TD N° 3

Ex 1 :

Un parc de production comprend :

- Un premier groupe de générateurs produisant leur puissance nominale (pas de puissance réglante disponible en cas de baisse de fréquence) et totalisant 3000 MW
- Un second groupe de générateurs chargé à 80 % de leur puissance nominale et produisant 2000 MW.

Sachant que le statisme des régulateurs de vitesse est réglé à 5 %, quelle sera la chute de fréquence dans le réseau et la production des générateurs après la réaction du réglage primaire

a) en cas de perte d'un générateur de 300 MW appartenant au premier groupe.

b) en cas de perte de deux générateurs du 1er groupe.

Solution :

La perte d'un ou de deux générateurs de 300 MW peut se comprendre comme une variation

$\Delta P = -300\,MW$ ou $\Delta P = -600\,MW$ de la puissance électrique injectée dans le reste du réseau, on néglige la sensibilité des charges.

$$\Delta P_{g} = \sum_{i=1}^{n} K_i \cdot \Delta f$$

Énergie réglante

$$K_i = \frac{P_{0i}}{f_0 S_i}$$

Le groupe 1 étant au maximum de sa puissance, son énergie réglante lors d'une diminution de la la fréquence est nulle. $K_1 = 0$ MW/HZ.

Le groupe 2 n'étant pas au maximum de sa puissance, il dispose d'une énergie réglante lors d'une diminution de la fréquence. Pour calculer il faut connaître sa puissance nominale à savoir

$$P_{02} = \frac{2000}{0.8} = 2500 \text{ MW}$$

Énergie réglante du groupe 2.

$$K_2 = \frac{P_{02}}{f_0 S_2} = \frac{2500}{50 \times 0.05} = 1000 \text{ MW/HZ}.$$

a) $\Delta P = -300$ MW

$$\Delta f = \frac{\Delta P}{\sum_{i=1}^{2} K_i} = \frac{\Delta P}{K_1 + K_2} = \frac{\Delta P_1}{K_1 + K_2} = \frac{\Delta P_1}{K_2}.$$

$$\Delta f = \frac{-300}{1000} = -0{,}3 \text{ HZ}$$

$$f = f_0 - \Delta f = 50 - 0.3 = 49{,}7 \text{ HZ}.$$

b) ~~$\Delta P = 600$~~ MW.

$$P_1 = 3000 - 300 = 2700 \text{ MW}.$$

$$P_2 = 2000 - K_2 \Delta f = 2000 - (1000)(-0{,}3) = 2000 + 300 = 2300 \text{ MW}$$

4) $\Delta P = -600 MW$.

$$\Delta f = \frac{\Delta P}{K_1 + K_2} = \frac{-600}{K_2} = \frac{-600}{1000} = -0,6 HZ$$

$f = f_0 + \Delta f = 50 - 0.6 = 49,4 HZ$.

$P_1 = 3000 - 600 = 2400 MW$

$P_2 = 2000 - K_2 \Delta f = 2000 - (1000)(-0.6)$

$= 2000 + 600 = 2600 MW$.

$P_{2max} = 2500 MW$. $P_{2max} = 2500$.

$P_{\substack{\cancel{charg} \\ Production}} = 2400 + 2500 = 4900 MW$.

La production 4900 MW $P_{chg} = 5000 MW$

$P_{Production} < P_{charge}$.

les générateurs ralentissent jusqu'au déclenchement.

Le déclenchement se produirait à 47,5 HZ mais en pratique, on n'atteint pas cette limite car une partie de la charge est délestée automatiquement par des relais de fréquence (typiquement entre 49 et 48 HZ).

Travaux Dirigés TD N° 2.

Exo 1 :

Le Turbo-Alternateur possède une réactance synchrone de 0.5 Ω et il est branché sur un réseau triphasé à 19 kV (tension composée). Calculer la valeur et la direction des puissances et le courant qu'il débite pour une tension induite E_0 de 12 kV (tension simple) et un angle interne de 20°.

Tracer le diagramme vectoriel.

Exo 2 :

Un alternateur de 36 MVA ; 20,8 kV ; 1500 tr/mn possède une réactance synchrone de 5 Ω par phase. La tension induite E_0 est de 12 kV (tension simple) et la tension du réseau V est de 10 kV (tension simple)

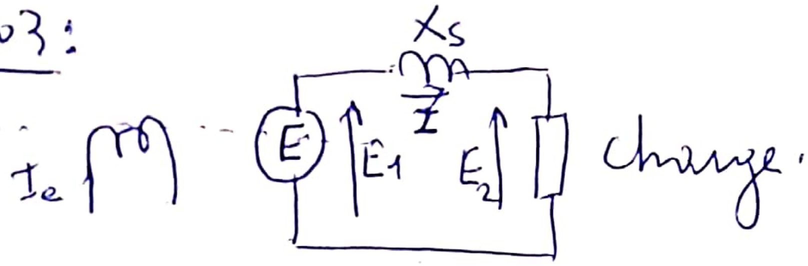
Calculer :

a) la puissance qu'il débite lorsque le décalage électrique est de 30°.

b) La puissance maximale qui provoquerait le décrochage

c) Calculer la valeur et la direction des puissances.

Exo3 :



$E_1 = 12\,kV$ $E_2 = 14\,kV$ $X_s = 2\,\Omega$

E_1 est en avance de 30° sur E_2.

a) Quelle est la valeur et la direction des puissances

b) Tracer le diagramme vectoriel.

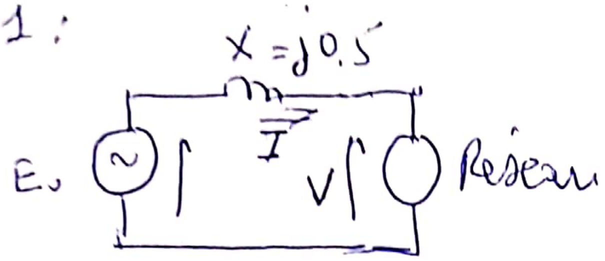
c) Quel est le déphasage entre le courant I et la tension E_2.

Exo4 :

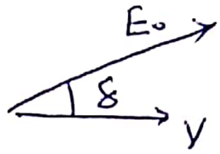
Une source A de 24 kV, 50 Hz, est raccordée à une source B de 25 kV par une réactance X_s de $3\,\Omega$.
La tension E_A est en avance de 6° sur E_B.
Calculer la valeur et la direction des puissances

Solutions : TD N°2.

Exo 1 :



$$V = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{19}{\sqrt{3}} = 10,97\ kV$$



$$P = \frac{E_0 . V}{X} \sin \delta$$

$$P = \frac{12 \times 10,97}{0.5} \sin 2° = 90\ MW.$$

$$P_{totale} = 3 \times 90 = 270\ MW.$$

$$I = \frac{E - V}{jX} = \frac{12 \angle 2° - 10,97 \angle 0°}{0.5 \angle 90°} = \frac{11,27 + j\,4,10 - 10,97}{0.5 \angle 90°}$$

$$I = \frac{0.3 + j\,4,10}{0.5 \angle 90°} = \frac{4,11 \angle 85,81°}{0.5 \angle 90°} = 8,22 \angle -4,19°$$

$$S_1 = E_0 I^* = 12 \angle 2° \times 8,22 \angle 4,19 = 98,64 \angle 24,19$$

$$S_1 = 89,98 + j\,40,42 \simeq (90 + j\,40,42)\ MVA$$

$$S\ totale = (270 + j\,121,26)\ MVA.$$

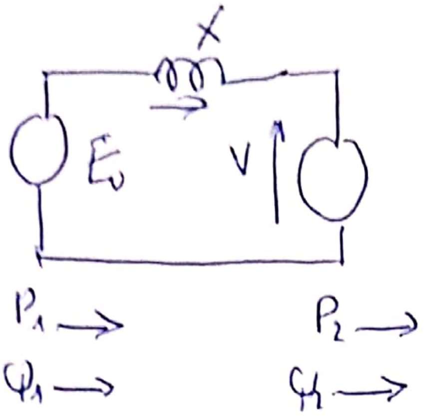
$$\Delta Q = X I^2 = 0,5 \times 8,22^2 = 33,78\ MVAR$$

$$S_2 = V I^* = 10,97 \angle 0 \times 8,22 \angle 4,19 = 90,17 \angle 4,19°$$

$$S_2 = (89,93 + j\,6,60)\ MVA \approx (90 + j\,6,60)\ MVA$$

$$P_1 = P_2 = 90\ MW.$$

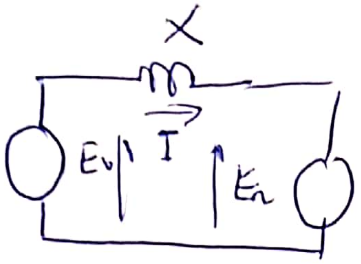
$$Q_1 = Q_2 + \Delta Q = 6,60 + 33,78 = 40,38\ MVAR$$



$$S_1 \begin{cases} \text{oblivr } P_1 \\ \text{oblivr } \varphi_1 \end{cases}$$

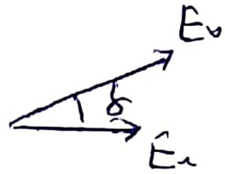
$$S_2 \begin{cases} \text{Consomme } P_2 \\ \text{Consomme } \varphi_2 \end{cases}$$

Exo 2 :



$E_0 = 12\,kV$

$E_2 = 10\,kV$



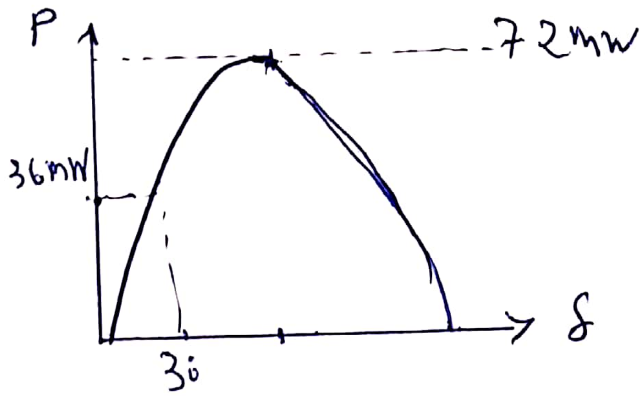
a) $P = \dfrac{E_0 E_2}{X}\sin\delta = \dfrac{12\times10}{5}\sin 30°$

$P = \dfrac{12\times10}{5}\times\dfrac{1}{2} = 12\,MW.$

$P_t = 3P = 12\times3 = 36\,MW.$

$P_{max} = \dfrac{E_0 E_2}{X}\sin 90° = \dfrac{12\times10}{5}\times 1 = 24\,MW.$

$P_{t\,max} = 24\times3 = 72\,MW.$



$$I = \frac{E - V}{X} = \frac{12\angle 30^\circ - 10\angle 0^\circ}{5\angle 90^\circ} = \frac{10{,}39 + j6 - 10}{5\angle 90^\circ} = \frac{0{,}39 + j6}{5\angle 90^\circ}$$

$$I = \frac{6\angle 86{,}27^\circ}{5\angle 90^\circ} = 1{,}2\angle -3{,}73^\circ$$

$$I^* = 1{,}2\angle 3{,}73^\circ$$

$$S_1 = E I^* = 12\angle 30 \times 1{,}2\angle 3{,}73^\circ = 14{,}4\angle 33{,}73^\circ$$

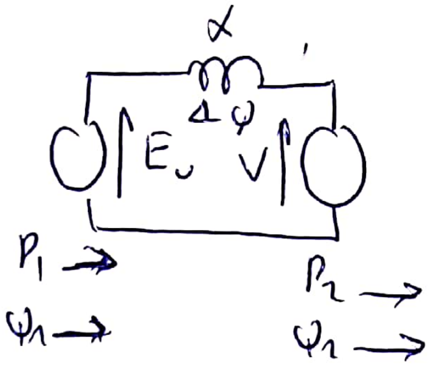
$$S_1 = (11{,}97 + j\,7{,}99)\ \text{MVA}$$

$$S_2 = V I^* = 10\angle 0^\circ \times 1{,}2\angle 3{,}73 = 12\angle 3{,}73^\circ$$

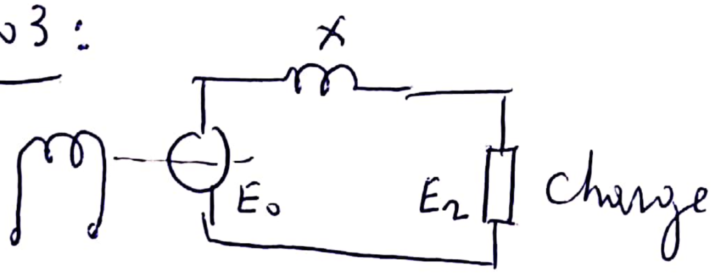
$$S_2 = (11{,}97 + j\,0{,}78)\ \text{MVA}$$

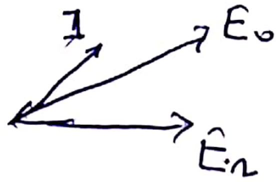
$$\Delta Q = X I^2 = 5 \times 1{,}2^2 = 7{,}2\ \text{MVAR}.$$

$$Q_1 = Q_2 + \Delta Q = 0{,}78 + 7{,}2 = 7{,}98\ \text{MVAR}.$$



Ex03 :





$$I = \frac{E_0 - E_2}{X} = \frac{12\angle 30^\circ - 14}{2\angle 90^\circ} = \frac{10{,}39 + j6 - 14}{2\angle 90^\circ} = \frac{-3{,}61 + j6}{2\angle 90^\circ}$$

$$I = \frac{7 \angle 121°}{2 \angle 90°} = 3{,}5 \angle 31°$$

$$I^* = 3{,}5 \angle -31°$$

$$S = E_0 I^* = 12 \angle 30° \times 3{,}5 \angle -31 = 42 \angle -1°$$

$S = (41{,}99 - j0{,}73)$ MVA (Monophasé)

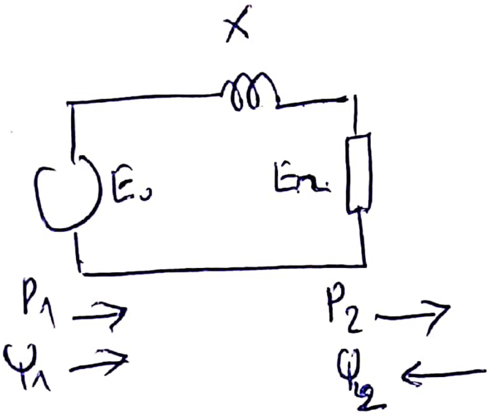
$S_t = (126 - j2{,}19)$ MVA (triphasé)

charge :

$$S = E_2 I^* = 14 \angle 0° \times 3{,}5 \angle -31° = 49 \angle -31° = (42 - j25{,}2)$$

$\Delta Q = X I^2 = 2 \times 3{,}5^2 = 24{,}5$ MVAR.

$Q_2 = Q_0 + \Delta Q = 0{,}73 + 24{,}5 = (25{,}23)$ MVAR.



Ex 4 :

$E_1 = 24$ kV

$E_2 = 25$ kV $\quad X = j3$

$$I = \frac{E_1 - E_2}{X} = \frac{24 \angle 0° - 25 \angle -6°}{3 \angle 90°} = \frac{24 - 24{,}86 + j2{,}61}{3 \angle 90°}$$

$$I = \frac{-0{,}86 + j2{,}61}{3 \angle 90°} = \frac{2{,}74 \angle 108{,}3°}{3 \angle 90°} = 0{,}913 \angle 18{,}3°$$

$$I^* = 0.913 \angle{-18{,}3°}\ kA.$$

$$S_1 = E_1 I^* = 24\angle{0°} \times 0.913\angle{-18{,}3°} = 21{,}91\angle{-18{,}3°}$$

$$S_1 = (20{,}8 - j\,6{,}87)\ MVA.$$

$$S_2 = E_2 I^* = 25\angle{-6} \times 0.913\angle{-18{,}3°} = 22{,}82\angle{-24{,}3°}$$

$$S_2 = 20{,}79 - j\,9{,}39$$

$$\Delta Q = X I^2 = 3 \times 0.913^2 = 2{,}5\ MVAR.$$

$$Q_2 = Q_1 + \Delta Q = 6{,}87 + 2{,}5 = 9{,}37\ MVAR..$$