Machine Synchrone non saturée à entrefer constant

Une machine synchrone triphasée possédant **20 pôles** (soit 10 paires) est utilisée en **moteur**.

La puissance nominale de ce moteur est de $\mathbf{P_n = 1{,}49\ MW}$ lorsqu'il est connecté en **triangle** sur un source de tension triphasée:

$\mathbf{F_S = 60\ Hertz,\ V = 2300\ volts}$ entre phase et neutre (**tension simple**).

Chaque phase de la machine a une **réactance** synchrone $\mathbf{X_s} = L_s w = \mathbf{4}$ W, et une **résistance négligeable**.

Le moteur délivre une **puissance mécanique constante** égale à sa puissance nominale.

Les pertes seront négligées dans tout le problème.

A Fonctionnement à courant nominal

On ajuste le courant continu d'excitation du rotor I_e de telle sorte que la valeur efficace du courant de ligne ***I* consommé par le moteur, soit minimale**. Calculer :

A.1 la vitesse de rotation du moteur.

N = 60 * Fs / p = 60 * 60 / 10 = 360 *RPM*

A.2 La f.e.m *E* par phase de la machine.

$\mathbf{P_n = 3\ V\ I\ \cos\ j \ \Rightarrow\ I \cos\ j = P_n / (3\ V) = 216}$ *A*

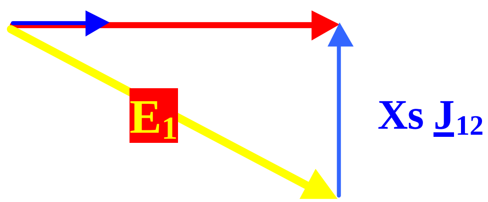
Courant minimum si cos j = 1 i.e. j = 0°

couplage triangle: en ligne I = J $\sqrt{3}$ où I courant dans enroulement

$J_{12} = J_{23} = J_{31} = J = I_{min} / \sqrt{3} = P / (3V) * 1 / \sqrt{3} =$ **125 *A***

$U_{12} = V\sqrt{3} = 2300\sqrt{3} =$ **4000 *V*** et j = 0°

$\underline{U}_{12} = \underline{E}_1 + j\,L\omega\,\underline{J}_{12} \Rightarrow E_1^2 = U_{12}^2 + (X_s J_{12})^2 \Rightarrow$ **$E_1 = 4031\ V$**



A.3 le couple mécanique.

$C_{meca}\,\Omega = C_m\,\Omega = P_n \Rightarrow C_m = P_n / \Omega = 1{,}49\ 10^6 / (120\,\pi / 10)$

$C_m = 39{,}52\ 10^3$ *Nm* soit près de 4 tonnes pour 1 mètre de levier !

A.4 La valeur de ce courant de **ligne** minimal I_m et la valeur du courant dans les **bobinages** de la machine.

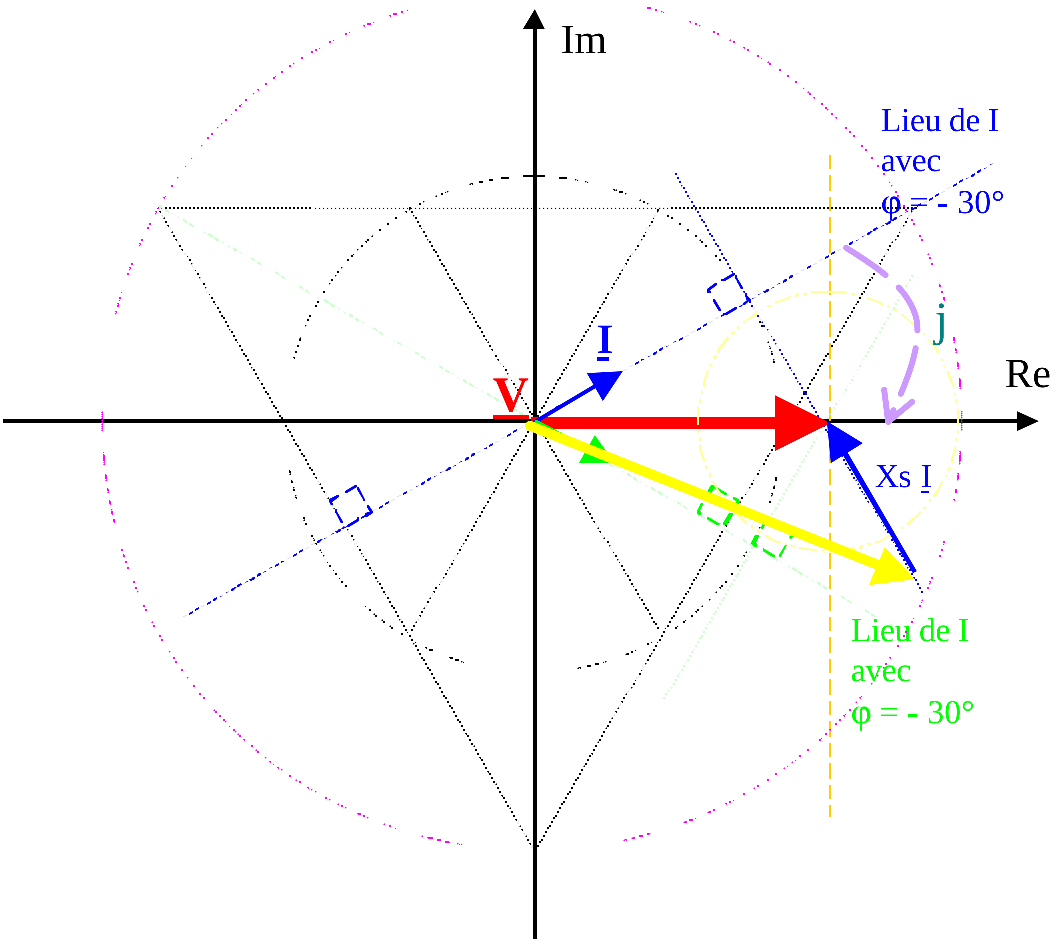
cf question A2: en ligne: I = 216 *A* dans bobinage J = 125 *A*

B Fonctionnement en compensateur d'énergie réactive

On modifie le courant d'excitation I_e du rotor du moteur de telle sorte que le courant consommé soit **déphasé de 30°** < 0 en avance par rapport à la tension. On demande de calculer :

B.1 La nouvelle valeur *E'* de la f.e.m. par phase de la machine. ***avec $X_s = 4\Omega$***

$$E'^2 = (U_{12} - X_s J \sin j)^2 + (X_s J \cos j)^2 \quad \Rightarrow \quad E' = 4272\ V$$



B.2 La nouvelle valeur *I'* du courant de ligne.

$$I' \cos j = P / 3V \quad \Rightarrow \quad I' = 216 / (\sqrt{3} / 2) = 250\ A$$

B.3 Le nouveau courant d'excitation est-il supérieur à la valeur prise dans le cas minimal.

$$4272 = E_1' > E_1 = 4031 \quad \Rightarrow \quad Ie' > Ie$$

B.4 Déterminer la puissance réactive fournie par la machine au réseau.

$Q = 3\ V\ I\ \sin j = U\ I\ \sqrt{3}\ \sin\ j\ = 2300 * 250 * 3 * \sin(-30°)$

Q = - 862 *kVAR* = - 0,87 *MVAR*

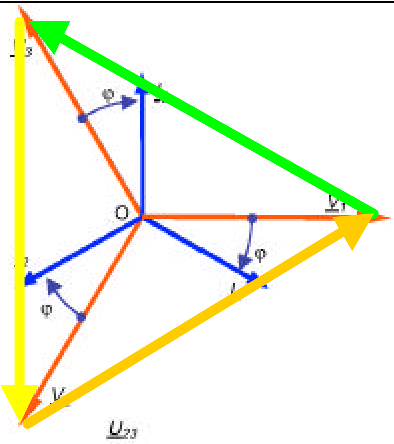
B.5 Calculer la valeur des condensateurs placés en étoile pour obtenir **la même** puissance réactive.

$$\mathbf{Qc = -\ 3\ Cw\ V^2 = Q} \quad \Rightarrow\ \mathbf{C = -\ Q\ /\ (\ 3\ w\ V^2\ ) = -\ Q\ /\ (\ w\ U^2\ )}$$

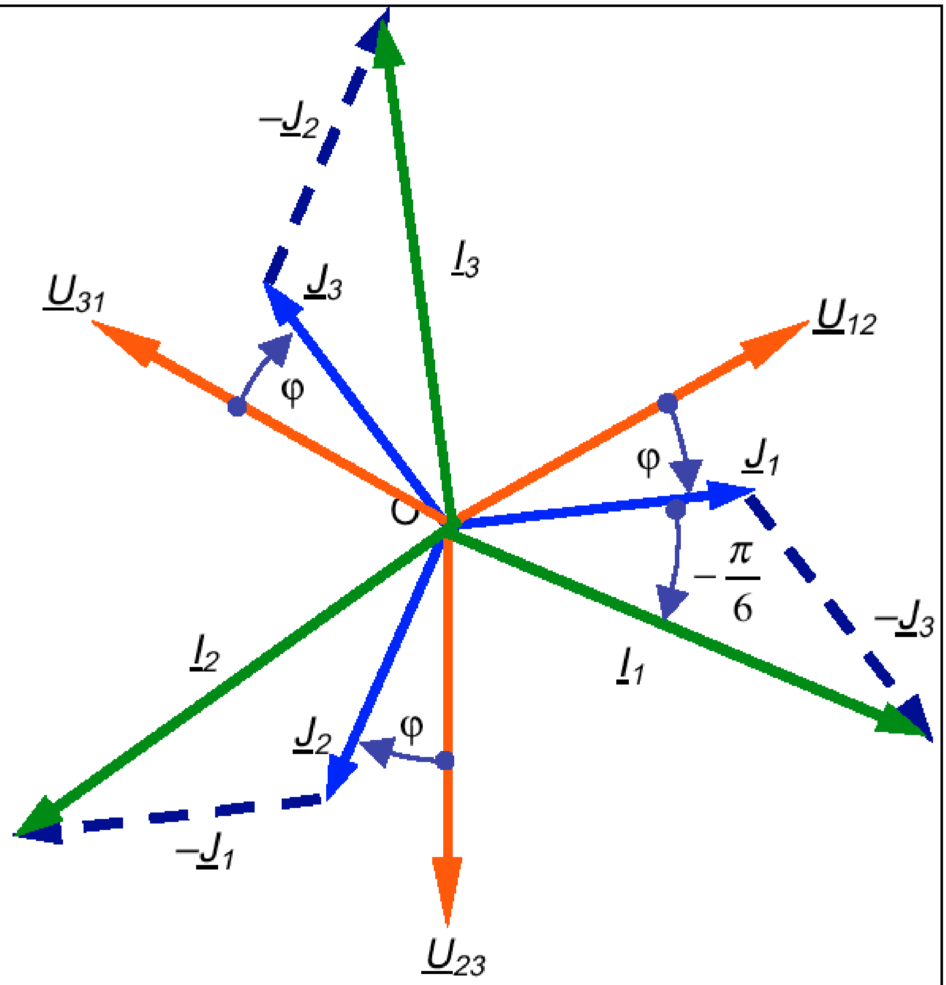
$$\mathbf{C = 862\ 10^3\ /\ (\ 3{*}120\ p\ {*}\ 2300^2\ ) =}\ \boxed{\mathbf{144}\ \mathit{mF}}$$

On a besoin de condensateurs **3 FOIS** plus grand **en TRIANGLE** ! *(<u>Kennely</u>)*

De plus, ils doivent supporter une tension $\sqrt{3}$ fois plus grande ! => *<u>Plus cher</u>*



Courants en étoile équilibré



Courants en triangle équilibré