**Partie A : Étude du transformateur triphasé**

|  |  |
| --- | --- |
| **Questions** | **Réponses** |
|  | asynchrone car vitesse de 2969 tr/mn pour f = 50 Hz (vitesse de synchronisme de 3000 tr/mn) et triphasé car on lit : 3 ~ et / ou Y (couplage des enroulements). |
|  | Pabs = $\sqrt{3}.U.I.cosφ$ = 686 kW et le rendement m = Pu / Pabs = 0,95 |
|  | la puissance apparente nominale Snom = 2000 kVAles pertes à vide Pv = 1400 W* les pertes en charge Pc = 17400 W
 |
|  | * Les pertes à vide  représentent les pertes fer.
* Les pertes en charge représentent les pertes fer+ les pertes cuivre
 |
|  | * Les pertes cuivres au régime nominal : Pcu = Pc – Pv = 16 kW
 |
|  | Le rendement du transformateur :  = $\frac{P2}{P2+Pc}= \frac{Snom.cosφ}{Snom.cosφ+Pc}=99 \%$ |
|  | Pcu = 16 kW pour I2 = 115,5 A avec Pcu % I2² donc pour I2 = 44,5 A , Pcu = 2,37 kW |
|  |  = $\frac{P2}{P2+Pcu+Pv}= \frac{\sqrt{3}.U2.I2.cosφ}{\sqrt{3}.U2.I2.cosφ+Pc}=\frac{686 kW}{686 kW+2,37 kW+1,4 kW }= 0,9$94 |
|  | Le couplage est un Dyn11Décodage : D = couplage triangle pour le primaire ; y = couplage étoile pour le secondaire ; n signifie que le neutre est distribué ; 11 est l’indice horaire du transformateur |
|  | Voir document réponse n°1 pour le couplage Dyn. |
|  | L'expression de m = $\frac{U20}{U1}$ = $\frac{V20}{V1}$ soit V20 = m. V1 = 5,75 kV  |
|  | La tension composée U1cc = 2,8% \* U1nom = 560 V soit : V1cc = 323 V |
|  | Lors du court-circuit du secondaire, la tension secondaire V2 = 0 volt A l'aide du modèle, on peut écrire la relation : m.V1cc = Zs.I2cc |
|  | L’impédance Zs = $\frac{m.V1cc}{I2cc}$ = 1,4 sous la tension primaire nominale, I2ccn = $\frac{m.V1nom}{Zs}$ = 4,1 kA  |
|  | 4,1 kA > 24\*In = 1,07 kA on n’est pas dans la plage de gestion.La fonction est M02 permet de protéger contre le blocage rotor. |

. **Partie B : Étude de la variation de vitesse des moteurs pour le retordage**

|  |  |
| --- | --- |
| **Questions** | **Réponses**  |
|  | r= 0,47 .La vitesse Nc = $\frac{dE}{dF}. \frac{dG}{dH}. N= $685 tr.mn-1 |
|  | La vitesse de torsion du fil : vT  = 1,162\*Nc = 796 tr.m-1.  |
|  | Périmètre : P = 3,14\*0,2 = 0,628 mL = 655\*0,628 = 430 m/min |
|  | La valeur efficace des courants en ligne au régime nominal, In = $\frac{Pa}{\sqrt{3}.U.cosφ}$ avec Pa = Pu /  soit : In = 65,2 A |
|  |  La valeur du couple utile nominal, Tun = Pu /  = 242 Nm |
|  | La vitesse de synchronisme Ns = f / p. Pour faire varier la vitesse d’un moteur asynchrone à cage, on agit sur la fréquence f des tensions d’alimentation car : $N = \frac{f}{p} (1 - g)$. |
|  | Voir document-réponse n°2 |
|  | À l’aide de l’annexe 1, on mesure les fréquences f1 = 50 Hz et f2 = 40 Hz.Les 2 vitesses de synchronisme sont : Ns1 = f1/p =1500 tr.mn-1 et Ns2 = 1200 tr.mn-1 |
|  | Voir document – réponse n°2 pour la caractéristique mécanique notée C2 |
|  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Fréquence f (Hz) | f1 | f2 |
| Vitesse N (tr.mn-1) | 1480 | 1180 |
| Moment du Couple Tu (Nm) | 132 | 132 |
| Puissance Pu (kW) | 20,5 | 16,3 |

 |

**Partie C : Étude de la qualité de l’énergie électrique**

|  |  |
| --- | --- |
| **Questions** | **Réponses**  |
|  | * Sur le document-réponse n°3, la tension v1N(t) est le signal quasi- sinusoïdal car elle est imposée par le réseau. Le courant i1(t) est le signal impulsionnel (forme d’onde typique de courant à l’entrée d’un variateur de fréquence).
 |
|  | * Voir document-réponse n°4
* Particularité du spectre du courant : pas d’harmonique de rang pair et quasiment pas d’harmonique de rang multiple de 3
 |
|  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | I3/ I en % | I5 / I en % | I7 / I en % | I9 / I en % | I11 / I en % | I13 / I en % |
| Normes | **27** | 15 | 10 | 6 | 5 | 4 |
| Variateur | **0** | 47 | 47 | 0 | 28 | 28 |

On ne respecte donc pas les normes. |
|  | * PF représente le facteur de puissance et est le déphasage entre la tension simple et le fondamental du courant en ligne de la même phase
 |
|  | * On en déduit f  = 0° car cos f  = 1.
* Voir document-réponse n°3 pour la forme d’onde de i1f.
 |
|  | La puissance réactive est majoritairement due aux autres harmoniques des courants car pour le fondamental du courant, la puissance réactive est nulle. |
|  | * Le taux de distorsion harmonique du courant en ligne THDi= 83,% .
* Installer un filtre en amont du variateur (inductance de ligne par exemple).
 |

**Partie D : Étude du parc de batteries électriques des chariots élévateur**

|  |  |
| --- | --- |
| **Questions** | **Réponses**  |
|  | L’énergie de la batterie Ebat = Pbat \* t = Ubat .I\*t = Qbat \*Ubat.  Qbat en A.h et Ebat en Joule.L’énergie de la batterie ; Ebat = 620 \* 80 = 49,6 kW.h. |
|  | La vitesse moyenne v = h / t = 0,5 m.s-1Le modèle du chariot est le CE 15 (même capacité et même masse) ; La vitesse de levage en charge, v = 0,5 m.s-1 |
|  | L’énergie potentielle $E\_{P}$= m.g.h = 44 kJ;  |
|  | L’énergie au niveau de la batterie EbatL = Echarge /  = $\frac{44 000}{0,85\*0,93×0,90}$ = 61,8 kJ = 0,0172 kWh |
|  | L’énergie totale fournie par la batterie pendant 8h de service Ebatj = 20\*8\*0,0172= 2,75 kWh. |
|  | La batterie peut fournir 0,7\*49,6 = 34,7 kWh ; la durée de fonctionnement de la batterie, Δt = $\frac{34,7}{5,75}$ = 6 jours |

Document réponse n°1

A

B

C

a

b

c

n

Circuit magnétique

Document réponse n°2 : caractéristiques mécaniques

Couple de la charge

pour 52 bobines

C1

C2

Ns2 Ns1

Document – réponse n°3 : fondamental de *i1(t)*



*i1f(t)*

Document réponse n°4 : valeur efficace des harmoniques en entrée du variateur

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Rang de l’harmonique | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 |
| Fréquence (Hz) | 50 | 150 | 250 | 350 | 450 | 550 | 650 |
| Valeur efficace des harmoniques (A) | 34,9 | 0 | 30 | 30 | 0 | 18,5 | 18,5 |