

**EXAMEN 1**

document autorisé : 1 feuille recto-verso écrite à la main

Durée : 1h50

**Exercice 1 : Tracés de forme d'onde (50 pts)**

Le montage de la figure 1 est connecté à une source de courant continu idéale de 10A. La valeur efficace de la tension phase-neutre du réseau est égale à 120 V et on règle l'angle de retard à l'amorçage des thyristors à 135 degrés. On vous demande de tracer l'allure des signaux qu'on pourrait observer avec l'oscilloscope en supposant que les commutations de courant sont instantanées.

**Faire des tracés sur (au moins) une période du réseau d'alimentation.** (aucune erreur ne sera tolérée sur chaque tracé: il n'y a pas une partie de courbe qui est correcte et l'autre pas)

- ✓ 1) **En haut de la feuille ci-jointe :** Tracer la forme des tensions  $V_{AN}(t)$ ,  $V_{BN}(t)$  et  $V_{AB}(t)$  sur (au moins) une période entière du réseau d'alimentation et préciser les différents interrupteurs amorcés lors de chaque séquence.
- ✓ 2) **En bas de la feuille ci-jointe :** Tracer la forme de la tension aux bornes du thyristor T3,  $V_{AKT3}(t)$  et mesurer l'angle correspondant à la durée d'application d'une tension négative.
- ✓ 3) Montrer un schéma équivalent en continu de ce montage. Calculer la puissance active en précisant le sens de transfert de puissance et la convention choisie. Préciser éventuellement quel serait l'angle de conduction critique si on faisait varier l'angle de commande.
- ✓ 4) On vous propose de remplacer les thyristors T4, T5 et T6 par 3 diodes pour construire un pont mixte. Est-ce que cela présente des avantages dans le fonctionnement étudié (justifier votre réponse en précisant les avantages et inconvénients de cette solution) ?

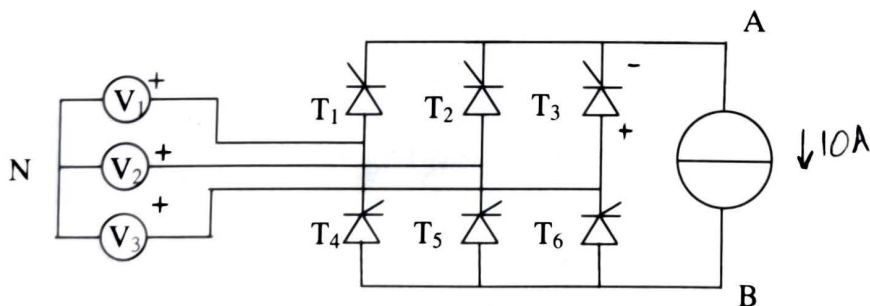


Figure 1

**Exercice 2 : Dimensionnement (25 pts)**

Une usine de raffinage du cuivre comporte plusieurs cuves d'électrolyse connectées en série qui sont alimentées par une source à courant continu de 40 kA. La source à courant continu est réalisée avec 4 ponts complets (tout thyristors). Ces ponts triphasés sont identiques et délivrent 10 kA chacun (figure 2). Ils sont connectés sur plusieurs secondaires d'un transformateur, basse tension. Dans chaque pont, on a utilisé 2 composants électroniques (thyristors) en parallèle pour former chaque interrupteur. On suppose que la conduction est continue, que le courant n'a pas d'ondulation et que les commutations sont instantanées. La valeur maximale de la tension moyenne aux bornes de la charge est égale à 150V.

- ✓ 1) Calculer les caractéristiques d'un thyristor (courant moyen, courant efficace et tension VRRM).
- ✓ 2) Calculer la tension efficace au secondaire, le rapport de transformation et la puissance apparente totale du transformateur
- ✓ 3) En utilisant les données du thyristor de Powerex (feuilles jointes) et la relation suivante, estimer la puissance dissipée par un thyristor :  $P_d = V_0 \cdot I_{T_{moy}} + r \cdot I_{T_{eff}}^2$ . Calculer ensuite le rendement de chaque pont.
- ✓ 4) A l'aide des documents techniques, donner la valeur de la résistance thermique maximale entre jonction et boîtier ainsi que la résistance thermique entre le boîtier et le radiateur. Si on fixe la température de jonction à 125 degC, calculer la température maximale du radiateur.

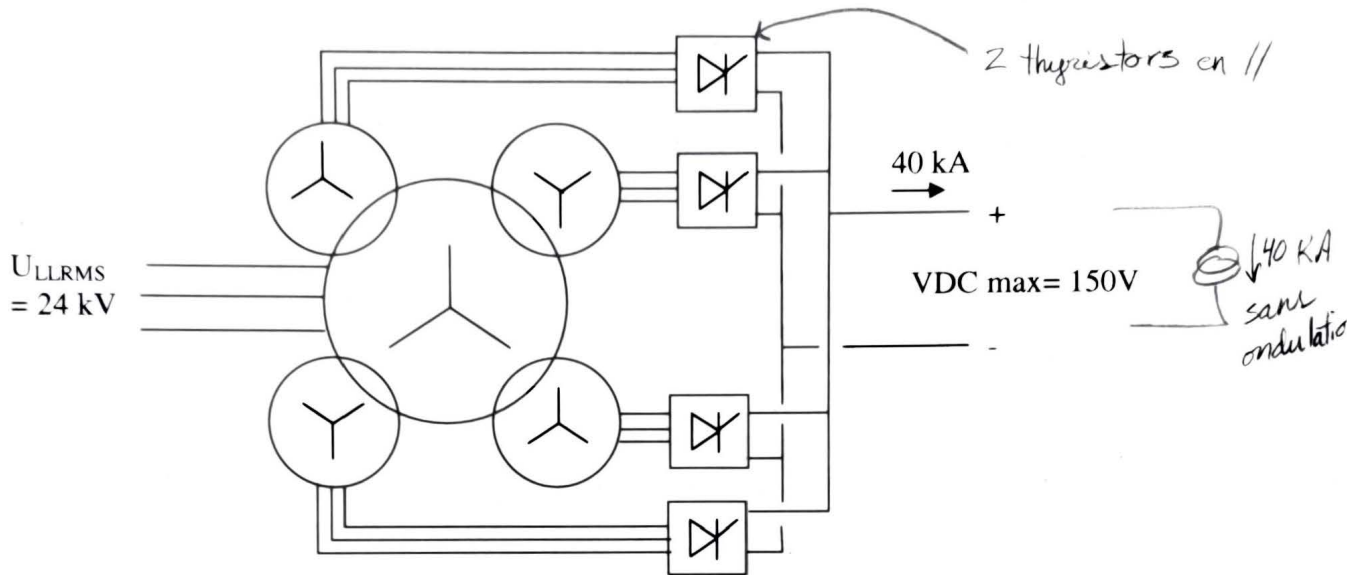


Figure 2

### Exercice 3 : Calcul (25 pts)

La figure 3 montre le schéma d'un redresseur monophasé à deux thyristors et deux diodes qui est utilisé pour alimenter une charge résistive de  $3\Omega$ . Pour protéger ce montage, on a rajouté deux fusibles F1 et F2 en série avec les composants du demi-pont supérieur. On suppose que le fusible F2 est ouvert et que les autres composants fonctionnent normalement avec un angle de retard à l'amorçage de 45 degrés. La valeur efficace de la tension du réseau est égale à 120V.

- ✓ 1) Tracer la forme de la tension  $V_{ab}$  sur la feuille jointe et la tension aux bornes du thyristor T4.
- ✓ 2) Calculer la valeur moyenne de la tension  $V_{ab}$  et le courant moyen circulant dans une phase dans cette condition de fonctionnement

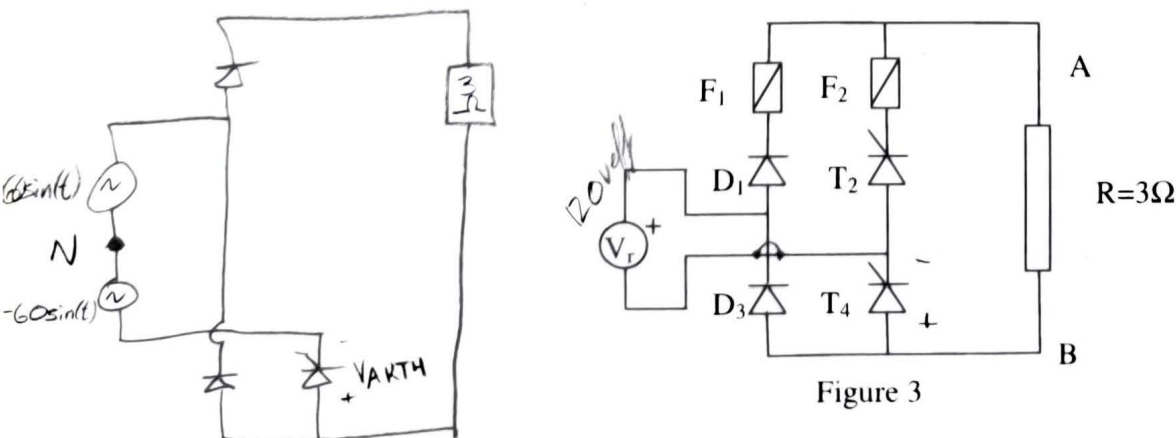
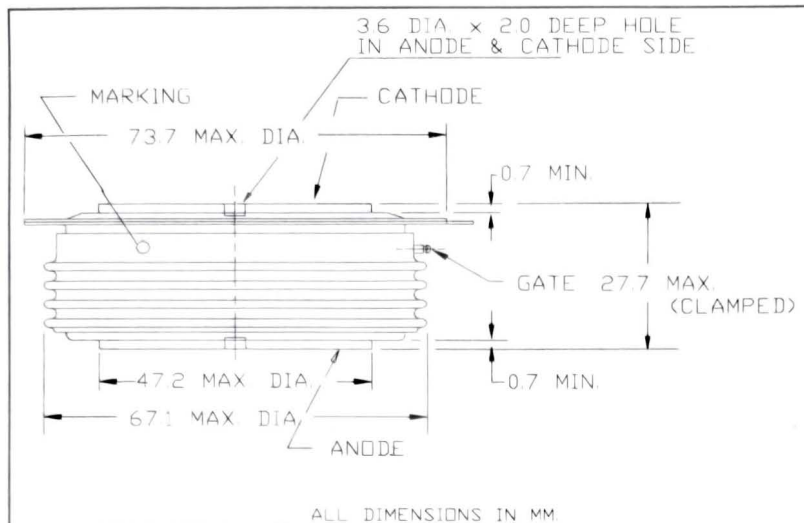


Figure 3



The T9G0 SCR employs a Center-Fired amplifying gate structure which allows the SCR to be reliably operated at high di/dt and high dv/dt conditions in phase control applications.

### FEATURES:

- Low On-State Voltage
- High di/dt Capability
- High dv/dt Capability
- Hermetic Ceramic Package
- Excellent Surge and  $I^2t$  Ratings

### APPLICATIONS:

- DC Power Supplies
- Plating Supplies
- Welding Supplies

### ORDERING INFORMATION

Select the complete 12 digit Part Number using the table below.

EXAMPLE: **T9G0082403DH** is an 800V-2400A SCR with 200ma IGT and 12 inch gate and cathode potential leads.

PART	Voltage Rating $V_{DRM}-V_{RRM}$	Voltage Code	Current Rating $I_{TAVG}$	Current Code	Turn-Off $T_q$	Gate $I_{GT}$	Leads
T9G0	800V	08	2400A	24	0	3	DH
	600V	06					
	400V	04			400us typ.	200ma	12"





Powerex, Inc., 173 Pavilion Ln, Youngwood, Pennsylvania 15697-1800 (724)925-7272 www.pwr.com

**T9G0\_2403**  
**Phase Control Thyristor**  
**2400 Amperes 800 Volts**

**Absolute Maximum Ratings**

Characteristic	Symbol	Rating	Units
Repetitive Peak Voltage	$V_{DRM}-V_{RRM}$	800	Volts
Average On-State Current, $T_C=75^{\circ}C$	$I_{T(Avg.)}$	2400	A
RMS On-State Current, $T_C=75^{\circ}C$	$I_{T(RMS)}$	3770	A
Average On-State Current, $T_C=55^{\circ}C$	$I_{T(Avg.)}$	2800	A
RMS On-State Current, $T_C=55^{\circ}C$	$I_{T(RMS)}$	4398	A
Peak One Cycle Surge Current, 60Hz, $V_R=0V$	$I_{TSM}$	27,000	A
Peak One Cycle Surge Current, 50Hz, $V_R=0V$	$I_{TSM}$	25,456	A
Fuse Coordination $I^2t$ , 60Hz	$I^2t$	3.04E+06	A <sup>2</sup> s
Fuse Coordination $I^2t$ , 50Hz	$I^2t$	3.24E+06	A <sup>2</sup> s
Critical Rate-of-Rise of On-State Current Repetitive	$di/dt$	100	A/us
Critical Rate-of-Rise of On-State Current Non-Repetitive	$di/dt$	200	A/us
Peak Gate Power, 100us	$P_{GM}$	16	Watts
Average Gate Power	$P_{G(avg)}$	5	Watts
Operating Temperature	$T_j$	-20 to+140	$^{\circ}C$
Storage Temperature	$T_{Stg.}$	-50 to+150	$^{\circ}C$
Approximate Weight		1	lb
		0.45	Kg
Mounting Force		5500-6000	lbs
		24.5 - 26.7	Knewtons

Information presented is correct to the knowledge and capabilities of the manufacturer. This information is subject to change without notice. The manufacturer makes no claim as to suitability for use, reliability, capability or future availability of this product.

**Electrical Characteristics,  $T_j=25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified**

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Rating			Units
			min	typ	max	
Repetitive Peak Forward Leakage Current	$I_{\text{DRM}}$	$T_j=140^\circ\text{C}$ , $V_{\text{DRM}}=\text{Rated}$			150	ma
Repetitive Peak Reverse Leakage Current	$I_{\text{RRM}}$	$T_j=140^\circ\text{C}$ , $V_{\text{RRM}}=\text{Rated}$			100	ma
Peak On-State Voltage	$V_{\text{TM}}$	$T_j=25^\circ\text{C}$ , $I_{\text{TM}}=1500\text{A}$			1.10	V
$V_{\text{TM}}$ Model, Low Level	$V_0$	$T_j=140^\circ\text{C}$			0.722	V
$V_{\text{TM}} = V_0 + r \cdot I_{\text{TM}}$	$r$	$15\% I_{\text{TM}} - \pi \cdot I_{\text{TM}}$			8.83E-02	m $\Omega$
$V_{\text{TM}}$ Model, High Level	$V_0$	$T_j=140^\circ\text{C}$			0.784	V
$V_{\text{TM}} = V_0 + r \cdot I_{\text{TM}}$	$r$	$\pi \cdot I_{\text{TM}} - I_{\text{TSM}}$			7.11E-02	m $\Omega$
$V_{\text{TM}}$ Model, 4-Term	A	$T_j=140^\circ\text{C}$			-0.342	
$V_{\text{TM}} = A + B \cdot \ln(I_{\text{TM}}) +$	B	$15\% I_{\text{TM}} - I_{\text{TSM}}$			0.199	
$C \cdot (I_{\text{TM}}) + D \cdot (I_{\text{TM}})^{1/2}$	C				9.66E-05	
	D				-9.62E-03	
Turn-On Delay Time	$t_d$	$V_D = 0.5 \cdot V_{\text{DRM}}$ Gate Drive: 40V - 20 $\Omega$		1.5		us
Turn-Off Time	$t_q$	$T_j=125^\circ\text{C}$ $dv/dt = 20\text{V/us}$ to $80\% V_{\text{DRM}}$		400		us
$dv/dt_{(\text{crit})}$	$dv/dt$	$T_j=140^\circ\text{C}$ Exp. Waveform $V_D=80\% \text{ Rated}$	300			V/us
Gate Trigger Current	$I_{\text{GT}}$	$T_j=25^\circ\text{C}$ $V_D = 12\text{V}$	30	90	200	ma
Gate Trigger Voltage	$V_{\text{GT}}$		0.6	1.6	3.0	V
Peak Reverse Gate Voltage	$V_{\text{GRM}}$				5	V

**Thermal Characteristics**

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Rating			Units
			min	typ	max	
Thermal Resistance						
Junction to Case	$R\theta_{\text{JC}}$	Double side cooled		0.021	0.023	$^\circ\text{C/Watt}$
Case to Sink	$R\theta_{\text{CS}}$	Double side cooled		0.004	0.006	$^\circ\text{C/Watt}$

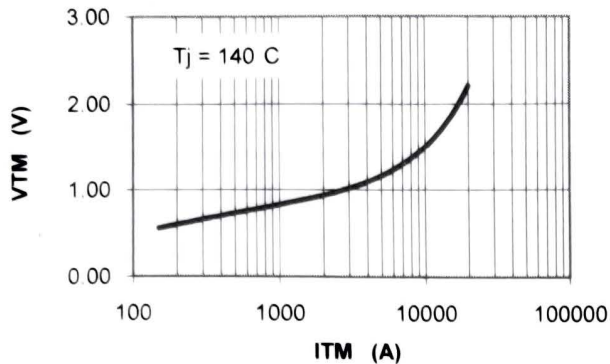
Thermal Impedance Model  $Z\theta_{\text{JC}}$  Double side cooled

$$Z\theta_{\text{JC}}(t) = \sum (A(N) \cdot (1 - \exp(-t/\text{Tau}(N))))$$

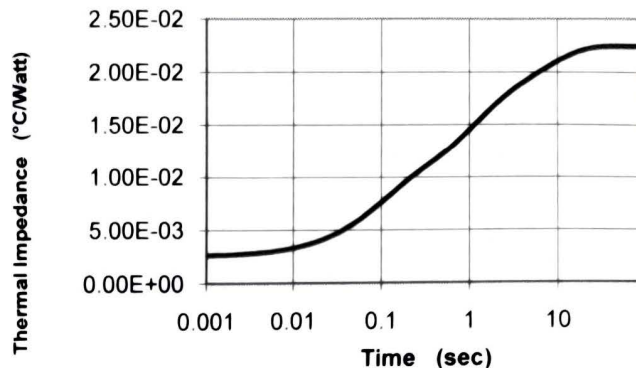
where:

N =	1	2	3	4
A(N) =	2.55E-03	6.19E-03	7.75E-03	5.95E-03
Tau(N) =	4.04E-05	8.75E-02	9.79E-01	6.88E+00

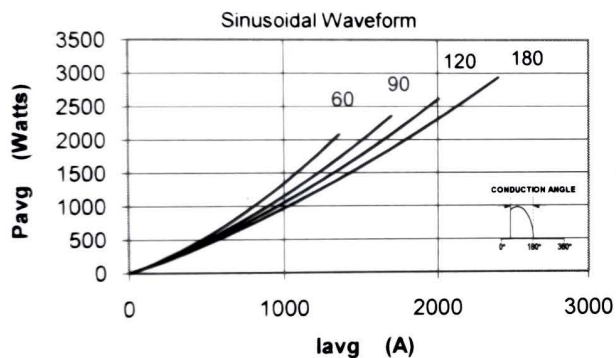
### Maximum On-State Voltage Drop



### MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

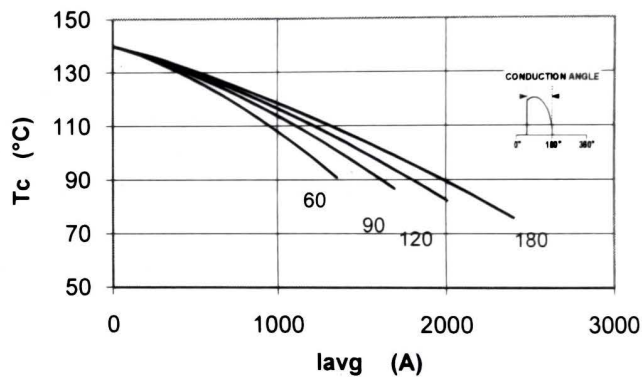


### Maximum On-State Power Dissipation

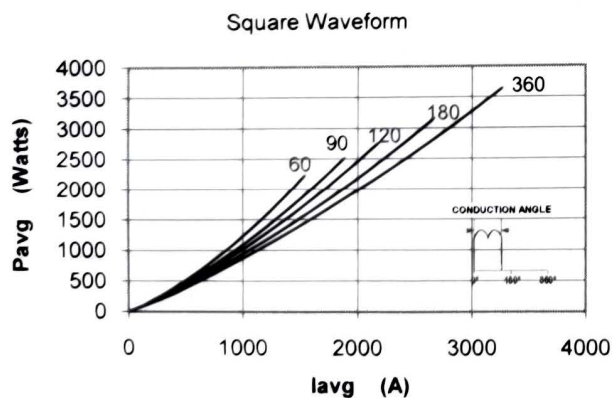


### Maximum Allowable Case Temperature

Sinusoidal Waveform



### Maximum On-State Power Dissipation



### Maximum Allowable Case Temperature

Square Waveform

