

CORRECTION – EPREUVE E.4.1 – BTS ELECTROTECHNIQUE 2015

Partie A. Caractéristiques du groupe électrogène.

A.1. Certaines valeurs sont directement données sur le tableau page 16. Une est à calculer.
Valeurs données :

- Puissance max du moteur diesel : $P_{max} = 1100 \text{ kW}$
- Vitesse de rotation : $n = 1500 \text{ tr.min}^{-1}$
- Puissance apparente nominale : $S_{elecN} = 1250 \text{ kVA}$
- Tension de sortie : $U = 400 \text{ V}$
- Fréquence du réseau : $f = 50 \text{ Hz}$

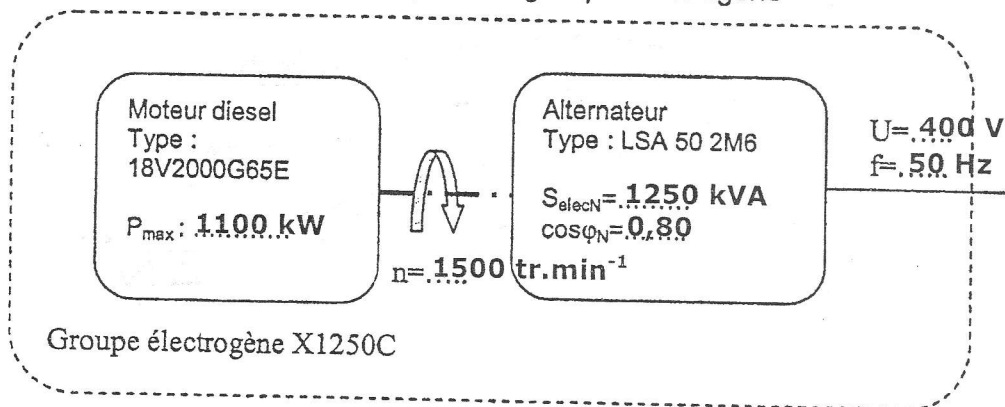
Valeur à calculer :

- Facteur de puissance nominal : $\cos\varphi_N = \frac{P_N}{S_N} = \frac{1000}{1250}$
 $\cos\varphi_N = 0,80$

D'où le document réponse à renseigner :

Document réponse 1

Synoptique d'un groupe électrogène



A.2.1. L'alternateur possède 4 pôles, soit un nombre de paire de pôles $p = 2$, donc pour obtenir une fréquence de sortie à 50 Hz, il faut que la fréquence de rotation de l'alternateur soit telle que :

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2}$$

$$n_s = 1500 \text{ tr.min}^{-1}$$

A.2.2. Le moteur est accouplé directement avec l'alternateur puisque les fréquences de rotations des deux appareils sont identiques. C'est, par ailleurs, ce qui est écrit sur la tableau de l'annexe 1 : « accouplement direct ».

A.3. $P_N = S_N \cdot \cos\varphi_N = 1250 \cdot 0,8 = 1000 \text{ kW}$ φ_N

Ou bien : $P_N = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_N \cdot \cos\varphi_N = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1804 \cdot 0,8 = 1000 \text{ kW}$

Ce qui correspond évidemment à la valeur maximale de la puissance disponible en sortie du groupe. φ_N

A.4.1. La ligne « dissipation de chaleur » correspond à la valeur des pertes totales :

$$P_{totN} = 51240 \text{ W}$$

On peut aussi faire : $P_{totN} = \frac{P_u}{\eta} - P_u = \frac{1000}{0,951} - 1000 = 51,5 \text{ kW}$

A.4.2. L'ensemble des pertes fer et mécanique sont obtenues lors d'un essai à vide. Elles correspondent donc à la ligne « perte à vide » :

$$P_{\text{ferN}} + P_{\text{mécaN}} = 13960 \text{ W}$$

A.4.3. Les pertes joules sont telles que :

$$P_{\text{joulesN}} = P_{\text{totN}} - (P_{\text{ferN}} + P_{\text{mécaN}}) = 51240 - 13960$$

$$P_{\text{joulesN}} = 37280 \text{ W}$$

A.5. Rendement nominal :

$$\eta_N = \frac{P_u}{P_u + P_{\text{totN}}} = \frac{1000}{1000 + 51,24}$$

$$\eta_N = 95,1\%$$

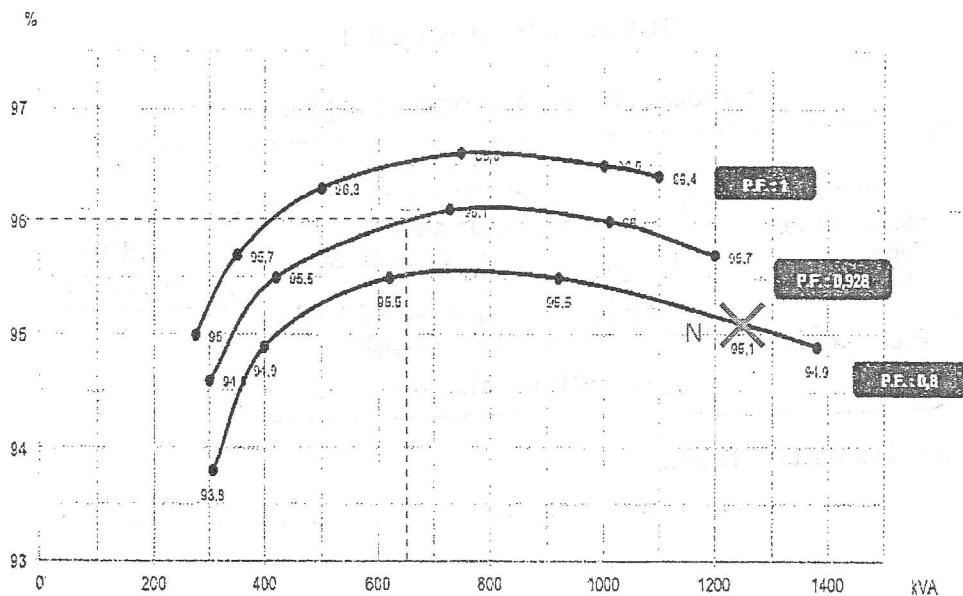
Il est à noter que $\eta_N = 1000/1100$ ne fonctionne pas ici.

A.6.

Document réponse 2

Rendement d'un alternateur à 50Hz

LSA 50.2 M6



A.7. $P_{\text{mécaN}} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{1000}{0,951}$

$$P_{\text{mécaN}} = 1050 \text{ kW}$$

A.8. Le moteur du groupe permet ce fonctionnement puisque sa puissance max (1100 kW) est supérieure à cette valeur (1050 kW).

A.9. On calcule la puissance apparente de l'alternateur pour ce point de fonctionnement :

$$S = \frac{P_{\text{elec}}}{k} = \frac{600}{0,928} = 646 \text{ kVA}$$

En renvoyant ce point de fonctionnement sur le document 2, on lit graphiquement que le rendement de l'alternateur vaut alors 96%.

On obtient alors : $P_{\text{méca}} = \frac{P_u}{\eta} = \frac{600}{0,96}$

$$P_{\text{mécaN}} = 625 \text{ kW}$$

Partie B. Consommation d'un moteur diesel.

B.1. 1100 kW correspond à la puissance max du moteur. On est donc ici à 100% de la puissance max. On lit alors graphiquement une consommation de **260 L.h⁻¹**.

B.2. A 625 kW on est à 57% de la puissance max. On lit graphiquement une consommation de 150 L.h⁻¹. Avec une durée de 2h30min, soit 2,5 h, on obtient un volume de fioul consommé de $V_1 = 150 \cdot 2,5$.

$$V_1 = 375 \text{ L}$$

B.3. $m_1 = \rho \cdot V_1 = 0,95 \cdot 375$ **$m_1 = 356 \text{ kg}$**

B.4. $Q_1 = m_1 \cdot \text{PCI} = 356 \cdot 11,9$ **$Q_1 = 4240 \text{ kWh}$**

B.5. $\eta_{\text{diesel}} = \frac{\Delta W_{\text{meca}}}{Q_1} = \frac{P_{\text{meca}} \cdot \Delta t}{Q_1} = \frac{625 \cdot 2,5}{4240}$ **$\eta_{\text{diesel}} = 36,9 \%$**

B.6. Il y a deux moteurs diesels qui consomment chacun 375 L de fioul par spectacle, il faut donc **750 L** de fioul au total. Le réservoir journalier ne suffit pas et devra être approvisionné pendant le spectacle.

Partie C. Dimensionnement du réseau fioul.

C.1. Le point B étant à l'air libre, sa pression p_B est la pression atmosphérique.

C.2. Les vitesses V_A et V_B ont même valeur puisque la section de la canalisation ne change pas. Elles vérifient : $V_A = V_B = \frac{Q_v}{S}$ où Q_v est le débit volumique de fluide et S la section de la canalisation.

$$V_A = V_B = \frac{Q_v}{S} = \frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot \frac{1,5}{3600}}{\pi \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2}$$

$$V_A = V_B = 0,85 \text{ m.s}^{-1}$$

C.3. $H_{\text{pompe}} = \frac{1}{2g} \cdot (V_B^2 - V_A^2) + h_B - h_A + \frac{1}{\rho g} \cdot (P_B - P_A) + \Delta H$

Avec $\frac{1}{2g} \cdot (V_B^2 - V_A^2) = 0$ car $V_A = V_B$; $\frac{1}{\rho g} \cdot (P_B - P_A) = 0$ car $P_A = P_B$ et $h_B - h_A = h$, donc :

$$H_{\text{pompe}} = h + \Delta H$$

C.4. Grâce à l'abaque, on lit que pour un débit de 1500 L/h et un diamètre intérieur de canalisation de 25 mm, on a 40 mmCE de pertes de charge par mètre de tuyau. Ce qui donne pour 34 m de canalisation :

$$\Delta H = 40 \cdot 10^{-3} \cdot L = 40 \cdot 10^{-3} \cdot 34$$

$$\Delta H = 1,36 \text{ mCE}$$

C.5. $H_{\text{pompe}} = h + \Delta H = 30 + 1,36$

$$H_{\text{pompe}} = 31,4 \text{ mCE}$$

C.6. Aucune de ces deux pompes ne fournissent une hauteur manométrique supérieure à 22 mCE ce qui est inférieur à la valeur souhaitée. Elles ne peuvent donc suffire seules.

C.7. Avec cette configuration, la hauteur manométrique nécessaire pour chaque pompe est d'environ 15 mCE. Cette valeur est compatible avec les données constructeur des pompes. Ce choix permet donc d'alimenter le réservoir.

C.8. Nous avons besoin d'un débit de 1,5 m³/h. Les deux pompes conviennent pour fournir ce débit. Il est préférable de prendre alors la moins puissante. Soit la pompe 1 JEV48/58.

Partie D. Réglage du facteur de puissance lorsque le groupe électrogène est couplé au réseau.

D.1. Comme les alternateurs sont couplés au réseau, la valeur efficace des tensions composées qu'ils fournissent est imposée par celui-ci. On a donc $U = 400 \text{ V}$.

D.2.

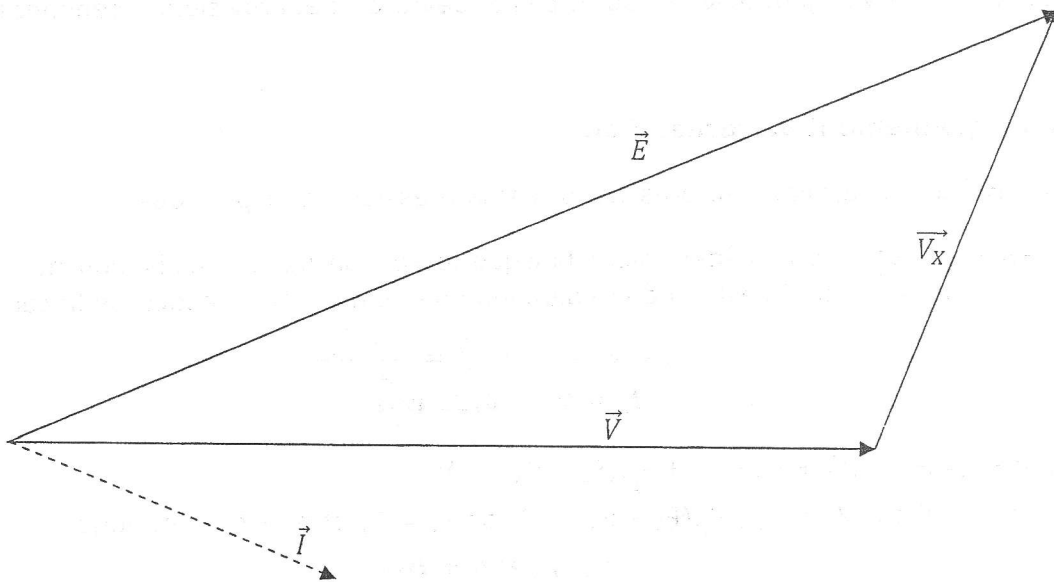
P (kW)	600	800	1000
Q (kVAr)	240	320	400

D.3. Avec les conditions imposées, $\tan\varphi = \frac{Q}{P} = 0,4$ quelque soit les conditions de fonctionnement. Ce qui donne : **$\cos\varphi = 0,928$**

D.4. $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{1000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,928}$

$I = 1560 \text{ A}$

D.5. $V = 230 \text{ V} \rightarrow 11,5 \text{ cm}$ $\varphi = 22^\circ$ $V_x = X \cdot I = 0,081 \cdot 1560 = 126 \text{ V} \rightarrow 6,3 \text{ cm}$



D.6. \vec{E} a pour longueur 15 cm, donc **$E = 300 \text{ V}$** .

D.7. Pour une fem de 300 V, on constate que le circuit magnétique de l'alternateur est saturé ce qui n'est pas compatible avec le modèle de Behn Eschenburg.

D.8. La régulation demandée devra porter sur le courant d'excitation de l'alternateur. Pour obtenir un facteur de puissance de 0,928 avec une puissance active de 1000 kW, on voit que le courant d'excitation doit être réglé à 2,8 A. Pour toute autre valeur du courant d'excitation et dans les mêmes conditions de puissance, le facteur de puissance est différent.

Partie E. Qualité de l'énergie électrique.

E.1. Rang 3 : $I_3 = 2\% \cdot I_s = 2.6640/100$ **$I_3 = 266 \text{ A}$**
 Rang 5 : $I_5 = 5\% \cdot I_s = 5.6640/100$ **$I_5 = 332 \text{ A}$**
 Rang 7 : $I_7 = 5\% \cdot I_7 = 5.6640/100$ **$I_7 = 332 \text{ A}$**

E.2.1. $S_{tot} = 3 \cdot S = 3.596$ **$S_{tot} = 1800 \text{ kVA}$** On retrouve la valeur prévue.

E.2.2. Les charges spectacles sont non linéaires, elles génèrent des courants harmoniques. Elles sont alimentées par de convertisseurs statiques (gradateurs, redresseurs ...) responsables de la pollution harmonique.

E.3.1. Sur l'écran 2, positionné sur le fondamental, on lit une fréquence de **50 Hz**. C'est la fréquence du fondamental du courant de ligne. Sa valeur efficace est **$I_1 = 2320 \text{ A}$** .

E.3.2.

Rang de l'harmonique	Seuil maximum, (A), des valeurs efficaces, autorisé par ERDF	Fréquence (Hz)	Valeur efficace (A) « charges spectacle »
3	266	150	816
5	332	250	587
7	332	350	388

E.4. Les valeurs efficaces obtenues pour les courants de la « charges spectacles » sont supérieures aux seuils maximum autorisés par ERDF, il faut donc installer un filtre

E.5. $i_c = i_r + i_f$

E.6. $i_c = i_{\text{fond}} + i_{\text{harm}}$ et $i_r = i_{\text{fond}}$

Donc : $i_{\text{fond}} + i_{\text{harm}} = i_{\text{fond}} + i_f$ il faut donc $i_f = i_{\text{harm}}$

E.7.1. On lit sur l'écran 1 : facteur de décalage $\cos\varphi = 0,97$, donc $\varphi = 14^\circ$.

E.7.2. $I_{\text{cfondmax}} = 2320 \cdot \sqrt{2}$ $I_{\text{cfondmax}} = 3280 \text{ A}$

E.8.1. $\varphi = \frac{360 \cdot \Delta t}{T} = \frac{360 \cdot 0,78}{20}$ $\varphi = 14^\circ$. C'est la valeur trouvée au E.7.1.

E.8.2. On retrouve en valeur crête les 3280 A trouvé au E.7.2.

E.9. Grâce au filtre actif, on obtient un courant réseau sinusoïdal conforme aux besoins des « charges spectacles » et conforme à la norme imposé par ERDF.