

A - Machine Synchrone (9pts)

Ci-dessous les caractéristiques d'une machine synchrone triphasée G1 en fonctionnement alternateur, couplée en étoile :

$S_n = 123 \text{ MVA}$, $U_n = 15 \text{ kV}$, $P_f = 0.85$ $f = 50 \text{ Hz}$, 3000 tours/min
 $X_{ad} = 1.82 \text{ pu}$ / $X_q = 1.75 \text{ pu}$ / $X_l = 0.12 \text{ pu}$ / $X''_d = 0.15 \text{ pu}$ / $X'_d = 0.458 \text{ Ohm}$
 $R_a = 0.002 \text{ Ohm}$ (résistance du stator)

Notions et principes de base

- 1) Décrivez comment fonctionne un alternateur en génération de puissance électrique lorsqu'il est connecté à un réseau.
- 2) Donner la définition de Z_s , X_d , X_q , X_{ad} et X_l , X'_d , X''_q .
- 3) Déterminer la valeur de X_d .
- 4) Citer les 3 modes de fonctionnements principaux de G1 lorsqu'il est connecté sur un réseau.
- 5) Pour les 3 modes, quelle est l'influence de la tension d'excitation (tension rotor) sur :
 - a. la f.e.m interne
 - b. la tension stator
 - c. les puissances électriques (P, Q, S)
 - d. Proposer un diagramme de phase qui illustre clairement chaque mode de fonctionnement

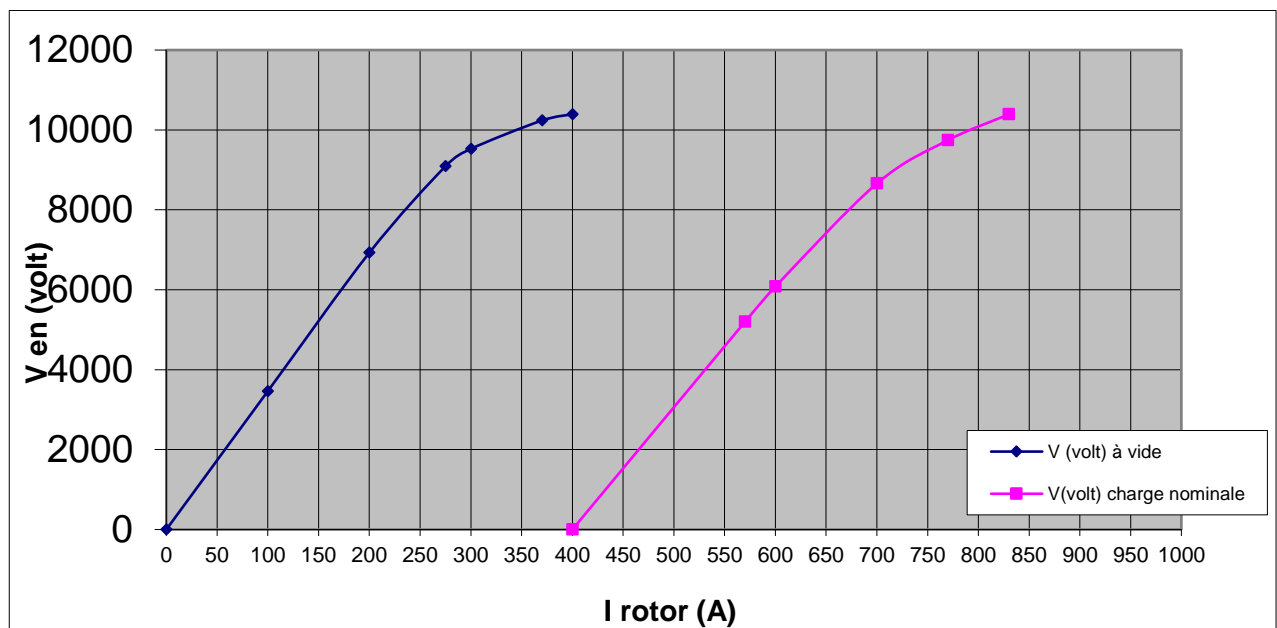
(rappel : représenter clairement toutes les tensions et tous les courants ainsi que les déphasages φ , δ . R_a est supposée NON négligeable).

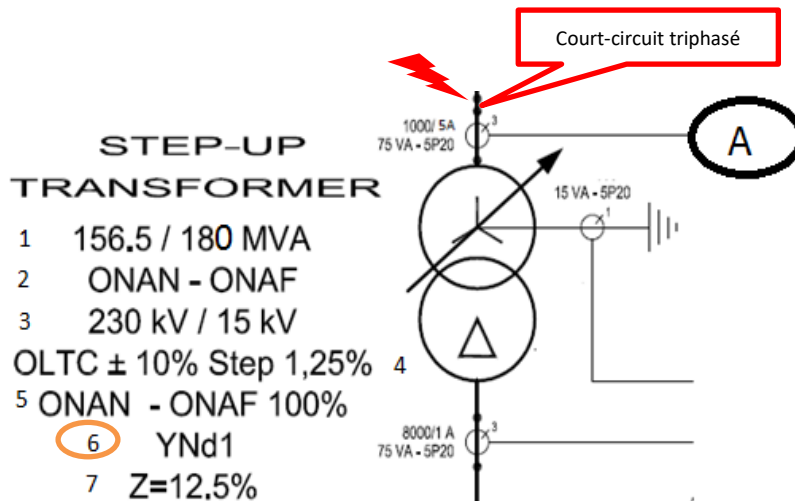
- 6) A partir des courbes caractéristiques à vide et en à charge ci-dessous, si on considère AFNG comme courant rotor de base et lorsque G1 est à tension nominale :
 - a. déterminer le courant rotor à vide noté « AFNL »
 - b. déterminer le courant rotor entrefer « AFAG » en pu et Ampère (A)
 - c. déterminer le courant rotor en charge « AFFL » en pu et Ampère (A)

Régime transitoire avec G1 qui fonctionne à vide ; le courant rotor relevé est de 275A

En cas de court-circuit aux bornes de G1 :

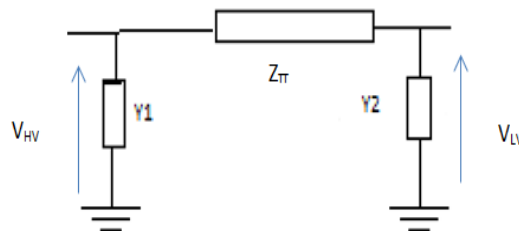
- 7) Déterminer en pu et A les grandeurs I , I' , I'' des courant de phases.
- 8) Que représente les courants I , I' et I'' . Dessiner une allure de courbe caractéristique du courant aux bornes de G1.



B - Transformateur de puissance 180MVA (4pts)

Notions de base

- 1) La figure ci-dessus représente un extrait d'un unifilaire d'un transformateur de puissance. Donnez une définition claire et précise de chacune des lignes 1 à 7 et le diagramme vectoriel de phase associé au point 6.
- 2) Ci-dessous le modèle en π du transformateur pour son fonctionnement nominal en tension HT et BT. Calculez les valeurs de : Y_1 , Y_2 et Z_π avec $Z \approx X$ (impédance caractéristique du transformateur, en grandeurs conventionnelles vu du secondaire ou côté BT).

$$\Rightarrow Z_\pi = a * Z \Rightarrow Y_1 = \frac{1}{Z} * \frac{1-a}{a^2}, \Rightarrow Y_2 = -aY_1$$


Nota :

On définit par 'a' un nombre complexe dont le module et la phase sont définis selon l'indice horaire du transformateur.

φ_{UH_V} est la phase de référence, c'est-à-dire 0° .

$$a = \frac{U_{HV}}{U_{LV}}$$

C - MS fonctionnant en charge (7pts)

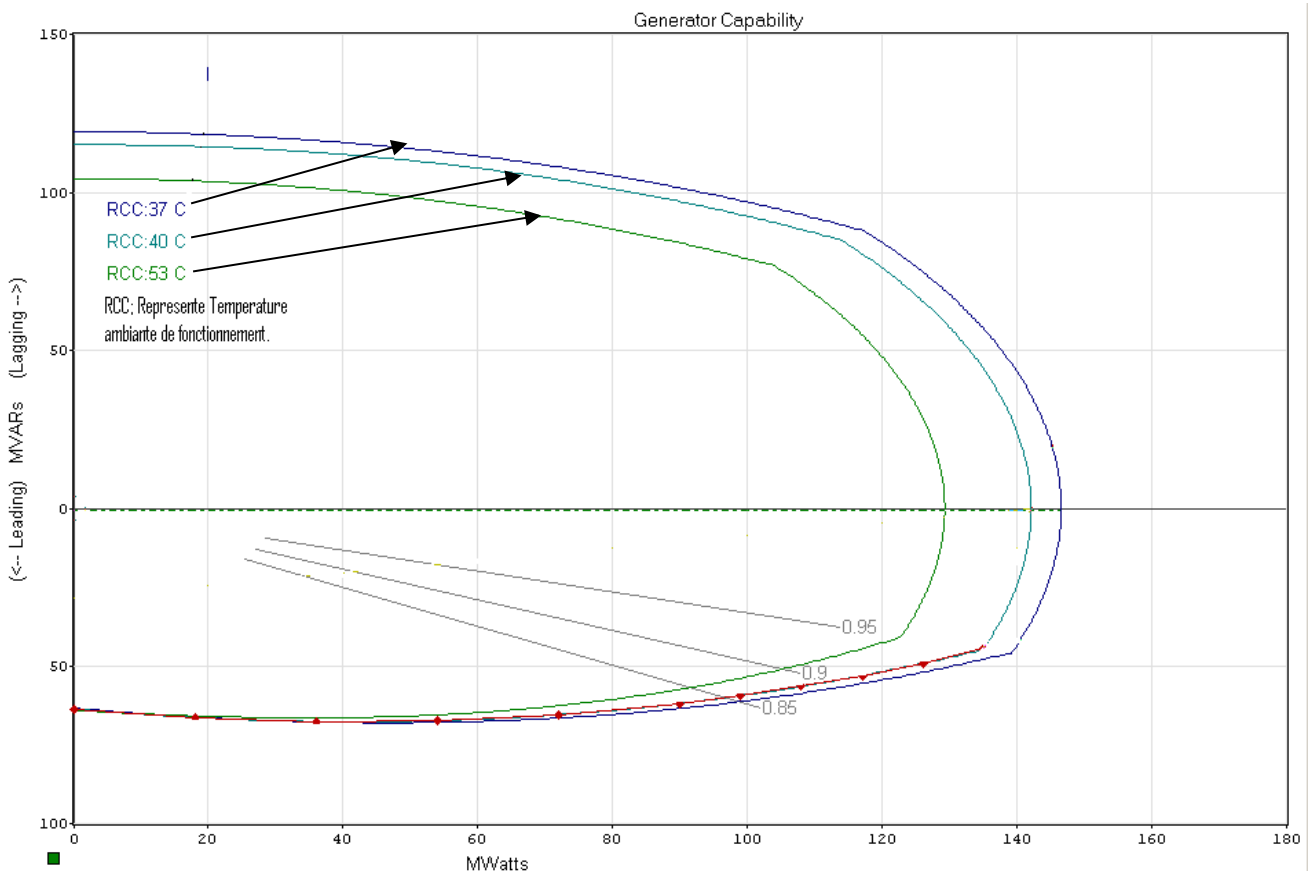
La ville de Bafoussam à l'ouest du Cameroun doit importer au moins (130MW, 51MVAR) au réseau électrique VR à tension nominale égale à 220KV pour répondre à ses besoins de croissance énergétique. La puissance électrique sera importée du site de production d'énergie installé proche des gisements de pétrole de Bakassi. La génératrice synchrone (G1) du site exportera son énergie au travers d'un transformateur élévateur (T1) en sortie alternateur et d'une ligne HT 220KV représentée par un modèle en 'π' directement raccordé sur le réseau électrique de Bafoussam considéré comme infiniment puissant en comparaison à cette nouvelle tranche.

- Si vous choisissez de résoudre ce problème en utilisant le « pu », indiquer clairement le Sbase.
- Cameroun Afrique-centrale, moyenne des températures dans l'année 25°C à 60°C, 80% humidité.

G1 (50Hz)	S = 146MVA – PF = 0.8	Unstator = 20KV +/- 6%	Xq = Xd = 1pu
T1 (50Hz)	160 MVA – Ynd5	Unprim/Unsec = 20/220KV	Zcc1 = Xcc1 = 15,4 %
ZLigne en 'π'	Admittance : YL/2 = 0.1j (pu)		Réactance : XL = 0.1j (pu)

- 1) Proposer un schéma unifilaire avec les impédances caractéristiques.
- 2) Quelle est, en Volt, la valeur de la tension Vs aux bornes de G1 et son déphasage par rapport à VR ?
- 3) Donner les valeurs de la f.e.m interne E et de l'angle interne de la génératrice.
- 4) Que peut-on dire de la stabilité statique ?
- 5) Calculer les puissances PG1 (MW) et QG1 (MVAR) fournies par G1.
- 6) Pensez-vous que G1 convienne ? Justifier votre réponse. **Si besoin**, faites 1 ou 2 des propositions de mise en œuvre.

Le diagramme de « capacité » P/Q ci-dessous est celui de la génératrice (G1) qui sera installée, dont la puissance S dépend la température ambiante de fonctionnement.

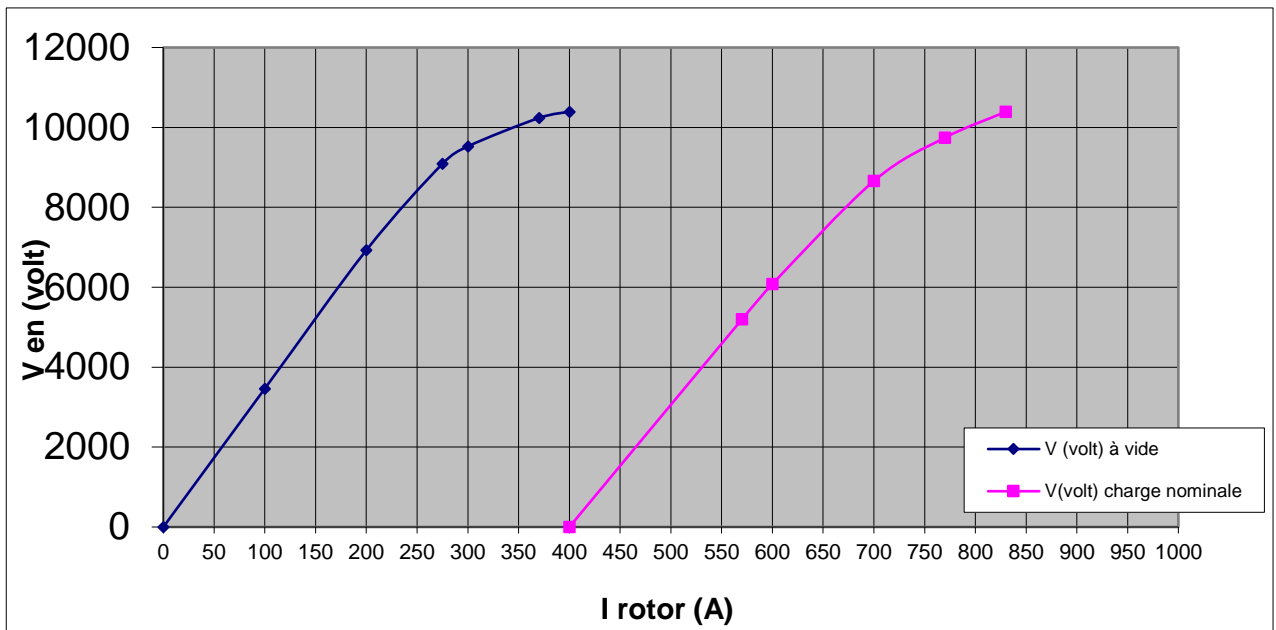


AES-SONNEL: G1-P/Q diagram capability- Bakassi Power Plant Cam Station

Nom – Prénom :

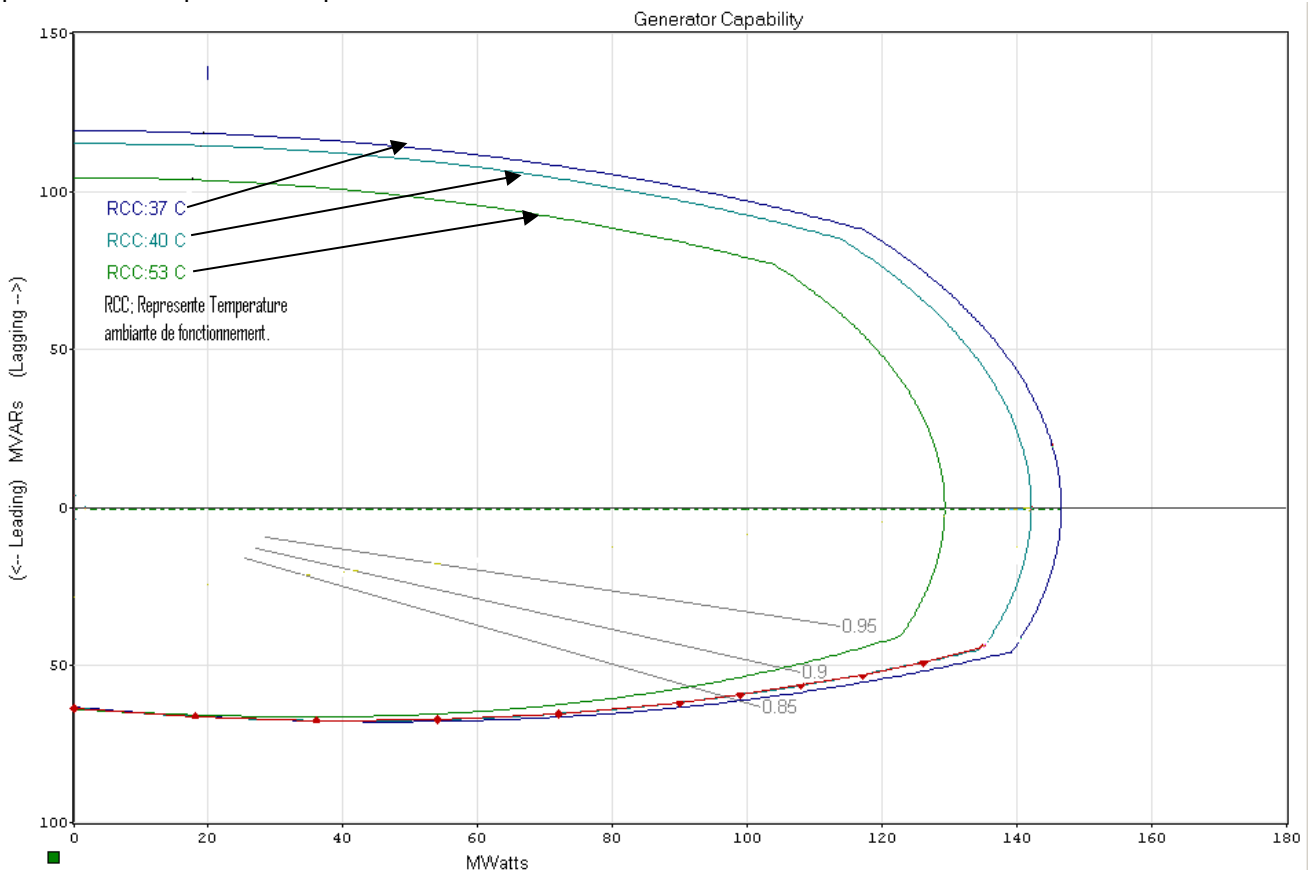
A joindre à votre copie

A – Machine Synchron



C – MS fonctionnant en charge

Le digramme de « capacité » P/Q ci-dessous est celui de la génératrice (G1) qui sera installée, dont la puissance S dépend la température ambiante de fonctionnement.



AES-SONNEL: G1-P/Q diagram capability- Bakassi Power Plant Cam Station