

# Examen Práctico de Electrónica de Potencia

## 23 de febrero de 2022

### Problema 1 (45 puntos)

Sea un puente seis pulsos dos vías construido con tiristores que alimenta la armadura de un motor de continua. El puente se alimenta de una red de alterna de tensión eficaz  $400\text{ V} \pm 10\%$  a través de un transformador de impedancia de cortocircuito despreciable. El control del convertidor tiene como consigna mantener constante la velocidad del motor en su valor nominal.

- Determinar el mínimo rango de ángulos de disparo que debe manejar el control.
- Calcular la mínima potencia nominal que debe tener el transformador de conexión. Sólo para esta parte se puede considerar que la corriente de salida es lisa.
- Se requiere que el par instantáneo no se anule en ningún momento, incluso en caso de tener la carga mínima correspondiente al  $10\%$  de la nominal. Para lograr esto se agrega una inductancia a la salida del puente. ¿Cuál es el valor mínimo que debe tener esta inductancia?
- Bosquejar, para el caso de tensión de red nominal y carga máxima, la tensión y la corriente de salida del puente. Indicar ángulo de disparo y valores medios de las magnitudes en cuestión.
- Para el caso anterior, calcular la amplitud pico a pico de la corriente.

#### Datos Transformador

- YNy 400/230 V

#### Datos Motor de Continua

- $P_n = 3.68\text{ kW}$
- $n_n = 1500\text{ rpm}$
- Excitación independiente con corriente de campo constante
- $L_a = 8.5\text{ mH}$
- $R_a = 0\ \Omega$
- $E = 0,147V/rpm \times n$  ( $E$ : tensión de inducido,  $n$ : velocidad)

## Problema 2 (55 puntos)

Un convertidor forward aislado tipo puente asimétrico está implementado con dos MOSFET IRFP 460 (se adjuntan hojas de datos), para los que se admite una tensión máxima de trabajo del 80 % de la máxima admisible por el componente. Se comandan utilizando un control PWM de 50 kHz.

El transformador utilizado tiene una relación de transformación de 1,25 ( $n_1/n_2$ ) y una inductancia de magnetización vista desde el primario de 600  $\mu\text{H}$ . La inductancia del filtro de salida es de 80  $\mu\text{H}$ .

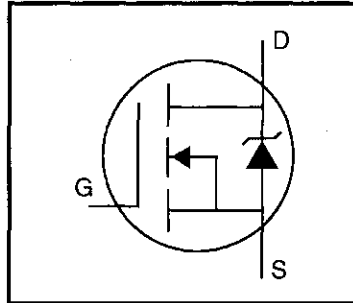
El convertidor se alimenta de la red de C.A. a través de un rectificador monofásico con diodos y con un condensador en el bus de continua lo suficientemente grande como para poder despreciar el rizado de la tensión rectificada. Se utilizará para conectar cargas en 48 V que pueden demandar una corriente de hasta 20 A.

La temperatura ambiente máxima es 40 °C.

- a) Dibujar el circuito completo de la fuente y calcular la tensión máxima y mínima de entrada al convertidor. Indicar si el convertidor es apropiado para ser utilizado indistintamente en redes de C.A. de 110 V y de 230 V.
- b) Calcular la corriente mínima que debe consumir la carga para que el convertidor trabaje en el modo de conducción continua en todo el rango de tensión de entrada.
- c) Calcular la corriente máxima de pico que deben soportar los MOSFET. Dibujar la corriente por los MOSFET en ese caso indicando valores de abscisas y ordenadas.
- d) Para la situación de la parte d) determine si para que los MOSFET no superen su temperatura máxima de juntura, es suficiente montar cada uno de ellos en un disipador de resistencia térmica 1.3 °C/W.

### HEXFET® Power MOSFET

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



$$V_{DSS} = 500V$$

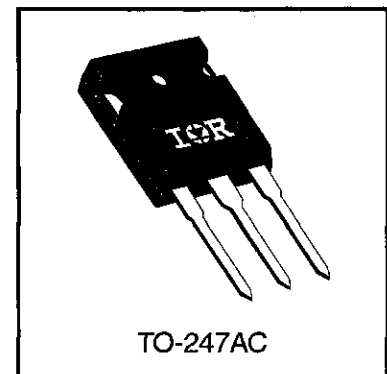
$$R_{DS(on)} = 0.27\Omega$$

$$I_D = 20A$$

### 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, $V_{GS} @ 10 V$	20	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	13	
$I_{DM}$	Pulsed Drain Current ①	80	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	280	W
	Linear Derating Factor	2.2	W/°C
$V_{GS}$	Gate-to-Source Voltage	$\pm 20$	V
$E_{AS}$	Single Pulse Avalanche Energy ②	960	mJ
$I_{AR}$	Avalanche Current ①	20	A
$E_{AR}$	Repetitive Avalanche Energy ①	28	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	3.5	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	—	—	0.45	°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)

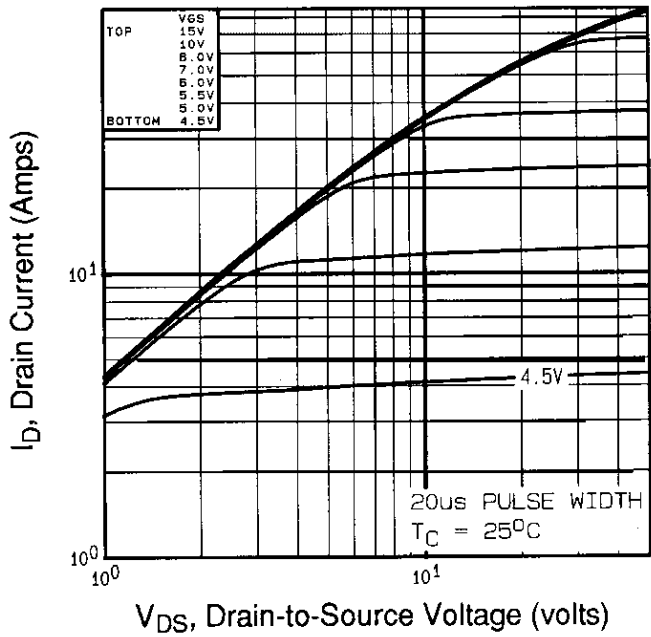
	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	500	—	—	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.63	—	V/ $^\circ\text{C}$	Reference to $25^\circ\text{C}$ , $I_D=1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.27	$\Omega$	$V_{GS}=10V, I_D=12A$ 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	13	—	—	S	$V_{DS}=50V, I_D=12A$ ④
$I_{DSS}$	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	$\mu A$	$V_{DS}=500V, V_{GS}=0V$
		—	—	250		$V_{DS}=400V, V_{GS}=0V, T_J=125^\circ\text{C}$
$I_{GSS}$	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS}=20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS}=-20V$
$Q_g$	Total Gate Charge	—	—	210	nC	$I_D=20A$
$Q_{gs}$	Gate-to-Source Charge	—	—	29		$V_{DS}=400V$
$Q_{gd}$	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	110		$V_{GS}=10V$ See Fig. 6 and 13 ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	18	—	ns	$V_{DD}=250V$
$t_r$	Rise Time	—	59	—		$I_D=20A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	110	—		$R_G=4.3\Omega$
$t_f$	Fall Time	—	58	—		$R_D=13\Omega$ 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	—	4200	—	pF	$V_{GS}=0V$
$C_{oss}$	Output Capacitance	—	870	—		$V_{DS}=25V$
$C_{rss}$	Reverse Transfer Capacitance	—	350	—		$f=1.0\text{MHz}$ See Figure 5

## Source-Drain Ratings and Characteristics

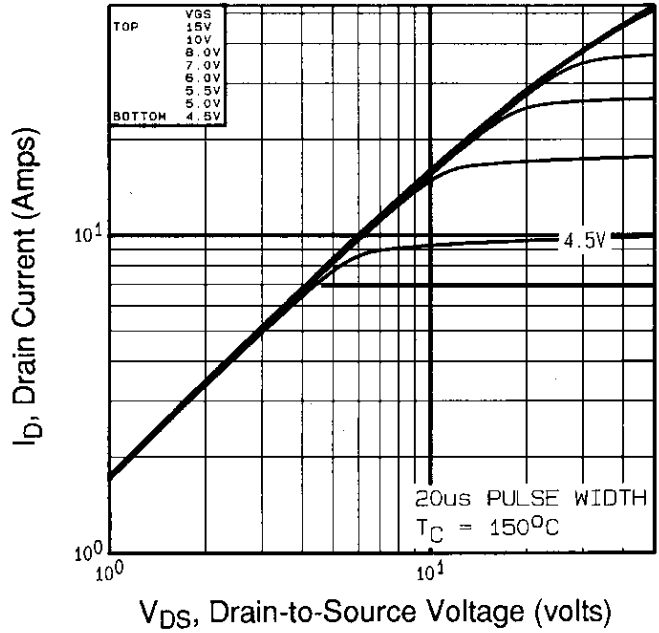
	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$I_S$	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	20	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
$I_{SM}$	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	80		
$V_{SD}$	Diode Forward Voltage	—	—	1.8	V	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=20A, V_{GS}=0V$ ④
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	—	570	860	ns	$T_J=25^\circ\text{C}, I_F=20A$
$Q_{rr}$	Reverse Recovery Charge	—	5.7	8.6	$\mu C$	$di/dt=100A/\mu s$ ④
$t_{on}$	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S+L_D$ )				

### Notes:

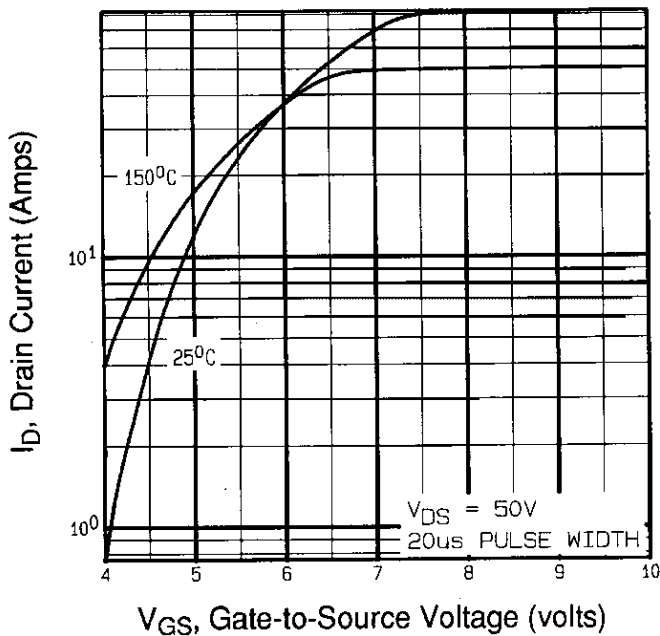
- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature (See Figure 11)
- ②  $V_{DD}=50V$ , starting  $T_J=25^\circ\text{C}$ ,  $L=4.3\text{mH}$ ,  $R_G=25\Omega$ ,  $I_{AS}=20A$  (See Figure 12)
- ③  $I_{SD}\leq 20A$ ,  $di/dt\leq 160A/\mu s$ ,  $V_{DD}\leq V_{(BR)DSS}$ ,  $T_J\leq 150^\circ\text{C}$
- ④ Pulse width  $\leq 300\mu s$ ; duty cycle  $\leq 2\%$ .



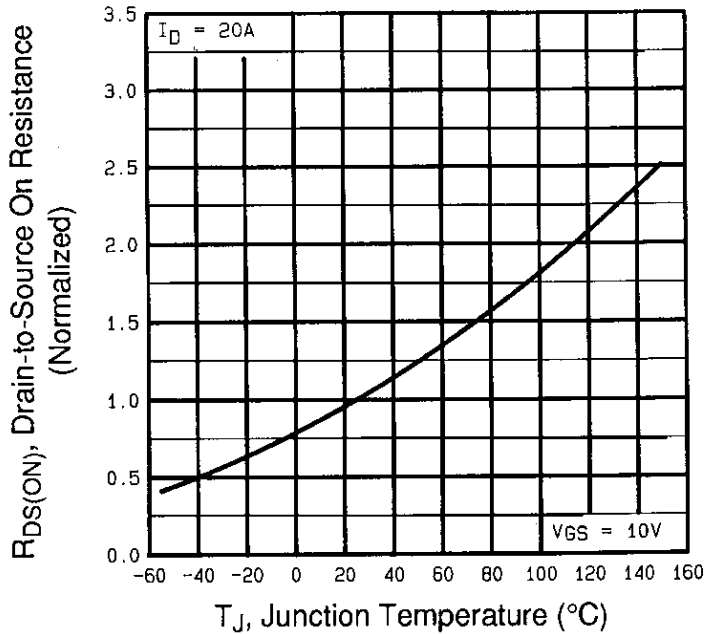
**Fig 1.** Typical Output Characteristics,  $T_C=25^\circ\text{C}$



**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