পরিচিতি

শিক্ষক পরিচিতি

রেজাউল ইসলাম

ইন্সট্রাক্টর (ইলেকট্রিক্যাল)

রংপুর পলিটেকনিক ইন্সটিটিউট, রংপুর।

ইমেল: rezaulplc@gmail.com

মোবা: ০১৭৬৭-০৩৩৮৮৩

আজকের লাইভ ক্লাসের পাঠ পরচিতিঃ-
(১ম লাইভ ক্লাসঃ-১ম অধ্যায়)

আজকের লাইভ ক্লাস থেকে আমরা নিম্নোক্ত বিষয়ে বিস্তারিত ভাবে জানতে পারব ।

১)Electric supply system এর basic concept বা মৌলিক ধারণা ।

২) Feeder and Distributor এর মধ্যকার মূল পার্থক্য ।

৩) বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র থেকে কিভাবে গ্রাহকের নিকট বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয় ।

৪)উচ্চ ভোল্টেজে power transmission এর সুবিধা সমূহ ।

Electric supply system সম্পর্কে ধারনা।(Basic concept of electric supply system).

আধুনিক সভ্য যুগে বিদ্যুতের চাহিদা ব্যাপক ।বিদ্যুতের এই ব্যাপক চাহিদা পূরনের জন্য বড় বড় Generating station বা Power station স্থাপন করা হয়েছে।Generating station গুলোতে অত্যন্ত দক্ষতার সাথে সাশ্রয়ী ভাবে ব্যাপক ভিত্তিক Electrical energy উৎপাদন করা হয়। উৎপাদিত electrical energy কে Generating station থেকে গ্রাহকের নিকট সরবরাহ করার সামগ্রীক ব্যবস্থাকে Electric Supply System বলে ।

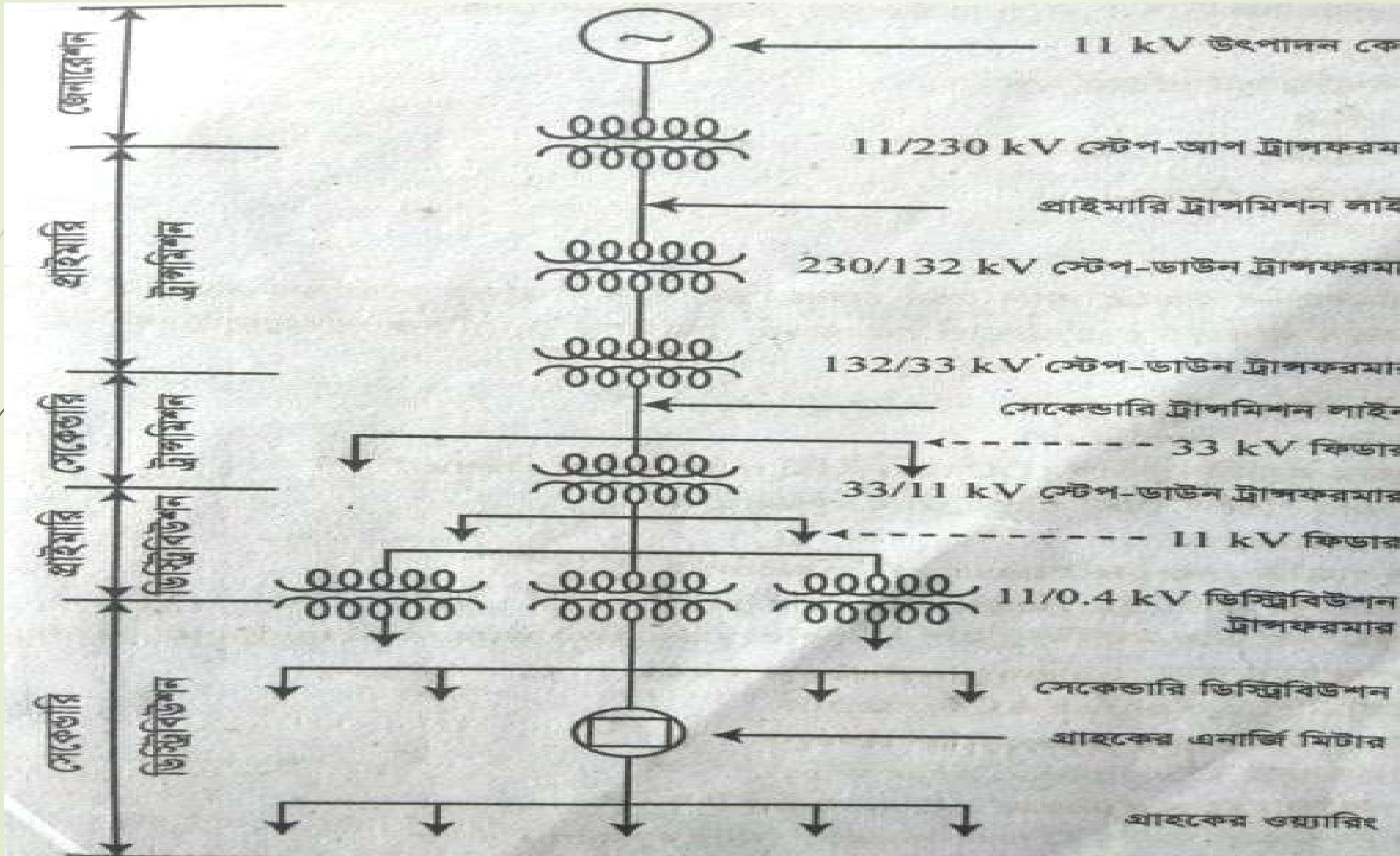
Electric supply system এর মূল উপাদান তিনটি ।

১)Power Station 2) Transmission Line 3) Distribution System .

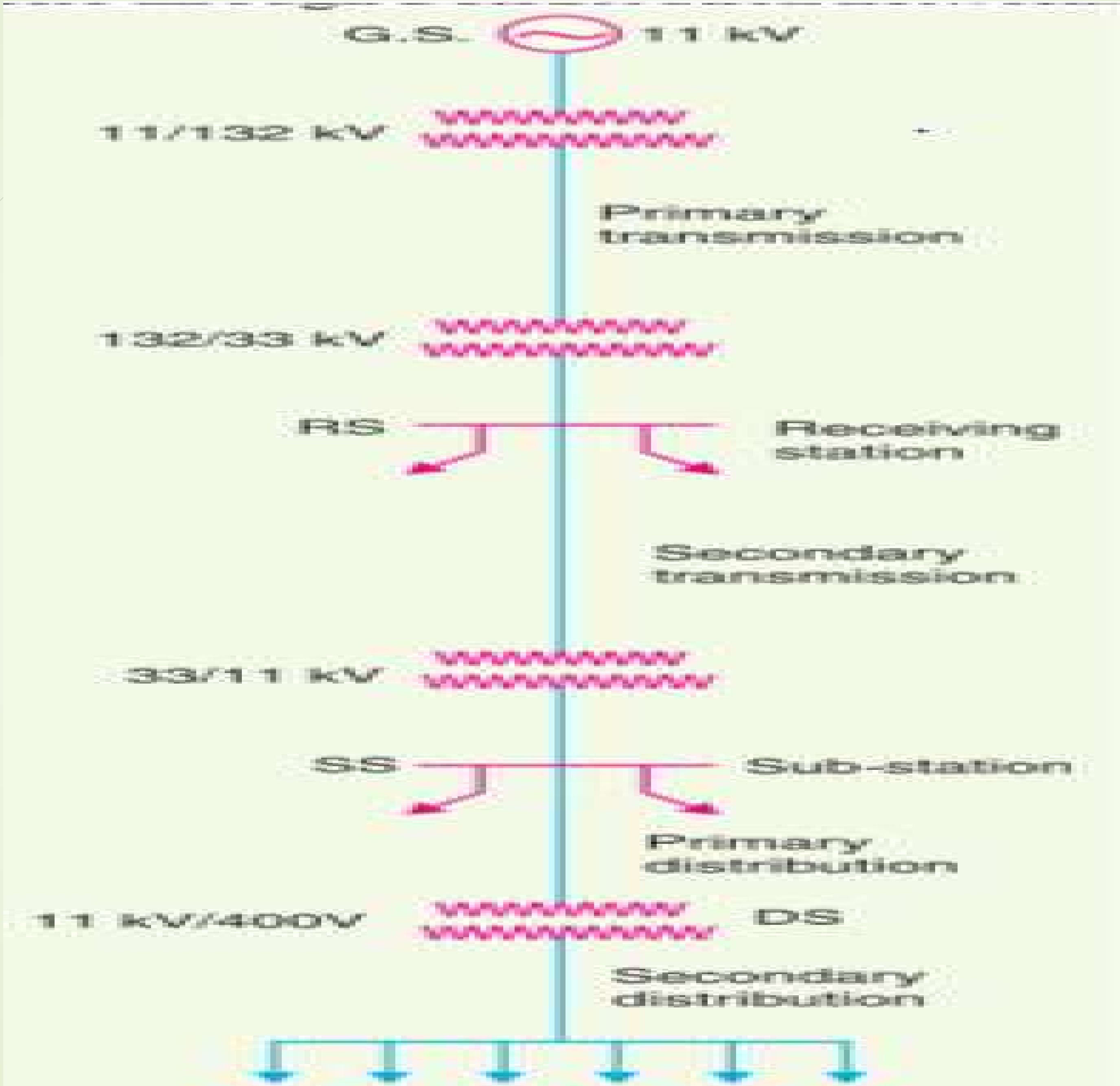
- Power station গুলো দূরবর্তী স্থানে যেখানে জ্বালানী এবং অন্যান্য সুবিধা সমূহ বিদ্যমান সেখানেই গড়ে উঠে।Power station এর উৎপাদিত বিদ্যুৎ শক্তি দূরবর্তী লোড সেন্টারে সরবরাহ করা হয়।এক্ষেত্রে Power Station এবং Consumer এর মধ্যে পরিবাহির মাধ্যমে একটি বিশাল Net work কাজ করে ।Transmission and Distribution হলো এই বিশাল NetWork এর মূল উপাদান ।

আমাদের দেশের Generation and Transmission মূলতঃ 3 –Phase ,3- wire a
system।পক্ষান্তরে Distribution system হলো 3 –Phase ,4- wire a.c. system
Power Transmission and Distribution আবার দুই পদ্ধতিতে হয়ে থাকে।যথাঃ
head system এবং Under ground system ।
Over head system এর তুলনায় Under ground system বেশ ব্যয়বহুল।এজন
আমাদের দেশে Transmission and Distribution এর ক্ষেত্রে Over head syste
এর প্রচলন বেশি।

Single line diagram of Electrical system.



চিত্র ঃ ১.২ জেনারেশন হতে ডিস্ট্রিবিউশন সিস্টেমের সিঙ্গেল লাইন ডায়াগ্রাম


G.S.
11 kV
11/132 kV
Primary transmission
132/33 kV
RS
Receiving station
Secondary transmission
33/11 kV
SS
Sub-station
Primary distribution
11 kV/400V
DS
Secondary distribution

বাংলাদেশের Electric supply system এর বিভিন্ন ধাপের Standard voltage সমূহঃ--

Generating voltage:--- 10.5 kv , 11 kv , 15.75 kv etc.

Primary transmission voltage:--- 132 kv ,230 kv ,400 kv .

Secondary transmission voltage :-- 33 kv ,66 kv .

Primary distribution voltage:--- 11 kv .

secondary distribution voltage:--- 400 volt (দুইটি ফেজের মধ্যবর্তী ভোল্টেজের মান) । 230 volt (একটি ফেজ এবং নিউট্রালের মধ্যবর্তী ভোল্টেজের মান)

নিম্ন চাপের সেকেন্ডারী ডিস্ট্রিবিউশন:-

চিত্রে একটি Secondary distribution system দেখানো হয়েছে।

এর মূল উপাদান গুলো হলো Feeder ,Distributor এবং Service Main ।

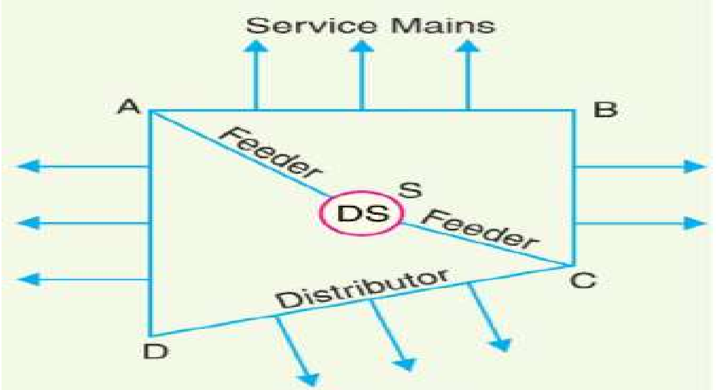


Fig. 7.2

Primary distribution Voltage 11 KV কে Distribution Substation (DS)এর মাধ্যমে step down করে 400 v,3-phase 4-wire System করা হয়েছে।

Distribution sub station (DS)টি গ্রাহকের load centre এ অবস্থিত। SA এবং SC feeder এর মাধ্যমে distributor AB,BC,CD,DA তে power supply করা হয়েছে।

- Feeder এর সাথে গ্রাহকের কোন ট্যাপিং নাই।Service main এর মাধ্যমে গ্রাহকের এনার্জিমিটারের সাথে Distributor এর সরাসরি সংযোগ থাকে।

১-ফেজ গ্রাহককে একটি ফেজ এবং নিউট্রালের এর মাধ্যমে আর 3-phase 400v,motor load এ সরাসরি 3-phase এর মাধ্যমে electric supply দেওয় হয় ।

Feeder এবং Distributor এর পার্থক্যঃ

1)কোন এলাকার বিদ্যুৎ সরবরাহ দেওয়ার জন্য উচ্চ ভোল্টেজের যে মেইন লাই টানা হয় তাকে Feeder বলে ।পক্ষান্তরে গ্রাহক কে সরাসরি লাইন দেওয়ার জন নিম্ন ভোল্টেজের যে লাইন টানা হয় সেটাই হলো Distributor ।

2)Feeder এ সরাসরি গ্রাহকের কোন সংযোগ থাকে না ।কিন্তু Distributor এ সরাসরি গ্রাহকের সংযোগ থাকে।

3) Feeder এর current density সর্বত্র সমান থাকে কিন্তু Distributorএর current density সর্বত্র সমান থাকে না।

4)Feeder design এর ক্ষেত্রে current density কে প্রধান বিবেচ্য বিষয় হিসাবে গণ্য করা হয় কিন্ত Distributor design এর ক্ষেত্রে Voltage drop কে অধিকতর বিবেচনা করা হয়ে থাকে।

Service main :-Distributor থেকে গ্রাহকের Energy meter পর্যন্ত সংযুক্ত electric line কে Service main বলে। সাধারনত distributor line এর খুটি বা pole থেকে Service main টানা হয়ে থাকে ।

High voltage Transmission এর সুবিধা সমূহঃ

(১)লাইন লস ভোল্টেজের ব্যস্তানুপাতিক বিধায় উচ্চ ভোল্টেজে লাইনের লস কম হয়।

(২)লাইন লস কম হওয়ার কারনে ট্রান্সমিশন দক্ষতা বৃদ্ধি পায় ।

(৩)একই পাওয়ারের ক্ষেত্রে ভোল্টেজ উচ্চ হলে আনুপাতিক হারে লাইনের কারেন্ট কমে যায়।ফলে উচ্চ ভোল্টেজে তুলনামুলক ভাবে কম আয়তনের পরিবাহি তারের প্রয়োজন হয়।

(৪) উচ্চ ভোল্টেজের লাইনে কারেন্ট কম থাকায় লাইনের ভোল্টেজ ড্রপ কম হয়। ফলে ভোল্টেজ রেগুলেশন উন্নত হয়।

দেখাও যে,উচ্চ ভোল্টেজে পাওয়ার ট্রান্সমিশনে পরিবাহীর আয়তন কম লাগে ।

মনে করি Transmission power হলো 3-phase 3-wire A.c.

এক্ষেত্রে Transmission power =P watt

Line voltage =V volts.

Line loss = W watt

Load power factor = $cos\theta$

Transmission line এর দৈঘ্য =L m

প্রতি তারের resistance =R Ω

প্রতি তারের resistivity= ρ ohm-m

পরিবাহী তারের প্রস্থচ্ছেদ = a বর্গ –মিটার ।

লোড কারেন্ট $I = \frac{P}{\sqrt{3}V cos\theta}$ Ampere.

Total power loss ,$W = 3I^2R$

$$= 3\left(\frac{P}{\sqrt{3}V cos\theta}\right)^2 X\ \rho L/a \quad (R= \frac{\rho L}{a})$$

$$W = \frac{P^2 \rho L}{V^2 \cos^2\theta\ a}$$

$$a = \frac{P^2 \rho\ L}{W\ V^2 \cos^2\theta}$$

লাইন পরিবাহির আয়তন $= 3aL = 3\left(\frac{P^2 \rho\ L}{W\ V^2 \cos^2\theta}\right) X\ L$

$$= \frac{3P^2 \rho L^2}{WV^2 \cos^2\theta}$$

লাইন পরিবাহীর আয়তন = $\frac{3P^2\rho L^2}{WV^2 \cos^2\theta}$

যেহেতু ভোল্টেজের সাথে পরিবাহির আয়তনের তুলনা করতে হবে সেহেতু উপরোক্ত সমীকরনে ভোল্টেজ(V) ছাড়া বাকী সব রাশি গুলোকে Constant হিসাবে বিবেচনা করা যায়।

পরিবাহির আয়তন $= \frac{K}{V^2}$

পরিবাহির আয়তন $\propto \frac{1}{V^2}$

উপরোক্ত সমীকরন থেকে দেখা যাচ্ছে যে পরিবাহীর আয়তন ,ট্রান্সমিশন লাইনের ভোল্টেজের বর্গের সাথে ব্যস্তানুপাতিক বা উল্টানুপাতিক।

Transmission line এর ভোল্টেজ উচ্চ মানের হলে পরিবাহীর আয়তন অনেক কম লাগবে।

দেখাও যে উচ্চ ভোল্টেজে Transmission line এর efficiency বৃদ্ধি পায় ।

আমরা জানি যে transmission line এর total loss = $\frac{P^2 \rho L}{V^2 \cos^2\theta \, a}$

P=output power

Input power =output power+ total loss =P+ $\frac{P^2 \rho L}{V^2 \cos^2\theta \, a}$..........(1)

ধরি Current density ,$J=\frac{I}{a}$,$a=\frac{I}{J}$ এখন (1) নং সমীকরনে a এর মান বসিয়ে

পাই Input power =P+ $\frac{P^2 \rho L J}{V^2 \cos^2\theta \, I}$ ....(2)

আবার আমরা জানি $I=\frac{P}{\sqrt{3} V cos\theta}$ এই মান (2) নং সমীকরনে বসিয়ে পাই

Input power = $P+\frac{P^2 \rho L J}{V^2 \cos^2\theta}$ X $\frac{\sqrt{3} V cos\theta}{P}$ $=P+\frac{\sqrt{3} P J \rho L}{V cos\,\theta} = P(1+\frac{\sqrt{3} J \rho L}{V cos\theta})$

Transmission efficiency $=\frac{Out\ put\ power}{Input\ power}=\frac{P}{P(1+\frac{\sqrt{3} J \rho L}{V cos\theta})}=(1+\frac{\sqrt{3} J \rho L}{V cos\theta})^{-1}$

Efficiency = $(1 - \frac{\sqrt{3}J\rho L}{V\cos\theta})$, বাইনোমিয়াল থিওরমের সাহায্যে সম্প্রসারন করে পাই।

Efficiency এর মান সর্বোচ্চ হবে যখন $\frac{\sqrt{3}J\rho L}{V\cos\theta}$ এই ভগ্নাংশ এর মান সর্ব নিম্ন হবে।

ভগ্নাংশ টিতে V ব্যাতিত অন্য সব রাশিগুলো $constant$ । এক্ষেত্রে

Voltage(V) এর মান যত বেশি হবে ভগ্নাংশ টির মান তত কম হবে ।

সুতরাং দেখা যায় যে উচ্চ ভোল্টেজে Transmission line এর দক্ষতা বৃদ্ধি পায়।

Home work (বাড়ীর কাজ)

1)Over head system এবং Under ground system এর মধ্যকার পারস্পারিক সুবিধা ও অসুবিধা সমূহ কি কি ?

2) অধিক উচ্চ Transmission voltage এর সীমাবদ্ধতা সমূহ কি কি ?

3) Feeder design এর ক্ষেত্রে current density এবং Distributor design এর ক্ষত্রে Voltage drop কে প্রধান বিবেচ্য হিসাবে গ্ণ্য করা হয় কেন ?

4) গাণিতিক ভাবে দেখাও যে ,উচ্চ ভোল্টেজ ট্রান্সমিশনে লাইনের Voltage drop এর হার কম হয় ।

,আগামী লাইভ ক্লাসে যে বিষয় গুলো নিয়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হবে সেগুলো হলোঃ-(১ম অধ্যায়)

১)Power transmission and distribution এর বিভিন্ন রকম পদ্ধতি ।

২) বিভিন্ন রকম পদ্ধতির মধ্যকার পরিবাহী তারের সাশ্রয়ের তুলনা । (Comparison of various systems)

৩)Most economic working voltage and solve problems .

<u>আল্লাহ হাফেজ</u>

পাঠ পরিচিতি

টি.ডি.- ১ (৬৬৭৬৩)

অধ্যায়ঃ ০১ এর বাকি অংশ

পর্বঃ ষষ্ঠ , টেকনোলজিঃ ইলেকট্রিক্যাল

ক্লাসে আমরা যে সব বিষয়ে বিস্তারিত আলোচনা ও ব্যাখ্যা করেছিলা
গুলো সংক্ষিপ্ত আকার নিম্নরুপঃ (অধ্যায়-১ থেকে)

Electric Supply System এর **Basic Concept** বা মৌলিক ধার

Feeder and Distributor এর মধ্যকার মূল পার্থক্য।

বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র থেকে কিভাবে গ্রাহকের নিকট বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হ

উচ্চ ভোল্টেজে **Power Transmission** এর সুবিধা সমূহ।

আজকের বিষয়

অধ্যায় ১ থেকে)

) **Power Transmission and Distribution** এর বিভিন্ন রকম প

) বিভিন্ন রকম পদ্ধতির মধ্যকার পরিবাহী তারের সাশ্রয়ের তুলনা।

) **Most Economic Working Voltage and Solve Proble**

ower Transmission and Distribution এর বিভিন্ন প্রকার পদ্ধ

কল পদ্ধতিতে বৈদ্যুতিক পাওয়ার ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিশন তা নিম্নরুপঃ

.C System : a) D.C 2-wire system b) D.C 3 -wire system.

ingle phase A.C System: a) Single phase 2- wire system.

Single phase 2- wire system with mid point earthed.

ingle phase 3- wire system.

Two phase A.C System: a) Two phase 3-wire system b)
se 4-wire system.

Three phase A.C System: a) Three phase 3-wire system,

Three phase 4-wire system.

r Transmission এর ক্ষেত্রে কোন System টি সর্বোত্তম তা জানার জন্য বিভিন্ন System
রিক তুলনা করা দরকার।

wer Transmission এর খরচের মধ্যে পরিবাহী পদার্থের মূল্য অন্যতম একটি বড় খরচ। এ
তি বা System এর Power Transmission এ পরিবাহী পদার্থের আয়তন কম লাগে
টি হলো সর্বোত্তম পদ্ধতি বা Best System of Power Transmission. সেজন্য পরি
আয়তনের উপর ভিত্তি করেই বিভিন্ন System এর পারস্পারিক তুলনা করা হয়ে থাকে।

ভিন্ন System এর পরিবাহী পদার্থের আয়তনের তুলনা করার ক্ষেত্রে সমান সর্বোচ্চ ভোল্টেজ বিবে
হয়। দুটি উপায়ে সমান সর্বোচ্চ ভোল্টেজ বিবেচনা করা যায়।

ver Head System এর ক্ষেত্রে Maximum Disruptive Stress পরিবাহী
াজ করে । সেজন্য Over Head System এর ক্ষেত্রে সমান সর্বোচ্চ ভোল্টেজ পরিবাহী
ductor to earth) মধ্যে বিবেচনা করতে হয় ।

nder Ground System এর ক্ষেত্রে মূল পীড়ণ দুটি পরিবাহীর মধ্যবর্তী ইন্সুলেশনের উপর
এজন্য Under Ground System এর ক্ষেত্রে সমান সর্বোচ্চ ভোল্টেজ দুই পরিবাহীর ম
ductor to conductor) বিবেচনা করতে হয় ।

বিভিন্ন পদ্ধতির পরিবাহি পদার্থের আয়তন তুলনা করার ক্ষেত্রে বিবেচ্য বিষয়

- প্রত্যেক সিস্টেমে পরিবহন কৃত পাওয়ার সমান বিবেচনা করতে হবে ।
- প্রত্যেক সিস্টেমে ট্রান্সমিশন লাইনের দূরত্ব সমান বিবেচনা করতে হবে ।
- প্রত্যেক সিস্টেমে পাওয়ার অপচয় সমান বিবেচনা করতে হবে ।
- **Over Head System** এর ক্ষেত্রে সমান সর্বোচ্চ ভোল্টেজ পরিবাহী ও ভুমির (**conductor to earth**) মধ্যে বিবেচনা করতে হবে ।
- **Under Ground System** এর ক্ষেত্রে সমান সর্বোচ্চ ভোল্টেজ দুই পরিবাহীর মধ্যে (**conductor to conductor**) বিবেচনা করতে হবে ।
- **Over head** এবং **Under Ground System** বিষয়ে কিছু উল্লেখ না থাকলে সমান সর্বোচ্চ ভোল্টেজ বিবেচনার যে শর্ত থাকবে তা বিবেচনা করতে হবে ।
- **Neutral Wire** এর সাইজ সাধারনত **Outer Conductor (phase conductor)** এর অর্ধেক বা ৫০% বিবেচনা করতে হবে ।

ত্বে সম দক্ষতায় সম পাওয়ার প্রেরণে পরিবাহী ও আর্থের মধ্যে সর্বোচ্চ ভোল্টেজ

DC 3-wire এবং AC 3-phase 3-wire system এর তামার তুলনা কর ।

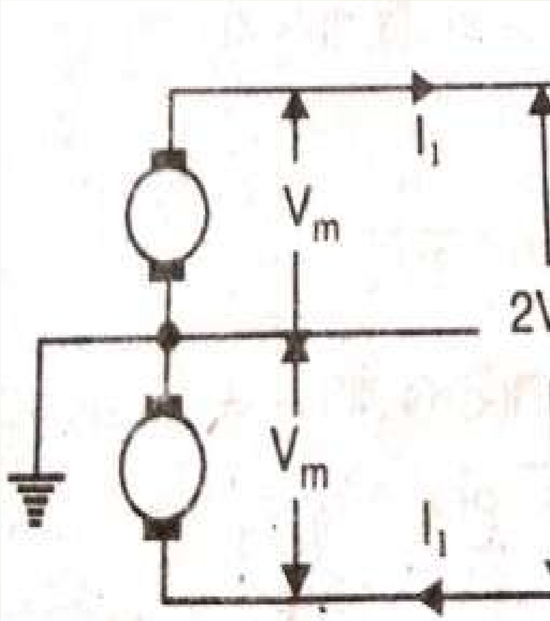
াধানঃ- DC 3-wire system:-

m= পরিবাহী ও আর্থের মধ্যে সর্বোচ্চ ভোল্টেজ ।

= প্রেরিত পাওয়ার ।

$_1$ = প্রতিটি পরিবাহীর রোধ ।

= লাইন কারেন্ট ।



$= \frac{P}{2V_m}$

Power loss $= 2I_1^2R_1 = 2x\left(\frac{P}{2V_m}\right)^2 R_1$

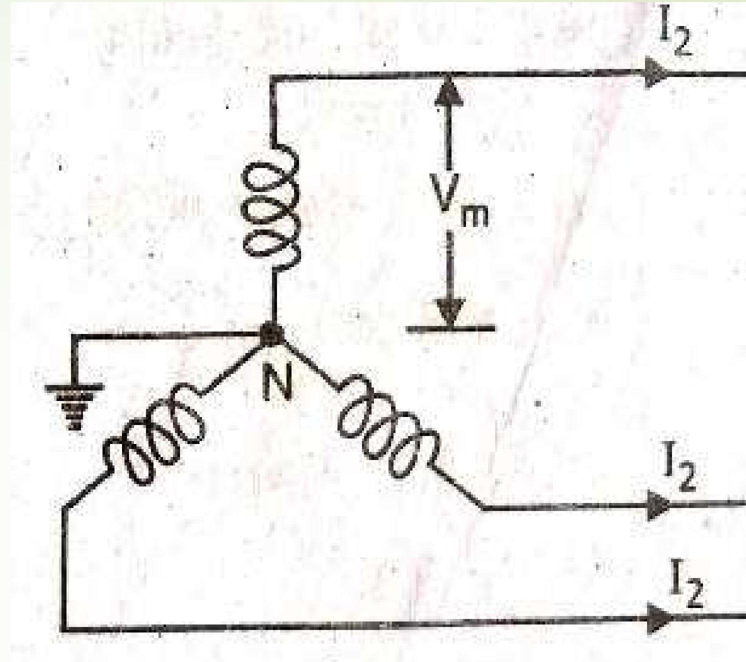
$\frac{P^2R_1}{2V^2}$..........(1)

AC 3 phase 3-wire system:-

➔ R_2 = প্রতিটি তারের রোধ ।

➔ I_2 = লাইন কারেন্ট ।

➔ $\cos\varphi$ = লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর ।



➔ Phase voltage $V_p = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

- Line Voltage $V_l = \sqrt{3}V_p = \sqrt{3}\frac{V_m}{\sqrt{2}}$

➔ $I_2 = \frac{P}{\sqrt{3}V_l\cos\varphi} = \frac{\sqrt{2}\,P}{3V_m\cos\varphi}$

- Power loss $= 3I_2^2R_2 = 3\left(\frac{\sqrt{2}\,P}{3V_m\cos\varphi}\right)^2 R_2$

$$= \frac{2P^2R_2}{3V_m^2\cos^2\varphi} \quad \text{.........................(2)}$$

ু উভয় পদ্ধটির পাওয়ার লস সমান সেহেতু আমরা পাই $\frac{P^2R_1}{2V_m^2} = \frac{2P^2R_2}{3V_m^2\cos^2\varphi}$

$= \frac{4}{3}$ (Cosφ=1)

$= \frac{4}{3}$ (পরিবাহীর রোধ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের সাথে উল্টানুপাতিক)

$\frac{L}{_1L} = \frac{4X3}{3X2.5} = \frac{12}{7.5} = 1.6$

$\frac{\text{তিন তার পদ্ধতিতে পরিবাহির আয়তন}}{\text{তিন তার পদ্ধতিতে পরিবাহির আয়তন}}$ =1.6

3-phase 3-wire system এর আয়তন =1.6 X DC 3-wire এর আয়তন

3wire তুলনায় AC 3phase 3 wire system এ 1.6 গুণ বা 160%তার

এ দেখা যাচ্ছে যে সম দূরত্বে সম দক্ষতায় সম পাওয়ার প্রেরণে AC 3phase 3

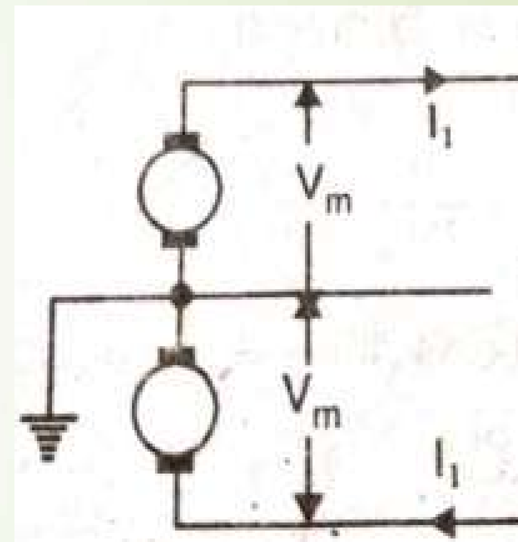
m অপেক্ষা DC 3-wire system অধিক সাশ্রয়ী এবং অর্থনৈতিক ভাবে লাভজন

াঃ-সম দূরত্বে সম দক্ষতায় সম পাওয়ার প্রেরণে পরিবাহী ও আর্থের মধ্যে স

ল্টজ বিবেচনা করে **DC 3-wire এবং AC 3-phase 4-wire sys**

তামার তুলনা কর।

ধানঃ- **DC 3-wire system:-**



n = পরিবাহী ও আর্থের মধ্যে সর্বোচ্চ ভোল্টেজ ।

= প্রেরিত পাওয়ার ।

= প্রতিটি পরিবাহীর রোধ ।

ন কারেন্ট $I_1 = \frac{P}{2V_m}$

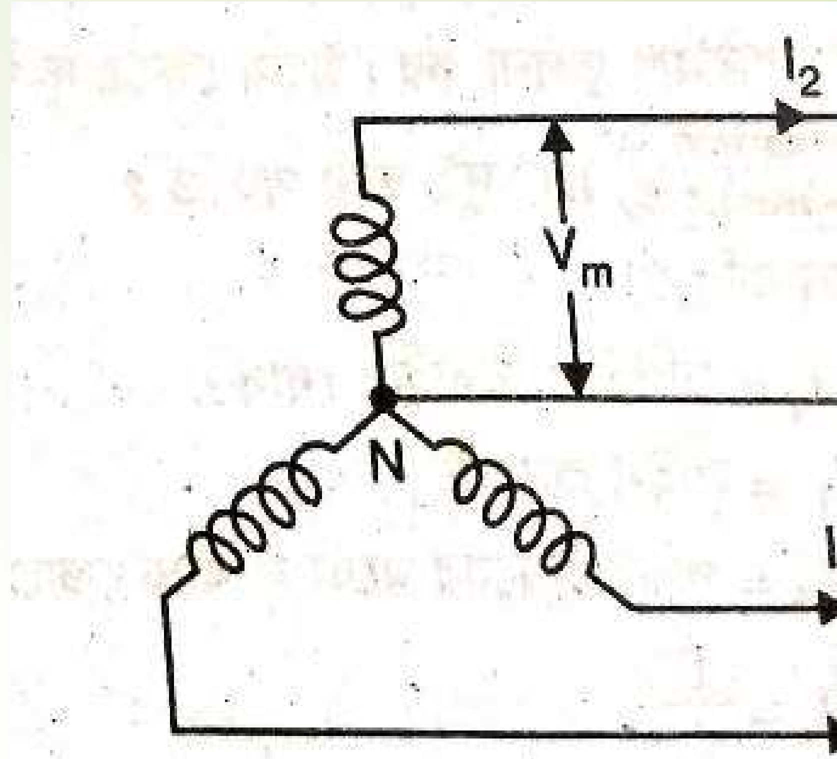
wer loss $= 2I_1^2 R_1 = 2x\left(\frac{P}{2V_m}\right)^2 R_1 = \frac{P^2 R_1}{2V_m^2}$..........(1)

C 3 phase 4-wire system:-

$R_2 =$ প্রতিটি তারের রোধ।

$I_2 =$ লাইন কারেন্ট।

$Cos\varphi =$ লোড পাওয়ার ফ্যাক্টর।



$$\text{Phase Voltage } V_p = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

$$\text{Line Voltage } V_l = \sqrt{3}V_p = \sqrt{3}\frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3}V_l\cos\varphi} = \frac{\sqrt{2}\,P}{3V_m\cos\varphi}$$

$$\text{er Loss} = 3I_2^2R_2 = 3\left(\frac{\sqrt{2}\,P}{3V_m\cos\varphi}\right)^2 R_2 = \frac{2P^2R_2}{3V_m^2\cos^2\varphi} \quad \text{.......(}$$

· Loss = $2I_1^2R_1 = 2x\left(\frac{P}{2V_m}\right)^2 R_1 = \frac{P^2R_1}{2V_m^2}$……….(1) (DC 3 Wire)

· Loss = $3I_2^2R_2 = 3\left(\frac{\sqrt{2}\,P}{3V_m\cos\varphi}\right)^2 R_2 = \frac{2P^2R_2}{3V_m^2\cos^2\varphi}$…(2) (AC 3 phase 4-wire sy

উভয় পদ্ধতির পাওয়ার লস সমান সেহেতু আমরা পাই

$= \frac{2P^2R_2}{3V_m^2\cos^2\varphi}$

(Cosφ=1)

(পরিবাহীর রোধ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের সাথে উল্টানুপাতিক)

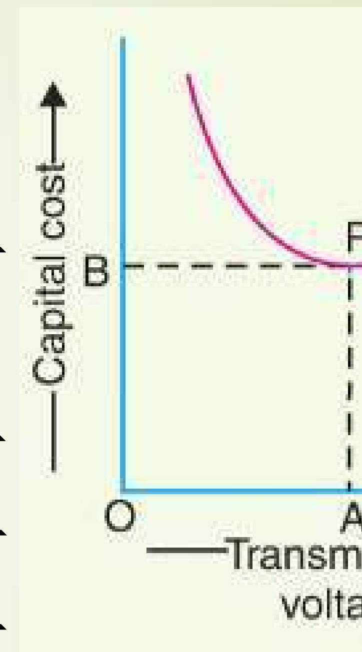
$= \frac{4x3.5}{3x2.5} = \frac{14}{7.5} = 1.87$

$\frac{\text{hase 4-wire এর পরিবাহী আয়তন}}{\text{wire system এর পরিবাহী আয়তন}}$ = 1.8 অতএব দেখা যাচ্ছে যে, DC 3-wire system অপেক্ষ

4-wire system এ 1.87 গুণ বা 187% তার লাগে।

nsmission line এর জন্য সর্বাপেক্ষা মিতব্যয়ী কার্যকরী ভোল্টেজ (M nomic Working Voltage for Transmission Line)

ভোল্টেজে এ Power Transmission পরিবাহীর আয়তন কম লাগে। পরিবাহীর খরচ কমানোর জন্য Transmission Line এর Voltage র সম্ভব বৃদ্ধি করা প্রয়োজন। কিন্তু Voltage বৃদ্ধি করলে Insulator, sformer, Switch Gear ও অন্যান্য যন্ত্রপাতির খরচ আনুপাতিক হারে ায়। পরিবহন লাইনের Conductor, Insulator, Transformer, ch Gear ও অন্যান্য যন্ত্রপাতির খরচ কে একত্রে মূলধন খরচ বা tal Cost বলা হয় । সুতরাং Transmission Voltage এর যে জন্য মূলধন খরচ বা Capital Cost সর্বনিম্ন হবে সেই মান কেই omical Transmission Voltage বলা হয়। Transmission ge বনাম Capital Cost এর গ্রাফ থেকে দেখা যাচ্ছে যে কার্ভের বিন্দু (P) Economical Transmission Voltage নির্দেশ করে। পরিমান Voltage হলো Economical Transmission



রিবহন লাইনের সর্বাপেক্ষা মিতব্যয়ী কার্যকরী ভোল্টেজ নির্ণয়ের সূত্রঃ-

রিবহন লাইনের সর্বাপেক্ষা মিতব্যয়ী কার্যকরী ভোল্টেজ নির্ণয়ের **Graphi** **lethod** বেশি উপযোগী নয় । কারন সঠিক ভাবে পরিবহন লাইনের মূলধন খরচ নি রা বেশ জটিল ও সময় সাপেক্ষ । লাইনের দৈঘ্য **30 km** এর বেশি হলে নিম্নোক্ত সূ হায্যে অতি সহজেই কাছাকাছি মিতব্যয়ী কার্যকরী ভোল্টেজ **(Most Econon** **Vorking Voltage)** নির্ণয় করা যায় ।

টি $V = 5.5\sqrt{\frac{Km}{1.61} + \frac{Load\ in\ KVA}{150}}\ KV$

পরোক্ত সূত্র থেকে দেখা যাচ্ছে যে, পরিবহন লাইনের সর্বাপেক্ষা মিতব্যয়ী কার্য ভাল্টেজ, দুটি বিষয়ের উপর নির্ভরশীল । যথাঃ-১) পরিবহন লাইনের দৈঘ্য ২) পরি ইনের পাওয়ার ।

স্যাঃ০১ একটি 100 MVA, 200 Km দীর্ঘ Transmission Line
ভ কার্যকরী ভোল্টেজ নির্ণয় কর ।

মাধানঃ- Power =100 MVA =$100X10^6$ VA = $\frac{100X10^6}{1000}$ KVA

$$= 100X10^3 \ \ KVA$$

ইনের দৈর্ঘ্য = 200 km

লভ কার্যকারী ভোল্টেজ = $5.5\sqrt{\frac{Km}{1.61}+\frac{Load\ in\ KVA}{150}}KV$

$$= 5.5\sqrt{\frac{200}{1.61}+\frac{100\ X\ 10^3}{150}}KV$$

= 154.675 KV

ransmission Line এর সুলভ কার্যকরী ভোল্টেজ = 154.675 KV (Ans)

সমস্যাঃ০২ একটি ট্রান্সমিশন লাইনের মাধ্যমে 500 MW power, 0
ggging power factor এ 150 Km দূরে পরিবহন করতে হবে। এক্ষে
ভ কার্যকরী ভোল্টেজ কত হবে?

মাধানঃ- Power = 500 MW = $500X10^6$ Watt

$$\text{Volt Amper (VA)} = \frac{\text{Watt}}{\text{Power factor}} = \frac{500X10^6}{0.8} \quad (P.f = 0.8)$$

$$\text{Power in KVA} = \frac{\text{Volt Ampere (VA)}}{1000} = \frac{500X10^6}{0.8X1000} = 625X10^3 \text{ KVA}$$

$$\text{লভ কার্যকরী ভোল্টেজ} = 5.5\sqrt{\frac{\text{Km}}{1.61} + \frac{\text{Load in KVA}}{150}} \text{ KV}$$

$$= 5.5\sqrt{\frac{150}{1.61} + \frac{625X10^3}{150}} \text{ KV} = 358.97 \text{ KV (Ans)}$$

Home Work

Power Transmission এর বিভিন্ন System এর Circuit Diagr
অংকন পূর্বক Line Current এবং Power Loss নির্ণয়ের সূত্র লিখ।

সম দূরত্বে সম দক্ষতায় সম পাওয়ার প্রেরণে দুই পরিবাহী মধ্যে সর্
ভোল্টেজ বিবেচনা করে DC 2 -wire এবং AC 3-phase 4-wire
তামার তুলনা কর।

একটি 100 Mw, 0.8 lagging power factor এ 200 Km
Transmission Line এর জন্য সর্বোচ্চ সাশ্রয়ী ভোল্টেজ নির্ণয় কর ।

Over Head Transmission Line এর সর্বোচ্চ সাশ্রয়ী ভোল্টেজ কী
বিষয়ের উপর নির্ভরশীল ?

আগামী ক্লাসের আলোচ্য বিষয় সমূহ (অধ্যায়-২ থেকে)

- তারের সাশ্রয়ী সাইজ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে **Kelvin Eonomic Law.**
- **Kelvin Economic Law** এর গাণিতিক ব্যাখ্যা।
- **Problems Related to Kelvin Economic Law.**
- **Kelvin Economic Law** এর সীমাবদ্ধতা।
- **System Loss** এর কারণ এবং কমানোর উপায়।

সবাইকে ধন্যবাদ

গত ক্লাসের আলোচনার প্রধান প্রধান বিষয় গুলো ছিলঃ—(১ম –অধ্যায় এর)

১)Power transmission and distribution এর বিভিন্ন রকম পদ্ধতি ।

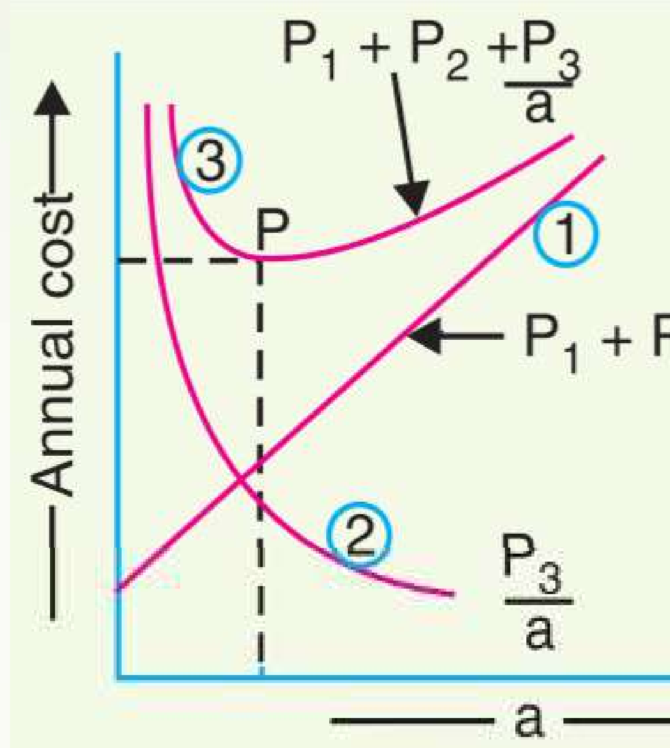
২) বিভিন্ন রকম পদ্ধতির মধ্যকার পরিবাহী তারের সাশ্রয়ের তুলনা । (Comparison of various systems)

৩)Most economic working voltage and solve problems

আজকের ক্লাসের আলোচ্য বিষয় সমূহ (অধ্যায় -২ থেকে :- লাইভ ক্লাস -৩)।

- তারের সাশ্রয়ী সাইজ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে Kelvin's economic law ।
- Kelvin's economic law এর গাণিতিক ব্যাখ্যা ।
- Problems related to Kelvin's economic law ।
- Kelvin's economic law এর সীমাবদ্ধতা।
- System loss এর কারন এবং কমানোর উপায় ।

Kelvin's economic law এবং kelvin's economic law এর ব্যাখ্যাঃ



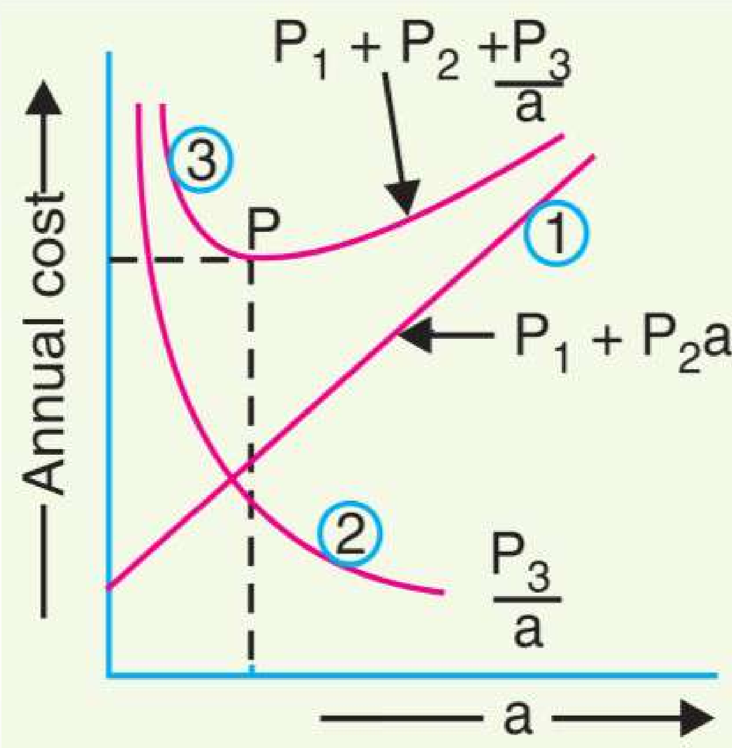
তারের যে সাইজের জন্য বার্ষিক পরিবর্তনশীল মূল্‌ধন খরচ এবং বার্ষিক এনার্জি অপচয় জনিত খরচ পরস্পর সমান হবে সেই সাইজ টাই হবে অর্থনৈতিক ভাবে সর্বাপেক্ষা লাভজনক সাইজ ।এটাই হলো তারের সাইজ নির্বাচনে Kelvin এর অর্থনৈতিক সূত্র ।

Kelvin এর সূত্রের ব্যাখ্যাঃ তারের সাইজ নির্বাচনে দুটি খরচ বিবেচনা করতে হয়।

১)তারের মূলধন জনিত খরচের বার্ষিক সুদ ও অবচয় , $C_1 = P_1 + P_2 a$ এখানে P_1 এবং P_2 এর মান constant , a =cross sectional area of conductor.

2)বার্ষিক এনার্জি অপচয় জনিত খরচ , $C_2 = \frac{P_3}{a}$, P_3=Constant

Total Cost = $C = C_1 + C_2 = P_1 + P_2\, a + \frac{P_3}{a}$



সর্বনিম্ন খরচের ক্ষেত্রে $\frac{d}{da}(C)$=0 হতে হবে।

$$\frac{d}{da}(P_1 + P_2\, a + \frac{P_3}{a})=0$$

$$P_2 - \frac{P_3}{a^2} = 0$$

$$P_2 = \frac{P_3}{a^2}$$

$$P_2\, a = \frac{P_3}{a}$$

অতএব দেখা যাচ্ছে যে, তারের সর্বাপেক্ষা সাশ্রয়ী সাইজের ক্ষেত্রে বার্ষিক পরিবর্তনশীল মুলধন খরচ এবং বার্ষিক এনার্জি অপচয় জনিত খরচ পরস্পর সমান হবে।এটিই কেলভিনের অর্থনৈতিক সুত্র নামে পরিচিত।

পরিবাহির সাশ্রয়ী সাইজ নির্ণয়ে কেল্‌ভিনের সূত্র প্রয়োগের সীমাবদ্ধতাঃ

যদিও তাত্ত্বিক ভাবে কেল্‌ভিনের সূত্রটি সঠিক তথাপি বাস্তব ক্ষেত্রে কেল্‌ভিনের সূত্র প্রয়োগ করে তারের সাইজ নির্বাচনে কিছু সীমাবদ্ধতা দেখা দেয় ।বাস্তব ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত সীমাবদ্ধতা দেখা যায়।

১)Actual Load Curve ছাড়া লাইনের এনার্জি লস হিসাব করা সহজ নয় ।

২) কেল্‌ভিনের সূত্রটিতে Safe current density ,mechanical strength,corona Loss ইত্যাদি বিবেচনা করা হয় নাই ।

৩)এই সূত্র মতে কোন কোন সময় তারের প্রস্থচ্ছেদ এত কম হয় যা নিরাপদে প্রয়োজনীয় কারেন্ট বহন করতে পারে না ।

৪)স্থান ও সময়ের পরিবর্তনে সুদ ও অবচয় ,প্রতি একক বিদ্যুৎ শক্তির দাম পরিবর্তিত হওয়ায় তারের সাইজ ও ভিন্ন হবে।

Kelvin's economic law এর সাহায্যে সমস্যাবলী সমাধানের নিয়মাবলীঃ-

Kelvin's economic law অনুযায়ী আমরা জানি যে, বার্ষিক পরিবর্তশীল মূলধন খরচ = বার্ষিক এনার্জি অপচয় খরচ।

বার্ষিক পরিবর্তশীল মূল্ধন খরচ বের করার পদ্ধতিঃ-মূলধন খরচের দুটি অংশ থাকে।যথাঃ

১) Constant Cost(স্থির খরচ) যা পরিবাহির প্রস্থেচ্ছেদের উপর নির্ভরশীল ন

অর্থাৎ মুলধন খরচের যে অংশের সাথে পরিবাহির প্রস্থেচ্ছেদ (a) থাকে না সেই অংশ হল Constant Cost।

Kelvin's economic law অনুযায়ী তারের সাশ্রয়ী সাইজ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে Constant Cost কে বিবেচনা করতে হবে না।

২)Variable Cost (পরিবর্তনশীল খরচ)যা তারের প্রস্থেচ্ছেদের উপর সরাসরি নির্ভরশীল ।খরচের এই অংশের সাথে প্রস্থেচ্ছেদ (a)থাকবে । বার্ষিক পরিবর্তশীল মূলধন খরচ =মূলধন খরচের পরিবর্তনশীল অংশ (Variable cost) Xবার্ষিক সুদ ও অবচয় ।

বার্ষিক এনার্জি অপচয় খরচ নির্ণয়ের পদ্ধতিঃ-

বার্ষিক এনার্জি অপচয় খরচ =$\frac{2I^2R\,t}{1000}$Xপ্রতি ইউনিটের দাম (1-phase A. C system এবং D.C system)

বার্ষিক এনার্জি অপচয় খরচ $=\frac{3\, I^2 R\, t}{1000}$ Xপ্রতি ইউনিটের দাম (3 phase syste

I=full load line current. যদি সারা বছরের প্রবাহিত কারেন্ট full load cu

এর কোন ভগ্নাংশ বা শতকরা অংশ থাকে তাহলে সূত্র টিতে full load curr

(I)এর পরিবর্তে সেই ভগ্নাংশ বা শতকরা অংশের মান বসিয়ে বর্গ করতে হ

সময়ের ক্ষেত্রে কোন ভগ্নাংশ বা শতকরা উল্লেখ না থাকলে t=8760 ঘন্টা

বসাতে হবে ,আর কোন পরিবর্তন বা ভগ্নাংশ থাকলে সেই অনুযায়ী সময় (এর মান বসাতে হবে।

R=Resistance of each conductor

$R=\frac{\rho L}{a}$ (ρ এর মান সরাসরি দেওয়া থাকলে)।

আপেক্ষিক রোধ (ρ) এর মান না দেওয়া থাকলে প্রদত্ত কোন তারের রোধের স তুলনা করে পরিবাহি তারের রোধ (R)বের করতে হবে ।এখানে বিশেষ ভাবে ল রাখতে হবে যে ,বার্ষিক পরিবর্তনশীল মূলধন খরচের ক্ষেত্রে যতটুকু তারের দৈ বিবেচনা করা হয়েছে পরিবাহি তারের রোধ (R) এর মানের ক্ষত্রে ঠিক সেই পরিমান দৈর্ঘ্য বিবেচনা করতে হবে ।

বার্ষিক পরিবর্তনশীল মূলধন খরচের ক্ষেত্রে তারের প্রস্থচ্ছেদ (a) এর একক এ রোধ (R) এর ক্ষেত্রে প্রস্থচ্ছেদ (a) এর একক একই(same) হতে হবে ।ভিন্ন এককে থাকলে তা পরিবর্তন করেএকই এককে আনতে হবে ।

উপরোক্ত বর্ণ্না এবং নিয়ম মোতাবেক খরচ দুটি বের করার পর Kelvin's Economic Law অনুযায়ী খরচ দুটির মান পরস্পর সমান দেখিয়ে সমীকরণ সমাধান করে অতি সহজেই অজানা রাশির মান বের করা যায়।

Kelvin's Economic Law অনুযায়ী সর্বদাই ,

বার্ষিক পরিবর্তনশীল মূলধন খরচ =বার্ষিক এনার্জি অপচয় খরচ হবে ।

সমস্যাঃ Related to Kelvin's law .

সমস্যাঃ- একটি তিন ফেজ ওভার হেড লাইনের প্রতি কিলোমিটারে প্রাথমিক খরচ 20000 a টাকা ।এখানে a =বর্গ সেন্টিমিটারে লাইন তারের প্রস্থচ্ছেদ।লাইনের বার্ষিক সুদ ও অবচয় 10 % ,প্রতি ইউনিট বিদ্যুতের দাম 3.50 টাকা এবং প্রতি কিলোমিটার দৈর্ঘ্যে প্রতি বর্গমিটার তারের প্রস্থচ্ছেদ এ রেজিস্ট্যান্স 0.18Ω ।যদি বৎসরে ফুল লোড কারেন্টের 70% প্রবাহিত হয় তবে লাইন তারের জন্য অর্থনৈতিক কারেন্ট ডেনসিটি বের কর ।

সমাধানঃ- এখানে প্রাথমিক খরচের সাথে যে প্রস্থচ্ছেদ (a) দেওয়া আছে তার একক বর্গ সেন্টিমিটারে ,পক্ষান্তরে প্রতি কিলোমিটার দৈর্ঘ্যে যে রেজিস্ট্যান্স দেওয়া আছে সেখানে প্রস্থচ্ছেদের একক বর্গ মিটারে উল্ল্যেখ আছে। নিয়ম মোতাবেক উভয় ক্ষেত্রের প্রস্থচ্ছেদের একক same বা একই করতে হবে ।

যদি উভয় ক্ষেত্রের প্রস্থচ্ছেদের একক বর্গ মিটারে হিসাব করি তাহলে ,
প্রতি কিলোমিটার তারের প্রাথমিক খরচ =20000 a x10^4 টাকা।এখানে
a = বর্গ মিটারে তারের প্রস্থচ্ছেদ ।(এক বর্গ মিটার =10^4 বর্গ সেন্টিমিটার)
অতএব প্রতি কিলোমিটার তারের বার্ষিক পরিবর্তন শীল মূল্ধন খরচ

= 20000 a x10^4 X10% =$2X10^7 a$ টাকা ……… (1)

বৎসরে full load current এর 70% প্রবাহিত হয় ।এক্ষেত্রে সমীকরনে full load current (I)এর পরিবর্তে $0.7I$ বসবে । সারা বছরের সময় হিসাবে
t =8760 hour হবে।

প্রতি কিলোমিটার দৈর্ঘ্যে প্রতি বর্গ মিটারে প্রস্থচ্ছেদে তারের রেজিস্ট্যান্স 0.18 Ω । প্রতি কিলোমিটার দৈর্ঘ্যে প্রতি a বর্গ মিটারে প্রস্থচ্ছেদে

তারের রেজিস্ট্যান্স = $\frac{0.18\ \Omega}{a}$

$R = \frac{0.18\ \Omega}{a}$ ।

তিন ফেজের জন্য বার্ষিক এনার্জি অপচয় খরচ $= \frac{3\ I^2 R\ t}{1000}$ Xপ্রতি ইউনিটের দাম। সমীকরণে রাশিগুলোর মান বসিয়ে পাই ,

তিন ফেজের জন্য বার্ষিক এনার্জি অপচয় খরচ$= \frac{3X(0.7I)^2 X0.18X8760X3.50}{1000\ a}$

$= \frac{8.112636I^2}{a}$ টাকা....(2)

Kelvin's economic law অনুযায়ী (1)নংসমীকরন = (2) নংসমীকরন .

$2X10^7 a = \frac{8.112636I^2}{a}$ ➔ $\frac{I^2}{a^2} = \frac{2X10^7}{8.112636} = 2.4653x10^6$

$\frac{I}{a} = 1570.127\ Amp/m^2 = 0.157\ Amp/cm^2$ $(1\ m^2 = 10^4\ cm^2)$

লাইন তারের জন্য সর্বোচ্চ কারেন্ট ডেনসিটি হবে $= 0.157\ Amp/cm^2$ (Ans)

problem:-এক কিলোমিটার দীর্ঘ দুই তার বিশিষ্ট পরিবাহী লাইনে বছরের সরবরাহ কৃত কারেন্ট 200 ampere । প্রতি একক মিটারের সংস্থাপন খরচ (20 a +20),a=তারের প্রস্থচ্ছেদ বর্গ সেন্টিমিটারে। প্রতি একক বিদ্যুৎ শক্তির মূল্য 5 পয়সা , সুদ ও অবচয় 10% ,। পরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ 1.73 $\mu\Omega - cm$। তারের সবচেয়ে সাশ্রয়ী প্রস্থচ্ছেদ নির্ণয় কর ।

সমাধানঃ-

তারের দৈঘ্য(L)=1 Km =1000 X100 cm=10^5 cm

আপেক্ষিক রোধ(ρ) = 1.73 $\mu\Omega - cm = 1.73X10^{-6}\,\Omega - \text{cm}$

$$R = \frac{\rho L}{a} = \frac{1.73X10^{-6}X10^5}{a} = \frac{0.173}{a}\,\Omega$$

- a = তারের প্রস্থচ্ছেদ বর্গ সেন্টিমিটারে))

যেহেতু 2-wire system

সেহেতু বার্ষিক এনার্জি অপচয় খরচ = $\frac{2I^2 R\, t}{1000}$Xপ্রতি ইউনিটের দাম ।

প্রতি ইউনিটের দাম 5 পয়সা =0.05 টাকা

বার্ষিক এনার্জি অপচয় খরচ = $\frac{2X(2oo)^2 X0.173X8760X0.05}{1000\ Xa} = \frac{6061.92}{a}$ টাকা

এক মিটার তারের মূল্ধন খরচ =(20 a+2o)Tk.

এক মিটার তারের পরিবর্তনশীল মূল্ধন খরচ =20 a Tk.

এক কিলো মিটার তারের পরিবর্তন শীল মূল্ধন খরচ = 20 a X1000

=20000 a Tk.

এক কিলো মিটার তারের বার্ষিক পরিবর্তন শীল মূল্ধন খরচ =20000aX10% =2000a Tk.

Kelvin's economic law অনুযায়ী আমরা পাই

বার্ষিক পরিবর্তন শীল মূল্ধন খরচ = বার্ষিক এনার্জি অপচয় খরচ ।

- $2000a = \frac{6061.92}{a}$
- $a^2 = \frac{6061.92}{2000}$
- $a = \sqrt{\frac{6061.92}{2000}} = 1.74\ cm^2$
- লাইন পরিবাহী তারের সবচেয়ে সাশ্রয়ী সাইজ $= 1.74\ cm^2$

System Loss ,System loss এর কারন সমূহঃ

- আধুনিক সভ্য যুগে বিদ্যুতের চাহিদা ব্যাপক ।বিদ্যুতের এই ব্যাপক চাহি পূরনের জন্য বড় বড় Generating station বা Power station স্থাপন হয়েছে।Generating station গুলোতে অত্যন্ত দক্ষতার সাথে সাশ্রয়ী ভা ব্যাপক ভিত্তিক Electrical energy উৎপাদন করা হয়। উৎপাদিত electrical energy কে Generating station থেকে গ্রাহকের নিকট সরবরাহ করা পর্যন্ত বিভিন্ন প্রকার কারিগরি ও অকারিগরি লস হয় ,তাদে সমষ্টিকে System loss বলে ।
- শতকরা(%) System loss $= \frac{\text{মোট উৎপাদিত শক্তি} - \text{মোট ব্যবহৃত শক্তি}}{\text{মোট উৎপাদিত শক্তি}}$ X

কারিগরি লস সমূহঃ-

১) Transmission loss $=3\ I^2\ R$, I=line current R=Resistance per conductor .

২) Machinery loss =বিদ্যুৎ পরিবহন ও বিতরন কাজে ব্যবহৃত ট্রান্সফরমার,সুইচ গিয়ার প্রভৃতির নিজস্ব রেজিস্ট্যান্স জনিত অপচয় কে Machinery loss বা যন্ত্রপাতির অপচয় হিসাবে বিবেচনা করা হয় ।

৩) Internal loss of power station and sub station:--বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ফিড ওয়াটার পাম্প ,ব্যাটারি চার্জ ,নিরাপত্তার কাজের লাইটিং এবং অন্যান্য আনুষঙ্গিক যন্ত্রপাতি পরিচালনার জন্য যে বিদ্যুৎ ব্যবহৃত হয় তা Internal loss হিসাবে বিবেচনা করা হয় ।

অকারিগরি লসঃ

১)Consumpion loss =মিটার খারাপ,মিটার টেম্পারিং ,মিটার বাইপাস এব মিটার বিহীন সংযোগের কারনে মিটার রিডিং থেকে গ্রাহকের প্রকৃত খরচ জানা যায় না ।প্রকৃত খরচ এবং মিটার রিডিংএর প্রার্থক্য কে Consumpio loss হিসাবে বিবেচনা করা হয় ।

২) Billing loss =প্রকৃত মিটার রিডিংএর কম বিল করাকে Billing loss হিসাবে বিবেচনা করা হয় ।

৩) Collection loss =বিদ্যুৎ বিলের বকেয়া অনাদায় ,ক্ষমতাবান দের চাপে অথবা অসৎ উপায়ে বিল মওকুফ করে দেওয়ার কারনে যে লস হয় তাকে Collection loss বলে ।

কীভাবে System loss কমানো যায়।(How the system loss can be minimized)

নিম্নোক্ত উপায়ে কারিগরি লস সমূহ কমানো যায়ঃ

- Distribution line আধুনিকীকরন করা ।
- Transmission voltage উচ্চ মানের করা ।
- পুরাতন ট্রান্সফরমার ,সুইচ গিয়ার পরির্তন করা ।
- Load centre এর কাছাকাছি Power station স্থাপন করা ।
- ছোট ছোট প্লান্টের মাধ্যমে স্থানীয় চাহিদা পূরন করা ।

নিম্নোক্ত উপায়ে অকারিগরি লস কমানো যায়

- বিদ্যুতের অবৈধ সংযোগ বিচ্ছিন্ন করা ।
- সকল গ্রাহকের মিটার সংযোগ নিশ্চিত করা।
- মিটার টেম্পারিং কঠোর ভাবে নিয়ন্ত্রন করা ।
- মিটার রিডিং ব্যবস্থা এবং বিলিং ব্যবস্থা সমন্বয় ও আধুনিকীকরন করা ।
- প্রি-পেইড মিটারিং ব্যবস্থা চালু করা
- এলাকাভিত্তিক অথবা ফিডার ভিত্তিক H.T .মিটারের মাধ্যমে পাওয়ার সরবরাহ নিশ্চিত করা ।

Home work: - (বাড়ীর কাজ)

সমস্যাঃ- একটি ওভার হেড লাইনের প্রাথমিক 3000a টাকা ।(a=বর্গ সেমিতে লাইন তারের প্রস্থচ্ছেদ) লাইনের বার্ষিক সুদ ও অবচয় 10% ।
প্রতি একক বিদ্যুৎ খরচ 3.00 টাকা এবংপ্রতি কিলোমিটার দৈর্ঘ্যে প্রতি বর্গ সেমি তারের প্রস্থচ্ছেদের রেজিস্ট্যান্স 0.25 Ω ।যদি ফুল লোড কারেন্ট বৎসরের 70% ধরে প্রবাহিত হয় ,তাহলে লাইন তারের জন্য অর্থনৈতিক কারেন্ট ডেনসিটি নির্ণয় কর ।

প্রশ্নঃ- System loss আমাদের দেশে বিদ্যুৎ উন্নয়নে একটি বিরাট অন্তরায় ‘ ব্যাখ্যা কর ।

আগামী দিনের লাইভ ক্লাসের আলোচ্য বিষয় সমূহঃ– (অধ্যায় -২ থেকে) ।

- Power factor improvement এর বিভিন্ন প্রকার পদ্ধতির ব্যাখ্যা ।
- বিভিন্ন প্রকার পদ্ধতির পারস্পারিক তুলনা ।
- সর্বাপেক্ষা অধিক সাশ্রয়ী পাওয়ার ফ্যাক্টরের সমীকরন প্রতিপাদন(Derive the equation for the most economic power factor)
- Solve problems related to power factor improvement.

আল্লাহ হাফেজ

গত ক্লাসের আলোচ্য বিষয় সমূহ ছিল (অধ্যায় -২ থেকে)।

- তারের সাশ্রয়ী সাইজ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে Kelvin’s economic law ।
- Kelvin’s economic law এর গাণিতিক ব্যাখ্যা ।
- Problems related to Kelvin’s economic law ।
- Kelvin’s economic law এর সীমাবদ্ধতা ।
- System loss এর কারন এবং কমানোর উপায় ।

আজকের লাইভ ক্লাসের আলোচ্য বিষয় সমূহঃ—(অধ্যায় -২ থেকে :-লাইভ ক্লাস-৪)

- Power factor এর মান উন্নত করনের কারন ।
- Power factor এর মান উন্নত করনের বিভিন্ন প্রকার পদ্ধতির ব্যাখ্যা
- সর্বাপেক্ষা অধিক সাশ্রয়ী পাওয়ার ফ্যাক্টরের সমীকরন টি প্রতিপাদন(Derive the equation for the most economic power factor)
- পাওয়ার ফ্যাক্টর এর মান উন্নত করন বিষয়ে গাণিতিক সমস্যার সমাধান (Solve problems related to power factor improvement)

Power factor এর মান উন্নত করনের কারন সমুহঃ-(Causes of power factor improvemen

- আমরা জানি যে $I_L = \frac{P}{\sqrt{3}V_L Cos\varphi}$
- উপরোক্ত সমীকরন থেকে দেখা যাচ্ছে যে, নির্দিষ্ঠ মানের পাওয়ার এবং ভোল্টেজের ক্ষেত্রে Load current এর মান power factor এর সাথে উল্টানুপাতিক । অর্থাৎ power factor এর মান নিম্ন মানের হলে Load current এর মান বেড়ে যায় ।ফলে নিম্ন মানের power factor এর ক্ষে নিম্ন লিখিত অসুবিধা সমূহ দেখা দেয় ।

1) $KVA = \frac{KW}{COs\varphi}$ । সমীকরন থেকে দেখা যায় যে, বৈদ্যুতিক মেশিনের KVA rating ,power factorএর উল্টানুপাতিক । ফলে power factor এর মান নিম্নমানের হলে মেশিনের KVA rating বৃদ্ধি পেয়ে সাইজ এবং খরচ বেড়ে য

2) নিম্ন মানের Power factor এর ক্ষেত্রে Load current বেড়ে যাওয়ায় তারের
সাইজ বৃদ্ধি করতে হয় । ফলে তারের খরচ বেড়ে যায় ।

3) নিম্ন মানের Power factor এর ক্ষেত্রে Load current বেড়ে যাওয়ায় লাইনে
Power Loss(I^2R) বৃদ্ধি পায় ,ফলে লাইনের দক্ষতা নিম্ন মানের হয়।

4) Load current বেড়ে যাওয়ায় লাইনের ভোল্টেজ ড্রপ ($I\ R$)বেড়ে যায় ,ফলে
লোডের ভোল্টেজ নিম্ন মানের হয় ।

5) নিম্ন মানের Power factor এর ক্ষেত্রে Load current বেড়ে যাওয়ায় বৈদ্যুতি
মেশিনারি অর্থাৎ মোটর ,ট্রান্সফরমার প্রভৃতি অতিরিক্ত গরম হওয়াতে আয়ুষ্কাল
কমে যায় ।

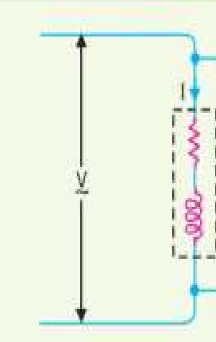
6) নিম্ন মানের Power factor এর ক্ষেত্রে গ্রাহকের KVA demand চার্জ বেড়ে

**উপরোক্ত আলোচনা থেকে প্রতীয়মান হয় যে, নিম্ন মানের Power factor
গ্রাহক এবং সরবরাহকারী উভয়ের জন্যই ক্ষতিকর । এজন্য Power fact
এর মান নির্ধারিত মানের কম হলে উন্নত করা আবশ্যক ।**

পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান উন্নত করনের উপায় সমূহঃ

তিন টি উপায়ে পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান উন্নত করা যায়।

যথাঃ ১)Static Capacitor এর সাহায্যে ২)Synchronous Condenser এর সাহায্যে। ৩)Phase Advancer এর সাহায্যে।



Static Capacitor এর সাহায্যে পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান উন্নত করনঃ

উপরোক্ত তিনটি পদ্ধতির মধ্যে এটা সবচেয়ে সহজ এবং সরলতম পদ্ধতি ।যে সমস্ত লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর ল্যাগিং এবং নিম্ন মানের সে সমস্ত লোডের আড়াআড়িতে স্থির মানের ক্যাপাসিটর সংযোগ করে পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান উন্নত করা যায় ।

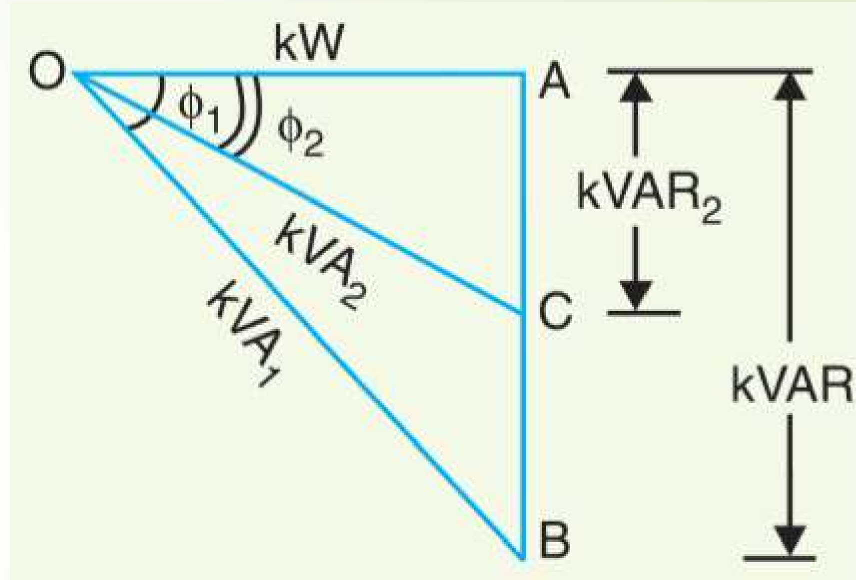
ক্যাপাসিটর সরাসরি ৯০ ডিগ্রিকোণে লিডিং কারেন্ট গ্রহন করে।ফলে লোড কারেন্টের lagging reactive component কমে যায় ।অর্থাৎ লোডের পাওয়ার ত্রিভুজের Reactive Volt Ampere(V AR) কমে যাওয়ায় Power factor এর মান উন্নত হয়।চিত্রে একটি লোডের আড়াআড়িতে Capacitor (C) সংযোগ করা আছে ।

পাওয়ার ফ্যাক্টর উন্নত করনের ক্ষেত্রে ক্যাপাসিটর এর মান নির্ণয় করনঃ

OA= Active Power(KW)
OB = Apparent Power(KVA_1)
AB = Reactive Power ($KVAR_1$)

পাওয়ার ফ্যাক্টর উন্নত করনের পরঃ

OC = Apparent Power (KVA_2)
AC = Reactive Power ($KVAR_2$)



Leading $KVAR$ Supplied by capacitor or capacitor bank

$$BC = AB - AC$$
$$=KVAR_1 - KVAR_2$$

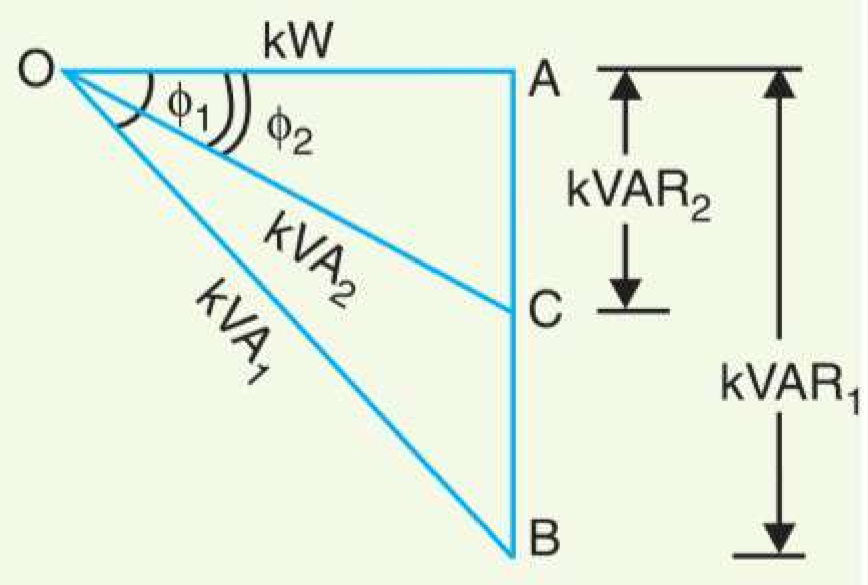
পাওয়ার ত্রিভুজ থেকে পাই ,

$$tan\varphi_1 = \frac{AB}{OA} = \frac{KVAR_1}{KW} = \frac{KVAR_1}{P}$$

$$KVAR_1 = PX\ tan\varphi_1$$

অনুরুপভাবে পাই ,

$$KVAR_2 = P\ X\ tan\varphi_2$$



Leading $KVAR$ Supplied by capacitor or capacitor bank

$$=KVAR_1 - KVAR_2 = P\ tan\varphi_1 - P\ tan\ \varphi_2$$

$$= P(tan\varphi_1 - \ tan\ \varphi_2)........(1)$$

(এক ফেজের ক্ষেত্রে শুধু capacitor এবং তিন ফেজ সিস্টেমের ক্ষেত্রে capacitor bank শব্দ টি ব্যবহার করতে হবে ।)

$$I_c = \frac{V}{X_c} = \frac{V}{\frac{1}{\omega c}} = V\omega c$$

আবার , $KVAR = \frac{VI_C}{1000} = \frac{V.V\omega c}{1000} = \frac{V^2\omega c}{1000}$

$c = \frac{KVAR\,X1000}{V^2\omega}$ Farad (For Single Phase Load)..............(2)

For Three Phase Load ,

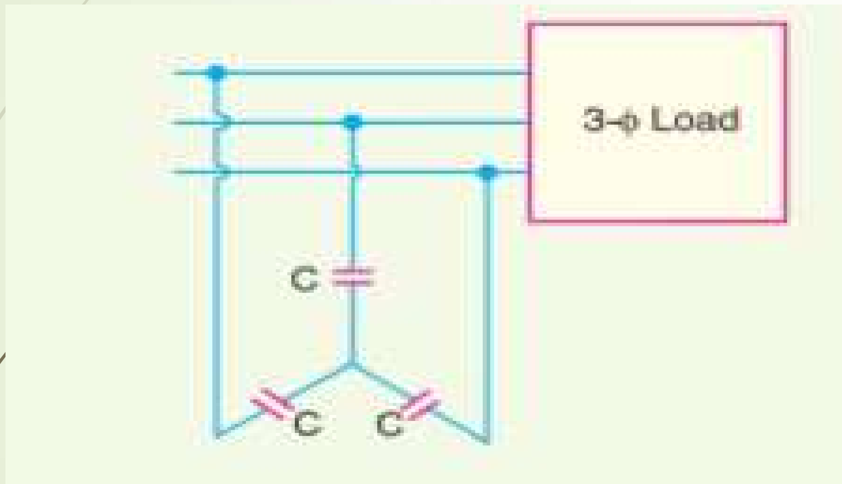
c/phase = $\frac{\frac{KVAR}{Phase}X1000}{V_P^2\,\omega}$ Farad.....................................(3)

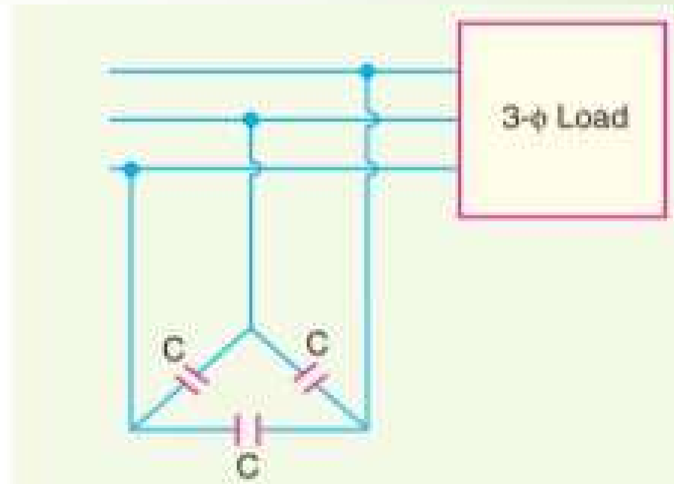
$$KVAR/Phase = \frac{Total\,KVAR}{3}$$

V_P = Phase Voltage , ω = $2\pi f$

উপরোক্ত সমীকরন গুলোর সাহায্যে যে কোনো মানের পাওয়ার ফ্যাক্টর উন্নতকরনের জন্য Static Capacitor (C) এর মান অতি সহজে বের করা যায় ।

3-Phase এর ক্ষেত্রে Capacitor banking দুই ধরনের হয় ।
যথাঃ ১) Star banking .2) Delta banking.





সাধারনত Capacitor banking Delta তে করা হয়।
Star banking করলে একই লোডে একই মানের Power factor improve এর ক্ষেত্রে প্রতি ফেজে Delta banking এর তুলনায় তিন গুণ মানের Capacitor লাগে। এজন্যই Star banking করা হয় না।

Static Capacitor ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধাসমূহঃ

সুবিধা সমূহঃ

1)কোন ঘূর্নায়মান যন্ত্রাংশ না থাকায় তেমন কোন রক্ষনাবেক্ষনের দরকার হয় না ।

2)Pure capacitor এর power loss শুন্য।

3) সহজে স্থাপন করা যায়।

অসুবিধা সমূহঃ

1)আয়ুস্কাল কম ।সাধারনত ৮ থেকে ১০ বছর হয়।

2) Over voltage এর কারনে সহজেই নষ্ট হয়ে যায়।

3) একবার নষ্ট হয়ে গেলে মেরামত করা ব্যয় বহুল।

4) মান স্থির থাকায় একই মানের ক্যাপাসিটর দিয়ে বিভিন্ন মানের পাওয়ার ফ্যাক্টরে মান উন্নত করা যায় না ।

Syncronous Condenser এর সাহায্যে Power Factorএর মান উন্নত করনঃ

Syncronous Condenser মুলত একটি Syncronous Motor ।একটি Over excited Syncronous Motor যখন লোড বিহীন অথবা অতি সামান্য লোডে পরিচালনা করে Power factor improvement এর কাজে ব্যবহার করা হয় তখন তাকে Syncronous Condenser বলা হয় ।

Over excitation এ চলাকালীন সময়ে একটি Syncronous Motor সরবরাহ থেকে Leading Current গ্রহন করে ।অর্থাৎ Over excited Syncronous Motor ক্যাপাসি মত আচরন করে।Power factor improvement এর জন্য Syncronous Condens লাইনের সাথে প্যারালালে সংযুক্ত করা হয়।Syncronous Condenser বা Over ex Syncronos Motor কর্তৃক গৃহিত Leading Current এর কারনে Load Current এ Lagging Reactive Component কমে যায়।ফলে Power factor এর মান উন্নত হ

চিত্রে একটি 3-Phase Load এর Power Factor উন্নত করার জন্য একটি Syncronous Condenser সরবরাহের সাথে প্যারালালে সংযুক্ত করা হয়েছে।

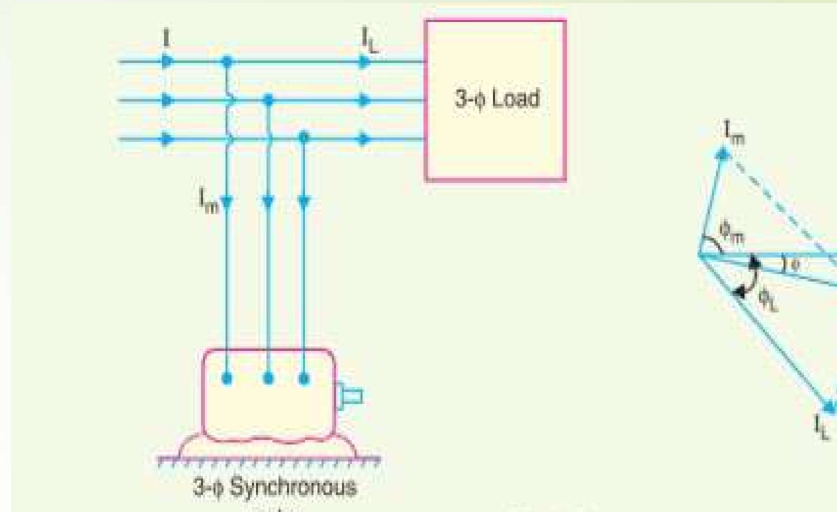


Fig. 6.5

লোড টি Low Power Factor এ সরবরাহ থেকে I_L গ্রহন করে।এক্ষেত্রে voltage এবং Load Current (I_L)এর মধ্যবর্তি কৌনিক ব্যবধান ϕ_L যা Vector diagram এ দেখানো হয়েছে।

সরবরাহের সাথে সংযুক্ত Syncronous Condenser টি Voltage থেকে ϕ_m কোণে Leading Current (I_m) গ্রহন করে ।Vector diagram থেকে দেখা যাচ্ছে যে Load Current এবং Motor Current এর Phasor Sum হল Line Current (I) যা Voltage থেকে φ কৌনিক ব্যাবধানে পিছনে আছে।

চিত্র থেকে দেখা যাচ্ছে যে φ কোণের মান ϕ_L কোণের থেকে ক্ষুদ্র ।কোণের মান ক্ষুদ্র হওয়ার ফলে Power Factor এর মান উন্নত বা বৃদ্ধি পেয়েছে।

Syncronous Condenser সুবিধা এবং অসুবিধা সমূহঃ

সুবিধা সমূহঃ

১)Field excitation পরিবর্তন করে Power factor এর মান বিভিন্ন মানে উন্নীত করা যায়।

২)Short Circuit Current এ Motor Winding এর Thermal Stability বেশি

৩)Fault সহজে দূর করা যায়।

অসুবিধা সমূহঃ

১)যেহেতু এটা একটা Motor সেহেতু নিজের ঘূর্ণনের জন্য বেশ Power Los করে।

২)মেরামত খরচ অনেক বেশি।

৩)চলার সময় শব্দ সৃস্টি করে।

৪)যেহেতু Syncronous Motor self starting নয় সেহেতু চালু করার জন্য Auxiliary equipment দরকার।

Phase Advancer এর সাহায্যে Power Factor Improvement:

Induction Motor এর Power factor এর মান উন্নত করার জন্য PhaseAdvan
ব্যবহার করা হয়। Induction Motor এর Stator Winding যে exciting Curre
গ্রহন করে তা Supply voltage থেকে 90 ডিগ্রি কোণে পিছনে থাকার কারনে
Induction Motor এর Power factor এর মান নিম্ন মানের হয়ে থাকে।

Phase Advancer হলো একটি সাধারন A. C exciter I বড় বড় Induction
Motor এর সাথে Phase Advancer ব্যবহার করলে Phase Advancer থেকেই
Motor এর Rotor Circuit এ exciting Current এর সরবরাহ পায়।ফলে Motor
কেবল মাত্র Supply থেকে working Current গ্রহন করে। ফলে Power factor এ
মান উন্নত হয়।

Phase Advancer এর Ampere turn এর পরিমান বৃদ্ধি করে Induction Mot
কে Over excited Synchronous Motor ন্যায় Leading Power factor এ
পরিচালনা করা যায়।

Problem: - 1)একটি এক ফেজ মোটর 400 V,50Hz ,0.7 Lagging Power factor এ 31.7 A current গ্রহন করে।ক মানের Capacitor মোটর টির সাথে প্যারালালে সংযুক্ত করলে মোটর টির Power factor এর মান 0.9 এ উন্নীত হবে ?

সমাধানঃ

Power factor এর মান উন্নীত করনের পূর্বে মোটর টির প্রদত্ত ডাটা থেকে পাইঃ

$Cos\varphi_1$ =0.7 ,$tan\varphi_1$=1.02 ,P=VI $Cos\varphi_1$ =400 x 31.7 x 0.7=8.876Kw

Power factor এর মান উন্নীত করনের পর প্রদত্ত ডাটা থেকে পাইঃ

$Cos\varphi_2$=0.9 , $tan\varphi_2$= 0.48432

Leading KVAR Supplied by Capacitor =$P(tan\varphi_1 - tan\varphi_2)$

=8.876(1.02-0.48432)

=4.7547

$$C = \frac{KVAR \times 1000}{V^2\omega} = \frac{4.7547 \times 1000}{400^2 X 2\pi X 50}$$

$$= 9.46 \times 10^{-5}\ F = 94.6 \times 10^{-6} F = 94.6\ \mu F$$

মোটর টির প্যারালালে 94.6 μF এর Capacitor সংযুক্ত করতে হবে।

Problem:- 2) 3 Phase 50 Hz,400V,সরবরাহ লাইন হতে একটি কারখানা 0.8 Lagging Power factor এ 207 Kw Power গ্রহন করছে।উক্ত কারখানার Power factor এর মান ইউনিটি বা একক এ উন্নীত করতে যদি Static Capacitor ব্যবহার করা হয় তাহলে Star এবং Delta উভয় সংযোগের ক্ষেত্রে প্রতি ফেজে কত মানের Capacitor দরকার হবে ?

Solution:

power factor উন্নত করনের পূর্বের ডাটা থেকে পাইঃ

$Cos\varphi_1 = 0.8$, $tan\varphi_1 = 0.75$, $P = 207$ Kw , $V_L = 400$ V , $f = 50$ Hz

Power factor উন্নত করনের পর প্রদত্ত ডাটা থেকে পাইঃ

$\cos\varphi_2 = 1$, $\tan\varphi_2 = 0$

Leading KVAR Supplied by Capacitor Bank $= P(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$

$= 207\ (0.75 - 0)\ = 155.25$

KVAR/Phase= $155.25/3 = 51.75$

Star Banking এর ক্ষেত্রে $V_p = 400/\sqrt{3} = 230.94$ V

$$C/\text{phase} = \frac{\text{KVAR/Phase x 1000}}{V_P{}^2\omega} = \frac{51.75X1000}{230.94^2X2\pi X50} = 3.09 \text{ x } 10^{-3} \text{ farad}$$

$$= 3.090 \text{ x } 10^{-3}\text{x } 10^{6}\ \mu F$$

$$= 3.090 \text{ x } 10^{3}\mu F$$

$$= 3090\mu F$$

Delta Banking এর ক্ষেত্রে Phase Voltage $V_p = V_L$=400 Volt .

C/Phase=$\frac{51.75X1000}{400^2 X2\pi X50} = 1.030X10^{-3} Farad = 1.030\ X\ 10^{-3} X\ 10^6\ \mu F$

$=1.030\ X\ 10^3\ \mu F$

$=1030 \mu F$

দেখা যাচ্ছে যে Star Connected এর ক্ষেত্রে প্রতি ফেজে $3090\mu F$ মানের Capacitor এবং Delta Connected এর ক্ষেত্রে $1030\mu F$ মানের Capacitor সংযুক্ত করতে হবে।অর্থাৎ Delta এর তুলনায় Star এ প্রতি ফেজে তিন গুণ মানের Capacitor দরকার।

Most Economical Power Factor:-

মরা জানি যে , Load এর পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান উন্নত হলে Maximum KVA mand কমে যায় ফলে Maximum KVA demand চার্জ সেভ হয় । কিন্তু Power ctor এর মান উন্নত করনের জন্য Equipment বাবদ খরচ করতে হয় ।

wer factor improvement এর ক্ষেত্রে বার্ষিক নেট সেভিং= Maximum KVA mand চার্জ জনিত সেভিং –Power factor correction জনিত Equipment বার্ষিক খরচ।

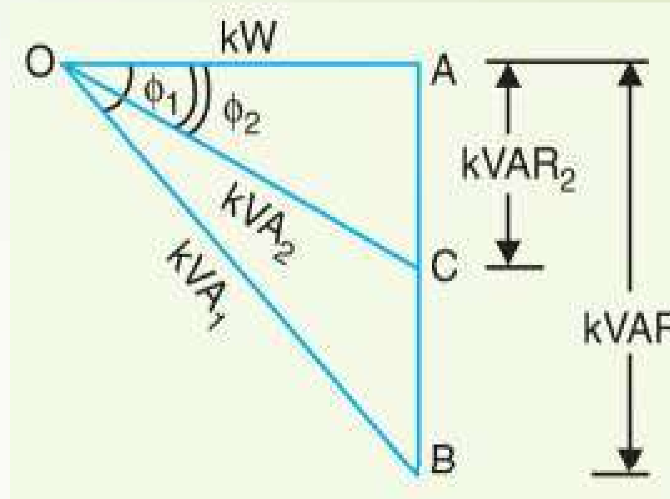
wer factor এর মান, যে মানে উন্নীত করলে বার্ষিক নেট সেভিং সর্বোচ্চ র Power factor এর সেই মান কেই Most economical Power factor বা পেক্ষা অধিক সাশ্রয়ী পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে।

Most economical power factor এর সমীকরণ প্রতিপাদনঃ-

power factor উন্নত করনের ফলে ,

maximum KVA demand saving

$= KVA_1 - KVA_2$



পাওয়ার ত্রিভুজ থেকে পাই , $cos\varphi_1 = \frac{OA}{OB} = \frac{P}{KVA_1}$

$KVA_1 = \frac{P}{cos\varphi_1} = P\ sec\varphi_1$

অনুরুপ ভাবে পাই , $KVA_2 = \frac{P}{cos\varphi_2} = P\ sec\varphi_2$

maximum KVA demand saving $= KVA_1 - KVA_2$

$= P\ sec\varphi_1 - P\ sec\varphi_2$

$= P(sec\varphi_1 - sec\varphi_2)$

- প্রতি KVA maximum demand জনিত বার্ষিক চার্জ $= x \ Tk.$

সর্বোচ্চ চাহিদা জনিত বার্ষিক সেভিং$= x\, P(sec\varphi_1 - \ sec\varphi_2)\, Tk.$

Power factor correction equipment এর capacity

$= P\ (\ tan\varphi_1 \ - tan\varphi_2\ )\ KVAR.$

প্রতি $KVAR$ এর বার্ষিক চার্জ $= y\, Tk.$

Power factor উন্নীত করন বাবদ বার্ষিক ব্যয় ,

$= \ y\, P\ (\ tan\varphi_1 \ - tan\varphi_2\ ) Tk.$

বার্ষিক নেট সেভিং ,

$S = [x\, P(sec\varphi_1 - \ sec\varphi_2) - y\, P\ (\ tan\varphi_1 \ - \ tan\varphi_2\ )]\, Tk.$

বার্ষিক সর্বোচ্চ নেট সেভিং এর ক্ষেত্রে $\frac{dS}{d\phi_2}$=0 হতে হবে ।

$$\frac{d}{d\phi_2}[x\, P(sec\varphi_1 - \ sec\varphi_2) - y\, P\ (\ tan\varphi_1 \ - \ tan\varphi_2\ )] = 0$$

$$0 - x\, P\, sec\varphi_2\ tan\varphi_2 - 0 + y\, P\, sec^2\varphi_2 = 0$$

- $x\,P\,sec\varphi_2\,tan\varphi_2 = y\,P\,sec^2\varphi_2$

$$x\,tan\varphi_2 = y\,sec\varphi_2$$

$$x\left(\frac{sin\varphi_2}{cos\varphi_2}\right) = y\left(\frac{1}{cos\varphi_2}\right)$$

$$x\,sin\varphi_2 = y$$

$$sin\varphi_2 = \frac{y}{x}$$

Most economical power factor ,$cos\varphi_2 = \sqrt{(1-\sin^2\varphi_2)}$

$$= \sqrt{1-\left(\frac{y}{x}\right)^2}$$

উপরোক্ত সমীকরন থেকে দেখা যাচ্ছে যে Most economical power factor ,$cos\varphi_2$ এর মান সাপ্লাই এবং p.f. correction equipment এর খরচের উপর নির্ভরশীল কিন্তু মূল পাওয়ার ফ্যাক্টর, $cos\varphi_1$ এর প্রভাবমুক্ত ।

Home work:-(বাড়ীর কাজ)

1)Synchronous Motor এর দ্বৈত কাজ (Duel purpose)বলতে কী বুঝায়

2)একজন গ্রাহকের গড় চাহিদা 0.8 Lagging power factor এ 400 Kw এবং বার্ষিক Load factor 50% । প্রতি সর্বোচ্চ KVA চাহিদার খরচ 250 টাকা ।Phase advancing equipment ব্যবহার করে power factor এর মান 0.9 lagging এ উন্নীত করা হলো । Phase advancing equipment জনিত প্রতি KVAR এর খরচ 120 টাকা ,বার্ষিক সুদ ও অবচয় 10% হলে Phase advancing equipmen এর capacity এবং বার্ষিক নেট সেভিং কত হবে ?

3) সর্বোচ্চ সাশ্রয়ী power factor এর সূত্র টি লেখ ।

আগামী লাইভ ক্লাসের পাঠদানের বিষয় সমূহঃ-(অধ্যায় -৩, ৪ এবং৫)

- Over head line এর support ,Support এর বৈশিষ্ট্য ,শ্রেণীবিভাগ এবং ব্যবহার ।
- Over head line এ ব্যবহৃত Conductor ,এদের বৈশিষ্ট্য এবং পারস্পারিক তুলনা ।
- Over head line এ ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রকার Insulator , বিভিন্ন প্রকার Insulator এর ব্যবহার এবং Insulator অকেজো হওয়ার কারণ সমূহ।

আল্লাহ হাফেজ

গত লাইভ ক্লাসের আলোচ্য বিষয় সমূহ ছিলঃ—(অধ্যায় -২ থেকে)

- Power factor এর মান উন্নত করনের কারন ।
- Power factor এর মান উন্নত করনের বিভিন্ন প্রকার পদ্ধতির ব্যাখ্যা
- সর্বাপেক্ষা অধিক সাশ্রয়ী পাওয়ার ফ্যাক্টরের সমীকরন টি প্রতিপাদন(Derive the equation for the most economic power factor)
- পাওয়ার ফ্যাক্টর এর মান উন্নত করন বিষয়ে গাণিতিক সমস্যার সমাধান (Solve problems related to power factor improvement)

আজকের লাইভ ক্লাসের আলোচ্য বিষয় সমূহঃ-(অধ্যায় -৩, ৪ এবং৫ ,লাইভ ক্লাস -৫)

- Over head line এর support ,Support এর বৈশিষ্ট্য ,শ্রেণীবিভাগ এবং ব্যবহার ।
- Over head line এ ব্যবহৃত Conductor ,এদের বৈশিষ্ট্য এবং পারস্পারিক তুলনা ।
- Over head line এ ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রকার Insulator , বিভিন্ন প্রকার Insulator এর ব্যবহার এবং Insulator অকেজো হওয়ার কারণ সমূহ।

Over head line এর Support:-

Over head line যে সকল অংশের সমন্বয়ে গঠিত সেগুলোর মধ্যে প্রধান তিনটি হলো Support ,Conductor এবং Insulator I Support বলতে বিভি ধরনের পোল এবং টাওয়ার কে বুঝায় ।এই Support গুলো লাইনের পরিবাহী কে ভূমি থেকে উপরে নিরাপদ দূরত্ব ধরে রাখে ।কোথায় কোন ধরনের Support এর প্রয়োজন তা লাইনের কার্যকরী ভোল্টেজের উপর নির্ভর করে

Over head line এর Support এর নিম্ন লিখিত বৈশিষ্ঠ্য থাকা দরকার :--

1) যান্ত্রিক ক্ষমতা উচ্চমানের হতে হবে যাতে পরিবাহীর ওজন এবংবাতাসের চাপ সহজেই বহন করতে পারে ।

2) যান্ত্রিক শক্তি উচ্চমানের কিন্তু ওজনে তুলনামূলক ভাবে হাল্কা হতে হবে।

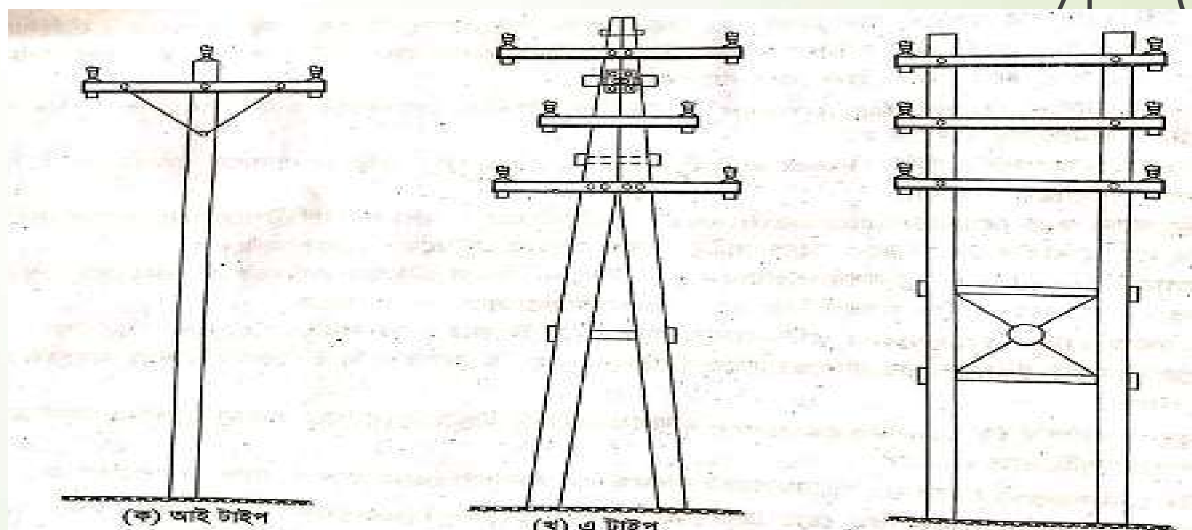
3) দামে সস্তা এবং রক্ষণাবেক্ষণ খরচ কম হওয়া উচিত ।

4) দীর্ঘস্থায়ী বিশিষ্ট হওয়া উচিত ।

লাইন সাপোর্টের প্রকারভেদঃ-

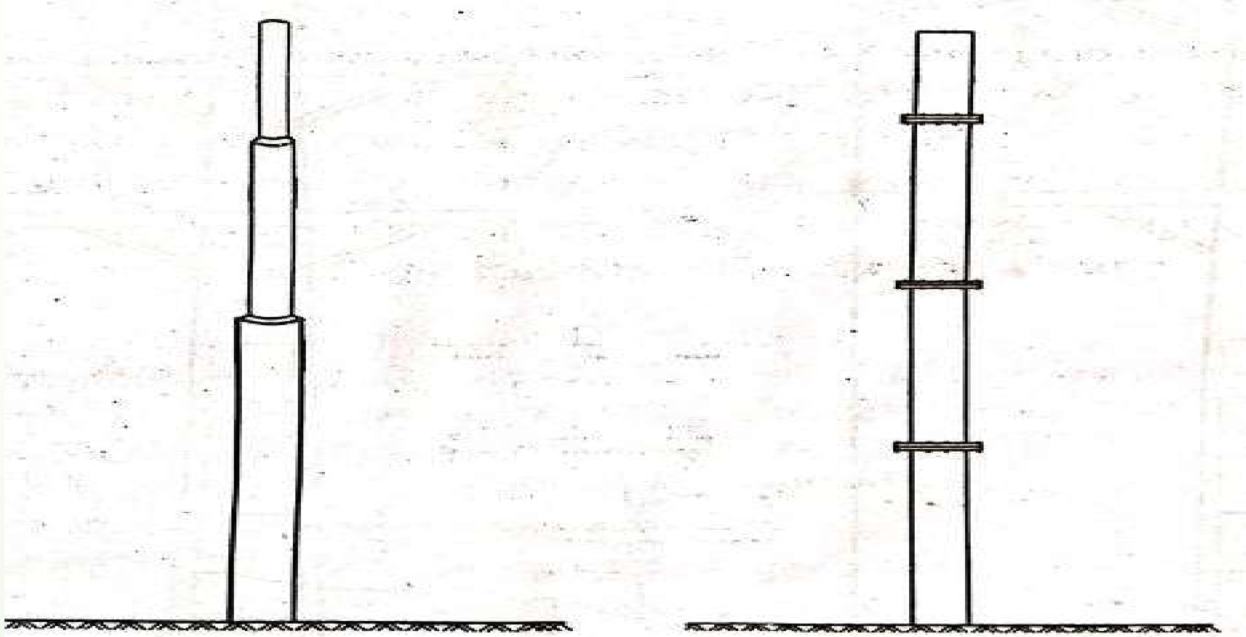
- সাধারণত ৪ প্রকার সাপোর্ট ব্যবহার করা হয় ।যথাঃ১)কাঠের পোল ২) স্টিলের পোল ৩) কংক্রিটের পোল ৪) স্টিলের টাওয়ার ।

- কাঠের পোলঃ- কাঠের পোল সাধারণত Low voltage distribution li (400v/23ov) থেকে 11 kv লাইন পর্যন্ত ব্যবহৃত হয়ে থাকে তবে সর্বে kv পর্যন্ত ব্যবহার করা যায় । কাঠের পোল ৩ ধরনের ।যথাঃ- I –type(,A - type ,H –type I



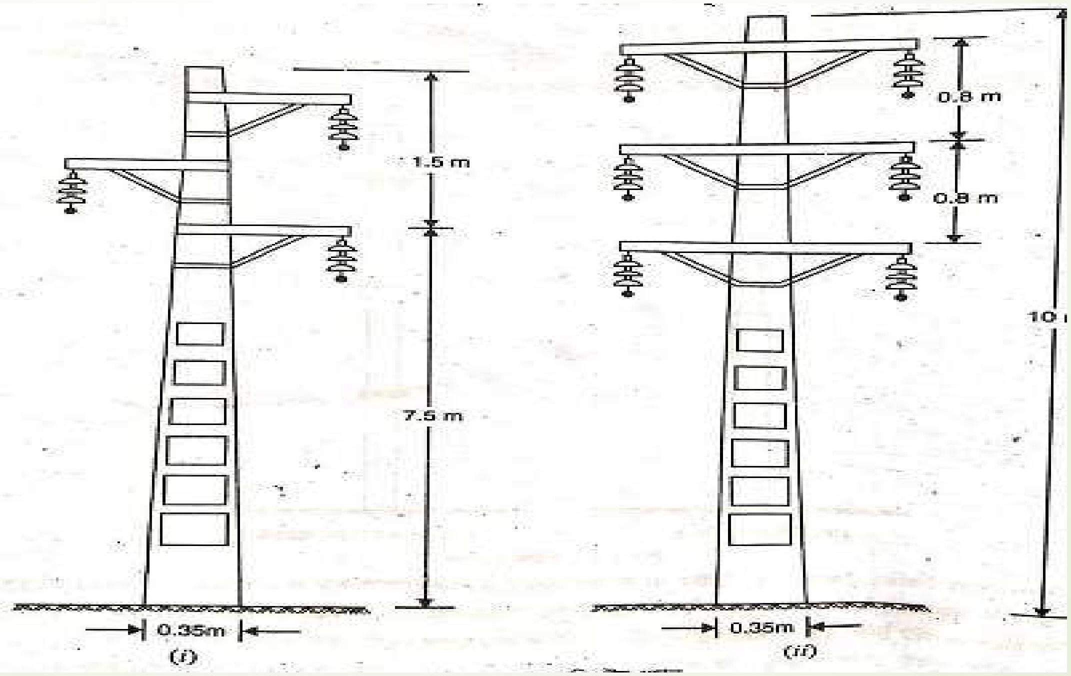
চিত্র ঃ ৩.১ কাঠের পোল

- স্টিলের পোলঃ- কাঠের পোলের পরিবর্তে স্টিলের পোলের ব্যবহার অনেক বেশি । স্টিলের পোলের স্থায়িত্ব ,যান্ত্রিক শক্তি ও টান সহন ক্ষমতা কাঠের পোলের চেয়ে অনেক বেশি । স্টিলের পোল সাধারনত শহর এলাকায় ডিস্ট্রিবিউশনের কাজে বেশি ব্যবহার করা হয় । নিম্ন চাপের ডিস্ট্রিবিউশন লাইন থেকে 11 KV পর্যন্ত উচ্চ চাপের লাইনে এই পোল্ ব্যবহার করা হয় ।এই পোল ৩ প্রকার ।যথাঃ১)টিউবুলার পোল ২)রেইল পোল ৩) রোল্ড স্টিল জয়েন্ট পোল ।

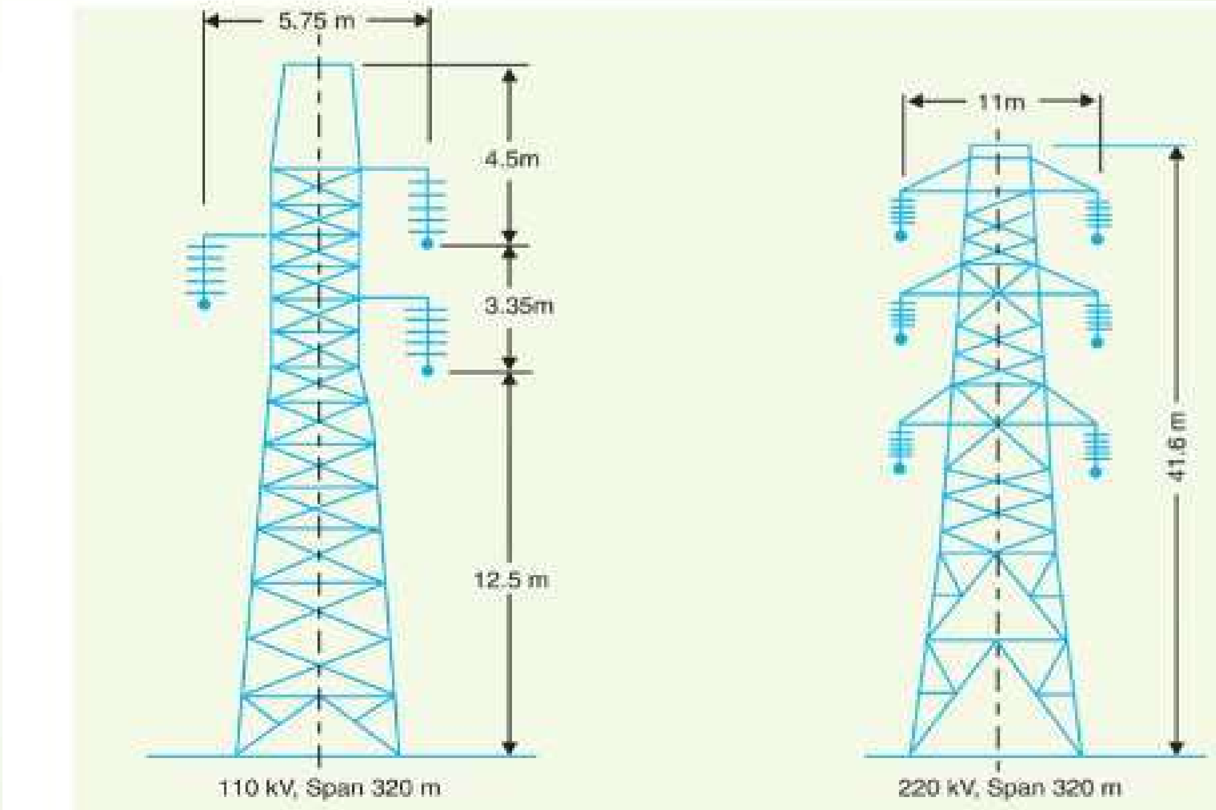


(ক) টিউবুলার পোল (খ) রোলড স্টিল জয়েন্ট

- কংক্রিটের পোলঃ- লাইন সাপোর্ট হিসাবে কংক্রিটের পোল বর্তমানে বেশি জনপ্রিয় । কংক্রিটের পোল দুই ধরনের ।যথাঃ ১) রি-ইনফোর্সড সিমেন্ট কংক্রিট পোল (R.C.C pole) 2) প্রিস্ট্রেসড পোল (P.C.C) এই পোল Low এবং medium voltage এর লাইনে বেশ ব্যবহৃত হয় এই পোলের যান্ত্রিক শক্তি স্টিলের পোলের চেয়ে কম ,কিন্তু কাঠের পোলের চেয়ে বেশি । এই পোলের ওজন বেশি ,এজন্য স্থানান্তর ও স্থাপনের কাজ খুব সাবধানে করতে হয়। চিত্রে Single এবং Double circuit এর R.C.C pole দেখানো হলো ।



- স্টিলের টাওয়ারঃ- দীর্ঘ পথ ও অতি উচ্চ ট্রান্সমিশন লাইনের জন্য স্টিলের টাওয়ার ব্যবহৃত হয় । নরম ইস্পাতের বা গ্যাল্ভানাইজ করা ইস্পাতের অ্যাঙ্গেল চ্যানেল সমূহ রিভেট ,নাট বল্টু দিয়ে জুড়ে টাওয়ার তৈরি করা হয় ।অন্যান্য সাপোর্টের তুলনায় টাওয়ারের যান্ত্রিক শক্তি বেশী এবং দীর্ঘস্থায়ি হয় ।বিপজ্জনক আবহাওয়াতেও টাওয়ারের সঠিক অবস্থানে থাকার ক্ষমতা থাকে । 11KV ভোল্টেজ থেকে উচ্চ মানের যে কোন ভোল্টেজে স্টিলের টাওয়ার ব্যবহৃত হয়ে থাকে



Over head transmission and distribution line এ ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রকার line conductor

- Over head line এ অধিকাংশ ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত conductor সমূহ ব্যবহৃত হয়ে থাকে ।যথাঃ –

Solid copper conductor

Stranded All Aluminium conductor (AAC)

Stranded Aluminium conductor Steel Re-inforced(ACSR)

A C C C (Aluminium Conductor Composite Core):-

Galvanized steel conductor

Cadmium copper conductor

Phospher bronze conductor

উপরোক্ত conductor সমূহের মধ্যে Stranded Aluminium conductor Steel Re-inforced(ACSR) বর্তমানে Over head system বেশি ব্যবহার করা হয় ।

পরিবাহি পদার্থের প্রধান গুণাবলী সমূহঃ -

Over head line এ ব্যবহৃত পরিবাহি পদার্থের নিম্ন লিখিত গুণাবলি থাকা দরকারঃ-

১)উচ্চ বিদ্যুৎ পরিবাহিতা (High electrical conductivity)

২)উচ্চ টান সহন ক্ষমতা থাকা দরকার যাতে যান্ত্রিক চাপ সহ্য করতে পারে ।

৩)দামে সস্তা হতে হবে যাতে বহুদুর পর্যন্ত লাইন টানা যায় ।

৪)আপেক্ষিক গুরুত্ব নিম্নমানের হতে হবে যাতে একক আয়তনে তারের ওজন কম হয় ।

৫)ভঙ্গুর হওয়া উচিত নয় ।

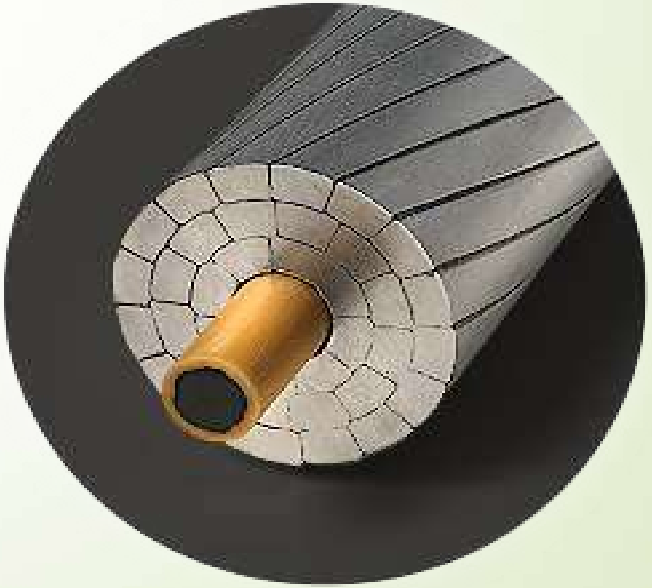
উপরোক্ত গুণাবলী কোন একক পদার্থে পাওয়া সম্ভবপর নয় ।সেজন্য পরিবাহি পদার্থ নির্বাচনের ক্ষেত্রে তারের দাম , বৈদ্যুতিক এবং যান্ত্রিক গুণাব সমন্বয় করা হয়ে থাকে ।

Over head system এ পরিবাহী হিসাবে ACSR তার বেশি ব্যবহারের কারণঃ-

- কপারের তুলনায়ACSR তার ওজনে হাল্কা ।
- অ্যালুমিনিয়াম এর সাথে স্টিল থাকায় ACSR তারের টান সহনক্ষমতা অনেক বেশি থাকে ।
- ওজন কম এবং টান সহনক্ষমতা বেশি থাকায় তারের স্যাগ কম হয় ।
- স্যাগ কম হওয়াতে দীর্ঘ স্প্যানে এই তার ব্যবহৃত হয় ।
- কপার তারের তুলনায় ACSR তারের দাম কম ।
- উচ্চ ভোল্টেজে করোনা জনিত পাওয়ার লস কপার তারের তুলনায় কম হয় ।

A C C C (Aluminium Conductor Composite Core):-

এই তারের মূল বৈশিষ্ঠ্য হলো , স্যাগ কম হয় । এজন্য দীর্ঘ স্প্যানে (নদী পারাপারে) এই তার ব্যবহার করা হয়ে থাকে ।ACSR তারের ভিতরে স্টিল ব্যবহার করা হয় পক্ষান্তরে A C C C এর ভিতরের অংশে কার্বন এবং গ্লাস ফাইবার ব্যবহার করা হয় ।এজন্য সমপরি প্রস্থচ্ছেদে এই তার ACSR তারের চেয়ে তুলনামূলক হাল্কা হয় আর এ কারনে স্যাগ কম হয় ।



Over head line এ ব্যবহৃত Insulator এর গুরু এবং Insulator তৈরির প্রধান প্রধান উপাদানঃ -

- Insulator এর প্রধান কাজ হলো লাইনের তার গুলোকে Line support থেকে সম্পূর্ণরুপে আলাদা করে ধরে রাখা যাতে পরিবাহী থেকে Line support এর মাধ্যমে কারেন্ট , আর্থ বা ভূমিতে প্রবাহিত হতে না পারে । অর্থাৎ Insulator ব্যবহার করার ফলে কোন প্রকার কারেন্ট সাপোর্ট হয়ে আর্থে যেতে পারে না ।এজন্য Over head line এ Insulator একটি গুরুত্বপূর্ণ উপাদান হিসাবে বিবেচিত হয় ।
- Insulator তৈরির প্রধান প্রধান উপাদান গুলো হলো – পোর্সিলিন বা চীনামাটি ,গ্লাস ,স্টিয়েটাইট ,পাইরেক্স ইত্যাদি । এদের মধ্যে পোর্সিলিন বা চীনামাটির ইন্সুলেটর বেশি ব্যবহার করা হয় । এটি যান্ত্রিকভাবে গ্লাস ইন্সুলেটরের চেয়ে বেশ শক্ত ,লিকেজ জনিত সমস্যা খুবই কম এবং তাপমাত্রার পরিবর্তনের ক্ষতিকারক প্রভাব থেকে মুক্ত ।

ওভার হেড লাইনে ব্যবহৃত বিভিন্ন ধরনের ইন্সুলেটর (Different types of insulators)

ওভার হেড লাইনে বহু ধরনের ইন্সুলেটর ব্যবহার করা হয়ে থাকে। নিম্নলিখিত ইন্সুলেটর গুলো সাধারনত বেশি ব্যবহৃত হয়।যথাঃ-

১)শ্যাকল বা রিল বা স্পুল ইন্সুলেটর (Shackle or Reel or Spool insulator)

২)পিন টাইপ ইন্সুলেটর (Pin type insulator)

৩)সাসপেনশন টাইপ ইন্সুলেটর (Suspension type insulator)

৪)স্ট্রেইন ইন্সুলেটর(Strain insulator)

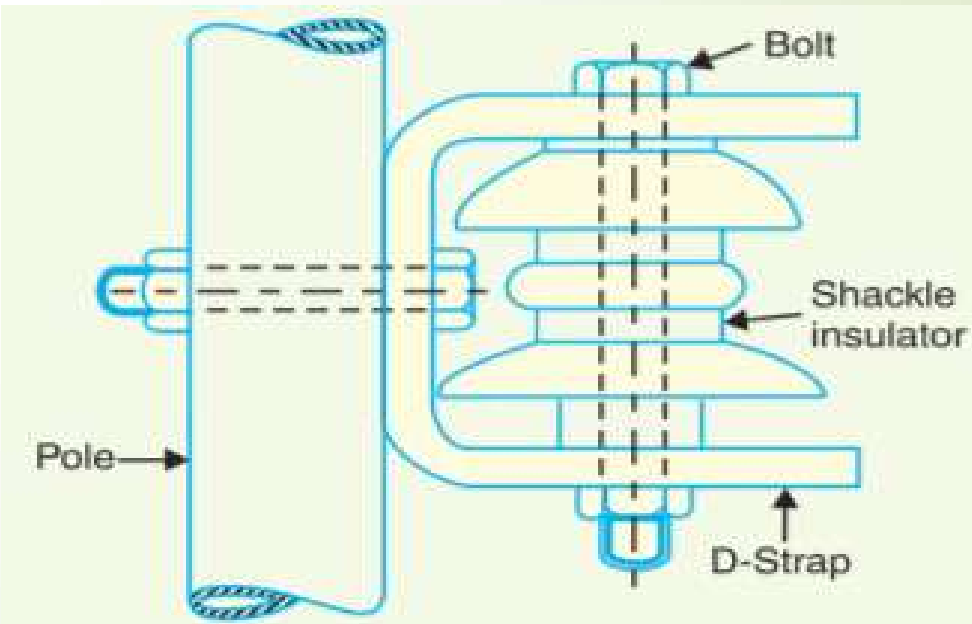
৫)গাই ইন্সুলেটর (Guy insulator)

৬)পোস্ট ইন্সুলেটর (Post insulator)

বিভিন্ন প্রকার ইন্সুলেটরের ব্যবহারঃ -

- **Shackle Insulator:-**এই ইন্সুলেটর নিম্ন ভোল্টেজের লাইনের টার্মিনাল, বেশি বিচ্যুতিকোণের আঙ্গেল ও সেকশন পোলে ব্যবহৃত হয় ।

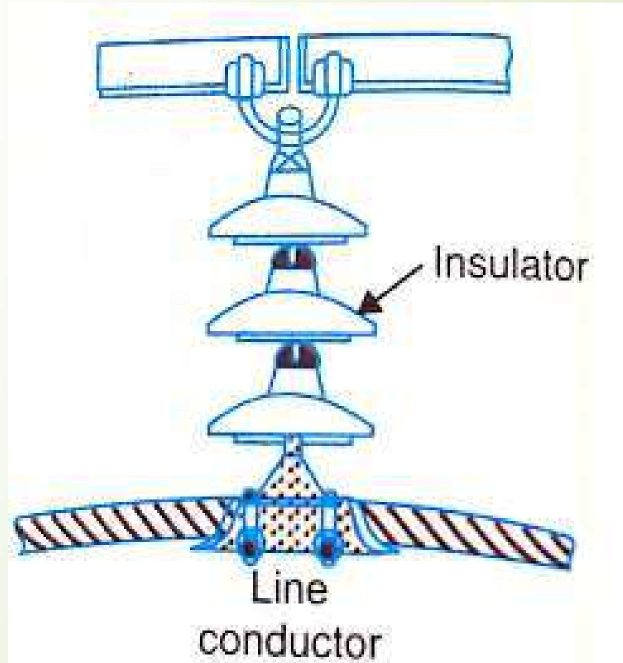
লাইনের পোল থেকে সার্ভিস কানেকশন টানার জন্য এই ইন্সুলেটর ব্যবহার করা হয় । এই ইন্সুলেটর বোল্ট অথবা ক্রস আর্মের মাধ্যমে পোলের সাথে সরাসরি সংযুক্ত থাকে । 400/230 v লাইনের পোলে Shackle Insulator ব্যাপক ভাবে ব্যবহার করা হয় ।



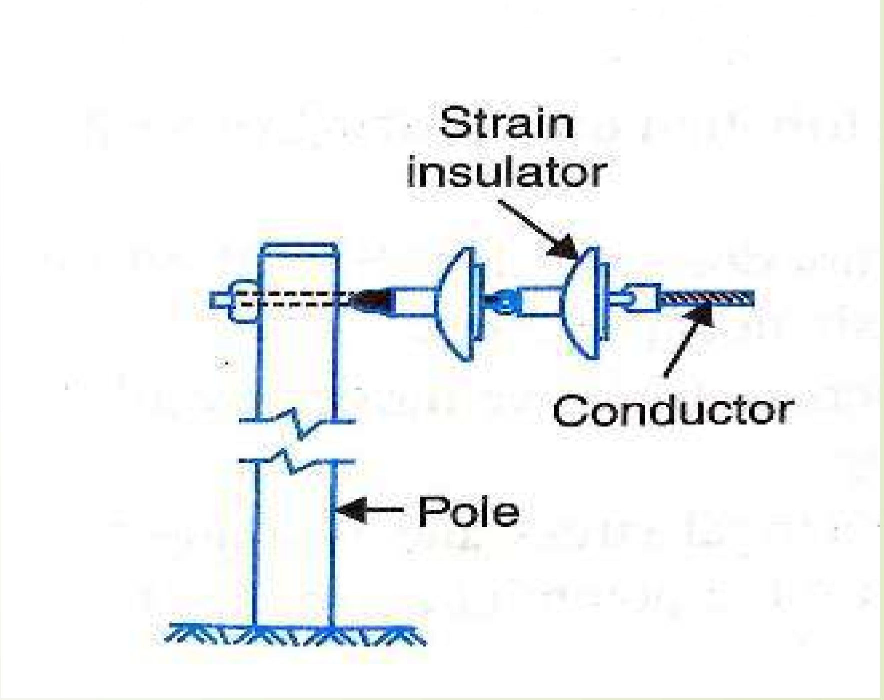
- **Pin type insulator:-** এই ইন্সুলেটর দেখতে পিনের মত বলে একে Pin type insulator বলা হয় । পোলের সাথে সংযুক্ত Cross Arm এর উপর এই ইন্সুলেটর থাকে ।তার আটকানোর জন্য উপরিভাগে একটা Groove বা খা থাকে। 33 KV ভোল্টেজ পর্যন্ত Over head line এ Pin type insulator ব্যবহার করা হয় । 33 KV ভোল্টেজের অধিক ভোল্টেজে ব্যবহার করতে গেলে Pin type insulator এর আকৃতিতে অনেক বড় এবং ভারী হয় ,পিনে দৈর্ঘ্য বেশি হয় ,ক্রস আর্মের উপর অধিক চাপ পড়ে,দাম বেশি হয় ।এজন 33 KV ভোল্টেজের বেশি ভোল্টেজে Pin type insulator ব্যবহৃত হয় না ।

Pin type insulator

Suspension type insulator:- 33 Kv পর্যন্ত Over head line এ pin type insulator ব্যবহার করা হয়ে থাকে । কিন্তু 33 Kv এর বেশি ভোল্টেজের Over head line এ pin insulator এর পরিবর্তে Suspension type insulator ব্যবহার করা সুবিধাজনক । Suspension type এ একাধিক ডিস্ক সিরিজে সংযুক্ত থাকে ।সিরিজে সংযুক্ত ডিস্ক গুলোকে একত্রে String বলা হয় প্রতিটি ডিস্ক সাধারণত 11 Kv ভোল্টেজের উপযোগী করে তৈরি করা হয় ।লাইনের ভোল্টেজ অনুযায়ী ডিস্কের সংখ্যা নির্ধারণ করা হয়।লাইনের কার্যকরী ভোল্টেজ পরবর্তীতে বৃদ্ধি পেলে প্রয়োজনীয় সংখ্যক অতিরিক্ত ডিস্ক String এর সাথে সংযোজন করা যায়।

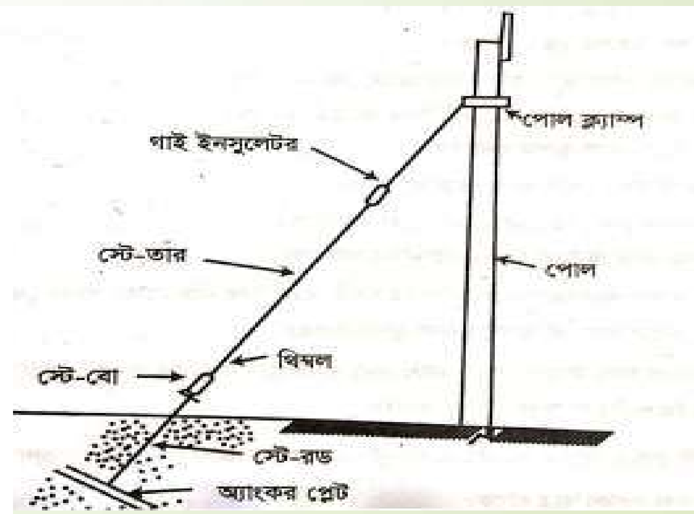


Strain insulator:- লাইনের শেষ প্রান্ত অথবা লাইনের কৌণিক অবস্থানে অধিক টেনশন কাজ করে ।এমত অবস্থায় বৈদ্যুতিক লাইন এর টেনশন দূর করার জন্য Strain insulator ব্যবহার করা হয় । Low voltage (11 kV এর কম) এর লাইনে Schackle insulator কে Strain insulator হিসাবে ব্যবহার করা হয় । 11 Kv এর বেশি ভোল্টেজের লাইনে Suspension insulator এর ডিস্ক গুলোকে Strain insulator হিসাবে চিত্রের ন্যায় বিন্যাস করা হয়ে থাকে । Strain insulator এর String আনুভূমিক ভাবে বিন্যাস থাকে কিন্তু Suspension insulator এর String ঝুলন্ত বিন্যাসে থাকে ।



- **Post insulator:** ---এই ইন্সুলেটর , পিন ইন্সুলেটরের মতই । এটি একটি মাত্র নিরেট শেলের ইন্সুলেটর । এই ইন্সুলেটরে বিশেষ ধরনের পিন লাগানো থাকে । Post insulator , Out door sub station এর H.T.busbar এ ব্যবহার করা হয় । পরিবাহি তারকে ইন্সুলেটরের মাথায় তার দিয়ে অথবা বিশেষ ধরনের ক্ল্যাম্প দিয়ে আটকানো হয়ে থাকে ।

- **Guy insulator (stay insulator):** -- এটি চীনামাটির তৈরি । এই ইন্সুলেটর ওভার হেড লাইনের গাই বা স্টে –তারে ব্যবহৃত হয় । ওভার হেড লাইনের পোলকে সোজাভাবে দাঁড় করিয়ে রাখার জন্য এবং দু,দিকের তারে টানের সমতা রক্ষার জন্য স্টে-সেট ব্যবহার করা হয় । স্টে-সেট এর সাথে ট দেওয়ার জন্য স্টে –ওয়্যার বা গাই ওয়্যার লাগানো হয় । Guy insulator এর মাধ্যমে স্টে –ওয়্যার বা গাই ওয়্যার কে দুটি অংশে বিভক্ত করা হয়। একটি অ পোলের সাথে এবং অপর অংশ মাটির সাথে সংযুক্ত থাকে । Guy insulato থাকার কারনে কোন লিকেজ কারেন্ট বা ফল্ট কারেন্ট উপরের অংশে আস মাটিতে টানা দেওয়া নিচের অংশে আসতে পারে না ।এর ফলে মাটিতে টান দেওয়া নিচের অংশের সাথে কোন ব্যক্তি বা প্রাণীর সংস্পর্শ হলেও বৈদ্যুতিক দূর্ঘটনার সম্ভাবনা থাকে না ।



Pin ও Suspension ইন্সুলেটররের তুলনামুলক সুবিধা ও অসুবিধাঃ -

- লাইনের কার্যকরী ভোল্টেজ 33 Kv পর্যন্ত পিন ইন্সুলেটর ব্যবহার করা সাশ্রয়ী ।পক্ষান্তরে 33 Kv এর বেশি ভোল্টেজের জন্য সাসপেনশন ইন্সুলেটর সাশ্রয়ী ।
- সাসপেনশনের ক্ষেত্রে লাইনের কার্যকরী ভোল্টেজ অনুযায়ী প্রয়োজনীয় সংখ্যক ডিস্ক সিরিজে সংযুক্ত করা যায় , পক্ষান্তরে পিন ইন্সুলেটরে এ ধরনের ডিস্ক ব্যবহারের সুযোগ নাই ।
- সাসপেনশনের ক্ষেত্রে স্ট্রিং এর যে কোন একটি ইউনিট নষ্ট হয়ে গেলে কেবল মাত্র ঐ ইউনিট টি পরিবর্তন করা দরকার হয় ,পক্ষান্তরে পিন ইন্সুলেটরের ক্ষেত্রে সমস্ত পিন টি পরিবর্তন করতে হয় ।
- সাসপেনশনের ক্ষেত্রে লাইনের কার্যকরী ভোল্টেজ বৃদ্ধি পেলে অতিরিক্ত ইউনিট সংযোজন করলেই চলে কিন্তু পিন টাইপ ইন্সুলেটরের ক্ষেত্রে সমস ইন্সুলেটরটি পরিবর্তন করে নতুন ইন্সুলেটর সংযোজন করা লাগে ।

- সাসপেনশন টাইপে স্ট্রিং এর ডিস্ক গুলো ঝুলন্ত থাকায় যে কোন দিকে মু ভাবে দোল খেতে পারে ।ফলে এক্ষেত্রে পরিবাহি তারকে নমনীয় ভাবে ঝুলানো যায় কিন্তু পিন ইন্সুলেটর ক্রস আর্মের উপর দৃঢ়ভাবে বসানো থা বলে তারকে নমনীয় ভাবে ঝুলানো যায় না ।
- সাসপেনশন টাইপ ইন্সুলেটর সাধারনত স্টিল টাওয়ারে ব্যবহার করা হয়। ফলে ক্রস আর্ম গুলো স্টিল টাওয়ারে মাধ্যমে ভূমির সাথে সংযুক্ত থাকে । সাসপেনশন টাইপ ইন্সুলেটর এর ক্ষেত্রে পরিবাহি তারগুলো ভূমির সাথে সংযুক্ত থাকা ক্রস আর্মের নিচ দিয়ে যাওয়ার কারনে তারের উপর বজ্রপাতের প্রভাব কম থাকে। কিন্তু পিন ইন্সুলেটর ক্রস আর্মের উপর বসানো থাকে বলে তারের উপর বজ্রপাতের প্রভাব হতে পারে ।
- সাসপেনশন টাইপ ইন্সুলেটরের ক্ষেত্রে পোল,টাওয়ার এবং ক্রস আর্মের দৈর্ঘ্য বেশি হওয়া প্রয়োজন কিন্তু পিন ইন্সুলেটরের ক্ষেত্রে তুলনামূলক ভা কম হয়ে থাকে ।

ইন্সুলেটর অকেজো হওয়ার কারণ সমূহঃ-

- ওভার হেড লাইনে ব্যবহৃত ইন্সুলেটর পরিবহন লাইনের যান্ত্রিক এবং বৈদ্যুতিক পীড়ন সহনের উপযোগী হতে হবে ।অতিরিক্ত ভোল্টেজের কারনে ইন্সুলেটরের ব্রেক ডাউন হতে পারে । ব্রেক ডাউন এর ফলে ইন্সুলেটরের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয় ।
- লাইনের যে ভোল্টেজে ইন্সুলেটর ,বৈদ্যুতিক পরিবাহী হিসাবে কাজ করে সেই ভোল্টেজ কে Break down voltage বলে ।Flash over অথবা Puncture এর কারনে ইন্সুলেটরের ব্রেক ডাউন ঘটে ।
- Flash over এর ক্ষেত্রে Line conductor এবং Insusator pin এর মধ্যবর্তী Air gap এর মধ্যে আর্ক সৃষ্টি হয় এবং আর্ক এর কারনে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। Flash over এর ক্ষেত্রে উৎপন্ন তাপের কারনে Insusator নষ্ট না হওয়া পর্যন্ত Insusator টি সঠিক ভাবে কাজ করতে পারে ।
- কিন্ত Puncture এর ক্ষেত্রে Insusator এর body এর মাধ্যমে পরিবাহী থেকে পিনের মধ্যে আর্ক discharge হয়ে থাকে ।

- যখন Puncture ঘটে তখন অতিরিক্ত তাপের কারনে ইন্সুলেটর একেবারে নষ্ঠ হয়ে যায় ।লাইন ভোল্টেজের কারনে সৃষ্ঠ Punctureএর হাত থেকে ইন্সুলেটর কে রক্ষা করার জন্য ইন্সুলেটরে পর্যাপ্ত পরিমানে পোর্সিলিনের এর পুরুত্ব থাকে ।
- Safety factor of insulator $= \frac{Puncture\ strength}{Flash\ over\ voltage}$
- Insulator এর Safety factor এর মান বেশি থাকা দরকার যাতে Insulator এর Puncture ঘটার আগেই Flash over সংঘঠিত হয় । Pin insulator এর ক্ষেত্রে Safety factor এর মান প্রায় 10 হয়ে থাকে ।
- Over head line এ ব্যবহৃত insulator যাতে অকেজো না হয় সেজন্য insulator এর নিম্নলিখিত বৈশিষ্ঠ্য থাকা দরকারঃ-

১)ইন্সুলেটর ফাটল এবং ছিদ্র মুক্ত হতে হবে ।

২)ইন্সুলেটর এর বহিরাবরণ মসৃন ও চকচকে হতে হবে ।

৩)ইন্সুলেটর এর উপরে যাতে কোন ময়লা ও ধুলোবালি না জমে সে দিকে অবশ্যই খেয়াল রাখতে হবে ।

Home Work (বাড়ীর কাজ)ঃ-

১) ওভার হেড লাইনের উপাদানগুলোর নাম লেখ ।

২) H –type pole কোথায় ব্যবহার করা হয় ?

৩)পোল বা টাওয়ারের উচ্চতা কী কী বিষয়ের উপর নির্ভরশীল ?

৪) কপার ও অ্যালুমিনিয়াম পরিবাহীর তুলনামুলক বৈশিষ্ঠ্যগুলো লেখ ।

৫)উচ্চ ভোল্টেজ পরিবহনে অ্যালুমিনিয়াম পরিবাহী ব্যবহার করা হয় কেন ?

৬) ইন্সুলেটরের প্রয়োজনীয় বৈশিষ্ঠ্যগুলো লেখ ।

৭) ইন্সুলেটর পরীক্ষা করার বিভিন্ন পদ্ধতির নাম লেখ ।

৮) গাই ইন্সুলেটর ভূমি থেকে কত উপরে লাগানো থাকে ?

আগামী লাইভ ক্লাসের বিষয় সমূহ:- (অধ্যায় -৬ থেকে)।

- স্যাগ এবং স্যাগের গুরুত্ব ।
- স্যাগের উপর প্রভাব বিস্তার কারী বিষয় সমূহ ।
- সম উচ্চতার ক্ষেত্রে স্যাগ এর সূত্রের প্রতিপাদন ।
- পরিবাহি ,বরফ এবং বাতাসের ওজন নির্ণয়করন ।
- সম উচ্চতা সম্পন্ন দুটি সাপোর্টের মধ্যবর্তী ঝুল সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান

আল্লাহ হাফেজ

গত লাইভ ক্লাসের বিষয় সমূহ ছিলঃ-- (অধ্যায় -৩, ৪ এবং৫)

- Over head line এর support ,Support এর বৈশিষ্ট্য , শ্রেণীবিভাগ এবং ব্যবহার ।
- Over head line এ ব্যবহৃত Conductor ,এদের বৈশিষ্ট্য এবং পারস্পারিক তুলনা ।
- Over head line এ ব্যবহৃত বিভিন্ন প্রকার Insulator , বিভিন্ন প্রকার Insulator এর ব্যবহার এবং Insulator অকেজো হওয়ার কারণ সমূহ।

আজকের লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতিঃ (অধ্যায় -৬ থেকে : -ক্লাস -৬)

1.পরিবহন লাইনের স্যাগ এবং স্যাগের গুরুত্ব ।

2. সম উচ্চতার ক্ষেত্রে স্যাগ এর সূত্রের প্রতিপাদন ।

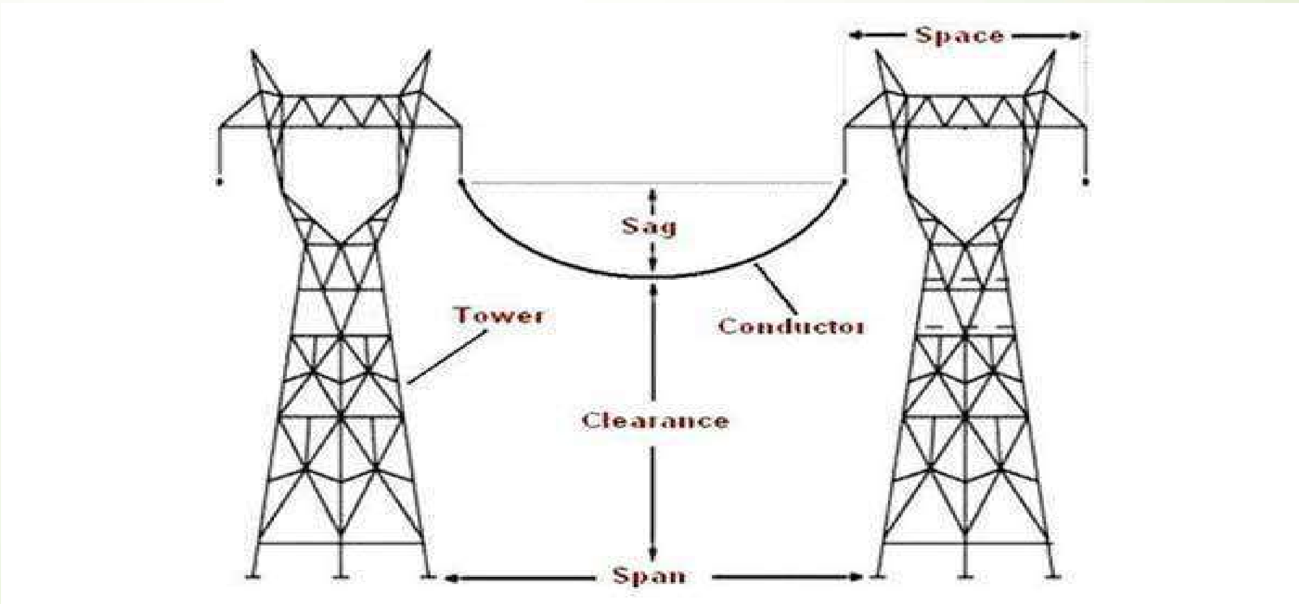
3. স্যাগ নির্ণয়ের জন্য পরিবাহি ,বরফ এবং বাতাসের ওজন নির্ণয়করনের সূত্র প্রতিপাদন।

4. স্যাগের উপর প্রভাব বিস্তার কারী বিষয় সমূহ ।

5.সম উচ্চতা সম্পন্ন দুটি সাপোর্টের মধ্যবর্তী ঝুল সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান।

Sag of transmission line (পরিবহন লাইনের ঝুল)

- দুটি পোলের মধ্যে তার টানা হলে তার টি কিছুটা ঝুলে পড়ে।পোল দুটির যে দুই বিন্দুতে তার টানা হয়েছে সেই বিন্দু দুটির সংযোগকারী কাল্পনিক রেখা থেকে তার টির সর্বোচ্চ ঝুল কে Sag বলে ।
- অন্য ভাবে বলা যায় ,পরিবাহীর সর্বনিম্ন বিন্দু এবং সাপোর্টদ্বয়ের সমতলে বিন্দুর পার্থক্যকে Sag বলে । ইংরেজীতে বলা যায় ,The difference in level between points of supports and the lowest point on the conductor is called Sag । দুটি পোল বা টাওয়ারের মধ্যবর্তী দূরত্ব কে স্প্যান বলে।



Over head line এ স্যাগের গুরুত্বঃ -

- Over head line design করার সময় স্যাগের হিসাব করা খুব জরুরী ।
- স্যাগের পরিমান বেশি হলে তারের দৈর্ঘ্য বেড়ে যায় ফলে পরিবাহি পদার্থ বেশি লাগে । স্যাগের পরিমান বেশি হলে ভূমি থেকে পরিবাহির Sufficient clearance রাখার জন্য উঁচু এবং শক্তিশালী Support দরকার ।
- অন্য দিকে স্যাগের পরিমান খুব কম হলে শীতের সময় পরিবাহীর সংকোচন এবং ঝড়ের সময় পরিবাহীর দোলনের কারনে তারের উপর অতিরিক্ত টান পড়ে । ফলে তার ছিড়ে যাবার সম্ভাবনা থাকে ।
- সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, স্যাগের পরিমান খুব বেশি বা কম উভয়ই ক্ষতিকর । অতএব উভয় দিক বিবেচনা করে Over head line এর sag একটি সুনির্দিষ্ঠ মানে রাখতে হবে যাতে লাইনের নিরাপত্তা ও বিশ্বস্ততা বজায় থাকে ।

সম উচ্চতার দুটি পোলের পরিবাহীর মধ্যে Sag নির্ণয়ের সূত্র টি প্রতিপাদনঃ-

- ধরি A ও B একই উচ্চতার দুটি support যা চিত্রে দেখানো হলো ।

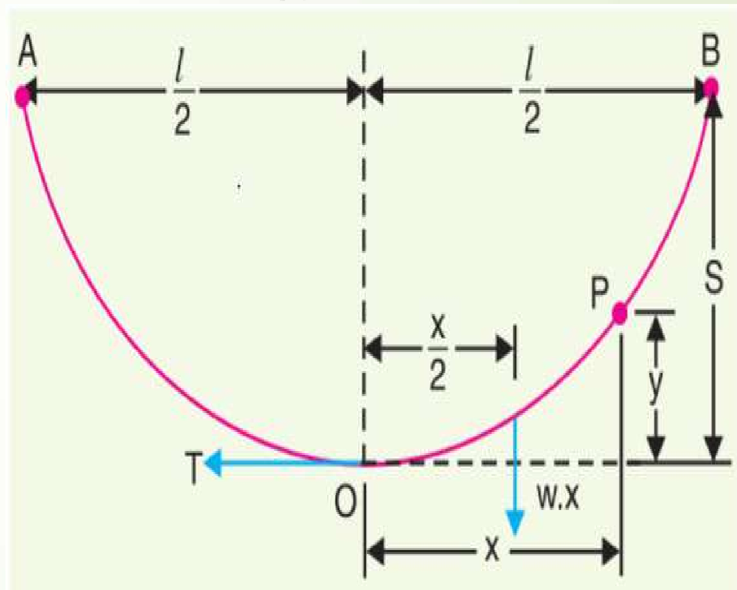
চিত্র থেকে দেখা যাচ্ছে যে, O পরিবাহীর সর্ব নিম্ন বিন্দু ।

মনে করি,

L = স্প্যান , support দুটির আনুভুমিক দূরত্ব (মিটারে) ।

w= 1 মিটার দৈর্ঘ্যে পরিবাহীর ওজন (কেজিতে) ।

T = পরিবাহীর টান (Tension),(কেজিতে) .

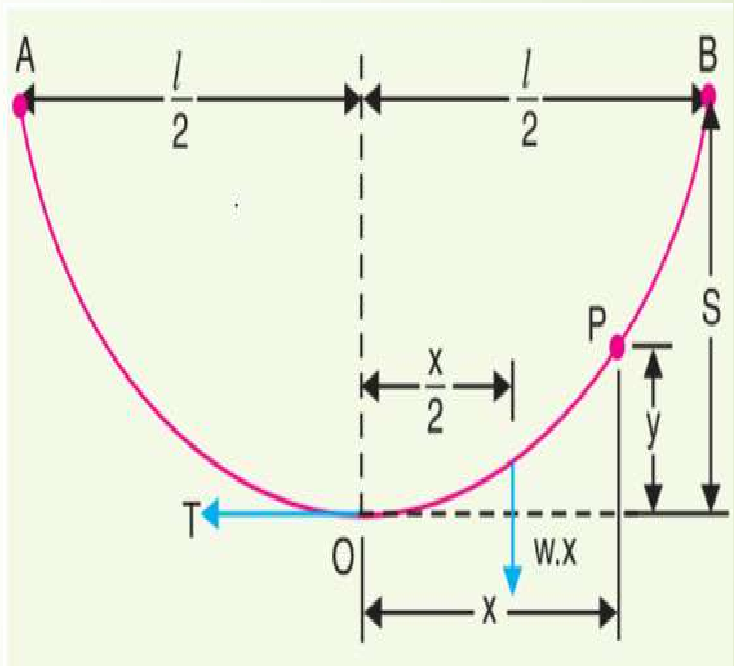


বক্রাকার পরিবাহীর উপর P একটি বিন্দু বিবেচনা করি

সর্ব নিম্ন বিন্দু O কে মূল বিন্দু(origin)হিসাবে বিবেচনা করি ।
সম উচ্চতার ক্ষেত্রে O বিন্দু হবে দুটি support এর মধ্যবিন্দু ।
অতএব P বিন্দুর co-ordinates পাই যথাক্রমে x , y ।
ধরি OP কার্ভটি খুবই ক্ষুদ্র ।
তাহলে কার্ভটির দৈর্ঘ্য উহার আনুভুমিক প্রজেকশন এর সমান বিবেচনা করা যায়।
অর্থাৎ OP = x বিবেচনা করা যায় ।
পরিবাহি OP অংশের উপর নিম্নোক্ত দুটি বল ক্রিয়াশীল ।যথাঃ-

১) O বিন্দু হতে $\frac{x}{2}$ দূরত্বে পরিবাহি OP এর ওজন wx এবং

২) O বিন্দুতে Tension (T) ।

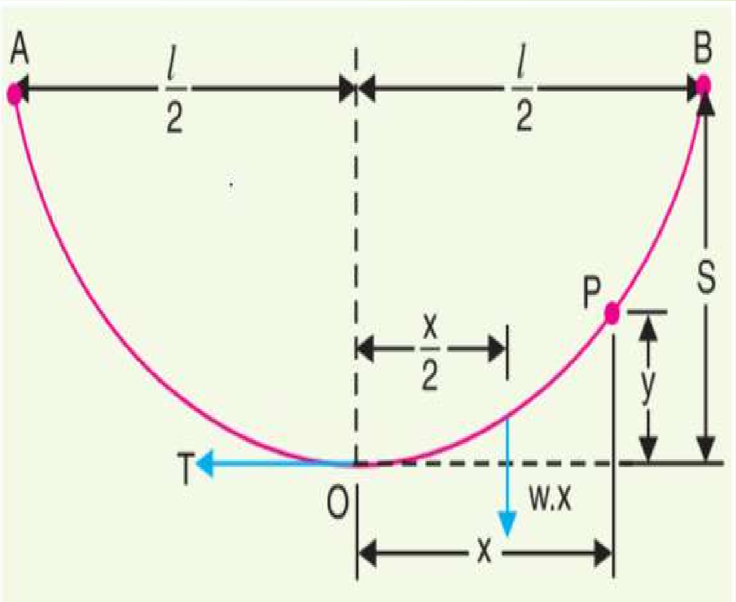


- বল দুটির মোমেন্ট সমীকৃত করে পাই ,

$Ty = wx\,.\frac{x}{2}$ (Moment =Force X vertical distance)

$Ty = \frac{wx^2}{2}$

$y = \frac{wx^2}{2T}$................(1)



চিত্র থেকে দেখা যায় যে ,যে কোন সাপোর্ট A অথবা B এর ক্ষেত্রে, পূর্ণ স্যাগ হলো S ।

(O বিন্দু হতে A এবংB সাপোর্টের দূরত্ব=$\frac{L}{2}$)

$x=\frac{L}{2}$ হলে $y = S$ হবে ।

- 1 নং সমীকরনে $x = \frac{L}{2}$ এবং $y = S$ বসিয়ে পাই

$$S = \frac{w\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2T} = \frac{wL^2}{8T}$$

$$S = \frac{wL^2}{8T}$$

সূত্র থেকে দেখা যাচ্ছে যে দুটি support এর মধ্যবর্তী স্যাগ তিন টি বিষয়ের উপর নির্ভরশীল ।যথাঃ –

1. Support দুটির আনুভূমিক দূরত্বের উপর ।
2. পরিবাহীর টেনশন এর উপর ।
3. একক দৈর্ঘ্যে বা 1 মিটার পরিবাহীর ওজন এর উপর ।

বরফ এবং বাতাসের প্রভাব বিদ্যমান থাকলে 1মিটার দৈর্ঘ্যের পরিবাহীর ওজন বৃদ্ধি পাবে।সেক্ষেত্রে 1মিটার দৈর্ঘ্যের পরিবাহীর নিজস্ব ওজনের সাথে 1মিটার দৈর্ঘ্যের বরফ ও বাতাসের প্রভাব জনিত ওজন বিবেচনা করতে হবে ।

ধরি , w=1 মিটার দৈর্ঘ্যে পরিবাহীর নিজস্ব ওজন (কেজিতে)।

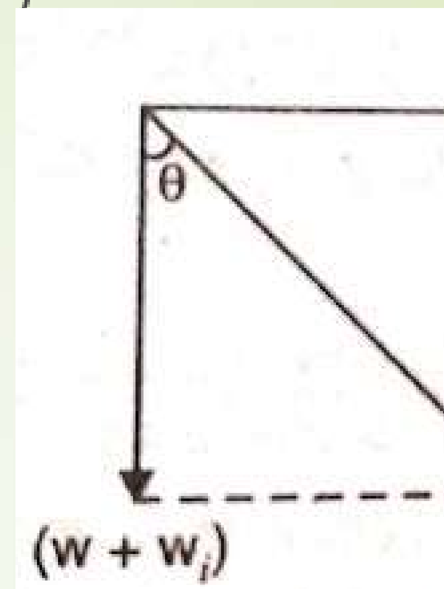
w_i = 1 মিটার দৈর্ঘ্যে বরফের ওজন (কেজিতে)।

w_w = 1 মিটার দৈর্ঘ্যে বাতাসের বল বা ওজন (কেজিতে) ।

w_t = 1 মিটার দৈর্ঘ্যে মোট ওজন (কেজিতে)।

$$w_t = \sqrt{(w + w_i)^2 + (w_w)^2}$$

সেক্ষেত্রে সর্বোচ্চ ঝুল বা Slant Sag (S) $= \frac{W_t L^2}{8T}$ (মিটারে)



এক্ষেত্রে Slant Sag (S) তারের উল্লম্ব অবস্থানে θ কোণ উৎপন্ন করে ।

$\cos\theta = \frac{w+w_i}{w_t}$ $\left(\cos\theta = \frac{\text{ভূমি}}{\text{অতিভূজ}}\right)$

উল্লম্ব ঝুল (Vertical sag) = S. $\cos\theta$

পরিবাহি পদার্থের ঘনত্ব এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব এর সাহায্যে পরিবাহীর নিজস্ব ওজন নির্ণয়ের সূত্রঃ-

1 মিটার দৈর্ঘ্যে পরিবাহীর নিজস্ব ওজন(w) = পরিবাহি পদার্থের ঘনত্ব X 1মিটার দৈর্ঘ্যে পরিবাহীর আয়তন ।

1মিটার দৈর্ঘ্যে পরিবাহীর আয়তন = পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল X 1মিটার দৈর্ঘ্য।

পরিবাহি পদার্থের ঘনত্ব = পরিবাহি পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব Xপানির ঘনত্ব।

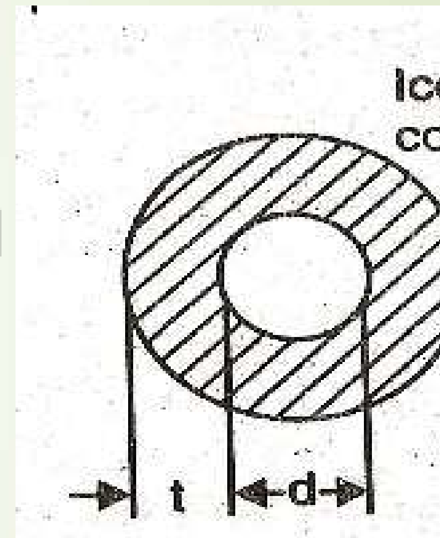
পানির ঘনত্ব = 1 gm $/cm^3$,1000 Kg $/m^3$

Over head line উপর জমাকৃত বরফের ওজনঃ

শীত প্রধান দেশে Over head line এর তারের উপর বেশ বরফ জমে। বর
কারনে পরিবাহী ওজন বৃদ্ধি পায় ফলে স্যাগ ও বৃদ্ধি পায়।

d= পরিবাহীর নিজস্ব ব্যাস

t= পরিবাহীর উপর সমভাবে জমাকৃত বরফের পুরুত্ব ।



পরিবাহীর নিজস্ব প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল = $\frac{\pi d^2}{4}$ বর্গ একক ।

বরফ সহ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল =$\frac{\pi(d+2t)^2}{4}$ বর্গ একক ।

জমাকৃত বরফের ক্ষেত্রফল = $\frac{\pi(d+2t)^2}{4}$ - $\frac{\pi d^2}{4}$ বর্গ একক ।

$= \frac{\pi}{4}\,(d^2 + 4dt + 4t^2 - d^2\,) = \frac{\pi}{4} X 4t\,(d + t\,)$ বর্গ একক ।

$= \pi\, t\,(d + t\,)$ বর্গ একক।

1 মিটার দৈর্ঘ্যে বরফের আয়তন =$[\,\pi t(d + t\,)\,X1\,m\,]$ ঘন একক ।

- ১ মিটার দৈর্ঘ্যে বরফের ওজন (w_i) =বরফের ঘনত্ব X 1 মিটার দৈর্ঘ্যে বরফের আয়তন ।

w_i =[ρ$_i$ π $t(d+t) X1\,m$] , ρ$_i$ = বরফের ঘনত্ব (একক আয়তনের ভর)

1 মিটার দৈর্ঘ্যে বাতাসের বল(বাতাসের চাপ জনিত ওজন)

w_w = বাতাসের চাপ X 1 মিটার দৈর্ঘ্যে প্রজেক্টেড এরিয়া ।

$w_w = (PXd\,X1\,m)$ বরফ না থাকলে ।

$w_w = PX(d+2t)\,X1\,m$ বরফ থাকলে ।

P= বাতাসের চাপ ।

d=পরিবাহীর ব্যাস ।

t = বরফের পুরুত্ব ।

- Tension (T)=working stress X conductor এর Cross sectional area

T =$W.S$ XA

- Safety factor ($S.F$)= $\frac{Breaking\ stress}{Working\ stress}$= $\frac{B.S}{W.S}$

$W.S$= $\frac{B.S}{S.F}$

- যদি পরিবাহীর ব্যাস (d) দেওয়া থাকে তাহলে conductor এর Cross sectional area (A)= $\frac{\pi d^2}{4}$ বর্গ একক ।

Over head line এর sag নিম্ন লিখিত বিষয় সমূহের উপর নির্ভরশীলঃ-

- পরিবাহীর ওজনঃ- Over head line এর sag পরিবাহীর ওজনের সাথে সরাসরি সমানুপাতিক। ওজন যত বেশি হবে sag তত বেশি হবে।
- টেনশনঃ- Over head line এর sag পরিবাহীর টেনশনের সাথে উল্টানুপাতিক।টেনশন বেশি হলে sag কম হবে পক্ষান্তরে টেনশন কম হলে sag বেশি হবে ।
- স্প্যানের দৈর্ঘ্যঃ- সূত্র থেকে দেখা যায় যে Over head line এর sag স্প্যানের দৈর্ঘ এর বর্গের সাথে সরাসরি সমানুপাতিক।স্প্যান যত বেশি হবে sag তত বেশি হবে ।
- ঝড় ও বরফের প্রভাবঃ – শীত কালে তারের উপর বরফ জমার কারনে এবংবাতাসের ঝড়ের কারনে তারের ওজন বৃদ্ধি পায়, ফলে স্যাগ বেড়ে যায়। এজন্য স্যাগ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে ঝড় ও বরফের প্রভাব থাকলে তা অবশ্যই বিবেচনা করতে হবে।

সমস্যাঃ-১) একই সমতলে অবস্থিত দুটি পোলের দূরত্ব 300 মিটার ।পরিবাহীর ব্যাস 1.42 সেমি এবং প্রতি মিটারের ওজন 1.6 Kg । প্রতি বর্গমিটার তারে 40 Kg বাতাসের চাপ কার্যকরী এবং পরিবাহীর চতুর্দিকে 1.25 সেমি পুরু বরফ জমা আছে । কার্যকরী পীড়ন প্রতি বর্গ সেমি তে 1050 Kg , প্রতি ঘন মিটার বরফের ওজন 913.50 Kg হলে উল্লম্ব ঝুল(Vertical sag) কত হবে ?

- সমাধানঃ – দেওয়া আছে , Span,L =300 m,

ব্যাস ,d =1.42 cm =0.0142 m ,

বাতাসের চাপ ,P=40 Kg/m^2, বরফের ঘনত্ব (ρ_i) =913.5 Kg/m^3,

বরফের পুরুত্ব ,t=1.25 cm =0.0125 m

, কার্যকরী পীড়ন (W.S) =1050 $^{Kg}/_{Cm^2}$

vertical sag ($s.\cos\theta$) =?

- এক মিটার পরিবাহির নিজস্ব ওজন (w) =1.6 Kg

এক মিটার দৈর্ঘ্যে বাতাসের চাপ জনিত ওজন (w_w) = $[PX(d+2\,t\,)X1\,m]\,Kg$.এখানে বাতাসের চাপের একক দেওয়া আছে কেজি /বর্গ মিটারে সেহেতু সূত্রের অন্যান্য ডাটা গুলোর একক মিটারে হতে হবে ।

এক মিটার দৈর্ঘ্যে বাতাসের চাপ জনিত ওজন $(w_w\ )$ = [40 X(.0142+2X.o125)X1]=1.568Kg

এক মিটার দৈর্ঘ্যে বরফের ওজন =

w_i=[ρ$_i$ X π$t\,(d+t)X1\,m]\,Kg$

=[913.5Xπ X.0125 (.0142 +.0125)X1] Kg

=0.9578 Kg

এক মিটার দৈর্ঘ্যে মোট ওজন $(w_t\ )=\sqrt{(w+w_i)^2+(w_w)^2}$

$=\sqrt{(1.6+0.9578)^2+(1.568)^2}$=3 Kg

তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $(A) = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(1.42)^2}{4} = 1.5836 cm^2$

তারের টেনশন $(T) = W.S\ X\ A = 1050\ X 1.5836 = 1662.78\ Kg$

Slant Sag $(S) = \frac{w_t L^2}{8T} = \frac{3X(300)^2}{8X1662.78} = 20.297\ m$

$\cos\theta = \frac{w + w_i}{w_t} = \frac{1.6+0.9578}{3} = 0.8526$

উল্লম্ব ঝুল (Vertical sag) $= S.\cos\theta$

$= 20.297 X 0.8526$

$= 17.3\ m\ (Ans)$

সমস্যাঃ-২) একটি ট্রান্সমিশন লাইনে 70 মিটার উচ্চতা বিশিষ্ঠ দুটি টাওয়ার নদীর দুই তীরে অবস্থিত এর স্প্যান 300 মিটার ।পরিবাহীর পীড়ন 1500 কেজি ,প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 0.9 বর্গ সেমি , পরিবাহি পদার্থের ঘনত্ব 8.9 গ্রাম/ঘন সেমি ,স্ট্রিং এর ঝুলন দৈর্ঘ্য 2 মিটার হলে মধ্যবিন্দুতে পানির উপরিভাগ হতে তারের উচ্চতা কত হবে ?

- সমাধানঃ- দেওয়া আছে ,স্প্যান(L) =300 m , টেনশন (T)=1500 Kg
  প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল (A)= 0.9 বর্গ সেমি ,
  পদার্থের ঘনত্ব 8.9 গ্রাম/ঘন সেমি , স্ট্রিং এর ঝুলন দৈর্ঘ্য 2 মিটার হলে মধ্যবিন্দুতে পানির উপরিভাগ হতে তারের উচ্চতা (H)কত হবে ?

- 1 মিটার দৈর্ঘ্যে তারের আয়তন $=A$ x1 মিটার (1 m=100cm)

$$=0.9cm^2 X100\ cm = 90\ cm^3$$

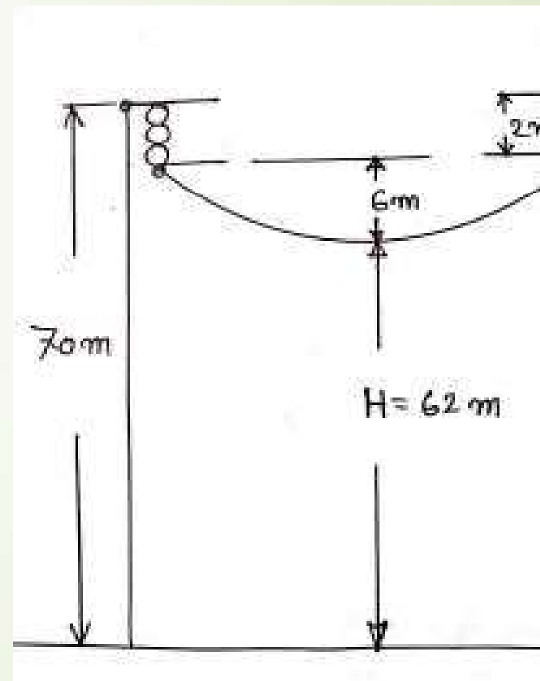
1 মিটার দৈর্ঘ্যে তারের ওজন $(w\ )$=ঘনত্ব X 1 মিটার দৈর্ঘ্যে তারের আয়তন $=8.9\ {}^{gm}/_{cm^3}$X $90\ cm^3 = 801\ gm = 0.801\ Kg$

যেহেতু বরফ এবং বাতাসের কোন প্রভাব নাই সেহেতু

স্যাগ$(S\ )=\frac{w\ L^2}{8T} = \frac{0.801\ X300^2}{8X1500} = 6\ m$

অতএব ,মধ্যবিন্দুতে পানির উপরিভাগ থেকে তারের উচ্চতা, (H)= টাওয়ারের উচ্চতা –স্ট্রিং এর দৈর্ঘ্য-স্যাগ ।

$$= (70 - 2 - 6\ ) = 62\ m\ (Ans\ )$$



Home work (বাড়ীর কাজ)ঃ -

- একটি ট্রান্সমিশন লাইনের স্প্যান 150 m,পরিবাহীর ক্ষেত্রফল 1.25 বর্গ সেমি ,ঘনত্ব প্রতি ঘন সেমিতে 8.9 gm । পরিবাহীর পীড়ন প্রতি বর্গ সেমিতে 1500 Kg ,পরিবাহির উপর 1.2 cm পুরুত্বের বরফ পড়ে , বাতাসের চাপ প্রতি বর্গ মিটারে 30 Kg ,বরফের ঘনত্ব প্রতি ঘন সেমিতে 0.91 gm হলে উল্লম্ব ঝুল কত হবে ?

- কী কী উপায়ে তারের ঝুল বা স্যাগ মাপা যায় তা সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর ।
- ওভার হেড লাইনের ঝুল বা Sag হিসাবের উদ্দেশ্য লেখ ।

আগামী লাইভ ক্লাসে অধ্যায় -৬ থেকে যে বিষয় সমূহে পাঠ দান করা হবেঃ-

- সম উচ্চতা সম্পন্ন দুটি সাপোর্টের মধ্যবর্তী ঝুল সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান ।
- অসম উচ্চতার দুটি পোলের মধ্যবর্তী স্যাগ নির্ণয়ের সূত্রের প্রতিপাদন।
- অসম উচ্চতা সম্পন্ন দুটি সাপোর্টের মধ্যবর্তী ঝুল সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান ।

আল্লাহ হাফেজ

গত লাইভ ক্লাসের আলোচ্য বিষয়সমূহ ছিলঃ- (অধ্যায় -৬ থেকে :)।

- স্যাগ এবং স্যাগের গুরুত্ব ।
- স্যাগের উপর প্রভাব বিস্তার কারী বিষয় সমূহ ।
- সম উচ্চতার ক্ষেত্রে স্যাগ এর সূত্রের প্রতিপাদন ।
- পরিবাহি ,বরফ এবং বাতাসের ওজন নির্ণয়করন ।
- সম উচ্চতা সম্পন্ন দুটি সাপোর্টের মধ্যবর্তী ঝুল সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান ।

অধ্যায় -৬ থেকে আজকের লাইভ ক্লাসে যে বিষয় সমূহে পাঠ দান করা হবেঃ(৭ম ক্লাস)

- সম উচ্চতা সম্পন্ন দুটি সাপোর্টের মধ্যবর্তী ঝুল সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান ।
- অসম উচ্চতার দুটি পোলের মধ্যবর্তী স্যাগ নির্ণয়ের সূত্রের প্রতিপাদন।
- অসম উচ্চতা সম্পন্ন দুটি সাপোর্টের মধ্যবর্তী ঝুল সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান ।

সম -উচ্চতা সম্পন্ন দুটি সাপোর্টের মধ্যবর্তী ঝুল সম্পর্কিত সমস্যার সমাধানঃ-

সমস্যাঃ-১) একটি ট্রান্সমিশন লাইনের নিম্ন লিখিত তথ্যাবলি দেও আছে । Safety factor বের কর । স্প্যান=200 মিটার ,পরিবাহি প্রস্থচ্ছেদ =1.2 বর্গ সে মি , প্রতি মিটার পরিবাহির ওজন =1 কে ,উল্লম্ব ঝুল =3.95 মিটার , বাতাসের চাপ প্রতি বর্গ মিটারে =82.5 কেজি , ব্রেকিং পীড়ন প্রতি বর্গ সেমিতে =4220 কেজি ।

- সমাধানঃ- $A = \frac{\pi d^2}{4}$,

$$d^2 = \frac{4A}{\pi} = \frac{4x1.2}{\pi} = 1.52788\,,$$

$$d = \sqrt{1.52788} = 1.236\ cm = 0.01236\ m$$

1মিটার তারে বাতাসের চাপ জনিত ওজন (w_w) = $(P\ X\ d\ X\ 1\ m\ )$Kg

$= (82.5X0.01236X1)\ Kg$

$= 1.0197\ Kg$.

1মিটার তারের নিজস্ব ওজন (w) $=1\ Kg$.

.

যেহেতু বরফ নাই সেহেতু 1মিটার তারের মোট ওজন $(w_t) = \sqrt{(w^2 + w_w^2)}$

$$= \sqrt{(1^2 + 1.0197^2)}$$

$$= 1.428\ Kg$$

$$cos\theta = \frac{w}{w_t} = \frac{1}{1.428} = 0.7$$

উল্লম্ব ঝুল $= S\ cos\theta = 3.95\ m$, $S = \frac{3.95}{cos\theta} = \frac{3.95}{0.7} = 5.643\ m$

আবার আমরা জানি স্যাগ , $S = \frac{W_t L^2}{8T}$, $T = \frac{w_t L^2}{8S} = \frac{1.428X(200)^2}{8X5.643} = 1265.28\ Kg.$

কার্যকরী পীড়ন $(W.S) = \frac{T}{A} = \frac{1265.28}{1.2}\ Kg/cm^2 = 1054.4\ Kg/cm^2$

দেওয়া আছে ,ব্রেকিং পীড়ন $(B.S) = 4220\ Kg/cm^2$

Safety factor $(S.F) = \frac{B.S}{W.S} = \frac{4220}{1054.4} = 4\ (Ans)$

সমস্যাঃ-২)সমান উচ্চতা বিশিষ্ঠ একটি ট্রান্সমিশন লাইনে
দুটি সাপোর্টের আনুভুমিক দুরত্ব 275 m ।পরিবাহীর ব্যা
1.96 cm ,প্রতি মিটারের ওজন 0.856 Kg ,আল্টিমেট স্ট্রে
8060 Kg । পরিবাহীর চারদিকে সমভাবে 1.27 cm পুরু
বরফ জমে এবং প্রতি বর্গসেমি তারে বাতাসের চাপ 3.9
gm । সেফটি ফ্যাক্টর 2 এবং প্রতি ঘনসেমি বরফের ওজ
0.91 gm হলে স্যাগ নির্ণয় কর ।

- সমাধানঃ- দেওয়া আছে স্প্যান,L =275 m, পরিবাহীর ব্যাস ,$d = 1.96\ cm$

প্রতি মিটারের পরবাহির নিজস্ব ওজন ,w =0.856 Kg ,বরফের পুরুত্ব , $t =$ $1.27\ cm$, বাতাসের চাপ ,$P = 3.9\ gm/cm^2$,বরফের ঘনত্ব ρ_i =$o.91\ gm/cm$

Safety factor ,$S.F$=2 , Ultimate strength ,$U.S$ =8060 Kg .

Sag , S =?

1m(100 cm) দৈর্ঘ্যে বরফের আয়তন = [π $t\ (d + t\ )X1\ m$]ঘন একক

=[π X1.27 (1.96+1.27)X100]cm^3

=1288.7cm^3

1m দৈর্ঘ্যে বরফের ওজন(w_i) = বরফের ঘনত্ব X 1m দৈর্ঘ্যে বরফের আয়তন

= 0.91 X1288.7 =1172.7 $gm.$

= 1.1727 $Kg.$

1m (100 cm) দৈর্ঘ্যে বাতাসের চাপ জনিত ওজন (w_w)= $[PX(d + 2t)X1\ m]g$

= [3.9X(1.96+2X1.27)X100]$gm.$

= 1755 gm = 1.755 $Kg.$

1m দৈর্ঘ্যে মোট ওজন(w_t) $=\sqrt{(w+w_i)^2+(w_w)^2}$

$=\sqrt{(0.856+1.1727)^2+(1.755)^2}$

$=2.68247\ Kg.$

Tension (T) = $\frac{Ultimate\ Strength}{Safety\ factor} = \frac{8060}{2}\ Kg = 4030\ Kg$

Sag (S) = $\frac{W_t L^2}{8T} = \frac{2.68247X275^2}{8X4030}$ $=6.29\ m(Ans)$

অসম –উচ্চতার দুটি সাপোর্টের পরিবাহীর মধ্যে স্যাগ নির্ণয়ের সূত্রের প্রতিপাদনঃ-

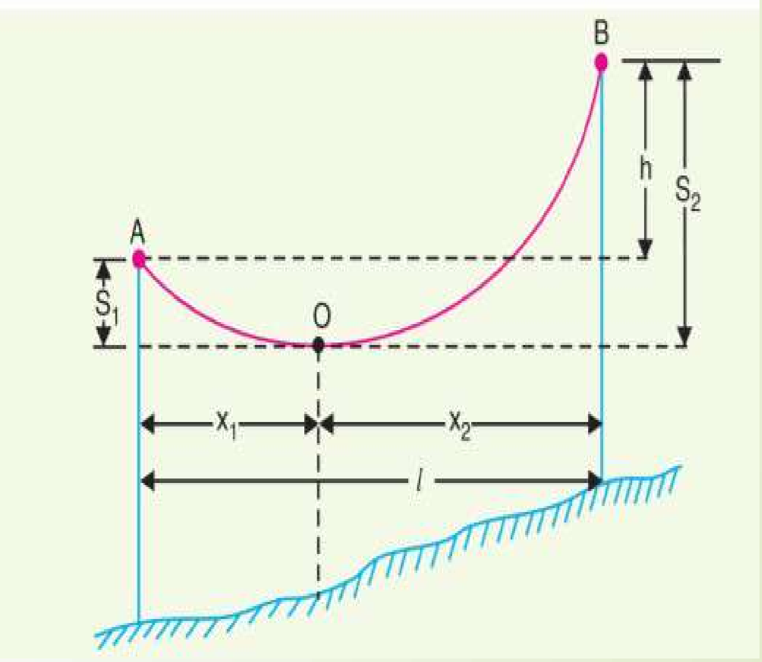
- সাধারনত পাহাড়ি এলাকায় ওভারহেড লাইন টানার সময় লাইন সাপোর্ট অসমতলে অবস্থান করে। অসমতলে অবস্থিতA এবং B দুটি সাপোর্টের সাথে একটি পরিবাহি টানানো আছে।(চিত্রে প্রদর্শিত)

L =স্প্যান বা বিস্তার।

h=দুটি সাপোর্টের মধ্যে উচ্চতার পার্থক্য।

h=$S_2 - S_1$ (চিত্র থেকে পাই)।

সম উচ্চতার ক্ষেত্রে পরিবাহির স্যাগ বিন্দু বা সর্বনিম্ন বিন্দু হতে সাপোর্ট দ্বয়ের দূরত্ব সমান থাকে। কিন্তু অসম –উচ্চতার ক্ষেত্রে পরিবাহির সর্বনিম্ন বিন্দু বা স্যাগ বিন্দু হতে সাপোর্ট দ্বয়ের দূরত্ব অসমান বা ভিন্ন ভিন্ন হয়।

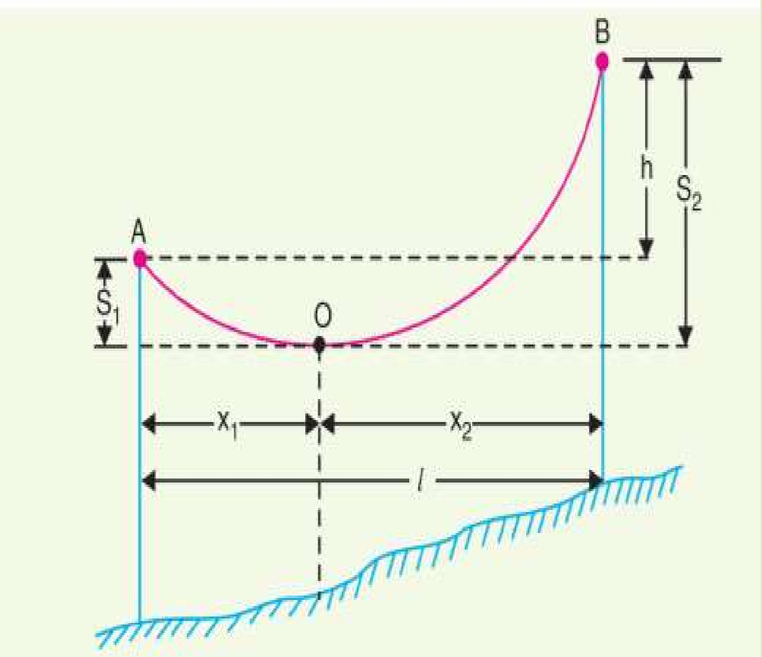


T=পরিবাহীর টান ,কেজিতে ।

w = 1 মিটার পরিবাহীর ওজন ,কেজিতে ।

x_1 = পরিবাহির সর্বনিম্ন বিন্দু (o) হতে নিম্ন তলে অবস্থিত সাপোর্ট (A)এর দূরত্ব ।

x_2 = পরিবাহির সর্বনিম্ন বিন্দু (o) হতে উচ্চ তলে অবস্থিত সাপোর্ট (B)এর দূরত্ব ।



দূরত্ব ভিন্ন হওয়ার কারনে সাপোর্ট দ্বয়ের সাপেক্ষে দুটি ভিন্ন স্যাগ S_1 এবং S_2 পাওয়া যায়।

সম উচ্চতার সাপোর্টের ক্ষেত্রে স্যাগ বিন্দু বা সর্ব নিম্ন বিন্দু থেকে যে কোন দূরত্বের তারের স্যাগের সূত্র টি পাই $y = \frac{w\,x^2}{2T}$

সাপোর্ট A এর ক্ষেত্রে $x = x_1$এবং $y = S_1$

$S_1 = \frac{wx_1^2}{2T}$, অনুরুপ ভাবে পাই , $S_2 = \frac{wx_2^2}{2T}$

$x_2 + x_1 = L \ldots\ldots.(1)$

$$S_2 - S_1 = \frac{wx_2^2}{2T} - \frac{wx_1^2}{2T} = \frac{w}{2T}(x_2^2 - x_1^2)$$

$$= \frac{w}{2T}(x_2 + x_1)(x_2 - x_1)$$

$$= \frac{wL}{2T}(x_2 - x_1)$$

$$S_2 - S_1 = \frac{wL}{2T}(x_2 - x_1)$$

$$S_2 - S_1 = h$$

$$\frac{wL}{2T}(x_2 - x_1) = h$$

$$(x_2 - x_1) = \frac{2Th}{wL} \quad \ldots\ldots\ldots.(2)$$

$x_2 + x_1 = L$ ……….(1)

$(x_2 - x_1) = \frac{2Th}{wL}$ …..(2)

সমীকরন দুটি সমাধান করে পাই ,

$x_1 = \frac{L}{2} - \frac{Th}{wL}$

$x_2 = \frac{L}{2} + \frac{Th}{wL}$

x_1 এবং x_2 এর মান নির্ণয় করে সহজেই S_1 এবং S_2 ,স্যাগ দ্বয়ের মান বের করা যায় ।

x_1 এর সমীকরন থেকে বুঝা যায় যে x_1 এর মান পজিটিভ অথবা নেগেটিভ হতে পারে । কিন্তু x_2 এর মান সর্বদাই পজিটিভ । x_1 এর মান পজিটিভ হলে A সাপোর্টির অবস্থান ,তারের সর্বনিম্ন বিন্দু (o) এর যে পার্শ্বে B সাপোর্টি আছে তার বিপরীত পার্শ্বে হবে । পক্ষান্তরে x_1 এর মান নেগেটিভ হলে A এবং B উভয়ই সাপোর্ট এর অবস্থান তারের সর্বনিম্ন বিন্দু (o) এর একই পার্শ্বে হবে।

অসম-উচ্চতা সম্পন্ন দুটি সাপোর্টের মধ্যবর্তী ঝুল সম্পর্কিত সমস্যার সমাধানঃ-

সমস্যাঃ-১)একটি ট্রান্সমিশন লাইনের নদীর দুই তীরে অবস্থিত দুটি টাওয়ারের উচ্চতা পানির তল হতে যথাক্রমে 30 m এবং 90m । টাওয়ার দুটির আনুভূমিক দূরত্ব 500 m এবং প্রতিমিটার তারের ওজ 1.5 Kg । যদি তারের টানসহন ক্ষমতা 1600 Kg হয় তাহলে টাওয়া দুটির মধ্যবর্তী স্থানে পানির তল থেকে পরিবাহি কত উপরে থাকবে

- সমাধানঃ $L = 500\ m$, $w = 1.5\ Kg$, $T = 1600\ Kg$,

ধরি নিম্নতলে অবস্থিত টাওয়ার A এর উচ্চতা পানির তল থেকে $P_1 = 30\ m$ এবং উচ্চতলে অবস্থিত টাওয়ার B এর উচ্চতা পানির তল থেকে $P_2 = 90\ m$

$$h = S_2 - S_1 = P_2 - P_1 = 90 - 30 = 60\ m$$

$$x_1 = \frac{L}{2} - \frac{Th}{wL} = \frac{500}{2} - \frac{1600X60}{1.5X500} = 250 - 128 = 122\ m$$

যেহেতু x_1 এর মান পজিটিভ সেহেতু টাওয়ার দুটি ,সর্বনিম্ন বিন্দু(o) এর দুইপার্শ্বে থাকবে যা চিত্রে প্রদর্শিত হল । চিত্র থেকে দেখা যাচ্ছে যে সর্বনিম্ন (O) থেকে মধ্যবিন্দু (P) এর দূরত্ব $x = \frac{L}{2} - x_1 = \frac{500}{2}$ -122 =250 -122 = 12

টাওয়ার A এর সাপেক্ষে স্যাগ,

$S_1 = \frac{wx_1^2}{2T} = \frac{1.5X(122)^2}{2X1600} = 6.977\ m$

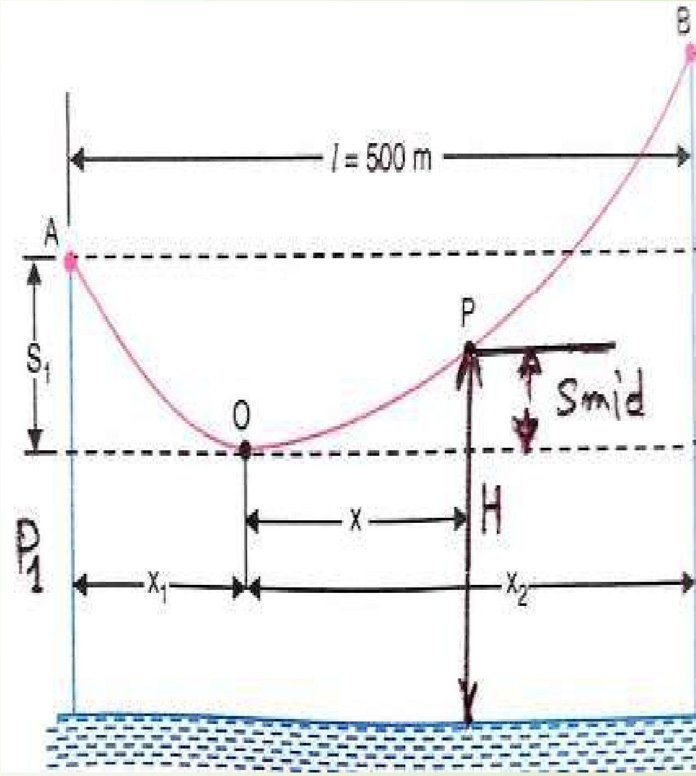
মধ্যবিন্দু (P) এর সাপেক্ষে স্যাগ ,

$S_{mid} = \frac{wx^2}{2T} = \frac{1.5\ X(128)^2}{2X1600} = 7.68\ m$

টাওয়ার দুটির মধ্যবর্তী স্থানে পানির তল থেকে পরিবাহীর উচ্চতা ,H =$P_1 - S_1 + S_{mid}$

=30 -6.977 +7.68

=30.703 $m(Ans)$



সমস্যাঃ-২) কোন নদীর দুই তীরে অবস্থিত দুটি টাওয়ারের উচ্চতা পানির তল থেকে যথাক্রমে 40 mএবং 90 m ।টাও দুটির আনুভূমিক দূরত্ব 400 m, পরিবাহির টেনশন 2000 k ,প্রতি মিটার তারের ওজন 1 Kg হলে নদীর মধ্যবর্তী স্থানে পানির তল থেকে পরিবাহী কত উপরে থাকবে ?

- সমাধানঃ-দেওয়া আছে L=400 m, w =1Kg , T= 2000 Kg.

ধরি নিম্ন তলে অবস্থিত A টাওয়ারের উচ্চতা পানির তল থেকে ,P_1 =40 m

এবং উচ্চ তলে অবস্থিত B টাওয়ারের উচ্চতা পানির তল থেকে ,P_2 =90 m

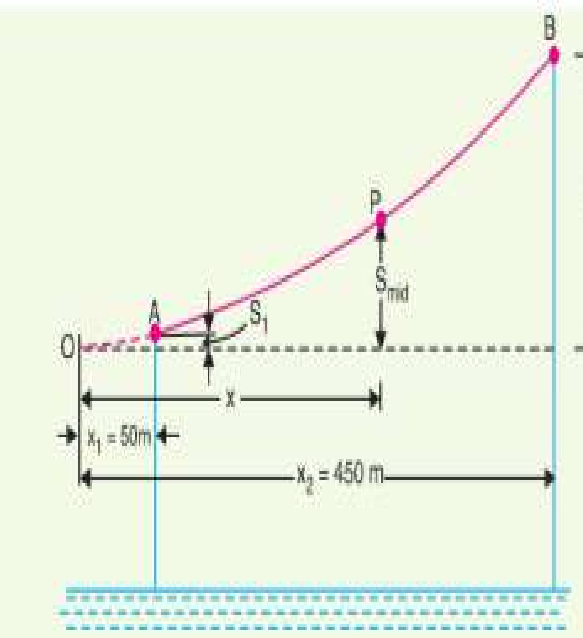
টাওয়ার দুটির উচ্চতার পার্থক্য ,$h = S_2 - S_1 = P_2 - P_1$ =90 - 40 = 50 m

A টাওয়ার থেকে তারের সর্ব নিম্ন বিন্দু (O) এর দূরত্ব ,

$x_1 = \frac{L}{2} - \frac{Th}{wL} = \frac{400}{2} - \frac{2000X50}{1X400} = 200 - 250 = -50\ m$ ।

যেহেতু x_1 এর মান নেগেটিভ সেহেতু A এবং B উভয়ই সাপোর্টই তারের সর্ব নিম্ন বিন্দু (O) এর একই পার্শ্বে থাকবে যা চিত্রে দেখান হল ।

$x_2 = \frac{L}{2} + \frac{Th}{wL} = \frac{400}{2} + \frac{2000X50}{1X400}$ =200 +250 = 450



চিত্র থেকে দেখা যাচ্ছে যে, তারের সর্ব নিম্ন বিন্দু (O) থেকে মধ্য বিন্দু (P) এর দূরত্ব,

$$x = x_1 + \frac{L}{2} = 50 + \frac{400}{2} = 50 + 200 = 250\ m$$

মধ্য বিন্দু (P) তে স্যাগ $S_{mid} = \frac{wx^2}{2T}$

$$= \frac{1X(250)^2}{2X2000} = 15.625\ m$$

সাপোর্ট A এর স্যাগ ,$S_1 = \frac{wx_1^2}{2\,T} = \frac{1X(50)^2}{2X2000}$ =0.625 m

নদীর মধ্যবর্তী স্থানে পানির তল থেকে পরিবাহীর উচ্চতা ,

$H = P_1 - S_1 + S_{mid}$ =40 – 0.625 +15.625 =55 m (Ans).

Home work (বাড়ীর কাজ)ঃ-

সমস্যা -১) নদীর দুই তীরে অবস্থিত দুটি টাওয়ারের উচ্চতা 100 m টাওয়ার দুটির আনুভূমিক দূরত্ব 250 m । পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 1.2 cm^2 এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 8.9 পরিবাহির পীড়ন 1200Kg/cm^2,বাতাসের চাপ 30 Kg/m^2 হলে নদীর মধ্য বিন্দুতে পানির উপরি তল হতে পরিবাহির উচ্চতা কত হবে ?

সমস্যা -২) কোন নদীর দুই তীরে অবস্থিত দুটি টাওয়ারের উচ্চতা পানির তল থেকে যথাক্রমে 30 mএবং 90 m । টাওয়ার দুটির আনুভূমিক দূরত্ব 500 m , পরিবাহির টেনশন 1250 Kg ,প্রতি কিলো মিটার তারের ওজন 1250 Kg হলে নদীর মধ্যবর্তী স্থানে পানির তল থেকে পরিবাহী কত উপরে থাকবে ?

আগামী লাইভ ক্লাসের পাঠ দানের বিষয় সমুহঃ- (অধ্যায় -৭ এবং ৮ থেকে)

- ট্রান্সমিশন /ডিস্ট্রিবিউশন লাইন জরিপের কাজে ব্যবহৃত জরিপ যন্ত্রপাতির তালিকা ।
- কয়েকটি জরিপ Instrument এর ব্যবহার ।
- সাসপেনশন টাইপ ইনসুলেটর স্ট্রিং এর প্রতি ইউনিটের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ডিস্ট্রিবিউশনের সমীকরন নিরুপণ ।
- স্ট্রিং দক্ষতা উন্নয়নের বিভিন্ন প্রকার পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত ব্যাখ্যা ।
- স্ট্রিং দক্ষতা এবং স্ট্রিং এর ভোল্টেজ ডিস্ট্রিবিউশন সম্পর্কিত সমাস্যার সমাধান ।

আল্লাহ হাফেজ

অধ্যায় -৬ থেকে গত লাইভ ক্লাসে যে সব বিষয় সমূহে পাঠ দান করা হয়েছিলোঃ-

- সম উচ্চতা সম্পন্ন দুটি সাপোর্টের মধ্যবর্তী ঝুল সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান ।
- অসম উচ্চতার দুটি পোলের মধ্যবর্তী স্যাগ নির্ণয়ের সূত্রের প্রতিপাদন।
- অসম উচ্চতা সম্পন্ন দুটি সাপোর্টের মধ্যবর্তী ঝুল সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান ।

আজকের লাইভ ক্লাসের পাঠ দানের(পাঠ পরিচিতি বিষয় সমুহঃ-(অধ্যায় -৭ এবং ৮ থেকে :-৮ম ক্লাস)

- ট্রান্সমিশন /ডিস্ট্রিবিউশন লাইন জরিপের কাজে ব্যবহৃত জরিপ Instrument এর তালিকা ।
- কয়েকটি জরিপ Instrument এর ব্যবহার ।
- সাসপেনশন টাইপ ইনসুলেটর স্ট্রিং এর প্রতি ইউনিটের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ডিস্ট্রিবিউশনের সমীকরন নিরুপণ ।
- স্ট্রিং দক্ষতা উন্নয়নের বিভিন্ন প্রকার পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত ব্যাখ্যা ।
- স্ট্রিং দক্ষতা এবং স্ট্রিং এর ভোল্টেজ ডিস্ট্রিবিউশন সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান ।

ট্রান্সমিশন /ডিস্ট্রিবিউশন লাইন জরিপের কাজে ব্যবহৃত জরিপ Instrument এর তালিকা ।

জরিপ কাজে যে সকল Instrument এবং মালামাল ব্যবহৃত হয় সেগুলো হলোঃ

১)চেইন ।চেইন আবার তিন প্রকার ।যথাঃ a)গান্টার্স চেইন ----66 feet length

b) ইঞ্জিনিয়ার্স চেইন ---100 feet leng

c)মিটার চেইন ---------- 2o m length

২) তীর(Arrow) ৩) কাঠের গোজা (Wooden peg) ৪) রেঞ্জিং রড

৫) থিওডোলাইট ৬)ওলন (Plumbing bob) ৭) Leveling Instrument

৮) লেভেলিং স্টাফ ৯) ডাম্পি লেভেল ১০) মেজারিং টেপ

কয়েকটি গুরত্বপূর্ণ Surveying instruments (জরিপ যন্ত্রপাতি)এর ব্যবহার।

চেইন এর ব্যবহারঃ-নিম্নলিখিত কাজে চেইন ব্যবহার করা হয়।

১) পোল বা টাওয়ারের দূরত্ব মাপার জন্য ।

২) স্টেশন চিহ্নিতকরণের কাজে ।

৩) সমকোণ এলাইনমেন্টের কাজে ,

৪) ভূমি জরিপ কাজে ।

থিওডোলাইটের ব্যবহারঃ- নিম্নলিখিত কাজে থিওডোলাইট ব্যবহার করা হয় ।

১)স্যাগ বা ঝুল নির্ণয়ের কাজে । ২) কোণ মাপার কাজে ।

৩) দূরের বস্তু দেখার জন্য । ৪) লেভেলিং এর কাজে ।

৫) কোন রেখার উপর বিন্দু স্থাপন ,জরিপ রেখার প্রসারণ ও উচ্চতার তারতম্য নির্ণয়ের কাজে ।

ওলন (plumb bob)এর ব্যবহারঃ- নিম্ন লিখিত কাজে ওলন (plumb bob) ব্যবহার করা হয় ।যথাঃ –

১)রেঞ্জিং রড ঠিক রাখার জন্য ।

২) কোন বস্তুর যথাযথ উল্লম্ব নির্ধারণের জন্য ।

৩) Theodolite instrument কে স্টেশন বিন্দুর উপরে স্থাপনের কাজে ।

রেঞ্জিং রডঃ- কোন লাইন কে প্রসারিত করার কাজে কিংবা কোন স্টেশন কে ভালোভাবে চিহ্নিত করার কাজে রেঞ্জিং রড ব্যবহার করা হয় ।

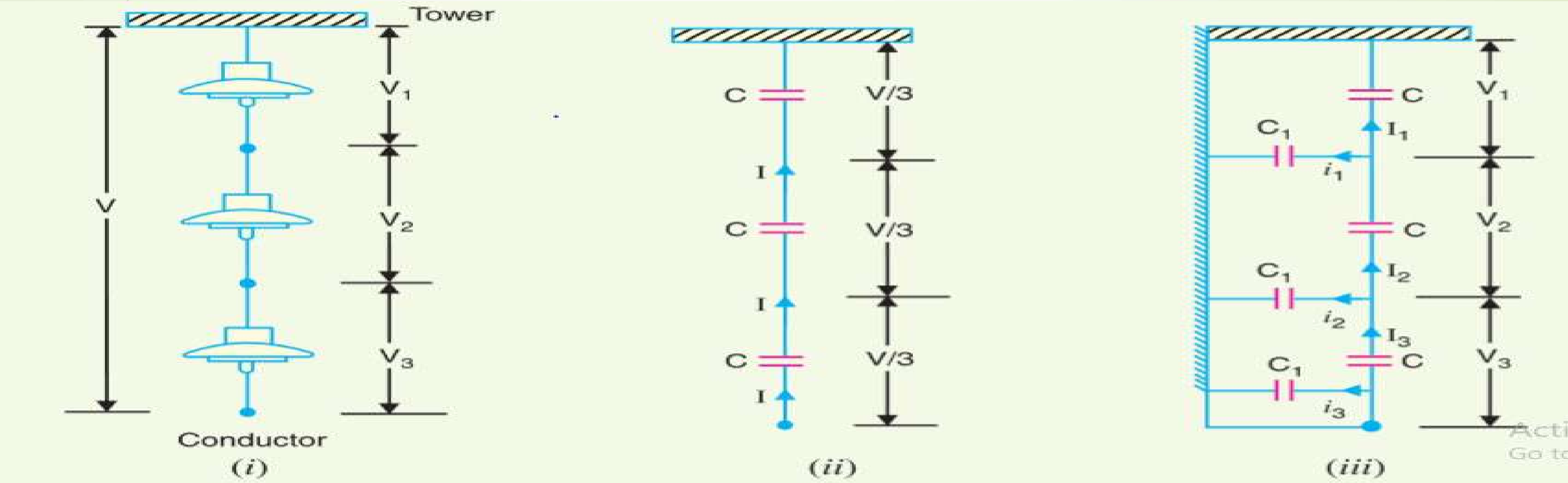
লেভেলিং স্টাফঃ- আনুভূমিক দৃষ্ঠিরেখার উচ্চতা সরাসরি নিশ্চিত করার জন্য লেভেলিং স্টাফ ব্যবহার করা হয় ।

সাসপেনশন ইন্সুলেটরের ভোল্টেজ ডিস্ট্রিবিউশন।

- সাসপেনশন ইন্সুলেটরের ক্ষেত্রে একাধিক চীনামাটির ডিস্ক কোন ধাতব লিঙ্কের মাধ্যমে সিরিজে সংযুক্ত করে স্ট্রিং বা মালা তৈরি করা হয় ।ফলে প্রতিটি চীনামাটির ডিস্ক এর উভয় পার্শ্বে ধাতব লিঙ্ক থাকার কারনে প্রতিটি ডিস্ক ক্যাপাসিট্যান্স সৃস্টি করে ।

এই ক্যাপাসিট্যান্স কে মিউচুয়াল ক্যাপাসিট্যান্স (Mutual capacitance) বা Self capacitance বলে যা *C* দ্বারা প্রকাশ ক হয়। প্রতিটি ডিস্ক কে ইউনিট হিসেবে বিবেচনা করা হয় । স্ট্রিং এর সর্বনিম্ন ডিস্ক বা ইউনিট টি লাইন পরিবাহির সাথে এবং সর্ব উপরের ডিস্ক বা ইউনিট টি ক্রস আর্মের সাথে লাগানো থাকে । ক্রস আর্ম আবার স্টিলের টাওয়ারের মাধ্যমে ভূমি বা আর্থের সাথে সংযুক্ত থাকে

চিত্রে তিন ইউনিট বিশিষ্ঠ একটি স্ট্রিং দেখানো হলো:-



যদি শুধুমাত্র মিউচুয়াল ক্যাপাসিট্যান্স থাকতো তাহলে সবগুলো ডিস্কের মধ্যে একই চার্জিং কারেন্ট প্রবাহিত হতো ।তখন প্রতিটি ডিস্কের বিপরীতে সমান ভোল্টেজ কাজ করতো, যা (ii) নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে দেখা যাচ্ছে যে, প্রতিটি ডিস্কের ভোল্টেজ $V/3$ ।

- কিন্তু বাস্তবে ডিস্কের ধাতব অংশ এবং টাওয়ার বা আর্থের মধ্যে আর একটি ক্যাপাসিট্যান্স সৃষ্টি হয় যাকে শান্ট ক্যাপাসিট্যান্স বলে যা (iii) নং চিত্রে C_1 দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।

শান্ট ক্যাপাসিট্যান্সের কারনে স্ট্রিং এর চার্জিং কারেন্ট সর্বত্র সমান থাকে না ফলে স্ট্রিং এর প্রতিটি ডিস্কের ভোল্টেজ সমান থাকে না। লাইন পরিবাহীর সবচেয়ে নিকটবর্তী ডিস্কে স্ট্রিং এর মধ্য দিয়ে সর্বাধিক চার্জিং কারেন্ট প্রবাহি হয়। এ কারনে লাইন পরিবাহীর সবচেয়ে নিকটবর্তী ডিস্কে সর্বাধিক ভোল্টে থাকে। ডিস্কের নিচ থেকে যত উপরে যাওয়া যাবে ডিস্কের ভোল্টেজ তত কমতে থাকবে।

স্ট্রিং দক্ষতা (String efficiency):-Shunt Capacitance এর কারণে স্ট্রিং এর সকল ডিস্ক বা সকল ইউনিটের ভোল্টেজ সমান হয় না। পরিবাহীর সবচেয়ে নিকটবর্তী ডিস্কে অন্য ডিস্ক অপেক্ষা বেশি ভোল্টেজ থা... ভোল্টেজের এই অসম বন্টন কে স্ট্রিং এর দক্ষতা হিসেবে প্রকাশ করা হয় ।

স্ট্রিং এর মোট ভোল্টেজ এবং ডিস্কের সংখ্যা গুণিতক পরিবাহির সবচেয়ে নিকটবর্তী ডিস্কের আড়াআড়িতে ভোল্টেজের অনুপাত কে স্ট্রিং দক্ষতা বলে ।

স্ট্রিং দক্ষতা ,

$$= \frac{\text{সমগ্র স্ট্রিং এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ}}{N \text{ X পরিবাহীর সবচেয়ে নিকটবর্তী ডিস্কেরআড়াআড়ি ভোল্টেজ}}$$

N =স্ট্রিং এর ডিস্কের সংখ্যা ।

স্ট্রিং এর দক্ষতা যত বেশি হবে ভোল্টেজের বন্টন তত সুসম হবে ।

এজন্য স্ট্রিং এর বিভিন্ন ডিস্কের ভোল্টেজের অসমতা কমানোর জন্য স্ট্রিং এর দক্ষতা উন্নতি করা আবশ্যক ।

স্ট্রিং দক্ষতা উন্নয়নের পদ্ধতি।

সাসপেনশন ইন্সুলেটর স্ট্রিং এর সকল ডিস্ক বা সকল ইউনিটের ভোল্টেজ বি
সমান হয় না । সর্বাপেক্ষা বেশি ভোল্টেজ হয় পরিবাহির সবচেয়ে নিকটবর্তী ি
এবং এই ভোল্টেজ বন্টন ধীরে ধীরে কমতে কমতে সর্বাপেক্ষা কম হয় ক্রস অ
সবচেয়ে নিকটবর্তী ডিস্কে ।

যদি সবচেয়ে বেশি বৈদ্যুতিক চাপের ইউনিটিতে (লাইনপরিবাহির সবচেয়ে নিকটবর্তী) ব্রেক ডাউন বা ফ্লাশ ওভার ঘটে তাহলে অন্যান্য ইউনিট গুলোতে পর পর ব্রেক ডাউন ঘটে । এজন্য স্ট্রিং এর বিভিন্ন ইউনিটের ভোল্টেজ বন্টন সমান হওয়া দরকার আর সে কারনে স্ট্রিং দক্ষতা এর উন্নতি করা আবশ্যক ।

স্ট্রিং দক্ষতা উন্নয়নের পদ্ধতি সমুহঃ-

1)লম্বা ক্রস আর্ম ব্যবহার করে । 2)ইন্সুলেটর গ্রেডিং এর মাধ্যমে ।

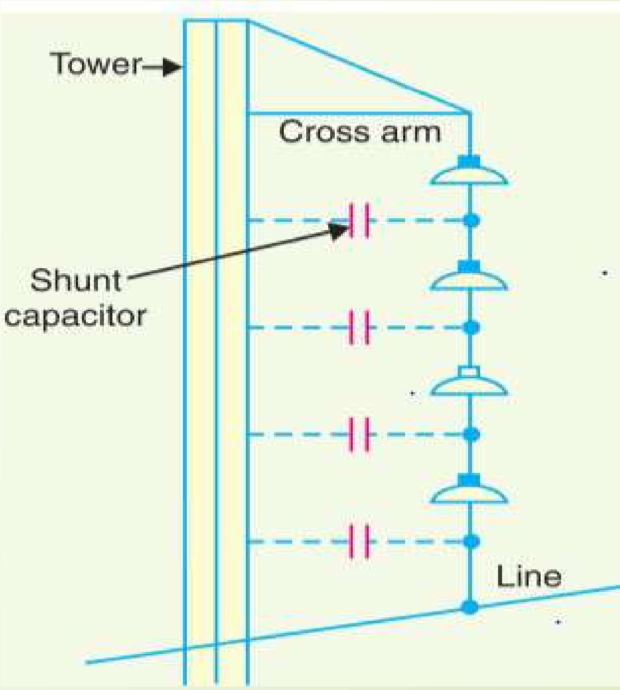
3)গার্ড রিং ব্যবহার করে (By using guard ring)

4) কন্ডাক্টিং গ্লেজ পদ্ধতি (Conducting glaze)

লম্বা ক্রস আর্ম ব্যবহার করে স্ট্রিং দক্ষতা উন্নয়নের পদ্ধতিঃ-

স্ট্রিং দক্ষতার মান নির্ভর করে শান্ট ক্যাপাসিট্যান্স এবং মিউচুয়াল ক্যাপাসিট্যান্স এর অনুপাত (K) এর মানের উপর ।এই অনুপাত (K) এর মান যত কম হবে স্ট্রিং দক্ষতার মান তত বেশি হবে এবং ভোল্টেজ বন্টন তত সুসম হবে ।

শান্ট ক্যাপাসিট্যান্স এর মান কমিয়ে অনুপাত (K) এর মান কমানো যায়। শান্ট ক্যাপাসিট্যান্স এর মান কমাতে হলে ক্রস আর্ম এবং টাওয়ারের মধ্যবর্তী দূরত্ব বৃদ্ধি করতে হবে ।

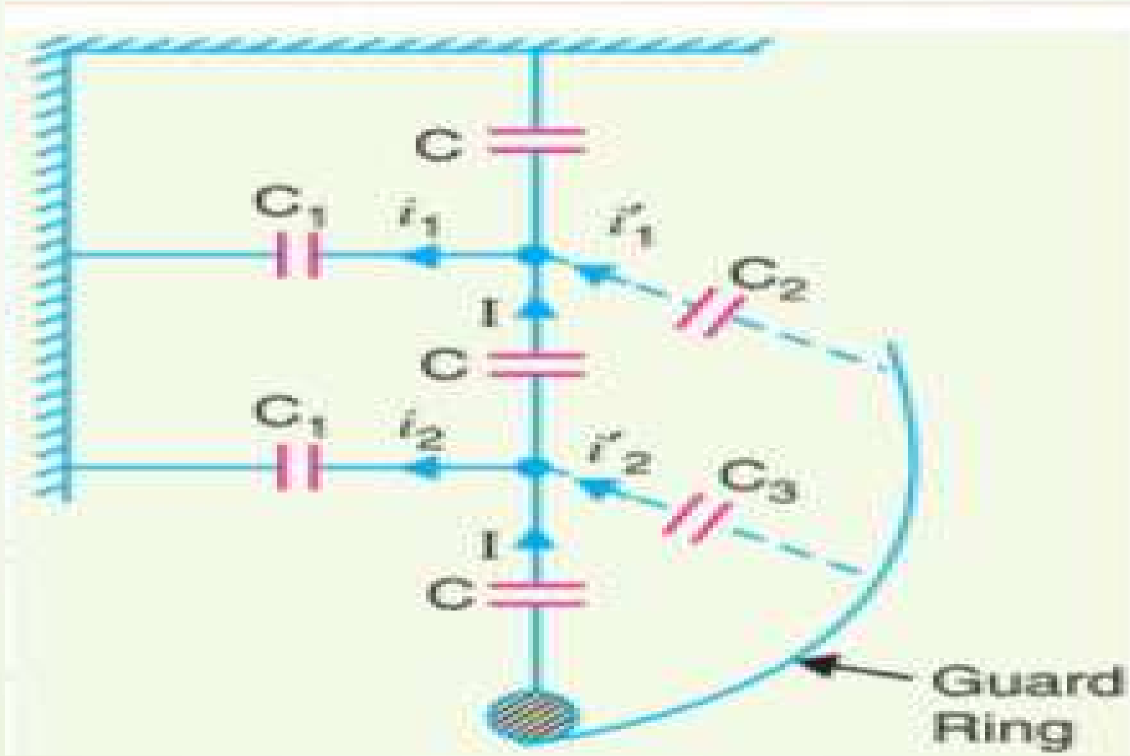


- এই দূরত্ব বৃদ্ধি করতে হলে অপেক্ষাকৃত লম্বা ক্রস আর্ম ব্যবহার করতে হবে। কিন্তু বাস্তবে খরচ এবং টাওয়ারের মজবুতের কথা বিবেচনা করলে বেশি লম্বা ক্রস আর্ম ব্যবহার করা যায় না। এই পদ্ধতিতে K এর মান 0.1 পর্যন্ত করা যায়।

গার্ড রিং ব্যবহার করে স্ট্রিং দক্ষতা উন্নয়নঃ-

গার্ড রিং ব্যবহার করে স্ট্রিং এর বিভিন্ন ইউনিটের ভোল্টেজ এর বন্টন কে সমতা করা যায় । গার্ড রিং হলো একটি ধাতব রিং যা লাইন পরিবাহির সাথে বৈদ্যুতিক ভাবে যুক্ত থাকে এবং নিচের দিকের ইন্সুলেটরের পার্শ্বে ঘেরা থাকে গার্ড রিং এর কারনে ইন্সুলেটরের ধাতব অংশ এবং গার্ড রিংএর মধ্যে ক্যাপাসিট্যান্স সৃষ্টি হয় । গার্ড রিং এমন ভাবে বসানো থাকে যে গার্ড রিং এর কারনে যে চার্জিং কারেন্ট প্রবাহিত হয় সেটি যেন শান্ট ক্যাপাসিট্যান্স জনিত কারেন্ট প্রবাহের সমান হয় ।

এক্ষেত্রে $i_1 = i'_1$ এবং $i_2 = i'_2$ হবে। ফলে স্ট্রিং এর সব ইউনিটে একই চার্জিং কারেন্ট (I) প্রবাহিত হবে। যেহেতু স্ট্রিং এর প্রতিটি ইউনিটের ক্যাপাসিট্যান্স সমান সেহেতু সব ইউনিটের মধ্যে একই চার্জিং কারেন্ট প্রবাহিত হওয়ার কারনে প্রতিটি ইউনিটের বিপরীতে সমান ভোল্টেজ থাকবে ।



সাসপেনশন ইন্সুলেটরের স্ট্রিং এর প্রতি ইউনিটে আড়াআড়ি ভোল্টেজ ডিস্ট্রিবিউশনেরসমীকরন

চিত্রে তিন ইউনিটের (ডিস্কের)একটি স্ট্রিং এর সমতুল্য বর্তনী দেখানো হলো ।

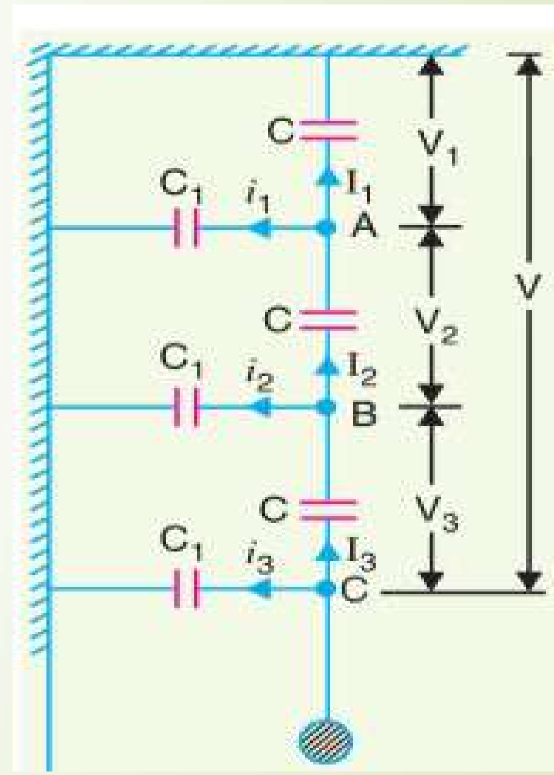
C =Self capacitance বা Mutual capacitance

C_1 =Shunt capacitance বা Earth capacitance

$K = \frac{C_1}{C}$ $C_1 = KC$

মনে করি V=লাইন ও আর্থের মধ্যকার ভোল্টেজ ।

ক্রস আর্ম থেকে বিবেচনা করলে ডিস্ক তিন টির আড়াআড়ি ভোল্টেজ যথাক্রমে ,V_1, V_2, V_3



এক্ষেত্রে আমরা পাই , $V = V_1 + V_2 + V_3$

Node A'তে KCL প্রয়োগ করে পাই ,

$I_2 = I_1 + i_1$

$V_2\,\omega C = V_1\,\omega C + V_1\,\omega C_1$

$V_2\,\omega C = V_1\,\omega C + V_1\,\omega K C$

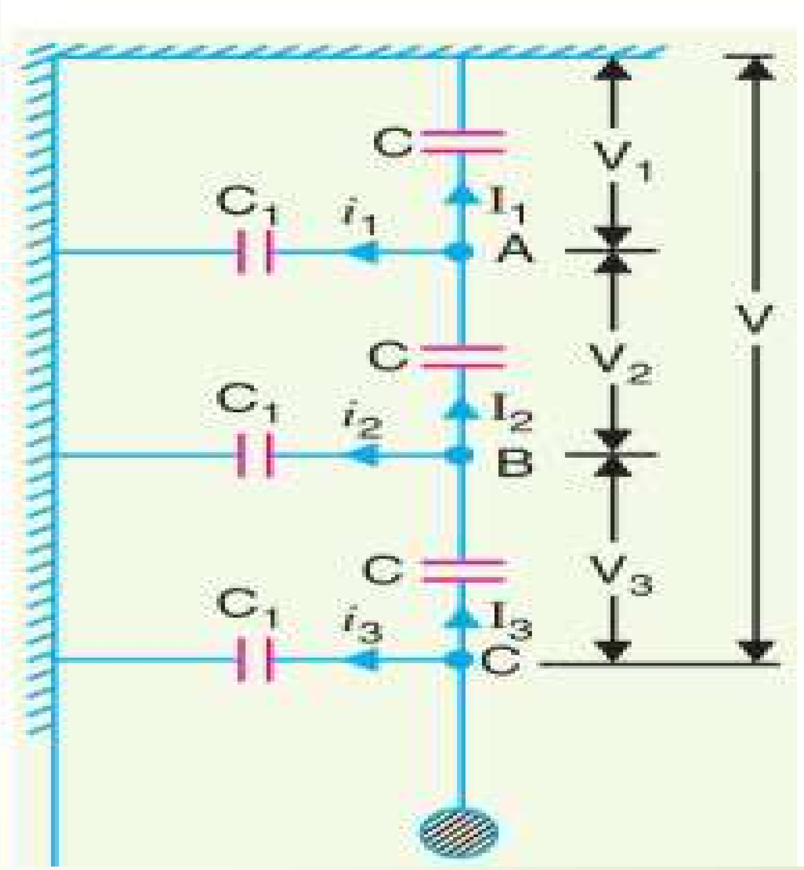
$V_2 = V_1 + V_1 K$

$V_2 = V_1(1 + K)$ ......(1)

নোড B, তে KCL প্রয়োগ করে পাই

$I_3 = I_2 + i_2$

$V_3 \omega C = V_2\,\omega C + (V_1 + V_2)\omega C_1$



(উপর থেকে দ্বিতীয় Shunt Capacitance C_1 এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ $= V_1 + V_2$)

$$V_3 \omega C = V_2\, \omega C + (V_1 + V_2)\omega K C$$

$$V_3 = V_2 + (V_1 + V_2)K = K V_1 + V_2\,(1 + K)$$

$$V_3 = K V_1 + V_1(1 + K)(1 + K)$$

$$V_3 = K V_1 + V_1(1 + 2K + K^2)$$

$$V_3 = V_1(K + 1 + 2K + K^2)$$

$$V_3 = V_1(1 + 3K + K^2) \ldots\ldots\ldots (2)$$

পরিবাহি ও আর্থের মধ্যকার ভোল্টেজ

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = V_1 + V_1(1 + K) + V_1(1 + 3K + K^2)$$

$$= V_1(3 + 4K + K^2)$$

$$= V_1(1 + K)(3 + K)$$

$$V_1 = \frac{V}{(1+K)(3+K)} \ldots\ldots.(3)$$

সমীকরন (1),(2),(3) থেকে পাই ,

$$V_1 = \frac{V}{(1+K)(3+K)} = \frac{V_2}{(1+K)} = \frac{V_3}{(1+3K+K^2)}$$

সুতরাং 3 ইউনিটের স্ট্রিং এর ক্ষেত্রে উপরের দিক থেকে,

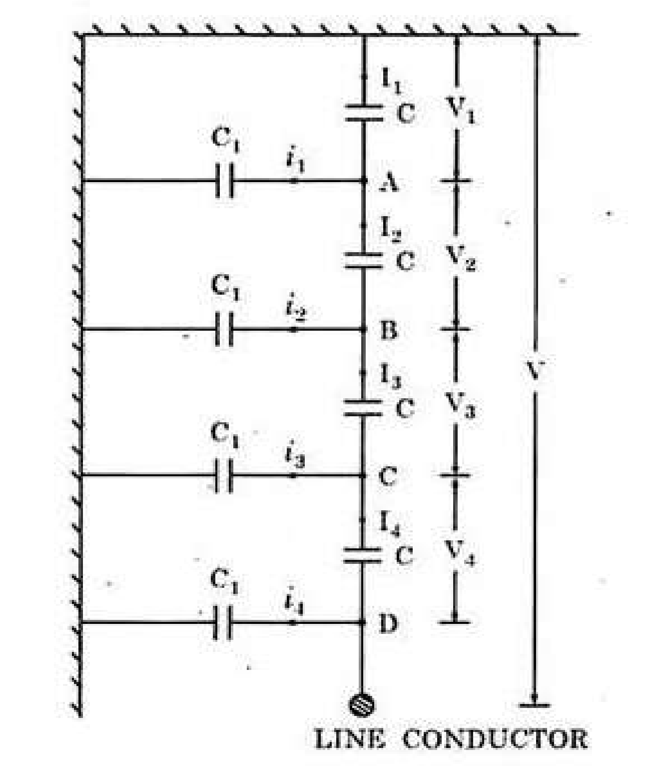
প্রথম ইউনিটের ভোল্টেজ , $V_1 = \frac{V}{(1+K)(3+K)}$

দ্বিতীয় ইউনিটের ভোল্টেজ, $V_2 = V_1(1 + K)$

তৃতীয় ইউনিটের ভোল্টেজ $V_3 = V_1(1 + 3K + K^2)$

Voltage distribution of 4-disc string (চার টি ডিস্ক বিশিষ্ট স্ট্রিং এর ভোল্টেজ বন্টন)

- চিত্রে চার টি ডিস্ক বিশিষ্ঠ একটি স্ট্রিং এর ভোল্টেজ বন্টন দেখানো হল।



চতুর্থ ডিস্ক এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ বের করার জন্য Node C তে KCL প্রয়োগ করে পাই ,

$$I_4 = I_3 + i_3$$

$$\omega CV_4 = \omega CV_3 + \omega C_1(V_1 + V_2 + V_3)$$

উপর থেকে তৃতীয় Shunt capacitance ,C_1এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ = $V_1 + V_2 + V_3$

$$\omega CV_4 = \omega CV_3 + \omega KC\ (V_1 + V_2 + V_3)$$

$V_4 = V_3 + K\,(V_1 + V_2 + V_3)$

$= V_1(1 + 3K + K^2) + K[\,V_1 + V_1(1 + K) + V_1(1 + 3K + K^2)]$

$= V_1(1 + 3K + k^2) + V_1[K + K(1 + K) + K(1 + 3K + K^2)]$

$= V_1(1 + 3K + K^2) + V_1(K + K + K^2 + K + 3K^2 + K^3)$

$= V_1(1 + 3K + K^2) + V_1(3K + 4K^2 + K^3)$

$= V_1(1 + 3K + K^2 + 3K + 4K^2 + K^3)$

$V_4 = V_1(1 + 6K + 5K^2 + K^3)$

V_4=লাইন পরিবাহীর সাথে সংযুক্ত ডিস্কের বিপরিতে ভোল্টেজ।

- যদি স্ট্রিং এর ডিস্কের সংখ্যা ৫টি হয় সেক্ষেত্রে উপর থেকে ৫ম ডিস্কের ভোল্টেজ হবে (লাইন পরিবাহীর সাথে সংযুক্ত ডিস্কের বিপরিতে ভোল্টেজ) ,

$V_5 = V_1(1 + 10K + 15K^2 + 7K^3 + K^4)$

অতএব কোন স্ট্রিং এ ডিস্কের সংখ্যা ৫ টি হলে প্রতিটি ডিস্কের আড়াআড়ি তে ভোল্টেজ বিভাজন বা ভোল্টেজ নির্ণয়ের সূত্র সমূহ নিম্ন্রুপ হবেঃ-

সর্ব উপরের ডিস্ক বা ইউনিটের ভোল্টেজ V_1 হলে , উপর থেকে বিবেচনায় ,

দ্বিতীয় ডিস্ক বা ইউনিটের ভোল্টেজ ,$V_2 = V_1(1 + K)$

৩য় ডিস্ক বা ইউনিটের ভোল্টেজ, $V_3 = V_1(1 + 3K + K^2)$

৪র্থ ডিস্ক বা ইউনিটের ভোল্টেজ, $V_4 = V_1(1 + 6K + 5K^2 + K^3)$

৫ম ডিস্ক বা ইউনিটের ভোল্টেজ, $V_5 = V_1(1 + 10K + 15K^2 + 7K^3 + K^4)$

সমস্যাঃ- ১)একটি 33 Kv,ওভারহেড লাইনের পরিবাহি তিনটি ডিস্কের মাধ্যমে ঝুলানো আছে ।যদি আর্থ ক্যাপাসিট্যান্স , মিউচুয়াল ক্যাপাসিট্যান্সের $\frac{1}{8}$ গুণ হয় তবে স্ট্রিং এর ভোল্টেজ বিভাজন এবং দক্ষতা নির্ণয় কর ।

সমাধানঃ- লাইন ভোল্টেজ= $33\ KV$

স্ট্রিং এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ =ফেজ ভোল্টেজ = $\frac{33}{\sqrt{3}} = 19.05KV$

যেহেতু আর্থ ক্যাপাসিট্যান্স ,মিউচুয়াল ক্যাপাসিট্যান্সের $\frac{1}{8}$ গুণ সেহেতু ,

$K = \frac{1}{8} = 0.125\ [K = \frac{Earth\ capacitance}{Mutual\ capacitance}]$

যেহেতু তিনটি ডিস্ক আছে সেহেতু V_1, V_2 এবং V_3 যথাক্রমে সবচেয়ে উপরের ,মাঝের এবং নিচের ডিস্কের আড়াআড়ি ভোল্টেজ ।

$$V_2 = V_1(1+K) = V_1(1+.125) = 1.125V_1$$

$$V_3 = V_1(1+3K+K^2) = V_1(1+3X.125+.125^2) = 1.39V_1$$

$$V_1 + V_2 + V_3 = V$$

$$V_1 + 1.125V_1 + 1.39V_1 = 19.05$$

$$V_1(1+1.125+1.39) = 19.05$$

$$3.515V_1 = 19.05$$

$$V_1 = \frac{19.05}{3.515} = 5.42\ KV$$

$$V_2 = 1.125V_1 = 1.125X5.42 = 6.0975\ KV$$

$$V_3 = 1.39V_1 = 1.39X5.42 = 7.5338\ KV$$

% String efficiency,

$$= \frac{\text{স্ট্রিং এর ভোল্টেজ}}{\text{ডিস্কের সংখ্যা } x \text{ পরিবাহীর সর্বনিকটবর্তী ডিস্কের ভোল্টেজ}} X100$$

$$= \frac{19.05}{3X7.5338} X100 = 84.286$$

সমস্যা -২) একটি তিন ফেজ ওভার হেড লাইনে তিন ইউনিটের স্ট্রিং আছে। প্রথম ও দ্বিতীয় ইউনিটের আড়াআড়ি ভোল্টেজ যথাক্রমে 8Kv এবং 11Kv হলে নির্ণয় কর (ক) লাইন ভোল্টেজ (খ) স্ট্রিং দক্ষতা

- সমাধানঃ- ডিস্কের সংখ্যা $N = 3$ $V_1 = 8\ KV$, $V_2 = 11 KV$

$$V_1(1+K) = V_2$$

$$(1+K) = \frac{V_2}{V_1}$$

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

$$K = \frac{11}{8} - 1 = 0.375$$

$$V_3 = V_1(1+3K+K^2) = 8(1+3X0.375+0.375^2) = 18.125\ KV$$

Voltage between line and earth $(V_P) = (V_1 + V_2 + V_3)$

$$=8 + 11 + 18.125$$

$$= 37.125KV$$

Line voltage $V_L = \sqrt{3}\, X V_P = \sqrt{3} X 37.125 = 64.3KV (Ans)$

String efficeiency $= \frac{V_P}{N X V_N} X100\%$ (N=Number of disk)

$$= \frac{V_P}{3XV_3} X100\%$$

$$= \frac{37.125}{3X18.125} X100\%$$

$$=68.28\% \ (Ans)$$

Home work (বাসার কাজ)।

সমস্যা -১) একটি সাসপেনশন স্ট্রিং এ 4 টি ডিস্ক আছে ।দ্বিতীয় এবং তৃতীয় ডিস্কের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ যথাক্রমে 13.2 Kv ও 18 Kv হলে লাইন ভোল্টেজ এবং স্ট্রিং এর দক্ষতা নির্ণয় কর ।

সমস্যা -২) তিন ইউনিটের একটি ইন্সুলেটর স্ট্রিং এর নিরাপদ কার্যকরী ভোল্টেজ 15 Kv । প্রতি ইউনিটের নিজস্ব ক্যাপাসিট্যান্স এবং শান্ট ক্যাপাসিট্যান্স এর অনুপাত 5 : 1হলে স্ট্রিং এর সর্বোচ্চ কার্যকরী ভোল্টেজ এবং স্ট্রিং এর দক্ষতা নির্ণয় কর ।

আগামী লাইভ ক্লাসের পাঠ দানের পরিচিতিঃ-
(অধ্যায় -৯ এবং১০ থেকে)

- ওভার হেড ট্রান্সমিশন লাইনের করোনা ।
- করোনার প্রতিক্রিয়া সমূহ।
- যে সব বিষয়ের উপর করোনা নির্ভরশীল । (factors affecting corona)
- করোনার সুবিধা এবং অসুবিধাসমূহ ।
- করোনা পাওয়ার লসের সমস্যাবলি ।
- ওভার হেড লাইনের পোল স্থাপন পদ্ধতি ।
- চিত্র সহ স্টে সেট এর বিভিন্ন উপাংশের পরিচিতি ।

আল্লাহ হাফেজ

গত লাইভ ক্লাসের পাঠ দানের বিষয় সমুহ ছিলোঃ -(অধ্যায় -৭ এবং ৮ থেকে)

- ট্রান্সমিশন /ডিস্ট্রিবিউশন লাইন জরিপের কাজে ব্যবহৃত জরিপ Instrum এর তালিকা ।
- কয়েকটি জরিপ Instrument এর ব্যবহার ।
- সাসপেনশন টাইপ ইনসুলেটর স্ট্রিং এর প্রতি ইউনিটের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ডিস্ট্রিবিউশনের সমীকরন নিরুপণ ।
- স্ট্রিং দক্ষতা উন্নয়নের বিভিন্ন প্রকার পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত ব্যাখ্যা ।
- স্ট্রিং দক্ষতা এবং স্ট্রিং এর ভোল্টেজ ডিস্ট্রিবিউশন সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান ।

আজকের লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতিঃ- (অধ্যায় -৯ এবং১০ থেকেঃ-৯ম ক্লাস)

- ওভার হেড ট্রান্সমিশন লাইনের করোনা ।
- করোনার প্রতিক্রিয়া সমূহ।
- যে সব বিষয়ের উপর করোনা নির্ভরশীল (factors affecting corona)
- করোনার সুবিধা এবং অসুবিধাসমূহ ।
- করোনা পাওয়ার লসের সমস্যাবলি ।
- ওভার হেড লাইনের পোল স্থাপন পদ্ধতি ।
- চিত্র সহ স্টে সেট এর বিভিন্ন উপাংশের পরিচিতি

ওভার হেড লাইনের করোনা এবং করোনা উৎপত্তির ব্যাখ্যা ।

ওভারহেড লাইনের দুইটি পরিবাহির ব্যবধান(স্পেসিং) পরিবাহির ব্যাসের তুলনায় বেশি রেখে পরিবাহি দ্বয়ের আড়াআড়িতে একটি নির্দিষ্ঠ সীমার অধিক পরিমান এসি ভোল্টেজ প্রয়োগ করলে পরিবাহির চারপার্শ্বে একটি ঈষৎ অনুজ্জ্বল বেগুনি আভা দেখা দেয় । এই ঘটনাকেই করোনা বলা হয় ।

নির্দিষ্ঠ সীমার ভোল্টেজ কে Critical disruptive voltage বলে। করোনার ফলে ক্ষতিকর ওজন গ্যাস ,হিসিং শব্দ, পাওয়ার লস এবং radio interference এর সৃষ্টি হয় । ভোল্টেজ বৃদ্ধির সাথে সাথে এগুলো বৃদ্ধি পেয়ে থাকে ।

প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ ব্রেক ডাউন মানে উন্নীত করলে Air insulation ভেংগে পরিবাহিদ্বয়ের মধ্যে ফ্লাশ ওভার সংঘটিত হয় । অতএব সংক্ষেপে বলা যায় ,যে ঘটনার কারনে ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনে বেগুনি আভা ,হিসিং শব্দ এবং ওজন গ্যাসের সৃষ্টি হয় সেই ঘটনাকেই করোনা বলে ।

- **করোনা সংঘটনের ব্যাখ্যাঃ-** কসমিক রশ্মি ,আল্ট্রাভায়োলেট রেডিয়েশন এবং রেডিও এক্টিভিটির কারনে বাতাসে সবসময় কিছু আয়োনাইজেশন বিদ্যমান থাকে । এজন্য স্বাভাবিক অবস্থায় পরিবাহির চারপার্শ্বের বাতাসে কিছু মুক্ত ইলেক্ট্রন ,পজিটিভ আয়ন এবং নিরপেক্ষ কণা (Neautral molecule) বিদ্যমান থাকে ।

যখন পরিবাহির আড়াআড়িতে ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় তখন বাতাসের মধ্যে পটেনশিয়াল গ্রেডিয়ান্টের উৎপত্তি হয় । পরিবাহির উপরিভাগে

পটেনশিয়াল গ্রেডিয়ান্টের মান সর্বোচ্চ হয়ে থাকে । এই পটেনশিয়াল

গ্রেডিয়ান্টের কারনে মুক্ত ইলেক্ট্রন গুলো যথেষ্ট বেগ প্রাপ্ত হয় ।

প্রয়োগ কৃত ভোল্টেজ যত বেশি হবে পটেনশিয়াল গ্রেডিয়ান্টের মান তত বেশি হবে ।

ফলে মুক্ত ইলেক্ট্রনের বেগও তত বৃদ্ধি পাবে। যখন পরিবাহির উপরিভাগের পটেনশিয়াল গ্রেডিয়ান্টের মান বৃদ্ধি পেয়ে $30\,Kv/cm$ (সর্বোচ্চ মান) এ পৌছে তখন মুক্ত ইলেক্ট্রন গুলো নিউট্রাল মলিকুলের সাথে সংঘর্ষ করার শক্তি অর্জন করে এবং তা থেকে এক বা একাধিক ইলেক্ট্রন পৃথক করতে সমর্থ হয় ।এভাবে মুক্ত ইলেক্ট্রনএর সংখ্যা বৃদ্ধি পায় । এই মুক্ত ইলেক্ট্রন গুলো Neautral molecule এর সাথে সংঘর্ষ করে আয়নের সৃষ্টি করে।এভাবে আয়োনাইজেশন ক্রমাগত ভাবে বৃদ্ধি পেতে থাকে। এই আয়োনাইজেশনের ফলে পরিবাহিদ্বয়ের মধ্যে করোনা অথবা স্পার্কিং সৃষ্টি হয়ে থাকে ।

করোনার প্রতিক্রিয়াসমূহ (Effects of corona)

করোনার কারনে নিম্নলিখিত ক্রিয়া প্রতিক্রিয়ার উদ্ভব হয় ।

1) পরিবাহির চারপার্শ্বে বেগুনি রশ্মি দেখা দেয় ।
2) হিসিং আওয়াজ সৃষ্টি করে ।
3) ওজোন গ্যাস সৃষ্টি করে ।
4) পাওয়ার লস হয়ে থাকে ।
5) পরিবাহি তার চকচকে এবং মসৃণ হলে বেগুনি রশ্মি পরিবাহির সমগ্র দৈর্ঘ্যে সুষম ভাবে দেখা দেয় ।
6) ডি সি সরবরাহের ক্ষেত্রে পজিটিভ তারে বেগুনি রশ্মি সুষম ভাবে দেখা দেয় ।পক্ষান্তরে নেগেটিভ তারে দাগ বা স্পট আকারে দেখা দেয় ।

যে সব বিষয় সমূহের উপর করোনা নির্ভরশীল
(Factors affecting corona)

নিম্ন লিখিত বিষয় সমূহের উপর করোনা নির্ভরশীলঃ-

১)আবহাওয়া মন্ডল (atmosphere) :-যেহেতু পরিবাহির চারপার্শ্বের বাতাসের আয়োনাইজেশনের ফলে করোনার উৎপত্তি হয় সেহেতু আবহাওয়ার ভৌত অবস্থা করোনাকে প্রভাবিত করে। মেঘলা ও ঝড়ো আবহাওয়াতে স্বাভাবিক আবহাওয়ার তুলনায় বেশি আয়ন থাকে। সেজন্য মেঘলা ও ঝড়ো আবহাওয়াতে স্বাভাবিক আবহাওয়ার তুলনায় অল্প ভোল্টেজে করোনার উৎপত্তি হতে দেখা যায় ।

২) পরিবাহির আকার (Conductor size): -পরিবাহির আকার এবং অবস্থানের উপর করোনা নির্ভর করে । পরিবাহির উপরিভাগ খসখসে এবং অমসৃন হলে করোনা বৃদ্ধি পায় । কারন পরিবাহির উপরিভাগ অসমতল হলে ব্রেক ডাউন ভোল্টেজের মান কমে যায় । এজন্য সলিড পরিবাহির তুলনায় স্ট্রান্ডেড পরিবাহিতে করোনা বেশি হয়ে থাকে ।

৩) পরিবাহির মধ্যবর্তী দূরত্ব(Spacing between conductors):- যদি পরিবাহি সমূহের মধ্যবর্তী দূরত্ব পরিবাহির ব্যাসের তুলনায় খুব বেশি হয় তাহলে কোন করোনা উৎপত্তি হয় না। কারন অধিক দূরত্বের কারনে পরিবাহির উপরিভাগে ইলেকট্রোস্ট্যাটিক স্ট্রেসের মান কমে যায়। এ কারনে কোন করোনা সৃষ্টি হতে পারে না।

৪) লাইন ভোল্টেজ (Line voltage):- লাইন ভোল্টেজ করোনাকে বিশেষ ভাবে প্রভাবিত করে। লাইন ভোল্টেজের মান কম হলে পরিবাহির চারপার্শ্বের বাতাসে কোন প্রভাব পড়ে না ,ফলে করোনার কোন প্রভাব আসে না।কিন্তু ভোল্টেজ যদি এমন মানের হয় যার ফলে পরিবাহির উপরি ভাগে সৃষ্ট ইলেকট্রোস্ট্যাটিক স্ট্রেসের কারনে পরিবাহির চারপার্শ্বের বাতাস পরিবাহি হিসাবে কাজ করে ,তখনই করোনার উৎপত্তি হয়।

করোনার সুবিধা এবং অসুবিধাসমূহ (Advantages and disadvantages of corona)

করোনার কিছু সুবিধা এবং অসুবিধা রয়েছে। সঠিকভাবে ওভারহেড লাইন ডিজাইনের ক্ষেত্রে করোনার সুবিধা এবং অসুবিধার মধ্যে ভারসাম্য রাখা দরকার।

করোনার সুবিধা সমূহঃ-

1) যেহেতু করোনার কারনে পরিবাহির চারপার্শ্বের বাতাস পরিবাহিতে পরিনত হয় সেহেতু পরিবাহির ব্যাস বৃদ্ধি হিসেবে কাজ করে। ফলে পরিবাহিদ্বয়ের মধ্যে ইলেকট্রোস্ট্যাটিক স্ট্রেসের মান হ্রাস পায়।
2) সার্জ ভোল্টেজের ফলে সৃষ্ট ট্রানজিয়েন্ট ইফেক্ট কে,করোনা সীমিত করে রাখে।এজন্য করোনা সুইচ গিয়ারের সেফটি ভালভ হিসাবে কাজ করে।

করোনার অসুবিধাসমূহঃ-

১)করোনার কারনে এনার্জি অপচয় হয় । ফলে ট্রান্সমিশন দক্ষতা হ্রাস পায় ।

২) করোনার কারনে ক্ষতিকর ওজন গ্যাস সৃষ্টি হয় যা পরিবাহির সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়া করে ।ফলে পরিবাহি ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে থাকে ।

৩) করোনার কারনে গৃহিত লাইন কারেন্ট নন –সাইনোসয়ডিয়াল। ফলে লাইনে নন –সাইনোসয়ডিয়াল ভোল্টেজ ড্রপ হয় ,যা নিকটবর্তী কমিউনিকেশন লাইনে অসুবিধা সৃষ্টি করে ।

৪) করোনা ডিসচার্জের সময় বাতাসের ডাই –ইলেকট্রিক স্ট্রেসের মান কমে যায় ,ফলে সহজেই ইন্সুলেটর এবং ফেজের মধ্যে ফ্লাশ ওভার হয়ে থাকে ।

সমস্যা-১) একটি সমবাহু আকারে বিন্যস্ত তিন ফেজ পরিবহন লাইনে 106 Kv তে করোনা লস 53 Kw এবং110.9 Kv তে 98 Kw হলে 113 Kv তে করোনা লস কত হবে ?

সমাধানঃ-

আমরা জানি,তিন ফেজ লাইনের মোট করোনা লস ,

$$P = 3X242.2X\left(\frac{f+25}{d}\right)X\sqrt{\left(\frac{r}{d}\right)}X(V - V_c)^2X10^{-5}\ KW/Km$$

যেহেতু f, r এবং d এর মান প্রতিটি ক্ষেত্রে একই থাকবে সেহেতু

$P = K(V - V_c),^2$ K = Constant ,V =Phase voltage

১ম ক্ষেত্রে $V = \frac{106}{\sqrt{3}} = 61.2$ Kv , P = 53 Kw

$53 = K(61.2 - V_c)^2$ ……….(1)

২য় ক্ষেত্রে $V = \frac{110.9}{\sqrt{3}} = 64\ KV$, $P = 98\ KW$

$98 = K(64 - V_c)^2$ ………..(2)

(2) নংসমীকরন কে (1) নং সমীকরন দ্বারা ভাগ করে পাই

$$\frac{98}{53} = \frac{(64-V_c)^2}{(61.2-V_c)^2}$$

$$\frac{(64-V_c)}{(61.2-V_c)} = \sqrt{\frac{98}{53}}=1.36$$

$$64 - V_c = 83.232 - 1.36V_c$$

$$1.36V_c - V_c = 83.232 - 64$$

$$0.36V_c = 19.232$$

$$V_c = \frac{19.232}{0.36} = 53.42\ KV$$

মনে করি 113 KV তে করোনা লস W $watt$.

এক্ষেত্রে $P = W$, $V = \frac{113}{\sqrt{3}} = 65.24\ KV$

$W = K(65.24 - 53.42)^2$............(3)

(3) নং সমীকরন কে (1) নং সমীকরন দ্বারা ভাগ করে পাই ,

$$\frac{W}{53} = \frac{(65.24-53.42)^2}{(61.2-53.42)^2}$$

$$\frac{W}{53} = \frac{139.7124}{60.5284} = 2.308$$

$$W = 53X2.308 = 122.324\ KW$$

অতএব 113 KV তে করোনা লস হবে 122.324 KW

সমস্যাঃ-২) একটি তিন ফেজ লাইনের পরিবাহিগুলোর পারস্পারিক দূরত্ব 1 m এবং ব্যাস 2 cm ।যদি বাতাসের ডাই ইলেকট্রিক স্ট্রেংথ প্রতি সেন্টিমিটারে 30Kv (সর্বোচ্চ) হয়,তবে লাইনের ডিসরাপটিভ ক্রিটিক্যাল ভোল্টেজ নির্ণয় কর। বাতাসের ডেনসিটি ফ্যাক্টর =0.952 এবং ইরেগুলারিটি ফ্যাক্টর =0.9

- সমাধানঃ- দেওয়া আছে ,বাতাসের ডেনসিটি ফ্যাক্টর, δ =0.952 , ইরেগুলারিটি ফ্যাক্টর , m_0=0.9 , পরিবাহির ব্যাসার্ধ , $r = \frac{2}{2} = 1cm$, পরিবাহির ব্যবধান , $d = 1m = 100cm$ বাতাসের ডাই ইলেকট্রিক স্ট্রেংথ, $g_o = 30\,KV/cm\,(maximum)$= 21.2 $KV/cm\,(r.m.s)(\frac{30}{\sqrt{2}})$

ডিসরাপটিভ ক্রিটিক্যাল ভোল্টেজ,V_c =?

আমরা জানি, $V_c = m_o g_o \delta\, r\ \log_e(\frac{d}{r})\ KV/phase$

$$=0.9X21.2X0.952X1X\log_e\left(\frac{100}{1}\right)$$

$$=83.65\ KV/phase$$

Line voltage ($V_{c)}$(r.m .s)$=\sqrt{3}X83.65 = 144.88\ KV$

লাইনে ডিসরাপটিভ ক্রিটিক্যাল ভোল্টেজ (r. m .s)=144.88 KV

সমস্যাঃ-৩) একটি তিন ফেজ ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের পরিবাহীগুলো একটি সমবাহু ত্রিভুজ আকারে বিন্যস্ত আছে।পরিবাহীর ব্যাস 2.5 cm এবং বাতাসের ডাই-ইলেকট্রিক স্ট্রেংথ 30KV/cm(maximum। ট্রান্সমিশন লাইনের ভোল্টেজ 210 KV(r.m.s) অতিক্রম করলে করোনার উৎপত্তি হয় । পরিবাহী গুলো কত মিটার ব্যবধানে বিন্যস্ত আছে তা বের কর ।

সমাধানঃ – দেওয়া আছে , পরিবাহির ব্যাস = 2.5 cm । অতএব

পরিবাহির ব্যাসার্ধ , $r = \frac{2.5}{2} = 1.25\ cm$

বাতাসের ডাই-ইলেকট্রিক স্ট্রেংথ , $g_0 = \frac{30}{\sqrt{2}} = 21.2\ KV(r.m.s\ )$

ডিসরাপটিভ ক্রিটিক্যাল লাইন ভোল্টেজ =210 $KV\ (r.m.s\ )$

$$V_c\ (Phase) = \frac{210}{\sqrt{3}} = 121.24\ KV(r.m.s)$$

আদর্শ চাপ ও তাপে বাতাসের ডেনসিটি ফ্যাক্টর ,$\delta = 1$

ইরেগুলারিটি ফ্যাক্টর, $m_0 = 1$ (Smooth Conductor)

ধরি পরিবাহি গুলো $d\ cm$ ব্যবধানে বিন্যস্ত আছে ।

আমরা জানি প্রতি ফেজের ডিসরাপটিভ ক্রিটিক্যাল ভোল্টেজ ,

$$V_c = m_o\ g_o\ \delta\ r\ \log_e \frac{d}{r}\ KV$$

$$\log_e \frac{d}{r} = \frac{V_c}{m_o\ g_o\ \delta\ r} = \frac{121.24}{1X21.2X1X1.25} = 4.575$$

$$\frac{d}{r} = e^{4.575} = 97.028$$

$$d = 97.028X\ r = 97.028X1.25 = 121.285\ cm = 1.21285\ m\ (Ans)$$

ওভার হেড লাইনের পোল স্থাপনঃ-

ওভার হেড লাইনের পোল গুলোকে নির্দিষ্ট জায়গায় স্থাপনের জন্য নিম্নের ধাপ গুলো অনুসরন করতে হয় ।

1) পোলের গর্ত খনন ।

2) পোল সোজা করা ।

3) পোল বসানো ।

পোল সোজা করা বা খাড়া করা বা পোল তোলাঃ-

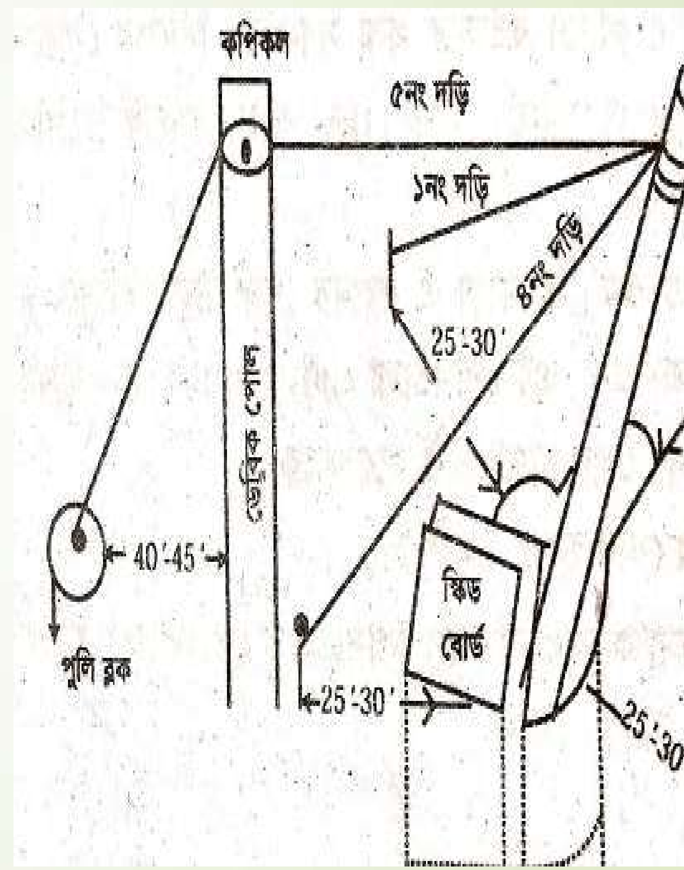
সাধারণত চার প্রক্রিয়ায় পোল সোজা করা হয়ে থাকে ।যথাঃ-

১) ডেরিক পোল পদ্ধতি । ২) গিন পোল পদ্ধতি ।

৩) কাচি পদ্ধতি । ৪) তিন খুটি পদ্ধতি ।

ডেরিক পোল পদ্ধতিতে ওভার হেড লাইনের পোল তোলা বা খাড়া করার পদ্ধতিঃ-

ডেরিক পোল, লাইনের পোলের চেয়ে অনেক ছোট ওহাল্কা হয়ে থাকে ।
চিত্রানুযায়ী লাইনের পোলের মাথার কাছাকাছি
৫টি দড়ি বাধতে হয় ।



৫নং দড়ি ডেরিক পোলের কপিকলের মাধ্যমে পুলি ব্লকের ফ্রেমের সাথে বাধা থাকে । পুলি ব্লকের রশ্মি টানলে ৫নং রশ্মিতে টান পড়ে ফলে পোলটি আস্তে আস্তে খাড়া হয় ।

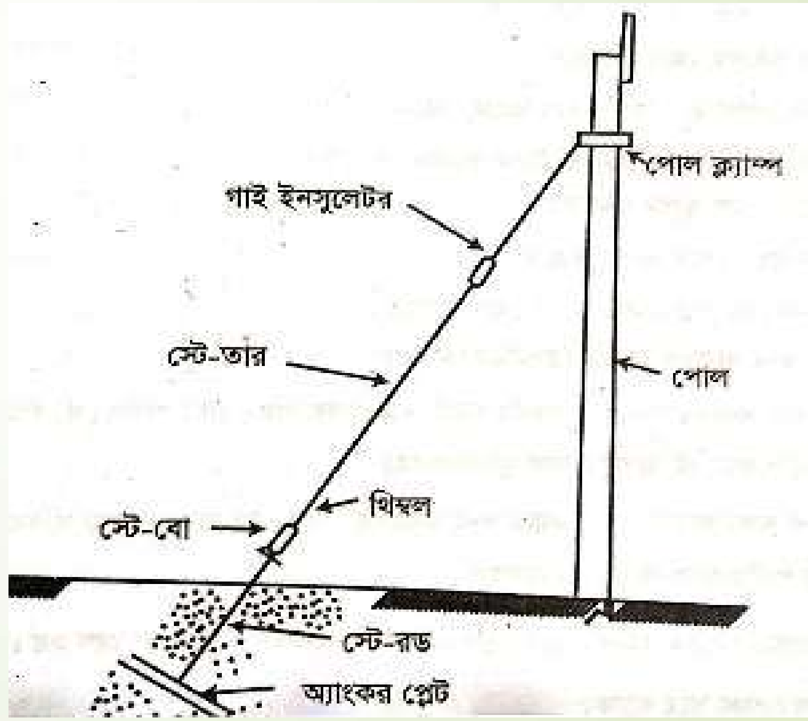
এসময় ৩নং দড়ি ঢিল দিয়ে ৪নং দড়ি টানতে হয়।যতই পুলি ব্লকের রশ্মি টানা হয় ততই পোল টি খাড়া হয় এবংস্কিড বোর্ডের গা ঘেষে পোলের গোড়া গর্তের মধ্যে ঢুকতে থাকে। পোল টি মাটি থেকে ৪৫ ডিগ্রী পর্যন্ত উঠলে বাকি দড়ির সাহায্যে পোলকে সম্পূণ্র্রুপে গর্তে খাড়া করা হয় ।

চিত্র সহ স্টে সেট এর বিভিন্ন অংশের সংক্ষিপ্ত পরিচিতিঃ-

ওভারহেড লাইন টানার সময় বিভিন্ন অবস্থানের কারনে পোলে এমনভাবে ট
পড়ে যাতে পোল বেকে বা কাত হয়ে যেতে পারে । এ কারণে পোলকে সোজ
ভাবে দাড় করিয়ে রাখার জন্য এবং দুদিকের তারের টানের সমতা রক্ষার জন
স্টে সেট ব্যবহার করা হয় । স্টে সেটের সাথে টানা দেওয়ার জন্য স্টে ওয়্যার
বা গাই ওয়্যার লাগানো হয় ।

পার্শ্বের চিত্রে স্টে সেট অংকন পুর্বক বিভিন্ন উপাংশের নাম উল্লেখ করা হয়েছে । স্টে সেটের বিভিন্ন উপাংশ গুলো হলোঃ-

১) স্টে তার ২) গাই ইন্সুলেটর ৩) থিম্বল
৪) স্টে বো ৫) পোল ক্লাম্প ৬)স্টে –রড
৭) অ্যাংকর প্লেট ইত্যাদি ।



Home work (বাড়ীর কাজ):-

১) সংক্ষিপ্ত ভাবে ব্যাখ্যা করঃ-ক) ডিসরাপটিভ ক্রিটিক্যাল ভোল্টেজ ।

খ) ভিজুয়াল ক্রিটিক্যাল ভোল্টেজ ।

২) কীভাবে করোনা ইফেক্ট কমানো যায় ?

৩) পোল তোলার জন্য কাচি পদ্ধতি সংক্ষেপে লেখ ।

৪) একটি তিন ফেজ 230 Kv ,50 Hertz ,ট্রান্সমিশন লাইনের পরিবাহি গুলো 3 m ব্যবধানে সমবাহু ত্রিভুজ আকারে বিন্যস্ত আছে । পরিবাহির ব্যাস 3 cm ,যদি তাপমাত্রা 35°C এবং বায়ুমন্ডলের চাপ 76 cm হয় তবে প্রতি কিলোমিটার লাইনের করোনা লস বের কর ।(m_o =0.9 ধর)

৫) টাওয়ার নির্মাণের যে কোন একটি পদ্ধতির সংক্ষেপে বর্ণনা কর ।

আগামি লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতিঃ- (অধ্যায় -১১ এবং১২)

1) ট্রান্সমিশন লাইনের লাইন কন্সট্যান্ট (The line constant of Transmission line)
2) লাইন পরিবাহির রেজিস্ট্যান্স নিরুপনের সমীকরন নির্ণয় ।
3) লাইন পরিবাহির রেজিস্ট্যান্স এর সমস্যার সমাধান ।
4) পরিবহন লাইনের স্কিন ইফেক্ট ।
5) স্কিন ইফেক্ট এর কারণ এবং প্রভাব ।
6) স্কিন ইফেক্ট এর জন্য বিবেচ্য ফ্যাক্টর সমূহ এবং হ্রাস করণ ।
7) প্রক্সিমিটি ইফেক্ট এবং প্রক্সিমিটি ইফেক্ট এর প্রভাব ।
8) প্রক্সিমিটি ইফেক্ট কমানোর উপায় এবং বিবেচ্য ফ্যাক্টর সমূহ ।

আল্লাহ হাফেজ

গত লাইভ ক্লাসের পাঠ দানের পরিচিতিঃ- (অধ্যায় -৯ এবং১০ থেকে)

- ওভার হেড ট্রান্সমিশন লাইনের করোনা ।
- করোনার প্রতিক্রিয়া সমূহ।
- যে সব বিষয়ের উপর করোনা নির্ভরশীল ।
(factors affecting corona)
- করোনার সুবিধা এবং অসুবিধাসমূহ ।
- করোনা পাওয়ার লসের সমস্যাবলি ।
- ওভার হেড লাইনের পোল স্থাপন পদ্ধতি ।
- চিত্র সহ স্টে সেট এর বিভিন্ন উপাংশের পরিচিতি ।

আজকের লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতিঃ- (অধ্যায় -১১ এবং১২:- ১০ম ক্লাস)

1) ট্রান্সমিশন লাইনের লাইন কন্সট্যান্ট (The line constant of Transmission line)
2) লাইন পরিবাহির রেজিস্ট্যান্স নিরুপনের সমীকরন নির্ণয় ।
3) রেজিস্ট্যান্সের উপর তাপমাত্রার প্রভাব।
4) লাইন পরিবাহির রেজিস্ট্যান্স এর সমস্যার সমাধান ।
5) পরিবহন লাইনের স্কিন ইফেক্ট ।
6) স্কিন ইফেক্ট এর কারণ এবং প্রভাব ।
7) স্কিন ইফেক্ট এর জন্য বিবেচ্য ফ্যাক্টর সমূহ এবং হ্রাস করণ ।
8) প্রক্সিমিটি ইফেক্ট এবং প্রক্সিমিটি ইফেক্ট এর প্রভাব ।
9) প্রক্সিমিটি ইফেক্ট কমানোর উপায় এবং বিবেচ্য ফ্যাক্টর সমূহ ।

ট্রান্সমিশন লাইনের লাইন কনস্ট্যান্ট (The line constant of transmission line)

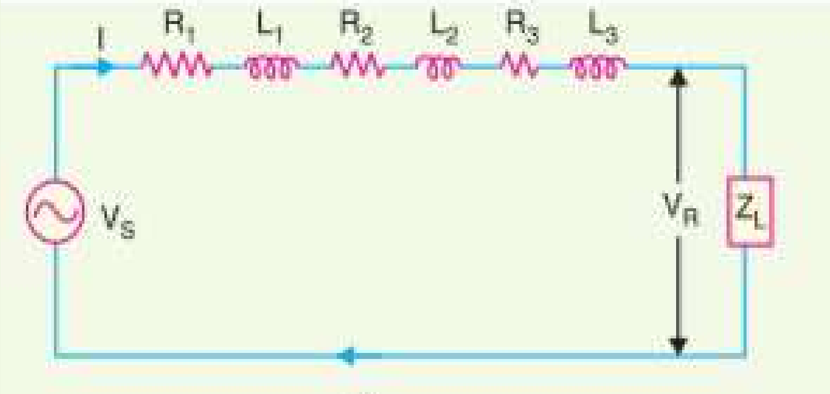
ট্রান্সমিশন লাইনের সমস্ত দৈর্ঘ্য বরাবর সর্বত্র কতকগুলো কনস্ট্যান্ট সমভাবে বিদ্যমান থাকে । এদের কে লাইন কনস্ট্যান্ট বলা হয় ।

লাইন কনস্ট্যান্ট গুলো হলোঃ ক) রেজিস্ট্যান্স খ) ইন্ডাকট্যান্স গ) ক্যাপাসিট্যান্স । ট্রান্সমিশন লাইনের যাবতীয় কার্যক্রম অনেকাংশে এই কনস্ট্যান্ট গুলোর উপর নির্ভরশীল । এই কনস্ট্যান্ট গুলোর উপর লাইনের দক্ষতা এবং ভোল্টেজ রেগুলেশন নির্ভর করে । যদিও এই কনস্ট্যান্ট গুলো লাইনের সমস্ত দৈর্ঘ্য বরাবর সমভাবে বিদ্যমান থাকে

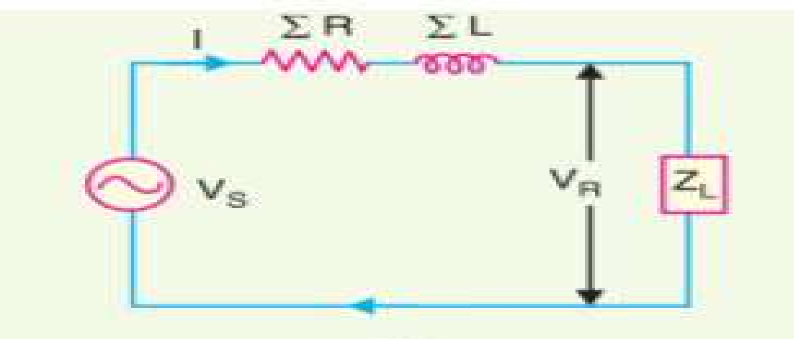
তথাপি হিসাবের সুবিধার্থে কনস্ট্যান্ট গুলো লাইনের যে কোন এক

জায়গাতে একত্রীভুত বা Lumped হিসাবে বিবেচনা করা হয়ে থাকে ।

(i) নং চিত্রে লাইনের সমস্ত দৈর্ঘ্য বরাবর সমভাবে বিস্তার কৃত (Uniformely distributed) রেজিস্ট্যান্স ও ইন্ডাকট্যান্স কে দেখানো হলোঃ-



(i)



(ii)

(ii) নং চিত্রে লাইনের সমস্ত রেজিস্ট্যান্স ও ইন্ডাকট্যান্স কে লাইনের এক জায়গাতে একত্রীভূত (Lumped) হিসাবে দেখানো হয়েছে ।

Resistance ,Inductance এবং Capacitance এর সংক্ষিপ্ত পরিচিতিঃ-

Resistance :- Resistance পরিবাহির একটি বিশেষ ধর্ম যা বৈদ্যুতিক কারেন্ট প্রবাহে বাধা সৃষ্টি করে।ইলেকট্রনের প্রবাহ হলো বৈদ্যুতিক কারেন্ট পক্ষান্তরে ইলেক্ট্রন প্রবাহের বাধা হলো Resistance।

কারেন্ট প্রবাহিত হলে বস্তুর রেজিস্ট্যান্সের কারনে পাওয়ার লস হয়।পাওয়ার লসের কারনে বস্তুতে তাপ উৎপন্ন হয়ে থাকে। Resistance কে R দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক ওহম (Ω)।

Inductance:- Inductance কয়েলের এমন একটা ধর্ম যা কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের যে কোন পরিবর্তন কে বাধা প্রদান করে ।

কোন কয়েলের প্রতি একক আম্পিয়ারের ফ্লাস্ক লিঙ্কেজ হলো ঐ কয়েলের ইন্ডাকট্যান্স । Inductance কে L দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক হেনরী ।

মনে করি কোন একটি কয়েলের প্যাচ সংখ্যা = N

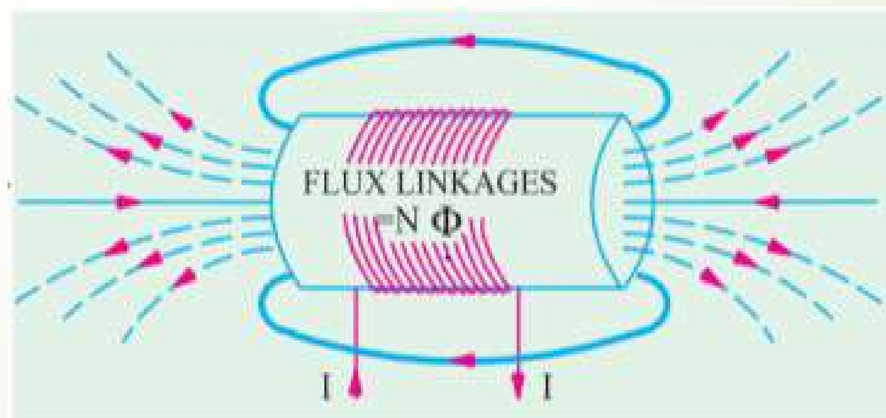
উক্ত কয়েলের মধ্য দিয়ে I অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হওয়ার কারনে সৃষ্ট ফ্লাক্স φ অয়েবার।

মোট ফ্লাক্স লিঙ্কেজ ψ= $N\varphi$ weber-*Turns*।

প্রতি অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট এর ফ্লাক্স লিঙ্কেজ = $\frac{N\Phi}{I}$ $Weber - Turns/amper$

সংগা অনুযায়ী উক্ত কয়েলের ইন্ডাকট্যান্স,

$$L = \frac{N\Phi}{I} \text{ henry}$$



Capacitance:- দুটি পরিবাহিকে একটি অপরিবাহি দ্বারা পৃথক করার ব্যবস্থাকে Capacitor বা Condenser বলে। পরিবাহি দ্বয়কে plate এবং অপরিবাহিটিকে Dielectric বলে। কোন Capacitor এর চার্জ ধারন ক্ষমতাকে উহার Capacitance বলে।

কোন Capacitor এর প্রতি একক ভোল্ট বিভব প্রার্থক্যের জন্য যে পরিমান চার্জ দরকার সেটাই হলো ঐ Capacitor এর Capacitance। Capacitance কে C দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক ফ্যারাড।

মনে করি কোন capacitor এর বিভব প্রার্থক্য V ভোল্ট সৃষ্টি করতে Q কুলম্ব চার্জ প্রয়োজন। অতএব প্রতি একক ভোল্ট বিভব প্রার্থক্যের জন্য চার্জ প্রয়োজন $= \frac{Q}{V}$ ।

Capacitance এর সংগা অনুসারে আমরা লিখতে পারি , $C = \frac{Q}{V}$

Q=চার্জ ,একক কুলম্ব।

V = বিভব প্রার্থক্য ,একক ভোল্ট।

লাইন পরিবাহির রেজিস্ট্যান্স নিরুপনের সমীকরন প্রতিপাদন ।

- কোন পরিবাহির রেজিস্ট্যান্স (R) নিম্নলিখিত বিষয় গুলোর উপর নির্ভরশীল।

1) কোন পরিবাহির রেজিস্ট্যান্স উহার দৈর্ঘ্যে(L) এর সাথে সরাসরি সমানুপাতিক ।
2) কোন পরিবাহির রেজিস্ট্যান্স উহার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল (A)এর উল্টানুপাতিক।
3) কোন পরিবাহির রেজিস্ট্যান্স উহার উপাদানের উপর নির্ভরশীল ।
4) কোন পরিবাহির রেজিস্ট্যান্স তাপমাত্রার সাথে পরিবর্তনশীল।

তাপমাত্রা কে উপেক্ষা করে প্রথম তিনটি বিষয় বিবেচনা করে পাই ,

$R \propto \frac{L}{A}$, $R = \rho \frac{L}{A}$ ρ =constant ,Specific resistance বা আপেক্ষিক রোধ বলে ।

Resistance এর উপর তাপমাত্রার প্রভাবঃ-

তাপমাত্রার পরিবর্তনের ফলে বস্তুর রেজিস্ট্যান্সের পরিবর্তন ঘটে। রেজিস্ট্যান্সের এই পরিবর্তন বস্তুর উপাদানের উপর নির্ভরশীল । রেজিস্ট্যান্সের উপর তাপমাত্রার প্রভাব কে তিন ভাবে ভাগ করা যায় ।

1) বিশুদ্ধ ধাতুর ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি পায় । এক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত তাপমাত্রা পরিবর্তনের সাথে রেজিস্ট্যান্সের পরিবর্তন সমানুপাতিক ভাবে ঘটে। বিশুদ্ধ ধাতুর Temperature co-efficient of resistance এর মান পজিটিভ ।

2) Insulator এবং Semi-conductor এর ক্ষেত্রে দেখা যায় যে ,তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে রেজিস্ট্যান্সের মান হ্রাস পায়। এদের Temperature co-efficient of resistance হলো নেগেটিভ ।

৩) শংকর ধাতুর ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে , রেজিস্ট্যান্সের মান বৃদ্ধি পায় ,কিন্তু রেজিস্ট্যান্সের এই বৃদ্ধি খুবই নগণ্য এবং অসম হারে ঘটে ।

পরিবাহির temperature co-efficient of resistance:-

পরিবাহির ক্ষেত্রে দেখা যায় যে , তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে উহার রেজিস্ট্যান্স এর মান বৃদ্ধি পায়। মনে করি 0°C তাপমাত্রায় কোন পরিবাহির মুল রেজিস্ট্যান্স R_0 ,t°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে উহার রেজিস্ট্যান্স হয় R_t । এক্ষেত্রে মোট রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি পায় = $R_t - R_0$ । রেজিস্ট্যান্সের এই বৃদ্ধি তিনটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে। যথাঃ-

1) মুল বা আদি রেজিস্ট্যান্সের উপর সরাসরি নির্ভর করে ,

অর্থাৎ $R_t - R_0 \propto R_0$ ……(i)

2)সরাসরি তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সমানুপাতিক ,

$R_t - R_o \propto t$ ....(ii)

3) পরিবাহি পদার্থের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল।

সমীকরণ (i) এবং (ii) একত্রিত করে পাই,

$$R_t - R_o \propto R_o t$$

$$R_t - R_o = \alpha R_o t$$

α = Constant ,যা পরিবাহির temperature co-efficient of resistance নামে অভিহিত।

$R_o = 1\Omega$, $t = 1°C$, হলে $\alpha = R_t - R_o = \Delta R$

প্রতি একক °C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে কোন পরিবাহির মুল বা আদি রেজিস্ট্যান্স প্রতি এক ওহমে যতটুকু বৃদ্ধি পায় তাকেই উক্ত পরিবাহির temperature Of co-efficient of resistance বলে ।

সমস্যা -১) 5 Km দীর্ঘ কোন পরিবাহি তারের ব্যাস 1.2 cm এবং আপেক্ষিক রোধ 1.7 $X10^{-2}\mu$ Ω-m হলে ঐ তারের রোধ কত হবে?

সমাধানঃ- দেওয়া আছে দৈর্ঘ্য, $L = 5\ Km$=5X1000 m

ব্যাস , d=1.2 cm = 0.012 m

ক্ষেত্রফল $A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0.012)^2}{4} = 1.131X10^{-4}\ m^2$

আপেক্ষিক রোধ , ρ = $1.7X10^{-2}X10^{-6}$Ω-m=$1.7X10^{-8}$ Ω-m

পরিবাহি তারের রোধ ,$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{1.7X10^{-8}X5X1000}{1.131X10^{-4}} = 0.7515\ \Omega$

সমস্যা -২) এক ফেজ ট্রান্সমিশন লাইনে একক পাওয়ার ফ্যাক্টরে 0.815 বর্গ সেমি প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট তামার পরিবাহির মাধ্যমে 3.3 Kv তে সর্বোচ্চ কত দূরত্বে 250 Kw পাওয়ার সরবরাহ করা যাবে ? ট্রান্সমিশন দক্ষতা 85% এবং পরিবাহি তারের আপেক্ষিক রোধ 1.725 μ Ω-cm ।

সমাধানঃ- গ্রহন প্রান্তের পাওয়ার ,$P = 250\ KW = 250X10^3 W$

দক্ষতা = 85% = 0.85

প্রেরণ প্রান্তের পাওয়ার , $P_S = \frac{\text{গ্রহন প্রান্তের পাওয়ার}}{\text{দক্ষতা}}$

$= \frac{250X10^3}{0.85}\ W$

$=294.1176X10^3\ W$

লাইনের মোট অপচয়= প্রেরন প্রান্তের পাওয়ার - গ্রহন প্রান্তের পাওয়ার।

$$= 294.1176X10^3 - 250x10^3$$

$$=44.1176X10^3W$$

লাইন কারেন্ট $,I = \frac{P}{V\ Cos\theta} = \frac{250X10^3}{3.3X10^3X1} = 75.757A$

ধরি প্রতি তারের রেজিস্ট্যান্স = $R\ \ \Omega$

লাইনের মোট অপচয় = $2I^2R\ watt$

$$2I^2R\ watt = 44.1176X10^3W$$

$$R = \frac{44.1176X10^3}{2X(75.757)^2} = 3.84358\ \Omega$$

আপেক্ষিক রোধ , $\rho = 1.725\ \mu\Omega - cm = 1.725X10^{-6}\Omega - cm$

প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $A = 0.815\ cm^2$

আমরা জানি $R = \frac{\rho L}{A}$

$$L = \frac{RA}{\rho} = \frac{3.84358X0.815}{1.725X10^{-6}} = 1.816X10^{6}\ cm$$

$$= \frac{1.816X10^{6}}{10^{5}} = 18.16\ Km(\text{Ans})$$

$$(10^{5}cm = 1Km)$$

সমস্যা-৩) 20 m দীর্ঘ এবং $1mm^2$ প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট একটি তারের রোধ 0.346 Ω হলে ঐ তারের পরিবাহির আপেক্ষিক রোধ কত হবে ?

সমাধানঃ- দেওয়া আছে ,

দৈর্ঘ্য , $L = 20\ m$, প্রস্থচ্ছেদ ,$A = 1\ mm^2 = 1X10^{-6}\ m^2$

রেজিস্ট্যান্স ,$R = 0.346\ \Omega$, আপেক্ষিক রোধ , $\rho =?$

আমরা জানি $R = \frac{\rho L}{A}$

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

$$= \frac{0.346\ X1X10^{-6}}{20}\ \Omega - m$$

$$=0.0173X10^{-6}\Omega m = 1.73X10^{-8}\Omega - m(Ans)$$

Skin effect এবং Skin effect এর কারণঃ-

Skin effect - ডাইরেক্ট কারেন্ট (D.C) পরিবাহির সমগ্র প্রস্থচ্ছেদ ব্যাপি সমভাবে প্রবাহিত হয় ।কিন্তু অল্টারনেটিং কারেন্ট (A.C) পরিবাহির সমগ্র প্রস্থচ্ছেদ ব্যাপি সমভাবে প্রবাহিত না হয়ে পরিবাহির উপরিভাগ (surface) দিয়ে প্রবাহিত হয়ে থাকে । অর্থাৎ অল্টারনেটিং কারেন্ট (A.C) পরিবাহির সমগ্র প্রস্থচ্ছেদ ব্যাপি সমভাবে প্রবাহিত না হয়ে পরিবাহির উপরিভাগ (surface)দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার চেষ্টা করে । অল্টারনেটিং কারেন্ট (A.C)এর এই প্রবনতাকে Skin effect বলে ।

Skin effect **এর কারণঃ-** একটি Solid conductor কে অনেকগুলো খেই যুক্ত (Stranded) পরিবাহি হিসাবে বিবেচনা করা যায় ,যার প্রতিটি খেই মোট কারেন্টের একটি ক্ষুদ্র অংশ বহন করে। খেই গুলোর ইনডাকট্যান্স অবস্থান অনুযায়ী পরিবর্তন হয়ে থাকে ।

পরিবাহির কেন্দ্রের অধিকতর নিকটবর্তী খেইগুলো অধিক সংখ্যক ফ্লাক্স দ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে । ফলে কেন্দ্রের নিকটবর্তী খেইগুলোর ইনডাকট্যান্স ,পরিবাহির উপরিভাগের খেই গুলোর তুলনায় বেশি হয় । পরিবাহির কেন্দ্রের নিকটবর্তী খেইগুলোতে উচ্চমানের রিয়্যাকট্যান্স থাকার কারনে অল্টারনেটিং কারেন্ট পরিবাহির ভিতর দিয়ে প্রবাহিত না হয়ে পরিবাহির উপরিভাগ দিয়ে প্রবাহিত হয়ে থাকে। পরিবাহির উপরিভাগ দিয়ে বেশিরভাগ অল্টারনেটিং কারেন্ট প্রবাহিত হওয়ার ঘটনাকেই Skin effect বলে।

ডাইরেক্ট কারেন্ট (D.C) এর ক্ষেত্রে ইন্ডাকট্যান্স এর মান শূন্য বিধায় কারেন্ট সমগ্র প্রস্থচ্ছেদ ব্যাপি সমভাবে প্রবাহিত হয়ে থাকে । এজন্য ডাইরেক্ট কারেন্ট (D.C) এর ক্ষেত্রে Skin effect এর কোন প্রভাব নেই ।

Skin effect এর কারনে লাইনের সার্বিক রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি পায় ফলে লাইন লসও বৃদ্ধি পায়।

Skin effect যে সব বিষয় সমূহের উপর নির্ভরশীলঃ-

সাধারণত নিম্ন লিখিত বিষয় সমূহের উপর Skin effect নির্ভর করে ।

1) পরিবাহি পদার্থের গুণগত মানের উপর Skin effect নির্ভর করে ।যে সমস্ত পদার্থের Conductivity বেশি তাদের ক্ষেত্রে Skin effect বেশি হয়ে থাকে ।
2) পরিবাহির ব্যাস বৃদ্ধি পেলে Skin effect বৃদ্ধি পায় ।
3) ফ্রিকুয়েন্সির উপর Skin effect নির্ভর করে। ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধির সাথে সাথে Skin effect বৃদ্ধি পায় ।
4) পরিবাহির গঠনের উপর Skin effect নির্ভর করে। সলিড পরিবাহির তুলনায় স্ট্র্যান্ডেড পরিবাহির Skin effect কম।
5) Supply frequency এর মান 50 Hz এর কম এবং পরিবাহির ব্যাস 1cm এর কম হলে Skin effect এর প্রভাব খুবই সামান্য হয়ে থাকে।

প্রক্সিমিটি ইফেক্ট (The effect of proximity)

যখন একটি কারেন্ট বাহি পরিবাহির পাশে আর একটি কারেন্ট বাহি পরিবাহি
থাকে তখন এর ফ্লাক্স পাশের কারেন্ট বাহি পরিবাহিতে সংশ্লিষ্ট হয়। এই
ফ্লাক্সের ফলাফল উভয় পরিবাহির দূরবর্তী অর্ধাংশের চেয়ে নিকটবর্তী অর্ধাংশে
বেশি দেখা দেয়। ফলে পরিবাহির সমগ্র প্রস্থচ্ছেদ ব্যাপি কারেন্ট বন্টন অসম
হয় এবং Skin effect এর ন্যায় রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি পায় । এই ঘটনাকে
proximity effect বলা হয় ।

proximity effect এর সময় পরিবাহিদ্বয়ের প্রবাহিত কারেন্ট যদি বিপরীতমুখী
থাকে তাহলে উভয় পরিবাহির পাশাপাশি সংযুক্ত অংশের দিকে কারেন্ট
ডেনসিটি বৃদ্ধি পায় । পক্ষান্তরে প্রবাহিত কারেন্ট যদি একইমুখী হয় তাহলে
পাশাপাশি স্থাপিত অবস্থায় উভয় পরিবাহির দূরবর্তী অংশের দিকে কারেন্ট
ডেনসিটি বৃদ্ধি পায় ।

Proximity effect যে সব বিষয় সমূহের উপর নির্ভরশীলঃ-

সাধারণত নিম্ন লিখিত বিষয় সমূহের উপর Proximity effect নির্ভর করে ।

1) পরিবাহি পদার্থের গুণগত মানের উপর Proximity effect নির্ভর করে ।
2) পরিবাহির ব্যাস বৃদ্ধি পেলে Proximity effect বৃদ্ধি পায় ।
3) ফ্রিকুয়েন্সির উপর Proximity effect নির্ভর করে। ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধির সাথে সাথে Proximity effect বৃদ্ধি পায় ।
4) পরিবাহির গঠনের উপর Proximity effect নির্ভর করে। সলিড পরিবাহির তুলনায় স্ট্র্যান্ডেড পরিবাহির Proximity effect কম।
5) পরিবাহি গুলোর স্পেসিং এর উপর Proximity effect নির্ভর করে। স্পেসিং বৃদ্ধি পেলে Proximity effect কমে যায় ।

Proximity effect কমানোর উপায় সমূহঃ-

নিম্ন লিখিত উপায়ে proximity effect কমানো যায়ঃ-

1) ফ্রিকুয়েন্সির রেঞ্জ কম মাত্রায় রেখে এই ইফেক্ট কমানো যায় । স্বাভাবিক ফ্রিকুয়েন্সি ,50 Hz এবং এর চেয়ে নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সিতে এই ইফেক্ট খুবই সামান্য হয় ।

2)পরিবাহি গুলোর স্পেসিং বা ব্যবধান বৃদ্ধি করে এই ইফেক্ট কমানো যায় ।

3) Strandred Conductor ব্যবহার করে এই ইফেক্ট কমানো যায় ।

Home Work (বাসার কাজ) ।

1) আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে ? আপেক্ষিক রোধ এর মান কীসের উপর নির্ভর করে ?
2) পরিবাহির রেজিস্ট্যান্সের উপর তাপমাত্রার প্রভাব আলোচনা কর ।
3) কী কী উপায়ে Skin effect কমানো যায় ?
4) একটি তিন ফেজ ট্রান্সমিশন লাইনের প্রতি তারের প্রতি কিলোমিটারের রেজিস্ট্যান্স 1 Ohm । 0.85 lagging power factor এ কত দূরত্বে 10Mw পাওয়ার প্রেরণ করা যাবে? গ্রহন প্রান্তের ভোল্টেজ 33 Kv এবং লাইনের পাওয়ার অপচয় 6% ।

আগামী লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতিঃ- (অধ্যায় -১৩ থেকে)

1) Single phase over head line এর Inductance এর সমীকরন প্রতিপাদন।
2) 3-phase over head line এর Inductance এর সমীকরন প্রতিপাদন।
3) GMR বা Self GMDএবং Mutual GMD সম্পর্কে ধারনা ।
4) লাইন পরিবাহির ট্রান্সপজিশনের ধারনা।
5) Single phase এবং 3-phase over head line এর Inductance সম্পর্কিত সমস্যাবলীর সমাধান ।

<u>আল্লাহ হাফেজ</u>

গত লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতিঃ- (অধ্যায় -১১ এবং১২)

1) ট্রান্সমিশন লাইনের লাইন কন্সট্যান্ট (The line constant of Transmission line)
2) লাইন পরিবাহির রেজিস্ট্যান্স নিরুপনের সমীকরন নির্ণয় ।
3) রেজিস্ট্যান্সের উপর তাপমাত্রার প্রভাব।
4) লাইন পরিবাহির রেজিস্ট্যান্স এর সমস্যার সমাধান ।
5) পরিবহন লাইনের স্কিন ইফেক্ট ।
6) স্কিন ইফেক্ট এর কারণ এবং প্রভাব ।
7) স্কিন ইফেক্ট এর জন্য বিবেচ্য ফ্যাক্টর সমূহ এবং হ্রাস করণ ।
8) প্রক্সিমিটি ইফেক্ট এবং প্রক্সিমিটি ইফেক্ট এর প্রভাব ।
9) প্রক্সিমিটি ইফেক্ট কমানোর উপায় এবং বিবেচ্য ফ্যাক্টর সমূহ ।

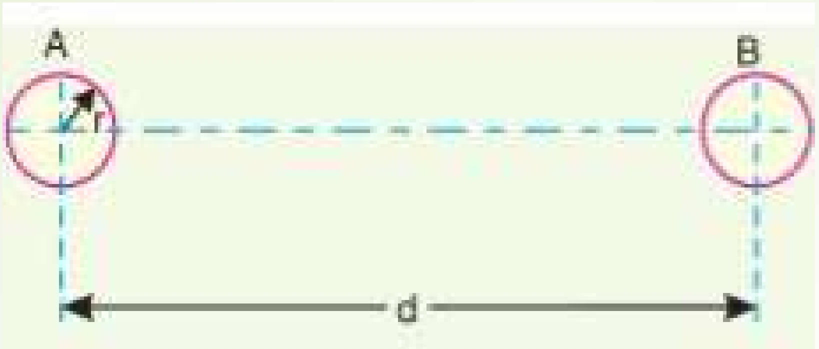
আজকের লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতিঃ-
(অধ্যায় -১৩ থেকে:-১১ তম ক্লাস)

1) Single phase over head line এর Inductance এর সমীকরন প্রতিপাদন।
2) 3-phase over head line এর Inductance এর সমীকরন প্রতিপাদন।
3) GMR বা Self GMDএবং Mutual GMD সম্পর্কে ধারনা ।
4) লাইন পরিবাহির ট্রান্সপজিশনের ধারনা।
5) Single phase এবং 3-phase over head line এর Inductance সম্পর্কিত সমস্যাবলীর সমাধান ।

Single phase over head transmission line এর ইন্ডাকট্যান্সের সমীকরন প্রতিপাদনঃ-

একটি এক ফেজ লাইনে দুটি প্যারালাল পরিবাহি থাকে । প্যারালাল পরিবাহিদ্বয় মিলে একটি আয়তাকার লুপ তৈরি করে ।অল্টারনেটিং কারেন্ট লুপের মধ্যে প্রবাহিত হলে পরিবর্তশীল ফ্লাক্স সৃষ্টি হয় ।ফলে এক ফেজ লাইনে ইন্ডাকট্যান্স এর উৎপত্তি হয়।

পরিবাহি দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব এবং ট্রান্সমিশন লাইনের দৈর্ঘ্য একটা উল্লেখ যোগ্য পরিমানে থাকায় Single Phase Two –wire line এ বেশ ইন্ডাকট্যান্স সৃষ্টি হয় ।



চিত্র থেকে দেখা যাচ্ছে যে,একটি এক ফেজ ওভারহেড লাইনের দুটি পরিবাহি, A এবং B এর মধ্যবর্তী দূরত্ব d মিটার। প্রতিটি পরিবাহির ব্যাসার্ধ r মিটার।ধরি পরিবাহিদ্বয়ের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট যথাক্রমে I_A এবং I_B । এক্ষেত্রে I_A এবং I_B পরস্পর সমান এবং বিপরীত মূখী।

Single phase Two –wire line এ একটি পরিবাহি অপর পরিবাহির ফিরতি বর্তনী (Return circuit) তৈরি করে।

অর্থাৎ $I_A = -I_B$, $I_A + I_B = 0$

নিজস্ব কারেন্ট I_A এর জন্য A পরিবাহির ফ্লাক্স লিঙ্কেজ

$$= \frac{\mu_0 I_A}{2\pi}\left(\frac{1}{4} + \int_r^{\infty} \frac{dx}{x}\right)$$

B পরিবাহির কারেন্ট I_B এর জন্য A পরিবাহির ফ্লাক্স লিঙ্কেজ

$$= \frac{\mu_0 I_B}{2\pi} \int_d^{\infty} \frac{dx}{x}$$

A পরিবাহির মোট ফ্লাক্স লিঙ্কেজ(ψ) $= \frac{\mu_0 I_A}{2\pi}\left(\frac{1}{4} + \int_r^{\infty} \frac{dx}{x}\right) + \frac{\mu_0 I_B}{2\pi} \int_d^{\infty} \frac{dx}{x}$

$$(\psi) = \frac{\mu_0 I_A}{2\pi}\left(\frac{1}{4} + \int_r^{\infty} \frac{dx}{x}\right) - \frac{\mu_0 I_A}{2\pi} \int_d^{\infty} \frac{dx}{x} \qquad (I_B = -I_A)$$

$$(\psi) = \frac{\mu_0 I_A}{2\pi}\left(\frac{1}{4} + \log_e \infty - \log_e r - \log_e \infty + \log_e d\right)$$

$$(\psi) = \frac{\mu_0 I_A}{2\pi}\left(\frac{1}{4} - \log_e r + \log_e d\right)$$

$$(\psi) = \frac{\mu_0 I_A}{2\pi}\left(\frac{1}{4} + \log_e \frac{d}{r}\right) \text{wb} - \text{turns/m}$$

A পরিবাহির ইন্ডাকট্যান্স = $\frac{Flux\ linkage(\psi)}{I_A}$

$$=\frac{\mu_0}{2\pi}\left(\frac{1}{4}+\log_e\frac{d}{r}\right)\ H/m$$

$$=\frac{4\pi X10^{-7}}{2\pi}\left(\frac{1}{4}+\log_e\frac{d}{r}\right)\ H/m$$

$$=10^{-7}\left(\frac{1}{2}+2\log_e\frac{d}{r}\right)\ H/m\ ....(1)$$

Loop Inductance $=2X10^{-7}\left(\frac{1}{2}+2\log_e\frac{d}{r}\right)\ H/m$

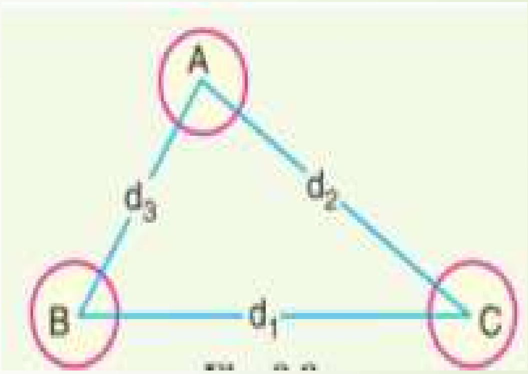
$$=10^{-7}\left(1+4\log_e\frac{d}{r}\right)\ H/m\ .....(2)$$

(1) নং সমীকরন টি দ্বারা প্রতি পরিবাহির প্রতি মিটারের Inductance বের করা হয় যাহা 1-phase system এর Loop Inductance এর অর্ধেক।

(2) নং সমীকরন টি দ্বারা 1-phase system(Two-wire line) এর প্রতি মিটারের Loop Inductance বের করা হয়।

Inductance of a 3-phase overhead line :-

- একটি 3-phase overhead line এর তিনটি পরিবাহি A ,B,C ত্রিভুজ আকারে বিন্যস্ত আছে। পরিবাহি তিনটির কারেন্ট যথাক্রমে I_A, I_B, I_C । প্রতিটি পরিবাহির ব্যাসার্ধ r । পরিবাহি তিনটির পারস্পারিক দূরত্ব যথাক্রমে d_1, d_2, d_3 যা চিত্রে দেখানো হয়েছে।



ধরি ব্যালেন্সড লোড।অতএব $I_A + I_B + I_C = 0$ । প্রথমে পরিবাহি A এর ফ্লাক্স লিঙ্কেজ বিবেচনা করি । পরিবাহি A তে মোট ফ্লাক্স লিঙ্কেজ ψ_A =নিজস্ব কারেন্ট I_A এর ফ্লাক্স লিঙ্কেজ + I_B কারেন্টের জন্য ফ্লাক্স লিঙ্কেজ + I_C কারেন্টের জন্য ফ্লাক্স লিঙ্কেজ।

পরিবাহি A তে মোট ফ্লাক্স লিঙ্কেজ , ψ_A

$$= \frac{\mu_0 I_A}{2\pi}\left(\frac{1}{4} + \int_r^{\infty} \frac{dx}{x}\right) + \frac{\mu_0 I_B}{2\pi}\int_{d_3}^{\infty} \frac{dx}{x} + \frac{\mu_0 I_C}{2\pi}\int_{d_2}^{\infty} \frac{dx}{x}$$

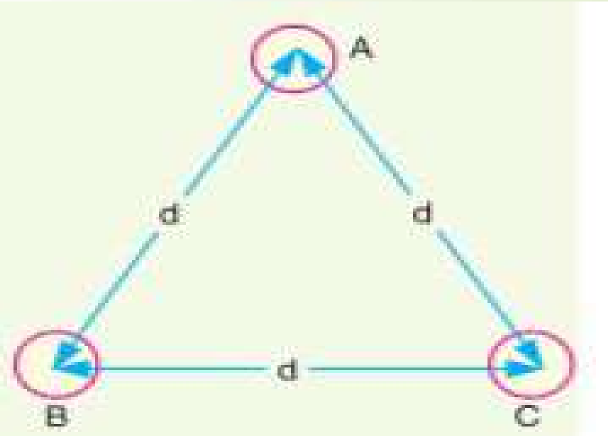
$$=\frac{\mu_0}{2\pi}[I_A(\frac{1}{4}+\log_e\infty-\log_e r)+I_B(\log_e\infty-\log_e d_3)+I_C(\log_e\infty-\log_e d_2$$

$$=\frac{\mu_0}{2\pi}[(\frac{1}{4}-\log_e r)I_A-I_B\log_e d_3-I_C\log_e d_2+(I_A+I_B+I_C)\log_e\infty]$$

$$(I_A+I_B+I_C=0)$$

$$=\frac{\mu_0}{2\pi}[(\frac{1}{4}-\log_e r)I_A-I_B\log_e d_3-I_C\log_e d_2]\ldots\ldots..(1)$$

যদি পরিবাহি তিনটি সিমেট্রিক্যাল্ভাবে অবস্থান করে যাতে তাদের অবস্থান চিত্রানুযায়ী সমবাহু ত্রিভুজের ন্যায় হয় তখন $d_1=d_2=d_3=d$ হবে।এক্ষেত্র সমীকরন (1) থেকে পাই ,



$$\psi_A=\frac{\mu_0}{2\pi}[(\frac{1}{4}-\log_e r)I_A-I_B\log_e d-I_C\log_e d]$$

$$\psi_A=\frac{\mu_0}{2\pi}[(\frac{1}{4}-\log_e r)I_A-(I_B+I_C)\log_e d]$$

$I_A+I_B+I_C=0$ $\quad$ $I_B+I_C=-I_A$

- $\psi_A = \frac{\mu_0}{2\pi}[(\frac{1}{4} - \log_e r)I_A + I_A \log_e d]$

$\psi_A = \frac{\mu_0 I_A}{2\pi}[\frac{1}{4} + \log_e \frac{d}{r}]$ web –turn $/m$

A পরিবাহির ইন্ডাকট্যান্স ,$L_A = \frac{\psi_A}{I_A}\ {}^{H}/_{m}$

$= \frac{\mu_0}{2\pi}[\frac{1}{4} + \log_e \frac{d}{r}]\ {}^{H}/_{m}$

$= \frac{4\pi X 10^{-7}}{2\pi}[\frac{1}{4} + \log_e \frac{d}{r}]\ {}^{H}/_{m}$

$=10^{-7}[\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{d}{r}]\ {}^{H}/_{m}$

এভাবে B এবং C পরিবাহির ইন্ডাকট্যান্স হিসাব করলে একই মান পাওয়া যাবে ।অতএব তিন ফেজের ক্ষেত্রে সম স্পেসিং হলে ,

ইন্ডাকট্যান্স /ফেজ /মিটার ,$L = [\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{d}{r}] X\ 10^{-7}\ H$

ইন্ডাকট্যান্স নির্ণয়করণঃ- যখন তিন ফেজ সিস্টেমের পরিবাহি গুলোর স্পেসিং আনসিমেট্রিক্যালঃ-

যখন তিন ফেজ সিস্টেমের পরিবাহি গুলোর স্পেসিং আনসিমেট্রিক্যাল তখন পরিবাহি গুলোর Equivalent equilateral spacing (d) এর মান বের করতে হয় । যদি পরিবাহি গুলোর পারস্পারিক ব্যবধান d_1, d_2, d_3 হয় তাহলে $d = (d_1 d_2 d_3)^{\frac{1}{3}}$ হবে। (তিনটি দূরত্বের যে কোন একটির মান অসমান হলে)

অতএব প্রতিটি লাইন পরিবাহির ইন্ডাকট্যান্সের মান হবে ,

$$L = [\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{(d_1 d_2 d_3)^{\frac{1}{3}}}{r}] X 10^{-7} \ H/m$$

জিএম আর বা সেলফ জিএমডি এবং মিউচুয়াল জিএমডি এর ধারনা (Concept of self –GMD and mutual –GMD)

- জিএম আর বা সেলফ জিএমডি :-আমরা জানি যে প্রতিটি সলিড পরিবাহির ইন্ডাকট্যান্স = $2X10^{-7}(\frac{1}{4} + \log_e \frac{d}{r})\ H/m$

$$=(2X10^{-7}X\frac{1}{4} + 2X10^{-7}\log_e \frac{d}{r})H/m$$

এক্ষেত্রে সলিড পরিবাহির আভ্যন্তরীন ফ্লাক্সের কারনে সৃষ্ট ইন্ডাকট্যান্সের মান হল =$2X10^{-7}X\frac{1}{4}\ H/m$ । আভ্যন্তরীন ফ্লাক্সের কারনে সৃষ্ট ইন্ডাকট্যান্স কে অপসারন করার জন্য সলিড পরিবাহির পরিবর্তে ফাপা সিলিন্ডার আকৃতির পাতলা দেওয়াল বিশিষ্ট পরিবাহি বিবেচনা করা যায় । এক্ষেত্রে কারেন্ট শুধুমাত্র পরিবাহির উপরিভাগ দিয়ে প্রবাহিত হবে ,পরিবাহির আভ্যন্তরীন ফ্লাক্স লিঙ্কেজ শূন্যহবে। ফলে আভ্যন্তরীন ফ্লাক্সের কারনে সৃষ্ট ইন্ডাকট্যান্সের মান শূন্য হবে।

ফাপা সিলিন্ডার আকৃতির দেওয়াল বিশিষ্ট পরিবাহির সমতুল্য ব্যাসার্ধ কে Geometrical Mean Radius (GMR)বা Self Geometrical Mean Distance (Self GMD) বলে ,যা D_s দ্বারা প্রকাশ করা হয় । এক্ষেত্রে r ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট মূল পরিবাহির (actual conductor)এর ইন্ডাকট্যান্সের মান এবং GMR বিশিষ্ট সমতূল্য ফাপা সিলিন্ডার আকৃতির দেওয়াল বিশিষ্ট পরিবাহির ইন্ডাকট্যান্সের মান সমান বা একই হবে।

কোন পরিবাহির GMR বা Self GMD এর মান পরিবাহির আকার এবংগঠনের উপর নির্ভর করে । সলিড গোলাকৃতি r ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট পরিবাহির D_s= 0.7788 r হবে।

Geometrical Mean Distance (GMD) বা Mutual Geometrical Mean Distance (Mutual GMD):- Mutual GMD বলতে একটি পরিবাহি থেকে আর একটি পরিবাহির জ্যামিতিক গড় দূরত্ব কে বুঝায়। এই দুরত্ব গুলো অবশ্যই বৃহত্তম এবং ক্ষুদ্রতমের মধ্যে হতে হবে ।

- Mutual GMD শুধুমাত্র পরিবাহি সমূহের পারস্পারিক ব্যবধানের উপর নির্ভর করে ।এটা পরিবাহির আকার ,গঠন ও আয়তন ইত্যাদির উপর নির্ভর করে না। প্রকৃত পক্ষে Mutual GMD সমতুল্য জ্যামিতিক ব্যবধান কে প্রতিনিধিত্ব করে ।

দুটি পরিবাহির মধ্যকার Mutual GMD ,

D_m = পরিবাহিদ্বয়ের কেন্দ্র থেকে কেন্দ্র পর্যন্ত দূরত্ব = d

Single circuit 3 –phase line এর Mutual GMD ,

$D_m = (d_1 d_2 d_3)^{\frac{1}{3}}$, (পরিবাহির বিন্যাস Unsymmetrical হলে ।)

$D_m = d$, (পরিবাহির বিন্যাস symmetrical হলে ।)

GMD বিবেচনায় Inductance নির্ণয়ের সূত্রাবলীঃ-

1-phase system:-

Inductance /conductor$(L) = 10^{-7}[\frac{1}{2} + 2\log_e \frac{d}{r}]H/m$

GMD বিবেচনায় Inductance /conductor$(L) = 2X10^{-7}\log_e \frac{D_m}{D_s} H/m$

$D_s = 0.7788r \quad ,D_m = Spacing\ between\ conductors = d$

1-phase system এর Loop inductance(L)=$10^{-7}[1 + 4\log_e \frac{d}{r}]H/m$

GMD বিবেচনায় Loop Inductance $(L) = 4X10^{-7}\log_e \frac{D_m}{D_s} H/m$

3-phase system এর Inductance নির্ণয়ের সূত্রাবলীঃ-

3 phase single circuit (equal spacing):-

Inductance/phase $(L) = 10^{-7}[0.5 + 2\log_e \frac{d}{r}] H/m$

$$d_1 = d_2 = d_3 = d$$

GMD বিবেচনায় Inductance/phase $(L) = 2X10^{-7} \log_e \frac{D_m}{D_s} H/m$

$$D_m = d_1 = d_2 = d_3 = d$$

$D_s = 0.7788\, r$ [গোলাকার নিরেট পরিবাহির ক্ষেত্রে]

Un-equal বা Unsymmetrical Spacing হলে ,

$D_m = \sqrt[3]{d_1 d_2 d_3}$

1-phase এবং 3-phase উভয় ক্ষেত্রে ইন্ডাকট্যান্সের মান দুটি উপায়ে বের করা যায় । যথাঃ-

1) সাধারন সূত্রের সাহায্যে ।
2) G M D বিবেচনায় সূত্রের সাহায্যে ।

প্রশ্নে G M D বিবেচনায় উল্লেখ থাকলে অবশ্যই G M D বিবেচনায় সূত্রের সাহায্যে ইন্ডাকট্যান্সের মান করতে হবে। কোন সূত্রের উল্লেখ না থাকলে যে কোন সূত্রের সাহায্যে ইন্ডাকট্যান্সের মান বের করা যাবে।

সকল অবস্থায় G M D বিবেচনায় সূত্রের সাহায্যে ইন্ডাকট্যান্সের মান বের করলে প্রশ্নে কোন সূত্রের উল্লেখ আছে সেটা আর চিন্তা করা লাগবে না । এজন্য সকল অবস্থায় G M D বিবেচনায় সূত্রের সাহায্যে ইন্ডাকট্যান্সের মান বের করা উত্তম।

সমস্যাঃ-১) একটি এক ফেজ লাইনের দুটি সমান্তরাল পরিবাহি 3 m দূরত্বে অবস্থান করে ।এদের প্রতিটির ব্যাসার্ধ 1cm হলে প্রতি কিলোমিটার লাইনের লুপ ইন্ডাকট্যান্সের মান বের কর ।

- সমাধানঃ- দেওয়া আছে

পরিবাহিদ্বয়ের ব্যবধান $,d = 3m = 300\ cm$

প্রতিটি পরিবাহির ব্যাসার্ধ , $r = 1\ cm$

$1\ km$ এর Loop inductance =?

GMD বিবেচনায় Loop inductance

$$L = 4X10^{-7} \log_e \frac{D_m}{D_s} H\ /m$$

$$D_m = d = 3m = 300\ cm$$

$D_s = 0.7788\, r = 0.7788X1\ cm = 0.7788\ cm$

GMD বিবেচনায় Loop inductance

$$L = 4X10^{-7}\log_e \frac{D_m}{D_s} H\,/m$$

$$=4X10^{-7}\log_e \frac{300}{0.7788} H/m$$

$$=23.815X10^{-7} H/m$$

1km লাইনের মোট Loop inductance

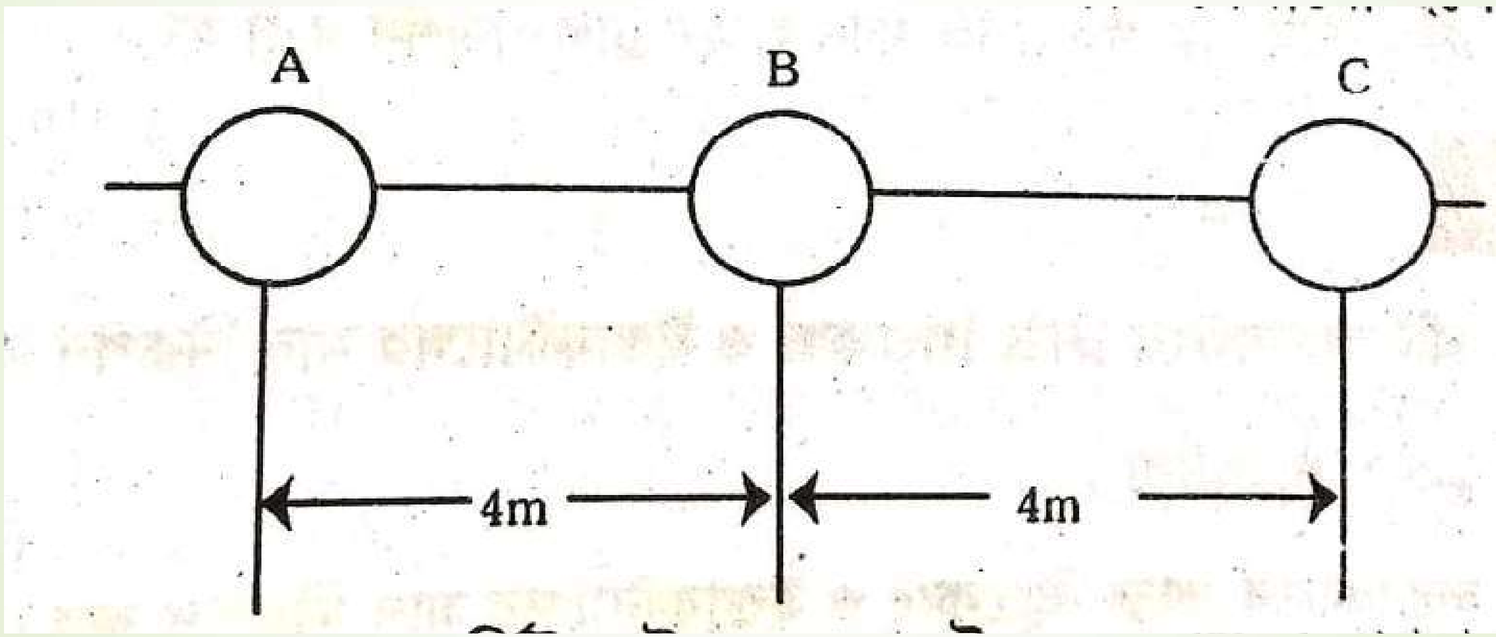
Inductance/Km $= 23.815X10^{-7}X1000H$

$=23.815X10^{-4}H$

$= 23.815X10^{-4}X10^{3}\ mH$

$= 2.3815\ mH$ (Ans).

সমস্যাঃ-২) একটি 3-phase 3-Wire system এর তিনটি তার চিত্রানুযায়ী 4m অন্তর আনুভূমিক বিন্যাসে আছে। প্রতি তারের ব্যাস 25 mm হলে 1Km লাইনের ইন্ডাকটয়্যান্স বের কর।



সমাধানঃ- দেওয়া আছে $d_1 = 4\ m, d_2 = 4\ m$

$$d_3 = 4 + 4 = 8\ m$$

ব্যাসার্ধ $,r = \frac{25mm}{2} = 12.5mm = 12.5X10^{-3}m$

$$D_m = (4X4X8)^{\frac{1}{3}} = 5.03968m$$

$$D_s = 0.7788\ r = 0.7788X12.5X10^{-3}m = 9.735X10^{-3}\ m$$

GMD বিবেচনায় Inductance/phase(conductor),

$$L = 2X10^{-7}\log_e\frac{D_m}{D_s}\ H/m$$

$$=2X10^{-7}\log_e(\frac{5.03968}{9.735X10^{-3}})\ H/m$$

$$=12.5X10^{-7}\ H/m$$

1Km লাইনের Inductance/phase(conductor),

$$= 12.5X10^{-7}X1000H = 12.5X10^{-4}H = 12.5X10^{-4}X10^{3}mH$$

$$=12.5X10^{-1}\ mH = 1.25mH(Ans)$$

সমস্যাঃ-৩) একটি 3-phase 3-wire system এর তিনটি তার 2 m পারস্পারিক ব্যবধানে সমবাহু ত্রিভুজের কোণে অবস্থিত। প্রতিটি তারের ব্যাস 1.24 cm হলে প্রতি কিলোমিটার লাইনের ইন্ডাকট্যান্স বের কর ।

সমাধানঃ- যেহেতু পরিবাহি তিনটি, 2m পারস্পারিক ব্যবধানে সমবাহু ত্রিভুজের কোণে অবস্থিত সেহেতু ,

$d_1 = d_2 = d_3 = d = D_m = 2m = 200\ cm$

$r = \frac{1.24}{2}\ cm = 0.62\ cm$ (r = প্রতিটি তারের ব্যাসার্ধ)

$D_s = 0.7788\, r = 0.7788X0.62\ cm = 0.482856\ cm$

GMD বিবেচনায় প্রতি ফেজের ইন্ডাকট্যান্স ,

$$L = 2X10^{-7} \log_e \frac{D_m}{D_s} \ H/m$$

$$=2X10^{-7} \log_e(\frac{200}{0.482856}) \ H/m$$

$$=12.0527X10^{-7} H/m$$

1Km লাইনের ইন্ডাকট্যান্স , $= 12.0527X10^{-7}X1000H$

$$=12.0527X10^{-4} \ H$$

$$=12.0527X10^{-4}X10^{3} \ mH$$

$$=12.0527X10^{-1} \ mH$$

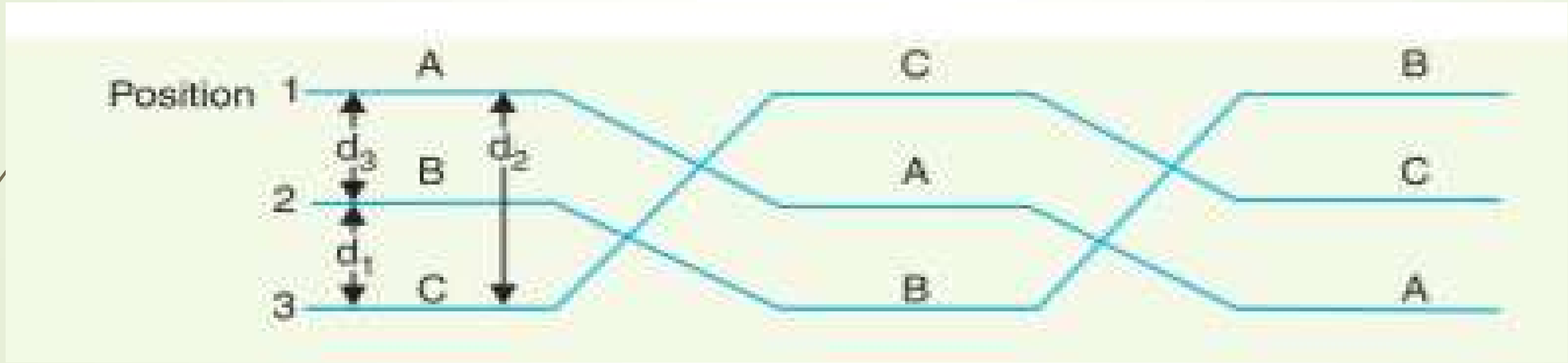
$$=1.20527 \ mH \ (Ans)$$

লাইন পরিবাহির ট্রান্সপজিশনঃ- যখন একটি তিন ফেজ ওভারহেড পরিবহন লাইনের পরিবাহি গুলোর পারস্পারিক দূরত্ব সমান থাকে না তখন তাকে Unsymmetrical spacing বলে । এই অবস্থায় প্রতিটি ফেজের ইন্ডাক্ট্যান্সের মান সমান থাকে না ।

তিন ফেজ ব্যালেন্সড লোডের প্রতিটি ফেজের কারেন্ট সমান থাকা সত্বেও ইন্ডাক্ট্যান্সের মান অসমান হওয়ার কারনে প্রতিটি ফেজের ভোল্টেজ ড্রপ অসমান হয়ে থাকে । ফলে গ্রহন প্রান্তের প্রতিটি ফেজের ভোল্টেজ সমান থাকে না ।ফলে লাইনের ভোল্টেজ রেগুলেশন ও পরিবহন দক্ষতার উপর প্রভাব আসে ।

প্রতিটি পরিবাহির ভোল্টেজ ড্রপ সমান করার জন্য প্রতিটি পরিবাহি লাইন কে নির্দিষ্ট ব্যবধানে স্থান পরিবর্তন করানো হয় ।স্থান পরিবর্তনের এ ব্যবস্থাকে ট্রান্সপজিশন বলে ।

একটি Unsymmetrical তিন ফেজ লাইনের ট্রান্সপজিশনের চিত্র নিম্নে দেখানো হলো ।



ব্যবহারিক ক্ষেত্রে এই ট্রান্সপজিশন ব্যবস্থা এমন হওয়া উচিত যাতে লাইনের মোট দৈর্ঘ্যেরএক তৃতীয়াংশ অন্তর অন্তর প্রতিটি লাইন ট্রান্সপোজ হতে পারে ।

Home Work (বাসার কাজ)ঃ

1) একটি এক ফেজ লাইনের দুটি সমান্তরাল পরিবাহি পরস্পর 1m ব্যবধানে অবস্থান করে। এদের প্রতিটির ব্যাস 1 cm হলে প্রতি কিলোমিটার লাইনের লুপ ইন্ডাকট্যান্স নির্ণয় কর , যখন পরিবাহি পদার্থ (ক) কপার ও রিলেটিভ পারমিয়েবিলিটি 1 (খ) স্টিল ও রিলেটিভ পারমিয়েবিলিটি 50 হয় ।
2) ওভারহেড লাইনের ট্রান্সপজিশনের উদ্দেশ্য কী ?
3) ওভারহেড লাইনের টান্সপজিশনের সুবিধাগুলো লেখ।
4) GMD কত প্রকার ও কী কী ?

আগামী লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতি (অধ্যায় -১৪ থেকে)ঃ-

1) ট্রান্সমিশন লাইনের বৈদ্যুতিক বিভব সম্পর্কে ধারনা ।
2) চার্জযুক্ত একটি পরিবাহির বিভব নির্ণয় ।
3) এক ফেজ ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরন প্রতিপাদন।
4) তিন ফেজ ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরন প্রতিপাদন।
5) ফেরান্টি ইফেক্টের ব্যাখ্যা ।
6) এক ফেজ ও তিন ফেজ ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়ের সমস্যাবলীর সমাধান ।

আল্লাহ হাফেজ

গত লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতিঃ- (অধ্যায় -১৩ থেকে)

1) Single phase over head line এর Inductance এর সমীকরন প্রতিপাদন।
2) 3-phase over head line এর Inductance এর সমীকরন প্রতিপাদন।
3) GMR বা Self GMDএবং Mutual GMD সম্পর্কে ধারনা ।
4) লাইন পরিবাহির ট্রান্সপজিশনের ধারনা।
5) Single phase এবং 3-phase over head line এর Inductance সম্পর্কিত সমস্যাবলীর সমাধান ।

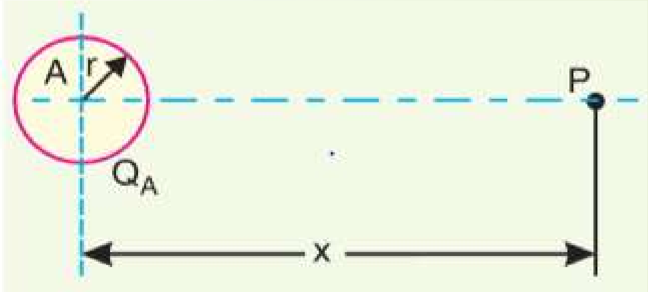
আজকের লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতি (অধ্যায় -১৪ থেকে:-১২ তম ক্লাস)

1) ট্রান্সমিশন লাইনের বৈদ্যুতিক বিভব সম্পর্কে ধারনা ।
2) চার্জযুক্ত একটি পরিবাহির বিভব নির্ণয় ।
3) এক ফেজ ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরন প্রতিপাদন।
4) তিন ফেজ ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরন প্রতিপাদন।
5) ফেরান্টি ইফেক্টের ব্যাখ্যা ।
6) এক ফেজ ও তিন ফেজ ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়ের সমস্যাবলীর সমাধান ।

চার্জযুক্ত একক পরিবাহির বৈদ্যুতিক বিভব নির্ণয়ঃ-

- আমরা জানি যে ,অসীম দূরত্ব হতে একটি একক পজিটিভ চার্জ একটি বৈদ্যুতিক ফিল্ডের মধ্যে অবস্থিত কোন একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে আনতে যে কাজ সম্পাদিত হয় তাকে ঐ বিন্দুর বৈদ্যুতিক বিভব বলে। লাইনের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়ের জন্য বৈদ্যুতিক বিভব অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। কারন প্রতি একক বিভবের চার্জকেই ক্যাপাসিট্যান্স বলা হয়।

r মিটার ব্যাসার্ধ এর দীর্ঘ সিলিন্ড্রক্যাল একটি পরিবাহি A বিবেচনা করি । পরিবাহিটি প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে Q_A কুলম্ব চার্জ বহন করে ।



পরিবাহির কেন্দ্র থেকে x দূরত্বে বায়ু মাধ্যমে বৈদ্যুতিক তীব্রতা,

$$E = \frac{Q_A}{2\pi\varepsilon_0 x} \text{ volts/m}$$

Q_A = পরিবাহির প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যের চার্জ ।

ε_0 = শূন্যস্থানের পারমিটিভিটি $=8.854X10^{-12}F/m$

পূর্বের সমীকরণ থেকে প্রতীয়মান হয় যে , দূরত্ব ,x এর মান অসীম বা অসীমের কাছাকাছি হলে Electric intensity (E) এর মান শূন্য বা শূন্যের কাছাকাছি হবে।

অতএব পরিবাহি হতে অসীম দূরত্বের নিউট্রাল তল ও পরিবাহি (A) এর মধ্যের বিভব পার্থক্য হবে ,

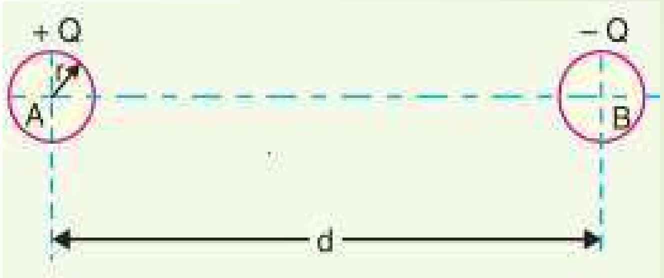
$$V_A = \int_r^{\infty} E\, dx \text{ volts}$$

$$=\int_r^{\infty} \frac{Q_A}{2\pi x \varepsilon_0} dx \ Volts$$

$$=\frac{Q_A}{2\pi\varepsilon_0}\int_r^{\infty} \frac{dx}{x} \ Volts$$

এক ফেজ ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরণঃ-

- মনে করি একটি এক ফেজ ওভারহেড লাইনের A এবং B দুটি সমান্তরাল পরিবাহি পরস্পর থেকে d মিটার দূরত্বে বায়ু মাধ্যমে অবস্থান করছে। প্রতিটি পরিবাহির ব্যাসার্ধ r মিটার। ধরি পরিবাহি দুটির চার্জ যথাক্রমে $+Q$ এবং $-Q$ কুলম্ব/ মিটার। পরিবাহি A এবং নিউট্রাল অসীম তলের মধ্যে বিভব পার্থক্য,



$$V_A = \int_r^{\infty} \frac{Q}{2\pi x\varepsilon_0} dx + \int_d^{\infty} \frac{-Q}{2\pi x\varepsilon_o} dx$$

$$= \int_r^{\infty} \frac{Q}{2\pi x\varepsilon_0} dx - \int_d^{\infty} \frac{Q}{2\pi x\varepsilon_o} dx$$

$$V_A = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\left[\int_r^\infty \frac{dx}{x} - \int_d^\infty \frac{dx}{x}\right]$$

$$= \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\left[\log_e \infty - \log_e r \ - \log_e \infty + \log_e d\,\right]$$

$$= \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}[\log_e d \ - \log_e r] = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\log_e \frac{d}{r} \ volts$$

একই ভাবে পরিবাহি B এবং নিউট্রাল অসীম তলের বিভব পার্থক্য,

$$V_B = \int_r^\infty \frac{-Q}{2\pi x\varepsilon_0}dx + \int_d^\infty \frac{Q}{2\pi x\varepsilon_0}dx$$

$$= \frac{-Q}{2\pi x\varepsilon_0}\left[\int_r^\infty \frac{dx}{x} - \int_d^\infty \frac{dx}{x}\right]$$

$$= \frac{-Q}{2\pi x\varepsilon_0}\left[\log_e \infty - \log_e r \ - \log_e \infty + \log_e d\,\right]$$

$$= \frac{-Q}{2\pi x\varepsilon_0}\log_e \frac{d}{r} \ volts$$

পরিবাহি(A)এবং পরিবাহি (B) এর মধ্যকার বিভব পার্থক্য,

$$V_{AB} = V_A - V_B$$

$$= \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0} \log_e \frac{d}{r} + \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0} \log_e \frac{d}{r}$$

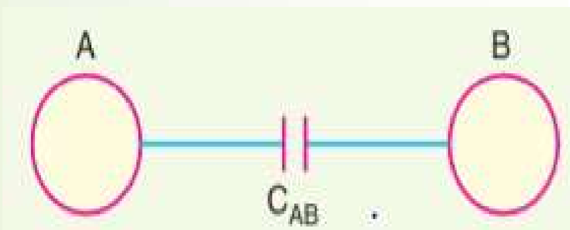
$$= \frac{Q}{\pi\varepsilon_0} \log_e \frac{d}{r} \; Volts$$

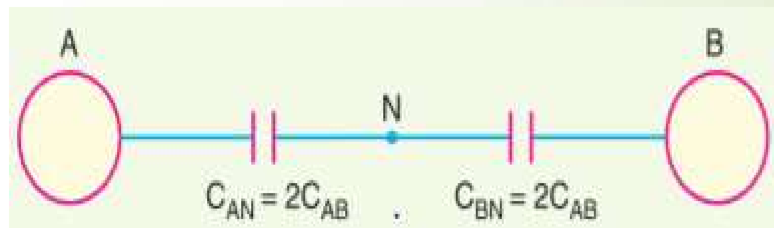
Capacitance $(C_{AB}) = \frac{Q}{V_{AB}} = \frac{Q}{\frac{Q}{\pi\varepsilon_0} \log_e \frac{d}{r}} F/m = \frac{\pi\varepsilon_0}{\log_e \frac{d}{r}} F/m \ldots\ldots(1)$

উপরোক্ত সমীকরণ টি দুটি পরিবাহির মধ্যকার ক্যাপাসিট্যান্স নির্নয়ের জন্য ব্যবহার করা হয়।

Single phase লাইনের পরিবাহি ও নিউট্রাল এর মধ্যকার ক্যাপাসিট্যান্স (C_N)এর সমীকরণ

- যেহেতু দুটি পরিবাহির মধ্যবিন্দুর বিভবের মান শুন্য সেহেতু দুটি পরিবাহির পরিবাহির মধ্যবিন্দুই হলো Neutral Point (N) । একটি পরিবাহি এবং নিউট্রালের বিভব পার্থক্য দুটি পরিবাহির মধ্যকার বিভব পার্থক্যের অর্ধেক ।





$$C_{AN} = C_{BN} = C_N$$

$$C_{AN} = \frac{Q}{\frac{1}{2}V_{AB}} = \frac{Q}{\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0}\log_e\frac{d}{r}} = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\log_e\frac{d}{r}} = 2C_{AB} \qquad \left(C_{AB} = \frac{\pi\varepsilon_0}{\log_e\frac{d}{r}}\ F/m\ \right)$$

$$C_N = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\log_e\frac{d}{r}}\ F/m = 2C_{AB}$$

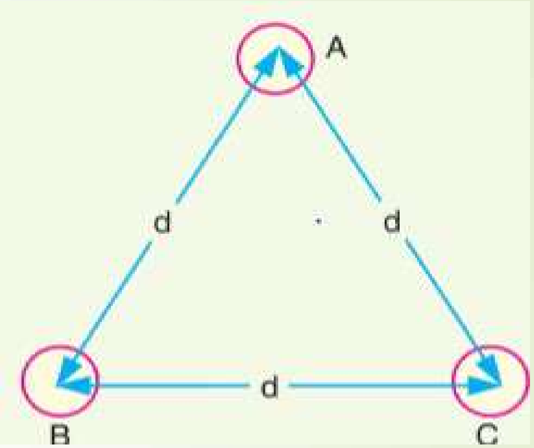
তিন ফেজ ওভারহেড লাইনের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়: -(Symmetrical Spacing)

তিন ফেজ লাইনের ক্ষেত্রে দুই পরিবাহির মধ্যকার ক্যাপাসিট্যান্স এর পরিবর্তে প্রতিটি পরিবাহির ক্যাপাসিট্যান্স বিবেচনা করা হয় ।

তিন ফেজ ওভারহেড লাইনের পরিবাহির বিন্যাস দুই ধরনের হয়। যথাঃ-১) Symmetrical Spacing ২) Unsymmetrical Spacing।

তিন ফেজ ট্রান্সমিশন লাইনের প্রতিটি পরিবাহির মধ্যকার পারস্পারিক দূরত্ব যখন সমান হয় তখন তাকে Symmetrical Spacing বলে । আর পরিবাহিত্রয়ের পারস্পারিক দুরত্বের মধ্যে যেকোন একটির মান অসমান হলে তাকে Unsymmetrical Spacing বলে ।

চিত্রে একটি তিন ফেজ ট্রান্সমিশন লাইনের তিনটি পরিবাহি A ,B, C প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে যথাক্রমে Q_A, Q_B, Q_C চার্জ বহন করে । পরিবাহিত্রয়ের মধ্যকার পারস্পারিক দূরত্ব সমান। এক্ষেত্রে AB=BC=CA=$d\ meter$ । Symmetrical Spacing অবস্থায় লাইনের পরিবাহি এবং নিউট্রালের ক্যাপাসিট্যান্স এর মান বের করতে হবে।



পরিবাহি A এবং অসীম নিউট্রাল তলের বিভব বৈষম্য

$$V_A = \int_r^{\infty} \frac{Q_A}{2\pi x \varepsilon_0}\, dx + \int_d^{\infty} \frac{Q_B}{2\pi x \varepsilon_0} dx + \int_d^{\infty} \frac{Q_C}{2\pi x \varepsilon_0}\, dx$$

$$= \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\left[\ Q_A \int_r^{\infty} \frac{dx}{x} + Q_B \int_d^{\infty} \frac{dx}{x} + Q_C \int_d^{\infty} \frac{dx}{x} \right]$$

$$= \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\left[Q_A(\log_e \infty - \log_e r) + Q_B\ (\log_e \infty - \log_e d\ )\right.$$

$$\left. + Q_C\ (\log_e \infty - \log_e d\ )\ \right]$$

$$V_A = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}[\log_e \infty(Q_A + Q_B + Q_C) - Q_A \log_e r - \log_e d(Q_B + Q_C)]$$

আমরা জানি যে, $Q_A + Q_B + Q_C = 0$, $Q_B + Q_C = -Q_A$

$$V_A = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}[-Q_A \log_e r + Q_A \log_e d\,]$$

$$= \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\,[Q_A\,(\log_e d\, - \log_e r\,)]$$

$$= \frac{Q_A}{2\pi\varepsilon_0}\log_e \frac{d}{r}\ volts$$

নিউট্রালের সাপেক্ষে পরিবাহি A এর ক্যাপাসিট্যান্স ,

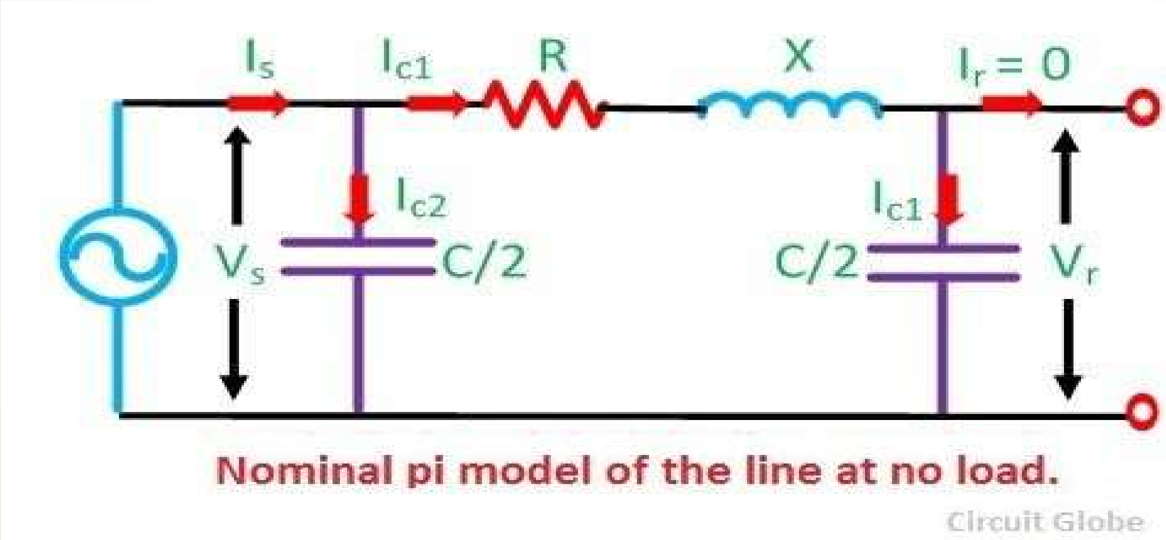
$$C_A = \frac{Q_A}{V_A} = \frac{Q_A}{\frac{Q_A}{2\pi\varepsilon_0}\log_e\frac{d}{r}} = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\log_e\frac{d}{r}}\ F/m$$

অনুরুপভাবে নিউট্রালের সাপেক্ষে পরিবাহি B এবং C তে একই মানের ক্যাপাসিট্যান্স পাওয়া যাবে ।

ফেরান্টি ইফেক্ট (Ferranti effect):-

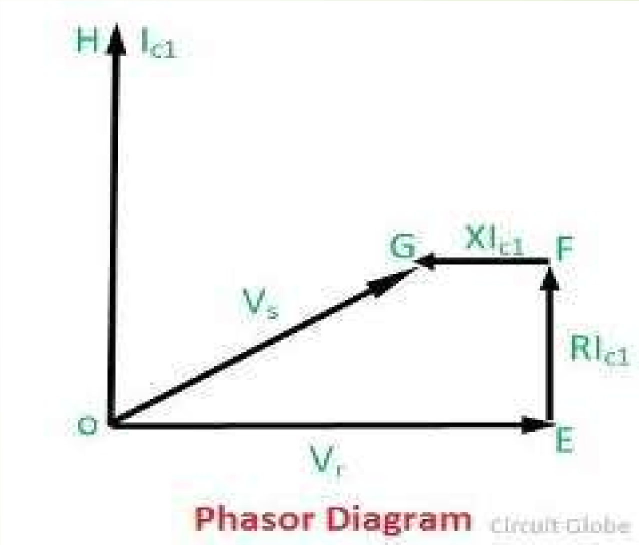
মধ্যম বা দীর্ঘ ট্রান্সমিশন লাইনে ওপেন সার্কিট বা লোডবিহীন অবস্থায় বা সামান্য লোডযুক্ত অবস্থায় দেখা যায় যে ,প্রেরণ প্রান্তের ভোল্টেজ অপেক্ষা গ্রহনপ্রান্তের ভোল্টেজ বেশি হয়ে থাকে ।

যে কারনে কোন লাইন ওপেন বা সামান্য লোডযুক্ত অবস্থায় প্রেরণ প্রান্তের ভোল্টেজ অপেক্ষা গ্রহনপ্রান্তের ভোল্টেজ বেশি হয়ে থাকে সেই কারণ কেই ফেরান্টি ইফেক্ট বলে ।



সার্কিট ডায়াগ্রাম থেকে দেখা যাচ্ছে যে ,নো-লোড অবস্থায় লাইনে শুধু মাত্র চার্জিং কারেন্ট প্রবাহিত হয় ।এই চার্জিং কারেন্টের কারনে লাইনের রেজিস্ট্যান্স এবং ইন্ডাকট্যান্সে ভোল্টেজ ড্রপ হয় । নো –লোড অবস্থার গ্রহন প্রান্তের ভোল্টেজের সাথে উক্ত ভোল্টেজ ড্রপ গুলোর ভেক্টর যোগফল করে প্রেরন প্রান্তের নো লোড ভোল্টেজ পাওয়া যায় ।

ফেজর ডায়াগ্রাম বা ভেক্টর ডায়াগ্রাম থেকে দেখা যাচ্ছে যে , নো লোড অবস্থায় গ্রহন প্রান্তের ভোল্টেজ এর মান প্রেরন প্রান্তের ভোল্টেজের চেয়ে বেশি ।



এই ঘটনাটি ১৮৯০সালে S.Z.de Ferranti সর্ব প্রথম লক্ষ্য করেন ।তার নাম অনুসারে এই ঘটনাটি ফেরান্টি ইফেক্ট নামে অভিহিত।

সমস্যাঃ১) 66 Kv, 50 Hz সরবরাহ বিশিষ্ট একটি এক ফেজ ট্রান্সমিশন লাইনের দুটি পরিবাহির মাঝে দূরত্ব 2 m এবং পরিবাহির ব্যাস 2 cm । 100 km দীর্ঘ লাইনের চার্জিং কারেন্ট বের কর ।

সমাধানঃ-দেওয়া আছে ,পরিবাহির ব্যাস = $2\ cm$

পরিবাহির ব্যাসার্ধ , $r = \frac{2}{2} = 1\text{ cm}$

পরিবাহী দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব ,$d = 2m = 200\ cm$

Voltage ,$V = 66KV = 66000\ Volts$

Frequency,$f = 50\ Hz$ $\omega=2\pi f$

আমরা জানি এক ফেজ লাইনের

ক্যাপাসিট্যান্স $= \frac{\pi\varepsilon_0}{\log_e\frac{d}{r}} F/m$

$$= \frac{\pi X 8.854 X 10^{-12}}{\log_e \frac{200}{1}} \text{F/m}$$

$$= 5.25 X 10^{-12}\ F/m$$

100 Km লাইনের মোট ক্যাপাসিট্যান্স,

$$C = 5.25 X 10^{-12} X 100 X 1000 = 0.525 X 10^{-6} F$$

চার্জিং কারেন্ট ,$I_c = V\omega\, C = 66000 X 2\pi f X 0.525 X 10^{-6} A$

$$= 10.8856\ A\ (Ans\ )$$

সমস্যাঃ২) 30 km দীর্ঘ একটি তিন ফেজ ট্রান্সমিশন লাইনের তিনটি পরিবাহিএকটি বিষম বাহু ত্রিভুজের শীর্ষ বিন্দুতে অবস্থিত।ত্রিভুজের বাহু তিনটি যথাক্রমে 200 cm, 250 cm এবং 450 cm দূরে অবস্থিত। প্রতিটি পরিবাহির ব্যাস 1.24 cm হলে প্রতি তারের ক্যাপাসিট্যান্স কত হবে?

- সমাধানঃ- দেওয়া আছে পরিবাহির ব্যাস $= 1.24\ cm$

পরিবাহির ব্যাসার্ধ, $r = \frac{1.24}{2} = 0.62\ cm$

পরিবাহি তিনটির পারস্পারিক দূরত্ব,

$d_1 = 200\ cm\ , d_2 = 250\ cm\ , d_3 = 450\ cm$

যেহেতু Unsymmetrical Spacing সেহেতু ,

$$d = \sqrt[3]{d_1\, d_2\, d_3} = \sqrt[3]{200X250X450} = 282.31\ cm$$

প্রতি তার বা প্রতি ফেজের ক্যাপাসিট্যান্স ,

$$= \frac{2\pi\varepsilon_0}{\log_e \frac{d}{r}}\ F/m$$

$$= \frac{2\pi X 8.854 X 10^{-12}}{\log_e \frac{282.31}{0.62}} = 9.088X10^{-12}\ F/m$$

30 Km দীর্ঘ তারের ক্যাপাসিট্যান্স ,

$$C = 9.088X10^{-12}X30X1000 = 0.27264X10^{-6}F$$

$$= 0.2726\mu F\ (Ans\ )$$

সমস্যাঃ৩) 10 Km দীর্ঘ একটি তিন ফেজ 33 KV ওভারহেড লাইনের পরিবাহি তিনটি একটি সমবাহু ত্রিভুজের শীর্ষ বিন্দুতে অবস্থিত। ত্রিভুজের বাহুর দৈর্ঘ্য 2 m এবং তারের ব্যাস 3 cm হলে লাইনের চার্জিং কারেন্ট নির্ণয় কর ।

- সমাধানঃ- দেওয়া আছে পরিবাহির ব্যাস $=3\ cm$

পরিবাহির ব্যাসার্ধ $,r = \frac{3}{2} = 1.5\ cm$

যেহেতু পরিবাহি তিনটি সমবাহু ত্রিভুজের শীর্ষ বিন্দুতে অবস্থিত সেহেতু পরিবাহি তিনটির পারস্পারিক দূরত্ব সমান । অর্থাৎ

$$d_1 = d_2 = d_3 = d = 2m = 200\ cm$$

ধরি ফ্রিকুয়েন্সী $,f = 50\ Hz$

Line voltage ,$V_L = 33\ KV = 33000\ V0lts$

Phase Voltage ,$V_P = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{33000}{\sqrt{3}} = 19052.5588\ Volts$

3-phase System এর ক্ষেত্রে প্রতি ফেজের ক্যাপাসিট্যান্স ,

$$= \frac{2\pi\varepsilon_0}{\log_e \frac{d}{r}}\ F/m$$

$$= \frac{2\pi X 8.854 X 10^{-12}}{\log_e \frac{200}{1.5}} = 11.37 X 10^{-12} F/m$$

10 Km দীর্ঘ প্রতি ফেজের মোট ক্যাপাসিট্যান্স ,

$$C = 11.37 X 10^{-12} X 10 X 1000 = 0.1137 X 10^{-6}\ F$$

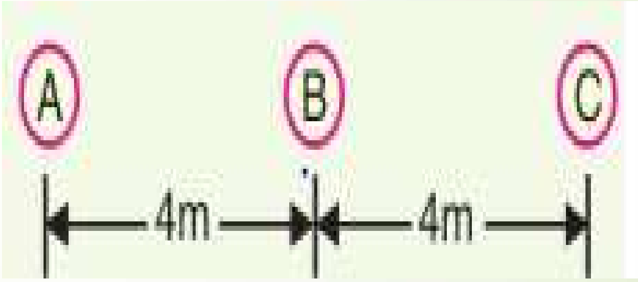
10 Km দীর্ঘ প্রতি ফেজের চার্জিং কারেন্ট ,

$$I_c = V_P X 2\pi f X C$$

$$=19052.5588 X 2\pi X 50\ X 0.1137 X 10^{-6} = 0.68\ A\ (Ans)$$

সমস্যাঃ-৪) একটি তিন ফেজ ওভারহেড লাইনের পরিবাহি তিনটি 4 m দূরে দূরে সমান্তরাল ভাবে বসানো আছে। পরিবাহির ব্যাস 0.6 cm হলে লাইনের প্রতি কিলোমিটারের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয় কর ।

সমাধানঃ- পরিবাহি তিনটির বিন্যাস চিত্র থেকে দেখা যাচ্ছে যে ,



$d_1 = AB = 4\ m$

$d_2 = BC = 4\ m$

$d_3 = AC = (4+4)m = 8\ m$

Equivalent equilateral spacing ,

$d = \sqrt[3]{d_1 d_2 d_3} = \sqrt[3]{4X4X8} = 5.03968\ m = 503.968\ cm$

পরিবাহির ব্যাসার্ধ , $r = \frac{0.6}{2} = 0.3\ cm$

প্রতি ফেজের ক্যাপাসিট্যান্স = $\frac{2\pi\varepsilon_0}{\log_e\frac{d}{r}}\ F/m$

$$= \frac{2\pi X 8.854 X 10^{-12}}{\log_e\frac{503.968}{0.3}} F/m$$

$$=7.5 X 10^{-12}\ F/m$$

প্রতি কিলোমিটারের ক্যাপাসিট্যান্স ,

$C = 7.5\ X10^{-12} X1000 = 7.5\ X10^{-9}\ F(Ans)$

বাড়ীর কাজ (Home Work)

সমস্যাঃ-১) 100 Km দীর্ঘ এক ফেজ 50 Hz , 33 KV ওভারহেড লাইনের পরিবাহিদ্বয় 2.5 m দূরত্বে অবস্থিত ।প্রতিটি পরিবাহির ব্যাস 2 cm হলে লাইনের চার্জিং কারেন্ট কত হবে ?

সমস্যাঃ-২) একটি তিন ফেজ , 50 Hz , 132 KV ওভারহেড লাইনের পরিবাহীত্রয় 4 m অন্তর আনুভূমিক বিন্যাসে আছে । পরিবাহির ব্যাস 25 mm এবং লাইনটির দৈর্ঘ্য 100 Km । প্রতি ফেজের চার্জিং কারেন্ট নির্ণয় কর ।

আগামী লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতিঃ- (অধ্যায় -১৫ থেকে)

১) ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের শ্রেণি বিন্যাস।

২) Short transmission line এর vector diagram অঙ্কন।

৩) Short transmission line এর Voltage regulation এর সমীকরণ প্রতিপাদন।

৪) Short transmission line এর দক্ষতার সমীকরণ প্রতিপাদন।

৫) Short transmission line এর Voltage regulation এবং দক্ষতার উপর লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টরের প্রভাব ।

৬) Short transmission line এর Voltage regulation এবং দক্ষতা সম্পর্কিত সমস্যাবলীর সমাধান ।

<u>আল্লাহ হাফেজ</u>

গত লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতি (অধ্যায় -১৪ থেকে)ঃ-

1) ট্রান্সমিশন লাইনের বৈদ্যুতিক বিভব সম্পর্কে ধারনা ।
2) চার্জযুক্ত একটি পরিবাহির বিভব নির্ণয় ।
3) এক ফেজ ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরন প্রতিপাদন।
4) তিন ফেজ ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়ের সমীকরন প্রতিপাদন।
5) ফেরান্টি ইফেক্টের ব্যাখ্যা ।
6) এক ফেজ ও তিন ফেজ ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়ের সমস্যাবলীর সমাধান ।

আজকের লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতিঃ- (অধ্যায় -১৫ থেকে:-১৩ –তম ক্লাস)

১) ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের শ্রেণি বিন্যাস।

২) Short transmission line এর vector diagram অঙ্কন।

৩) Short transmission line এর Voltage regulation এর সমীকরণ প্রতিপাদন।

৪) Short transmission line এর দক্ষতার সমীকরণ প্রতিপাদন।

৫) Short transmission line এর Voltage regulation এবং দক্ষতার উপর লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টরের প্রভাব ।

৬) Short transmission line এর Voltage regulation এবং দক্ষতা সম্পর্কিত সমস্যাবলীর সমাধান ।

ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের শ্রেণিবিন্যাসঃ-

একটি ট্রান্সমিশন লাইনের তিনটি Constants ,R ,L .C লাইনের সমগ্র দৈর্ঘ্য বরাবর সমভাবে বিদ্যমান থাকে। রেজিস্ট্যান্স এবং ইন্ডাকট্যান্স সিরিজ ইম্পিডেন্স গঠন করে । এক ফেজ সিস্টেমের দুই পরিবাহির মধ্যে বিরাজমান ক্যাপাসিট্যান্স অথবা তিন ফেজ সিস্টেমের পরিবাহি এবং নিউট্রালের মধ্যে বিরাজমান ক্যাপাসিট্যান্স , সমগ্র লাইনে শান্ট বা প্যারালাল পথ সৃষ্টি করে ।এজন্য ক্যাপাসিট্যান্স এর প্রতিক্রিয়া ট্রান্সমিশন লাইনের বিভিন্ন হিসাব নির্ণয়ে জটিলতা সৃষ্টি করে । ক্যাপাসিট্যান্স এর প্রতিক্রিয়া বিবেচনা করে ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইন কে তিন শ্রেণিতে ভাগ করা যায় ।যথাঃ-

1) Short transmission line 2) Medium transmission line

3) Long transmission line

Short transmission line:- যখন কোন ট্রান্সমিশন লাইনের দৈর্ঘ্য 50 Km এর মধ্যে থাকে এবং লাইনের ভোল্টেজ 20 KV এর কম থাকে তখন সেই পরিবহন লাইন কে Shotr transmission line বলে। দৈর্ঘ্য স্বল্প এবং লাইন ভোল্টেজ কম হওয়ায় ক্যাপাসিট্যান্স এর প্রভাব খুব কম থাকে বলে ক্যাপাসিট্যান্স কে উপেক্ষা করা যায়। এজন্য Shotr transmission line এর পারফরমেন্স হিসাবের ক্ষেত্রে শুধুমাত্র রেজিস্ট্যান্স এবং ইন্ডাকট্যান্স কে বিবেচনা করা হয়।

Medium ransmission line:-যখন কোন ট্রান্সমিশন লাইন 50 Km হতে 150 km পর্যন্ত দীর্ঘ হয় এবং লাইন ভোল্টেজ 20 Kv এর বেশি কিন্ত 100 Kv এর কম থাকে তখন সেই লাইনকে Medium Transmission line হিসাবে বিবেচনা করা হয়।

- Medium transmission line এর দৈর্ঘ্য এবং ভোল্টেজ তুলনামুলক ভাবে অনেক বেশি হওয়াতে ক্যাপাসিট্যান্সের প্রভাব বিবেচনা করতে হয়। হিসাবের সুবিধার জন্য লাইনের সমগ্র দৈর্ঘ্য ব্যাপী বিদ্যমান ক্যাপাসিট্যান্সকে একত্রীভূত অবস্থায় প্যারালাল ক্যাপাসিটর হিসাবে লাইনের এক বা দুই স্থানে ধরে নেওয়া হয়।

এক্ষেত্রে লাইনের পারফরমেন্স হিসাবের জন্য এন্ড কন্ডেন্সার পদ্ধতি, T –পদ্ধতি এবং π –পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

Long transmission line:-যখন কোন ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের দৈর্ঘ্য 150 Km এর বেশি এবং লাইন ভোল্টেজ 100 KV এর বেশি হয় তখন সেই ট্রান্সমিশন লাইন কে Long transmission line হিসাবে বিবেচনা করা হয় ।

লাইন যেহেতু অতি দীর্ঘ এবং অপারেটিং ভোল্টেজও অতি উচ্চ সেহেতু সমগ্র লাইন ব্যাপী Constant সমূহ কে সমভাবে বিরাজমান হিসাবে ধরা হয়।

Long transmission line এর পারফরমেন্স হিসাব করার জন্য রিগোরাস পদ্ধতি অনুসরন করা হয় ।

Voltage Regulation:-Transmission line এর গ্রহন প্রান্তের (Receiving end) no load voltage এবং full load voltage এর পার্থক্য কে voltage regulation বলে । Line constant এর কারনে load অবস্থায় Transmission line এ কিছু ভোল্টেজ ড্রপ হয় । এজন্য load অবস্থায় গ্রহন প্রান্তের ভোল্টেজ (V_R) এবং প্রেরণ প্রান্তের ভোল্টেজ (V_S) এর মধ্যে কিছুটা পার্থক্য দেখা দেয়। কিন্তু নো লোড অবস্থায় কোন ড্রপ হয় না বিধায় নো লোড অবস্থায় গ্রহন প্রান্তের ভোল্টেজ (V_R) , প্রেরণ প্রান্তের ভোল্টেজ (V_S) এর সমান হয়। অর্থাৎ ফুল লোড অবস্থায় গ্রহন প্রান্তের ভোল্টেজ V_R হলে, নো লোড অবস্থায় গ্রহন প্রান্তের ভোল্টেজ হবে V_S ।

% Voltage regulation = $\frac{V_S - V_R}{V_R} X100$

Transmission efficiency:-Transmission line এর রেজিস্ট্যান্সের কারনে পাওয়ার অপচয় হয় । এজন্য Transmission line এর গ্রহন প্রান্তের পাওয়ার , প্রেরণ প্রান্তের পাওয়ার থেকে কিছুটা কম হয়ে থাকে । গ্রহন প্রান্তের পাওয়ার এবং প্রেরণ প্রান্তের পাওয়ার এর মধ্যকার অনুপাত কে Transmission efficiency বলে ।

$$\% \text{ Transmission efficiency}, \quad = \frac{\text{গ্রহন প্রান্তের পাওয়ার}}{\text{প্রেরণ প্রান্তের পাওয়ার}} X100$$

$$= \frac{P_R}{P_S} X100$$

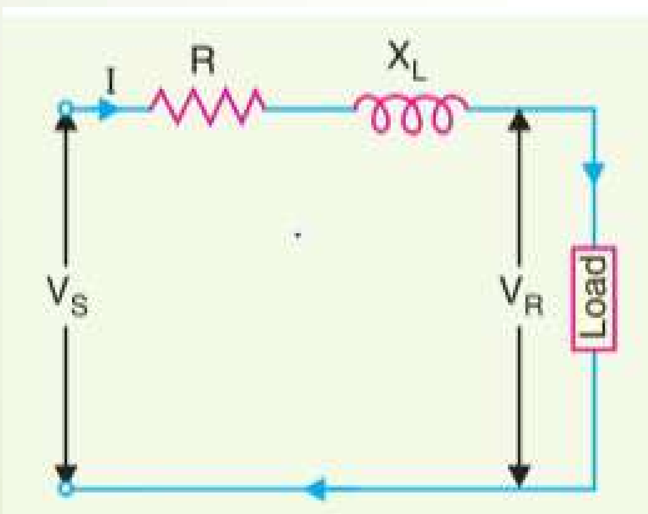
P_R = Receiving end power (গ্রহন প্রান্তের পাওয়ার)

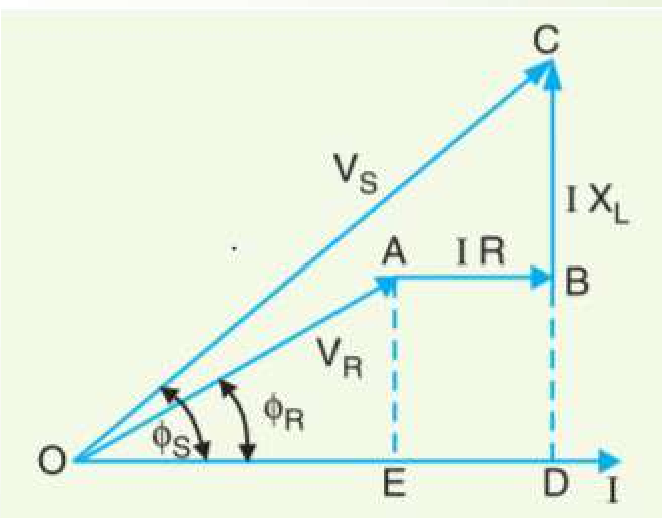
P_S = Sending end power (প্রেরণ প্রান্তের পাওয়ার)

এক্ষেত্রে উভয় পাওয়ার Active power বা True power (প্রকৃত ক্ষমতা) হতে হবে।

Single phase short transmission line এর No load voltage এর সমীকরণঃ-

Short transmission line এ ক্যাপাসিট্যান্স কে উপেক্ষা করা হয়ে থাকে । এক্ষত্রে Resistance এবং Inductance একত্রে একটি সিরিজ বর্তনী তৈরি করে । চিত্রে একটি Single phase short transmission line এর Circiut diagram এবং vector diagram দেখানো হল।





প্রয়োজনীয় ডাটা সমূহঃ-

I =Load current , R=Loop resistance (উভয় পরিবাহির রোধ)

$X_{L}=$ Loop reactance , V_R = Receiving end voltage

V_S = Sending end voltage

φ_R =Receiving end power factor angle (lagging)

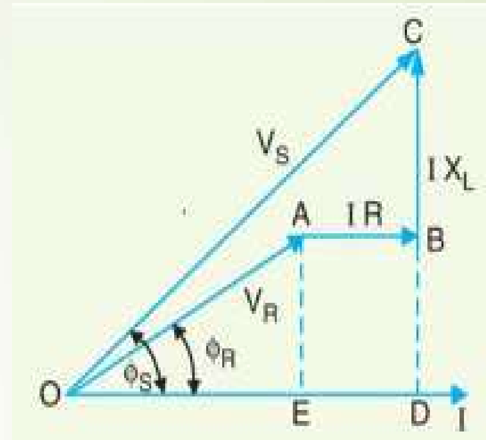
φ_S =Sending end power factor angle

Receiving end =গ্রহন প্রান্ত ।

Sending end =প্রেরণ প্রান্ত ।

লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর ল্যাগিং বিবেচনা করে Vector diagram অঙ্কন করা হয়েছে ।

Vector diagram এর ব্যাখ্যাঃ-



Load current ,I কে রেফারেন্স ধরা হয়েছে ।

OA= V_R , যেহেতু lagging power factor সেহেতু V_R vector টি I vector থেকে φ_R কোণে অগ্রগামী(leading)।

A B= $I\ R$ drop যা কারেন্টের সাথে Inphase ।

B C=IX_L drop যা কারেন্ট থেকে 90 ডিগ্রী কোণে লিডিং ।

O C= Sending end voltage ,V_S

Vector diagram থেকে দেখা যাচ্ছে যে V_S vector টি I vector থেকে φ_S কোণে leading । অন্য ভাবে বলা যায় I vector টি V_S vector থেকে φ_S কোণে lagging এ আছে ।

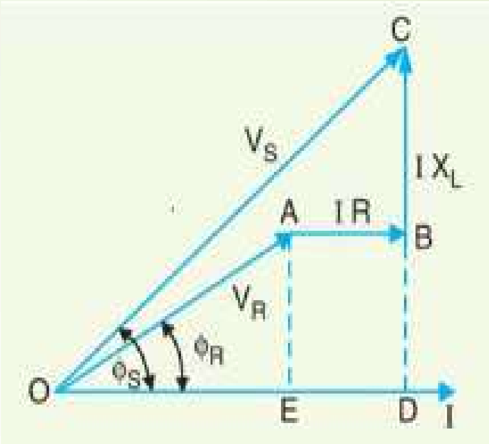
ত্রিভুজ O C D থেকে পাই

$(OC)^2 = (OD)^2 + (DC)^2$

$V_S^2 = (OE + ED)^2 + (DB + BC)^2$

$= (V_R\, cos\varphi_R + I\, R)^2 + (V_R\, sin\varphi_R + IX_L)^2$

$V_S = \sqrt{[(V_R\, cos\varphi_R + IR)^2 + (V_R\, sin\varphi_R + IX_L)^2]}$



% Voltage regulation = $\frac{V_S - V_R}{V_R} X100$

Sending end power factor ,$cos\varphi_S = \frac{OD}{OC} = \frac{V_R\, cos\varphi_R + IR}{V_S}$

Receiving power ,$P_R = V_R\, I_R \cos\varphi_R$ (Single phase)

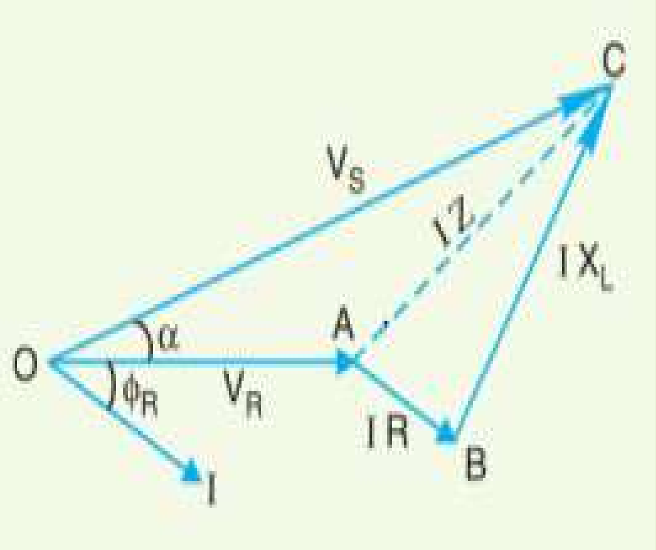
Line power loss =$I^2 R$ ($I = I_R = I_S$ সিরিজ বর্তনী বলে)

Sending end power ,$P_S = V_R\, I_R \cos\varphi_R + I^2 R$

% Transmission efficiency = $\frac{P_R}{P_S} X100$

Sending Voltage , V_S এর কাছাকাছি মানঃ-

$\overrightarrow{V_R}$ কে রেফারেন্স ধরা হলো।



$\overrightarrow{V_R} = V_R + j\,0$

$\vec{I} = I\angle{-\varphi_R} = I(cos\varphi_R - j\,sin\varphi_R)$

$\vec{Z} = R + jX_L$

$\overrightarrow{V_S} = \overrightarrow{V_R} + \vec{I}\,\vec{Z}$

$= (V_R + j\,0\,) + I(cos\varphi_R - j\,sin\varphi_R)(R + jX_L\,)$

$= V_R + IR\,cos\varphi_R + jIX_L\,cos\varphi_R - jIR\,sin\varphi_R + IX_L\,sin\varphi_R$

$$V_S = \sqrt{(V_R + IR\,cos\varphi_R + IX_L\,sin\varphi_R)^2 + (IX_L\,cos\varphi_R - IR\,sin\varphi_R\,)^{\,2}}$$

বর্গ মূলের দ্বিতীয় টার্মটির মান খুব ছোট বলে বাদ দেওয়া যায়।

V_S এর কাছাকাছি মান = $V_R + IR\,cos\varphi_R + IX_L\,sin\varphi_R$

Sending end voltage ,

$V_S = \sqrt{[(V_R\, cos\varphi_R + IR)^2 + (V_R\, sin\varphi_R + IX_L)^2]}$ (lagging p.f.)

$V_S = \sqrt{[(V_R\, cos\varphi_R + IR)^2 + (V_R\, sin\varphi_R - IX_L)^2]}$ (leading p.f)

V_S এর কাছাকাছি মান = $V_R + IR\, cos\varphi_R + IX_L\, sin\varphi_R$

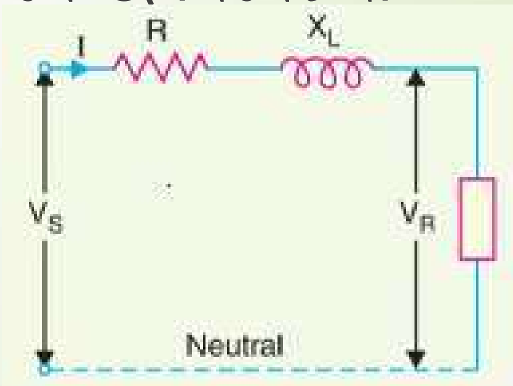
Power factor lagging হলে কাছাকাছি (Approximate formula) সূত্র এর সাহায্যে V_S এর মান মোটামুটি সঠিক পাওয়া যায় । কিন্তু Leading power factor এর ক্ষেত্রে Approximate formula এর সাহায্যে V_S এর মান বের করলে বেশ error দেখা দেয় ।

এজন্য Leading power factor এর ক্ষেত্রে Approximate formula এর সাহায্যে V_S এর মান বের করা হয় না ।

$\vec{V_S} = \vec{V_R} + \vec{I}\,\vec{Z}$ (Complex notation)

Three phase short transmission line:-

3-phase system কে তিনটি এক ফেজ সিস্টেমের যোগফল হিসাবে বিবেচনা করা যায় ,এক্ষেত্রে প্রতিটি এক ফেজ সিস্টেম 3-phase system এর মোট পাওয়ারের তিন ভাগের এক ভাগ পাওয়ার পরিবহন করে । এজন্য হিসাবের সুবিধার্থে 3-phase system এর শুধুমাত্র এক ফেজ নিয়ে বিশ্লেষন করা হয়ে থাকে ।এক ফেজ লাইনের ভোল্টেজ রেগুলেশন যেভাবে নির্ণয় করা হয়ে থাকে 3-phase system এর voltage regulation ঠিক একই ভাবে নির্ণয় করা যায় । যেহেতু শুধুমাত্র এক ফেজ বিবেচনা করা হয় সেহেতু ফেজ ভোল্টেজ বিবেচনা করতে হয় । চিত্রে 3-phase system এর একটি ফেজ কে আলাদা ভাবে দেখানো হয়েছে।



ট্রান্সমিশন লাইনের দক্ষতার উপর লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টরের প্রভাবঃ-

আমরা জানি ,

$I = \frac{P}{V_R\, cos\varphi_R}$ (1-phase line)

$I = \frac{P}{3V_R\, cos\varphi_R}$ (3-phase line) (V_R=Phase voltage)

উপোরক্ত সমীকরণ থেকে দেখা যাচ্ছে যে গ্রাহক প্রান্তে একটা নির্দিষ্ট ভোল্টেজে নির্দিষ্ট পরিমান পাওয়ার প্রেরণের ক্ষেত্রে লোড কারেন্ট (I) এর মান ,লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর ($cos\varphi_R$) এর ব্যস্তানুপাতিক ।

লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর এর মান কমলে লোড কারেন্ট বৃদ্ধি পায় ,ফলে লাইনের পাওয়ার লসও বৃদ্ধি পায় । অর্থাৎ লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর এর মান কমলে ট্রান্সমিশন দক্ষতা কমে এবং লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর এর মান বৃদ্ধি পেলে ট্রান্সমিশন দক্ষতা বৃদ্ধি পায় ।

সমস্যাঃ-১) একটি ফ্যাক্টরি 3-phase ,0.8 lagging power factor এ 11 KV লাইন হতে 1.1 MW পাওয়ার গ্রহন করে। লাইন পরিবাহির রেজিস্ট্যান্স 2Ω এবং রিয়্যাকট্যান্স 3Ω হলে নির্ণয় কর- ক) শতকরা ভোল্টেজ রেগুলেশন খ) ট্রান্সমিশন দক্ষতা ।

সমাধানঃ- দেওয়া আছে ,

প্রতি ফেজের রেজিস্ট্যান্স , $R = 2\Omega$

প্রতি ফেজের রিয়্যাকট্যান্স , $X_L = 3\Omega$

Power factor, $cos\varphi_R = 0.8\ lagging$

$sin\varphi_R = 0.6$

গ্রহন প্রান্তের লাইন ভোল্টেজ , $V_{R(line)} = 11\ KV$

গ্রহন প্রান্তের প্রতি ফেজের ভোল্টেজ , $V_{R(phase)} = \frac{11000}{\sqrt{3}} = 6350.85\ V$

Load current , $I = \frac{P}{\sqrt{3}V_{R(line)}cos\varphi_R} = \frac{1.1X10^6}{\sqrt{3}\ X11000X.8} = 72.17\ A$

যেহেতু পাওয়ার ফ্যাক্টর ল্যাগিং সেহেতু প্রেরণ প্রান্তের ভোল্টেজ বের করার জন্য Approximate formula ব্যবহার করা যেতে পারে।

$$V_{S(phase)} = V_{R(phase)} + I\ R\ cos\varphi_R + I\ X_L\ sin\varphi_R$$

$$= 6350.85 + 72.17\ X2\ X.8 + 72.17\ X3X.6 = 6596.228\ V$$

$$V_{S(line)} = \sqrt{3}X6596.228 = 11425\ V = 11.425\ KV$$

$$\%\ Voltage\ regulation = \frac{V_S - V_R}{V_R}\ X100$$

$$= \frac{11.425 - 11}{11} X100 = 3.86\ (Ans\ )$$

3 phase system এর লাইনের মোট পাওয়ার লস

$= 3 I^2 R \ Watt = 3X(72.17)^2 X2 = 31251 \ W$

গ্রহন প্রান্তের পাওয়ার , $P_R = 1.1 \ MW = 1.1X10^6 \ W$

প্রেরণ প্রান্তের পাওয়ার , $P_S = P_R + Line \ loss$

$= 1.1X10^6 + 31251$

$= 1131251 \ W$

% Transmission efficiency $= \frac{P_R}{P_S} \ X100$

$\% \ \eta = \frac{1.1 \ X10^6}{1131251} \ X100$

$= 97.237 \ (Ans)$

সমস্যাঃ-২) একটি 33 KV এক ফেজ ট্রান্সমিশন লাইন 0.8 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে 1100 KW পাওয়ার গ্রহন করে। লাইনের মোট রেজিস্ট্যান্স এবং রিয়্যাকট্যান্স যথাক্রমে 10 Ω এবং 15 Ω । নির্নয় করঃ ক)প্রেরণ প্রান্তের ভোল্টেজ এবং পাওয়ার ফ্যাক্টর খ) শতকরা রেগুলেশন গ) ট্রান্সমিশন দক্ষতা

- সমাধানঃ- দেওয়া আছে ,

গ্রহন প্রান্তের পাওয়ার , $P_R = 1100\ KW = 1100X1000\ W$

গ্রহন প্রান্তের ভোল্টেজ , $V_R = 33\ KV = 33000\ V$

গ্রহন প্রান্তের পাওয়ার ফ্যাক্টর , $\cos\varphi_R = 0.8\ lagging$

লাইনের মোট রেজিস্ট্যান্স , $R = 10\ \Omega$

লাইনের মোট রিয়্যাকট্যান্স ,$X_L = 15\ \Omega$

Line current $I = \frac{P_R}{V_R \cos\varphi_R} = \frac{1100X1000}{33X1000X.8} = 41.67\ A$

$\cos\varphi_R = o.8 \qquad \varphi_R = 36.87\ °$

Complex notation এ সমাধান করলে আমরা লিখতে পারি,

$\overrightarrow{V_R} = 33000\angle o$ রেফারেন্স বলে ।

$\vec{I} = 41.67\angle - 36.87°$ (Lagging p.f এর জন্য negative sign)

$\vec{Z} = R + jX_L = 10 + j15$

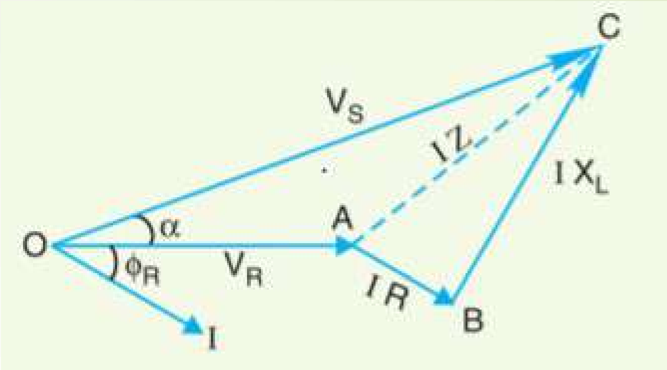
$\overrightarrow{V_S} = \overrightarrow{V_R} + \vec{I}\,\vec{Z}$ =$33000\angle 0 + 41.67\angle - 36.87° X(10 + j15)$

=$33709.3\angle 0.42°$ (ক্যালকুলেটরে Complex function ব্যবহার করে।)

প্রেরণ প্রান্তের ভোল্টেজ , $V_S = 33709.3\ V\ (Ans)$

- Vector diagram থেকে দেখা যাচ্ছে যে ,

V_S এর সাথে যে কোণ আছে সেটা , $\alpha = 0.42°$



প্রেরণ প্রান্তের power factor angle ,

$\varphi_S = \varphi_R + \alpha$ =36.87 + 0.42 = 37.29°

প্রেরণ প্রান্তের power factor ,$cos\varphi_S = \cos 37.29°$

$$=0.7956\ lagging(Ans)$$

Line loss=$I^2R = (41.67)^2\ X10 = 17363.9\ W = 17.3639KW$

প্রেরণ প্রান্তের পাওয়ার, $P_S = P_R + Line\ loss$

$$= 1100 + 17.3639 = 1117.3639\ KW$$

Tranmission efficiency ,$\eta = \frac{P_R}{P_S}\ X100\ \%$

$$=\frac{1100}{1117.3639} X100\% = 98.446\ \%\ (Ans)$$

Home Work (বাসার কাজ)ঃ-

১) স্বল্প দৈর্ঘ্য ওভারহেড লাইনে ট্রান্সমিশন দক্ষতার উপর লোড পাওয়ার ফ্যাক্টরের প্রভাব বর্ণনা কর ।

২) লিডিং পাওয়ার ফ্যাক্টরের ক্ষেত্রে স্বল্প দৈর্ঘ্য পরিবহন লাইনের Vector diagram অঙ্কন কর ।

৩) একটি 11 KV তিন ফেজ সরবরাহ লাইনের মাধ্যমে 0.8 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে 10 KVA লোড যুক্ত আছে । লাইনের প্রতি ফেজের মোট ইম্পিডেন্স (1.5 +j 2) ওহম হলে নির্ণয় করঃ

(ক) শতকরা ভোল্টেজ রেগুলেশন (খ) ট্রান্সমিশন দক্ষতা ।

আগামী লাইভ ক্লাসের পাঠ পরিচিতিঃ-

১) অধ্যায় ১৫.৬ থেকে স্বল্প দৈর্ঘ্য ওভারহেড ট্রান্সমিশন লাইনের ভোল্টেজ রেগুলেশন সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান ।

২) অধ্যায় ১.৭ থেকে বিভিন্ন সিস্টেমের কপার সাশ্রয়ের তুলনা ।

৩) অধ্যায় ১.৮ থেকে বিভিন্ন সিস্টেমের কপার সাশ্রয়ের তুলনা ।

আল্লাহ হাফেজ