

Examen Práctico de Electrónica de Potencia

19 de julio de 2021

Problema 1 (50 puntos)

Sea una estación convertidora de frecuencia que conecta dos redes AC fuertes de tensiones de 500 kV y 525 kV, y de frecuencias 50 Hz y 60 Hz respectivamente, con una capacidad de transferencia nominal de 500 MW. La convertidora consta de dos convertidores de 6 pulsos 2 vías conectados a través de una inductancia. La conexión a las redes AC se realiza mediante transformadores de 1000 MVA y $x_{cc} = 20\%$, cuya tensión secundaria es 150 kV para ambos convertidores. Los tiristores utilizados son los TDK4453302 cuya hoja de datos se adjunta. Se considerará que el convertidor operando en modo rectificador es el de la red de 50 Hz.

- Dibuje el esquemático de la estación.
- El control del convertidor funcionando en modo inversor es tal que mantiene su margen de conmutación en 18° , y el que funciona en modo rectificador mantiene la corriente DC constante. ¿Cuáles tienen que ser los ángulos de disparo de los convertidores si se quiere transferir la potencia nominal?
- Calcule el consumo de reactiva de ambos convertidores y las capacitancias de los bancos de capacitores que se deberían poner en las barras de los primarios de cada transformador para las respectivas compensaciones.

Nota: en esta parte puede despreciarse el efecto de la conmutación.

- Calcule la temperatura máxima de juntura a la que operarán los tiristores del convertidor que opera en modo inversor sabiendo que el refrigerante que se usa mantiene a los disipadores en una temperatura de 60°C .
- Calcule la mínima cantidad de tiristores que hay que poner en serie para la correcta operación en régimen permanente.

Nota: en la realidad se consideran otros factores para dimensionar la cantidad de tiristores, como sobretensiones de maniobra o debidas a descargas atmosféricas, pero a los efectos de resolver el ejercicio no serán tenidas en cuenta.

- En determinado momento y sin darle al control tiempo a reaccionar y ajustar los ángulos de los convertidores, se produce una falla en la red del convertidor que opera en modo inversor provocando que la tensión de alterna disminuya a un 75% de su valor nominal. Teniendo en cuenta el valor de t_q de los tiristores, ¿hay riesgo de que se produzca una falla de conmutación? Explicar qué hipótesis adicionales se asumen.

Problema 2 (50 puntos)

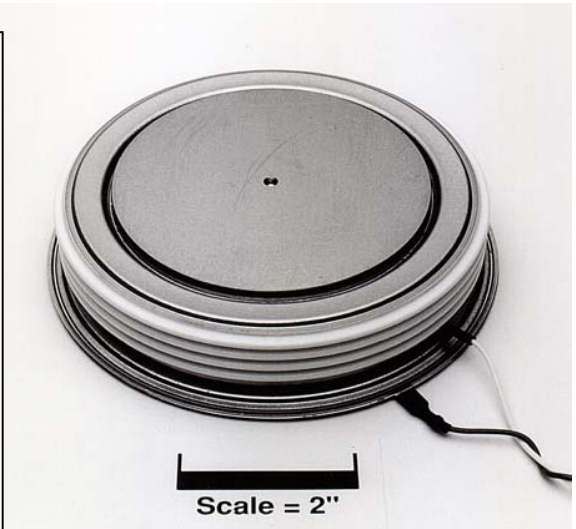
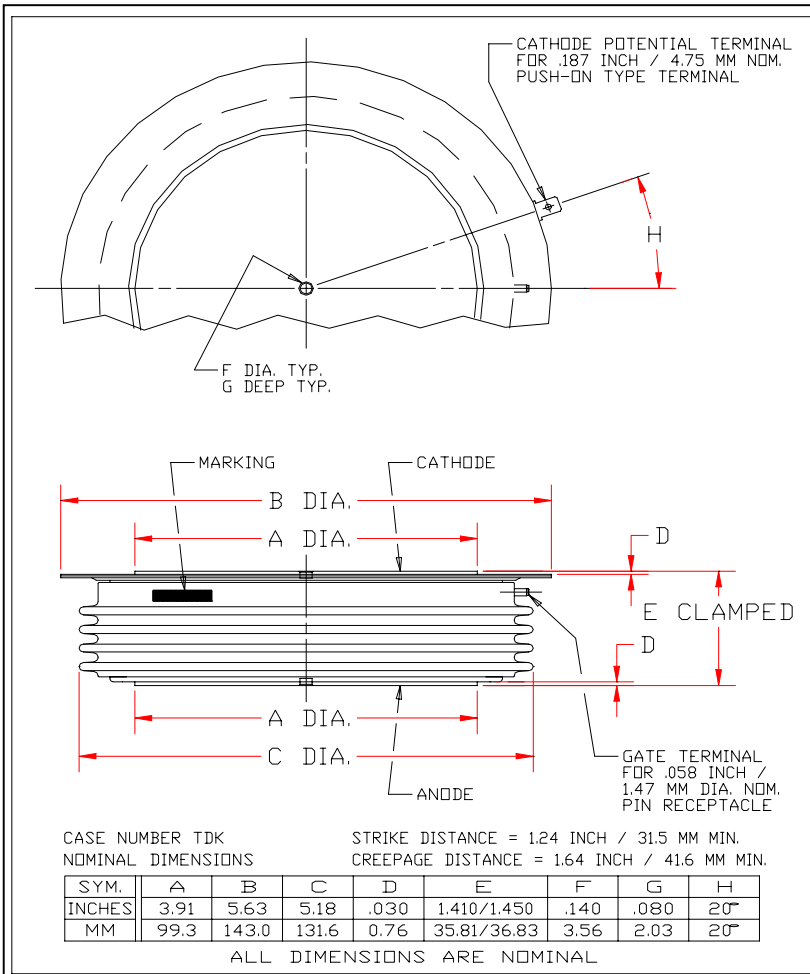
Se dispone de un convertidor Flyback para alimentar cargas en corriente continua de hasta 8 A en 12 V.

La tensión de entrada puede variar entre 80 y 140 Vcc y se dispone de un control PWM de 50 kHz que admite un ciclo de trabajo máximo de 0.42. El diodo de salida tiene una caída de tensión en conducción de 1V. El MOSFET se considera una llave ideal.

El convertidor, en condiciones normales, debe trabajar en modo de conducción discontinua.

A los efectos de proteger el MOSFET, se implementa una protección contra cortocircuitos que limita el pico de corriente por la llave de forma que nunca supere el valor máximo que conduce a potencia nominal de la fuente.

- a) Determine las corrientes de pico máxima de la llave y del diodo de salida.
- b) Determine la relación de vueltas n_S/n_P (número de vueltas del bobinado secundario/número de vueltas del bobinado primario).
- c) Determine la tensión máxima que debe ser capaz de bloquear la llave y el diodo de salida.
- d) Dibuje la forma de onda de la tensión y la corriente en el MOSFET si se produce un cortocircuito permanente en la salida cuando la fuente tiene tensión de alimentación mínima. Indique valores de abscisas y ordenadas.
- e) Determine la corriente media que el diodo de salida debe ser capaz de conducir en la situación de la parte d).



The TDK4 is a high voltage, high current disc pack SCR employing a high di/dt gate structure. This gate design allows the SCR to be reliably operated at high di/dt and dv/dt conditions in various phase control applications.

FEATURES:

- Low On-State Voltage
- High di/dt Capability
- High dv/dt Capability
- Hermetic Ceramic Package
- Excellent Surge and I²t Ratings

APPLICATIONS:

- DC Power Supplies
- Motor Controls

ORDERING INFORMATION

Select the complete 12 digit Part Number using the table below.
EXAMPLE: TDK4443302DH is a 4400V-3300A SCR with 300ma IGT and 12 inch gate and cathode potential leads.

PART	Voltage		Current Rating	Current Code	Turn-Off	Gate	Leads
	V _{DRM}	V _{RRM}					
TDK4	4500	45	3300	33	0	2	
	4400	44					
	4200	42			400us	300ma	12"
	4000	40			(typ.)	(max)	
	3600	36					



Absolute Maximum Ratings[†]

Characteristic	Symbol	Rating	Units
Repetitive Peak Voltage	$V_{DRM}-V_{RRM}$	4400	Volts
Average On-State Current, $T_C=72^{\circ}C$	$I_{T(Avg.)}$	3300	A
RMS On-State Current, $T_C=70^{\circ}C$	$I_{T(RMS)}$	5184	A
Average On-State Current, $T_C=55^{\circ}C$	$I_{T(Avg.)}$	3900	A
RMS On-State Current, $T_C=55^{\circ}C$	$I_{T(RMS)}$	6126	A
Peak One Cycle Surge Current, 60Hz, $V_R=0V$	I_{TSM}	50,000	A
Peak One Cycle Surge Current, 50Hz, $V_R=0V$	I_{TSM}	47,140	A
Fuse Coordination I^2t , 60Hz	I^2t	1.04E+07	A ² s
Fuse Coordination I^2t , 50Hz	I^2t	1.11E+07	A ² s
Critical Rate-of-Rise of On-State Current	di/dt	150	A/us
Repetitive from .67•VDRM			
Critical Rate-of-Rise of On-State Current	di/dt	300	A/us
Non-Repetitive from .67•VDRM			
Peak Gate Power, 100us	P_{GM}	16	Watts
Average Gate Power	$P_{G(avg)}$	5	Watts
Operating Temperature	T_j	-40 to+125	°C
Storage Temperature	$T_{Stg.}$	-40 to+150	°C
Approximate Weight		7	lb
		3.18	Kg
Mounting Force		18,000 - 25,000	lbs
		80 - 110	KNewtons

[†] Ratings apply for operation at rated load force.



Powerex, Inc., 200 Hillis Street, Youngwood, Pennsylvania 15697-1800 (724)925-7272

TDK4__3302
Phase Control Thyristor
3300 Amperes 4500 Volts

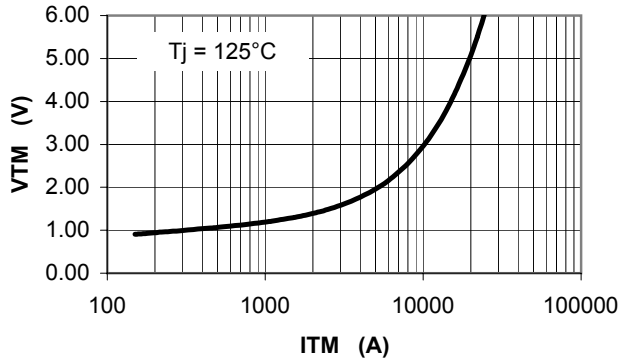
Electrical Characteristics, Tj=25°C unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Rating			Units
			min	typ	max	
Repetitive Peak Forward Leakage Current	I_{DRM}	Tj=125°C, V_{DRM} =Rated			300	ma
Repetitive Peak Reverse Leakage Current	I_{RRM}	Tj=125°C, V_{RRM} =Rated			300	ma
Peak On-State Voltage	V_{TM}	Tj=125°C, I_{TM} =3000A			1.60	V
V_{TM} Model, Low Level	V_0	Tj=125°C			0.991269	V
$V_{TM} = V_0 + r \cdot I_{TM}$	r	15% $I_{TM} - \pi \cdot I_{TM}$			1.96E-04	Ω
V_{TM} Model, High Level	V_0	Tj=125°C			0.772002	V
$V_{TM} = V_0 + r \cdot I_{TM}$	r	$\pi \cdot I_{TM} - I_{TSM}$			2.18E-04	Ω
V_{TM} Model, 4-Term	A	Tj=125°C			0.132	
$V_{TM} = A + B \cdot \ln(I_{TM}) +$	B	15% $I_{TM} - I_{TSM}$			0.181	
$C \cdot (I_{TM}) + D \cdot (I_{TM})^{1/2}$	C				2.57E-04	
	D				-1.41E-02	
Turn-On Delay Time	t_d	$V_D = 0.5 \cdot V_{DRM}$ Gate Drive: 40V - 20 Ω			3	us
Turn-Off Time (typ)	t_q	Tj=125°C $dv/dt = 20V/us$ to 80% V_{DRM}			400	us
$dv/dt_{(Crit)}$	dv/dt	Tj=125°C Exp. Waveform $V_D = 67\%$ Rated	2000			V/us
Gate Trigger Current	I_{GT}	Tj=25°C $V_D = 12V$	40	100	300	ma
Gate Trigger Voltage	V_{GT}		0.8	2.0	4.0	V
Peak Reverse Gate Voltage	V_{GRM}				5	V

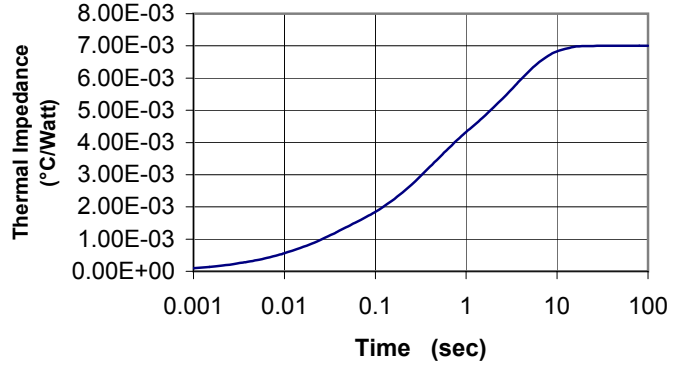
Thermal Characteristics

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Rating			Units	
			min	typ	max		
Thermal Resistance							
Junction to Case	$R\theta_{jc}$	Double side cooled		0.0055	0.007	°C/Watt	
Case to Sink	$R\theta_{cs}$	Double side cooled		0.0015	0.002	°C/Watt	
Thermal Impedance Model	$Z\theta_{jc}$	Double side cooled					
$Z\theta_{jc}(t) = \Sigma(A(N) \cdot (1 - \exp(-t/\text{Tau}(N))))$		where:	N =	1	2	3	4
			A(N) =	1.43E-04	9.38E-04	2.42E-03	3.50E-03
			Tau(N) =	2.62E-03	2.31E-02	3.05E-01	3.30E+00

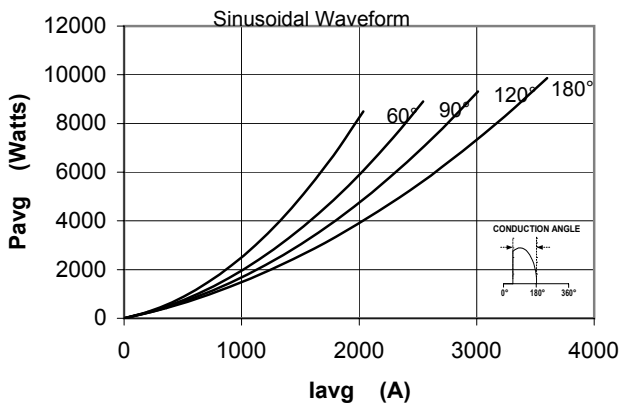
Maximum On-State Voltage Drop



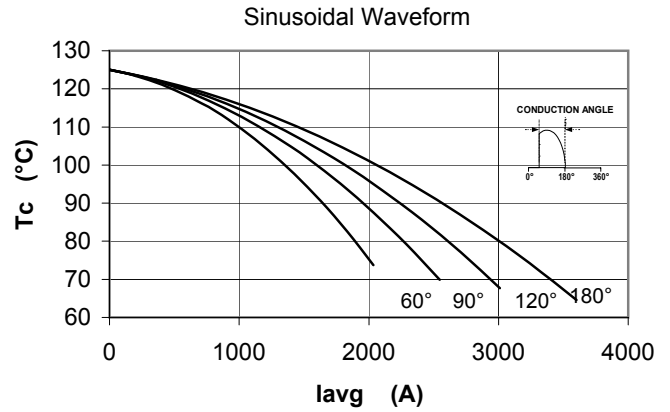
MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE



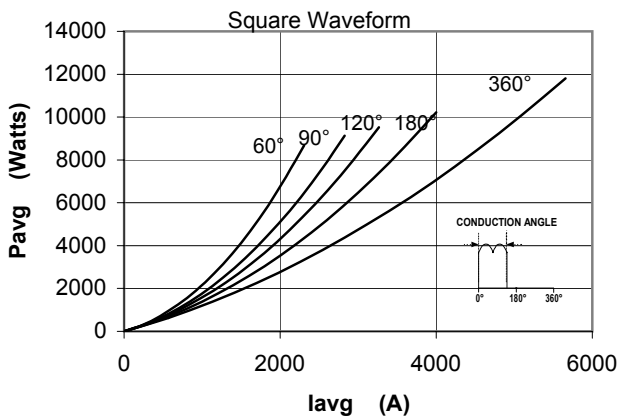
Maximum On-State Power Dissipation



Maximum Allowable Case Temperature



Maximum On-State Power Dissipation



Maximum Allowable Case Temperature

