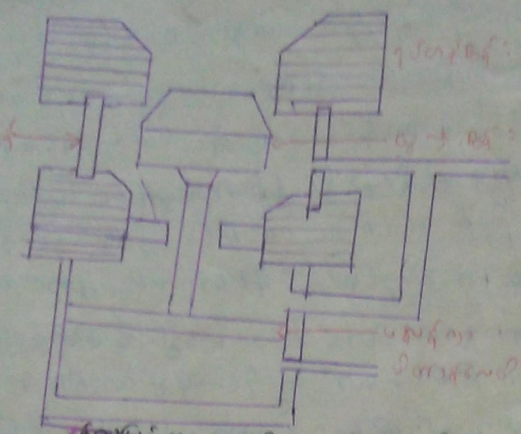
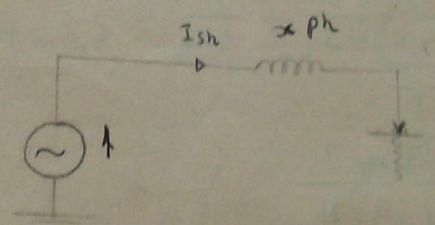




$$I = \frac{E}{x} \qquad I_{sh} = \frac{E_{ph}}{x_{ph}} \quad (R \text{ is negligible when short circuit across})$$

where I_{sh} = Short circuit current

E_{ph} = Phase voltage

Reactance /ph (x_{ph})

Percentage Reactare of Alternator Transformer and line

$$\therefore \text{Percentage Reactance} = \frac{\text{Reactance due to FL current}}{\text{Full load voltage}} \times 100$$

$$\therefore \boxed{\%x = \frac{I_{(FL)} x_{ph}}{E_{ph}} \times 100} \quad \text{---} (1)$$

$$\therefore x_{ph} = \frac{\%x \; E_{ph}}{I_{(FL)} \times 100}$$

ϕ

ಅಂದಾಗ $I_{sh} = \frac{E_{ph}}{x_{ph}}$ ಆದಾಗ x_{ph} ಬೆಲೆಯನ್ನು ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಹಾಕಿದಾಗ

$$I_{sh} = \frac{E_{ph} I_{FL} \times 100}{\%x \; E_{ph}}$$

$$\therefore \boxed{I_{sh} = \frac{I_{(FL)}}{\%x_T} \times 100} \quad \text{---} (2)$$

single phase (ϕ)

ಹಾಗೆಯೆ $\%x_1 \; \%x_2 \; \%x_3$ -- series ಪ್ರತಿರೋಧಕಗಳಿಗೆ

$$\therefore \%x_T = \%x_1 + \%x_2 + \%x_3 - -$$

$\%x_1, \%x_2, \%x_3$ -- parallel ಪ್ರತಿರೋಧಕಗಳಿಗೆ

$$\frac{1}{\%x_T} = \frac{1}{\%x_1} + \frac{1}{\%x_2} + \frac{1}{\%x_3} - -$$

(2) $\%x$ ಅನ್ನು ಲೀ ಮತ್ತು ಎಂ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯಲಾಗಿದೆ.

Full load KVA

$$KVA = \frac{E I_{(FL)}}{1000}$$

$$\therefore \boxed{I_{FL} = \frac{KVA \times 1000}{E}}$$

$$I_{sh} = \frac{I_{(FL)}}{\%x} \times 100 \text{ Eq (2)}$$

Eq (2) ನಲ್ಲಿ Eq (3) ನಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ $\frac{E}{1000}$ ಗುಣಿಸಿ ಭಾಗಿಸಿದಾಗ

$$I_{sh} \times \frac{E}{1000} = \frac{I_{(FL)} 100}{\%x} \times \frac{E}{1000}$$

Base KVA ಅಥವಾ MVA

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪವರ್ ಸಿಸ್ಟಮ್‌ನಲ್ಲಿ ಬರುವಂತಹ plant (Generator, Transformer line ಮತ್ತು motor ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಆಗಿರಬಹುದು) ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಬರೆದಿರುವ Gen-Trans line ಮತ್ತು motor ಇವುಗಳ ಮೇಲೆ KVA or MVA rating ಇರುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಹಾಕಿರುವಂತಹ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಸಹ ಬರೆದಿರುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ % Resistance ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಸಹ ಬರೆದಿರುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಇವೆಲ್ಲವನ್ನು common base ಅವುಗಳಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ common base ಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು % Resistance ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಹಾಕಿರುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಈ ಕೆಳಗಿನ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

$$\therefore \%x = \%x \text{ at} \times \frac{KVA(\text{base})}{KVA(\text{act})}$$

% ಅಲ್ಲದೆ ಇರುವಂತಹ KVA ಅನ್ನು ಸಹ ಪರಿವರ್ತಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

$$x = \frac{\%x \times E_{ph}}{I_{(FL)} \times 100}$$

circuit ನಲ್ಲಿರುವಂತಹ x ಅನ್ನು ಸಹ ಪರಿವರ್ತಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಈ ಕೆಳಗಿನ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಇಲ್ಲಿ % ಅಲ್ಲದೆ ಇರುವಂತಹ x ಅನ್ನು ಪರಿವರ್ತಿಸಲು

$$x = \frac{\%x \times E_{ph}}{I_{FL} \times 100}$$

ಹಿಂದಿನಂತೆ $I_{FL} = \frac{KVA \times 10^3}{\sqrt{3} \; EL}$

$$\therefore x = \frac{\%x \times E_{ph}}{\frac{KVA \times 10^3}{\sqrt{3} EL} \times 100}$$

KVA × 10³ ಇದನ್ನು ಛೇದಕ್ಕೆ

$$\therefore x = \frac{\%x \times EL \times \sqrt{3} EL}{\sqrt{3} \times KVA \times 10^3 \times 100} = \frac{\%x \times (EL)^2}{KVA \times 10^3 \times 100}$$

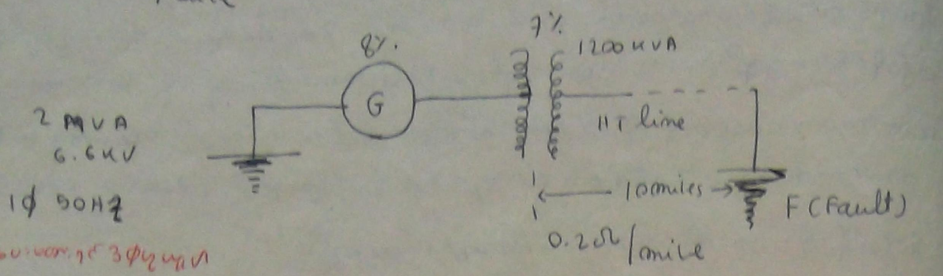
$$\therefore \%x = \frac{x \times KVA \times 10^3 \times 100}{(EL)^2}$$

ಇಲ್ಲಿ x ಎಂಬುದು 3 phase (3ϕ) ಆಗಿದ್ದಾಗ L-L voltage

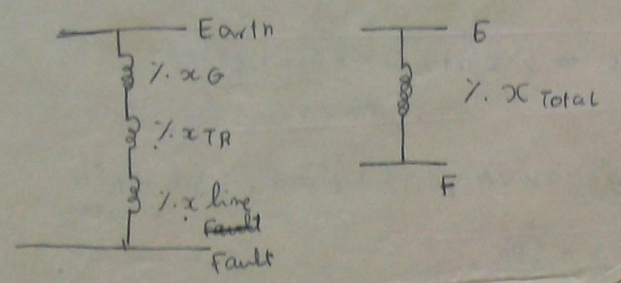
$\left(\because E_{ph} = \frac{EL}{\sqrt{3}}\right)$

ပုံ ① ✓

ပုံတွင်ပြထားသော စက်ရုံ [illegible] F [illegible] Short circuit [illegible] Transformer [illegible] 10 mile [illegible] HT Line [illegible] ~~raise~~ resistance/mile [illegible] 0.2Ω [illegible] short circuit current [illegible]



* [illegible] 3φ [illegible]



1 MVA = 1000 kVA

* Base [illegible] %x [illegible]

Let 2000 kVA is Basic kVA

$\therefore \%x_G = 8\%$

$\therefore \%x_{TR} = \%x_{TR(act)} \times \frac{kVA\ (base)}{kVA\ (act)}$

$= 7\% \times \frac{2000}{1200} = 11.66\%$

$I_{FL} = \frac{kVA \times 1000}{E}$

$= \frac{2 \times 1000}{6.6\,kV} = 303\ amps$

$x =$ Transmission line Reactance $= 0.2 \times 10 = 2\Omega$

$\therefore \%x_{line} = \frac{I_{FL} \times x \times 100}{E} = \frac{303 \times 2 \times 100}{6.6 \times 1000} = 9.2\%$

$\therefore x_{Total} = \%x_G + \%x_{TR} + \%x_{line}$

$= 8\% + 11.66\% + 9.2\% = 28.86\%$

$\therefore I_{sh} = \frac{I_{FL}}{\%x_T} \times 100 = \frac{303 \times 100}{28.85} = 1050\ amps$

(Ans)

Short [illegible]

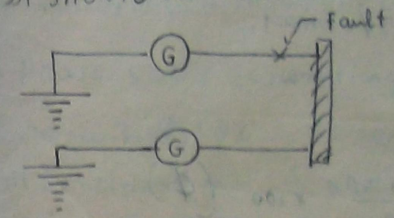
* $I_{FL} = \frac{kVA \times 1000}{E}$ single

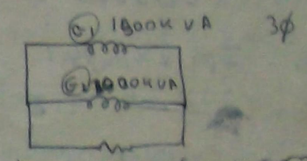
* $I_{FL} = \frac{kVA \times 10^3}{\sqrt{3}EL}$ 3φ

$I = \frac{P}{E}$

Exercise

✓ 1000 kVA [illegible] 1500 kVA [illegible] 3φ Generator [illegible] 3.3 kV 50 Hz [illegible] % Reactance [illegible] 8% [illegible] 10% [illegible] common bus bar [illegible] phase [illegible] short circuit [illegible] short circuit current [illegible]





1500 kVA [illegible] base [illegible]

$I_{sh} = \frac{I_{FL}}{\%x_T} \times 100$

$\%x_T = ?$ $I_{FL} = ?$

$I_{FL} = \frac{kVA \times 1000}{\sqrt{3}EL}$

$I_{FL} = \frac{1500 \times 1000}{\sqrt{3}EL}$

$I_{FL} = \frac{\cancel{3.3} \times 1000 \times 1500}{1.7321 \times 3.3 \times 1000}$

$= \frac{1500}{3.3 \times 1.7321} = \frac{1500}{5.721}\ amp$

$\%x_T = ?$ $\frac{1}{x_T} = \frac{1}{\%x_1} + \frac{1}{\%x_2}$

$\%x_{G_1} = 10\%$

$\%x_{G_2} = \%x_{G_2(act)} \frac{kVA\ base}{kVA\ act}$

$= 8 \times \frac{1500}{1000}$

$= 12\%$

$\frac{1}{x_T} = \frac{1}{10} + \frac{1}{12}$

$x_T = \frac{120}{22}\%$

$\therefore I_{sh} = \frac{I_{FL}}{\%x_T} \times 100$

$= \frac{1500}{5.721} \times 100 \times \frac{22}{120} = \frac{15000 \times 22}{\cancel{22.84}\ 12 \times 5.721}$

$= 330000$

$P = VI$ $\sqrt{3}$ — $I = \frac{P}{E}$ (ϕ)

$I = \frac{P}{E\sqrt{3}}$ 3ϕ

$\%x = \frac{^{3}P_{h} I_{FL}}{E_{ph}} \times 100$ (ϕ)

(1) $P = VI$

$\therefore$ Power = $E_L \times I_{FL}$ (for ϕ circuit)

Power = $E_L \sqrt{3} I_{FL}$ (for 3ϕ circuit

(2) E_{ph} ను — $I_{FL} \times x_{ph}$ కనుక్కో

100 — ? = %

$\%x = \frac{I_{FL} \times x_{ph}}{E_{ph}} \times 100$ (ϕ) — (1)

E_{ph} ను ($\sqrt{3}$) కనుక్కో

E_L ను — $I_{FL} \times x_{ph} \sqrt{3}$

100 — ? = %

$\%x = \frac{I_{FL} \times x_{ph} \times \sqrt{3}}{E_L} \times 100$ — (2)

పై లో $I_{FL}\sqrt{3} = \frac{Power}{E_L}$ అని (1) లో పెట్టగా

$\%x = \frac{I_{FL} \times x_{ph} \times Power}{E_L^2} \times 100$ (3ϕ)

(3) Base కనుక్కో:

(G) A — x%. E_1 (Power)

(G) B — y%. act E_2 (Power)

E_1 ని base అనుకో

E_2 = y%

E_1 — ? = $\%x = y \times \frac{E_1 \text{ base}}{E_2 \text{ act}}$

(4) $\%x_T = \%x_1 + \%x_2 + \%x_3$ (Series)

$\frac{1}{\%x_T} = \frac{1}{\%x_1} + \frac{1}{\%x_2} + \frac{1}{\%x_3}$ (Parallel)

Line లో %x లను base కనుక్కో

$P = VI$ VA or watt

$P =$ kVA or kW

---

(1) 3ph 11kV system లో 2500 kVA, 12% reactance ఉన్న Turbo Alternator ఉంది. దీనికి transmission line ద్వారా 66 kV sub station కి connect చేసిన Transformer Bank ద్వారా voltage తగ్గించి supply ఇవ్వడమైనది. transformer bank లో 3 ముక్కలు 6% reactance ఉన్నవి. transmission line లో 2 ముక్కలు 5% reactance ఉన్నవి. Sub station లో Bus bar కి Phase to earth fault జరిగినప్పుడు Generator Bus bar కి Phase to earth fault జరిగినప్పుడు Generator లో short circuit current ని కనుక్కో.

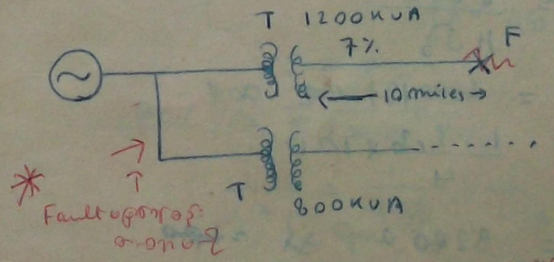
(4) 3 phase 50 Hz Generating station లో 3 ముక్కలు 8000 kVA 14.5% Reactance ఉన్న Generator లు ఉన్నవి. ఒక్కొక్క Generator 4000 kVA 9.5% Reactance ఉన్న Generator లను Bus Bar ద్వారా 66 kV transmission line కి connect చేసినారు. 66 kV వద్ద 3000 kVA 4% Reactance ఉన్న Step up transformer 1 కి load ని తీసినారు. OCB ద్వారా fault current ని maximum kVA ని కనుక్కో. (10000 base)

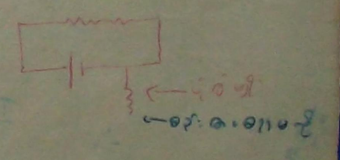
(a) LB size OCB

(b) HB size OCB

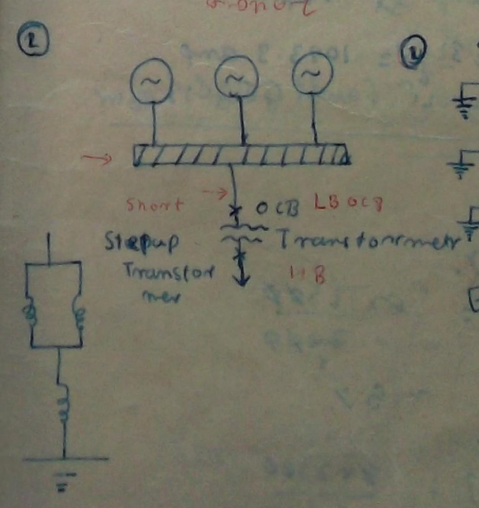
(5) 66 kV single phase system లో short circuit current ని కనుక్కో. Fault లో Trans T కి 10 miles లో 66 kV F వద్ద fault ఉన్నది. Line లో 1 mile కి reactance 0.2 Ω ఉన్నది. Trans కి 66 kV ఉన్నది.

(2)

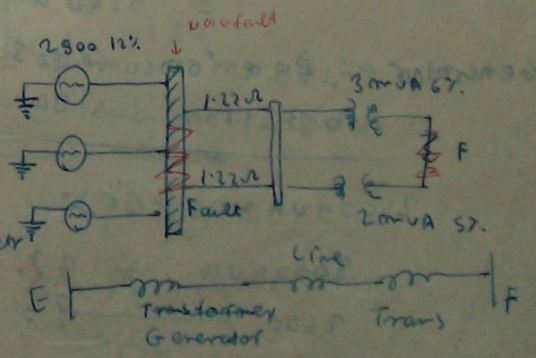




(1)

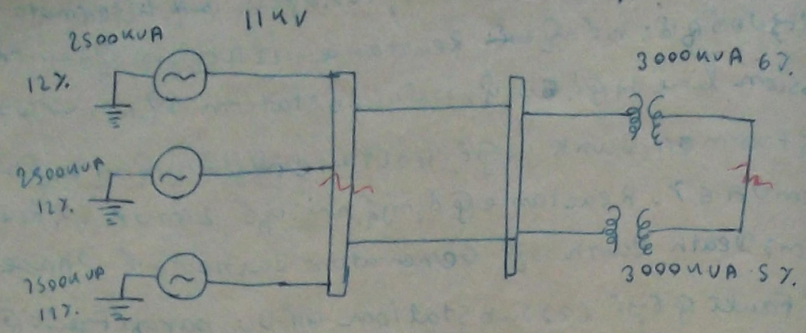


(2)



3 φ

(1)



Generator Bus Bar ஒரு fault ஒரு இடம்:

2500KVA = Base ஒரு:

$I_{sh} = ?$ $\quad I_{sh} = \frac{I_{FL}}{\%x_T} \times 100$

$\%x_T = ?$, $I_{FL} = ?$

$$\frac{1}{\%x_T} = \frac{1}{12} + \frac{1}{12} + \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{\%x_T} = \frac{3}{12}$$

$\therefore \%x_T = 4$

$P = EI\sqrt{3}$

$\therefore 2500 \times \cancel{1000} = 11 \times \cancel{1000} \times I_{FL} \times \sqrt{3}$

$$\therefore I_{FL} = \frac{2500}{11\sqrt{3}}$$

$I_{FL} = \cancel{2500}\ 131.\cancel{02}$ amp

$$\therefore I_{sh} = \frac{131.2}{4} \times 100$$

$= 3280$ amp $\cancel{\times 1} = \cancel{100}$

Generator ன்: இது ஊடாக current $= \frac{3280}{3} = 1093.3$ amp

Trans

Substation Bus Bar ஒரு fault ஒரு இடம்:

2500KVA = base ஒரு:

3000KVA = 6%

2500 ——— ? : $\frac{6 \times 2500}{3000}$

$= 5\%$

3000 = 5%

2500 ——— ? : $\frac{5 \times 2500}{3000}$

Transformer ஒரு: இரு $\%x_T$ ஒரு இடம்:

$$\frac{1}{\%x_{t_1}} = \frac{1}{5} + \frac{1}{4.16}$$

$$\frac{1}{\%x_{t_1}} = \frac{4.16 + 5}{5 \times 4.16}$$

$$\therefore \%x_{t_1} = \frac{5 \times 4.16}{9.16} = \frac{20.8}{9.16}\%$$

Line இ $\%x$ ஒரு இடம்:

Line இரு Resistance = 1.22 Ω

Line 1 line இ $\%x_1 = \frac{I_{FL} \times x_{ph}}{\sqrt{3}\, E_{ph}} \times 100$ $\qquad \%x = \frac{x_{ph} \times Power}{EL^2} \times 100$

$$\%x_1 = \frac{x \times KVA \times 10^3 \times 100}{EL^2}$$

$$\%x_1 = \frac{1.22 \times 2500 \times \cancel{10^3} \times 100}{(11)^2 \times 10^6}$$

$$\%x_1 = \frac{1.22 \times 2500 \times 100}{121 \times 10^3}$$

$$\%x_1 = \frac{122 \times 2500}{121 \times 10^3}$$

$$= \frac{305000}{121000}$$

$= \cancel{1.180}\ 2.525$

$\therefore \cancel{\%x_1 = 1.2}$

$$\frac{1}{\%x_T} = \frac{1}{\%x_1} + \frac{1}{\%x_2}$$

$$\frac{1}{\%x_T} = \frac{1}{2.52} + \frac{1}{2.52}$$

$\therefore \%x_T = 1.78\%$

~~3000 KVA~~ Generator ஒரு: இரு $\%x_T$ ஒரு இடம்:

$\%x_T = 4\%$

$\therefore \%x_T = 4 + 1.78 + 20.8$

$= 26.58\%$

$\therefore \cancel{I_{sh}} = \frac{I_{FL}}{\%x_T} \times 100 = \frac{131.2 \times 100}{26.58} = \frac{13120}{26.58} = 5 + \text{amp}$

2.3

Line ग्रि.x ज्ञात:

$$\%x = \frac{I_{FL} \times x_{pu}}{E_L} \times 100$$

$$I_{FL} = \frac{P}{\sqrt{3}E} = \frac{2500}{11\sqrt{3}}$$

$$\therefore \%x = \frac{\frac{2500}{11\sqrt{3}} \times 1.22 \times 100}{11 \times 1000}$$

$$= \frac{250 \times 1.22}{121\sqrt{3}} = 1.48\%$$

$$\frac{1}{x_{eq}} = \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2}$$

$$\therefore \%x_T = \frac{1.48}{2} = .74\%$$

$$\%X_T = .74 + .4 + 10.8$$

$$= 25.54\%$$

$$\therefore \%x \quad I_{SH} = \frac{I_{FL} \times 100}{\%x_T}$$

$$I_{SH} = \frac{131.2 \times 100}{25.54} = \frac{13120}{25.53}$$

Substation Busbarg Faultgfgt: Zyg

2500KVA - base gfgt:

3000 KVA ——— 6% gfgt

2500 ——— ? $= \frac{6 \times 2500}{3000} = 5\%$

2000KVAgf 5%.

2500 ——— ? $= \frac{5 \times 2500}{2000} = 6.25$

$$\therefore \%x_T = \frac{5 \times 6.25}{11.25}$$

$$= \frac{31.25}{11.25} = 2.725$$

one line gf %x T = $\frac{I_{FL} \times x_{pu}}{E_{ph}} \times 100$

$I = \frac{P}{E}$

2gf 6% $I_{FL} = \frac{2500}{\sqrt{3}E} = \frac{2500}{11\sqrt{3}}$

$$\therefore \%x_T = \frac{\frac{2500}{11\sqrt{3}} \times 1.22 \times 100}{11 \times 1000}$$

$$= \frac{250 \times 1.22 \times 1000}{121 \times \sqrt{3} \times 1000} = \frac{250 \times 1.22}{121\sqrt{3}}$$

$$= 1.44\%$$

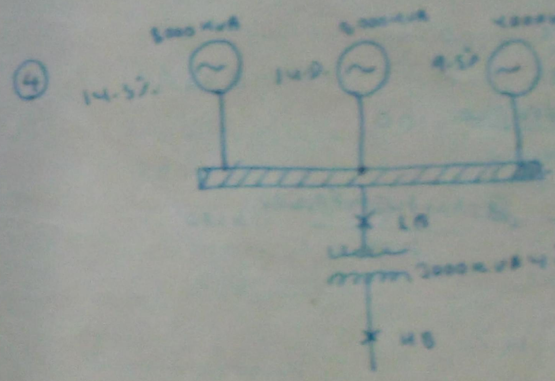
$\therefore$ Line gf $x_{Tone} = \frac{1.44}{2} = .72\%$

Generator gf $x_g = 4\%$

$\therefore \%X_T = 4 + .72 + 2.725 = 7.445$

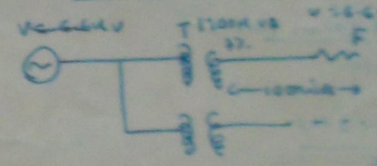
$$\therefore I_{SH} = \frac{I_{FL} \times 100}{\%x_T} = \frac{2500 \times 100}{\sqrt{3} \times 11 \times 7.445} = \frac{13120}{23.53}$$

④



LB gfgt: Zyg

⑤



$$I_{SH} = \frac{I_{FL}}{\%x_T} \times 100$$

$I_{FL} = ?$ $\%x_T = ?$

$\%x_T$ = Transformer gf %x + Line gf %x

Line gf %x = $\frac{x_{pu} \times I_{FL}}{E} \times 100$

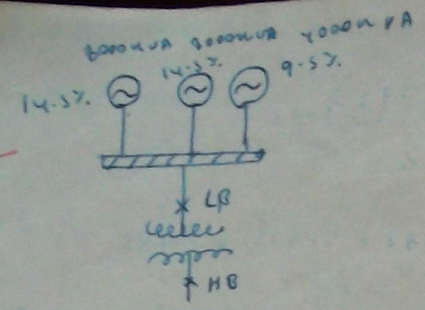
$$\%x = \frac{10 \times 0.2 \times \frac{1200}{6.6}}{6.6 \times 1000} \times 100$$

$$\%x = \frac{2 \times 1200 \times 100}{6.6 \times 6.6 \times 1000} = \frac{3 \times 0}{6 \times 6 \times 6}$$

$$\therefore \%x_T = 7 + \frac{2.40}{6 \times 6.6} \%$$

$$\therefore I_{SH} = \frac{I_{FL}}{\%x_T} \times 100$$

$$I_{SH} = \frac{\frac{1200}{6.6}}{7 + \frac{3 \times 0}{6 \times 6 \times 6}} \times 100$$



$E_{ph} = I_{FL} \times x_{ph} \sqrt{3}$

100 ——— ?

$\% x = \frac{I_{FL} \times x_{ph} \sqrt{3}}{E_{ph}} \times 100$

$\% x = \frac{\sqrt{3} I_{FL} \times x_{ph}}{E_{ph}} \times 100$

$\% x = \frac{\sqrt{3} I_{FL}}{I_{sh}} \times 100$

$\% x = \frac{\sqrt{3} V \times I_{FL}}{V \times I_{sh}} \times 100$

$P = V I \sqrt{3}$

$\% x = \frac{\text{Short ఫ్రీక్వెన్సీ power}}{\text{Short ఫ్రీక్వెన్సీ power}} \times 100$

∴ Short ఫ్రీక్వెన్సీ power $= \frac{\sqrt{3}\ \text{short ఫ్రీక్వెన్సీ power}}{\% x} \times 100$

8000 kVA = Base ఫ్రీక్వ:

∴ 4000 kVA ని ఫ్రీక్వ = 19%

$\therefore \frac{1}{\% x_T} = \frac{1}{14.5} + \frac{1}{14.5} + \frac{1}{19}$

$\frac{1}{\% x_T} = \frac{14.5 \times 14.5 + 19 \times 14.5 + 19 \times 14.5}{14.5 \times 14.5 \times 19} = 5.25$

$\therefore \% x_T = \frac{14.5 \times 14.5 \times 19}{48}$

∴ Power $= \frac{\sqrt{3} \times 8000 \times 100 \times 48}{14.5 \times 14.5 \times 19}$

Power sh $= \frac{8000}{5.25} \times 100 = 152.5$

$= 16600$ kVA $= 272$ mVA

3000 kVA = 4%

8000 ——— ? $= \frac{4 \times 8000}{3000} = \frac{32}{3} = 10.66\%$

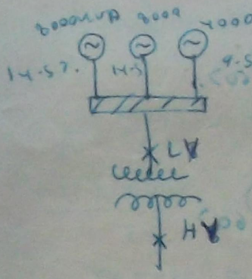
$\therefore \% x_T = \frac{14.5 \times 14.5 \times 19}{19 + 19 + 14.5} + 10.66 = 15.91$

$= 93.5\%$

∴ Power $= \frac{\sqrt{3} \times 8000 \times 100}{15.91}$

$= 18705$ mVA

$\frac{1}{\% x_T} = \frac{1}{14.5} + \frac{1}{14.5} + \frac{1}{19} = \frac{14.5 + 14.5 + 19}{14.5 \times 14.5 \times 19}$



$\% x = \frac{\sqrt{3} I_{FL} \times x_{ph}}{E_{ph}} \times 100$

$\% x = \frac{\sqrt{3} I_{FL}}{I_{sh}} \times 100$

$\% x = \frac{\sqrt{3} V I_{FL}}{V I_{sh}} \times 100$

$\% x = \frac{\sqrt{3} \times \text{Short ఫ్రీక్వెన్సీ power}}{\text{Short ఫ్రీక్వెన్సీ power}} \times 100$

2000 kVA = base ఫ్రీక్వ:

8000 kVA = 14.5

2000 ——— ? $= \frac{14.5}{4} = 3.625\%$

4000 kVA = 9.5%

2000 ——— ? $= \frac{9.5}{2} = 4.75\%$

Generator ఫ్రీక్వ: $\% x_T = ?$

$\frac{1}{x_{t_1}} = \frac{1}{3.625} + \frac{1}{3.625} + \frac{1}{4.75}$

$= \frac{2}{3.625} + \frac{1}{4.75}$

$= \frac{1}{1.8125} + \frac{1}{4.75}$

$\therefore x_{t_1} = \frac{1.8125 \times 4.75}{1.8125 + 4.75} = \frac{1.8125 \times 4.75}{6.5625}\%$ (1)

3000 kVA = 4%

2000 ——— ? $= \frac{4 \times 2000}{3000} = \frac{8}{3} = 2.667\%$

$\therefore x_T = \frac{1.8125 \times 4.75}{6.5625} + 2.667$

(1) $= \frac{8.55}{6.56} + 2.667 = 1.28 + 2.67$

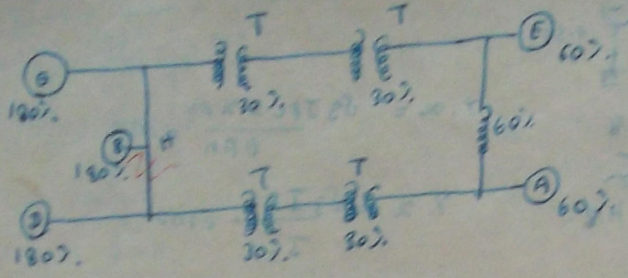
$= 3.95\%$

∴ HB ఫ్రీక్వ: ~~% x~~ kVA = ?

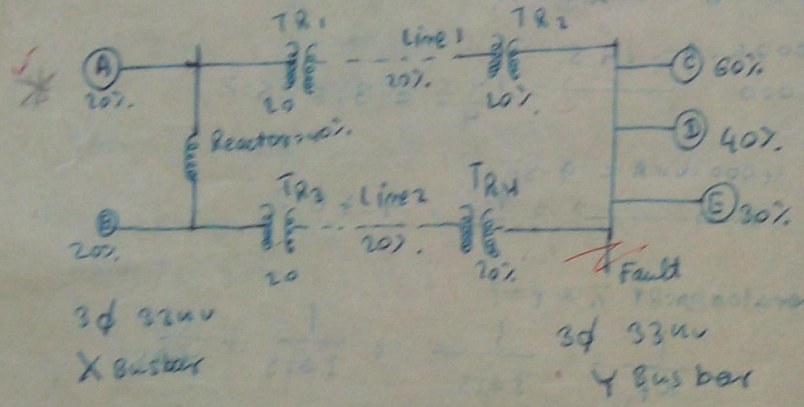
$3.95 = \frac{\sqrt{3} \times 2000}{\text{Power}} \times 100$

Power $= \frac{173.21 \times 2000}{3.95} = 87500$ kVA $= 87.5$ mVA $= 272$ mVA

LB ఫ్రీక్వ kVA $= \frac{173.21 \times 2000}{1.28} = 272000$



G ன: 00: 6ன percentage reactance ஆக: ஊர் 100 mVA ஏற்ற
B: ஐ ஊரில் fault ஆக: ஊர் Busbar B ஐ ஐ fault current
கீழ்க்காண் Busbar System voltage ஊர் 6.6 kV ஆகும் A, B, C, D ஐ
E ஆ.ஐ generator ஆக: ஐ ஐ T ஐ Transformer ஆ ஐ ஊரில்



இதற்கான சமன்பாடு: ஒன்றாக Bus Bar Y ல் ஏற்படும் 3φ fault ஐ
ஈட்டும் short circuit current per phase ஐ காண 6ன: ஏற்ற % reactance
ஆ ஐ 100 mVA ஏற்ற Base ஆக: ஊர்

① ∴ Power = 100×10^6 volt ampere

generator ③ ஐ, ④ ஆ Total % x ஐ?

$$\frac{1}{\%x_T} = \frac{1}{180} + \frac{1}{180}$$

$$\%x_T = 90\%$$

3φ, 90% ஆ % x_T = 90 + 180 = 270% —①

(Trans) 60% ஐ ஆ % x_T = 30% —①

ES, AB % x_T = 30% —①

Total % x_T = 270 + 30 + 30 = 330%

Busbar ல் ஏற்படும் fault ஐ ஈட்டும்

$$\%\text{amp} = \frac{I_{FL} \times \%p}{\%x}$$

$$I_{SA} = \frac{I_{FL}}{\%x} \times 100$$

$$I_{SA} = \frac{I_{FL}}{330} \times 100$$

$\sqrt{3} I_{FL} \times 6 =$ Power

$\sqrt{3} \times I_{FL} \times 6.6 \times 1000 = 100 \times 10^6$ VA

$\sqrt{3}\, I_{FL} \times 66 = 10^6$

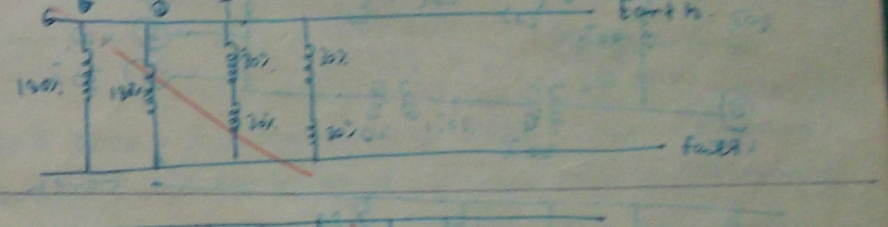
$$I_{FL} = \frac{10^6}{66\sqrt{3}}$$

$$\therefore I_{SA} = \frac{\frac{10^6}{66\sqrt{3}}}{330} \times 100$$

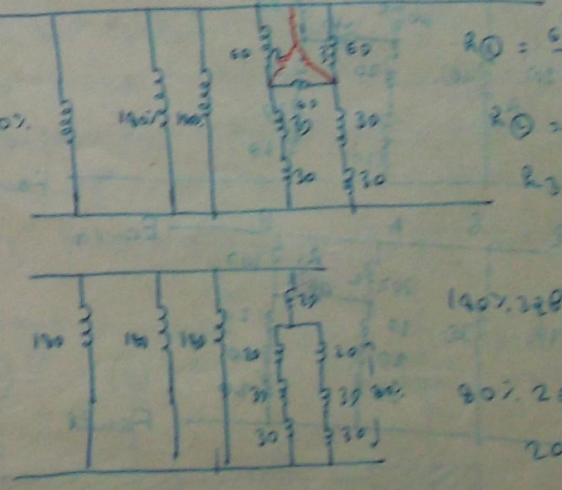
$$= \frac{10^6}{66\sqrt{3}} \times \frac{100}{330} = \frac{10^3}{11\sqrt{3}} \text{ amp}$$

= amp

①



②



$R_① = \frac{60 \times 60}{180} = 20\%$

$R_② = 20\%$

$R_③ = 20\%$

180% ஐ ஆ % $x_T = \frac{180}{3} = 60\%$ —①

30% ஐ ஆ % x_T = 40%

20% ஐ ஆ 30% ஆ

ஆ % x_T = 60 + 10

= 60% —①

Total $\frac{1}{\%x_T} = \frac{1}{60} + \frac{1}{60}$

$\%x_T = 30\%$

$$I_{SA} = \frac{I_{FL} \times 100}{\%x_T}$$

$$I_{SA} = \frac{I_{FL}}{30} \times 100 = \frac{10}{3} I_{FL}$$

$$I_{FL} = \frac{\text{Power}}{\text{P.F}} = \frac{100 \times 10^6}{6.6 \times 1000} \times \frac{10^3}{\sqrt{3}}$$

$I_{FL} = \frac{10^4}{66\sqrt{3}} = \frac{10000}{66\sqrt{3}}$

$I_{Sn} = \frac{10000}{66\sqrt{3}} = \frac{5000}{11\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}}$

$I_{Sn} = \frac{5000 \times 1.732}{33}$

$I_{Sn} = \frac{8660.5}{33} = 262$

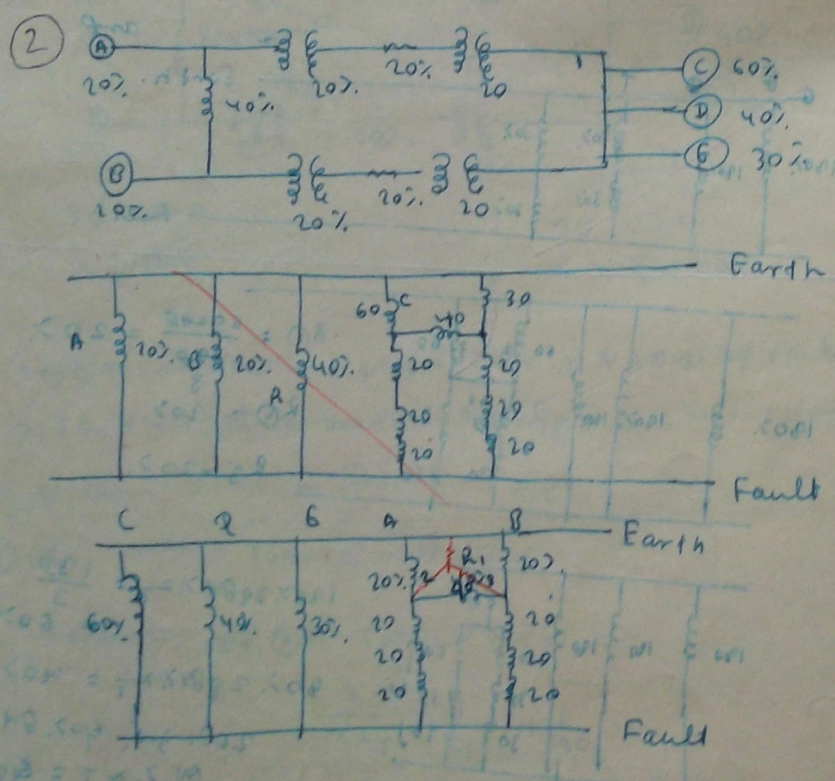
$I_{FL} = \frac{10^5}{6.6}$

$I_{Sh} = \frac{10}{3} \times \frac{10^5}{6.6} = \frac{10^6}{198} = 5050$ amp 1ϕ ഉള്ളതാണ്

3ϕ ഉള്ളതാണ് $= \frac{10^5}{66\sqrt{3}}$ $I_{Sh} = \frac{10}{3} \times \frac{10^5}{66\sqrt{3}} = \frac{5050}{\sqrt{3}}$

$= 2917$ amp

(2)

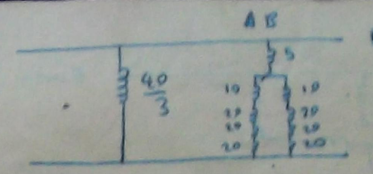


കാരണം $R_t = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{60} + \frac{1}{40} + \frac{1}{30}$

$= \frac{2+3+4}{120} = \frac{9}{120}$

$R_t = \frac{120}{9} = \frac{40}{3}\Omega$

$R_1 = \frac{2 \times 40}{80} = 5\Omega$ $R_2 = \frac{20 \times 40}{80} = 10\Omega$ $R_3 = \frac{40 \times 20}{80} = 10\Omega$



$R_{t_1} = ?$ $\frac{1}{30} + \frac{1}{30} = \frac{1}{R_{t_1}}$ $R_{t_1} = 15\Omega$

$R_t = 35 + 5 = 40\Omega$

Total Resistance $\Rightarrow \frac{1}{R_T} = \frac{1}{40} + \frac{1}{40} = \frac{2}{40}$

x_T $R_T = 10\Omega$ %

$I_{Sn} = \frac{I_{FL}}{\%x_T} \times 100$

$I_{Sn} = \frac{I_{FL}}{10} \times 100$ $I_{Sn} = 10 I_{FL}$

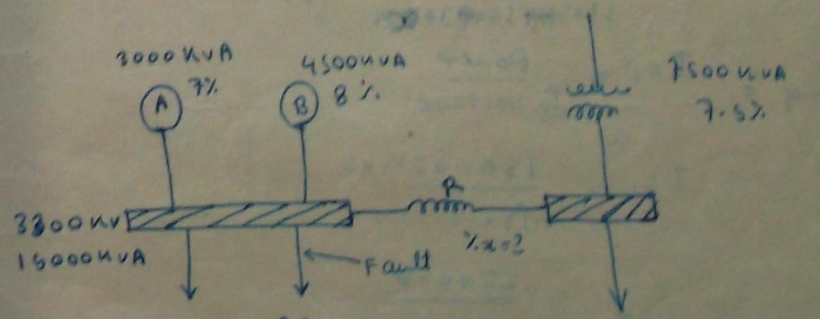
$V \times \sqrt{3} I_{FL} =$ Power

$33 \times 10^3 \times \sqrt{3} I_{FL} = 100 \times 10^6$

$33\sqrt{3}\, 10^3 I_{FL} = 10^8$ $\therefore I_{FL} = \frac{10^5}{33\sqrt{3}} = \frac{10000 \times \sqrt{3}}{33 \times 3}$

$\therefore I_{FL}$ $\frac{173210}{99} = 1750$ amp $I_{Sh} = 17500$

* 3ϕ 50Hz 3300 V powerstation ൽ 3000 kVA & 4500 kVA alternator 2 എണ്ണം, തന്നിരിക്കുന്നു: 6% & 8% Reactances ഉം 7% ന്റെ, 8% ന്റെ circuit Breaker ന്റെ repturning capacity യും 150000 kVA ആയിരിക്കും എങ്കിൽ 7500 kVA 7.5% Reactance ഉള്ള Transformer ൽ ന്റെ. // തീരെ ചെറിയ ഒരു short ഉണ്ടാക്കുന്നു fingar ന്റെ Fault ഉള്ളപ്പോൾ switch gear ൽ ഉണ്ടാകുന്ന Reactor R ന്റെ Reactance/phase കണ്ടുപിടിക്കുക.



3000 kVA = 7%

150000 kVA = ? $= 7 \times \frac{150000}{3000} = 350\%$

4500 kVA = 8%

150000 ——— ? $= 8 \times \frac{150000}{4500} = \frac{800}{3}\%$

7500 kVA = 7.5%

150000 ——— ? $= 7.5 \times \frac{150000}{7500} = 150\%$

$5 \times 560x - 37x = 58 \times 15 + 560 - 75 \times 560$

$2800x - 37x = 870 + 560 -$

$$\frac{1}{\%x_T} = \frac{58}{560} + \frac{1}{7.5 + x}$$

$$\frac{1}{\%x_T} = \frac{58 \times 7.5 + 58x + 560}{560 \times 7.5 + 560x}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{58 \times 7.5 + 58x + 560}{560 \times 7.5 + 560x}$$

$$112 \times 7.5 + 112x = 58 \times 7.5 + 58x + 560$$

$$112x - 58x = 58 \times 7.5 + 560 - 112 \times 7.5$$

$$54x = 58 \times \frac{15}{2} + 560 - 112 \times 7.5$$

$$x = \frac{29 \times 15 + 560 - 112 \times 7.5}{54}$$

$$= \frac{435 + 560 - 840}{54}$$

$$= \frac{995 - 840}{54} = \frac{15.5}{54} = 7.26\%$$

$$\%x = \frac{I_{FL} \times x_{ph}}{E_{ph}}$$

$$\frac{\%x \times E_{ph}}{I_{FL}} = x_{ph}$$

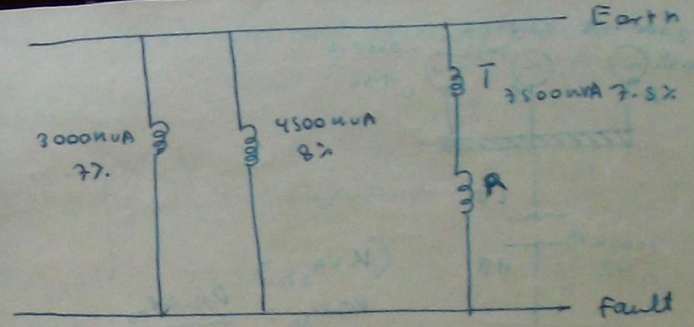
$$\frac{2.6 \times 3300}{\frac{7500}{\sqrt{3} \times 3.3}} = x_{ph}$$

$$\frac{2.6 \times 3300}{1310} = \frac{858}{131} = 6.54$$

$$\%x = \frac{x_{ph}\ \text{Power}}{EL^2} \times 100$$

$$7.25 = \frac{x_{ph} \times 150000 \times 100}{3300 \times 3300} \leftarrow VA \quad \leftarrow V$$

$$\frac{7.25 \times 1089}{1500} = x_{ph} = .105$$



7500kVA = base for %

3000kVA = 7%

$7500 \longrightarrow ? = \frac{7 \times 7500}{3000} = \frac{35}{2}\%$

4500kVA = 8%

$7500 \longrightarrow ? = 8 \times \frac{7500}{4500} = \frac{40}{3}\%$

R for %x = y for %

$$\frac{1}{\%x_t} = \frac{2}{35} + \frac{3}{40}$$

$$\frac{1}{\%x_t} = \frac{16 + 21}{280}$$

$$\%x_t = \frac{280}{37}\%$$

$$\frac{1}{\%x_T} = \frac{37}{280} + \frac{1}{7.5 + y}$$

$$kVA_{sh} = \frac{kVA \times 100}{\%x_T}$$

$$150000 = \frac{7500 \times 100}{\%x_T}$$

$$\%x_T = 5\%$$

$$\frac{1}{5} = \frac{37}{280} + \frac{1}{7.5 + y}$$

$$\frac{1}{5} - \frac{37}{280} = \frac{1}{7.5 + y}$$

$$\frac{56 - 37}{280} = \frac{1}{7.5 + y}$$

$$\frac{19}{280} = \frac{1}{7.5 + y}$$

$$7.5 + y = \frac{280}{19}$$

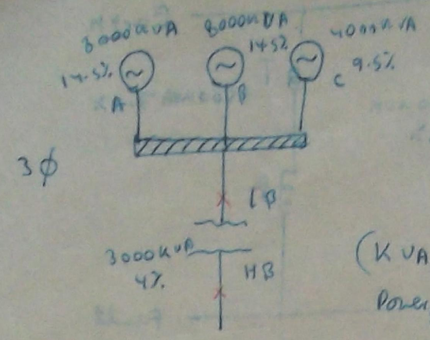
$$7.5 + y = 14.75$$

$$\therefore y = 7.25\%$$

$$I_{FL} = \frac{\text{Power}}{\sqrt{3}E} = \frac{7500}{\sqrt{3} \times 3.3} = 1315 \text{ amp}$$

$$\%x = \frac{I_{FL} \cdot x_{ph}}{E_{ph}} \times 100$$

$$7.25 = \frac{1315 \times x_{ph}}{3300} \times 100 \qquad x_{ph} = \frac{7.25 \times 33}{1315} = \frac{239.25}{1315}$$



$$(KVA_{sh}) \quad Power_{sh} = \frac{Power_{FL}}{\%x_t} \times 100$$

1000 KVA = base တွေ့ရဲ့

$$\%x_1 = \frac{KVA\ base}{KVA\ act} \times \%x_{act}$$

∴ A ရဲ့ %x = 3.625%

B ရဲ့ %x = 3.625%

C ရဲ့ %x = 4.75%

Trans ရဲ့ %x = 2.667%

Generator ရဲ့ %x T

$$\frac{1}{\%x\,t_1} = \frac{1}{3.625} + \frac{1}{3.625} + \frac{1}{4.75}$$

$$\%x\,t_1 = 1.28\%$$

$$\%x_T = 1.28 + 2.667 \quad \text{or} \quad 1.28 + 2.67$$

$$= 3.95\%$$

$$Power\ (sh) = \frac{Power\ FL}{\%x} \times 100$$

LB ဘက်မှာ 1.28%

$$Power\ sh = \frac{2000\ KVA}{1.28} \times 100$$

$$= \frac{200000}{1.28} = 156000\ KVA$$

$$= 156\ mVA$$

HB ဘက်မှာ

$$Power\ sh = \frac{Power\ FL}{\%x} \times 100$$

$$= \frac{200000}{3.95} \times 100 = \frac{200000}{3.95}$$

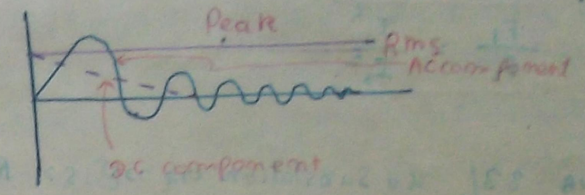
$$= 50700\ KVA$$

$$= 50.7\ mVA$$

$$\%x = \frac{x \times Power}{EL^2}$$

2.

Peak value and Doubling Effect



Short circuit ဖြစ်သော အခါ အမှန်စိစစ်သော current သည် ပုံတွေ့ရသော current ထက် များစွာကြီးစွာ တွေ့ရှိရသည်။ အကြောင်းမှာ ဓာတုစနစ်ကြောင့် R.M.S တန်ဖိုး ပို၍သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် အများအားဖြင့် ကိုသမိုက်ဂျင်နရေတာကြီးများ ဝယ်ယူသည်နှင့်တိုင် Peak Value ကြောင့် သည်။

Short circuit ဖြစ်သောအခါ alternator ရဲ့ A.C current သော armature Reaction နှင့် Peak Reaction များကြောင့် DC wave ကို သော သဘောတရား အကြောင့် DC component ပါဝင်လာသည်။ ၎င်းဖြင့် Line များ Busbar များ cable များမှာလည်း DC Back current ဖြစ်ပွားစိုးရိမ်သည်။ ထို့ကြောင့် Short circuit ဖြစ်တဲ့အခါ short circuit current ဆိုတာကို ၂ဆခန့်ပါးဖြစ်စေသည်။ ဥပမာ အားဖြင့် 1.8 ခန့်၊ ဝက်အားပေးကွင် Doubling effect ပါဝင်စွဲဖြစ်သည်။

$$I_{sh}\ (Peak) = \sqrt{2}\ I_{sh}$$

$$I_{sh}\ (Doubling) = 1.8\ I_{sh}$$

*mechanical stress

Short circuit များစွာဖြစ်သော အခါပါဝင်ရှိ: ကွင်းတွင် field ဖြစ်ပေါ်သည်။ ယင်း field တို့သည် အချင်း field တို့နှင့် ထိတွေ့သော အခါ ဖြစ်စေ စွမ်းကြသော အခါ ဖြစ်စေ။ သဘောတရား အားဖြင့် (force) ဖြစ်ပေါ်သည်။ ယင်း force သည် current ပမာဏကို မူတည်ပြီး ကြီးငယ်သည်။

Mechanical stress အတွက် သို့တိုက် current ပမာဏကို အဓိကထားရှိသည်။ သင့်တော်သော force များဖြစ်စေရန် I_{sh} ကို ဝက်သော Reactance ရှိသည်, Reactor ဝယ် Inductive coil ကြီးများကို မှတစ်ဆင့် စီးဆင်း (series) ဆက်သွယ်ပေးရသည်။

$F \propto I^2$

$$\frac{F_1}{F_2} \propto \frac{I_1^2}{I_2^2}$$

Ex. 150 mVA 33/6.6 kV Substation এর ব্যবহৃত 15% Reactance নির্ণয়: Protective Reactor হিসাবে কিংবা 8% নির্ণয় করুন। (ক) Reactor এর পূর্বে (খ) Reactor এর পরে mechanical stress হিসাব করুন।

150 mVA

33 — 6.6 — 8%

(ক) Reactor এর পূর্বে 15% — X স্থি: এর side এর 6.6 কিভি I_{FL} হবে

$$\text{mech. stress} = \frac{I_{sh}^2}{I_{FL}^2}$$

$\therefore I_L = 150 \times 10^6$

$$\therefore I_L = \frac{150 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 6.6 \times 10^3} = 13.1 \times 10^3 \text{ amps}$$

$$I_{sh} = \frac{13.1 \times 10^3}{15} \times 100 = 87.3 \times 10^3 A$$

$$\therefore \text{mechanical stress} = \frac{(87.3 \times 10^3)^2}{(13.1 \times 10^3)^2} = 44.4 \text{ (ans)}$$

(খ) Reactor ছাড়া

$$I_{sh} = \frac{13.1 \times 10^3}{15.8} \times 100 = 57 \times 10^3 \text{ amp}$$

$$\therefore \text{mechanical stress} = \frac{(57 \times 10^3)^2}{(13.1 \times 10^3)^2} = 18.9 \text{ (Ans)}$$

Surge Reactor

Reactor এর ব্যবহৃত Resistance কে Inductive Reactance এর তুলনায় খুবই কম রাখা হয়। short circuit এর সময় বিদ্যুৎ সরবরাহ Distribution Line এর যে কোন স্থানে parallel দুটি Feeder এর মধ্যে Reactance কে সমান করা হয়। Reactor এর দুপাশে সমান ভোল্টেজ থাকে বিধায় circuit Breaker এর উপর চাপ কম পড়ে।

Reactor দুই প্রকার- (১) Air Insulated Type

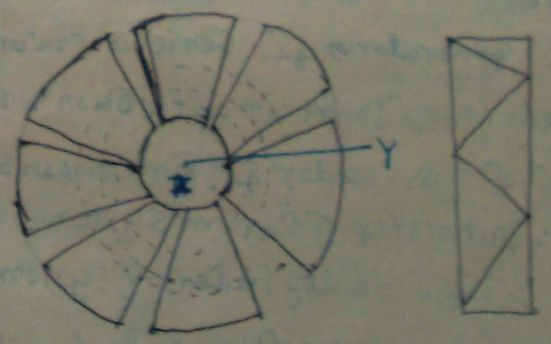
(২) Oil Immersed Type

Air Insulated Type Reactor এ copper Strip বা wire এর তৈরী concrete pillar এর উপর ঝুলানো থাকে। conductor কে pillar থেকে আলাদা করার জন্য porcelain Insulation ব্যবহার করা হয়। generator এর star point কে earth করার জন্য phase Reactor ব্যবহার করা হয়।

Oil Immersed Type

এ ধরনের Reactor কে Transformer এর মত তেলের মধ্যে ডুবিয়ে রাখা হয়। oil Immersed Type এর air core Reactor এর চেয়ে ছোট হয়। 33 kV এর উপরে High Voltage Line এর জন্য air core Reactor ব্যবহার করা হয়।

Air core concrete Reactor



Section on XY

Limitation of short circuit current Reactor

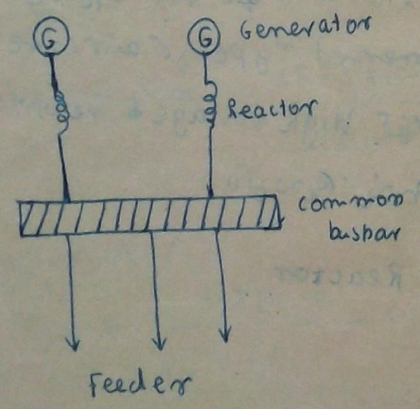
Electrical system တခုတွင် Reactance များစွာ ရှိသော် short circuit current စီးဝင်လာသော် ရှိသမျှ equipment များ၊ ဖိုးဖြောင့်သော network တခုတွင် rating capacity ကြီးမားသော် ပြဿနာမရှိသော်လည်း Fault ဖြစ်ခဲ့ပြီး short circuit current သည် အလွန်များပြားသော် ထိုအခါ ပြဿနာရှိလာပါသည်။ ထိုကဲ့သို့ fault current ကို ကန့်သတ်ခြင်းပြုလုပ်ရန် Reactor များကို အသုံးပြုပါသည်။

System တခုကို ဆင်ယင်စဉ်တွင် ရှိသော်ကြီးမားသည့် capacity ရှိသော circuit breaker များကို ဝယ်ယူရန် စိုးရိမ်ပူပန်နေရသော် current limitation Reactor များကို အသုံးပြုခြင်းဖြင့် ထိုပြဿနာကို ရှင်းလင်းနိုင်သည်။ short circuit current ဖြစ်သောအခါ ထို Reactor မှလျော်ကြေးတွေ့ Reinforce concrete frame များဖြတ်ကျော်ဆင်ထားရသည်။

Position of Reactor (Reactor များတပ်ဆင်ရသည့်နေရာများ)

current limiting reactor များကို ၃မျိုးမြင်နိုင်ပါသည်။

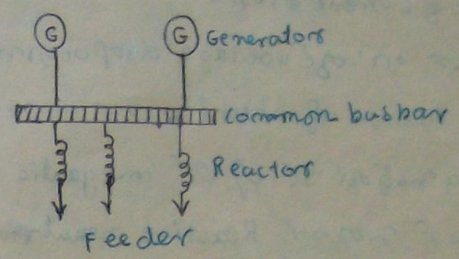
(1) Generator Reactor



Reactor များကို generator များနှင့် series ဆက်စပ်ထားခြင်းဖြင့် ထိုကွေ့ကွင်းများမှ feeder တခုတွင် short circuit ဖြစ်ပေါ်သော် ကျန်သော common busbar voltage မကျဆင်းဘဲ ကျန်ရှိ feeder နှင့် ချိတ်ဆက်ထားသော synchronous machine များ၊ ကိုယ်စီ out of step ဖြစ်ခြင်းမှ system တခုလုံး breakdown ဖြစ်ခြင်းမှကင်းလွတ်သည်။ Faulty feeder ကို system မှဖယ်ထုတ်ခြင်းဖြင့် synchronous machine များကို ပြန်လည် Re-Synchronous ပြုလုပ်ပေးနိုင်သည်။

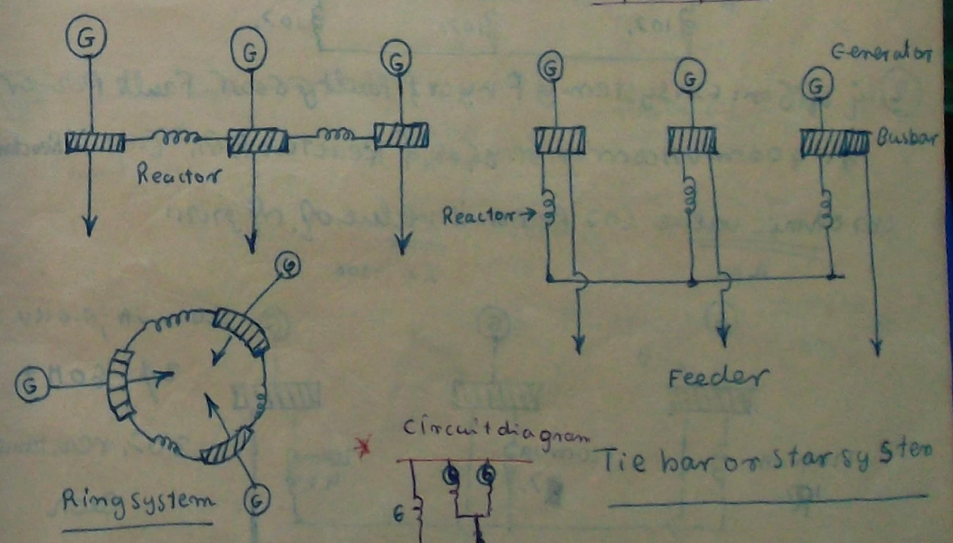
ယုံကြည်စိတ်ချရမှုရှိသော်လည်း alternator များမှ Transient Reactance ကြီးမားခြင်းဖြင့် short circuit current ကို ကြီးမားစွာ ကန့်သတ်ခြင်းမရှိသော်ကြောင့် အသုံးပြုမှုနည်းပါသည်။

(2) Feeder Reactor

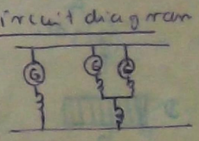


Feeder များနှင့် series ဆက်ထားခြင်းဖြင့် ကြီးမားတွေ့ရတတ်သော ရွှေ့ပြောင်းမှုများ ဖြစ်ပေါ်ပါသည်။ short circuit ဖြစ်သော် ကြီးမားသော voltage drop များ ~~ဖြစ်ပေ~~ Faulty feeder Reactor များကြောင့် ကျန်ရှိသောကွင်းများ ဆောင်ရွက်ပေးနေသော System တခုလုံး တွင်ကျန်ရှိသော Load နှင့် plant များသည် စက်ရပ်သွားရသည်။ Busbar များတွင် short circuit ဖြစ်ပေါ်သော် ၎င်းနှင့်သက်ဆိုင်သော alternator များတွင် protection ပစ္စည်းကြောင့် ဖွင့်ထားသော်လည်း Busbar short circuit မှာ ကြီးမားစွာဖြစ်ပေါ်သည်။ ထို့ကြောင့် alternator တို့ကို စိတ်ပင်ကိုယ် Reactor များဖြင့် ကာကွယ်ပေးရသည်။

(3) Busbar Reactor



circuit diagram



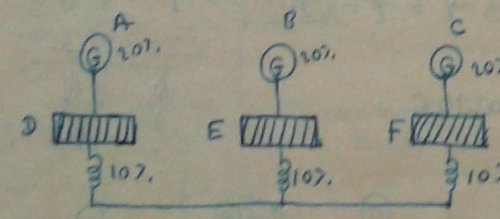
circuit diagram

Tie bar or star system

ဒီအမျိုးအစား Generator Reactors နှင့် Feeder Reactors များတွင် normal operating current နှင့် Full load current များ၏ ပမာဏသည် constant loss နှင့် Tie bar system များတွင် Reactors များ၌ ကျဆင်းသော voltage drop များသည် ပုံမှန်အားဖြင့် သေးငယ်ကြောင်း သတိပြုရန်လိုသည်။ Short circuit ဖြစ်သောအခါ generator တို့၌ current များသည် များစွာကြီးမားသည်။

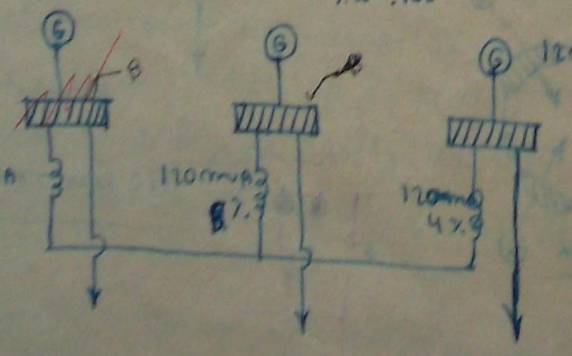
ဟုတ်ကဲ့ Reactor များတွင် voltage drop ပမာဏများသောကြောင့် ဒီအတွက်ကြောင့်ပဲ ကျနော်တို့ fuse များကို Shunt ဆက်သွယ်ထားသောကြောင့် normal operating အခြေအနေတွင် ၎င်းတို့၏ magantic field များသည် အလုံအလောက်အားကောင်းသည်။ ဒီအတွက် Reactive ကို neutralize ဖြစ်စေပြီး အနှောင့်အယှက်မရှိစေဘဲ Fault ဖြစ်သောအခါ fuse ပေါက်ကွဲကာ circuit တွင် Reactance အကြီးမားဆုံး Reactor တန်ဖိုးအတိုင်း ခံနိုင်ရည်ရှိစေသည်။

① ကျွန်တော်တို့ အားလုံးတွေဟာ ဒီလိုမျိုး busbar section ခွဲခြားထားတဲ့ generating plant နှစ်ခုအကြား generating များ၏ rating များသည် 50 mVA 20% ဖြစ်သည်။ Tiebar Reactor သည် 10% ဖြစ်ကာ ၎င်းတို့ကြားတွင် section တစ်ခုတွင် short ဖြစ်ခဲ့သော် short circuit mVA ရှာပါ။

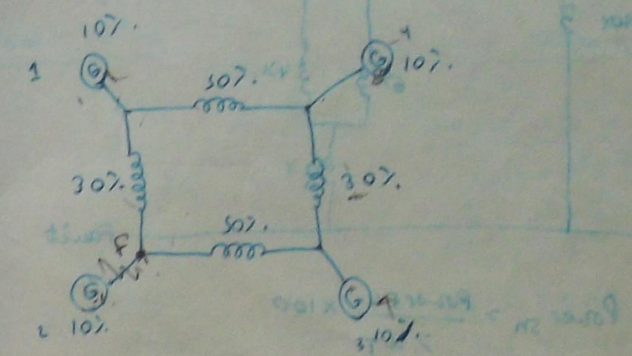


② ပုံတွင်ပြထားသော system နှင့် fault ဖြစ်သော် Fault Power မှာ 400mVA ဆိုလျှင် ထိုအတွက် Reactor R ၏ (အား) % Reactance (သို့) ohmic value (အား) per unit value ကို ရှာပါ။

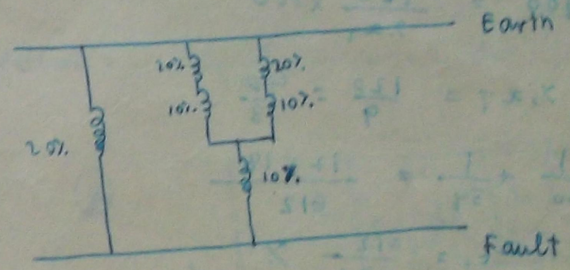
$\frac{\text{mVA}}{\%x} \times 100$ $\quad$ $\frac{\%x}{100}$



② ပုံတွင်ပြထားသော network မှ 3φ fault ဖြစ်သော် fault power ကို ရှာပါ။ % Reactance များမှာ 100mVA base တွင်ဖြစ်ကြောင်း ဖြေဆိုထားသည်။



①



$\frac{1}{\%x_1} = \frac{1}{20} + \frac{1}{300} = \frac{1}{15}$ $\quad \%x_1 = 15\%$

$\%x_2 = 25\%$

$\frac{1}{\%x_T} = \frac{1}{25} + \frac{1}{20} = \frac{20+25}{500} = \frac{45}{500}$

$\%x_T = \frac{100}{9}\%$

~~$\sqrt{3}$ IfL × Eph = Power~~

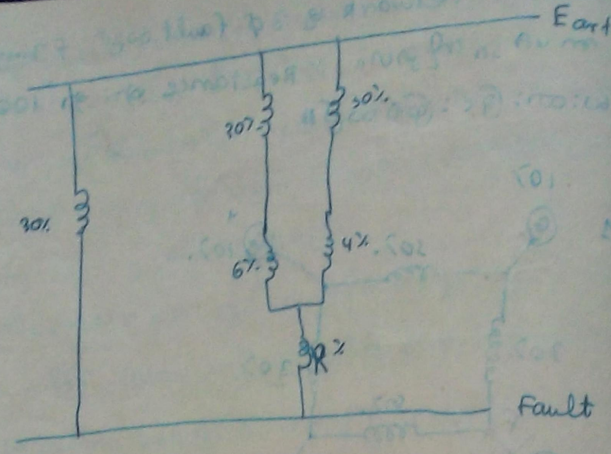
$\sqrt{3} \times I_{fL} \times$

$\text{mVA}_{(\text{Power})_{sh}} = \frac{\text{Power}_{FL} \times 100}{\%x_T}$

$\text{Power}_{sh} = \frac{50 \times 100}{\frac{100}{9}}$

$\text{Power}_{sh} = 450\text{mVA}$ (Ans)

②



$$\text{Power}_{sh} = \frac{\text{Power FL}}{\%x_T} \times 100$$

$$900 = \frac{120}{\%x_T} \times 100$$

$$\%x_T = \frac{120}{9} = \frac{40}{3}$$

$$\frac{1}{x_{t_1}} = \frac{1}{30} + \frac{1}{34} = \frac{17+18}{612}$$

$$\therefore x_{t_1} = \frac{612}{35}\ \%$$

$$x_{t_1} + R = \frac{612}{35} + R = \frac{612+35R}{35}$$

$$\frac{1}{\%x_T} = \frac{1}{30} + \frac{35}{612+35R}$$

$$\frac{3}{40} = \frac{1}{30} + \frac{35}{612+35R}$$

$$\frac{3}{40} - \frac{1}{30} = \frac{35}{612+35R}$$

$$\frac{9-4}{120} = \frac{35}{612+35R}$$

$$\frac{5}{120} = \frac{35}{612+35R}$$

$$612 + 35R = 840$$

$$35R = 228 \qquad R = \frac{228}{35} = 6.525\ \%$$

$$\%x_T = \frac{x \text{ Power } 10^3}{EL^2} \times 100$$

$$\frac{40}{3} = \frac{x \times 120 \times 10^3 \times 10^3 \times 100}{(6.6\times10^3)^2}$$

$$\frac{40}{3} = \frac{x \times 12 \times 10^8}{43.6\ 10^6}$$

$$\frac{40}{3} = \frac{12x \times 10^2}{43.6}$$

$$\frac{40 \times 43.6}{3 \times 10^2} = x \qquad x = .484\ \%$$

Ohmic value

$$\%x = \frac{\text{Power} \times \text{ohm} \times 100}{EL^2}$$

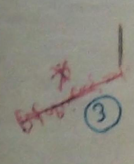
$$6.525 = \frac{120\times10^3\times10^3\times x_{ph}\times100}{(6.6\times10^3)^2}$$

$$6.525 = \frac{120\times10^8\times x_{ph}}{43.6\times10^6}$$

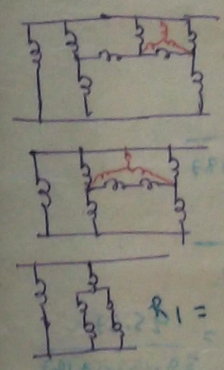
$$x_{ph} = \frac{6.525\times43.6}{1.2\times1000} = \frac{284.5}{12000}$$

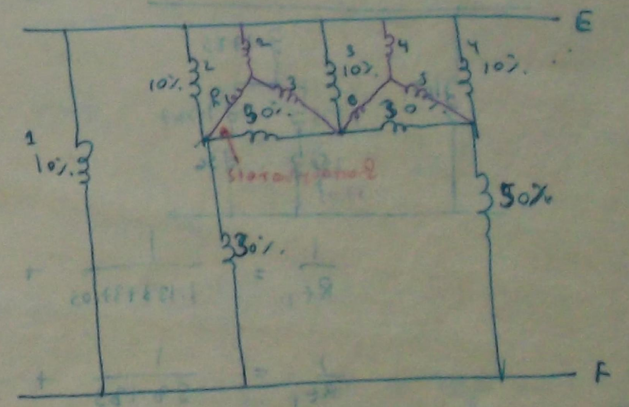
$$= .0237$$

$$\text{per unit} = \frac{6.525}{100} = .06525\ \Omega$$



④





$$R_1 = \frac{10\times50}{70} = \frac{50}{7}\ \%$$

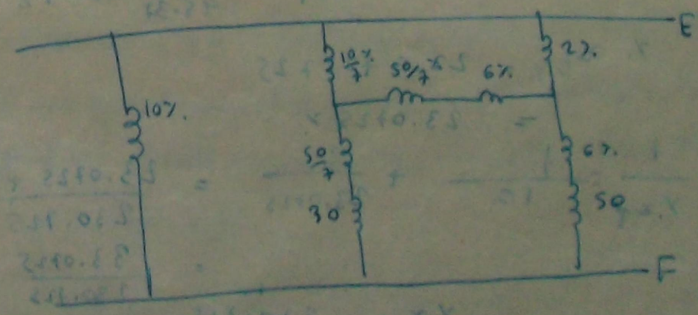
$$R_2 = \frac{10\times10}{70} = \frac{10}{7}\ \%$$

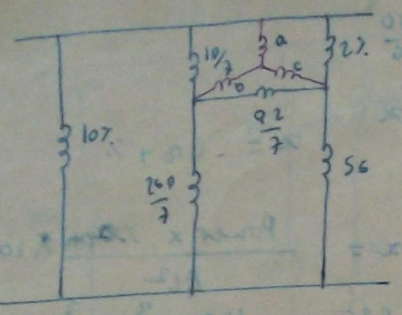
$$R_3 = \frac{10\times50}{70} = \frac{50}{7}\ \%$$

$$R_4 = \frac{10\times10}{50} = 2\ \%$$

$$R_5 = \frac{10\times30}{50} = 6\ \%$$

$$R_6 = \frac{10\times30}{50} = 6\%$$

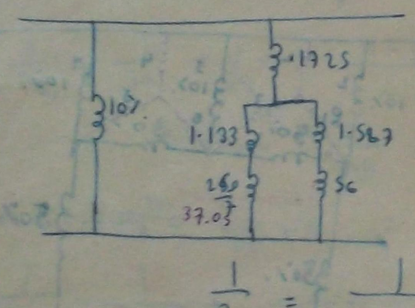




$$a = \frac{\frac{10}{7} \times 2}{\frac{116}{7}} = \frac{20}{116} = .1725$$

$$b = \frac{\frac{10}{7} \times \frac{92}{7}}{\frac{116}{7}} = \frac{920}{116 \times 7} = \frac{920}{812} = 1.133$$

$$c = \frac{\frac{92}{7} \times 2}{\frac{116}{7}} = \frac{184}{116} = 1.587\%$$



$$\frac{1}{R_{t_1}} = \frac{1}{1.133 + 37.05} + \frac{1}{56 + 1.187}$$

$$\frac{1}{R_{t_1}} = \frac{1}{38.183} + \frac{1}{57.187}$$

$$\frac{1}{R_{t_1}} = \frac{57.187 + 38.183}{38.183 \times 57.187} = \frac{195.37}{38.183 \times 57.187}$$

$$\frac{1}{R_{t_1}} = \frac{95.37}{2182} = .$$

$$R_{t_1} = \frac{2182}{95.37} = 22.9\%$$

$$\%x_{t_2} = 22.9 + .1725$$
$$= 23.0725\%$$

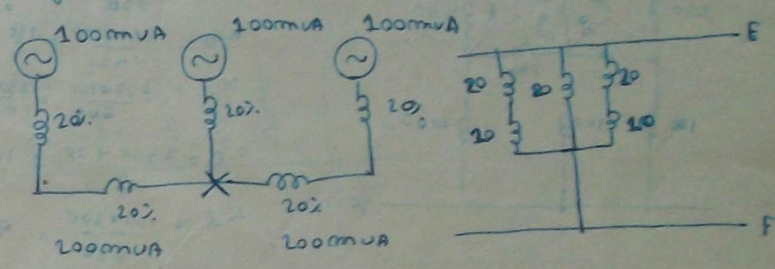
$$\frac{1}{\%x_T} = \frac{1}{10} + \frac{1}{23.0725} = \frac{23.0725 + 10}{230.725}$$

$$\%x_T = \frac{230.725}{33.0725} = 6.97$$

$$\text{Power}_{sh} = \frac{\text{Power FL}}{\%x_T} \times 100$$

$$\text{Power}_{sh} = \frac{10}{6.97} \times 100 = 1430 \text{ mVA}$$

④ ඔරෝන: ගැ: ගාණ අතර busbar section කඩන්නේ 200m.VA ක්‍රියාවලියේ 20%. Reactance ඇති Reactor යොදලා තෙරාන: තත්ත්වයේ generator එකේ: 3 ක් 100m.VA ක්ද 20%. Reactance ඇති එක් ක්‍රියාවලියේ busbar එකේ fault ඇතිවෙන්නේ fault ඒ.ගැ.ව තියෙන්නේ m.V.A කීයද?



100mVA = base ගැහැනු

200mVA එකේ = 20%

$\therefore$ 100 ———— ?, $\frac{20 \times 100}{200} = 10\%$

$$\frac{1}{\%x_T} = \frac{1}{30} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30}$$

$$= \frac{2+3+2}{60} = \frac{7}{60}$$

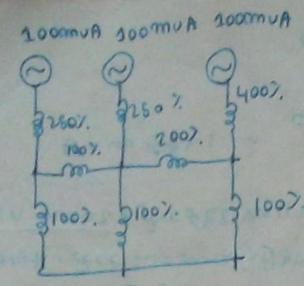
$$\therefore \%x_T = \frac{60}{7}\%$$

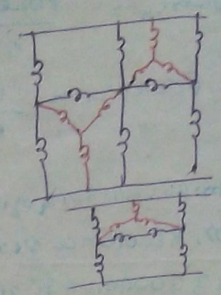
$$\text{Power}_{sh} = \frac{\text{Power FL}}{\%x_T} \times 100$$

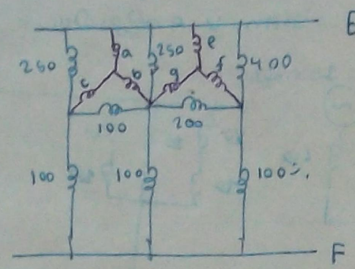
$$= \frac{100 \times 7}{60} \times 100 = \frac{7000}{6} = 1166.6 \text{ mVA}$$

⑤ සූපරඋතරතාන (generator) 3ක්: ගාර ගැහැනු සූපරඋත ක්‍රියා: කිරි: ඇ!

ඇතුළු: තාඋ ඒ.ආ One line diagram එකේ ඇතුළු: ගාර ගැහැනු ඒ.ආ ඇතුළු: ගැ: ඒ ක්‍රියා ඇතුළු: තාඋ ඒ.ආ ඇතුළු: ගැ: ඒ ක්‍රියා ඇතුළු: ගැ: ඒ ක්‍රියා ඇතුළු: ගැ: ඒ ක්‍රියා







$x_a = \frac{250 \times 250}{600} = \frac{62500}{600} = 104.2\ \%$

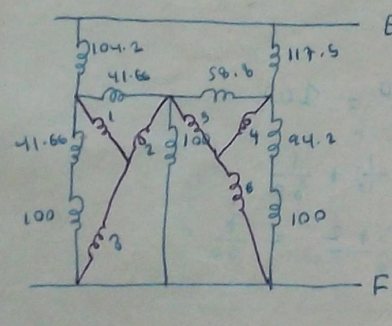
$x_b = \frac{250 \times 100}{600} = \frac{250}{6} = 41.66\ \%$

$x_c = \frac{250 \times 100}{600} = \frac{250}{6} = 41.66\ \%$

$x_e = \frac{250 \times 400}{850} = \frac{100000}{85} = 117.5\ \%$

$x_f = \frac{400 \times 200}{850} = 94.2\ \%$

$x_g = \frac{250 \times 200}{850} = \frac{50000}{85} = 58.8\ \%$



$x_1 = \frac{141.66 \times 41.66}{283.32} = 20.8\ \%$

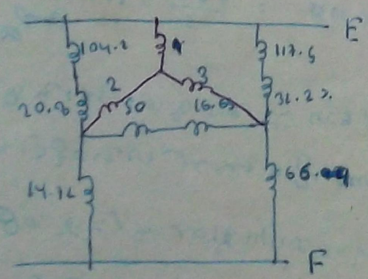
$x_2 = \frac{141.66 \times 100}{283.32} = 50\ \%$

$x_3 = \frac{41.66 \times 100}{283.32} = 14.72\ \%$

$x_4 = \frac{58.8 \times 194.2}{353} = 32.27$

$x_6 = \frac{100 \times 194.2}{353} = 55.04$

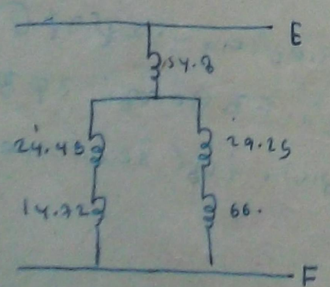
$x_5 = \frac{100 \times 58.8}{353} = 16.65\ \%$



$x_1 = \frac{125 \times 149.7}{341.35} = 54.8\ \%$

$x_2 = \frac{125 \times 66.65}{341.35} = 24.45\ \%$

$x_3 = \frac{149.7 \times 66.65}{341.35} = 29.25$



$\frac{1}{x_{t_1}} = \frac{1}{39.17} + \frac{1}{95.25}$

$x_{t_1} = \frac{39.17 \times 95.25}{39.17 + 95.25} = \frac{39.17 \times 95.25}{134.42}$

$= 27.75\ \%$

$\%x_T = 27.75 + 54.8 = 82.55\ \%$

$I_{SH} = \frac{I_{FL}}{\%x_T} \times 100$

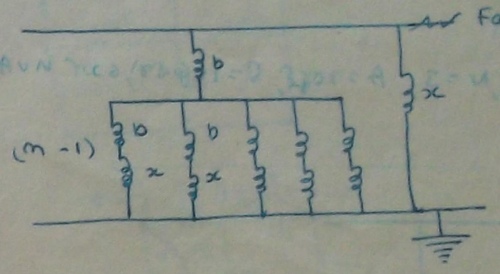
$I_{SH} = \frac{100 \times 10^6}{11000\sqrt{3}} \times 100$

$I_{SH} = \frac{10^7}{11 \times 82.55\sqrt{3}}$

$= 112.9$ amp

Ans 6

1. ~~on~~ section busbar ලිහාට section තෝරා Generator එකේ ඔහොම ලිහාට % Reactance වගේ % x හදාගන්න ඕනේ. ඒ වගේ ලිහාට tie bar එකේ, තෝරා තුන් හැට % ලිහාට Reactor එකා: තෝරාගන්න ඕනේ. ඒ වගේ busbar section තෝරලා short circuit ලිහාට short circuit kVA එක [$\frac{100}{x} + \frac{100(m-1)}{(bm+x)}$] ලිහාට ගණන් බලන්න ඕනේ.



$\therefore \%x_{GT} = \frac{x+b}{m-1}$

% x එකට පිටුපස, b % ගණන් series

$\therefore \frac{x+b}{m-1} + b = \frac{x+bm}{m-1}$

ඒ ගණන්: x එකට % x ලිහාට, කියලා -

$\%x_{total} = \frac{\left(\frac{x+bm}{m-1}\right) \times x}{\left(\frac{x+bm}{m-1} + x\right)} = \frac{x(x+bm)}{m(b+x)}$

$\therefore kVA_{sh} = \frac{Q}{\%x_{total}} \times 100 = \frac{Q \times m(b+x)}{x(x+bm)} \times 100$

$= \left\{\frac{Qmb + Qmx + Qx - Qx}{x(x+bm)}\right\} \times 100$

$= \left[\frac{Qmb + Qx + Qmx - Qx}{x(x+bm)}\right] \times 100$

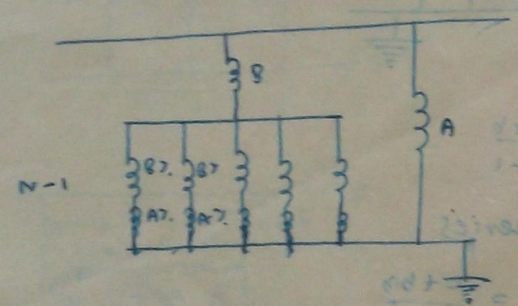
$kVA_{sh} = \left[\frac{Q(mb+x) + Qx(m-1)}{x(x+bm)}\right] \times 100$

$$kVA_{sh} = \left[\frac{Q}{x} + \frac{Q(m-1)}{(x+bm)}\right] \times 100$$

* b - Reactor Reactance
x - Generator Reactance
Q - kVA (FL)

② ပင်မစက်ဘူးပေးစက်ကုံးကြီးတွင် Tiebar ဖြင့်ရှိပြုလုပ်ထားမှုကြောင့် KVA
ဖြင့် gen: တစ်ခုသည် N section ဖြင့် sectional busbar ဖြင့်
B % Reactance ဖြင့် Reactor ဖြင့် Tiebar ဖြင့် ဆက်ထား
ဖြင့် generator တစ်ခုဖြင့် Reactance ရှာ A % ဖြင့် section တစ်ခု
တွင် short circuit ဖြင့်ရှိသော် $KVA_{sh} = \left[\frac{KN(A+B)}{A(A+BN)}\right] \times 100$

ဖြေကြောင်း ၆ ပါ။
ဒုတိယ K = 50, N = 3, A = 20 နှင့် B = 10 ဖြင့်ရှိသော် KVA sh
ကိုရှာပါ။



section 1 ခု = ⑥ တစ်ခု Reactor တစ်ခု

$\% x_{GT} = \frac{A+B}{N-1}$

% GT နှင့် B % သည် series

$\therefore \frac{A+B}{N-1} + B = \frac{A+B+BN-B}{N-1} = \frac{A+BN}{N-1}$

ဒင်းသည် A % နှင့် ဖြင့်

$\therefore \% x_{Total} = \frac{\left(\frac{A+BN}{N-1}\right) \times A}{\frac{A+BN}{N-1} + A} = \frac{A(A+BN)}{N(B+A)}$

$\therefore KVA_{sh} = \frac{K}{\% x_{Total}} \times 100$

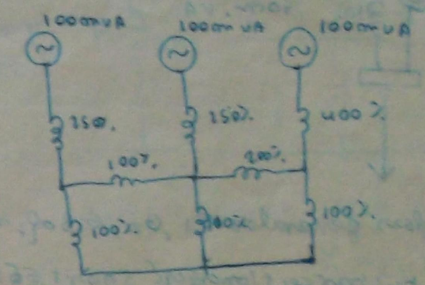
$= \frac{K}{\frac{A(A+BN)}{N(A+B)}} \times 100$

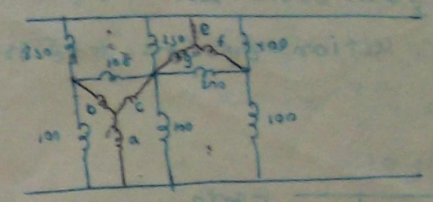
$KVA_{sh} = \frac{KN(A+B)}{A(A+BN)} \times 100$

$KVA_{sh} = \frac{50 \times 3(20+10)}{20(20+10 \times 3)} \times 100$

$= 4.5 \times 100 = 450$ KVA

(Ans)





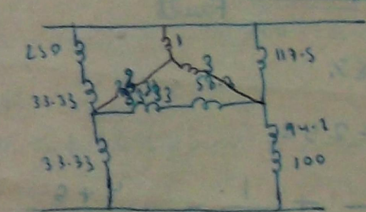
$x_e = \frac{250 \times 400}{850} = 117.5\%$

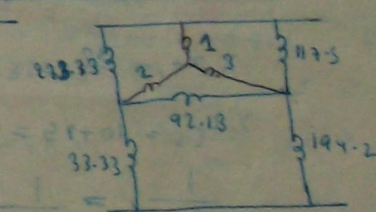
$x_f = \frac{200 \times 400}{850} = 94.2\%$

$x_g = \frac{250 \times 200}{850} = \frac{5000}{85} = 58.8\%$

$R_c = \frac{100 \times 100}{300} = 33.33$

$R_b = 33.33$, $R_a = 33.33\%$

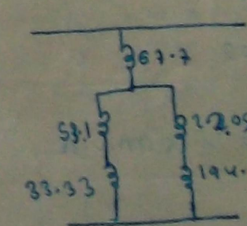




$R_1 = \frac{283.33 \times 117.5}{492.96} = 67.7\%$

$R_2 = \frac{283.33 \times 92.13}{492.96} = 53.1\%$

$R_3 = \frac{92.13 \times 117.5}{492.96} = 22.05\%$



$\frac{1}{R_{t_1}} = \frac{1}{85.43} + \frac{1}{216.25}$

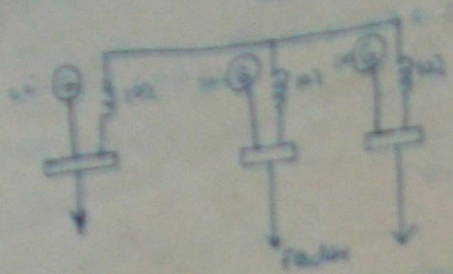
$= \frac{216.25 + 85.43}{85.43 \times 216.405}$

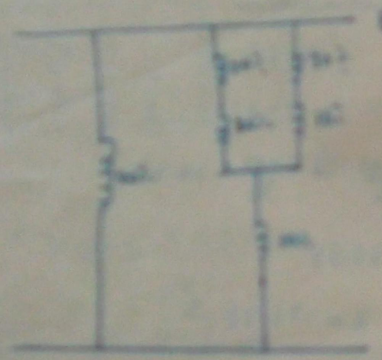
$R_{t_1} = \frac{58.43 \times 216.25}{302.75} = 41.7$

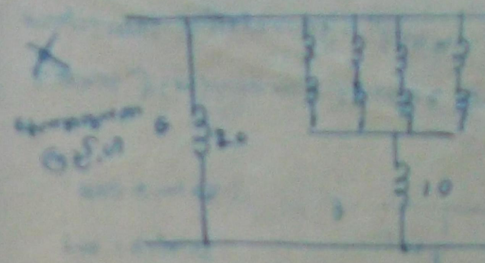
$\therefore \% x_t = 41.7 + 67.7$

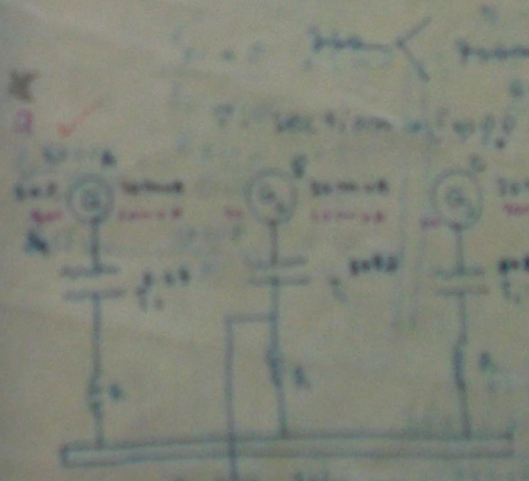
$= 109.4$

12650
121.43




Fault



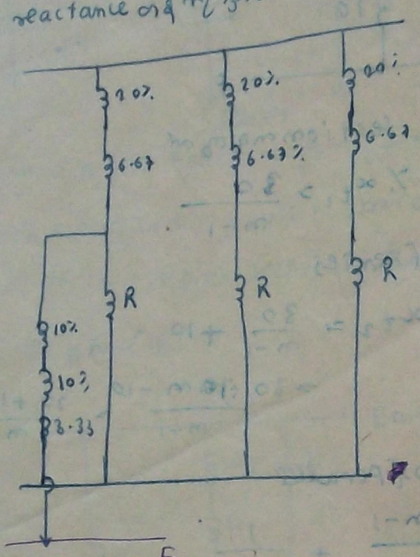


Transmission line = 30 mVA ೬% reactance

working m.V.A 30 ಮೇಲೆ F ನಲ್ಲಿ 3 ϕ symmetrical short circuit

ಆದರೆ short circuit current 3000 amp ಆಗಬೇಕಾದರೆ reactor

ಅಳವಡಿಸಿದ % reactance ಎಷ್ಟು ಇರಬೇಕು



20 mVA base

30 mVA : 30%

20 —— ?

$= 30 \times \frac{20}{30}$

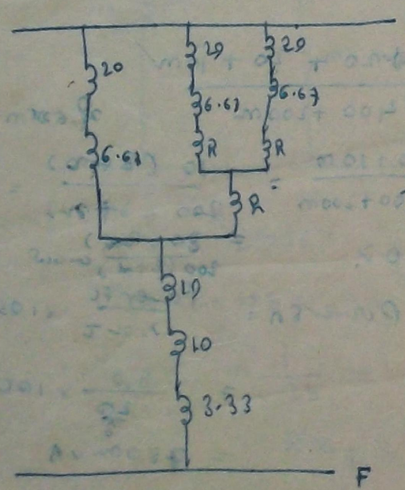
$= 20\%$

30 mVA : 5%

20 —— ?

$= 5 \times \frac{20}{30}$

$= \frac{10}{3} = 3.33\%$



E = 11 KV

= 11000 volt

Power = 20×10^6 KVA

I_{SH} = 3000 amp

$I_{SH} = \frac{I_{FL}}{\%x_T} \times 100$

$I_{SH} = \frac{\text{Power FL}}{\sqrt{3} E_L} \times 100$

$\%x_T$

$3000 = \frac{20 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 11000 \times \%x_T} \times 100$

$\%x_T = \frac{2 \times 10^7}{33\sqrt{3} \times 10^4}$

$\%x_T = \frac{2 \times 10^3}{33\sqrt{3}} = \frac{2000}{33\sqrt{3}}$

$= \frac{3464.2}{99} = 35\%$

$26.67 + R$ ನ್ನು ಅಡ್ಡ ಗೆರೆ $\%x_t = \frac{26.67 + R}{2}$

$\frac{26.67 + R}{2}$ ನ್ನು 26.67 R series

$\%x_{t_2} = \frac{26.67 + 3R}{2}$

$\frac{26.67 + 3R}{2}$ ನ್ನು 26.67 ಜೊತೆ parallel

$\frac{1}{\%x_T} = \frac{2}{26.67 + 3R} + \frac{1}{26.67}$

$\frac{1}{\%x_T} = \frac{2 \times 26.67 + 26.67 + 3R}{26.67 (26.67 + 3R)}$

$= \frac{3 \times 26.67 + 3R}{26.67 (26.67 + 3R)} = \frac{26.67 + R}{8.89 (26.67 + 3R)}$

$\%x_T = \frac{8.89 (26.67 + 3R)}{26.67 + R} + 23.33$

$3\% = \frac{8.89 (26.67 + 3R)}{26.67 + R} + 23.33$

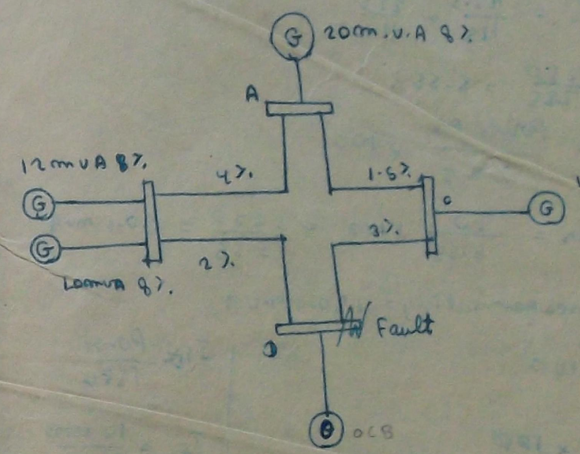
$11.67 = \frac{8.89 (26.67 + 3R)}{26.67 + R}$

$1.31 \times (26.67 + R) = 26.67 + 3R$

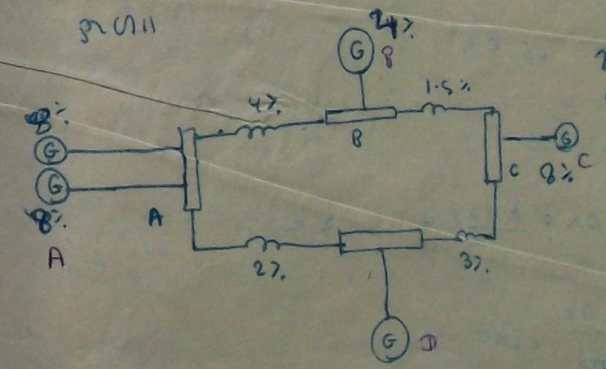
$1.31 \times 26.67 + 1.31R = 26.67 + 3R$

$26.67 \times 1.31 = (3 - 1.31) R$

$26.67 \times 1.31 = 1.69 R \quad R = \frac{\cancel{2.76}\%}{4.94\%}$



10 33 KV ಅಂಡರ್ ಗ್ರೌಂಡ್ 3ϕ dead short circuit ಪ್ರಸ್ ಸ್ಟೇಷನ್ ನಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು line ಮತ್ತು ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ line ನ circuit breaker rating ಎಷ್ಟು ಇರಬೇಕು ಎಂದು ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕಿ ಉತ್ತರ ಕೊಡಿ. Generator ನ rated out put ಕ್ಕೆ % Reactance ಅನ್ನು ಇಲ್ಲಿ Generator ನ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ 10 mVA ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಬರೆಯಲಾಗಿದೆ. ಉಳಿದ line ಗಳಿಗೆ ಇರುವ % ನ್ನು ಇಲ್ಲಿ



60 mVA ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ

20 mVA = 8%

60 —— ? = 24%. 10 mVA = 24%

12 mVA = 8%

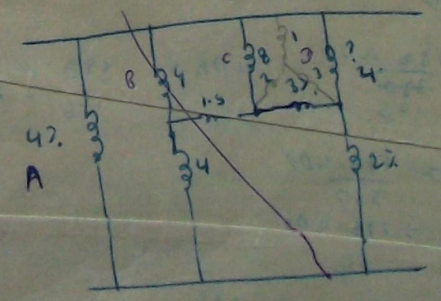
60 —— ? = 8 × 5 = 40%. ~~10 mVA = 8%~~

10 mVA = 8%. 10 mVA = 8%

60 mVA = 48% ~~10 mVA = 8%~~

16 mVA = 12%. 10 mVA = 8%

60 —— ? = 48%.



$R_1 = \frac{8 \times 4}{15} = \frac{32}{15} = 2.1$

$R_2 = \frac{8 \times 3}{15} = 1.6$

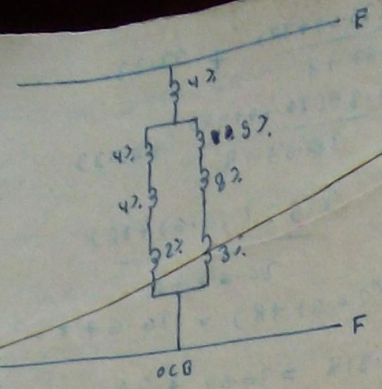
$R_3 = \frac{8 \times 2}{15} = .8$



$\%x_T$ 2.26%.

Power = $\frac{\text{Power fl}}{\%x_T} \times 100$

$= \frac{10}{\cancel{1}} \times 100 = 4$



$\frac{1}{\%x_{eq}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{12.5}$

$\frac{1}{\%x_{eq}} = \frac{12.5+10}{125} = \frac{22.5}{125} = \frac{225}{1250}$

$\%x_{eq} = \frac{1250}{225} = 5.55\%$

$Power_{SH} = \frac{Power_{FL}}{\%x_T} \times 100$

$Power_{SH} = \frac{10}{5.55} \times 100 = \frac{1000}{5.55} = 180.1 mVA$

circuit breaker rating = 180.1 mVA

$\%x = \frac{I_{FL} x_{pu}}{E_{ph}} \times 100$

$4 = \frac{175 \times x_{pu}}{3300} \times 100$

$\frac{1320}{175} = x_{pu}$

$x_{pu} = 7.54$

$\%R = \frac{175 \times x_{pu}}{3300} \times 100$

$\frac{2 \times 1320}{175} - x_{pu} = 15.08$

$2 = \frac{175 \times x_{pu}}{33000} \times 100$

$\frac{1}{2}\left\{\frac{4 \times 33000}{100 \times 175}\right\} - x_{pu} = \frac{7.54}{2} = 3.77$

$1.5 = \frac{175 \times x_{pu}}{3300} \times 100$

$\frac{3}{2} = \frac{175\, x_{pu}}{165}$

$x_{pu} = \frac{495}{175} = 2.825$

$3 = \frac{175 \times x_{pu}}{330}$

$2x\frac{1}{2} = \frac{175\, x_{pu}}{330}$

$I_{FL} = \frac{Power}{\sqrt{3} E_{FL}}$

$I_{FL} = \frac{10 \times 1000}{\sqrt{3} \times 33}$

$= \frac{10000 \times \sqrt{3}}{99}$

$= \frac{17321}{99}$

$= 175 amp$

$I_{SH} = \frac{17500}{5.55}$

$= 3150 amp$

ဥပမာ:

$\%V_{DASH} = \left[\frac{5}{x} + \frac{5(m-1)}{x+10n}\right] \times 100$

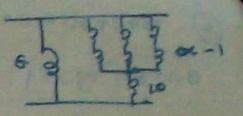
$= \left[\frac{50}{20} + \frac{50(\alpha-1)}{20+10\alpha}\right] \times 100$

** 10 ကို ထုတ်ပြီး

$= \left[\frac{5}{2} + \frac{50}{10}\frac{(\alpha-1)}{(2+\alpha)}\right] \times 100$

$= \left[\frac{5}{2} + 5\right] 100$

$= \frac{15}{2} \times 100 = 750 mVA$



AC motor controllers

AC motor ဟာ: ကို တိုကို: ဒီဇိုင်း: ဖြစ်: ဖြစ်: နှင့် ပတ်သက်ပြီး ဟာ: ကို: ထိန်းချုပ်တဲ့ motor ဖြစ်ပါတယ်။ ဒီဇိုင်း design ပြုလုပ်ရာမှာ: ဟာ: ကို: ထိန်းချုပ်ရာမှာ: ဟာ: ကို: ထိန်းချုပ်ရာမှာ: ဟာ: ကို: ထိန်းချ

④ controller ကိုရွေး : စွမ်းအားအဝေး motor နှင့်တွဲသုံးမည်ဆိုလျှင် ဘယ်လိုမျိုး controller မျိုးကို ရွေးချယ်သုံးရမည်ကို သိရှိနားလည်ရန် လိုအပ်ပါသည်။ ဥပမာ - squirrel cage motor ကို ဖွင့်ပိတ်ရာတွင် ဖွင့်ချိန်တွင် starting current များစွာ ဆွဲယူသုံးစွဲသောကြောင့် ဖွင့်ချိန်တွင် reduce voltage ပေးနိုင်သော controller မျိုးကို ရွေးချယ်ရပါမည်။

⑤ motor ကာကွယ်ရန် : motor ကို ကာကွယ်ရန် အဓိက ရည်ရွယ်ချက် ၃ ခုရှိပါသည်။

(က) Branch Circuit protection (Fuse rating ဖြင့် ကာကွယ်ခြင်း)
(ခ) under voltage protection (voltage နည်းခြင်းကို ကာကွယ်ခြင်း)
(ဂ) over Load protection (ဝန်ပိုခြင်းကို controller ဖြင့် ကာကွယ်ခြင်း)
(ဃ) open field protection
(င) over travel protection
(စ) over speed protection (Integral HP ထိုးသောကြိုးသောမော်တာ)

Fractional Horse Power motor တွင် ဘတ္တရီဖြင့် အသုံးပြုသောကြောင့် ဘတ္တရီကို ကာကွယ်ရန် ဥပမာ ပြထားပါသည်။

(က) branch circuit protection
(ခ) under voltage protection
(ဂ) over load protection

* (က) branch circuit protection

motor တွင် branch circuit protection ထား ၂ မြောင်းရှိပါသည် - ① motor ကို ဝန်ဆာသော ဓာတ်အားလိုင်း (Feeder) မှကြားဖြတ်ပေးခြင်း
② motor တွင် short circuit ဖြစ်သော အခါကာကွယ်ရန်
③ motor တွင် ဝါယာရစ်ပတ်ထားသော အပိုင်းတွင် ground ဖြစ်ခြင်း ဥပမာ grounded stator coil, short circuit stator coil ဖြစ်ခြင်း အစရှိသော mechanical Load

ကာကွယ်ရန် အတွက် main switch တွင်တပ်ဆင်ထားသော fuse ဖြင့်ကာကွယ်ပေးနိုင်သည်။

Squirrel cage motor တွင် ဖွင့်သည့် ဓာတ်အားသည် motor full load current ထက် ၅ ဆ ၇ ဆအထိ အဖိုးတန်ဓာတ်အားကို ဆွဲယူသုံးစွဲသည်။ ဥပမာ - fuse ကာကွယ်ရန်။ ။ ဤသို့ဆွဲယူသုံးစွဲသော starting current သည် normal full load current ဖြင့် ဆက်လက်သုံးစွဲသောအခါ fuse ကာကွယ်ပေးနိုင်ရန် ခက်ခဲသည်။

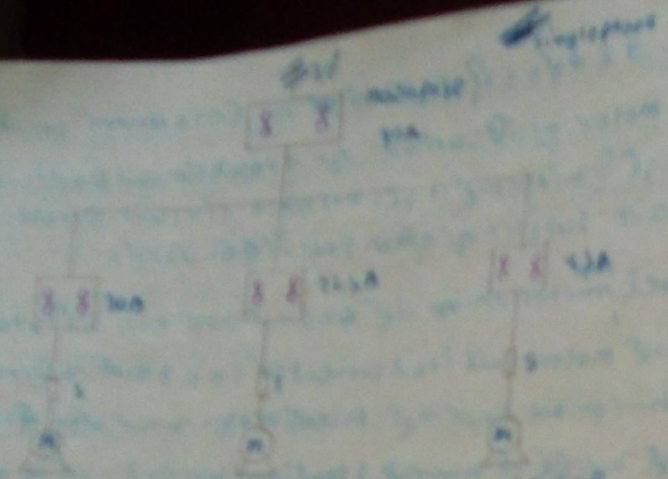
Sr No	ကာကွယ်ရန်လို အပ်သော motor	ကာကွယ်ရမည့် fuse
①	Squirrel cage motor	300% of full load current
②	wounded Rotor motor	150% of full load current
③	Auto transformer (OR)	250% of full load current (30A အထိ)
④	compensator	200% of full load current

main Fuse (ပင်မဘေးကာဖြုတ်ခြင်း)

main fuse သွယ်ဝိုက်ကာကွယ်သော motor တွင် ဓာတ်အားပေးပို့ပေးသော အဓိကလိုင်းကြိုးများ ပျက်စီးသွားပါသည်။ motor တစ်လုံးတည်းတွင် main fuse သွယ်ဝိုက်ကာကွယ်ခြင်းဖြစ်ပြီး motor များပြားလှစွာသော စက်ရုံကြီးများတွင် main fuse သွယ်ဝိုက်ကာကွယ်ခြင်းဖြစ်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် စက်သည် motor များစွာကို စွမ်းအားပေးသောကြောင့် ဓာတ်အားလိုင်းသည် ပမာဏကြီးမားစွာ ဆွဲယူသုံးစွဲရပါသည်။

Single motor start

motor တစ်လုံးတည်းကို ဓာတ်အားပေးပို့သော စက်ရုံကြီးများတွင် motor တစ်လုံးချင်းစီ၏ full load current ကို သိရှိနားလည်ရန် လိုအပ်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် motor သွယ်ဝိုက်ကာကွယ်ရန် branch circuit protection ထားရှိခြင်းဖြစ်ပါသည်။ ၎င်း branch circuit protection သည် main switch တွင်တပ်ဆင်ထားသော fuse ဖြင့်ကာကွယ်ပေးနိုင်ပါသည်။



FLC = 10A FLC = 15A FLC = 15A

① Single motor start

main fuse = [illegible] + 15 + 10 = 70 (Amp)

② Three motor start

main fuse = 45 + 10 + 15

= 90 Amp

[illegible]

[illegible]

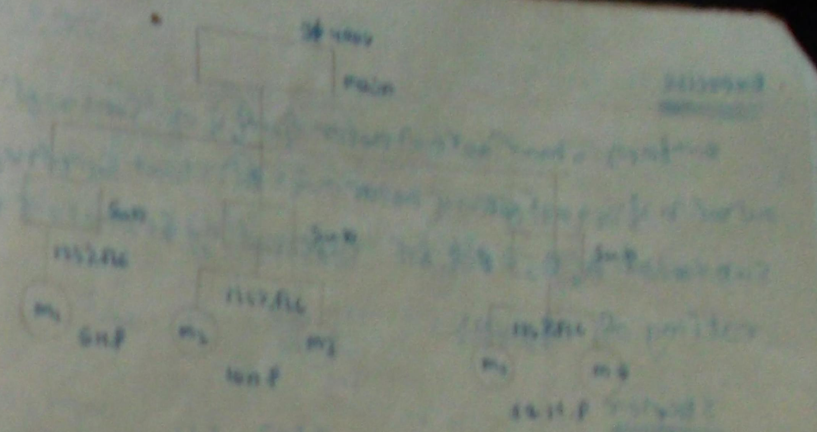
[illegible]

[illegible]

(iii) 6 HP, 0.85 pf, 0.85 η, 3Ø 400V squirrel induction motor [illegible]

(iv) 10 HP, 0.85 pf, 0.85 η, 3Ø 400V squirrel induction motor [illegible]

[illegible]



(iii) 6 H.P Motor [illegible]

$I_{FL} = \frac{[illegible]}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.85 \times 0.85} = 8.90A$

Sub feeder rating = 8.90 × 1.25 = 11.2 A

(iv) 10 HP motor [illegible]

$I_{FL} = \frac{10 \times 746}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.8 \times 0.8} = 16.85A$

Sub feeder rating = 1.25 × 16.85 + 16.85 = 37.9A

(v) 15 HP motor, $I_{FL} = \frac{15 \times 746}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.87 \times 0.8} = 16.5A$

∴ Sub-feeder rating = 1.25 × 16.5 + 16.5 = 37.1 A

Main feeder rating [illegible]

6 H.P Starting = 11.2 + 16.85 + 16.85 + 16.5 + 16.5 = 77.9A

10 HP starting = 8.90 + 37.9 + 16.5 + 16.5 = 79.80A

15 HP starting = 8.90 + 16.85 + 16.85 + 37.1 = 79.70A

∴ Main feeder rating = 79.80 A Ans

① [illegible]

② [illegible]

I_{FL} Power input = [illegible]

Power input = [illegible]

③ [illegible]

[illegible] = Sub feeder current.

Exercise

ಅಂಜನಾಪುರದಿಂದ ಆರು motor ಗಳಿಗೆ ಸರಬರಾಜು ಮಾಡುವ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕೈಗಾರಿಕೆಯ ಸ್ಥಾವರದ ಒಂದು ಭಾಗವನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಮೂರು motor ಗಳಿಗೆ ಒಂದು start ಮಾಡುವ ಸಾಧನವಿದೆ. ಉಳಿದ ಮೂರು motor ಗಳಿಗೆ ಒಂದು start ಮಾಡುವ ಸಾಧನವಿದೆ. ಈ ಸ್ಥಾವರಕ್ಕೆ ಸರಬರಾಜು ಮಾಡುವ ಮುಖ್ಯ ಫೀಡರ್ ಮತ್ತು subfeeder A, B, C ಗಳಿಗೆ ಅಳವಡಿಸಬೇಕಾದ ಫ್ಯೂಸ್ ಗಳ rating ಎಷ್ಟಿರಬೇಕು ಎಂಬುದನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕಿ.

Starter

S_1 ⟶ star delta ; I_{start} = 250% FLC

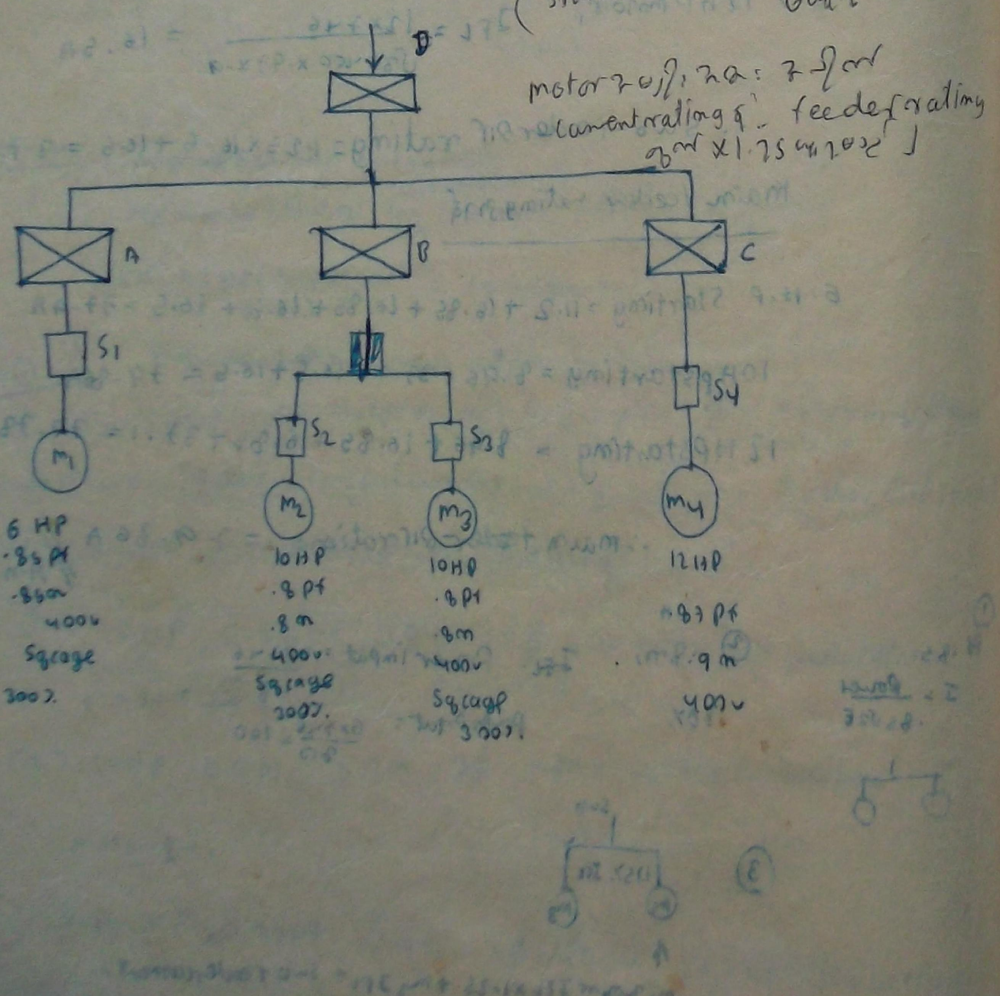
S_2 & S_3 ⟶ direct on line I_{start} = 300 %

S_4 ⟶ Slip rating motor starter I_{start} = 150% FLC

M_1 → Sq cage induction motor 6HP, .85 pf 85% η 400 V

M_2 & M_3 = Sq cage induction motor 10HP 0.8 pf 80% η 400 V

M_4 = Slip ring motor 12 H.P, 0.87 pf 90% η, 400 V
(starter ಗಳ current rating ಮೋಟರ್ ನ)



motor ಗಳನ್ನು ಸಂಪರ್ಕಿಸುವ ತಂತಿಗಳ current rating ಮತ್ತು feeder fuse rating ಗಳು ಮೋಟರ್ ನ current ನ 1.25 ಪಟ್ಟು ಇರಬೇಕು]

M_1 ಗಾಗಿ

Power = $\sqrt{3} EL \cos\theta I$

$\frac{6 \times 746}{.85} = \sqrt{3} \times 400 \times I \times .85$

$\therefore I = \frac{6 \times 746}{\sqrt{3} \times .85 \times .85 \times 400} = \frac{4476}{501} = 8.94$ amp

$I_{Fuse} = 8.94 \times \frac{300}{100}$ ~~2.85 amp~~

$= 26.82$ amp

M_2 ಗಾಗಿ

Power = $\sqrt{3} EL \cos\theta I$

$\frac{10 \times 746}{.8} = \sqrt{3} \times 400 \times I \times .8$

$\frac{7460}{.64 \times 400\sqrt{3}} = I$; $I = 16.8$ amp

$I_{Fuse} = 16.8 \times \frac{300}{100} = 50.4$ amp

M_3 ಗಾಗಿ $I_{Fuse} = 16.8$ amp

M_4 ಗಾಗಿ

Power = $\sqrt{3} EL I \cos\theta$

$\frac{12 \times 746}{.9} = \sqrt{3} \times 400 \times I \times .87$

$I = \frac{12 \times 746}{400 \times .9 \times \sqrt{3} \times .87} = \frac{8950}{542} = 16.5$

$I_{Fuse} = 16.5 \times \frac{150}{100} = 1.5 \times 16.5 = 24.75$ amp

A ಗೆ ಫ್ಯೂಸ್ rating = 26.82 amp + 16.8 + 16.8 + 16.5 = 77.92 amp

B ಗೆ ಫ್ಯೂಸ್ rating = 24.75 amp + 16.8 + 16.87 8.94 = 67.29 amp

C ಗೆ ಫ್ಯೂಸ್ rating = 50.4 + 16.8 + 8.94 + 16.5 = 92.64 amp

D ಗೆ ಮುಖ್ಯ motor feeder fuse rating = 67.2 + 8.94 + 16.5

= 92.64 amp

Ans

* (၁) over load protection

motor တို့တွင်ပါသော winding တို့ကြောင့် သာမန် Full load current ကိုဖြတ်
၍ စီးဆင်းမှုကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော heat ကြောင့် motor ၏ normal current ထက်
ပိုများသော current ကို over load protection ဟုခေါ်သည်။ ဤသို့ current ပိုများခြင်း
သည် motor ပေါ်တွင် မူတည်၍ ပုံမှန်ထက် ၂ဆ မှ ၆ဆ အထိ ရောက်ရှိနိုင်သည်။
ထိုသို့ current ပိုများခြင်းသည် motor ၏ winding တို့ကို ပူလောင်စေပြီး insulation
ကို ပျက်စီးစေသည်။ ထို့ကြောင့် motor ကို ကာကွယ်ရန် over load protection
ကို ပေးရသည်။ ဤသို့ current ပိုများခြင်းသည် motor ၏ winding တွင် ဖြစ်ပေါ်
သော I²R loss ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်ခြင်းဖြစ်သည်။ ထို့အပြင် Eddy current နှင့် Hysterstic loss
များကြောင့်လည်း ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် motor တစ်လုံးကို ဒီဇိုင်းဆွဲရာတွင်
ဤ loss များကို ထည့်သွင်းတွက်ချက်ပြီးမှ ဒီဇိုင်းဆွဲရသည်။ ဤသို့ဒီဇိုင်းဆွဲထားသော
motor များသည် full load current ဖြင့် လည်ပတ်နေသော်လည်း ဘေးအန္တရာယ်
မရှိပါ။ သို့သော် full load current ထက် များများစားစား ပိုလာသည်နှင့်အမျှ
motor ၏ အပူချိန်သည် မြင့်တက်လာပြီး motor ၏ insulation များ ပျက်စီးလာ
နိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် motor ကို ကာကွယ်ရန် ဤသို့ current ပိုများခြင်းကို
စောင့်ကြည့်ပြီး motor ကို ပိတ်ပေးနိုင်ရန် လိုအပ်လာသည်။ motor
ကို ပိတ်ရန်အတွက် ဤသို့ current ပိုများခြင်းကို စောင့်ကြည့်ပြီး motor ကို
ပိတ်ပေးနိုင်သော device ကို over load Relay ဟုခေါ်သည်။ over load Relay တွင်
Thermal over load Relay နှင့် magnetic over load Relay တို့ဖြစ်သည်။

over load protection များသည် motor full load current ထက် 125% ခန့်
တွင် ချိန်ညှိထားသည်။ IEE Regulation အရ 140% အထိ အလုပ်လုပ်နိုင်သည်။

* (၂) under voltage Protection

under voltage protection (သို့မဟုတ်) no volts Release ဆိုသည်မှာ
ပြင်ပမှ voltage အား 10% ခန့်ကျဆင်းသွားသည့်အခါ motor starter အလိုအလျောက်
ပိတ်ဆိုသွားခြင်းဖြစ်သည်။ ထို့အားလျော်စွာ ပြန်လည်ပေးသည့်အခါ motor ကို
ကာကွယ်ပြီးသည့်အတွက် motor သည် line current ကိုဆွဲယူသည်။ ဤ
current များကြောင့် အဆိုပါ ပြင်ပရှိ transformer ပေါ်ရှိသော motor ပေါင်းများစွာ
အားနိုင်သည်။

Feeder နှင့် sub feeder ကွာခြားချက်

Sub feeder

Main switch မှ motor တို့ကို စီးဆင်းသော sub feeder (သို့မဟုတ်)
branch circuit feeder ၏ wire ပြင်းအားသည် အားလုံးပေါင်းထားသော
current အားကို ခံနိုင်ရည်ရှိရမည်။ wire ပြင်းတွင် current အများကို ခံနိုင်သည်
ဆိုသော်လည်း motor စတင်လည်ပတ်ချိန် (starting period) နှင့် over load ဖြစ်ပေါ်
နိုင်ပါသည်။ motor စတင်လည်ပတ်ချိန်တွင် current သည် full load current ထက်
၆ ဆ မှ ၈ ဆ အထိ ရောက်ရှိနိုင်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် effective value
သည် full load current ထက် 125% သာ ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် sub feeder တွင်
motor ကို ချိတ်ဆက်နိုင်သည့် wire ပြင်းသည် motor full load current ထက် 125%
သာ ဖြစ်ရပါမည်။

* Direct On Line Starter *
(သို့မဟုတ်)
A Cross The Line Starter

ဒီ direct on line starter များသည် squirrel cage motor အသေးစားများကို
အများအားဖြင့် အသုံးပြုကြပါသည်။ ဤ starter များကို motor ပေါ်တွင် တိုက်ရိုက်
ချိတ်ဆက်ပေးခြင်းဖြစ်သည်။ ဤ starter အား ဖွင့်လိုက်သည်နှင့် motor သည်
အပြည့်အဝ လည်ပတ်လာသည်။

① ဤ starter အသုံးပြုရာတွင် motor ထက် အသုံးပြုသော အားများ၏
ဒီဇိုင်းကို ထည့်သွင်းတွက်ချက်ရန် လိုအပ်ပါသည်။

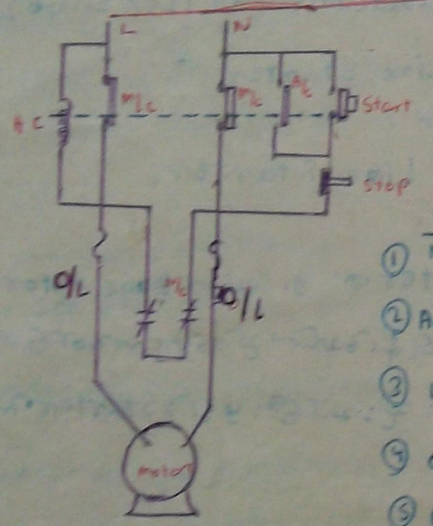
② အသုံးပြုရာတွင် motor ထက် အသုံးပြုသော အားများ၏ လျှပ်စီးကြောင်း
supply မှ motor starting အတွက်ယူသော အားသည် အဝေးမှ
ဖြန့်ဖြူးပေးသော direct on line starter များကို အသုံးပြုရသည်။
squirrel cage motor များသည် High starting current ဖြစ်သောကြောင့်
အဆိုပါအားသည် direct on line starter များကို ပြင်းထန်စွာ ထိခိုက်
စေနိုင်သည်။

② [illegible]

Motor [illegible] motor starting [illegible] voltage drop [illegible] full load speed [illegible] motor [illegible]

D.O.L starter [illegible] manually [illegible] operate [illegible] magnetically operate [illegible] starter [illegible]

magnetically operated D.O.L starter



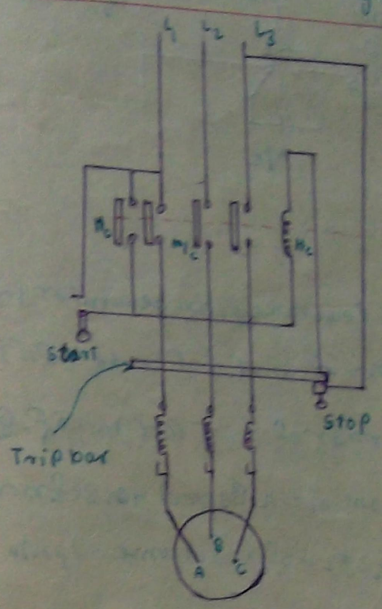
[illegible]

① Main contact M/C
② Auxiliary contact M/C
③ Holding coil HC
④ over load Relay O/L
⑤ Normally closed contact M/C
⑥ Spring load start Stop switch

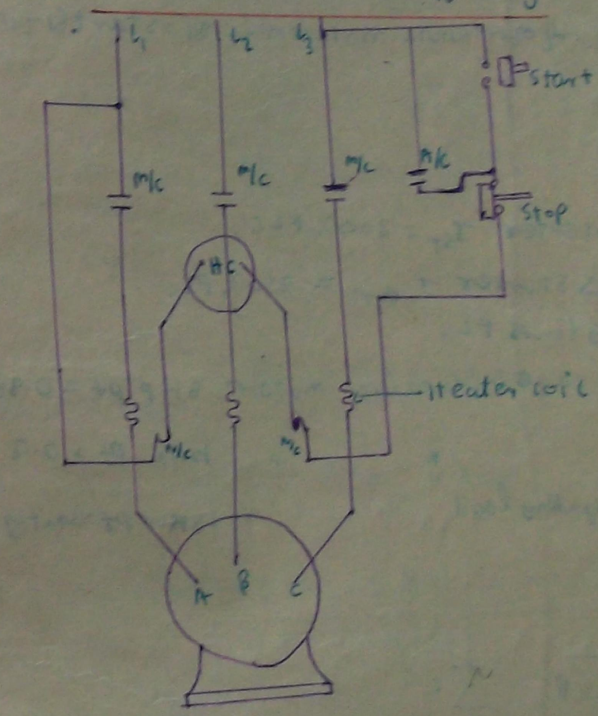
[illegible] D.O.L starter [illegible] - ① Energising circuit
② Holding coil circuit
③ Power circuit [illegible]

D.O.L starter with magnetic O/L Relay

D.O.L starter with magnetic O/L Relay.

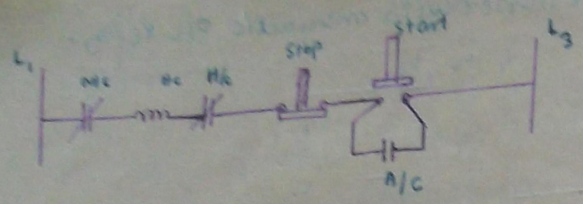


D.O.L starter with Thermal O/L Relay



Line diagram

Line diagram [illegible] starter [illegible] holding coil circuit [illegible]



Line diagram

① 3ϕ station ရဲ့ 30mVA 15% Reactance ရှိသော generator ၂ ဂုံးနှင့် 10mVA 12.5% Reactance ရှိသော generator တဲ့ ကို့ ဖြာ ဝန် ဖြည့် ပေးရေး ရဲ့ 3300V switch Board ရဲ့ 5mVA Transformer ကို သုံးပြီး ဆက်ထားတယ်။ ဖြန့် ဖြူးကိုသာ 100mVA Rupturing capacity ရှိသော switch Board ၄ OCB ကို အသုံးပြုမှုနှင့် Transformer တွင် အနှိုးနှိုးမည့် Reactance ကို ဂရုပြုမှု။

② ဒုတိယ်ထားသော System ရှိ Mainfeeder နှင့် branch circuit ကို၊ Fuse rating ကို ကို တွက်ပေးပါ။ motor တဲ့ နှင့် start ပြုမှုပြုမှုမှု ပါ။

ပေးထားချက်

S_1 → DOL Starter I_{st} = 300% FLC

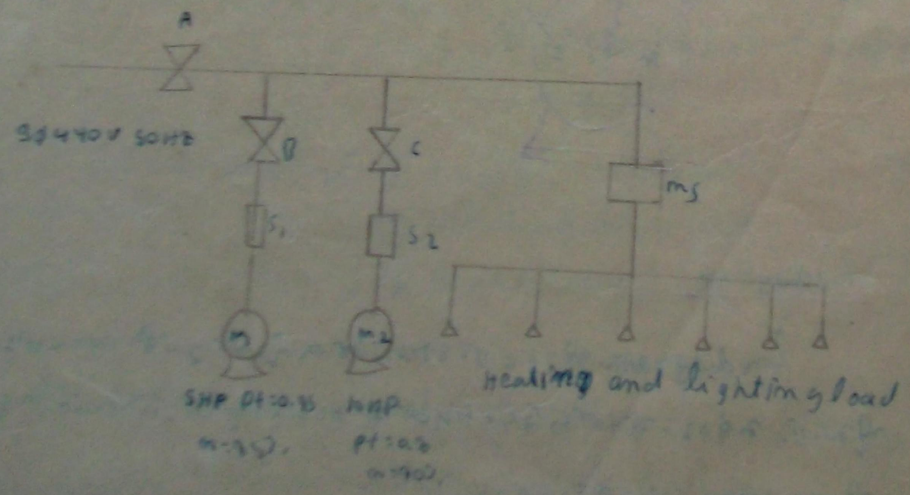
S_2 → Y Δ Starter I_{short} = 250% FLC

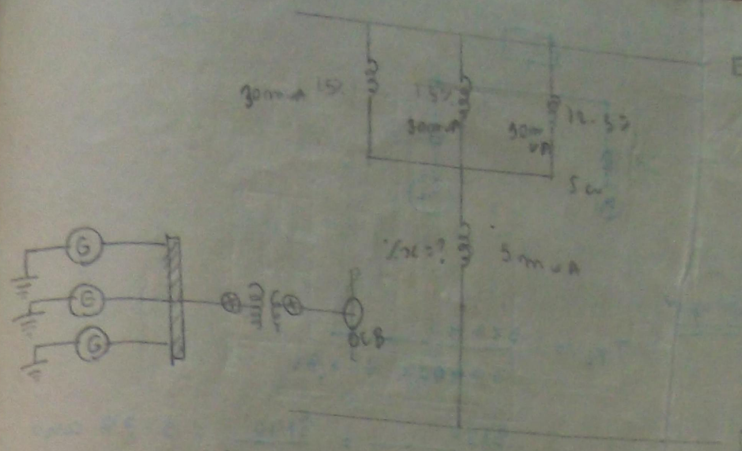
M_s → 1.5 times FLC

M_1 → Sq-cage induction motor, 5HP pf = 0.85 n = 85%

M_2 " " 10HP pf = 0.8 n = 80%

Heating and lighting load " " 15KW pf unity





E_L = 3300V

$Power_{sh}$ = 100 × 10000

5mVA = base ဖြစ်ခဲ့

30mVA = 15%

5 ——— ? = $\frac{15 \times 5}{30}$ = $\frac{5}{2}$% = 2.5 %

10mVA = 12.5%

5 ——— ? = $\frac{12.5}{2}$ = 6.25 %

$$\frac{1}{\%x_{t1}} = \frac{1}{2.5} + \frac{1}{6.25} + \frac{1}{2.5}$$

$$= \frac{2.5 + 2.5 + 1}{6.25} = \frac{6}{6.25}$$

$$\%X_T = \frac{6.25}{6} + x \ \%$$

$$Power_{sh} = \frac{Power\ FL}{\%X_T} \times 100$$

$$100 = \frac{5}{\%x_T} \times 100$$

$$\%x_T = 5\%$$

$$\frac{6.25}{6} + x = 5$$

$$\%x = 5 - 1.04$$

$$= 3.96\%$$

$$\%x = \frac{I_{FL}\, x_{ph}}{E_{ph}} \times 100$$

$$3.96 = \frac{\frac{5 \times 1000 \times 100}{\sqrt{3} \times 3300} \times x_{ph}}{3300} \times 100$$

$$3.96 = \frac{50}{1039\sqrt{3} \times 1000}\, x_{ph}$$

$$x_{ph} = \frac{3.96 \times 1039\sqrt{3}}{50 \times 1000}$$

$$= .149$$

တန်ဖိုး

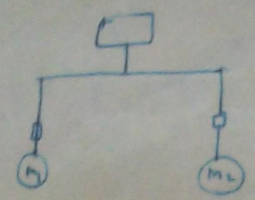
$$\%x = \frac{x \times Power \times 100}{EL^2}$$

$$3.96 = \frac{x \times 5 \times 10^6 \times 100}{(3300)^2}$$

$$\therefore x = \frac{4320}{5 \times 10^4}$$

$$= .0864$$

(2)



5HP of or

$$I_{FL} = \frac{5 \times 746}{\sqrt{3} \times 440 \times .85 \times .85}$$

$$= \frac{3730}{762 \times .7230} = \frac{3730}{550} = 6.78 \text{ amp}$$

$\therefore$ I Fuse $= 6.78 \times \frac{300}{100} = 20.34$ amps subfeeder

10HP of or

$$I_{FL} = \frac{10 \times 74.6}{\sqrt{3} \times 440 \times .8 \times .8}$$

$$= \frac{7460}{762 \times .64} = \frac{7460}{477} = 15.3 \text{ amp}$$

I fuse =

I Fuse $= 15.6 \times \cancel{3}\,2.5 =$ ~~39.8~~ amps subfeeder

$=$ ~~46.8~~ 39.25

Heating and lighting

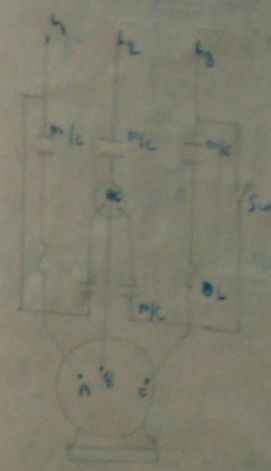
$$I = \frac{\text{Power}}{\sqrt{3}\,EL} = \frac{15 \times 1000}{\sqrt{3} \times 440}$$

$$= \frac{15 \times 1732.1}{1320} = \frac{26600}{1320} = 29.75$$

$\therefore$ Fuse rating $= 19.17 + 6.78 +$ ~~39.8~~ 39.25

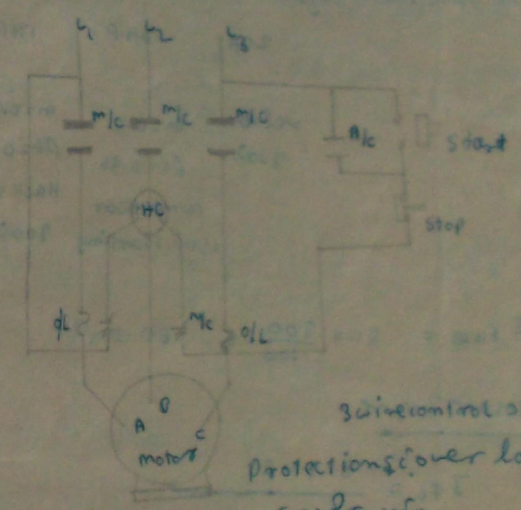
$=$ ~~[illegible]~~ amps 64.1 amp

2 wire control



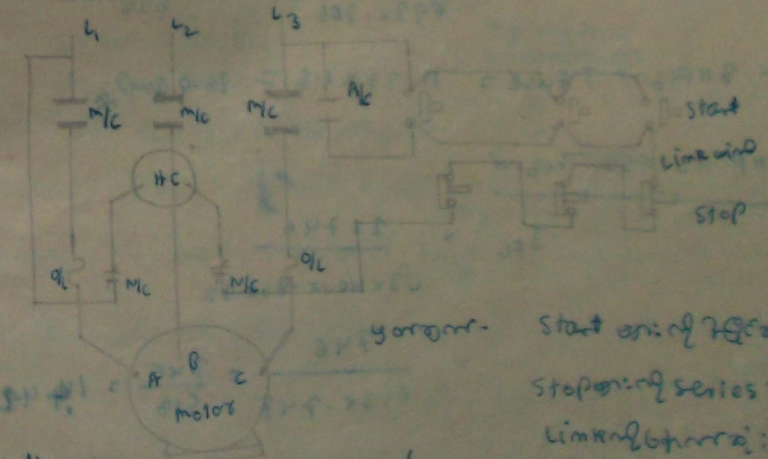
2 wire control [illegible] under voltage protection [illegible] over load protection [illegible]

3 wire control



3 wire control [illegible] under voltage protection [illegible] over load protection [illegible]

Remote control [illegible]



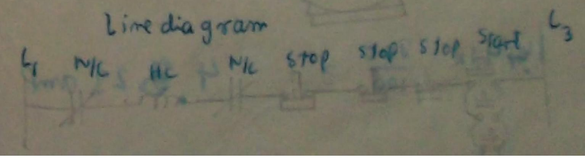
10 mark

[illegible] Start [illegible]

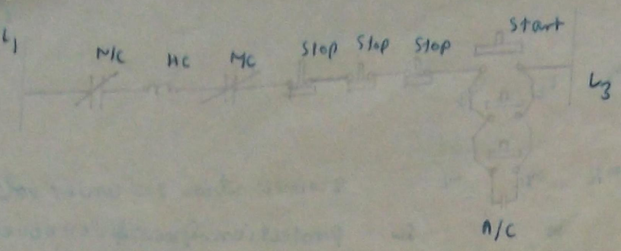
Stop [illegible] series [illegible]

Link [illegible] station [illegible]

Line diagram

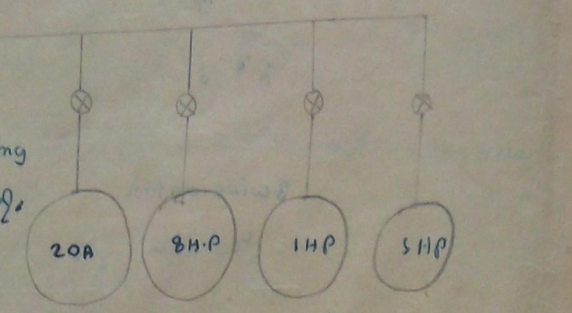


Line diagram



ဒေတွေ့ရှိချက်များ:

(1) 400v 3ϕ → D.F.B



ဒေတွေ့ workshop ရဲ့ Fuse rating ဘယ်လို ရှာမလဲ. D.F.B fuse rating ကို ရှာကြည့်ပါ။

welder ရဲ့ $I_{Fuse} = 20 \times \frac{300}{100} \rightarrow 60$ amp

8HP compressor အတွက်

$$I_{FL} = \frac{8 \times 746}{\sqrt{3} \times 400 \times .9 \times .85}$$

$$= \frac{5968}{693 \times .765} = \frac{5968}{530} = 11.27 \text{ amp}$$

∴ 8HP အတွက် $I_{Fuse} = 11.27 \times 1.5 = 16.9$ amp ✱

1HP Hacksaw အတွက်

$$I_{FL} = \frac{1 \times 746}{\sqrt{3} \times 400 \times .85 \times .88}$$

$$= \frac{746}{693 \times .748} = \frac{746}{518} = 1.441 \text{ amp}$$

∴ $I_{Fuse} = 1.441 \times \frac{300}{100} \rightarrow 4.323$ amp

(4.33?)

5HP lathe အတွက်

$$I_{FL} = \frac{5 \times 746}{\sqrt{3} \times 400 \times .893 \times .86} = \frac{3730}{693 \times .765} = \frac{3730}{530}$$

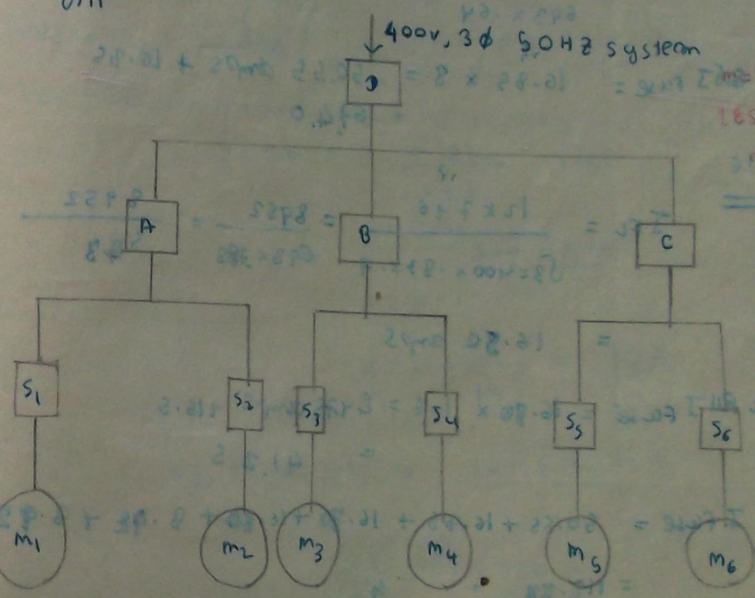
$= 7.04$ amp

∴ $I_{Fuse} = 7.04 \times 2.5 = 17.6$ amp

D.F.B fuse rating = 60 + 11.27 + 1.441 + 7.04

= 79.751 amp ✱

(2) ဒေတွေ့ diagram အရ motor တွေအားလုံးကို အကုန် start ပေးတဲ့အခါ sub feeder A, B, C နှင့် main feeder တို့ရဲ့ Fuse rating ကို ရှာကြည့်ပါ။



$S_1 = S_2 = 250\%$ FLC

$S_3 = S_4 = 300\%$. FLC

$S_5 = S_6 = 150\%$ FLC

3ϕ motors

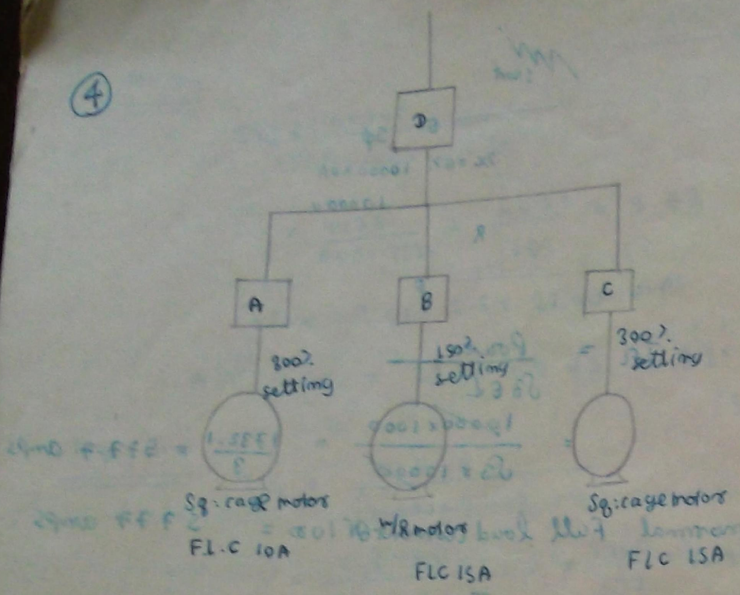
$M_1 = M_2 =$ 6 H.P .85pf

lagging effy 86%.

$M_3 = M_4 = 10$HP .8pf 11 80%

$M_5 = M_6 = 12$HP .8pf = 90%.

④



ഓരോ motor നു: start ചെയ്യുമ്പോൾ main disconnecting switch or fuse ratingഉം ഓരോന്നാ

A യുടെ I fuse = 3 x 10 = 30 A

B യുടെ I fuse = 15 x 1.5 = 22.5 A

C യുടെ I fuse = 3 x 15 = 45 A

~~one~~ single motor start ചെയ്താൽ

main fuse = 45 + 10 + 15

= 70 A

Double motor start

main fuse = 45 + 30 + 15

= 90 A

⑤ ഒരു 11kV ജനറേറ്റർ busbar ലേക്കുള്ള ഫീഡറിന്റെ ഷോർട്ട് സർക്യൂട്ട് 50m.v.A, 20% reactance generator ന്റെ 5000 m.v.A ബേസിൽ 10% ഉള്ള busbar reactor ഉം tie bar ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു. ഫീഡർ പോയന്റിൽ ഉണ്ടാകുന്ന short circuit m.v.A കണ്ടുപിടിക്കുക. ഫീഡറിലെ short circuit kVA 750m.v.A ആണെങ്കിൽ ഫീഡർ റിയാക്ടറിന്റെ

$$kVA\ Sn = \left[\frac{Q}{x} + \frac{Q(n-1)}{x+bn}\right] \times 100$$

Q = Full load kVA x = generator Reactance

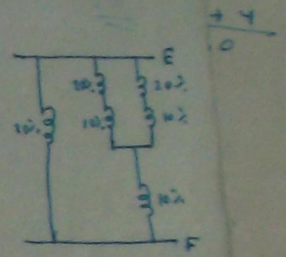
b = Reactor Reactance n = sections

Q = 50m.vA x = 20% b = 10%

$$kVA\ Sn = \left[\frac{50}{20} + \frac{50(9-1)}{20+10\times 9}\right] \times 100$$

$$= \left[2.5 + \frac{50\times 2}{50}\right] \times 100$$

$$= 4.5 \times 100 = 450 m.vA$$

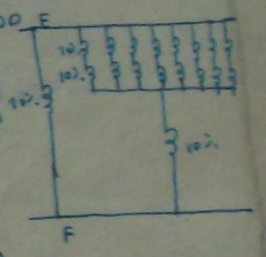


$$kVA\ Sn = \left[\frac{50}{20} + \frac{50(9-1)}{20+10\times 9}\right] \times 100$$

$$= \left[2.5 + \frac{50\times 8}{110}\right] \times 100$$

$$= \left[2.5 + 3.636\right] \times 100$$

$$= 6.136 \times 100 = 613.6 m.vA$$

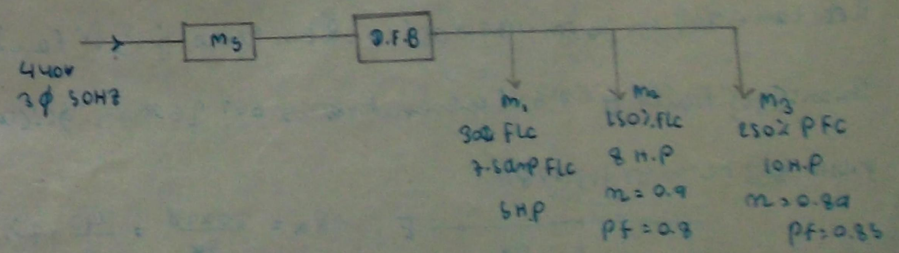


$$kVA\ Sn = \left[\frac{50}{20} + \frac{50(\alpha-1)}{20+10\alpha}\right] \times 100$$

$$= \left[2.5 + \frac{50(\alpha-1)}{10(2+\alpha)}\right] \times 100$$

$$= (2.5+5) \times 100 = 750 m.v.A$$

⑥



ഓരോ motor ന്റെയും ഓരോ ഫീഡറിലൂടെ പോകുന്ന current rating കണ്ടുപിടിക്കുക.

M1 22.5

M2 16.3

M3 32.4

main 90.75

M1

$I_{fuse} = \frac{7.5 \times 300}{100} = 22.5$ amps (fuse rating)

M2

$I_{FL} = \frac{8 \times 746}{440 \times \sqrt{3} \times .9 \times .8}$

$I_{FL} = \frac{5968}{763 \times .72} = \frac{5968}{548} = 10.89$

$I_{Fuse} = 10.89 \times \frac{150}{100} = 16.32$ amps (16.3)

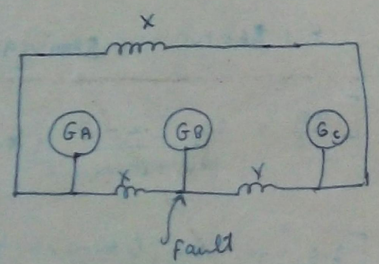
M3 $I_{FL} = \frac{10 \times 746}{440 \times \sqrt{3} \times .89 \times .85} = \frac{7460}{763 \times .7565} = \frac{7460}{577} = 12.93$

$I_{fuse} = 12.93 \times 2.5 = 32.38$ (32.4)

main fuse rating = 32.35 + 7.5 + 10.89

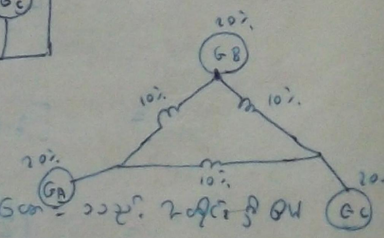
= 50.74 amps (50.75)

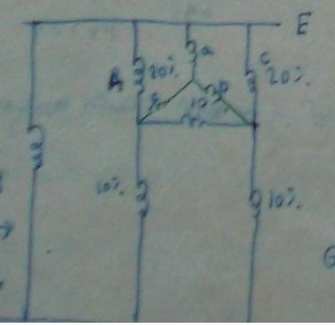
(7)



Fo

3φ ଶ୍ୟାର୍ଟ୍ସ: ଏହାର୍ଥରେ: ଚାଲୁଥିବା ଏହି Generator ଗୁଡ଼ିକ ଯଥାକ୍ରମେ 20 MVA ର 20% Reactance ବିଶିଷ୍ଟ ଏବଂ 10 MVA ର 10% Reactance ବିଶିଷ୍ଟ ଜେନେରେଟର ଅଟନ୍ତି। ଏହି ଜେନେରେଟରଗୁଡ଼ିକ ଏକ ବସ୍‌ବାର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଅଛନ୍ତି। ଏହି ବସ୍‌ବାରରୁ ଏକ ଫିଡର ବାହାରିଛି। ଫିଡରର ଶେଷ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଏକ ତ୍ରିଫେଜ ଫଲ୍ଟ ହେଲେ ଫଲ୍ଟ କରେଣ୍ଟର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର। ସିଷ୍ଟମ୍‌ର ବେସ୍ 10 MVA ଧରାଯାଉ।





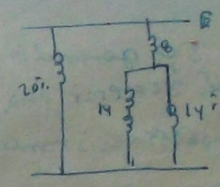
$R_A = \frac{20 \times 10}{50} = \frac{40}{5} = 8\%$

$R_B = \frac{20 \times 10}{50} = 4\%$

$R_C = \frac{20 \times 10}{50} = 4\%$

GC GA 3500.5A

GB ଏହାର 1750



$X_{t_1} = 8+7 = 15\%$

$\frac{1}{\%X_T} = \frac{1}{20} + \frac{1}{15} = \frac{3+4}{60}$

$\%X_T = \frac{60}{7}\%$

$I_{FL} = \frac{\text{Power}}{EL \times \sqrt{3}} = \frac{20 \times 10^6}{11 \times 10^3 \times \sqrt{3}}$

$= \frac{20,000}{11 \times \sqrt{3}} = \frac{20,000 \times 1.7321}{33}$

$= \frac{34642}{33} = 1050$ amps

B

$I_{SH} = \frac{1050}{20} \times 100$

= 5250 amps

$I_{SH} = \frac{I_{FL}}{\%X_T} \times 100$

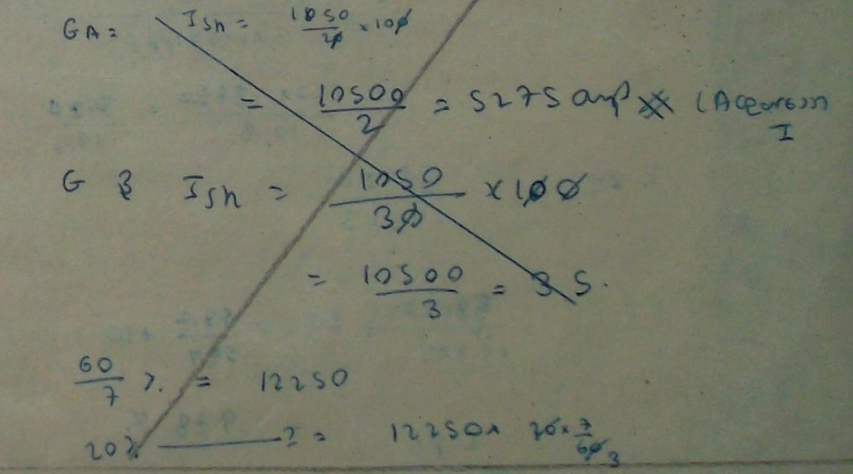
$= \frac{1050 \times 7}{60} \times 100$

$= \frac{10500 \times 7}{6} = \frac{73500}{6}$

= 12250 amps (ଏହାର ପରିମାଣ I)

∴ B+C current = 12250 − 5250 = 7000 ∴ A = C = 3500 amps

~~a ଦେଇଥିବା current = $\frac{17250}{4}$ = 3062.5 amps~~



ଏହାର:

35% = 12250

15% ——— ? = $12250 \times \frac{15 \times 7}{35}$ = $\frac{36750}{7}$

= 5250 amps

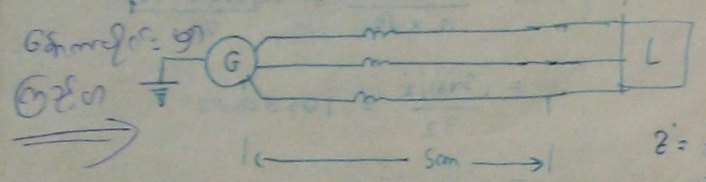
35% = 12250

20% ——— ? = $12250 \times \frac{20 \times 7}{35}$ = $\frac{49000}{7}$

∴ = 3500 amps

(8) 10% reactance ශ්‍රී ලංකා 15000 kVA 3 φ generating station ශ්‍රී ලංකා 6.6 kV 50 Hz ශ්‍රී Busbar ශ්‍රී 3 core cable ශ්‍රී Power supply ශ්‍රී ලංකා 6 ශ්‍රී core ශ්‍රී resistance ශ්‍රී 0.2196 Ω/mile ශ්‍රී reactance ශ්‍රී 0.1277 Ω/mile ශ්‍රී cable ශ්‍රී load current 200 amp ශ්‍රී station ශ්‍රී 5 mile ශ්‍රී 3 φ dead short ශ්‍රී short circuit current ශ්‍රී

2450 amp



$Z = .2196 + j.1277$
$= .582$

5 miles ශ්‍රී Resis = $.2196 \times 5\ \Omega$

one line ~~Resis~~ $\% X = \frac{I_{FL}\ x_{ph}}{E_{ph}} \times 100$

$= \frac{\frac{200}{3} \times .2196 \times 5}{6.6 \times 1000} \times 100$

$= \frac{200 \times .5820 \times 5 \times 100}{3 \times 6.6 \times 1000}$

$= \frac{100 \times .5820}{19.8} = \frac{5820}{19.8}$

$\% X_T = \frac{58.20}{19.8 \times 3}$

$\% X_T = \frac{58.20}{19.8 \times 3} + 10 = \frac{58.2}{59.4} + 10$

$= .978\ \%$

$I_{sh} = \frac{I_{FL}}{\%}$

Busbar power $= 6.6 \times \frac{200}{3} = 1320$ kVA

1320 kVA base ශ්‍රී

15000 kVA = 10%

$\frac{1320}{3}$ — $Z = \frac{13200}{15000 \times 3} = .88\%$

$= .0293$

$\% X_T = .88 + .978 = 1.858$

$I_{sh} = \frac{I_{FL}}{\% X_T} \times 100$

$= \frac{200}{.1858} \times 100 = 2420$

$\text{Power}_{sh} = \frac{\text{Power}_{FL}}{\% X_T} \times 100 = \frac{1320000}{1.8293} = 710000$

$Z = .2196 \times 5 + .1277 \times 5$

$= 1.0980 + .6385$

$= 1.27$

$\% X_T = \frac{200 \times 1.27}{3 \times 19.8 \times 1000} \times 100$

$= \frac{200 \times 1.27}{19.8 \times 3} = \frac{1.27 \times 2}{59.4} = .214 = .428$

$\% X_T = .428 + .0293 = .4573$

$I_{sh} = \frac{200}{.4573} \times 100$

$Z = 1.27$ $\% X_T = \frac{I_{FL} \times P_n}{E_{ph}} \times 100$

$= \frac{200}{3} \times \frac{1.27}{6.6 \times 1000} \times 100$

$= \frac{25.4}{19.8} = 1.280$

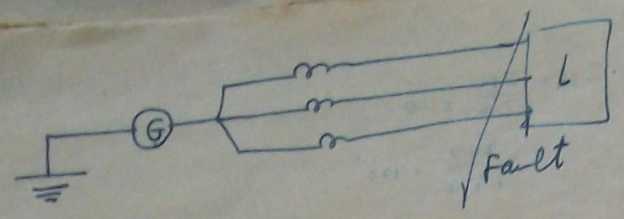
$\%$ 3 φ gen $= \frac{1.28}{3} = .428\%$

$\% X_T = .428 + .293 = .721$

$I_{sh} = \frac{I_{FL}}{\% X_T} \times 100 = \frac{200}{.721} \times 100$

$= \frac{200}{.721} \times 100$

$= 2450$ amp



Line ഇമ്പഡൻസ് $Z = R + jX_L$

$= .2196 + j.1274 \Omega$ s

$= 1.0980 + j.6385$ 3 ഫേസിലെ ഇമ്പഡൻസ് $Z_1 = \frac{1.29}{3} = .428$

$= 1.27 \Omega$

3 Lines: $\%X_T = \frac{IFL \times .423}{EPh} \times 100$

$= \frac{200 \times .423}{6.6 \times 1000} \times 100$

$= \frac{8.46}{6.6} = 1.281\ \%$

Power $FL = \sqrt{3}\, EI$

$= \sqrt{3} \times 6.6 \times 200$

$= 1.7321 \times 1320 = 2285$ KVA

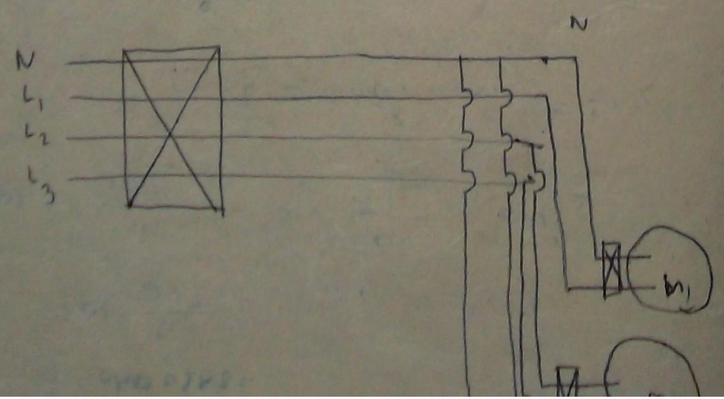
15000 KVA = 10%

2285 ——— ? $= \frac{22850}{15000} = 1.521\ \%$

$\% X_T = 1.281 + 1.521 = 2.803\ \%$

$I_{Sh} = \frac{IFL}{\%XT} \times 100 = \frac{200.00}{2.803}$

$Power_{Sh} = \frac{Power\ FL}{\%XT} \times 100 =$



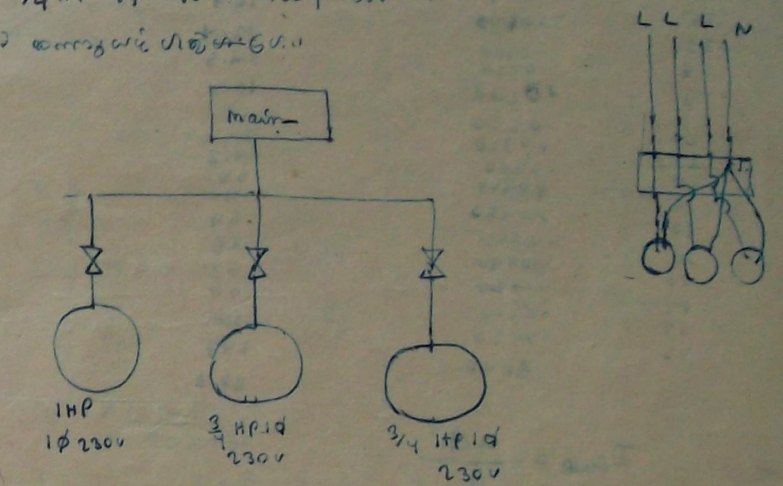
ഒരു ഫീഡറിലെ മോട്ടോറുകളുടെ motor ന്റെ 3ϕ supply line to neutral balanced ആയിരിക്കുവാൻ ഏറ്റവും വലിയ motor ന്റെ start ചെയ്യുമ്പോൾ main feeder ന്റെ rating കണ്ടു, main fuse തിരഞ്ഞെടുക്കുന്നതിന്റെ ഉദാഹരണം. 3ϕ cage motor ന്റെ power factor = 90% ഉം efficiency = 0.9 ഉം ആയാൽ

(a) 1HP 1ϕ fan ന്റെ motor: 230 V

(b) 3/4 HP 1ϕ 230 V grinding machine ന്റെ motor:

(c) 3/4 HP 1ϕ 230 V drill press ന്റെ motor:

(d) ഒരു lamp load ഉം ഉണ്ട്.



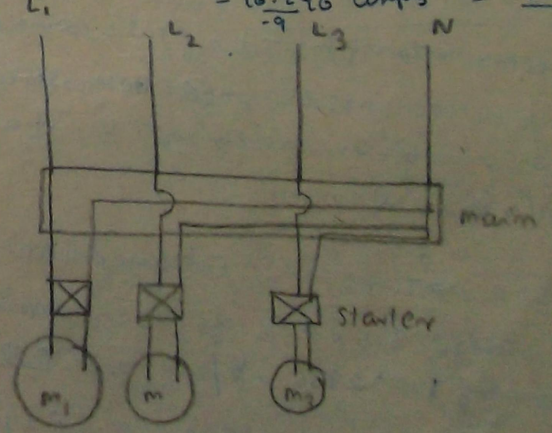
$I_{FL} = \frac{1 \times 746}{230 \times .9} = \frac{746}{207 \times .9} = \frac{3.61\ amp}{.9}$ $I_{Fuse} = 3.61 \times \frac{300}{100} = \frac{10.83}{.9}$

$I_{FL} = \frac{746 \times \frac{3}{4}}{230 \times .9 \times .9} = \frac{746 \times .75}{207} = \frac{560}{207} = 2.708$ $I_{Fuse} = 2.708 \times 3 = \frac{8.124}{.9}$

$I_{FL} = \frac{746 \times .75}{230 \times .9 \times .9} = \frac{560}{207 \times .9} = \frac{2.708}{.9}$ $I_{Fuse} = \frac{8.124}{.9}$

main feeder rating $= \frac{10.83 + 2.708 + 2.708}{.9}$

$= \frac{16.246\ amps}{.9} = \frac{16.246}{.9} = \frac{16246}{900} = 18.05$



ഒരു ഫീഡറിലെ ഉപയോഗിക്കുന്ന SWG NO 28, wire size .0148" wire

wire NO SWG	ಸಾಂದ್ರ:	ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಸಾಂದ್ರ:	ಓರಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ:
34	.0092	4.5	9
33	.0100	5	10
32	.0108	5.7	11.5
31	.0116	6.4	12.8
30	.0124	7	14
29	.0136	8	16
28	.0148	9	18.5
27	.0164	10.7	21.5
26	.0180	12.4	24.7
25	.0200	14.5	29
24	.0220	16.5	33
23	.0240	19	35
22	.0280	24	48
21	.0320	29.3	58.6
20	.0360	35	70
19	.0400	41	82
18	.0480	54	108
17	.0560	68	136
16	.0640	83	166
15	.0720	99	198
14	.0800	116	232
13	.0920	143	286
12	.1040	172	344

$$I_{fuse} = \frac{ad^3}{2}$$

$$I_{fuse} = \frac{10244\, d^3}{2}$$

measurement

(1) 10 amp Electrodynamics ammeter ನಲ್ಲಿ: ಎಷ್ಟು Torsion ಇರುತ್ತೆ?

1dyne-cm / degree ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್ spring ಇದೆ, control ಟಾರ್ಕ್ ಎಷ್ಟು ಬೇಕು meter ಗೆ Full scale deflection 110 degree ಆಗಲು ಎಷ್ಟು Inductance ಇರಬೇಕು? Inductance ಅನ್ನು ಹೇಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಬಹುದು? ಮೊದಲು 10 amp ಪ್ರವಾಹವನ್ನು meter ಗೆ Inductance ಅನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕು

(2) Quadrant Electrometer ನಲ್ಲಿ Idio static connection ಇದ್ದಾಗ ಪ್ರತಿ 30 V ಗೆ deflection 25 division ಆದರೆ Hetero static connection ಇದ್ದಾಗ ಪ್ರತಿ 16 V ಗೆ deflection 25 division ಆಗಲು Quadrant ಗೆ ಎಷ್ಟು Volt ಕೊಡಬೇಕು? deflection 15 division ಆಗಲು ಎಷ್ಟು Volt ಬೇಕು?

(3) 7 cm ಉದ್ದ, 0.5 gm ತೂಕದ Torsion ತಂತಿಯ Full scale deflection ಗೆ 0.2 gm-cm Torque ಇರುವಂತೆ ತಂತಿಯ ವ್ಯಾಸವನ್ನು 2.6 × 2.5 square coil ಗೆ 26.5 turns ಇರುವಂತೆ ಎಷ್ಟು flux density ಇರಬೇಕು? 0.135 wb/m² ಆಗಲು full scale deflection ಗೆ current ಅನ್ನು, Swamping Resistance ಅನ್ನು ಹೇಗೆ ಹೊಂದಿಸಬೇಕು? ($\rho = 1.73$ micro ohm cm)

(1) $T_D = 5100 i^2 \frac{dh}{d(\theta+\phi)}$

$\frac{110\pi}{980} = \frac{5100 \times 100 \times (x-2) \times 10^{-6}}{(110-0)\frac{\pi}{180}}$

$\frac{11}{98} = \frac{5100 \times 100 \times 120 \times (x-2)}{10^6 \times 110\pi}$

$\frac{12100\,\pi}{98 \times 98 \times 18} + 2 = x$

$\frac{98000}{98 \times 98} + 2 = x$

$x = \frac{38400+2}{9604}$

$= 4.422 + 2 = 6.422$

$6.422 - 2 = 4.422$ μH

Mutual Inductance = 4.422 μH

(2) $T \propto \theta$

$T = K\theta$

Idio: $T = C_1 V^2$

Hetero: $T = C_1 V^2$ $\quad \frac{C_1}{C_2} = 2.25$

Hetero static.

$K\theta = C_1 V$

$K \times 15 = C_1 \times 1000$

Idiostatic ⇒ $K \times 25 = C_2 \times 80 \times 80$

$\frac{15}{25} = \frac{C_1}{C_2} \times \frac{1600}{6400}$

$\frac{15}{25} = 2V_0 \times \frac{5}{32}$

$\frac{96}{25} = V_0$

$V_0 = 1.92$ volts

(3) $T_D = \frac{B N I A}{10 \times 980}$

$\frac{1}{2} = \frac{3.6 \times 2.5 \times 26.5 \times I \times 0.135 \times 10^{-4}}{10 \times \frac{980}{490}}$

$\therefore I = \frac{4900}{3.6 \times 2.5 \times 26.5 \times 0.135 \times 10^4}$

$= \frac{4900}{3.6 \times 2.5 \times 26.5 \times 1.35} \times 10^{-3}$

$= \frac{4900}{9 \times 35.8}$ mA $= \frac{4900}{322} = 15.2$ mA



$R = \frac{\rho L_a}{A_c} = \frac{1.73 \times 10^{-6} \times 2(3.6+2.5) \times 26.5}{\frac{\pi}{4} \times \frac{.2946}{10} \times \frac{.2946}{10}}$

$= \frac{1.73 \times 10^{-6} \times 2 \times 6.1 \times 26.5}{.7854 \times .02946 \times .02946}\ \Omega$

$\therefore$ Swamping Resis: $= \frac{75}{15\Omega} - \frac{1.73 \times 10^{-6} \times 2 \times 6.1 \times 26.5}{.7854 \times .02946 \times .02946}$

$= 4.93 - \frac{3.46 \times 16\Omega}{78.54 \times 2.946 \times 2.946 \times 10^6} \times 10^6$

$= 4.93 - \frac{56\Omega}{78.54 \times 3.68}$

$= 4.93 - \frac{56\Omega}{633}$

$= 4.93 - .088$

(8) 10% read

6. 6u

Supply

load cum

dead

3φ short

Short ಆಗಿರುವ ಸ್ಥಳ

ಪರಿಹಾರ

Smiles

one

1 x 110 = 110 dyne-cm

$d\theta = 110 - 0 = 110 \times 0.144$ S

$T\theta = 10200 \; I^2 \frac{dm}{d\theta}$

$dm = .211 \mu/g$

$dm = m_2 - m_1$

$= 2.2 \mu H$

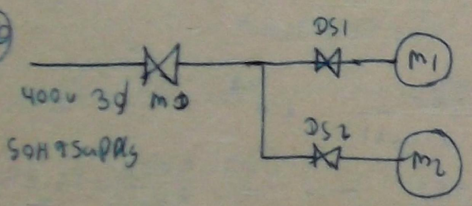
$\frac{KA}{\theta\pi} \left(\frac{K}{300x}\right)^2$

$= \frac{\pi \times 10 \times 10}{2\pi \times 4} \times \frac{1000 \times 1000 \times 2.54 \times 2.54}{300 \times 300 \times .64 \times 2.54 \times 2.54}$

$= 54.2$ dyne-cm $\quad \theta = .221 \mu$ rad

Powering

(10)



ಅಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲಾ motors ಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಿಗೆ start ಮಾಡಲು ಬರುವ branch circuit

Protection ಗಾಗಿ ಬಳಸಿರುವ ಫ್ಯೂಸ್ - Sub main fuse DS_1, DS_2 ಗಳಿಗೆ main

ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಯೊಂದಕ್ಕೂ - ~~sub main fuse DS_1~~ ಆಕ್ಸಿಲರಿ ಫ್ಯೂಸ್ ಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ.

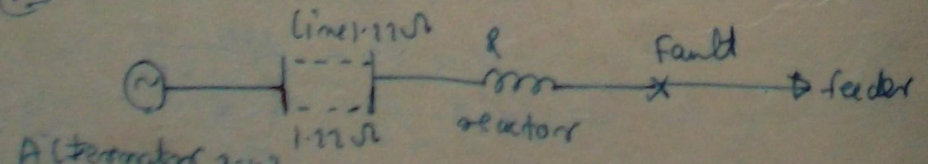
$M_1 = 10$ HP $\eta = 0.8$ pf $= 0.8$ lagging ಪ್ರತಿರೋಧ squirrel cage

motor

$M_2 = 12$ HP $\eta = 0.87$ pf $= .09$ lagging ಪ್ರತಿರೋಧ wound

Rotar Induction motor.

(12)



Alternator 2.12.

7500 kVA 11kV 3φ

ಜನರೇಟರ್ ನಿಂದ feader ಗೆ ಬರುವ

ಕಂಡಕ್ಟರ್ ಗಳ ಪ್ರತಿರೋಧ ಮತ್ತು reactor ಗಳ ಪ್ರತಿರೋಧ ಹಾಗೂ ಫಾಲ್ಟ್ ಆಗಿರುವ ಸ್ಥಳದ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಓಮಿಕ್ ಮೌಲ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿ.

ಅಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಫ್ಯೂಸ್ ಗಳ ರೇಟಿಂಗ್ ಅನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕಿ.

Motor ಗಳ ಪವರ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರ್ ಅನ್ನು ಓಮಿಕ್ ಮೌಲ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿ.

$I_{FL} = \frac{\text{Power}}{\sqrt{3}\, EL}$

$= \frac{10 \times 746}{\sqrt{3} \times 400 \times .8 \times .8}$

$= \frac{7460}{693 \times .64} = \frac{7460}{444} = 16.8$ amp

$I_{Fuse} = 16.8 \times \frac{300}{100} = 50.4$ amps

12HP $\quad I_{FL} = \frac{\text{Power}}{\sqrt{3} FL} = \frac{12 \times 746}{693 \times .87 \times .9} = \frac{8952}{693 \times .783}$

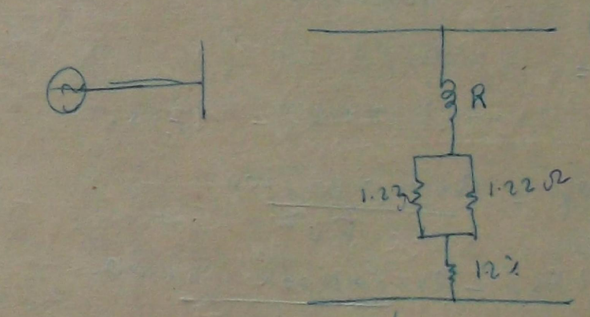
$= \frac{8952}{542} = 16.51$

$I_{Fuse} = 16.51 \times \frac{300}{100}$

$= 49.53$ amps

∴ main Fuse $= 50.4 + 16.51 = 66.91$ amp

(2)



Line ಗಳ Total Resistance $= \frac{1.22}{2} = .61\,\Omega$

$\% x =$

$I_{SH} = \frac{I_{FL}}{\% xT} \times 100$

$3 I_{FL} = \frac{I_{FL}}{\% xT} \times 100$

$\% xT = 33.33\%$

Line $\% xT = \frac{.61 \times 750 \times 1000 \times 100}{11000 \times 11000}$

$= \frac{45.7}{121}$

$= .378\%$

$\% xT = \frac{x \times \text{Power} \times 100}{EL^2}$

$\frac{100}{8} = \frac{x \times 750 \times 1000 \times 100}{11000 \times 1000}$

$\frac{1}{8} = \frac{.75x}{.110}$

$x = \frac{22}{\text{ph}}$

$I_{FL} =$

$\%x = \frac{}{EL^2}$

$\%R = \frac{7500 \times 1000 \times 2\,ph \times 100}{11000 \times 11000}$

$\frac{17.552 \times 121}{750} = 2\,ph$

$\frac{2123}{750} = 2\,ph$ $\quad 2\,ph = 2.83\,\Omega$ (Ans)

$I_{sh} = \frac{I\,FL}{\%xT} \times 100$

$3\,I_{sh} = \frac{I\,FL}{\%xT} \times 100$

$\%xT = 33.33\,\%$

Line ⅔ $\%x = \frac{Power \times 2\,ph \times 100}{EL^2}$

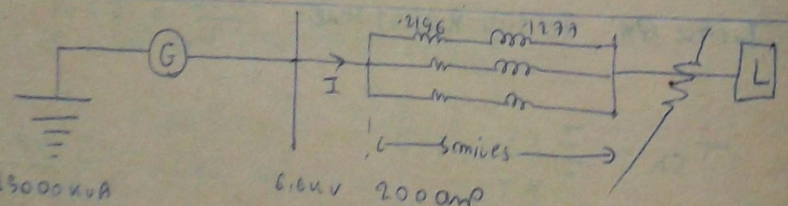
$= \frac{7500 \times 1000 \times 1.83 \times 100}{11000 \times 11000 \times 2}$

$= 3.78\,\%$

$\therefore$ R $\%x_2 = 33.33 - (3.78 + 12) = 17.55\,\Omega$

$+\%x = \frac{Power \times 2\,ph \times 100}{EL^2}$

$17.55\Omega = \frac{7500 \times 1000 \times 2\,ph \times 100}{11000 \times 11000}$ $\quad 2\,ph = 2.83\,\Omega$



5miles $z = .2196 \times 5$ (Resis) $+ j.1277 \times 5$ (Reactance)

$z = R + jX_L$

$= .2196 \times 5 + j.1277 \times 5$

$= 1.27\,\Omega$

Power $= 6.6 \times 200\sqrt{3}$

$= 1320 \times 1.732 = 2285\,KVA$

3 line $\%x = \%x \times T = 7.11 \times \frac{1}{3} = 2.44\,\%$

2285 base

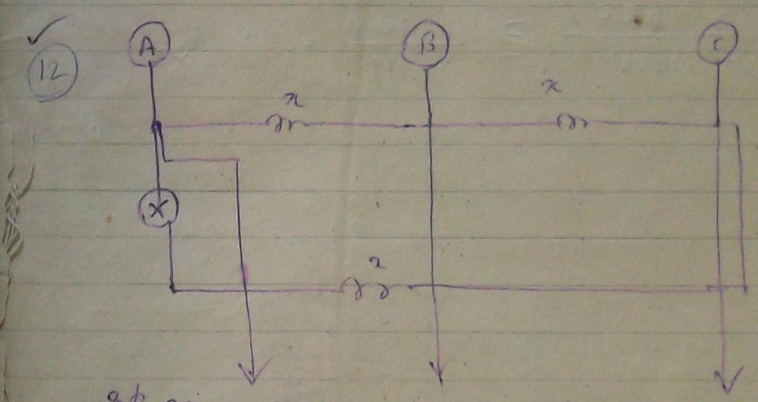
15000 KVA = 10 %

2285 ——— ?. $= 1.525\,\%$

$\therefore xT = 2.44 + 1.525 = 3.965$

$I_{sh} = \frac{I\,FL}{\%xT} \times 100 = \frac{100 \times 100}{3.96} =$ 5055 amp

12

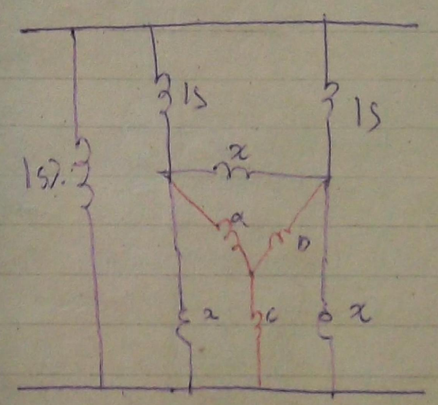


3ϕ short circuit ϕ

ϕ 750 on MVA Sho

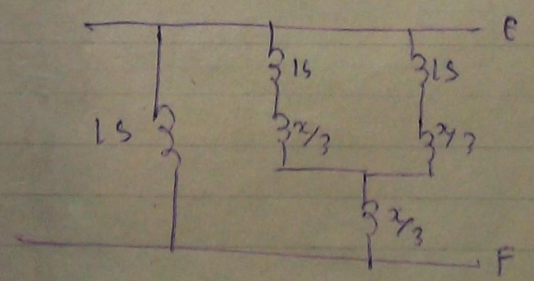
ϕ ϕ R eac

2 Ω ohm ϕ



$a = \frac{x \times x}{3x} = \frac{x}{3}$

$\therefore b = x/3$ $c = x/3$



$\%x_{T_1} = \frac{45 + x}{6}$

Total $\%x_{T_2} = \frac{45+x}{6} + \frac{x}{3}$

$= \frac{45 + 3x}{6}$

$= \frac{15 + x}{2}$

Power $sh = \frac{Power\,FL}{\%xT} \times 100$

$750 = \frac{60}{\%xT} \times 100$ $\quad \%xT = 8\,\%$

KN 79

72/-

AU

Electrical Measurement
&
measuring instruments

2nd Year Electrical Enginneering (power)
course

Government Technical Institute

EM&MI

No	Type	Name of meter	Symbol
1	Current	Am meter	A
2	voltage	volt meter	V
3	Power	watt meter	W, KW
4	Energy	Kilowatt hour meter	K.W.H
5	Frequency	Frequency meter	F, ~
6	Power factor	Power factor meter (P.f)	Pf ~ cos
7	Reactive volt	Reactive volt meter	VAR, KVA

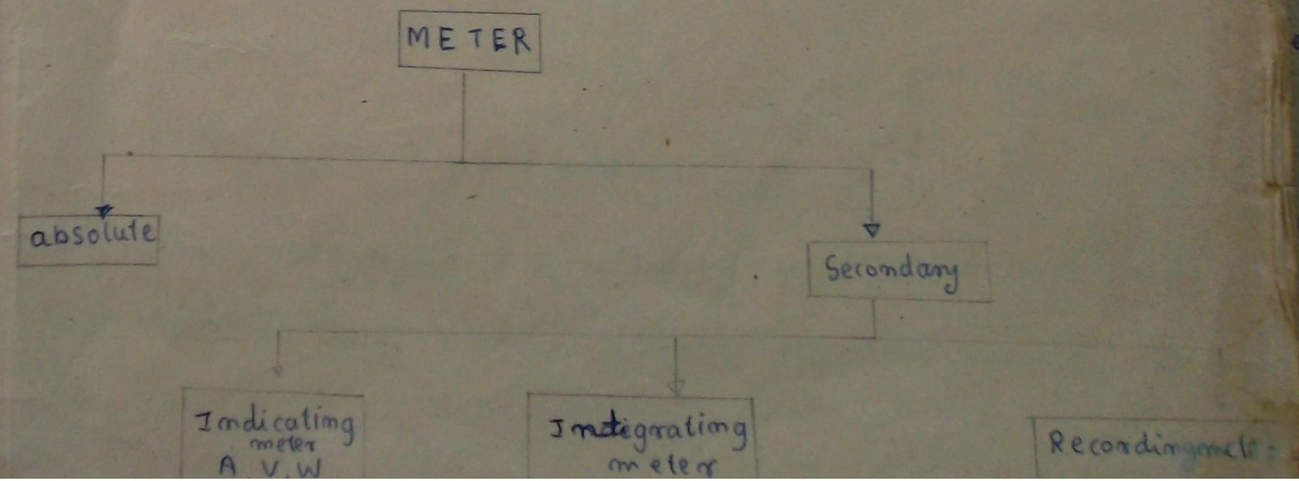
Meter အမျိုးအစား များ တွင် absolute နှင့် secondary ဟု ၂မျိုး ၂စား ရှိသည်။

absolute meter (Instrument)

absolute meter ဆိုသည်မှာ တိုင်း တာလိုသော လျှပ်စစ်ဓါတ်အား ကို Inst[illegible] ဖြစ်တဲ့ တည်း သောဌာလျား မှ နှင့် သိနိုင်ဖြစ် ကျ meter မျိုး ဒှ သီး ခြား နှိုင်း ယှဉ်စဉ် မရိပေ။ တမျိုး[illegible] တည်း ကိုသာ တိုင်း နိုင်ဖြစ် ဌာလျား မှ ပြင့် သော်ငှင်း တွက် ချက်ကျ သော်ငှင်း လျှပ်စစ်ဓါတ်အား ကို သိနိုင်[illegible]

Secondary meter (Instrument)

secondary meter ဆိုသည်မှာ တိုင်း တာလိုသော လျှပ်စစ် အမျိုး အစား အ[illegible] meter ဖြစ် အိမ် မြောင်ပြင့် သတ်မှတ် တွက် ချက် ထား သော Scale ပေါ် တွင် ညွှန်ပြသော meter [illegible] ပြစ်ဖြစ်။ ကျ meter မျိုး နှင့် အခြား လိုအပ်သော ကရိယာ များ ကို ပူး တွဲ ကျ တိုး ချဲ့ တိုင်း တာ မှ ပြုလုပ်[illegible]



Indicating meter (Instrument)

* ကိုးကိုးကိုးမှာ တွင် Ammeter, voltmeter, watt meter တို့ကို meter များ ပါဝင်စိစစ်ခဲ့ကြပြီးဖြစ်ပါသည်။ ဤ meter များတွင် အလုပ်လုပ်ပုံမှာ သင်္ကေတ (Pointer) တွင် ဖြစ်ပြီး ရွှေ့ပြောင်းမှုကို meter ပေါ်ရှိ ကိန်းဂဏန်းများကို ကြည့်ရှုခြင်းဖြင့် သိရှိနိုင်ပါသည်။

Integrating

Kilowatt hour meter, watt hour meter, ampere hour meter တို့သည်မှာ ဓာတ်အားပမာဏကို တိုင်းတာသော Electrical Energy ကို meter များ ဖြစ်ပြီး ဤ meter များတွင် ရှိသော Electrical Energy များသည် ဓာတ်အားပမာဏများကို မှတ်သားရာတွင် ကိန်းဂဏန်းများဖြင့် ပြောင်းလဲပြီးမှ meter ပေါ်တွင် တိုင်းတာမှုရလဒ်ကို ဖတ်ရှုနိုင်ကြပါသည်။ ထို့ကြောင့် ဤ meter များတွင် unit များ ပါဝင်သည်ကို သတိပြုရန် လိုအပ်ပါသည်။

Recording meter

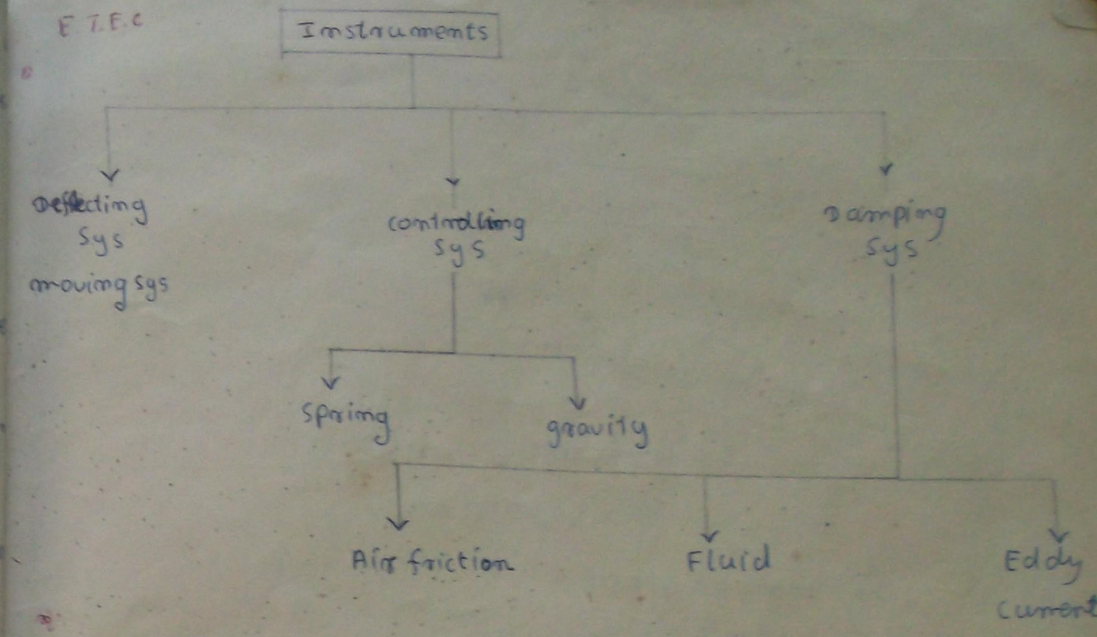
ဤ meter များသည် သတ်မှတ်ထားသော အချိန်အတွင်း ဓာတ်အားပမာဏကို graph paper တွင် မှတ်တမ်းတင်ပေးသော meter ဖြစ်ပါသည်။ ၎င်း meter ကို 24 hour ဓာတ်အားပေါ်မူတည်၍ ရွေ့လျားနေသော pointer ဖြင့် graph paper ပေါ်တွင် မှတ်တမ်းတင်ပေးသည်ကို တွေ့ရှိနိုင်ပါသည်။

meter များတွင်အသုံးပြုသောအခြေခံများ

(utilizing effect)

နံပါတ်	အခြေခံအချက်	အသုံးပြုmeter
1	D.C Magnet	Ammeter, voltmeter, watt meter Integrating meter
2	Heating	Am meter
3	Chemical	Imtegrating meter Kwh, AH
4	Electro-Static	volt meter, Am meter, watt meter
5	Electro-magnetic	A, V, W meter Integrating meters

E.T.E.C



Deflecting forces

Deflecting force ဆိုသည်မှာ တိုင်းတာလိုသော လျှပ်စစ်ပမာဏတွင် အမျိုးအစား လိုလိုလားလား အိုင်ဝင်ကြောင်း တိုးတွန်းပေးသော အားပင်ဖြစ်ပါသည်။ ဤအားသည် meter များတွင် moving System ပုံစံအမျိုးမျိုးဖြင့် ပေါ်ပေါက်လာတတ်ပါသည်။ ဥပမာ jewel bearing တပ်ဆင်ထားခြင်း။

controlling force

controlling force ဆိုသည်မှာ တိုင်းတာလိုသော လျှပ်စစ်ပမာဏအား အိုင်ဝင်ကြောင်းကို တိုးတွန်း၊ တိုးတွန်း သို့မဟုတ် ပြုလုပ်ပေးသော အားပင်ဖြစ်ပါသည်။ controlling force သည် meter ပျံတွင် ပြုလုပ်သောအခါ deflecting force နှင့် ညီမျှပြီး တန်ဖိုးအားသာလာ ပါက meter ပျံ၏ force မတိုင်မီ meter ပျံအနေအထားကြောင့် သည်လည်း အလေးမတိုးသောကိုင် ဖြစ်ပြီး မည်သည့် လျှပ်စစ်ပမာဏမှ မတိုင်းတာရသေးသော "0" အမှတ်အသားကို ပြန်လာစေပါသည်။

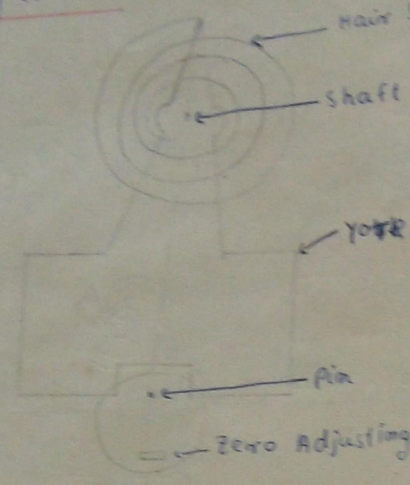
Fc = Controlling force
Fd = Deflecting force

ဓာတ်ပျံတွင် ပြုလုပ်သောအခါ $F_c = F_d$

$\therefore F_c \times r = F_d \times r$

$\therefore T_c = T_d$ — *

Spring control



θ = angle of thaist

Tc = controlling Torque

$Tc \propto \theta$

$\therefore \boxed{Tc = K\theta}$ (K = constant)

Spring ကိုအသုံးပြုသည့်အခါ: ဂျာမေနီယမ်: ဆီလီကွန်: ဖော့စဖာ: ကြေးဝါ: ဒြပ်စင်များကို အသုံးများသည်။

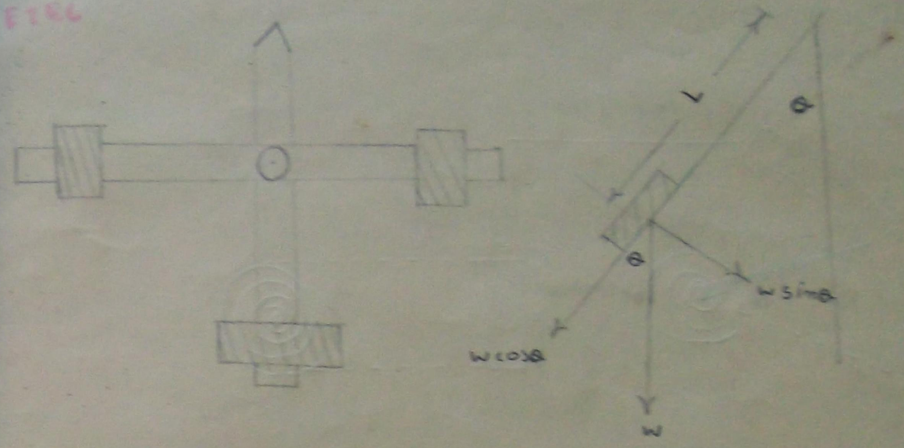
Hair Spring ကို ဘာကြောင့် သုံးသလဲဆိုတော့: Moving system ရဲ့ current ဟာ ကြိုးတန်းရဲ့ ဘေးဆီကို ရောက်သွားတဲ့အခါ current ပြောင်းသွားတဲ့အခါ ပြင်ပက ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ conductor ဆီကို ဘေးထွက်သွားတဲ့အခါ "0" position ပြောင်းသွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ spring ဘေးဆီကို ရောက်သွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ Hair spring ကြောင့် ဘေးဆီကို ပြန်ရောက်သွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် spring ဟာ moving system ရဲ့ current ဟာ ပြင်ပက ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် spring ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ Hair spring ကြောင့် ဘေးဆီကို ပြန်ရောက်သွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် spring ဟာ

Spring ဟာ အသုံးများတဲ့: ဂျာမေနီယမ်: ဆီလီကွန်: ဖော့စဖာ: ကြေးဝါ: ဒြပ်စင်များကို အသုံးများသည်။ ဘေးဆီကို ရောက်သွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် spring ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ Hair spring ကြောင့် ဘေးဆီကို ပြန်ရောက်သွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် spring ဟာ

Hair spring, Suspension wire spring တွေဟာ ဘာကြောင့် ဒီလိုပုံစံမျိုးကို ဖန်တီးထားတာလဲ ဆိုတာကို equation အားဖြင့် ရှင်းပြပါမယ်။

Hair spring မှာ meter တွင်း: moving system တွင် current ဝင်တဲ့အခါ ဘေးဆီကို ရောက်သွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ပြောင်းသွားတဲ့အခါ ပြင်ပက ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ conductor ဆီကို ဘေးထွက်သွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် "0" position ပြောင်းသွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ spring ဘေးဆီကို ရောက်သွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် spring ဟာ

Gravity control



$Tc = W\sin\theta \times L$

$= WL\sin\theta$

$= K\sin\theta$

$\therefore \boxed{Tc \propto \sin\theta}$

ဒီ့အတွက် Tc = Td

$\therefore \boxed{Td \propto \sin\theta}$

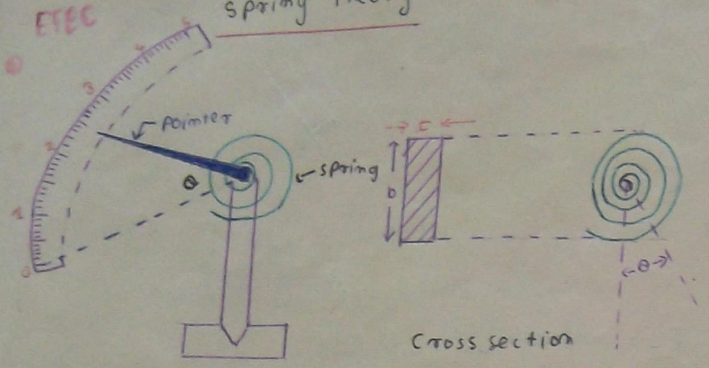
Gravity control တွင် ဖိအားကြောင်းများ across ဖို့ လမ်းတည်ဆောက်ရာတွင် ဘေးထွက်သွားတဲ့ ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ ဘေးဆီကို ရောက်သွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ controlling force ဟာ တန်ဖိုးကြီးမှ: ဒါကြောင့် ဘေးထွက်သွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ ဘေးဆီကို ရောက်သွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ

ဒီအတိုင်းမျှဖြစ်: မဖြစ်ဘူးဆိုတာကို $W\cos\theta$ နဲ့ $W\sin\theta$ ရဲ့ ပမာဏ: ချိန်ခြင်း: ဖြစ်ပါတယ်။ $W\cos\theta$ ဟာ လမ်းတိုးတွေမှာ သေးငယ်လာသွားတဲ့ ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ $W\sin\theta$ ဟာ လမ်းတိုးတွေမှာ ကြီးမားလာသွားတဲ့ ဖိအားကြောင့် controlling force ဟာ တန်ဖိုးကြီးမှ: ဒါကြောင့် ဘေးထွက်သွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ ဘေးဆီကို ရောက်သွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ controlling Torque ကို ရှာဖို့ သိုလှောင်နိုင်ဖို့ စီမံထားတဲ့ ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ constant ဖြစ်ဖို့ Torque သုံးခုစလုံးနဲ့ ညီမျှခြင်း: ပြုလုပ်ပါတယ်။

ဒါမှမဟုတ်: သုံးခုလုံး vertical လမ်းတည်ဆောက်ခြင်း: level လမ်းဆောက်လုပ်ရေးမှာ ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ ဘေးဆီကို ရောက်သွားတဲ့အခါ ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ gravity control Instrument မှာ: ကိုင်းသုံးခုနဲ့ ပြီးပြည့်စုံအောင် ဖိအားကြောင့် ပြောင်းသွားတဲ့ current ဟာ ပြန်ပြီးတော့ meter ဟာ

ETEC

Spring Theory



* $$T = \frac{E b t^3 \times \theta}{12 L}$$

where, T = controlling Torque

E = young modulus in (lb-in^2)

b = depth OR width of spring in (in)

t = Radial thickness in (in)

L = length in (in)

θ = Angle in (Radian) *Degree ಇರಬಾರದು

k (constant) = $\frac{Ebt^3}{12L}$ ಕೊಟ್ಟಿರುತ್ತೆ -

$$T_c \propto \theta$$

** $$\theta = \frac{2L f_{max}}{tE}$$

f_{max} = maximum stress in (lb-in^2)

ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕೇಳಬಹುದು :

1. $\theta = 1.25 \frac{TL}{EI}$ —— I = amperes ×
2. $I = \frac{bt^3}{12}$ —— ×

Work store OR Energy store in spring = $\frac{1}{2} T\theta$ in-lb *

ETEC

ಪ್ರಶ್ನೆ 1 - Flat spring ಅನ್ನುವಂತೆ $\frac{1}{4}$" ಅಗಲ 0.01" ದಪ್ಪ ಇರುವ ಸ್ಟೀಲ್ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು $f_{max} = 120,000$ psi ಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟು ಬಳಸಿದಾಗ Bending moment ನಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ Torque ನಿಂದ turns ಗಳನ್ನು ಹಾಕಿದಾಗ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ Energy store ಎಷ್ಟು? (E = 30×10^6 psi)

ಉತ್ತರ: ಮೊದಲು

$b = \frac{1}{4}$" , $t = 0.01$", $L = 8 \times 12$" , $f_{max} = 120,000$ psi *

$E = 30 \times 10^6$ psi , $f_{max} = \frac{12T}{bt^2}$

$$\therefore T = \frac{f_{max}\, bt^2}{12} = \frac{120,000 \times 1 \times 0.01 \times 0.01}{4 \times 12} = 0.25 \text{ in lbs}$$ Ans 1

$$\theta = \frac{2L F_{max}}{tE} = \frac{2 \times 8 \times 12 \times 120,000}{0.01 \times 30 \times 10^6} = \frac{384}{5} \text{ radian}$$

2π radian = 1 turn

$\frac{384}{3}$ radian = $\frac{384}{5} \times \frac{1}{2\pi} = 12.5$ turns Ans 2

Energy store = $\frac{1}{2} T\theta = \frac{1}{2} \times 0.25 \times \frac{384}{5} = 9.6$ in-lbs /// *

Ans 3

ಉತ್ತರ: ನಂತರ

ETEC

(1) 1 inch ಅಗಲದ್ದು, 0.02 inch ದಪ್ಪ ಇರುವ spring ಒಂದಕ್ಕೆ 6 ft-lb energy ನಷ್ಟು store ಆಗಬೇಕಾದರೆ ಅದಕ್ಕೆ stress 120000 psi ಇರುವಂತೆ ಎಷ್ಟು turns ಹಾಕಬೇಕು ಎಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ. (E = 30×10^6 psi)

b = 1" t = .02" Energy store = 6 × 12 in-lb f_{max} = 120000 psi

L = ? T = ? Turns = ? E = 30×10^6 psi

* ಇಲ್ಲಿ ಮೊದಲು ಅಂದರೆ

$$f_{max} = \frac{12T}{bt^2}$$

$$120000 = \frac{12 \times T}{1 \times .02 \times .02}$$

$$\therefore T = \frac{120000 \times .02 \times .02}{12} \text{ in-lbs}$$

$$= 4 \text{ in-lbs}$$

$6 \times 12 = \frac{1}{2} \times \frac{2}{4} \times \theta$

$\therefore \theta = 36$ radians

2π radians = 1 turns

36 ——— ? $= \frac{36}{2\pi} = 5.727$ turns

$\theta = \frac{2L\, f_{max}}{tE}$

$36 = \frac{2 \times L \times 120000}{.02 \times 30 \times 10^6}$

$L = \frac{36 \times .02 \times 30 \times 10^6}{2 \times 120000} =$

$L = \frac{36^3 \times 2 \times 10^{-2} \times 3 \times 10^7}{2 \times 12 \times 10^4}$

$= 3 \times 3 \times 10$

$= 90$ inches

$\therefore$ (Ans) Torque = 4 in lbs

Length = 90 inches

Turns = 5.727

② meterరంలో spring బిగించిన స్థానం నుండి 370 mm దూరంలో 0.073 mm మందం 0.51 mm వెడల్పు phosphor Bronze తో చేయబడిన spring తో $E = 1.15 \times 10^6$ kilo/cm² కలిగి 90° deflection కలిగించే Torque ని gm-cm లలో కనుగొనుము.

1 cm = 10 mm
100 cm = 1 m

$E = 1.15 \times 10^6 \times 1000$ gms/cm²

$l = 370$ mm $= 37$ cms

$t = 0.073$ mm $= \frac{0.073}{10}$ cms

$b = 0.51$ mm $= \frac{0.51}{10}$ cms

$\theta = 90°$

π radian $= 180°$ $\therefore 90° = \pi/2$ radians $\therefore \theta = \pi/2$

$T = \frac{E b t^3 \times \theta}{12L}$

$T = \frac{1.15 \times 10^6 \times 1000 \times \frac{0.51}{10} \times \frac{0.073}{10} \times \frac{0.073}{10} \times \frac{0.073}{10} \times \pi/2}{12 \times 37}$

$T = \frac{1.15 \times 10^6 \times 1000 \times 0.51 \times 0.073 \times 0.073 \times 0.073 \times \pi}{10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 2 \times 12 \times 37}$

$T = \frac{1.15 \times 10^9 \times 51 \times 10^{-2} \times 73 \times 10^{-3} \times 73 \times 10^{-3} \times 73 \times 10^{-3} \times \pi}{37 \times 2 \times 12 \times 10^4}$

$= \frac{1.15 \times 51 \times 73 \times 73 \times 73 \times \pi \times 10^{-2}}{37 \times 2 \times 12 \times 10^4} =$ * slide

$= \frac{1.15 \times 51 \times 73 \times 73 \times 73 \times \pi}{37 \times 2 \times 12 \times 10^6}$ gm-cm

$= .0845$ gm-cm slide

** moving coil meter లో ఒక resistance ని series లో connect చేసినప్పుడు voltage ని deflection Torque ని ఇచ్చే విధంగా design చేయబడిన volt meter ని 24 volts ని ఇచ్చినప్పుడు 90° deflection ఇచ్చేలా 8 volts ని ఇచ్చినప్పుడు ఎంత deflection ఇస్తుందో spring control (లేదా) Gravity control లో ఏది ఇచ్చినా design చేయండి.

Given data - $T_D \propto V$, 24 V, 90°, 8 V

Design - $T_D \propto V$ $\therefore T_D = KV$ (K = design constant)

(i) for Spring control

$T_C \propto \theta$, $\therefore T_C = K_S \theta$ (K_S = constant)

In design $T_D = T_C$

$\therefore K \times 24 = K_S \times 90° \quad -①$

$K \times 8 = K_S \times \theta \quad -②$

$① \div ② \quad \frac{K\,24}{K\,8} = \frac{K_S\, 90°}{K_S\, \theta}$

$3\theta = 90° \quad \therefore \theta = 30°$

(ii) $T_C \propto \sin\theta$

$\therefore T_C = K_g \sin\theta$

In type of $T_D = T_C$

$K_V = K_g \sin\theta$

$\therefore K \times 24 = K_g \times \sin 90° \quad -③$

$K \times 8 = K_g \times \sin\theta \quad -④$

$③ \div ④ \quad \frac{K \times 24}{K \times 8} = \frac{K_g \sin 90°}{K_g \sin\theta}$

$3 \sin\theta = 1 \quad \sin\theta = 1/3 \quad \therefore \theta = 19° 48'$

ဥပမာ

③ null reading ကျခြင်းအား: Torsion head ပတ်ပေးခြင်းအားဖြင့် moving coil တွင်ရှိသော voltage အား deflecting Torque ဖြင့်ညီမျှစေပြီး voltmeter အား 44volts တွင်ရပ်စေသည်။ 30volts တွင်ရပ်စေလိုသော်ကော် spring control (သို့) gravity control တွင် deflecting angle မည်မျှပြောင်းရမည်နည်း

④ Instrument တစ်ခု၏ deflection Torque အားတိုင်းတာရာတွင် ထိန်းသိမ်းသည့်အစိတ်အပိုင်းမှာ Imax ဖြစ်ပြီး ယင်းမီတာအား 90° deflect ပြောင်းစေသော gravity control နှင့် spring control instrument မှာ မည်သို့ပြောင်းသွားမည်နည်း

ဖြေရှင်း

① $T_D \propto V$

$T_D = KV$ (K = constant)

② spring control $T_C \propto \theta$

$T_C = K_S\theta$

ချိန်ညှိစဉ်တွင် $T_C = T_D$

$\therefore KV = K_S\theta$

$K \times 45 = K_S \times 90$ —①

$K \times 30 = K_S \times \theta$ —②

①÷② $\frac{45}{30} = \frac{90}{\theta}$

$\theta = \frac{2700}{45} = 60°$

gravity control $T_D = KV$

$T_C \propto \sin\theta$

$T_C = K_g \sin\theta$

$T_C = T_D \therefore KV = K_g \sin\theta$

$45K = K_g \times \sin 90$

$\therefore 45K = K_g$ —①

$30K = K_g \sin\theta_2$ —②

①÷② $\frac{45}{30} = \frac{1}{\sin\theta_2}$

$\sin\theta_2 = \frac{30}{45} = \frac{2}{3}$

② spring control

$T_D \propto I$

$T_D = KI$ (K = constant)

$T_C \propto \theta$

$T_C = K_S\theta$

$T_D = T_C$

$\therefore KI = K_S\theta$

$K \times I_{max} = K_S \times 90$ —①

$K \times \frac{I_{max}}{2} = K_S\theta$ —②

①÷② $\frac{I_{max}}{\frac{I_{max}}{2}} = \frac{90}{\theta}$

$2\theta = 90 \quad \therefore \theta = 45°$

gravity control

$T_D \propto I \therefore T_D = KI$ (K = constant)

$T_C \propto \sin\theta \therefore T_C = K_g \sin\theta$ (K_g = constant)

ချိန်ညှိစဉ် $T_D = T_C$

$\therefore KI = K_g \sin\theta$

$K I_{max} = K_g \sin 90$

$K I_{max} = K_g$ —①

$K \frac{I_{max}}{2} = K_g \sin\theta$ —②

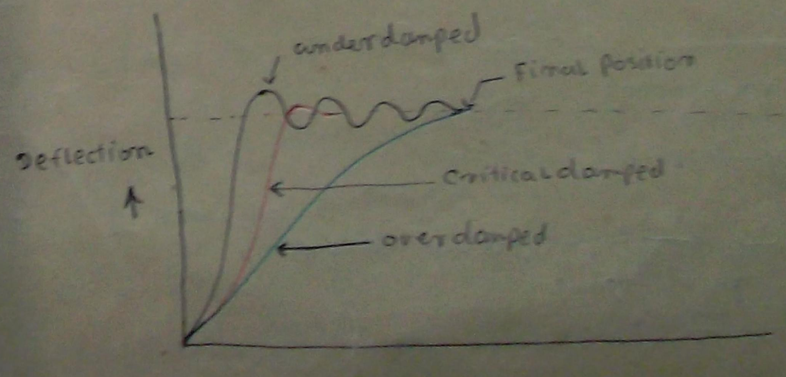
①÷② $\frac{I_{max}}{\frac{I_{max}}{2}} = \frac{K_g}{K_g \sin\theta}$

$2 \sin\theta = 1 \quad \sin\theta = 1/2$

$\therefore \theta = 30°$

ETC Damping force (meter လှုပ်ရှားမှုကို ကြာရှည်တည်တံ့စေသော အစိတ်အပိုင်း)

(Damping force သည် meter တွင်း Relay ကဲ့သို့ ဖြစ်ပြီး ထိန်းသိမ်းသည့်အစိတ်အပိုင်းမှ ထွက်လာသော pointer ကို ချက်ခြင်းရပ်စေခြင်း သို့မဟုတ် pointer ကို ဖြေးဖြေးရပ်စေခြင်းတို့ကို Damping force ဟုခေါ်သည်။)



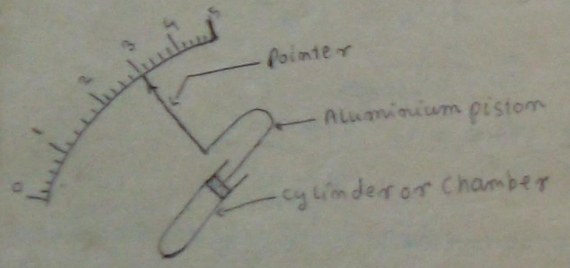
(a) under damped or oscillating case

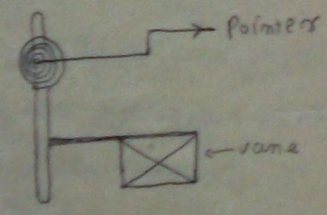
(b) over damped case

(c) Critical damped case

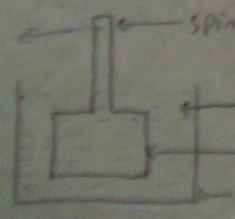
Damping system

(a) Air frection damping

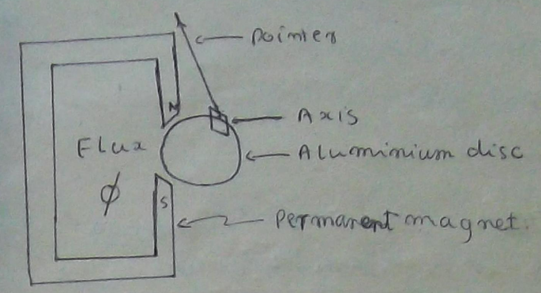




(b) Fluid friction Damping



(c) Eddy current damping



(a) Air friction damping

(b) Fluid friction Damping

(c) Eddy current damping

Eddy current damping

Air friction damping

field ... field ... Damping ... Aluminium ... force ... Torque ... deflecting Torque ... meter ... maximum current ... deflection ... gravity control ... current ... angle of deflection ... %

$T_c \propto \sin\theta$

$T_D \propto I$

$T_D = KI$

$\therefore T_c = K_2 \sin\theta$

$T_D = T_c$

$\therefore KI = K_2 \sin\theta$

$K \times I_1 = K_2 \times \sin 90$ —①

$K \times I_2 = K_2 \times \sin 40\tfrac{1}{2}°$ —②

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\sin 90}{\sin 40\frac{1}{2}°}$

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{.256}$

$.256\, I_1 = I_2$

I_1 — 100 , I_2 — ? $= .256$

$= 25.6\%$ (Ans)

meter ... Hairspring ... inches ... 0.5×10^{-5} inches ... Hairspring ... Young mod ... 0.376 lb/in² ... meter deflection ... controlling Torque ... 4.1×10^{-20} lb-inches ... deflection ... Degree

① $b = .005''$ $t = 0.2''$ $f_{max} = 10^5$ lb/in² $E_S = 3.125$ lb/in² $E_H = 30 \times 10^6$ lb/in² $T = ?$ $\theta = ?$ $L = ?$

$T = \frac{E b t^3 \theta}{12L}$

$f_{max} = \frac{12T}{bt^2}$

$\theta = \frac{2L f_{max}}{tE}$

$f_{max} = \frac{12T}{bt^2}$

$\frac{bt^2 f_{max}}{12} = T$

$\therefore T = \frac{.005 \times (0.2)^2 \times 10^5}{12}$

$T = \frac{5 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^{-2} \times 10^5}{12} = \frac{20}{12} = 1.6$ lb-in

$E_S = \frac{1}{2} T\theta$

$3.125 = \frac{1}{2} \times \frac{5}{3} \times \theta$

$\frac{3.125 \times 6}{5} = \theta$

$\theta = 3.74$ radians

$\therefore \theta = \frac{2L f_{max}}{tE}$

$3.74 = \frac{2 \times L \times 10^5}{0.2 \times 30 \times 10^6}$

$3.74 = \frac{2L}{2 \times 10^{-1} \times 3 \times 10 \times 10}$

$\therefore 30 \times 3.7 = L$ $L = 111$ inches

② $L = 2.5''$ $b = .005''$ $t = 0.5 \times 10^{-5}''$

$E = 0.376$ lb/in² $T = 41 \times 10^{-20}$ lb-inches

Q.?

$\theta = \frac{2L f_{max}}{tE}$

$\theta = 2L \times \frac{\frac{12T}{bt^2}}{tE}$

$\theta = \frac{2L \times 12T}{bt^3 \times E}$

$$\theta = T = \frac{Ebt^3\theta}{12L}$$

$$\theta = \frac{12LT}{Ebt^3}$$

$$\theta = \frac{12 \times 2.5 \times 4.1 \times 10^{-20}}{0.376 \times .0025 \times (0.5 \times 10^{-5})^3}$$

$$\theta = \frac{12 \times 2.5 \times \cancel{10} \times 4.1 \times \cancel{10} \times 10^{-20} \times 10^3 \times 10^4}{376 \times \cancel{10}\, 25 \times (\cancel{5} \times 10^{-6})^3}$$

$$\theta = \frac{12 \times 2.5 \times 4.1 \times 10^{-13}}{376 \times 25 \times 125 \times 10^{-18}}$$

$$\theta = \frac{12 \times 25 \times 41 \times 10^{-2} \times 10^{-13}}{376 \times 25 \times 125 \times 10^{-18}}$$

$$\theta = \frac{12 \times \cancel{25} \times 41}{376 \times \cancel{25} \times 125} \times 10^3$$

$$\theta = \frac{492}{376 \times 125} 10^3$$

$$= \frac{1.31}{125} \times 10^3$$

$$= \frac{131}{125} \times 10^3 \times 10^{-2} = 14.2$$

π radian $= 180°$

$14.2 = ? = \frac{180 \times 14.2}{\pi} = 816°$

② ~~L = 2.5"~~ $b = 0.2''$ $\delta_{max} = 10^5$

$t = 0.005''$ $F_s = 3.125$

$E = 30 \times 10^6$ $T = ?$ $\theta = ?$ $L = ?$

$$\delta_{max} = \frac{12T}{bt^2}$$

$$10^5 = \frac{12 \times T}{0.2 \times (.005)^2}$$

$$T = \frac{10^5 \times 0.2 \times .005 \times .005}{12}$$

$$E_s = \frac{1}{2} T\theta$$

$$3.125 = \frac{1}{2} \times 3.46 \times \theta$$

$$\theta = \frac{2 \times 3.125}{3.46} = \cancel{18.2}\ 1.82 \text{ radian}$$

$$\theta = \frac{2Lf_{max}}{tE}$$

$$1.82 = \frac{2 \times L \times 10^5}{.005 \times 30 \times 10^6}$$

$$\frac{1.82 \times .005 \times 30 \times 10^6}{2 \times 10^5} = L$$

$$10^7 \quad \frac{\cancel{182}^{91} \times 3 \times 5}{\cancel{2}} \times 10^{-8} = L$$

$L = 1365 \times 10^{-8}$ inches

$\cong 1.36$ inches

③ ~~θ =~~ E $L = 2.5''$ $b = .0025''$ $t = 0.5 \times 10^{-5}''$

$E = 0.376\ lb/in^2$ $T = 4.1 \times 10^{-20}$

$$\cancel{\theta =}\ T = \frac{Ebt^3\theta}{12L}$$

$$\theta = \frac{12LT}{Ebt^3}$$

$$\theta = \frac{12 \times 2.5 \times 4.1 \times 10^{-20}}{0.376 \times .0025 \times 0.5 \times 0.5 \times 0.5 \times 10^{-15}}$$

$$\theta = \frac{12 \times 25 \times 41}{376 \times 25 \times 125} \times \frac{10^{-22}}{10^{-25}}$$

$$= \frac{12 \times \cancel{25} \times 41 \times 10^3}{376 \times \cancel{25} \times 125} = \frac{492 \times 10^3}{376 \times 125}$$

$$= \frac{180}{\pi} \times \frac{492}{376 \times 125} \times 10^3$$

$= 5.90°$ degree

↑

✓③ Prob meter ගෙවීම Hairspring කුමාරුන 2.5" ක්‍රමවත් කරුණු .0025" × 0.5 × 10^{-5} inches කිරීම. ක්‍රමවත් Hairspring වන Young modulus ලා 0.376 lb/in² ලබාවන meter deflection ගෙවන කිරීම controlling Torque ලා 4.1 × 10^{-20}" ලබාවන Deflection ලා degree ලබාවන

$t = .005''$ $b = 0.2''$

$T = ?$ $\theta = ?$ $L = ?$

$$f_{max} = \frac{12T}{bt^2}$$

$$T = \frac{bt^2 f_{max}}{12}$$

$$T = \frac{0.2 \times .005 \times .005 \times 10^5}{12} = \frac{50^{12}}{1200} = .041 \text{ lb-in}$$

$$Q = \frac{2L f_{max}}{tE} \qquad F_s = \frac{1}{2} T\theta$$

$$Q = \frac{2 \times}{} \qquad 3.125 = \frac{1}{2} \times .041 \times \theta$$

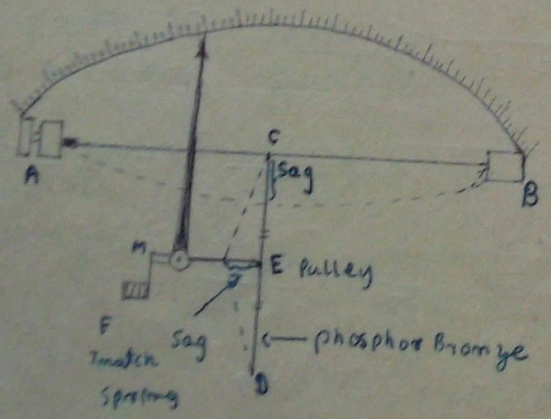
$$\theta = \frac{6.25}{.041} = 152.1 \text{ radian}$$

$$f_{max} = \frac{2Lf_{max}}{tE}$$

$$152.1 = \frac{2 \times L \times 10^5}{.005 \times 30 \times 10^6} \qquad = \frac{152.1 \times 5 \times 3}{200}$$

$$L = \frac{152.1 \times .005 \times 30 \times 10^6}{2 \times 10^5} \qquad = 114.2''$$

Double Sag Hot wire Imstrument



Hot wire Instrument ගුරු 6" කදී. දිගෙන සමාන්තරව wire AB යි. B හි Binding screw සවන් කරා: ඒ A හි ගුරු නිශ්චල කරා: ඒ spring කදී. screw හි, screen කදී සවන් කරා: ඒ A හි, B හි. ඒ meter හි Terminal වලට සම්බන්ධ කරා: ඒ. කදී meter වලින් Base Plate වලට සවන් කරා: ඒ.

E යි pulley වෙත දිගේ ඔබ්බට වෙන: ඒ. දිගේ watch spring F කදී. ඒ pulley ට සවන් කරා: ඒ. ඒ pulley ට සවන් කරා: ඒ. මැද්දේ තැබූ ඒ. වෙන: ඒ. Eddy current Dampingවලට ඒ. wire AB වෙන: ඒ. තැබූ ඒ. සවන් කරා: ඒ. ඒ. ඒ. wire එක තැබූ ඒ. වෙන: ඒ. sag වැඩි වෙන: ඒ. sag අඩු වෙන: ඒ. Double sag Hot wire Instrument වලට ඒ. watch spring F යි controlling Force කදී. තැබූ ඒ. වෙන: ඒ. ඒ. sag අඩු වෙන: ඒ. pulley කදී. ඒ. ඒ. ඒ. ඒ. ඒ. sag අඩු වෙන: ඒ. wire කදී. ඒ. ඒ. ඒ. "0" ට ඒ. ඒ. ඒ. ඒ.

meter වල ඒ. ඒ. ඒ. ඒ. ඒ. ඒ. ඒ. I^2R ඒ. ඒ. ඒ. ඒ. ඒ. ඒ. ඒ.

$$\frac{L^2}{4} + \frac{2Ldl}{4} + \frac{dl^2}{4} = \frac{L^2}{4} + S^2$$

$\frac{dl^2}{4}$ သည် ရန်ကို: အမှန်ငယ်သ ဖြင့်ငှင်း ကို neglect ပုပ်ဝေသ

$$S^2 = \frac{Ldl}{2}$$

$$\therefore \boxed{S = \sqrt{\frac{Ldl}{2}}}$$

ဒို့ဝေသ $m = \frac{S}{dl}$ $\quad \therefore m = \frac{\sqrt{\frac{Ldl}{2}}}{dl} = \sqrt{\frac{Ldl}{2dl^2}}$

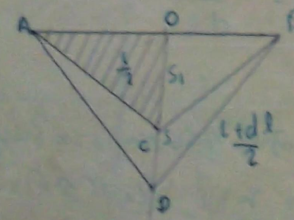
~~ဒို့ဝေသ~~ $m =$ $\quad \boxed{m = \sqrt{\frac{L}{2dl}}}$

ဒို့ဝေသ $dl = \alpha t L$

$$\therefore \boxed{m = \sqrt{\frac{L}{2\alpha t l}}}$$

$$\therefore \boxed{m = \sqrt{\frac{1}{2\alpha t}}}$$

magnification of expansion (with initial sag)



S_1 = initial sag

S = sag

$\angle$ ဖြင့် $\Delta AOD \rightarrow AD^2 = AO^2 + DO^2$

$= AO^2 + (S+S_1)^2$

$\angle$ ဖြင့် $\Delta AOC \rightarrow AC^2 = AO^2 + OC^2$

$= AO^2 + S_1^2$

$\therefore AD^2 - AC^2 = (S+S_1)^2 - S_1^2$

$\left(\frac{L+dl}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2 = (S+S_1)^2 - S_1^2$

$\frac{L^2}{4} + \frac{2Ldl}{4} + \frac{dl^2}{4} = \frac{L+dl}{2} + S_1^2$

① Hot wire တစ်ခုမှာ 10cms ရှိတဲ့ ငင်းတိုင်း ကိန်းမှာ 16×10^{-6}/°C/unit ဖြစ်ပြီး ငင်းတိုင်း ရှိ sag မှာ 1mm ရှိတဲ့ အမှာ: ဒုံးအ ပူချိန် 212°F ရှိဝေသအခါ ငင်းတိုင် magnification ကို ရှာပါ။

② Bed side Heater တစ်ခုမှာ Hot wire အလျှင်းမှာ 20cms ရှိတဲ့ ကိန်းမှာ 16×10^{-6}/°C/cm ဖြစ်ပြီး Hot wire ရှိ sag မှာ 0.3cms ရှိတဲ့ အမှာ: ဒုံးအ ပူချိန်ဝင်းကြင်း ဒုသည် magnification မှာ 10 ဖြင့်ကြင် magnification ကို ဖြစ်ပေါ်ဝေသည်။ အပူချိန်ကို F ဖြင့်ရှာပါ။

$m = \frac{S}{dl}$ $\quad S = \sqrt{\frac{Ldl}{2}}$

S_1 ပေးပုံ ရှိကြောင်းမှတ်

① $L = 10$ cms $\quad \alpha = 16\times10^{-6}$ $\quad$ ~~t = 212°~~

$S_1 = .1$ cms $\quad t = 212°F$

$S =$ $\quad C = \frac{5}{9}(F-32)$

$C = \frac{5}{9}(212-32)$

$C = \frac{5}{9} \times 180 = 100°C$

$dl = \alpha t L$

$dl = 16\times10^{-6} \times 100 \times 10$

$= 16\times10^{-3}$

$$S = \sqrt{\frac{L\times dl}{2}} = \sqrt{\frac{10\times16\times10^{-3}}{2}}$$

$$= \sqrt{8\times10^{-2}}$$

$$= 10^{-1}\sqrt{8}$$

$$S = m = \frac{S}{dl} = \frac{10^{-1}\sqrt{8}}{16\times10^{-3}}$$

$$= \frac{\sqrt{8}}{16}\times100$$

$$= \frac{2\sqrt{2}}{16}\times100 = \frac{141.4}{8}$$

$$= 17.6$$