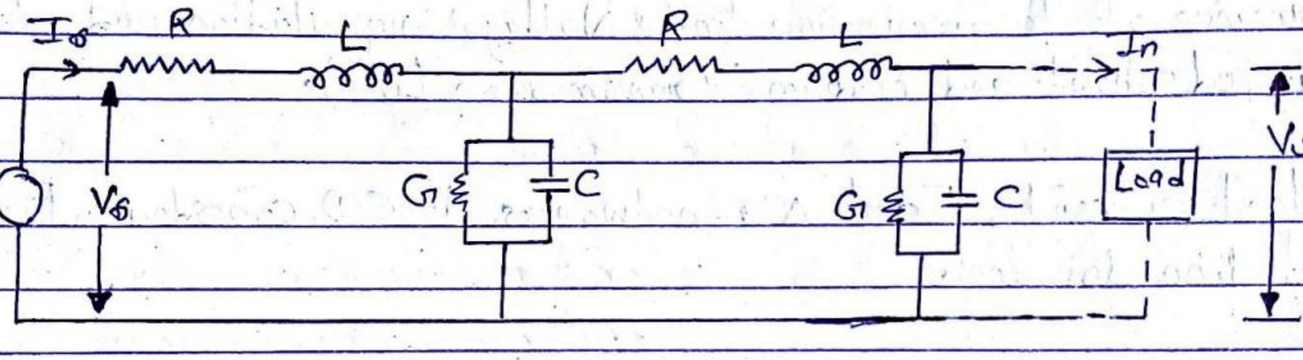
Transmission Line – Parameters and Performance

Syllabus :-

- Transmission line parameters: Resistances, inductances and capacitances.
- Skin effect and effect of proximity.
- Stranding and transposition of conductors.
- Classification of transmission lines – short, medium and long
- Performance of transmission lines, Voltage regulation and efficiency (Only lumped short and medium Transmission Line).
- Equivalent circuit, T and π networks, ABCD constants, Ferranti effect, line losses.
- Line insulators: Requirements, Types, Failure, of insulators.
- String efficiency, methods of improving string efficiency (simple numerical).

• Electrical power का transmission over head line द्वारा 3 phase 3 Wire की help से किया जाता है। AC Transmission line में resistance, Capacitance, Conductance, inductance समान रूप से line के पूरे lenth में distributed होते है। इन्हे Line 'parameter Constant' कहते है। किसी भी transmission Line का performance [for exp.→ efficiency, Voltage regulation] इन्ही parameter पर depend करता है।

• 4 Line parameter are → Resistance (R), Capacitance (C)
Conductance (G), inductance (L)



Transmission Line parameter

V_s → Sending end voltage

V_r → Receiving end voltage

Resistance :- यह Conductor की वह property होती है जो उसमें flow होने वाली Current का oppose करता है। यह resistance पूरे line में Uniformly ~~divied~~ distribute रहता है।

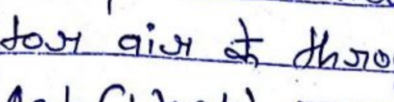
$$R = \frac{\rho l}{A}$$

Capacitance :- हम जानते हैं जब किसी दो Conductor को insulating material द्वारा separate किया जाता है तो उनके बीच Capacitance form होता है। Overhead transmission line में 2 Conductor air के through separate होते हैं यहां पर Air insulation की तरह Act (Work) करता है इसलिए किसी भी Overhead transmission Line के दो Conductor के बीच Capacitance (C) का form होता है।

The capacitance between the conductor is 'the charge per unit potential difference'.

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\text{Charge}}{\text{potential difference between 2 Conductor (in Volt)}}$$

Line Conductor-1



Line Conductor-2

यह Charging current line में Continuously flow होता है यदि line open circuit या No-load या light load होता है तब भी यह Charging current continuously flow होते रहता है।

Conductance :- यह Current के flow को allow करता है इसे G से Denote किया जाता है।

Note:- Line के resistance and inductance line का series impedance form बनाते हैं and Capacitance और Conductance line का shunt admittance बनाते हैं।

So,

Series impedance of Line → $Z = R + JX_L$

Shunt admittance of Line → $Y = G + J\omega_c$

Inductance :- एक inductor में Wire loop होता है। इसमें inductance directly proportional होता है Number of turns in the coil के साथ। यह inductance current की flow का oppose करता है। इसे L से represent किया जाता है।

$$\text{Inductance} = \frac{\text{Flux}}{\text{Current}} \Rightarrow \boxed{L = \frac{\Phi}{I}}$$

Classification of transmission Line :-

(i) Short transmission Line
(ii) Medium transmission Line
(iii) Long transmission Line

Short transmission Line :- वह transmission line जिसकी lenth 80 km से कम and operating Voltage 20 kV से कम होती है ऐसे transmission line को short transmission line कहा जाता है। कम distance and lower voltage use होने के कारण line capacitance का effect बहुत कम होता है इसलिए Short transmission Line का performance, Resistance and inductance पर depend करता है।

Medium transmission Line :- वह transmission line जिसकी lenth 80km से 240km होती है and operating voltage 20kV से 100kV तक होती है उसे medium transmission line कहा जाता है। इसमें Resistance, Inductance, Capacitance तीनों parameter के effect Consider किया जाता है।

Long transmission Line :- वह transmission जिसकी lenth 240 km से and operating voltage 100kV से above होता है Long transmission Line कहलाता है। इस transmission Line में resistance, inductance, capacitance, conductance चारों parameter के effect को Consider किया जाता है।

Skin Effect :- जब किसी Conductor को AC supply किया जाता है तब Current का non-Uniform distribution ही 'Skin Effect' कहलाता है।

AC conductor के surface में flow होने का Nature रखती है जबकि Conductor के remaining part में current flow negligible होता है जिस कारण Conductor के Center पर Current की density surface के Compare में बहुत कम होता है इससे conductor की उपयोगी Cross section कम हो जाता है as a result conductor का resistance बढ़ जाता है।

fig-1

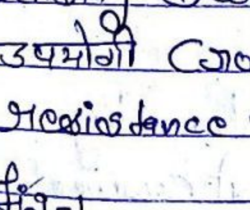
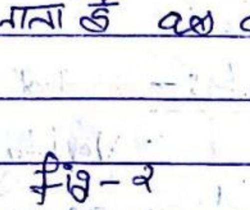
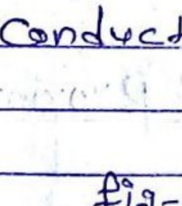


fig-2



Standard Conductor

fig-3



Soild Conductor

Skin effect depend on following factor :-

(i) Frequency :- Skin effect increases with the increase in frequency.

(ii) Diameter of wire :- It increases (Skin effect) with Diameter of wire.

(iii) Shape of wire :- Skin effect is less for stranded conductor and skin effect is more in soild conductor because the surface area of soild conductor is more.

(iv) Nature of Material :- Skin effect increases with the increase in permeability of material.
permeability is the ability of material to support the formation of magnetic field.

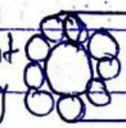
Note :→ Skin effect DC में present नही होता है।

Proximity Effect :- जब Conductor high alternating Voltage carry करता है तो current conductor के cross section area में non-Uniformly distribute होता है, इस effect को ही proximity effect कहा जाता है।
यदि दो Alternating current carring conductor mutually पास-पास होते हैं तो एक flux दूसरे को link होता है but flux conductor के समीप वाले भाग में अधिक link होता है and दूसरे वाले को कम।

Page 72

यदि Conductor में एक ही direction में current flow हो रही हो तो Conductor के दूर वाले भाग में Current अधिक dink होगा and पास वाले में कम अतः proximity effect के कारण Conductor का effective resistance बढ़ जायेगा।

More current dencity Conductor-1

less current dencity  Conductor-2

- Proximity Effect depends of following factors :-

(i) Frequency :- The proximity effect increases the increase in frequency.

(ii) Diameter :- proximity effect increases with increase in the conductor.

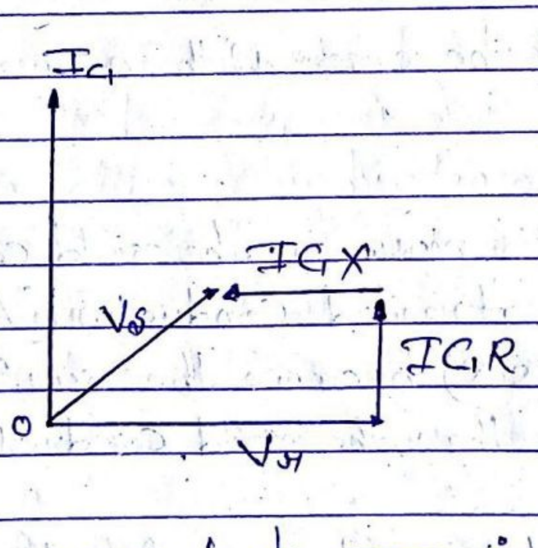
(iii) Structure :- This effect is more on the soild conductor as compared to stranded conductor (Aluminium conductor steel reinforced ACSR) because the surface of the standard conductor is a smaller than the soild conductor.

(iv) Material :- If the material is made up of high than proximity effect ज्यादा होगा।

To reduce proximity Effect:-

The reduce proximity effect by using ACSR. In a ACSR Conductor the steel is placed at the center of conductor and Aluminium conductor is positioned around the steel wire.

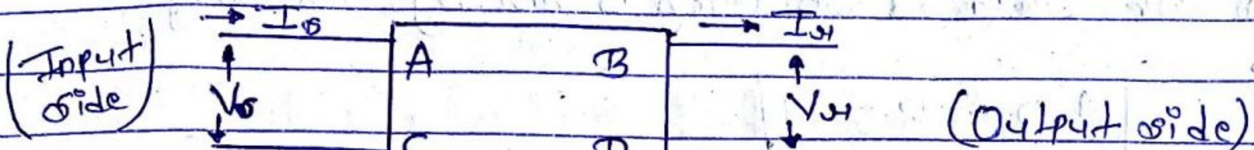
Ferranti Effect:- Long transmission line में No-load या light load के condition में receiving end and voltage (V_r), sending end voltage (V_s) से ज्यादा हो जाता है ($V_r > V_s$) इस effect को 'Ferranti Effect' कहते हैं। यह effect line के charging current के कारण होता है यह charging current No-load या light load के condition में भी continue line में flow होते रहता है जो receiving end पर voltage 90° lead करता है अत: इसके कारण इस resistive Voltage drop को V_r से 90° पर show किया गया है।



Charging current के कारण inductor में इस Voltage drop I_cX को I_cR से 90° पर show किया गया है।

Transmission Line as a 2 port Network:-

• एक Network में 2 input and 2 output terminals होते है उसे ही 2 port network कहते है।



यहाँ पर AB, input terminals को represent करता है and CD output terminal को represent करता है।

• Transmission line को 2 port Network के form में express कर सकते है as shown in fig. The voltage and current at the input and output terminals ~~को represent करता है।~~ is express in form of general equation given by -

$$\Rightarrow V_s = A V_r + B I_r \quad \text{—— (i)}$$

$$\Rightarrow I_s = C V_r + D I_r \quad \text{—— (ii)}$$

Where,

V_s = Sending end Voltage
V_r = Receiving end Voltage
I_s = Sending end current
I_r = Receiving end current

A, B, C, D = Constants are called the general network. They depend on the line parameter that is R, L, C, G

Equation ① and ② को Matrix form में लिखने पर-

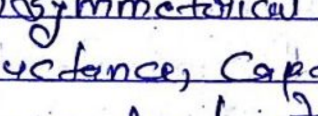
$$\begin{bmatrix} V_s \\ I_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_r \\ I_r \end{bmatrix}$$

Constants are related to each other by following equation ⇒

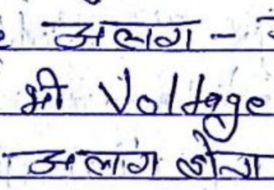
$$\boxed{AD - BC = 1}$$

Transportation of Conductor :-

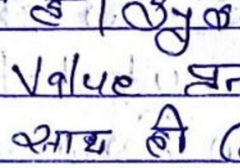
Transmission line के तीनों phase जब एक दूसरे से Unsymmetrical (असमान दूरी पर) होते हैं तो each conductor का inductance, Capacitance अलग-अलग होता है। System पर balance load होने पर भी Voltage drop की Value प्रत्येक Conductor में अलग-अलग होता है इसके साथ ही Conductor के मध्य Unsymmetrical distance होने से Conductor के बाहर magnetic field zero नहीं होता इससे transmission के near स्थित दूसरे line में inductance के द्वारा Voltage drop उत्पन्न होती है इस effect को कम करने के लिए line के conductor का transportation किया जाता है transportation का अर्थ यह है की each conductor को line के लगभग 1/3 length में position को दूसरे Conductor को Change किया जाता है।



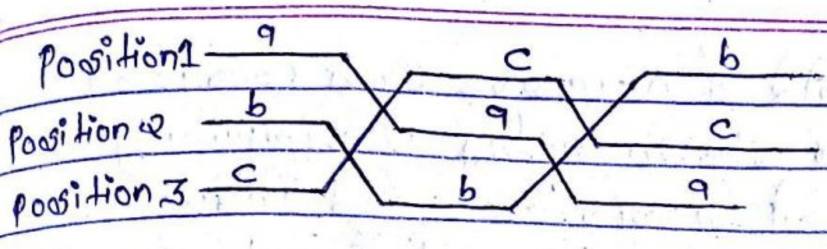
Symmetrical



Unsymmetrical



Unsymmetrical



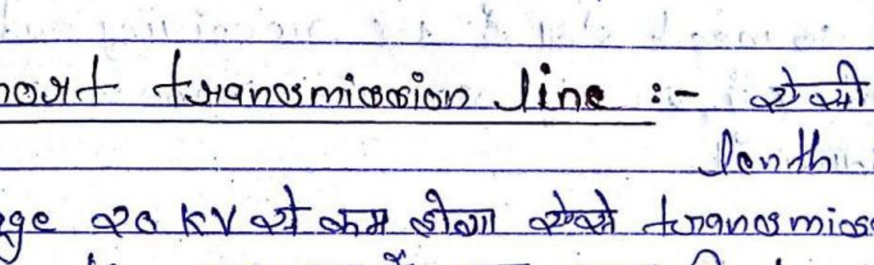
[fig- Transposition of Conductors]

fig. में transposition के लिए एक conductor cycle को show किया गया है।

Transmission के conductors mutually unsymmetrical (अंतराल) के कारण external magnetic field zero नहीं होता है जिसके कारण पास में लगी हुई communication line में interference produce होता है इसलिए conductor का transposition किया जाता है।

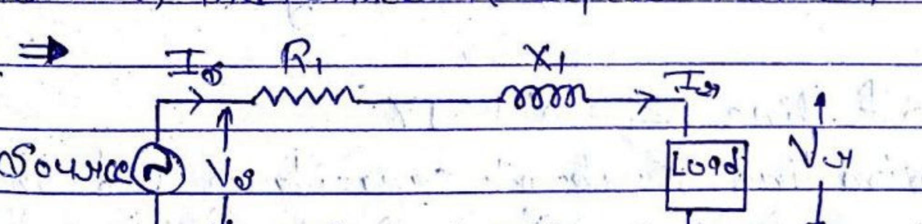
<u>Short transmission line</u> :- ऐसी transmission line जिसकी length 80 km से कम and operating voltage 20 kV से कम होता ऐसे transmission line को short transmission line कहा जाता है इस तरह की transmission का performance resistance, inductance पर depend करता है।

fig-1 ⇒



(Single phase line)

fig ⇒ 2



(Equivalent circuit model of short transmission line)

Single Phase line में दो conductor होते हैं suppose each conductor R_1 and inductance L_1 है (as shown in fig-1) simplicity के लिए हम यह Consider करते हैं की resistance and inductive reactance X एक ही Conductor पर lumped है and second Conductor that is return conductor में कोई भी resistance and inductance नही है (shown in fig-2)

यहाँ, R = Resistance of both outgoing and return conductor
X = Reactance of both out going and return conductor

Line का end यहाँ load connect होता है वह receiving end कहलाता है and वह end यहां supply source connect होता है वह sending end कहलाता है।

$\cos\phi_R$ = P.F. at the receiving end
$\cos\phi_S$ = power factor at the sending end

Series impedance of line $Z = R + jX$
∴ Short transmission line में shunt capacitance and shunt conductance को neglect कर दिया जाता है इसलिए पूरे line में load current same ही रहेगा that is $I_r = I_s = I$

Apply KVL in fig-2

$\Rightarrow -IZ - V_r + V_s = 0$

$\Rightarrow V_s = V_r + IZ$ —— (i)

$\Rightarrow I_s = I_r = I$

$\Rightarrow I_s = 0V_r + I_r$ —— (ii)

ABCD constant of short transmission line

$\Rightarrow V_s = AV_r + BI_r$ —— (iii)

$\Rightarrow I_s = CV_r + DI_r$ —— (iv)

Equation (i) and (iii) और Equation (ii) and (iv) के cofficent को आपस में Compare करने पर -

$\boxed{A = 1}$, $\boxed{B = Z}$, $\boxed{C = 0}$, $\boxed{D = 1}$

Phasor Diagram of Short transmission line :-

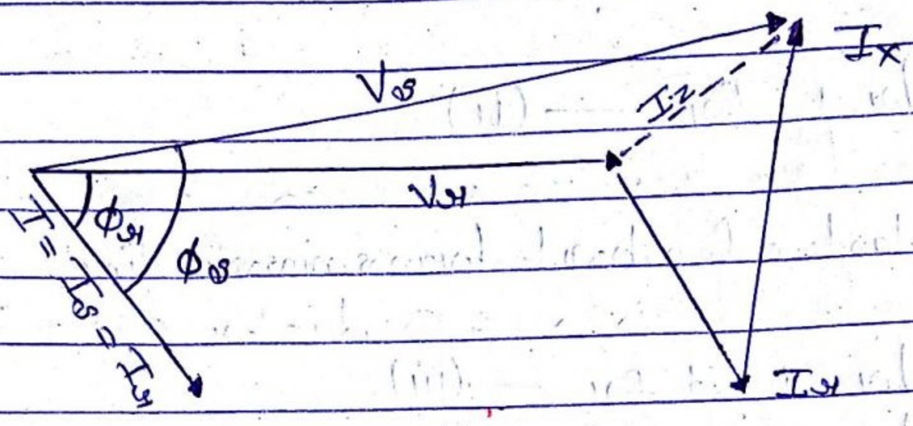
Let the receiving end voltage V_r which is mentioned constant and be taken as reference phasor

for lagging power factor -

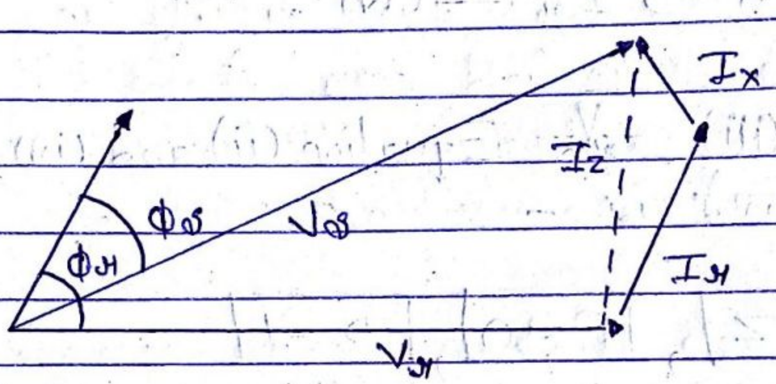
$\Rightarrow V_s = V_r + IZ$ → I_r, → I_x

$\Rightarrow I_s = I_r = I$

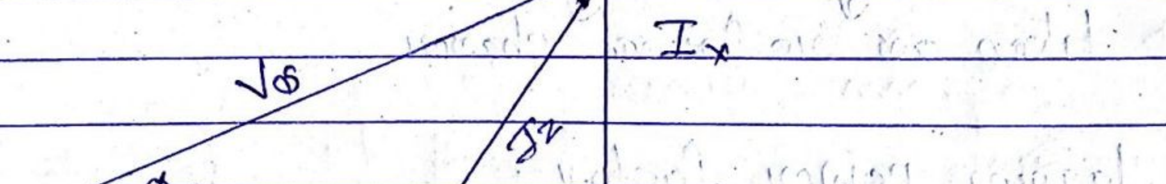
Lagging :-



Leading :-



Unity power factor:-



Transmission Efficiency :- Transmission line के receiving end पर प्राप्त power, sending end power से कम होगा because line में losses होते है अतः transmission line में receiving end और sending end power के ratio को Transmission efficiency कहते है उसे η_T से show किया जाता है।

$$\eta_T = \frac{\text{Receiving end power}}{\text{Sending end power}}$$

$$\eta_T = \frac{\text{power deliver at the receiving end}}{\text{power deliver at the sending end}}$$

$\because$ Input = Output + losses

$$\text{Transmission efficiency} = \frac{\text{Output power}}{\text{Output power + losses}} \times 100$$

Voltage Regulation :- किसी transmission line में line resistance and line inductance के कारण Voltage drop होता है। As a result receiving end Voltage (V_r), sending end voltage (V_s) से कम होता है Line में यह Voltage drop ($V_s - V_r$) को receiving end Voltage (V_r) के percentage के form में express किया जाता है।

$$\text{Voltage regulation in percentage} = \frac{|V_s| - |V_r|}{|V_r|} \times 100$$

Where,

$|V_s|$ = Magnitude of voltage at sending end

$|V_r|$ = Magnitude of Voltage at receiving end

• Voltage Regulation can be defined as follows :-

(i) Transmission line के receiving end side में No-load and full-load की Condition में Voltage में difference को voltage regulation कहते है।

$$\text{Voltage Regulation} = \frac{|V_{rnl}| - |V_{rfl}|}{|V_{rfl}|}$$

Where,

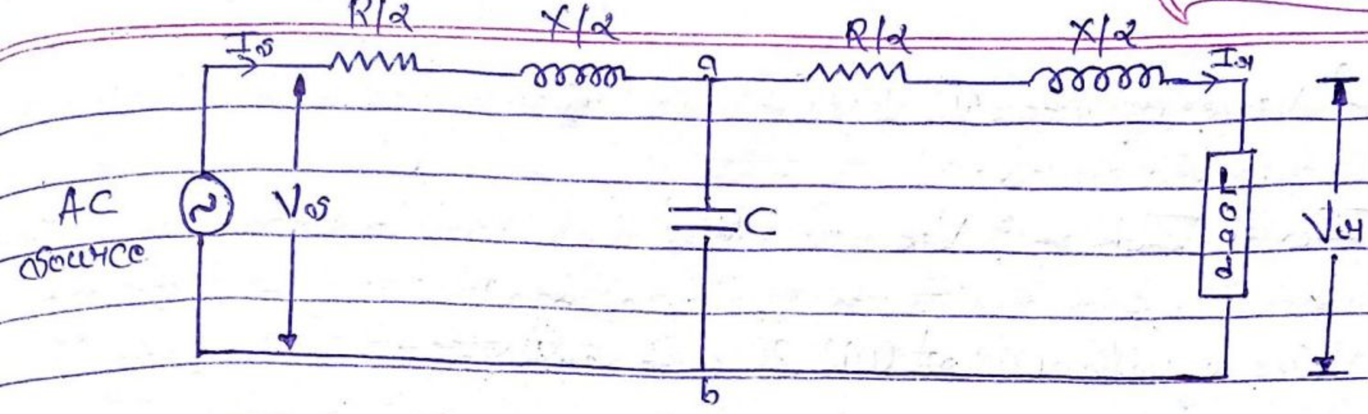
$|V_{rnl}|$ = Magnitude of receiving end voltage at No-load
$|V_{rfl}|$ = Magnitude of receiving end voltage at full-load

Medium transmission line :- इस प्रकार की transmission line की lenth 80km to 240km तक होती है and operating voltage 20kV से 100kV तक होती है and यह resistance, Capacitance, Inductance parameter पर depend करता है। Medium transmission line के दो Configuration होते है।

(i) Nominal T Model (ii) Nominal π Model

Nominal T Model of a Medium transmission line :-

fig-(i) में medium transmission line के Nominal T Model को show किया गया है जिसमें Capacitance line के Middle point पर assume किया जाता है and series impedance को दो equal parts में divied किया जाता है इसका Construction T shape का होता है।



[fig 1. ⇒ Nominal T Model]

Series impedance of line $Z = R + jX$
Shunt admittance of line $Y = j\omega C$

Applying KCL at node a → Sending end current is :-

$$\Rightarrow I_s = I_r + I_{ab} \quad \text{—— (i)}$$

Current in capacitance $I_{ab} = \frac{V_{ab}}{Z}$ [$V = IR$, $I = V/R$]

We know that $Z = 1/Y$

$$\Rightarrow I_{ab} = \frac{V_{ab}}{1/Y} = Y \cdot V_{ab}$$

$$\Rightarrow I_{ab} = Y \cdot V_{ab}$$

By Applying KVL in receiving end than we get :-

$$\Rightarrow -\frac{Z}{2} I_r - V_r + V_{ab} = 0$$

$$\Rightarrow V_{ab} = V_r + \frac{Z}{2} I_r \quad \text{—— (ii)}$$

I_{ab} की Value equation (i) में put करने पर -

$$\Rightarrow I_s = I_r + Y V_{ab} \quad \text{—— (iii)}$$

V_{ab} की Value equation (ii) को (iii) में put करने पर:-

$$\Rightarrow I_s = I_r + Y\left(\frac{Z}{2} I_r + V_r\right)$$

$$\Rightarrow I_s = I_r + Y V_r + \frac{Z}{2} Y I_r$$

$$\Rightarrow I_s = Y V_r + I_r\left(1 + \frac{Z}{2} Y\right) \quad \text{—— (iv)}$$

By Applying KVL in sending end side :-

$$\Rightarrow -\frac{Z}{2} I_s - V_{ab} + V_s = 0$$

$$\Rightarrow V_s = V_{ab} + \frac{Z}{2} I_s$$

उक्त समीकरण में equation (iv) से I_s की Value put करने पर -

$$V_s = V_r + \frac{Z}{2} I_r + \frac{Z}{2}\left[Y V_r \left\{1 + \frac{Z}{2} Y\right\} I_r\right]$$

$$V_s = V_r + \frac{Z}{2} I_r + \frac{ZY}{2} V_r + \frac{Z}{2} I_r + \frac{Z^2 Y}{4} I_r$$

$$V_s = V_r + \frac{ZY}{2} V_r + \frac{Z}{2} I_r + \frac{Z}{2} I_r + \frac{Z^2}{4} Y I_r$$

$$\Rightarrow V_s = V_r\left(1+\frac{ZY}{2}\right) + I_r\left(\frac{Z}{2}+\frac{Z}{2}+\frac{Z^2Y}{4}\right)$$

$$\Rightarrow V_s = V_r\left(1+\frac{ZY}{2}\right) + I_r\left(Z+\frac{Z^2Y}{4}\right)$$

$$\Rightarrow V_s = V_r\left(1+\frac{ZY}{2}\right) + Z\left(1+\frac{ZY}{4}\right)I_r \quad \text{— (V)}$$

Equation (iv) and (v) give the sending end current and sending end voltage respectively:-

$$\Rightarrow V_s = AV_r + BI_r$$

$$\Rightarrow I_s = CV_r + DI_r$$

$$\boxed{A = 1+\frac{ZY}{2}} \quad \boxed{B = Z\left(1+\frac{ZY}{4}\right)} \quad \boxed{C = Y} \quad \boxed{D = 1+\frac{ZY}{2}}$$

$$\begin{bmatrix} V_s \\ I_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\frac{ZY}{2} & Z\left(1+\frac{ZY}{4}\right) \\ Y & 1+\frac{ZY}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_r \\ I_r \end{bmatrix}$$

Nominal π Model of a Medium transmission Line:-

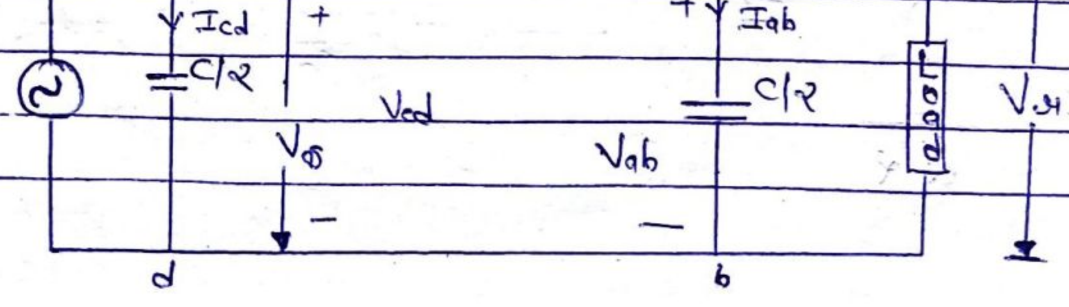
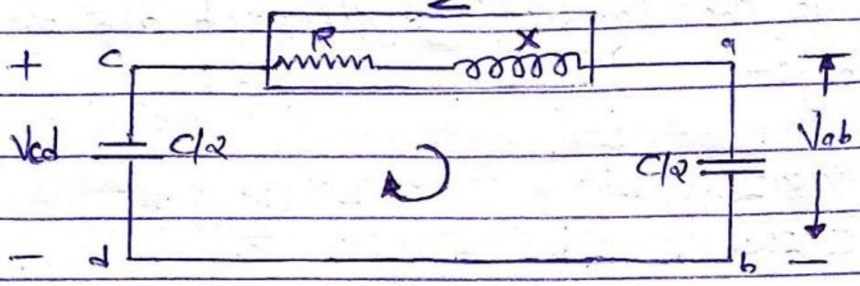


Fig. में ~~new~~ Medium transmission line के nominal π model को show किया गया है जिसमें series impedance को line के middle point पर assume किया गया है and Line के capacitance को दो equal parts में divide किया जाता है यह Construction π के shape की होती है।

By KVL at the sending end is :-



$$\Rightarrow \quad -ZI - V_{ab} + V_{cd} = 0$$

from fig-(i) We know that $V_{cd} = V_s$

$V_{ab} = V_r$

$$\Rightarrow \quad V_{cd} = V_{ab} + ZI$$

$$\Rightarrow \quad V_s = V_r + ZI \quad \text{——— (i)}$$

Applying KCL at node 'a' :-

$$\Rightarrow \quad I = I_r + I_{ab} \quad \text{——— (ii)}$$

We know $I = V/R = \frac{V}{Z}$

$$\Rightarrow \quad Z = \frac{1}{Y/2}$$

$\Rightarrow I_{ab} = \frac{V_{ab}}{Z} = \frac{V_{ab}}{1/(Y/2)} \Rightarrow I_{ab} = \frac{Y}{2} V_{ab}$

$\Rightarrow I_{ab} = \frac{Y}{2} V_{ab}$

$\Rightarrow \boxed{I_{ab} = \frac{Y}{2} V_r}$

put the value of I_{ab} in equation (ii)

$\Rightarrow I = I_r + \frac{Y}{2} V_r$

put the value of I in equation (i)

$\Rightarrow V_s = V_r + Z\left(I_r + \frac{Y}{2} V_r\right)$

$\Rightarrow V_s = V_r + Z I_r + \frac{ZY}{2} V_r$

$\Rightarrow V_s = \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) V_r + Z I_r \quad \text{—— (iii)}$

Sending end current is found by applying KCL at nodel 'c' :-

$\Rightarrow I_s = I + I_{cd} \quad \text{—— (iv)}$

$\Rightarrow I_{cd} = \frac{V_{cd}}{Z} = \frac{V_s}{(1/Y/2)} = Y/2 \, V_s$

$\Rightarrow \boxed{I_{cd} = \frac{Y}{2} V_s}$

put the value of I and I_{cd} in equation (iv) than we get :-

$$\Rightarrow \quad I_s = I_r + \frac{Y}{2} V_r + \frac{Y}{2} V_s$$

put the value of V_s in above equation -

$$\Rightarrow I_s = I_r + \frac{Y}{2} V_r + \frac{Y}{2} \left[\left(1 + \frac{ZY}{2} \right) V_r + Z I_r \right]$$

$$\Rightarrow I_s = I_r + \frac{Y}{2} V_r + \frac{Y}{2} \left[V_r + \frac{ZY V_r}{2} + Z I_r \right]$$

$$\Rightarrow I_s = I_r + \frac{Y}{2} V_r + \frac{Y}{2} V_r + \frac{ZY^2}{4} V_r + \frac{ZY}{2} I_r$$

$$\Rightarrow I_s = I_r + Y V_r + \frac{ZY^2}{4} V_r + \frac{ZY}{2} I_r$$

$$\Rightarrow I_s = \left(Y + \frac{ZY^2}{4} \right) V_r + \left(1 + \frac{ZY}{2} \right) I_r$$

$$\Rightarrow I_s = Y \left(1 + \frac{ZY}{4} \right) V_r + I_r \left(1 + \frac{ZY}{2} \right) \quad \text{—— (V)}$$

Equation (iii) and (V) can be written in matrix form :-

$$\Rightarrow V_s = \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) V_r + Z I_r \quad \text{—— (iii)}$$

$$\Rightarrow I_s = Y\left(1 + \frac{ZY}{4}\right) V_r + I_r \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) \quad \text{—— (V)}$$

$$\boxed{A = 1 + \frac{ZY}{2}}, \quad \boxed{B = Z}, \quad \boxed{C = Y\left(1 + \frac{ZY}{4}\right)}, \quad \boxed{D = 1 + \frac{ZY}{2}}$$

$$\begin{bmatrix} V_s \\ I_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{ZY}{2} & Z \\ Y\left(1 + \frac{ZY}{4}\right) & 1 + \frac{ZY}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_r \\ I_r \end{bmatrix}$$

Corona Effect / Line losses :- Transmission line में conductor के आस-पास के Air का Ionization होना Corona कहलाता है। Conductor पर electric charge रहता है and आस-पास के Air कुछ Ioinized particle (Free electron and positive ion) और neutral molecule, Cosmic rays, Ultraviolet radiation and radio activity के कारण present रहता है। Conductor के मध्य electric Potential बढ़ने से free electron की speed बढ़ जाती है और यह दूसरे वायु अणुओं से टकराकर उनके दूसरे electron वहाँ से displaced हो जाते हैं इस प्रकार electron की संख्या बढ़ जाने से Conductor के आस-पास के Air का ionization हो जाता है यह phenomena corona discharge कहलाता है।

The phenomena of Corona is a companied by:-

(i) Hissing sound (ii) Faint Violet (iii) production of ozone
(iv) Radio interference

Corona में light and heat produce होता है जिसके लिए energy electric transmission system से प्राप्त होती है अत: Corona phenomena से power loss (Corona loss), line loss भी होता है।

Methods of reducing Corona :-

(i) Distance (Spacing) between 2 Conductor
(ii) Line Voltage
(iii) Diameter of a conductor

• Transmission के Voltage को आर्थिक आधार पर निश्चित किया जाता है अत: line voltage में कमी करना possible नहीं है इसी प्रकार Conductor के मध्य spacing बढ़ाने पर tower का size बड़ा होगा and इस कारण Cost ज्यादा लगेगा अत: अंतिम उपाय के रूप में Corona loss को कम करने के लिए Conductor का Diameter बढ़ाने का उपाय ही सर्वमान्य method है। इसके लिए ACSR (Aluminium conductor steel - reinforced) Conductor या bundled conductor का use किया जाता है।

Insulator :- Insulator basically ऐसा equipment होता है जो की Current को flow होने से रोकता है किसी भी circuit में। Insulator में No. of free electron नहीं होते हैं

इसकी वजह से insulator electricity को pass होने नहीं देता।
Insulator की property होती है इसका resistance, semi-conductor and conductor के compare में high होता है। insulator basically rubber, plastic, wood, porcelain, polymer, glass के बने होते हैं but transmission and distribution line में हम glass polymer के बने insulator का ही use करते हैं।

Types of Insulator :-

(i) pin type Insulator :- Transmission line में pin type insulator को vertically use करते हैं।

- pin Insulator 33 KV तक की line के लिए use होती है।

- इसकी Construction में बीच में एक gap होता है जिसे groove कहते हैं जो Conductor होता है उसी groove में उसे Wind करके लगाते हैं जब Conductor की Winding करते हैं तो उसी material से Winding करते हैं जिस Material का Wire/Conductor use हुआ हो।

- अगर हम low voltage की line में pin insulator का use कर रहे हैं तो single pin insulator का use करते हैं लेकिन अगर high voltage की line में pin insulator का use करते है तो high voltage के lines के लिए pin Insulator का No. increase कर सकते हैं।

Shackle type Insulator :- Shackle type insulator का use basically transmission and distribution line में करते है इसका use 11 KV and below 11 KV के line में करते हैं।

- इसका use (Vertically and horizontally) उस जगह पर करते हैं जहाँ transmission line को move या turn करने की आवश्यकता होती है but only 11 KV तक। अगर 11 KV से ज्यादा हो तो strain type insulator का use करेंगे।

- Shackle type insulator transmission and Distribution line में Vertically and horizontally use किया जाता है।

Disc type Insulator :- ये सबसे Basic insulator होते हैं जो porcelain, polymer and glass का बना होता है

- Disc type insulator की help से हम suspension type, strain type insulator भी बने होते हैं।

- इसमें एक Disc की Value 11 KV तक होती है।

Suspension type Insulator :- ये transmission line में Vertically लगे होते हैं इसमें Disc type insulator को series में Connect करके suspension type insulator बनाते हैं अगर एक Disc की Value 11 KV है तो 33 KV and 66 KV के लिए 6 Disc की आवश्यकता होगी।

- Suspension type insulator को 765 KV तक use कर सकते हैं depend करता है की कितने Disc लगे हैं।

Strain type insulator:- इसका use हम transmission line में horizontally किया जाता है strain type insulator को series में connect किया जाता है। इसका use हम upto 765 KV तक कर सकते है। जब हमें transmission line को turn या Move कराना होतो उस time इसकी आवश्यकता होती है।

Stay type Insulator:- Stay insulator हमारे poles में लगे होते है poles में अलग से Wire बाहर निकली होती है इस Wire में stay type insulator लगे होते है। Stay insulator में normal condition में कोई भी current flow नही होती है basically इसका use हम abnormal condition में करते है जैसे ⇒ अगर कोई live wire accidentally टूट कर उस Wire पर गिरती है तो उस live wire की पूरी current ground में न जाये इसकी वजह से उस current को block करने के लिए stay type insulator लगाया जाता है या poles में जो pin insulator लगे होते है कभी उसमें fault आ जाता है तो वह properly Work नही कर पाते है तो Current ground में न आये इसलिए stay type insulator का use करते है।

- Stay insulator normally ground level से 3m. ऊपर लगाया जाता है।

Post Insulator:- post insulator generating station/sub-station में लगे होते है। Post type insulator का use sub-station या generating में different switching equipment लगे होते है उन equipment को over current से protection के लिए करते है।

- ये high voltage के लिए use होते है, इन्हे Vertically and horizontally भी use कर सकते है।

Cost of Failure of Insulators :-

(i) Cracking of Insulators :- Exp के लिए Disc insulator porcelain का बना होता है and उसका back steel में fit होता है जो Weather के हिसाब से Contract, expand होती है उसकी वजह से porcelain में CRACK आ जाते हैं।

(ii) In proper glazing on Insulator surface :-

Insulator का surface बहुत चिकना and shiny होता है अगर insulator के surface पर glazing नहीं होगा तो Air में moisture Contained होते हैं जो surface पर जम जायेंगे उसपर dust बैठ जायेंगे जिसके कारण वह Conducting path generate करेगा और Current वहाँ से flow हो सकती है इसे ही flashover कहते हैं।

(iii) Defective Insulation material :-

Exp. के लिए pin insulator है and उसके बीच metal pin होता है और अगर insulator की कहीं पर damage है और उसे अगर हम use कर रहे हो तो वह Insulator puncher हो सकता है puncher means leakage current pin metal के through cross हो सकती है।

(IV) Porosity in insulating material :-

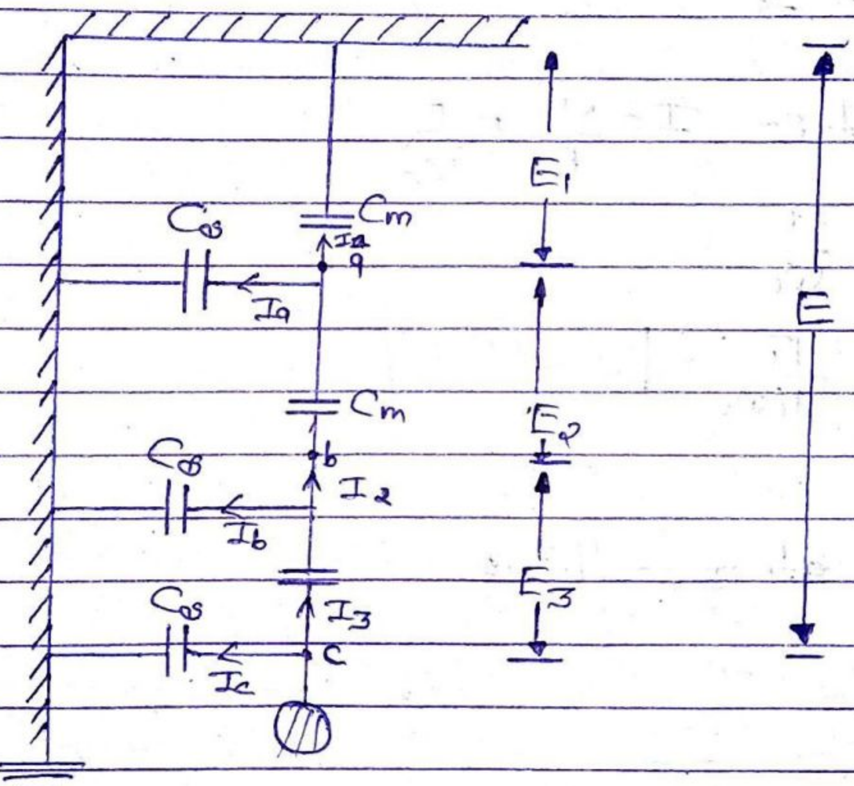
कभी - कभी Insulator में pores हो जाते हैं। जब Insulator को low temperature पर बनाया जाता है तो highly changes होने के कारण उसमें pores (छिद्र) हो जाते हैं। इन्ही pores के द्वारा Air में

Moisture होगा तो अंदर आ सकता है इसकी वजह से leakage current pass हो सकती है and इससे Insulator fail हो सकता है।

(v) Mechanical Stress on Insulator :-

Manufacturing defect के कारण अगर insulator का कोई portion कमजोर रह जाता है तो उस time conductor के द्वारा जो mechanical stress लगाया जाता है उससे insulator fail हो सकता है।

String Efficiency :-



High voltage पर Overhead transmission line में 11 KV की एक से अधिक Disc का use करके high volt के insulator को बनाते हैं जिसे string कहते हैं। दो metal ring के बीच में insulator disc जुड़ी होने के कारण Capacitance form होता है जिसे mutual capacitance (C_m) कहा जाता है।

Metal link and tower के बीच एक capacitance form होता है उसे shunt capacitance (C_s) कहा जाता है।

Applying KCL at node 'a' ⇒

$$\Rightarrow I_2 = I_1 + I_a$$

We know that :- $I = \frac{V}{R} = \frac{E}{X_C}$

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$I = \frac{E}{1/\omega C} \qquad \boxed{I = \omega C E}$$

$\Rightarrow \omega C_m E_2 = \omega C_m E_1 + \omega C_{s} E_1$

$\Rightarrow \omega C_m E_2 = \omega C_m E_1 + \omega k C_m E_1$ $\left[\because \frac{C_s}{C_m} = k \quad C_s = k C_m\right]$

$\Rightarrow \omega C_m E_2 = \omega C_m (E_1 + k E_1)$

$\Rightarrow E_2 = E_1 + k E_1$

$\Rightarrow \boxed{E_2 = E_1 (1+k)}$

Applying KCL at node 'b' →

$\Rightarrow I_3 = I_2 + I_b$

$\Rightarrow \omega C_m E_3 = \omega C_m E_2 + \omega C_s (E_1 + E_2)$

$\Rightarrow \omega C_m E_3 = \omega C_m E_2 + \omega k C_m (E_1 + E_2)$

$\Rightarrow \omega C_m E_3 = \omega C_m E_2 + \omega k C_m E_1 + \omega k C_m E_2$

$\Rightarrow \omega C_m E_3 = \omega C_m (E_2 + E_1 k + k E_2)$

$\Rightarrow E_3 = E_2 + k E_1 + k E_2$

$\Rightarrow E_3 = k E_1 + (1+k) E_2$

put the value of E_2 in above equation:-

$\Rightarrow E_3 = k E_1 + E_1 (1+k)(1+k)$

$\Rightarrow E_3 = E_1 [k + (1+k)^2]$

$\Rightarrow E_3 = E_1 (k + 1 + 2k + k^2)$

$\Rightarrow \boxed{E_3 = E_1 (1 + 3k + k^2)}$

$\Rightarrow E = E_1 + E_2 + E_3$

$\Rightarrow E = E_1 + E_1 (1+k) + E_1 (1 + 3k + k^2)$

$\Rightarrow E = E_1 (1 + 1 + k + 1 + 3k + k^2)$

$\Rightarrow \boxed{E = E_1 (3 + 4k + k^2)}$

String efficiency :- Insulator के total Voltage (E) and insulator के पास वाले Voltage (E_3) and total no. of insulators के multiplication का ratio को 'string efficiency' कहलाता है।

String efficiency in percentage $= \frac{E}{NE_3} \times 100$

$$\% \eta = \frac{E_1(3+4k+k^2)}{N[E_1(1+3k+k^2)]} \times 100$$

$$\% \eta = \frac{3+4k+k^2}{N(1+3k+k^2)} \times 100$$

Methods of improving string efficiency :-

String efficiency के formula से clear है की line conductor के nearby insulator disc के across voltage and capacitance ratio को घटाकर string efficiency बढ़ायी जा सकती है अत: string efficiency Improve करने के लिए निम्न method का use किया जाता है :-

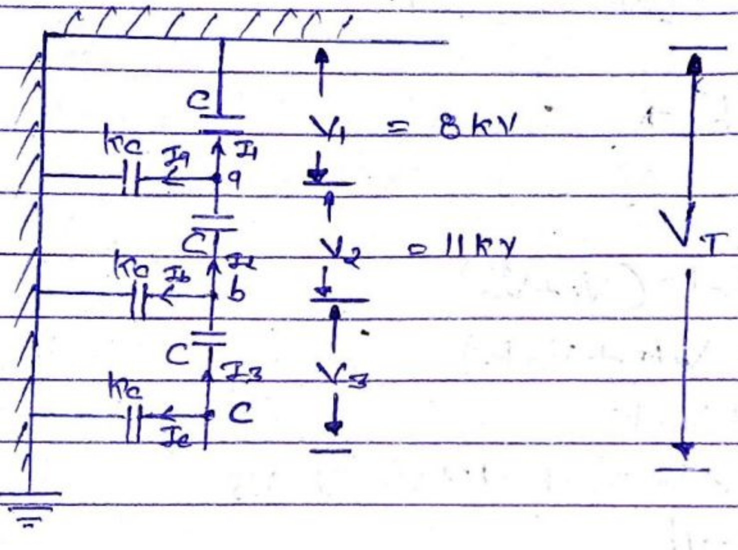
(i) Insulator designed method
(ii) Cross arm designed method
(iii) Capacitor grading method
(iv) Static shielding method

Numerical

(i) A 3 ϕ transmission line is being supported 3 disc insulator the potential across top unit and middle unit are 8 kV and 11 kV respectively.

- Calculate the ratio of capacitance between pin and earth and to the self capacitance of each.

Solve → given data ⇒ $N = 3$, $V_1 = 8\,kV$
$V_2 = 11\,kV$



(i) KCL at node (a) →

$\Rightarrow I_2 = I_1 + I_a$

$\Rightarrow V_2 \omega C = V_1 \omega C + V_1 \omega C k$

$\Rightarrow V_2 \omega C = \omega C (V_1 + V_1 k)$

$\Rightarrow V_2 = V_1 (1 + k)$

$\Rightarrow \dfrac{V_2}{V_1} = 1 + k$

$\Rightarrow K = \frac{V_2}{V_1} - 1$

$\Rightarrow k = \frac{11}{8} - 1 = 0.375$

$\Rightarrow \boxed{K = 0.375}$ (Ans.)

(ii) $V = V_1 + V_2 + V_3$

$\Rightarrow V = V_{ph}$ $\boxed{V_L = \sqrt{3} V_{ph}}$

Applying KCL at node 'b' $\Rightarrow$

$\Rightarrow I_3 = I_a + I_b$

$\Rightarrow V_3 \omega_c = V_2 \omega_c + \omega_c k (V_1 + V_2)$

$\Rightarrow V_3 \omega_c = \omega_c (V_2 + V_1 k + V_2 k)$

$\Rightarrow V_3 = V_2 + V_1 k + V_2 k$

$\Rightarrow V_3 = 11 + 8 \times 0.375 + 11 \times 0.375$

$\Rightarrow \boxed{V_3 = 18.125 \text{ kV}}$

$\Rightarrow V = 8 + 11 + 18.125$

$\Rightarrow V_T = 37.125 \text{ kV}$

$\Rightarrow V_L = \sqrt{3} V_{ph}$

$= \sqrt{3} \times 37.125$

$\Rightarrow \boxed{V_L = 64.39 \text{ kV}}$ (Ans.)

(iii) String efficiency:- $\frac{E}{NE_3} \times 100$

(आ)

$= \frac{V}{NV_3} \times 100$

$= \frac{37.125}{3 \times 18.125} \times 100$

String efficiency = 68.275% (Ans.)

Unit-5
Distribution System

Syllabus:-

- Feeders, distributors, and service mains
- Selection of conductor size based on current for distribution systems
- Voltage drops in D.C. distributors
- Voltage drop in A.C. distributors
- Types of underground power cable
- Selection of power cables for LT and HT connections
- Laying of underground power cables
- Faults in power cables

Cable:- Cable एक मोटा Wire हो या दो से अधिक Wires को लम्बाई में साथ-साथ जोड़कर, मोड़कर या गूथ कर बनायी जाती है या बनायी गई एक एकल रचना होती है। Electrical engineering में Cable का use electric current के flow के लिए किया जाता है।

Classification of Cable :-

(i) **Based on voltage:-**
(i) low voltage cable (1KV)
(ii) high voltage cable (11KV)
(iii) super voltage cable (22KV - 33KV)
(iv) Extra high voltage cable (66 KV)
(V) Extra super voltage cable (13KV and above)

(ii) **Based on Core:-**
(i) Single core cable
(ii) 3 Core cable
(iii) 3.5 Core cable

Note: → (a) It is (3.5 core cable) used for secondary distribution system.
(b) Cable में जो conductor होता है उसे ही Core कहा जाता है।

(iii) **By Construction:-**
(a) Belted cable (Max. Voltage of 11 KVA)
(b) Screened cable (Max voltage of 66 KVA)
(c) Pressure cable (Max voltage of more than 66KVA)

Construction of Cable :-

(i) **Conductor :-** इसमें Copper या Aluminum conductor use किये जाते हैं but aluminum conductor का cost कम होता है and यह लचीला अधिक होता है इसलिए generally aluminum conductor का use किया जाता है।

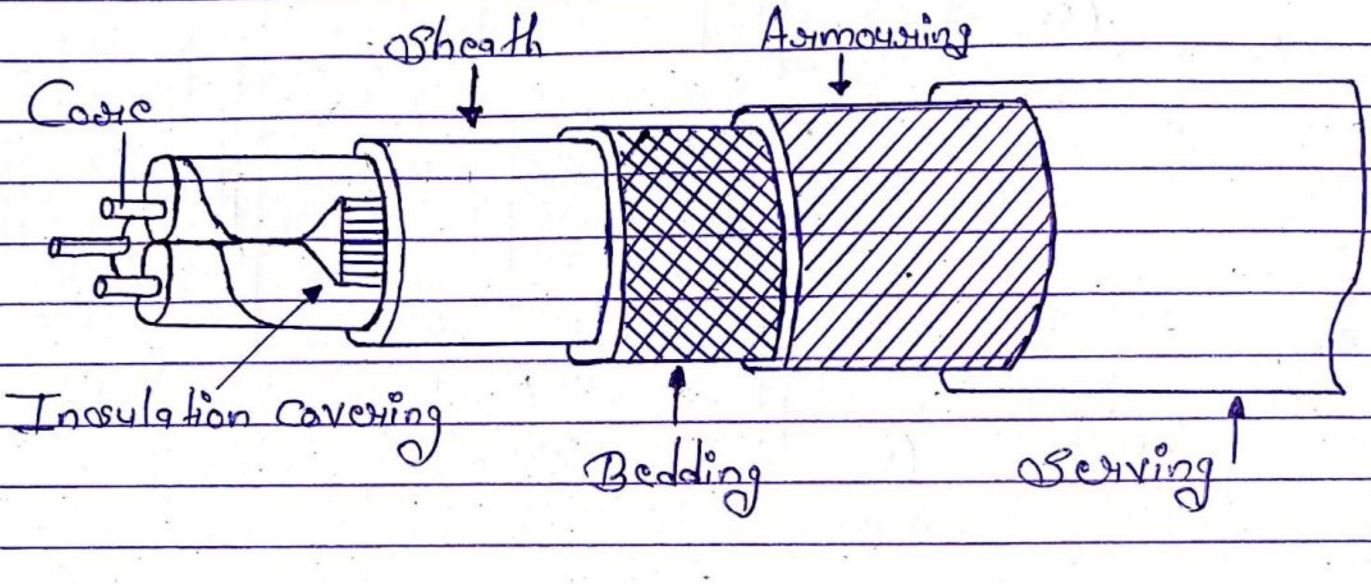
(ii) **Insulator :-** power conductor cable में high voltage level के conductor एक-दूसरे के पास रखे होते हैं इसलिए यहाँ insulation provide करना complicated होता है provided insulation में following property का होना आवश्यक होता है-

(a) high insulation resistance
(b) high dielectric strength
(c) Non- hydroscopic
(d) High melting point

इन properties के according insulation में use होने वाला main insulator PVC है

(iii) **Sheath :-** power cable में sheath के दो important function होते हैं :-

(a) Internal construction of conductor and insulator from external influences mainly temperature and moisture affect is protect by sheath.



[fig - Structure of Underground Cable]

(b) It maintains the internal electromagnetic field and don't allow the interference from external electromagnetic field.

इन properties के according sheath बनाने के लिए conducting material का use किया जाता है। यह conducting material atmosphere को insert भी होना चाहिए इसके अनुसार lead या alloy lead sheath बनाने के लिए suitable होता है।

(iv) Bedding :- power cable का यह part sheath and conductor को cushion provied करता है bedding sudden mechanical pressure करके internal construction को protect करता है bedding के लिए generally cotton, paper etc. का use किया जाता है।

(v) Armouring :- अपने name के according यह part उसे breakdown से बचाने का काम करता है।

power cable में twisting and folding के द्वारा उनका breakdown हो सकता है इसलिए Armour द्वारा इसे रोका जाता है। Armouring में strong steel wire द्वारा cross link करके armour link बनाया जाता है।

(vi) Serving :- यह cable का outermost cover होता है।

Required are :-
(a) Non-hydroscopic strength
(b) Flexibility must be high
(c) High mechanical strenght
(d) less effect of temperature

Layout of Electric Distribution System:-

(i) **Feeder:-** ऐसा Conductor जिसकी help से हम bulk electric power को electric generating station या power grid से local sub-station तक पहुँचाया जाता है, उसे ही feeder कहा जाता है।

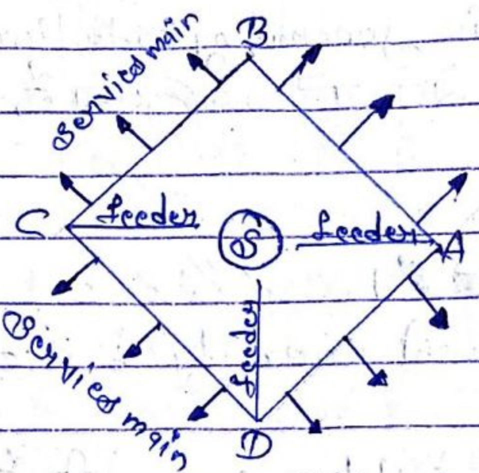
- इसमें tapping नहीं कर सकते हैं।
- feeder को हमेशा Current की Capacity के according design किया जाता है।
- इसमें सभी जगह Current की value same होती है इसलिए इसका Cross section area ज्यादा होता है।
- Distributor side में equipment लगाकर voltage को regulate किया जा सकता है।

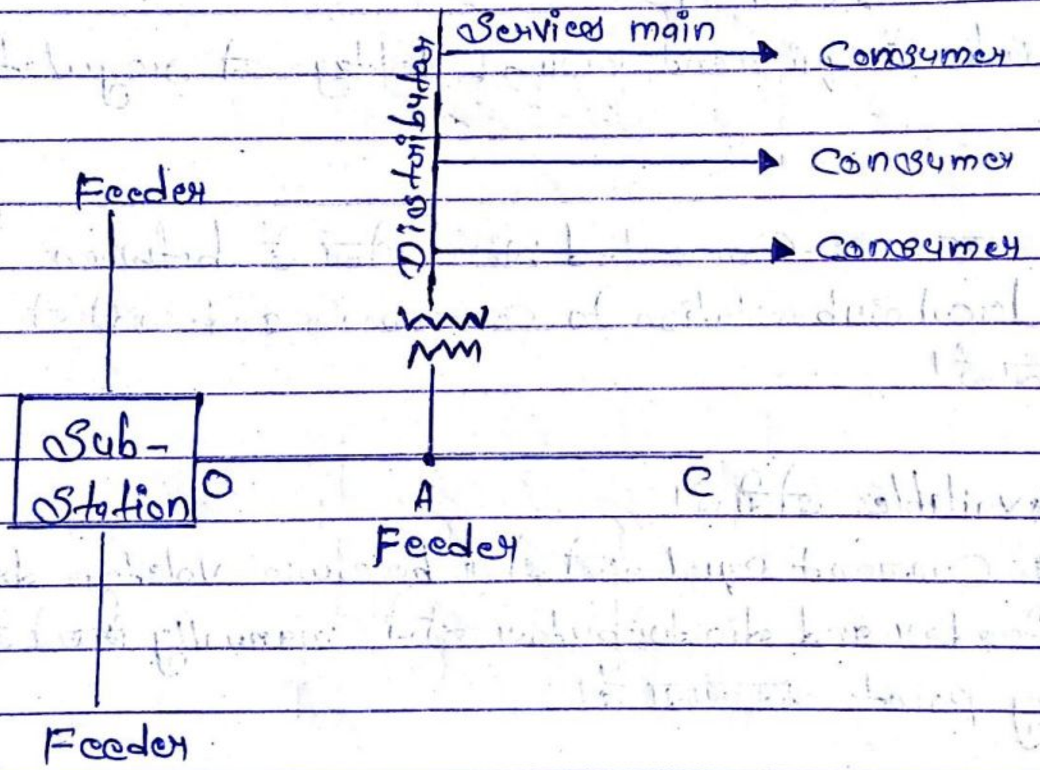
(ii) **Distributor:-** यह एक Connected wire होता है between local sub-station to consumer's end. इसे ही distributor कहा जाता है।

- इसमें tapping available होती है।
- इसमें सभी जगह Current equal नहीं होगा because Voltage drop.
- वह स्थान जहाँ feeder and distributor दोनों manually मिलते हैं वह point feeding point कहलाता है।

(iii) **Services main:-** वह Conductor जिसकी help से हम electric power को distributor से Consumer के meter board तक पहुँचाया जाता है, उसे ही services main कहा जाता है।

- इसका design consumer के load के base पर करते हैं।
- Services main conductor, wether proof wire का होता है।





Laying of Underground cable :-

(i) Direct Method :- इस method में cable को बिछाने के लिए सबसे पहले भूमि में लगभग 1.5 m. गहरा and 45cm. चौड़ा गड्ढा खोदा जाता है गड्ढों के नीचले भाग में बारीक रेत की 10cm. मोटी परत जमाई जाती है यह रेत cable की नमी से रक्षा करता है। Cable को गड्ढों में बिछाने के बाद उस पर रेत की परत फिर उस पर मिट्टी की परत बिछाई जाती है। Cable को external mechanical damage से बचाने के लिए गड्ढे को लकड़ी, ईंटों या concrete के cover से ढक किया जाता है।

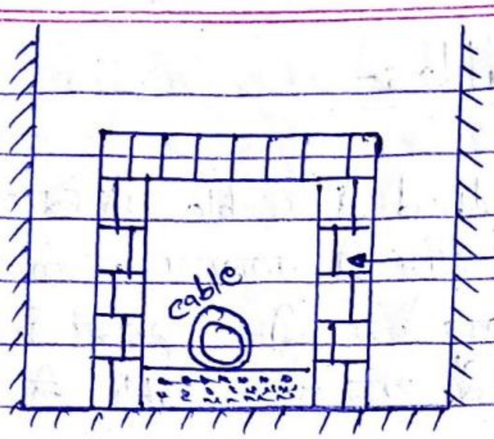
- Underground cable को बिछाने की यह सबसे सरल विधी है। आज के time में यह काफी ज्यादा use होती है।

- इस method में use होने वाले cable की Armouring steel tape से की जाती है।

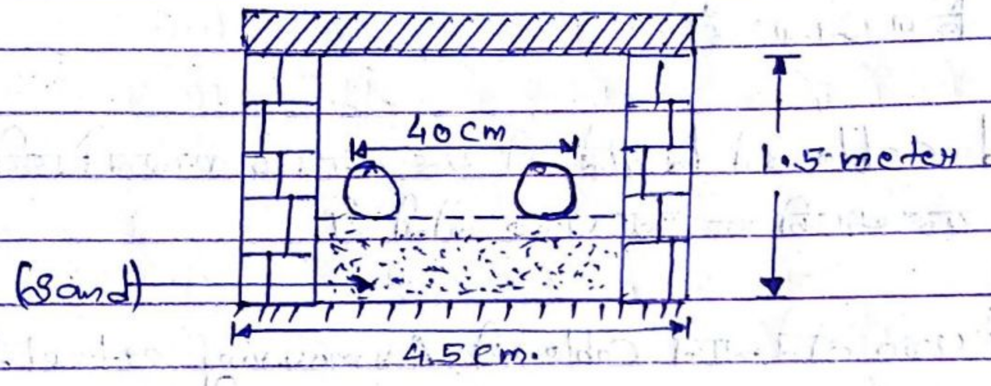
- यह method उन areas में use किये जाते जाते हैं जहाँ खुदाई करना आसान हो। ज्यादा भीड़-भाड़ स्थान पर इसका use नहीं किया जा सकता।

Merits :- (i) Easy Method
(ii) Cheap Method

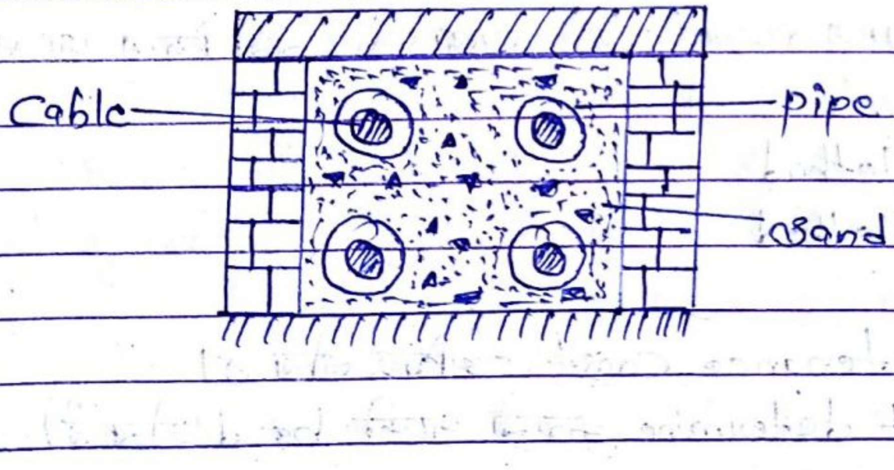
Demerits :- (i) Maintenance cost अधिक होता है।
(ii) fault determine करना काफी hard होता है।



[fig - Direct laying in ground method]



(ii) Draw-in system :-

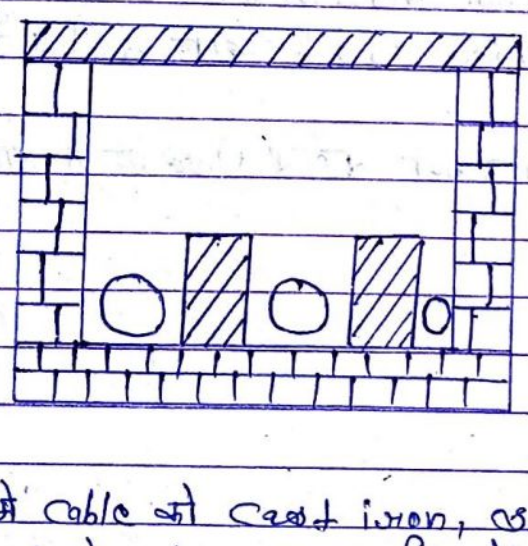


इस method में cast iron की pipe बिछाई जाती हैं जिसमें cable डालने की व्यवस्था होती है। इसमें निश्चित दूरी पर holes बनाये जाते हैं।

Merits:- (i) इसमें use होने वाले cable में armouring की आवश्यकता नहीं होती है।
(ii) Cable की mechanical damage से safety.
(iii) Cable के maintenance की cost कम होती है।
(iv) भीड़-भाड़ वाले areas में easy to use होता है।

Demerits:- (i) starting cost अधिक होता है।
(ii) ऊष्मा विसरण कठिनाई से होता है।
(iii) tapping नहीं की जा सकती।

(iii) Soild Method:-



इस Method में cable को cast iron, stoneware, asphalt or treated wood के trough (गर्त) में रखा जाता है जब cable को position में रखा जाता है उसके बाद troughing को asphalt के bituminous से भर दिया जाता है and फिर इसे cover कर दिया जाता है।

इस तरह troughing एक अच्छी mechanical protection provide करता है। इसमें use होने वाले Cable में armouring की आवश्यकता नही होती।

- Cable पर lead (Pb) की परत चढ़ी होती है।

Merits :-

(i) Cables के life period बढ़ जाते है।
(ii) Believable system है।
(iii) Armouring की आवश्यकता नही होती।
(iv) Cable पूर्णत: बाह्य आघातों से safe रहता है।

Demerits :-

(i) Cost ज्यादा आता है।
(ii) ऊष्मा विसरण कठिन होता है।
(iii) Maintenance cost अधिक होता है।

Note :- यह Method आजकल बहुत use किया जाता है।

Faults in Underground Cables :-

(i) Open circuit Fault → यदि underground cable का एक या एक से अधिक तार pressure, tension या sharp bend के कारण break हो जाये या फिर high temperature के कारण cable conductor का जोड़ खुल जाये तो वह 'open circuit fault' कहलाता है।

(ii) Short circuit fault :- यदि overloading या अन्य किसी कारण से cable की दो core आपस में touch हो जाये तो यह 'short circuit fault' कहलाता है। इस fault के कारण cables में current की value बढ़ जाने से वे burn होकर नष्ट हो सकती है।

(iii) Earth fault :- यदि insulation break हो जाने या burn हो जाने के कारण cable की कोई core उसके Metallic armor को touch करने लगे तो यह fault 'Earth fault' कहलाता है।