

Nome: Weliton Frederico de Oliveira Alves - 96708

Prova 1 - 15/2/22 - Máquinas 2

① - Os seguintes passos devem ser seguidos para fazer a ligação em paralelo.

1- Ajustar a corrente de campo do máquina que está entrando em paralelo até que sua tensão terminal seja igual a tensão de linha do sistema já em operação.

2- A sequência de fase do gerador que está entrando em paralelo deve ser comparado com a sequência de fases do sistema que já está operando.

3- A frequência do gerador que está entrando em paralelo é ajustada para uma frequência ligeiramente superior à do sistema já em operação.

- Além disso, para realizar o paralelismo, as tensões eficazes de linha dos dois geradores devem ser iguais, eles devem ter a mesma sequência de fase e as ângulos de fase das duas fases a (b ou c) devem ser iguais. Tudo

-> Caso as sequências não sejam iguais, nos fases b e c haveriam correntes muito elevadas, danificando ambos os máquinas. Caso a frequência não seja próxima, haveriam grandes transições de potência até que os geradores se estabilizem em uma frequência comum. Além disso caso a frequência seja menor ou muito próxima ao do sistema, o gerador pode entrar consumindo potência em vez de fornecê-la.

-> Gerador e Barramentos e carga

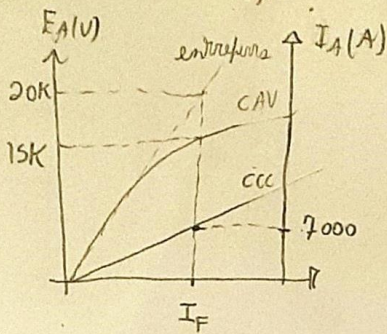
As potências ativa e reativa fornecidas pelo gerador serão os valores demandados pelas cargas conectadas. O ponto de ajuste no regulador irá controlar a frequência de operação do sistema de potência. A corrente de campo controla a tensão de terminal do sistema de potência. Sendo assim, a potência ativa está relacionada a frequência do sistema, e a potência reativa está relacionada a tensão de terminal no barramento.

-> Gerador isolado e carga

A potência reativa e ativa fornecidas pelo gerador serão os valores demandados pelas cargas conectadas. O seu comportamento varia grandemente, conforme o fator de potência da carga varia.

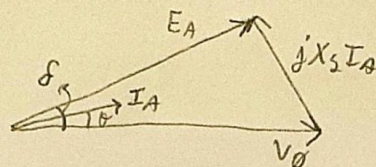
② Dados: 15KV, 195MVA, 60Hz, 4 polos, Y, R_A desprezada.

$$I_F = 750, V_{LN} = 15KV, I_{CC} = 7KA, V_{L, \text{base}} = 20KV$$



Entrega: 85MVA, $FP = 0.9$ avançado

$$\theta = 25.84^\circ$$



$$i) X_s = \frac{E_A}{I_A} = \frac{15K}{\sqrt{3} \cdot 7K} = 1.237 \Omega \quad \left\{ I_A = \frac{85M}{\sqrt{3} \cdot 15K} = 3271.652 A \right.$$

$$E_A = \left(\frac{15K}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \right) + \left(1.237 \angle 90^\circ \right) \left(3271.652 \angle 25.84^\circ \right) \Rightarrow E_A = 7798.998 \angle 27.85^\circ V$$

$$|E_A| = 7799 V$$

ii) máximo potência é dado quando $\delta = 90^\circ$, logo $E_A' = 7799 \angle 90^\circ$

$$P = \frac{3 V_\phi E_A \sin \delta}{X_s} \text{ em } \delta = 90^\circ \Rightarrow \frac{3 \left(\frac{15K}{\sqrt{3}} \right) (7799)}{1.237} \times 1 = 163.779 MW$$

$$(7799 \angle 90^\circ) = \left(\frac{15K}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \right) + \left(1.237 \angle 90^\circ \right) (I_A') \Rightarrow I_A' = 9420.116 \angle 48^\circ A$$

$$|I_A'| = 9.42 KA$$

$$FP' = 0.669$$

iii) Como $I_F'' = 1.3 I_F$, então $E_A'' = 1.3 E_A$ e como o potência mecânica não varia.

$$\frac{E_A \sin \delta}{X_s} = \frac{E_A'' \sin \delta''}{X_s} \Rightarrow \delta = \arcsin \left(\frac{E_A \sin \delta}{E_A''} \right) \Rightarrow \delta = 21.06^\circ$$

$$(1.3 \times 7799 \angle 21.06^\circ) = \left(\frac{15K}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \right) + \left(1.237 \angle 90^\circ \right) (I_A'') \Rightarrow I_A'' = 3015.211 \angle -12.40^\circ A$$

$$|I_A''| = 3015 \text{ e } FP'' = 0.977$$

$$Q = 3 V_\phi I_A \sin \theta'' = 3 \times \frac{15K}{\sqrt{3}} \times 3015 \times \sin(12.40^\circ) = 16.822 MVAR$$

$$iv) P = \frac{3 V_\phi E_A \sin \delta}{X_s} \Rightarrow 165.8K = \frac{3 \left(\frac{15K}{\sqrt{3}} \right) (E_A'') \sin 15^\circ}{1.237} \Rightarrow E_A'' = 30.505$$

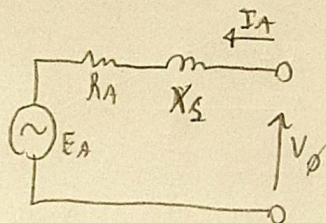
$$(30.505 \angle 15^\circ) = \left(\frac{15K}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \right) - \left(1.237 \angle 90^\circ \right) (I_A''') \Rightarrow I_A''' = 6976.186 \angle -90.05^\circ$$

$$|I_A'''| = 6.976 KA \quad FP''' = 0$$

③ Motor Sincrono: V_d
 $2300V$, $2000HP$, $FP=0.8$ adiantado, $60Hz$, 2 polos, Y
 $R_A = 0.3 \Omega$, $X_S = 1.5$, $V_F = 200V$, $I_F = 10A$

Em $60Hz$: $P_{atVt} = 50KW$, $P_{mu} = 40KW$

A corrente nominal e' $I_A = \frac{2000 \times 746}{\sqrt{3} \times 2300} = 374.52A$ e $FP=1 \Rightarrow \theta=0^\circ$



$$E_A = \frac{2300 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} - (0.3 + j1.5)(374.52 \angle 0^\circ)$$

$$E_{AF} = 1339.09 \angle -24.80^\circ V$$

$$E_{AL} = E_A \sqrt{3} = 2319.37 \angle -24.80^\circ$$

De acordo com o gráfico

$$E_{AL} = 2319.37 \Rightarrow I_F \approx 4.40A$$

b) $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{1491981.64}{1708220.35} \Rightarrow \eta = 87.34\%$

$$P_{in} = P_{out} + P_{atVt} + P_{mu} + P_{exc} + P_{fe} =$$

$$P_{out} = 3 V_d I_A \cos \theta = 3 \times \left(\frac{2300}{\sqrt{3}} \right) (374.52) \times 1 = 1491981.64 W$$

$$I_F' = 1.05 \times 4.4 = 4.62$$

$$P_{fe} = 3 (374.52)^2 (0.3) = 126238.207$$

c) $E_A' = 1.05 E_A = 1406.045 \angle -24.80^\circ$. Segundo o mesmo potencial:

$$\delta' = \arcsin \left(\frac{E_A \sin \delta}{E_A'} \right) = -23.55^\circ$$

$$FP = 0.992$$

$$\theta = 2.7$$

$$I_A = \frac{V_d - E_A'}{jX_S + R_A} = \frac{\left(\frac{2300}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \right) - (1406 \angle -23.55^\circ)}{0.3 + j1.5} = 368.132 \angle 7.34^\circ A$$

$$Q = 3 V_d I_A \sin(\theta) = -187.36 KVAR \text{ Potência reativa suprida pelo motor.}$$

d) $f_p = 1 \Rightarrow P_{out} = \sqrt{3} \times 2300 \times 374.52 = 1491.982 KW$

$$\omega_n = \frac{120 \times 60}{2} = 3600 \text{ rpm} \Rightarrow T = \frac{P_{out}}{\omega_n} = 3957.60 \text{ Nm}$$

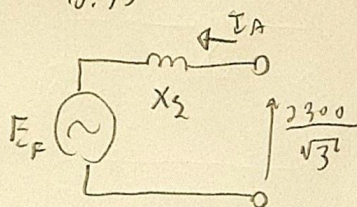
$$f_p = 0.8 \Rightarrow T = \frac{\sqrt{3} \times 2300 \times 374.52 \times 0.8}{3600 \times \frac{\pi}{30}} = 3166.08 \text{ Nm}$$

④ 1 MVA, 2300V, 60Hz, $R_A \approx 0$, $X_S = 1.25 \Omega$, $\eta = 95\%$, Barramento infinito

a) motor síncrono, $FP = 0.85$ atrasado e $P_{cont} = 500 \text{ HP}$

$$P = \sqrt{3} V_T I_A \cos \theta$$

$$\frac{500 \times 746}{0.95} = \sqrt{3} 2300 \times I_A \times 0.85 \Rightarrow I_A = 115.952 \text{ A}$$



$$E_F = V_T - jX_S I_A$$

$$= 1257.603 \angle -5.622^\circ \text{ V}$$

b) 40% ↓ de $\Phi_F \rightarrow$ 40% ↓ de E_F .

$$E'_F = 0.4 \times 1257.603 = 503.041 \text{ V}$$

Como o potência é a mesma: $\frac{E_F V_T \sin \delta}{X_S} = \frac{E'_F V_T \sin \delta'}{X_S}$

$$\delta' = \arcsin \left(\frac{E_F \sin \delta}{E'_F} \right) = -14.18^\circ$$

$$I_A = \frac{\frac{2300}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ - 503.041 \angle -14.18^\circ}{1.25 j} = 679.345 \angle -81.66^\circ \text{ V}$$

$$FP = 0.145$$

Como a módulo do ângulo de potência é maior que 90° , a máquina (motor) não perderá o sincronismo.

$$P = \sqrt{3} \times 679.345 \times 2300 \times 0.145 = 392416.129 \text{ W}$$

$$P' = 526.022 \text{ HP}$$