

# Examen de Electrónica de Potencia

## 26 de Julio de 2024

### Problema 1 (50 puntos)

Sea un rectificador trifásico de seis pulsos alimentado desde un transformador que está conectado a una red de tensión  $U$  y frecuencia  $f$ . El transformador es de una potencia aparente  $S_N$ , tiene una relación de transformación 1:1 y tiene una impedancia de cortocircuito  $x_{cc}$  en pu. La carga del rectificador es L-E, siendo E una batería que se puede conectar en modo carga o descarga. A no ser en la última parte se podrá considerar  $I_o$  lisa.

El control del los disparos del rectificador se encarga de controlar la corriente de carga o descarga  $I_o$  al valor de consigna que se determine. El control tiene la precaución de que si se está cargando la batería y se invierte la polaridad de la misma en forma instantánea, el rectificador puede mantener la corriente  $I_o$  constante sin que ocurra falla de conmutación.

Supóngase que en determinado momento se está cargando la batería a la máxima tensión posible y que la corriente  $I_o$  es tal que el transformador está en el 10 % de su capacidad térmica. Unos grados después de terminada la conmutación de encendido del tiristor 1, se invierte la polaridad de la batería E.

Datos:  $U = 400$  V,  $S_N = 100$  kVA,  $x_{cc} = 0.05$  pu,  $f = 50$  Hz,  $\gamma = 5^\circ$ ,  $L = 1.5$  mHy .

- 1) Determinar la corriente  $I_o$ .
- 2) Determinar la tensión E, el ángulo de disparo  $\alpha_0$  y el ángulo de conmutación  $u_0$  al estar cargando la batería.
- 3) Determinar el ángulo de disparo  $\alpha_1$  y el ángulo de conmutación  $u_1$  al invertirse la polaridad de la batería.
- 4) Verificar que para ambas situaciones el rectificador tiene una corriente  $I_o$  que garantiza que se está en modo de conducción continua.
- 5) Dibujar el transitorio de la tensión de salida del rectificador desde un instante antes del disparo del tiristor 6 y hasta un instante posterior a la terminación del encendido del tiristor 3.
- 6) En el mismo referencial de tiempos del dibujo anterior, esquematizar lo que sería la corriente instantánea de la batería en los pulsos (globos) a partir del disparo del tiristor 6 y del 3. Indicar claramente en el dibujo el valor numérico de la corriente instantánea al comenzar los pulsos y el instante en que la corriente es máxima.

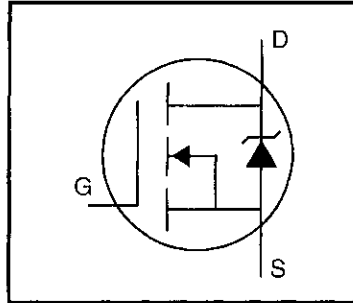
## Problema 2 (50 puntos)

Un flyback está implementado con un MOSFET IRFPE50 y un PWM de 100 kHz. La inductancia del primario del transformador es de  $180\mu\text{H}$ . La alimentación es de  $220\text{ V}_{\text{cc}} \pm 20\%$  y la tensión de salida es 48 V. El diodo de salida tiene una caída de tensión en conducción constante igual a 1 V. Se limita la tensión de bloqueo del MOSFET al 80 % de  $U_{\text{dss}}$ . Se desea que la temperatura media de juntura del MOSFET no supere el 80 % de la temperatura de juntura máxima admisible. La temperatura ambiente es  $40^{\circ}\text{C}$ . En condiciones normales, el convertidor opera en el Modo de Conducción Discontinua (MCD).

- a. Determinar la relación de vueltas del transformador (np/ns).
- b. Determinar el ciclo de trabajo máximo del control PWM.
- c. Calcular la potencia máxima que puede entregar la fuente a la salida, en condiciones normales de funcionamiento.
- d. Si el diodo se monta en el mismo disipador que el MOSFET, calcular la máxima resistencia térmica del disipador del MOSFET.
- e. Si ante un cortocircuito a la salida de la fuente el control de la llave limita su corriente máxima al valor de la corriente continua de Drain @  $25^{\circ}\text{C}$ , ¿Cuál es la corriente media que debe poder conducir el diodo de salida para soportar el cortocircuito? Asuma tensión de entrada máxima.

## HEXFET® Power MOSFET

- Dynamic dv/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- Isolated Central Mounting Hole
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements



$$V_{DSS} = 800V$$

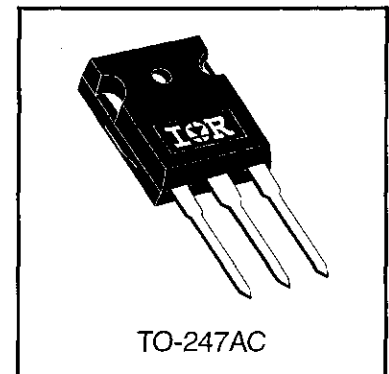
$$R_{DS(on)} = 1.2\Omega$$

$$I_D = 7.8A$$

### Description

Third Generation HEXFETs from International Rectifier provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-247 package is preferred for commercial–industrial applications where higher power levels preclude the use of TO-220 devices. The TO-247 is similar but superior to the earlier TO-218 package because of its isolated mounting hole. It also provides greater creepage distance between pins to meet the requirements of most safety specifications.



DATA SHEETS

### Absolute Maximum Ratings

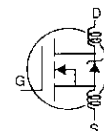
	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	7.8	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	4.9	
$I_{DM}$	Pulsed Drain Current ①	31	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	190	W
	Linear Derating Factor	1.5	W/°C
$V_{GS}$	Gate-to-Source Voltage	$\pm 20$	V
$E_{AS}$	Single Pulse Avalanche Energy ②	770	mJ
$I_{AR}$	Avalanche Current ①	7.8	A
$E_{AR}$	Repetitive Avalanche Energy ①	19	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	2.0	V/ns
$T_J$ $T_{STG}$	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +150	°C
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting Torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1 N•m)	

### Thermal Resistance

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	—	0.65	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	—	0.24	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	—	40	

## Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	800	—	—	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.98	—	V/°C	Reference to $25^\circ\text{C}$ , $I_D=1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	1.2	$\Omega$	$V_{GS}=10V, I_D=4.7A$ ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS}=V_{GS}, I_D=250\mu A$
$g_{fs}$	Forward Transconductance	5.6	—	—	S	$V_{DS}=100V, I_D=4.7A$ ④
$I_{DSS}$	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	100	$\mu A$	$V_{DS}=800V, V_{GS}=0V$
		—	—	500		$V_{DS}=640V, V_{GS}=0V, T_J=125^\circ\text{C}$
$I_{GSS}$	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS}=20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS}=-20V$
$Q_g$	Total Gate Charge	—	—	200	nC	$I_D=7.8A$
$Q_{gs}$	Gate-to-Source Charge	—	—	24		$V_{DS}=400V$
$Q_{gd}$	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	110		$V_{GS}=10V$ See Fig. 6 and 13 ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	19	—	ns	$V_{DD}=400V$
$t_r$	Rise Time	—	38	—		$I_D=7.8A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	120	—		$R_G=6.2\Omega$
$t_f$	Fall Time	—	39	—		$R_D=52\Omega$ See Figure 10 ④
$L_D$	Internal Drain Inductance	—	5.0	—	nH	Between lead, 6 mm (0.25in.) from package and center of die contact
$L_S$	Internal Source Inductance	—	13	—		
$C_{iss}$	Input Capacitance	—	3100	—	pF	$V_{GS}=0V$
$C_{oss}$	Output Capacitance	—	800	—		$V_{DS}=25V$
$C_{rss}$	Reverse Transfer Capacitance	—	490	—		$f=1.0\text{MHz}$ See Figure 5



## Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$I_S$	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	7.8	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
$I_{SM}$	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	31		
$V_{SD}$	Diode Forward Voltage	—	—	1.8	V	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=7.8A, V_{GS}=0V$ ④
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	—	650	980	ns	$T_J=25^\circ\text{C}, I_F=7.8A$
$Q_{rr}$	Reverse Recovery Charge	—	3.8	5.7	$\mu C$	$di/dt=100A/\mu s$ ④
$t_{on}$	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S+L_D$ )				

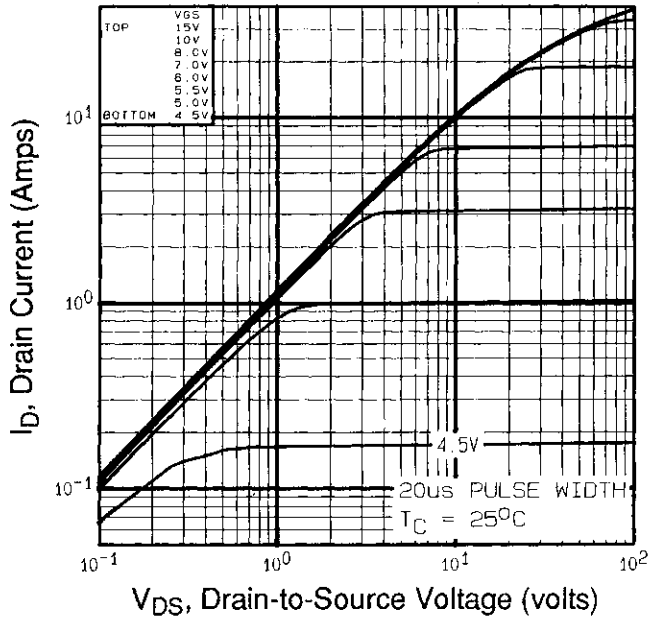
Notes:

① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature (See Figure 11)

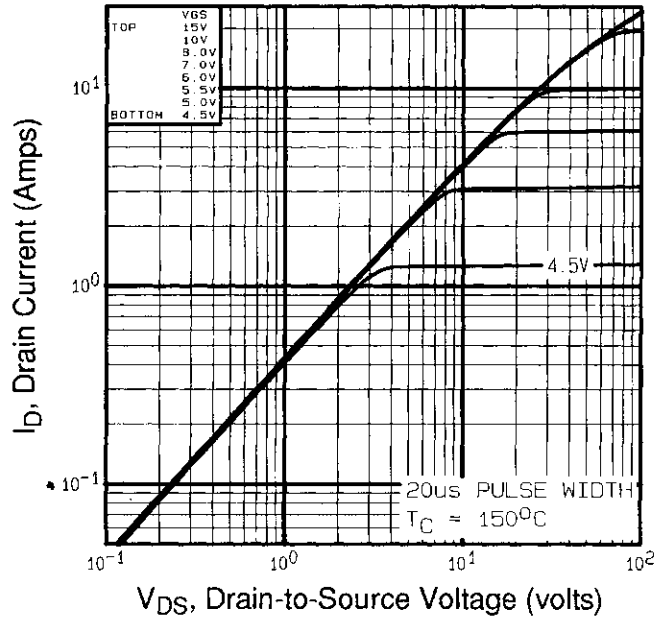
③  $I_{SD} \leq 7.8A, di/dt \leq 140A/\mu s, V_{DD} \leq 600, T_J \leq 150^\circ\text{C}$

②  $V_{DD}=50V, \text{starting } T_J=25^\circ\text{C}, L=23\text{mH}, R_G=25\Omega, I_{AS}=7.8A$  (See Figure 12)

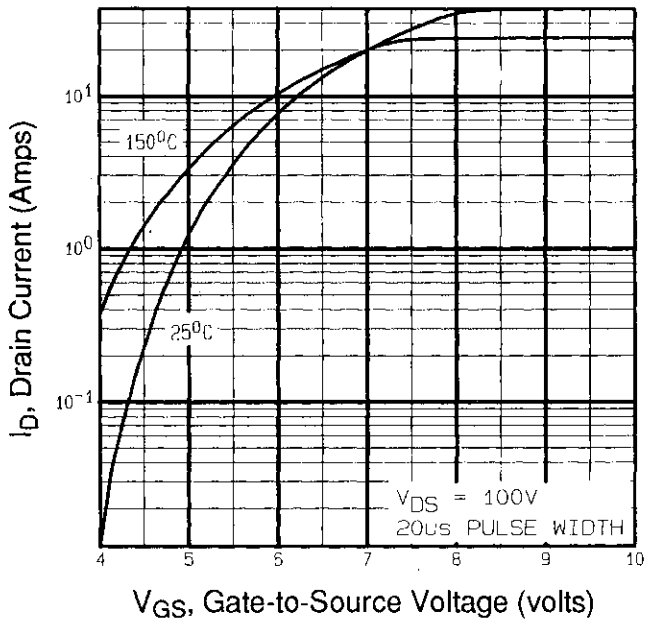
④ Pulse width  $\leq 300 \mu s$ ; duty cycle  $\leq 2\%$ .



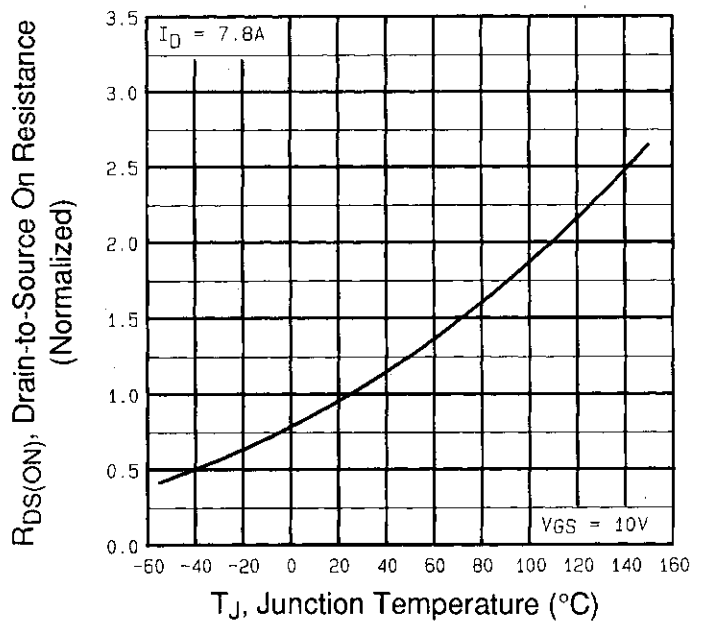
**Fig 1.** Typical Output Characteristics,  $T_C=25^\circ\text{C}$



**Fig 2.** Typical Output Characteristics,  $T_C=150^\circ\text{C}$



**Fig 3.** Typical Transfer Characteristics



**Fig 4.** Normalized On-Resistance Vs. Temperature

DATA SHEETS