
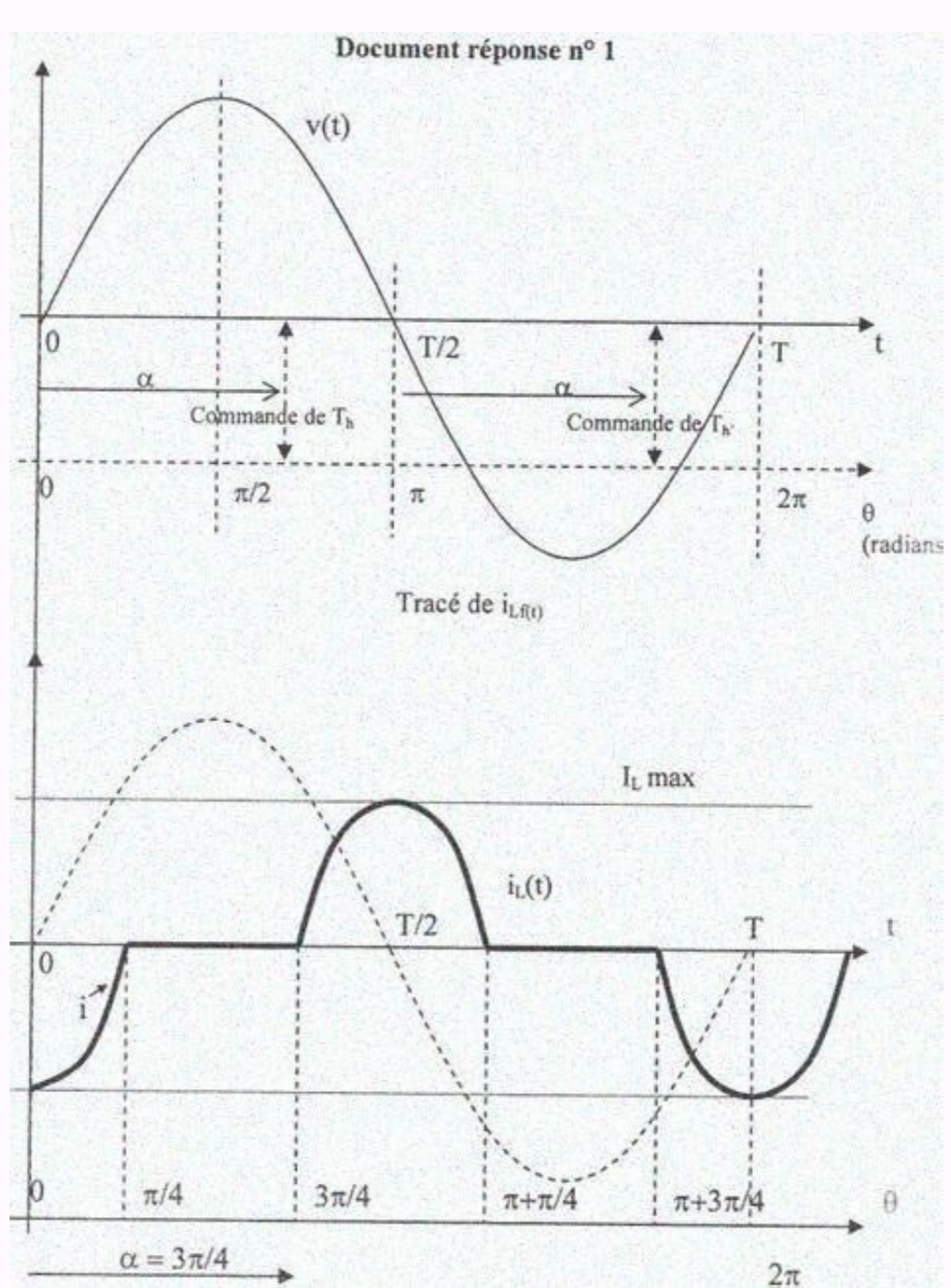


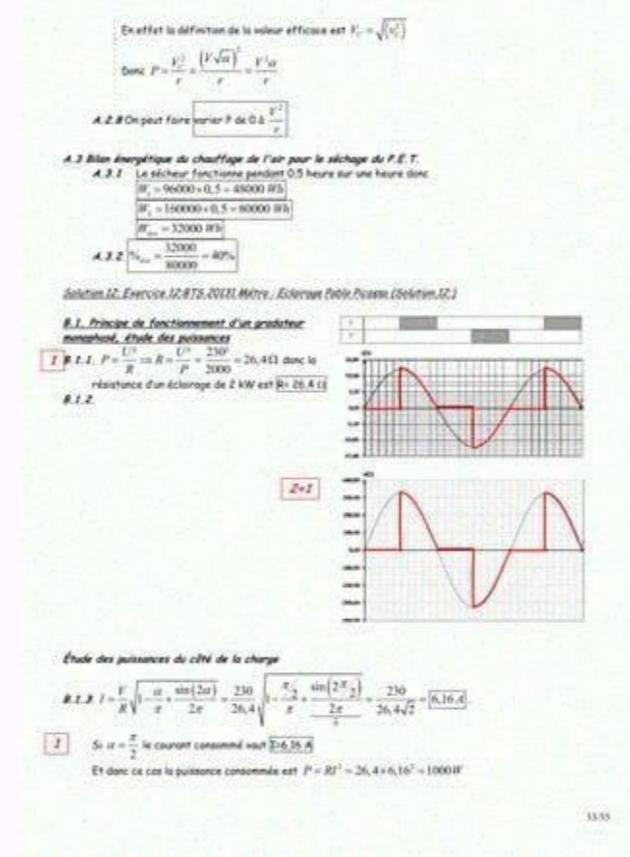
I'm not robot  reCAPTCHA

I am not robot!

6 Exercice 8: BTS 2001 Nouméa Stato compensateur version 2 (Solution 8):..... 7 Exercice 9: BTS 2004 Nouméa Démarrage de l'éolienne (Solution 9):
 10 Exercice 10: BTS 2005 Nouméa Démarrage et arrêt de la scie (Solution 10):..... 12 Exercice 11: BTS 2011 Nouméa : Embouteillage
 Volvic (Solution 11:) 13 Solutions20 Solution 1: Exercice 1:QCM
 Exercice 1:QCM20 Solution 2: Exercice 2: Système de chauffage de l'air ventilé20 Solution 3: Exercice 3: BTS 2001 Nouméa Etude d'un compensateur statique monophasé.....20 Solution 4: Exercice 4: Gradateur monophasé
 puis triphasé21 Solution 5: Exercice 5: Gradateur triphasé alimentant des résistances d'un four électrique.....22 Solution 6: Exercice
 6: Commande linéaire numérique d'un gradateur monophasé24 Solution 7: Exercice 7: : Electrothermie par gradateur et résistance (Solution 7):.....25
 Solution 8: Exercice 8: : BTS 2001 Nouméa Stato compensateur version 2 (Solution 8:)26 Solution 9: Exercice 9: BTS 2004 Nouméa Démarrage de l'éolienne (Solution 9)
30 Solution 10: Exercice 10: BTS 2005 Nouméa Démarrage et arrêt de la scie ()..... 31 Solution 11: Exercice 11: BTS 2011 Nouméa : Embouteillage
 Volvic () 31 2. 2/35 Exercice 1: QCM : (Solution 1:) Entourer la ou les bonnes réponses 1. Gradateur monophasé : commande par angle de retard à l'amorçage a) La
 tension du générateur a une valeur efficace imposée. Avec un gradateur monophasé, on modifie la valeur efficace du courant alternatif en agissant sur la valeur de b) Avec un gradateur monophasé, on règle la
 valeur de la puissance fournie en agissant sur la valeur de . c) La tension de sortie u(t) est sinusoïdale quelle que soit la valeur de . d) Avec un gradateur monophasé, le courant i(t) obtenu sur charge inductive L-
 R est sinusoïdal. e) En cas de débit sur charge inductive pure L, il est possible de régler la puissance réactive. 2. Gradateur monophasé : commande par train d'ondes a) La tension du générateur a une valeur
 efficace imposée. Avec un gradateur monophasé, on modifie la valeur efficace du courant alternatif en agissant sur la valeur rapport cyclique . b) La tension du générateur a une valeur efficace imposée. Avec un
 gradateur monophasé, on règle la valeur de la puissance fournie en agissant sur la valeur du rapport cyclique . c) A l'état fermé de l'interrupteur K, la tension de sortie u(t) est sinusoïdale. d) A l'état fermé de
 l'interrupteur K, le courant i(t) obtenu sur charge inductive L-R est sinusoïdal. e) Avec un gradateur monophasé sur charge inductive pure L, il est possible de régler la puissance réactive en agissant sur la valeur
 du rapport cyclique . 3.



4 Exercice 5: Gradateur triphasé alimentant des résistances d'un four électrique (Solution 5):..... 5 Exercice 6: Commande linéaire numérique d'un gradateur monophasé (Solution 6:)
 6 Exercice 7: Electrothermie par gradateur et résistance (Solution 7:) 6 Exercice 8: BTS 2001 Nouméa Stato compensateur version 2
 (Solution 8):..... 7 Exercice 9: BTS 2004 Nouméa Démarrage de l'éolienne (Solution 9:) 10 Exercice 10: BTS 2005 Nouméa
 Démarrage et arrêt de la scie (Solution 10):..... 12 Exercice 11: BTS 2011 Nouméa : Embouteillage Volvic (Solution 11:) 13
 Solutions20 Solution 1: Exercice 1:QCM
20 Solution 2: Exercice 2: Système de chauffage de l'air ventilé20 Solution 3: Exercice 3: BTS 2001 Nouméa Etude d'un compensateur statique monophasé.....20 Solution 4: Exercice 4: Gradateur monophasé puis triphasé
21 Solution 5: Exercice 5: Gradateur triphasé alimentant des résistances d'un four électrique.....22 Solution 6: Exercice 6: Commande linéaire
 numérique d'un gradateur monophasé24 Solution 7: Exercice 7: : Electrothermie par gradateur et résistance (Solution 7):.....25 Solution 8: Exercice 8: : BTS
 2001 Nouméa Stato compensateur version 2 (Solution 8:)26 Solution 9: Exercice 9: BTS 2004 Nouméa Démarrage de l'éolienne (Solution 9:)30 Solution 10:
 Exercice 10: BTS 2005 Nouméa Démarrage et arrêt de la scie ()..... 31 Solution 11: Exercice 11: BTS 2011 Nouméa : Embouteillage Volvic ()
 31 2. 2/35 Exercice 1: QCM : (Solution 1:) Entourer la ou les bonnes réponses 1. Gradateur monophasé : commande par angle de retard à l'amorçage a) La tension du
 générateur a une valeur efficace imposée. Avec un gradateur monophasé, on modifie la valeur efficace du courant alternatif en agissant sur la valeur de b) Avec un gradateur monophasé, on règle la valeur de la
 puissance fournie en agissant sur la valeur de . c) La tension de sortie u(t) est sinusoïdale quelle que soit la valeur de . d) Avec un gradateur monophasé, le courant i(t) obtenu sur charge inductive L-R est
 sinusoïdal. e) En cas de débit sur charge inductive pure L, il est possible de régler la puissance réactive. 2. Gradateur monophasé : commande par train d'ondes a) La tension du générateur a une valeur efficace
 imposée. Avec un gradateur monophasé, on modifie la valeur efficace du courant alternatif en agissant sur la valeur rapport cyclique . b) La tension du générateur a une valeur efficace imposée. Avec un gradateur
 monophasé, on règle la valeur de la puissance fournie en agissant sur la valeur du rapport cyclique . c) A l'état fermé de l'interrupteur K, la tension de sortie u(t) est sinusoïdale. d) A l'état fermé de l'interrupteur
 K, le courant i(t) obtenu sur charge inductive L-R est sinusoïdal. e) Avec un gradateur monophasé sur charge inductive pure L, il est possible de régler la puissance réactive en agissant sur la valeur du rapport
 cyclique . 3. Gradateur triphasé a) Il existe plusieurs branchements de gradateurs triphasés. b) La tension de sortie phase-neutre vph(t) est sinusoïdale quelle que soit la valeur de c) Il est indispensable de
 brancher un fil neutre. d) En cas de débit sur charge inductive pure L, il est possible de régler la puissance réactive. e) Ce type de gradateur peut alimenter un moteur asynchrone triphasé. 4. Stato -
 compensateur a) Un stato-compensateur triphasé nécessite l'utilisation d'une batterie de condensateurs. b) Un stato-compensateur fonctionne en utilisant une commande par train d'onde c) On règle la puissance
 active fournie par le réseau. d) On règle la puissance réactive fournie au réseau. e) Un stato-compensateur nécessite un montage d'au moins trois inductances. Exercice 2: Système de chauffage de l'air ventilé
 (Solution 2:) Une résistance chauffante Rch est alimentée par le secteur 220 V ; 50 Hz en série avec un triac. II CCIRRCCUIIIT DDEE CCOOMMMMAANNNDDEE DDUU TTRRIIAACC :: C'est un générateur
 d'impulsions synchronisé sur le secteur représenté par le schéma ci-contre : Les composants sont supposés parfaits.

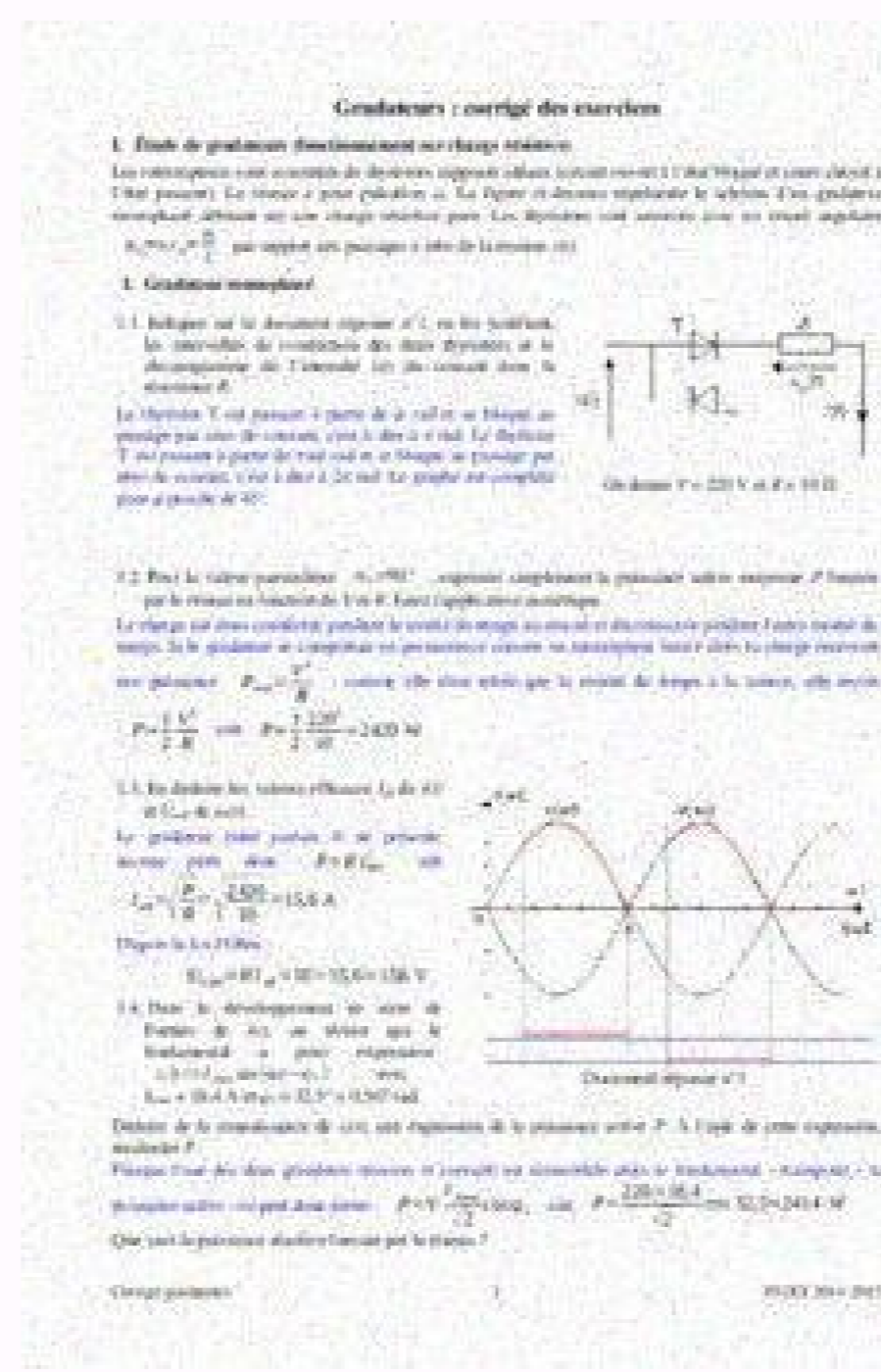


2 Exercice 3: BTS 2001 Nouméa Etude d'un compensateur statique monophasé (allégé) (Solution 3):..... 3 Exercice 4: Gradateur monophasé puis triphasé (Solution 4:)
 4 Exercice 5: Gradateur triphasé alimentant des résistances d'un four électrique (Solution 5):..... 5 Exercice 6: Commande linéaire
 numérique d'un gradateur monophasé (Solution 6:)
 6 Exercice 7: Electrothermie par gradateur et résistance (Solution 7:) 6 Exercice 8: BTS 2001 Nouméa Stato compensateur version 2 (Solution 8):..... 7 Exercice 9: BTS 2004 Nouméa Démarrage de l'éolienne (Solution 9:)
 10 Exercice 10: BTS 2005 Nouméa Démarrage et arrêt de la scie (Solution 10):..... 12 Exercice 11: BTS 2011 Nouméa : Embouteillage Volvic (Solution 11:)
 13 Solutions20 Solution 1: Exercice 1:QCM
20 Solution 2: Exercice 2: Système de chauffage de l'air ventilé20 Solution 3: Exercice 3: BTS 2001 Nouméa Etude d'un compensateur statique monophasé.....20 Solution 4: Exercice 4: Gradateur monophasé puis triphasé
21 Solution 5: Exercice 5: Gradateur triphasé alimentant des résistances d'un four électrique.....22 Solution 6: Exercice 6: Commande linéaire
 numérique d'un gradateur monophasé24 Solution 7: Exercice 7: : Electrothermie par gradateur et résistance (Solution 7):.....25 Solution 8: Exercice 8: : BTS
 2001 Nouméa Stato compensateur version 2 (Solution 8:)26 Solution 9: Exercice 9: BTS 2004 Nouméa Démarrage de l'éolienne (Solution 9:)30 Solution 10:
 Exercice 10: BTS 2005 Nouméa Démarrage et arrêt de la scie ()..... 31 Solution 11: Exercice 11: BTS 2011 Nouméa : Embouteillage Volvic ()
 31 2. 2/35 Exercice 1: QCM : (Solution 1:) Entourer la ou les bonnes réponses 1. Gradateur monophasé : commande par angle de retard à l'amorçage a) La tension du
 générateur a une valeur efficace imposée. Avec un gradateur monophasé, on modifie la valeur efficace du courant alternatif en agissant sur la valeur de b) Avec un gradateur monophasé, on règle la valeur de la
 puissance fournie en agissant sur la valeur de . c) La tension de sortie u(t) est sinusoïdale quelle que soit la valeur de . d) Avec un gradateur monophasé, le courant i(t) obtenu sur charge inductive L-R est
 sinusoïdal. e) En cas de débit sur charge inductive pure L, il est possible de régler la puissance réactive. 2. Gradateur monophasé : commande par train d'ondes a) La tension du générateur a une valeur efficace
 imposée. Avec un gradateur monophasé, on modifie la valeur efficace du courant alternatif en agissant sur la valeur rapport cyclique . b) La tension du générateur a une valeur efficace imposée. Avec un gradateur
 monophasé, on règle la valeur de la puissance fournie en agissant sur la valeur du rapport cyclique . c) A l'état fermé de l'interrupteur K, la tension de sortie u(t) est sinusoïdale. d) A l'état fermé de l'interrupteur
 K, le courant i(t) obtenu sur charge inductive L-R est sinusoïdal.

e) Avec un gradateur monophasé sur charge inductive pure L, il est possible de régler la puissance réactive en agissant sur la valeur du rapport cyclique . c) Il est indispensable de brancher un fil neutre. d) En cas de débit sur charge inductive pure L, il est possible de régler la puissance réactive. e) Ce type de gradateur peut alimenter un moteur asynchrone triphasé.

4. Stato - compensateur a) Un stato-compensateur triphasé nécessite l'utilisation d'une batterie de condensateurs. b) Un stato-compensateur fonctionne en utilisant une commande par train d'onde c) On règle la puissance active fournie par le réseau. d) On règle la puissance réactive fournie au réseau. e) Un stato-compensateur nécessite un montage d'au moins trois inductances. Exercice 2: Système de chauffage de l'air ventilé (Solution 2:)

Une résistance chauffante Rch est alimentée par le secteur 220 V ; 50 Hz en série avec un triac. II CCIIRCCUUIITT DDEE CCOOMMMMAANNDDDEE DDUU TTRRIIAACC :: C'est un générateur d'impulsions synchronisé sur le secteur représenté par le schéma ci-contre : Les composants sont supposés parfaits. La d.d.p. v (t) est donnée par la courbe ci-contre, avec E = 10 V.



6 Exercice 7: Electrothermie par gradateur et résistance (Solution 7:) 6 Exercice 8: BTS 2001 Nouméa Stato compensateur version 2 (Solution 8:)

10 Exercice 10: BTS 2005 Nouméa Démarrage et arrêt de la scie (Solution 10:)

13 Solutions 20 Solution 2: Exercice 2:Système de chauffage de l'air ventilé 20 Solution 1: Exercice 1:QCM

Solution 3: Exercice 3:BTS 2001 Nouméa Etude d'un compensateur statique monophasé..... 20 Solution 4: Exercice 4:Gradateur monophasé puis triphasé

21 Solution 5: Exercice 5:Gradateur triphasé alimentant des résistances d'un four électrique..... 22 Solution 6: Commande linéaire numérique d'un gradateur monophasé 24 Solution 7: Exercice 7 : Electrothermie par gradateur et résistance (Solution 7:)

25 Solution 8: Exercice 8 : BTS 2001 Nouméa Stato compensateur version 2 (Solution 8:) 26 Solution 9: Exercice 9:BTS 2004 Nouméa Démarrage de l'éolienne (Solution 9:) 30 Solution 10: Exercice 10:BTS 2005 Nouméa Démarrage et arrêt de la scie ()..... 31 2. 2/35 Exercice 1: QCM : (Solution 1:) Entourer la ou les bonnes réponses

1. Gradateur monophasé : commande par angle de retard à l'amorçage a) La tension du générateur a une valeur efficace imposée. Avec un gradateur monophasé, on modifie la valeur efficace du courant alternatif en agissant sur la valeur de b) Avec un gradateur monophasé, on règle la valeur de la puissance fournie en agissant sur la valeur de . c) La tension de sortie u(t) est sinusoidale quelle que soit la valeur de . d) Avec un gradateur monophasé, le courant i(t) obtenu sur charge inductive L-R est sinusoidal. e) En cas de débit sur charge inductive pure L, il est possible de régler la puissance réactive. 2. Gradateur monophasé : commande par train d'ondes a) La tension du générateur a une valeur efficace imposée.

Avec un gradateur monophasé, on modifie la valeur efficace du courant alternatif en agissant sur la valeur rapport cyclique . b) La tension du générateur a une valeur efficace imposée. Avec un gradateur monophasé, on règle la valeur de la puissance fournie en agissant sur la valeur du rapport cyclique . c) A l'état fermé de l'interrupteur K, la tension de sortie u(t) est sinusoidale. d) A l'état fermé de l'interrupteur K, le courant i(t) obtenu sur charge inductive L-R est sinusoidal. e) Avec un gradateur monophasé sur charge inductive pure L, il est possible de régler la puissance réactive en agissant sur la valeur du rapport cyclique . 3. Gradateur triphasé a) Il existe plusieurs branchements de gradateurs triphasés. b) La tension de sortie phase-neutre vph(t) est sinusoidale quelle que soit la valeur de c) Il est indispensable de brancher un fil neutre. d) En cas de débit sur charge inductive pure L, il est possible de régler la puissance réactive. e) Ce type de gradateur peut alimenter un moteur asynchrone triphasé. 4. Stato - compensateur a) Un stato-compensateur triphasé nécessite l'utilisation d'une batterie de condensateurs. b) Un stato-compensateur fonctionne en utilisant une commande par train d'onde c) On règle la puissance active fournie par le réseau.

d) On règle la puissance réactive fournie au réseau. e) Un stato-compensateur nécessite un montage d'au moins trois inductances. Exercice 2: Système de chauffage de l'air ventilé (Solution 2:)

Une résistance chauffante Rch est alimentée par le secteur 220 V ; 50 Hz en série avec un triac. II CCIIRCCUUIITT DDEE CCOOMMMMAANNDDDEE DDUU TTRRIIAACC :: C'est un générateur d'impulsions synchronisé sur le secteur représenté par le schéma ci-contre : Les composants sont supposés parfaits. La d.d.p. v (t) est donnée par la courbe ci-contre, avec E = 10 V. Le retard t0 des impulsions créées par le générateur, après chaque passage à 0 de la tension du secteur est réglé par la tension VC. 1-1) Soit VC = 7,0 V (différence de potentiel constante). Représenter la courbe v' = f (t). Soit t0 l'instant particulier qui apparaît entre 0 et 2 T. Calculer sa valeur. 2A GR 1 A Cu CV D+V = +15 V v v' u RC G D-V = -15 V v u u' R' T t = 10 ms T 2 T0 E = 10 V v 1-2) On prend C = 10 nF ; R = 20 k ; R' = 10 k. Calculer la constante de temps du système (C, R, R') ; en déduire l'allure de la courbe u' = f (t) sur le document réponse 2. 3. 3/35 1-2-3) Quel est le rôle du deuxième amplificateur opérationnel et du transistor ? III CCIIRCCUUIITT DDEE PPUUIISSSSAANNCCCEE :: Il se compose d'une résistance de chauffage Rch alimentée par le réseau vR en série avec un triac Tr (supposé parfait). 2A 1 AG Circuit de commande chu ch R Rv trv Cv chi On donne vR = 220 2 sin t , avec f = 50 Hz et Rch = 15 .

Tracer les courbes uch (t), ich (t) sur le document réponse. +V -V u' v' u chu chi t(ms) n (tr/min)250 500 750 C (Nm) 10 20 30 0 Caractéristiquec(n)dumoteur Exercice 3: BTS 2001 Nouméa Etude d'un compensateur statique monophasé (allégé) (Solution 3:)

Pour assurer un meilleur réglage de la puissance réactive échangée entre une source et une charge, on s'intéresse à un compensateur statique (ou stato-compensateur) dont le schéma est le suivant. iC(t) v(t) L C Th' vL(t) iL(t) Th iO(t) charge PS QS PL QL PC QC PO QO On donne () 2sin() 2sinvt V t V avec V=230V et f=50 Hz. La charge consomme en permanence la puissance Po=50kW. La puissance Qo consommée est positive et varie de manière telle que le facteur de puissance cosφ évolue entre 0.4 et 1. On note φ le déphasage entre le courant io(t) et la tension v(t). Les thyristors sont montés tête-bêche et on note l'angle de retard à l'amorçage des thyristors. 1) Expliquer pourquoi la commande du gradateur fait varier la puissance réactive QL. 2) La valeur instantanée iL1(t) du fondamental de iL(t) a pour expression : 4. 4/35 1 2 2 sin 2 () .sin() . . 2 2 L V i t t L En déduire l'expression de la puissance active PL et de la puissance réactive QL absorbée par l'ensemble « gradateur+bobine » en fonction de . 3) Quelle est la puissance active Pc consommée par le condensateur C ? En déduire la relation entre PS et Po. 4) On s'impose QS=0. Démontrer la relation suivante : 2 2 sin 2 .tan () 0 . . 2 0 O V P V C L 5) Lorsque = φ , on a QL=0. Le facteur de puissance de la charge est cosφ =0.4. En déduire la valeur de C pour que QS=0. 6) Pour φ = φ/2 . On s'intéresse au cas où le facteur de puissance de la charge est cosφ =1. On choisit C=6.9mF. En déduire la valeur de L pour que QS=0. Exercice 4: Gradateur monophasé puis triphasé (Solution 4:)

Les interrupteurs sont constitués de thyristors supposés idéaux (circuit ouvert à l'état bloqué et court-circuit à l'état passant). Le réseau a pour pulsation ω. 1 Gradateur monophasé : On donne (Figure 1) le schéma d'un gradateur monophasé débitant sur une charge résistive pure. Les thyristors sont amorcés avec un retard angulaire α0 = t0 = 2 par rapport aux passages à 0 de la tension v (t). On donne V = 220 V et R = 10 Ω. v(t) i(t) C R T T' Figure 1 1-1) Donner sur le document réponse n° 1, en les justifiant, les intervalles de conduction des deux thyristors et le chronogramme de l'intensité i (t) du courant dans la résistance R. 1-2) Pour la valeur particulière α0 = 2 , exprimer simplement la puissance active moyenne "P" fournie par le réseau en fonction de V et R. Application numérique. 1-3) En déduire les valeurs efficaces Ieff de i (t) et UC eff de uC (t). 1-4) Dans le développement en série de Fourier de i (t) on trouve que le fondamental a pour expression : i (t) = I1 Max sin (ω t - 1) avec I1 Max = 18,4 A et 1 = 32,5° = 0,567 rad. Déduire de la connaissance de i1 (t), une expression de la puissance P. A l'aide de cette expression, recalculer P. 1-5) Que vaut la puissance réactive fournie par le réseau ? 1-6) Quelle est la puissance apparente S de la source ? 1-7) Calculer le facteur de puissance de l'installation. 1-8) Proposer une méthode (schéma, type d'appareil à utiliser) pour mesurer la valeur efficace du courant, la puissance active et la puissance réactive. On dispose d'appareils analogiques (alt. et continu) et numériques TRMS avec position AC et DC. Le wattmètre est de type électrodynamique. 2 Gradateur triphasé : 5. 5/35 On en donne (Figure 2) le schéma de principe. Les tensions sinusoidales va, vb et vc ont même valeur efficace "V" et constituent un système triphasé équilibré direct. Sur le document réponse n° 2, on précise le séquençement de l'amorçage des 6 thyristors dans le cas où α0 = 30°. On a toujours V = 220 V et la charge est résistive. Les interrupteurs sont supposés idéaux. Le fonctionnement étant parfaitement symétrique, on étudie dans un premier temps l'intervalle [0°, 180°]. Ta T' T T' T T' a b b c c a i va vb vc ci bi N R R R Cau Cbu Ccu Figure 2 2-1) Sur chacun des 6 intervalles suivants : [0°, 30°], [30°, 60°], [60°, 90°], [90°, 120°], [120°, 150°], [150°, 180°], donner un schéma équivalent de l'installation tenant compte des interrupteurs passants et expliquer la forme de la tension uc a donnée sur le document réponse n° 2 entre 0 et 180°. 2-2) Compléter le chronogramme de uc a sur [180°, 360°]. DOCUMENT REPOSE N° 1 DOCUMENT REPOSE N° 2 t (rad) v (t) -v (t) i (t) t (rad) 30 60 120 150 180 90 210 240 270 300 330 360 va vb vcva (-) 2 vc Cau vbva (-) 2 T'aTa T'c Tc Tb T'b T'b Tc Exercice 5: Gradateur triphasé alimentant des résistances d'un four électrique (Solution 5:)

Un gradateur triphasé à thyristors alimente trois résistances de valeur égale R = 10,6 d'un four électrique. Un dipôle est constitué par un interrupteur bidirectionnel, formé de deux thyristors tête-bêche, placé en série avec la résistance R. On obtient ainsi trois dipôles qui sont montés : - soit en étoile avec fil neutre, - soit en triangle. Le réseau d'alimentation est triphasé de fréquence 50 Hz, et la valeur efficace de la tension phase-neutre vaut V = 230 Volts. 1. Expliquer pourquoi la commande des thyristors est possible en montage triangle. 2. On décide tout d'abord de commander le gradateur en agissant sur l'angle de retard à l'amorçage. On le notera 1 dans le cas d'un montage étoile et 2 dans le cas d'un montage triangle. 2.1. Exprimer la puissance active P1(1) en fonction de V et de R dans le cas du montage étoile. 2.2. Exprimer la puissance active P2(2) en fonction de V et de R dans le cas du montage triangle 2.3. Donner la relation entre 1 et 2 pour que P1= P2 3. On décide maintenant de commander le gradateur en agissant sur le rapport cyclique du train d'ondes. On le notera 1 dans le cas d'un montage étoile et 2 dans le cas d'un montage triangle. 3.1. Exprimer la puissance active P1(1) en fonction de V et de R dans le cas du montage étoile 3.2. Exprimer la puissance active P2(2) en fonction de V et de R dans le cas du montage triangle 6. 6/35 3.3. Donner la relation entre 1 et 2 pour que P1= P2. 4. Comparer les deux modes de commande et conclure. Exercice 6: Commande linéaire numérique d'un gradateur monophasé (Solution 6:)

On s'intéresse à la commande qui permettrait d'obtenir une relation de proportionnalité entre la puissance débitée sur charge résistive. A l'entrée du déclencheur, on impose la tension tic qui détermine la valeur de l'angle de retard à l'amorçage noté α. On souhaite obtenir une relation linéaire de la forme : 0 C O u P P u où uo est une tension de référence et P0 la puissance fournie à réglage maximal. 1. Justifier que uo, et montrer que pour uo = uo on a nécessairement α = 0. 2. Justifier la relation 0 sin 2 1 2 Cu u 3. Un convertisseur analogique-numérique (CAN) convertit la tension uC en un « mot » nuc de 8 bits. Sachant que uo = 2,55 V quelle est la variation uα, telle que nuc varie de ± 1 ? 4. Le mot nuc, de 8 bits sert à lire l'adresse en mémoire où est placée la valeur n fixant l'angle α. Combien d'angles différents seront-ils placés en mémoire ? 5. Expliquer comment α-t-on calculé la valeur n en fonction de l'adresse nuc. 6. Calculer () dP f d . Pour quelle(s) valeur(s) de α le réglage de P sera-t-il le moins sensible ? 7. Pour quelle valeur de α le réglage de P sera-t-il le plus sensible ? 8. Quelle est la variation 0 P P pour uC ? Conclure. Exercice 7: Electrothermie par gradateur et résistance (Solution 7:)

Soit le montage de la figure 1.1 : Figure 1.1 : Gradateur monophasé sur charge résistive v est une tension sinusoidale. On utilise deux types de commandes pour les thyristors : 7. 7/35 1. Commande A : α = 45 ° a) Représenter i(t), uTh2(t), iTh2(t) en concordance avec v. b) Calculer la valeur efficace de v. c) Calculer la puissance P consommée. d) Calculer le facteur de puissance de l'installation. e) Quel est le type de commutation des thyristors ? 2. Commande B Il s'agit d'une commande en train d'onde. On laisse passer un certain nombre de sinusoides réseau de fréquence 50 Hz. La période du train d'onde est TC. a) Représenter le courant i(t) et la tension uTh2(t) sur une période T. b) Calculer la puissance P consommée. c) Quel est l'intérêt de ce type de commande ? Exercice 8: BTS 2001 Nouméa Stato compensateur version 2 (Solution 8:)

Pour assurer un meilleur réglage de la compensation de l'énergie réactive échangée entre une source et une charge, nous allons étudier un compensateur statique monophasé, dont le schéma de principe est donné sur la figure suivante iC(t) v(t) L C Th' vL(t) iL(t) Th iO(t) charge PS QS PL QL PC QC PO QO Dans cette partie, toute l'étude est faite en monophasé avec comme grandeurs : - tension simple () 2sin() 2sinvt V t V à la fréquence f = 50 Hz, avec V=230V; 8. 8/35 - charge linéaire consommant la puissance active constante P0 = 50 kW et la puissance réactive Q0 positive, avec un facteur de puissance variable entre 0,4 et 1. On note φ le déphasage entre le courant absorbé par la charge et la tension v. La source monophasée fournit les puissances Ps et QS. Le condensateur C consomme P0 et Q0. L'ensemble « gradateur-bobine L » consomme PL et QL. I. Tout d'abord on étudie le fonctionnement du gradateur Le gradateur est constitué de deux thyristors supposés parfaits, Th et Th' montés tête-bêche, en série avec une inductance pure L (cf. figure 3.2). L'ensemble est alimenté sous la tension v(t), délivrée par la source. Th et Th' sont commandés de manière périodique. Th est commandé à la fermeture sur la demi alternance positive de la tension v, avec un angle de commande compté à partir de 0, et compris entre 2 et φ (en rad). Th' est commandé de la même manière sur la demi-alternance négative de la tension v. (cf document réponse n° 1) Il est rappelé que si t est la variable temporelle de v(t), est la variable angulaire de la même grandeur v avec : = t () 2 sin() v t V t ou () 2 sin() v V a Pour 3 4 : iL(t) a l'allure donnée sur la figure du bas du documentréponse n° 1. Préciser sur la figure du haut du document réponse n°1 l'intervalle de conduction de Th et Th'. Expliquer pourquoi Th cesse de conduire. Tracer l'allure du fondamental de iL(t), noté iL1(t), sur la figure du bas du document réponse n° 1 b) La valeur instantanée du fondamental de iL(t), iL1(t) a pour expression en fonction de 1 2 2 sin 2 () .sin() . . 2 2 L V i t t L En déduire l'expression de la puissance active PL et de la puissance réactive QL absorbée par l'ensemble « gradateur-bobine » en fonction de . II. Bilan des puissances (cf. figure 3.1) a) Quelles sont les puissances actives PC et PL consommées respectivement par le condensateur et l'ensemble « gradateur + bobine » ? Donner la relation entre PS et P0. b) Faire le bilan des puissances réactives, en donnant la relation entre QS QC., QL et Q0 c) En déduire que la relation générale entre P0, 0 , V, C, L, et φ , quand QS = 0, est : 2 22 sin 2 .tan () 0 . . 2 0 O V P V C L d) On a QL = 0 lorsque φ = φ. On réalise ce réglage pour un facteur de puissance de la charge de 0,40. En déduire la valeur de la capacité C du condensateur pour que QS = 0. La valeur de la capacité reste maintenant constante et égale à C = 6,9 mF. e) Dans le cas d'une charge ayant un facteur de puissance de 1, on désire obtenir QS = 0, avec le réglage φ = φ/2. En déduire la valeur de L.

9. 9/35 f) Les courbes donnant la puissance réactive QS, fournie par le réseau, à P0 = constante, en fonction du facteur de puissance (FP) de la charge et du réglage du gradateur () sont données sur le document réponse n° 2. Sur le document réponse n° 2, placer les 3 points suivants : Point A pour le cas du 2.d ; Point B pour le cas du 2.e ; Point C pour un réglage de QS = 0 si fp = 0,80. A quelle valeur de faut-il régler le gradateur pour le point C ? 10. 10/35 Exercice 9: BTS 2004 Nouméa Démarrage de l'éolienne (Solution 9:) À la suite d'un arrêt, pour faire démarrer l'éolienne, on utilise la machine asynchrone en moteur alimenté par le réseau 690 V /50 Hz. A l'instant du démarrage, chaque phase du moteur peut être assimilée à une inductance pure L = 0,32 mH. A.III.1. Quelle serait la valeur efficace du courant au début d'un démarrage en direct sur le réseau ?

Afin de limiter l'intensité du courant au démarrage, on insère en série avec chaque enroulement du moteur un gradateur constitué de deux thyristors T et T'. (figure 3). 11. 11/35 (figure 3). Le thyristor T est amorcé avec un retard angulaire par rapport à l'origine de la tension simple d'expression : $(\) 2\sin v t$ Le thyristor T' est amorcé une demi période plus tard. A.III.2. Écrire l'équation différentielle liant i(t) et v(t) lorsque T est passant. A.III.3. Résoudre cette équation en tenant compte qu'à l'instant d'amorçage de T, i(t) = 0. Vérifier que : $2 (\) \cos \cos V i t t L$ A.III.4. On donne à l'angle de retard la valeur = 3/4. • Placer sur le document réponse DR2a la droite horizontale d'ordonnée $2 \cos V L$, en déduire l'allure du courant i(t) lorsque T est passant. Préciser l'intervalle pour lequel T est passant. • Compléter le document réponse pour T' passant. A.III.5. Pour = /2, que devient l'équation de i(t) lorsque T est passant ? Tracer i(t) sur le document réponse DR2b et préciser les intervalles de conduction des thyristors. Vérifier que la valeur efficace de i(t) est I0 = 3960 A. A.III.6. La figure 4 donne le rapport I/I0 en fonction du retard exprimé en degrés, I est la valeur efficace de i(t).

Déterminer la valeur de pour limiter le courant de démarrage du moteur à 2,5 In soit 1570 A. figure 4 13.

13/35 Sur la figure 4, est représenté un gradateur monophasé, alimentant une résistance r. Les thyristors Th et Th' sont commandés avec un retard à l'amorçage par rapport aux passages à 0 de la tension sinusoïdale d'alimentation v de pulsation S. On note $2\sin V$, avec St . C.1.1. Donner, sur le document réponse n°2, figure 8, l'allure des tensions vr et vTh, si = 120 °. Préciser les instants de conduction des thyristors Th et Th'. C.1.2. Ecrire l'expression de l'intégrale permettant d'obtenir la valeur efficace Vr de la tension vr aux bornes de la résistance r. Le calcul complet n'est pas demandé. C.1.3. Préciser les valeurs prises par Vr pour = 180° et = 0°? DOCUMENT REPONSE N°2 Exercice 11: BTS 2011 Nouméa : Embouteillage Volvic (Solution 11:) : Étude énergétique du nouveau réchauffeur 14. 14/35 On se propose, dans cette partie du sujet, d'analyser le mode de commande par train d'ondes du réchauffeur puis de déterminer plus globalement les économies d'énergies liées à son installation. La puissance de chauffe maximale du réchauffeur est de 96 kW. Ce réchauffeur est composé de trois charges triphasées équilibrées purement résistives. Chacune de ces charges est alimentée par un convertisseur statique triphasé alternatif-alternatif permettant une modulation de l'énergie de chauffage par train d'ondes à partir d'un réseau triphasé 230V/400V, 50 Hz. A.1 Caractéristiques d'une charge triphasée du réchauffeur A.1.1 Quelle est la puissance de chauffe maximale P1max, délivrée par une charge triphasée ? A.1.2 Chaque charge triphasée est constituée de trois éléments chauffants de résistance R. Quel couplage faut-il adopter pour alimenter chaque élément sous une tension de 400V ? A.1.3 Déterminer la valeur de la résistance R d'un élément chauffant.

A.2 Commande par train d'ondes d'un élément chauffant On étudie, par souci de simplification, le principe de fonctionnement de la commande par train d'ondes sur un gradateur monophasé à thyristors alimentant une résistance r quelconque (figure n°1). Les résultats obtenus sont transférables à une charge triphasée. La tension v(t) du réseau, de valeur efficace V = 230V, a pour fréquence f = 50Hz. Sa période est notée T. Le signal de commande des thyristors est un cycle de période TC comportant un nombre entier p de périodes T du réseau. Les thyristors reçoivent des impulsions en permanence pendant n périodes du réseau. Puis les impulsions cessent pendant les p-n périodes restantes. Les thyristors sont considérés comme parfaits.

A.2.1 Rappel des conditions de mise en conduction et de blocage d'un thyristor. A.2.2 On donne, sur le document réponse A , l'allure de l'intensité du courant i(t) dans la charge r.

- Représenter sur l'axe des temps t les périodes T et Tc. - indiquer les intervalles de temps qui correspondent aux n périodes T et aux p-n périodes T caractérisant le cycle de commande des thyristors. - Préciser les intervalles de conductions des thyristors T1 et T2. A.2.3 Exprimer la période TC en fonction de la période T et p. A.2.4 Donner l'expression du rapport cyclique de la commande en fonction de n et p. On rappelle que le rapport cyclique est le rapport de la durée de conduction du gradateur par la durée d'un cycle de commande. A.2.5 Connaissant l'allure de i(t), représenter sur le document réponse A l'allure de la tension vc(t) aux bornes de la charge. Justifier la démarche suivie et préciser la valeur numérique de l'amplitude de cette tension. A.2.6 Rappel de la définition de la puissance active P absorbée par la charge r en l'exprimant en fonction des grandeurs électriques notées sur la figure n°1. A.2.7 La valeur efficace VC de la tension vC(t) s'exprime par $CV V$ où V est la valeur efficace de la tension v(t). Montrer que la puissance P peut alors s'écrire : $2 V P r$ 15. 15/35 A.2.8 Préciser la plage de réglage de la puissance active absorbée par la charge r. Quel est l'intérêt pratique de la commande par train d'ondes ? A.3 Bilan énergétique du chauffage de l'air pour le séchage du P.E.T. Les relevés énergétiques du réchauffeur du nouveau sècheur Husky 4 ont permis de déterminer que, pour une séquence de séchage de 1 minute, le chauffage mobilisait une puissance de 96 kW pendant 30s. L'ancien système était équipé d'une puissance de chauffe de 160 kW pour les mêmes paramètres de temps de chauffe et de séchage. A.3.1 Déterminer en Watt.heure les énergies Wn et Wa respectivement consommées pour 1h de séchage par les réchauffeurs du nouveau et de l'ancien sècheur. Quelle est l'énergie WécoR économisée pendant 1h de fonctionnement ? A.3.2 En supposant que les deux sècheurs sont utilisés sur l'année dans des conditions identiques, déterminer en pourcentages, l'économie d'énergie réalisée par l'installation du nouveau sècheur. DOCUMENT REPONSE A Exercice 12: BTS 20131 Métro : Eclairage Pablo Picasso (Solution 12:) Les projecteurs sont alimentés par l'intermédiaire de gradateurs afin de créer des jeux de lumière. Nous allons montrer dans cette partie que l'utilisation de gradateurs triphasés est susceptible de générer un courant dans le conducteur neutre nécessitant une attention particulière lors de son dimensionnement. 16. 16/35 Dans toute cette partie, les gradateurs sont constitués de thyristors supposés idéaux (circuit ouvert à l'état bloqué et court-circuit à l'état passant). Ils sont montés tête-bêche. B.1. Principe de fonctionnement d'un gradateur monophasé, étude des puissances Cette première étude simplifiée en monophasé vise à nous familiariser avec les outils d'analyse utilisés dans la partie triphasée. Un gradateur monophasé à commande par modulation de l'angle de phase est alimenté par un réseau monophasé 50 Hz, 230 V. Il est connecté à deux projecteurs de lumière considérés comme étant équivalents à une charge purement résistive de puissance 2000 W sous 230 V (figure 3). On admet que le réseau n'a pas d'impédance. On dit aussi qu'il a une puissance de court-circuit infinie. B.1.1. Calculer la valeur de la résistance R. B.1.2. Pour un angle de retard à la conduction = 2 , indiquer sur le document-réponse 1, les intervalles de conduction des deux thyristors et tracer les chronogrammes de l'intensité i(t) et de la tension vr(t). Étude des puissances du côté de la charge B.1.3. L'expression de la valeur efficace de i(t) est : $\sin 2 1 2 V I R$ (avec en radian). Pour 2 , calculer la valeur efficace I de i et la puissance active P consommée par la résistance. Document-réponse 1 18. 18/35

Exercice 13: BTS 2013 Métro : Eclairage Pablo Picasso (Solution 13:) B.3. Gradateur triphasé en fonctionnement déséquilibré, étude du courant dans le conducteur neutre Pour créer certaines ambiances d'éclairage sur la scène, les 3 paires de projecteurs peuvent être commandés séparément. Nous étudierons comme exemple la commande suivante : l'angle de commande sur la ligne 1 est de 90° l'angle de commande sur la ligne 2 est de 0° l'angle de commande sur la ligne 3 est de 180°. Les allures correspondantes aux courants iL1, iL2, iL3, sont représentées sur le document-réponse 2. Nous allons montrer comme dans le cas précédent, que cette situation est très contraignante pour le courant dans le conducteur neutre. B.3.1. Tracer sur ce document l'allure de iN. B.3.2. D'après les relevés (annexe 4) calculer le rapport 1 NI I (II est la valeur efficace du courant circulant dans la ligne L1 lorsque l'angle de commande du gradateur est réglé à 0°). B.4. Dimensionnement du conducteur neutre D'après les résultats précédents, indiquer les précautions à prendre lorsque l'on dimensionne le conducteur neutre de l'installation sachant que le nombre de projecteurs commandés par gradateur a été augmenté.

ANNEXE 4 Fonctionnement déséquilibré 19. 19/35 t (s) i (A) iL2iL1 ab c a+b b+c c+a 20. 20/35 Solutions Solution 1: Exercice 1:QCM : 1) A-b-e 2) A-b-c-d 3) A-d-e 4) A-d-e Solution 2: Exercice 2: Système de chauffage de l'air ventilé Solution 3: Exercice 3: BTS 2001 Nouméa Etude d'un compensateur statique monophasé 21. 21/35 Solution 4: Exercice 4: Gradateur monophasé puis triphasé 31. 31/35 A.III.5. Solution 10: Exercice 10: BTS 2005 Nouméa Démarrage et arrêt de la scie (Solution 10:) Solution 11: Exercice 11: BTS 2011 Nouméa : Embouteillage Volvic (Solution 11:) A.1 Caractéristiques d'une charge triphasée du réchauffeur A.1.1 96 32 3 kW par charge triphasée A.1.2 Couplage triangle, chaque élément est soumis à une tension composé 32. 32/35 400 V 1 élément R A.1.3 2 2 2 3 400 3 3 3 15 32 10 U U P R R P . Donc 15R A.2 Commande par train d'ondes d'un élément chauffant A.2. Thyristor conducteur si VAK>0 et impulsion de gâchette bloqué si le courant s'annule A.2.2 - T période du réseau - Cycle de commande des thyristors : TC - Les thyristors reçoivent la commande pendant nT - les impulsions cessent pendant (p-n)T nT (p-n)T nT (p-n)T TC =pT T A.2.3 CT p T . A.2.4. n p A.2.5 230 2 Lorsque T1 ou T2 conduit alors vC(t)=v(t) (pas de chute de tension dans les thyristors qui sont parfaits) A.2.6 2 2 Cv P u i r i r . A.2.7 Comme 2 2 C C v V P P r r 33. 33/35 En effet la définition de la valeur efficace est 2 C CV v Donc 2 2 2 C VV V P r r r A.2.8 On peut faire varier P de 0 à 2 V r A.3 Bilan énergétique du chauffage de l'air pour le séchage du P.E.T. A.3.1 Le sècheur fonctionne pendant 0,5 heure sur une heure donc 1 96000 0,5 48000W Wh 2 160000 0,5 80000W Wh 32000écoW Wh A.3.2. 32000 % 40% 80000 éco Solution 12: Exercice 12: BTS 20131 Métro : Eclairage Pablo Picasso (Solution 12:) B.1. Principe de fonctionnement d'un gradateur monophasé, étude des puissances B.1.1. 2 2 230 2 26,4 2000 U U P R R P donc la résistance d'un éclairage de 2 kW est R= 26,4 B.1.2. Étude des puissances du côté de la charge B.1.3: 0 sin 2sin 2 230 230221 1 6,16 2 26,4 2 26,4 2 V I A R . Si 2 le courant consommé vaut I=6,16 A Et danc ce cas la puissance consommée est 2 2 26,4 6,16 1000P RI W 1 1 2+1 34. 34/35 Pour 2 , la puissance active P consommée par la résistance est de P=1000 W. Solution 13: Exercice 13: BTS 2013 Métro : Eclairage Pablo Picasso (Solution 13:) B.3. Gradateur triphasé en fonctionnement déséquilibré, étude du courant dans le conducteur neutre B.3.1. On trace 1 2 3 0 N L L L a b i i i i b a+b b a+b b a+b t (s) i (A) iL2iL1 ab c a+b b+c c+a . B.3.2. 1 10,8 1,24 8,7 NI I . Ou 1 10,8 1,74 6,2 NI I B.4. Dimensionnement du conducteur neutre Il faut le surdimensionner 1 2 1 1