

# Examen de Electrónica de Potencia

## 11 de Diciembre de 2024

### Problema 1 (50 puntos)

Un inversor monofásico, capaz de imponer tres estados sobre la carga, cuya fuente DC es una batería de tensión  $E$ , alimenta una carga RLC serie. El inversor se controla de tal forma de imponer un determinado valor eficaz de la tensión<sup>1</sup> sobre la carga así como anular armónicos particulares.

La batería se mantiene a una tensión fija a través de un cargador de baterías implementado con un puente de tiristores 6 pulsos 2 vías con inductancia del lado DC. Este se conecta a la red AC que presenta variaciones de  $\pm 10\%$  en su tensión nominal.

- a. Dibujar el circuito del sistema planteado. Denomine los componentes principales.
- b. Se quiere:
  - Controlar el valor eficaz de la tensión sobre la carga en un valor  $V_{oef} = 150 \text{ V}$ .
  - Evitar que circule una corriente que cause una corriente de resonancia en el circuito RLC.
- b.1. Dibujar un ciclo de la forma de onda de la tensión resultante. Proponer el conjunto de llaves que se encienden para cada nivel de tensión.
- b.2. Determinar la expresión del sistema de ecuaciones que se debe resolver para hallar los ángulos de conmutación de las llaves del inversor.
- c. Como la red AC presenta variaciones, el control del rectificador las tiene que tener en cuenta para mantener la tensión de la batería. Determinar el rango del ángulo de disparo de los tiristores para lograrlo. Se asume que el rectificador siempre trabaja en modo de conducción continua.

**Datos:**  $U_{red} = 230 \text{ V}$ ,  $E = 200 \text{ V}$ ,  $f_n = 50 \text{ Hz}$ ,  $R = 10 \Omega$ ,  $L = 100 \text{ mH}$ ,  $C = 2.069 \mu\text{F}$

---

<sup>1</sup>No confundir con el valor eficaz del la componente fundamental de la tensión.

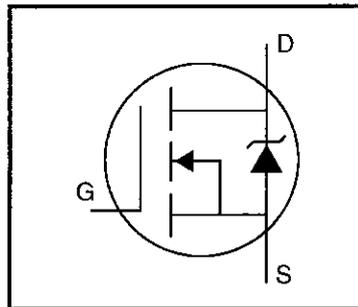
## Problema 2 (50 puntos)

Un chopper elevador boost alimenta una carga de 3 kW a una tensión de 300 V. Puede alimentarse de tensión de baterías con un rango amplio de 100 a 250 Vcc. Está implementado con un MOSFET IRPF360, del cual se adjunta tres páginas de su hoja de datos, y un diodo que se considerará ideal. El control PWM tiene una frecuencia de 100 kHz.

- a. Determinar la inductancia del convertidor para que el convertidor opere en modo de conducción continua para toda corriente mayor o igual a  $1/2$  de la corriente máxima de salida del mismo.
- b. Determinar el pico máximo de corriente por el MOSFET.
- c. Determinar el condensador de salida de forma que el ripple de tensión sea inferior a 0,1 %.
- d. Para disminuir la disipación en el MOSFET se agrega un circuito de ayuda al apagado tal que, cuando la corriente por la llave llega a cero, la tensión haya subido como máximo al 60 % del valor final. Calcular completamente los componentes pasivos del circuito.

## HEXFET® Power MOSFET

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



$$V_{DSS} = 400V$$

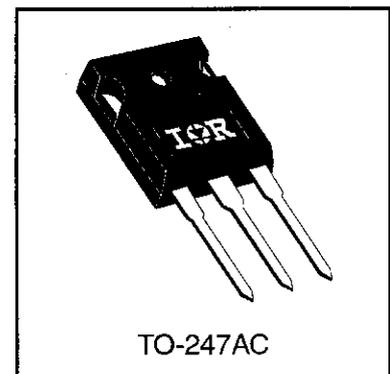
$$R_{DS(on)} = 0.20\Omega$$

$$I_D = 23A$$

### 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

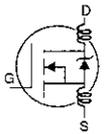
	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	23	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	14	
$I_{DM}$	Pulsed Drain Current ①	92	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	280	W
	Linear Derating Factor	2.2	W/°C
$V_{GS}$	Gate-to-Source Voltage	$\pm 20$	V
$E_{AS}$	Single Pulse Avalanche Energy ②	1200	mJ
$I_{AR}$	Avalanche Current ①	23	A
$E_{AR}$	Repetitive Avalanche Energy ①	28	mJ
$dv/dt$	Peak Diode Recovery $dv/dt$ ③	4.0	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	—	—	0.45	°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	400	—	—	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.56	—	V/ $^\circ\text{C}$	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D=1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.20	$\Omega$	$V_{GS}=10V, I_D=14A$ 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	14	—	—	S	$V_{DS}=50V, I_D=14A$ ④
$I_{DSS}$	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	$\mu A$	$V_{DS}=400V, V_{GS}=0V$
		—	—	250		$V_{DS}=320V, V_{GS}=0V, T_J=125^\circ\text{C}$
$I_{GSS}$	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	$I_D=23A$
$Q_{gs}$	Gate-to-Source Charge	—	—	30		$V_{DS}=320V$
$Q_{gd}$	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	110		$V_{GS}=10V$ See Fig. 6 and 13 ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	18	—	ns	$V_{DD}=200V$
$t_r$	Rise Time	—	79	—		$I_D=23A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	100	—		$R_G=4.3\Omega$
$t_f$	Fall Time	—	67	—		$R_D=8.3\Omega$ 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	—	4500	—	pF	$V_{GS}=0V$
$C_{oss}$	Output Capacitance	—	1100	—		$V_{DS}=25V$
$C_{rss}$	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)	—	—	23	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
$I_{SM}$	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	92		
$V_{SD}$	Diode Forward Voltage	—	—	1.8	V	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=23A, V_{GS}=0V$ ④
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	—	420	630	ns	$T_J=25^\circ\text{C}, I_F=23A$
$Q_{rr}$	Reverse Recovery Charge	—	5.6	8.4	$\mu C$	$di/dt=100A/\mu s$ ④
$t_{on}$	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S+L_D$ )				

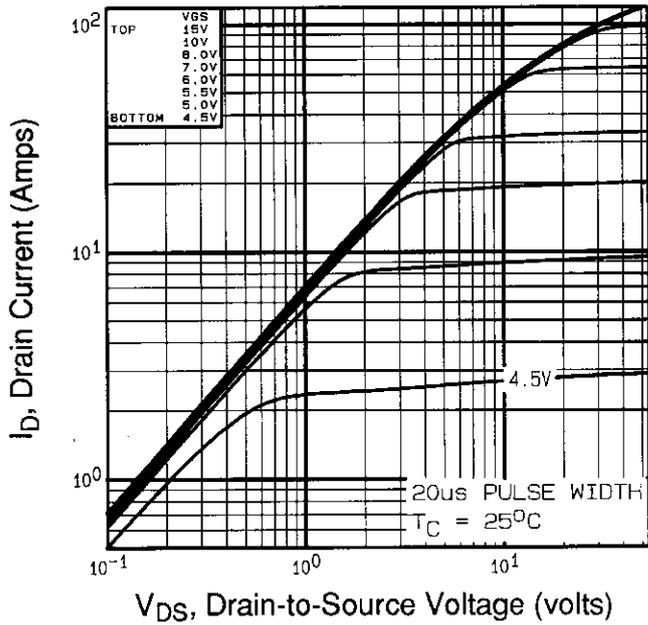
### Notes:

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

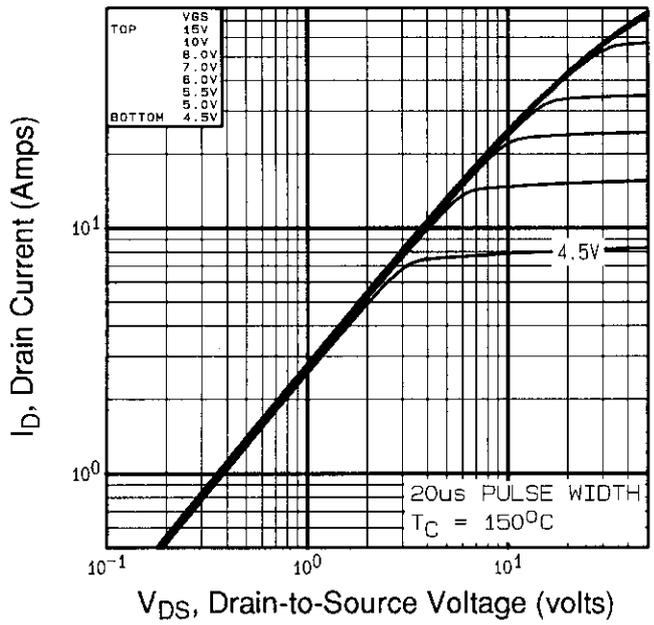
③  $I_{SD} \leq 23A, di/dt \leq 170A/\mu s, V_{DD} \leq V_{(BR)DSS}, T_J \leq 150^\circ\text{C}$

②  $V_{DD}=50V, \text{starting } T_J=25^\circ\text{C}, L=4.0\text{mH}, R_G=25\Omega, I_{AS}=23A$  (See Figure 12)

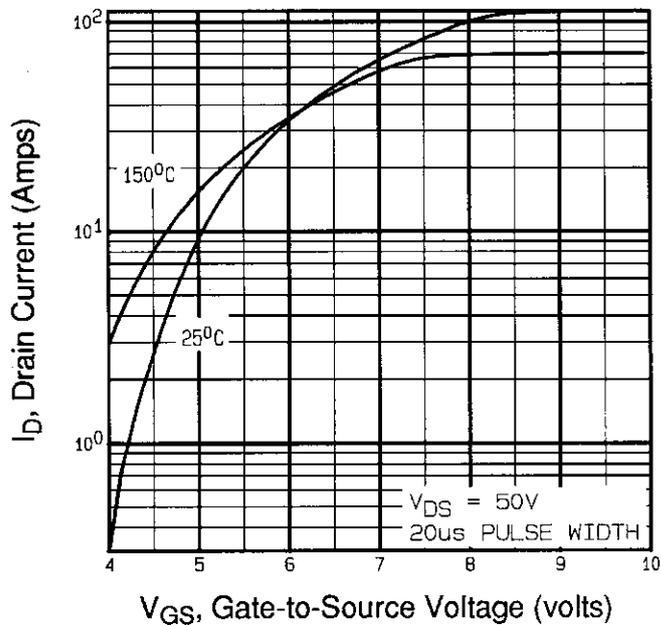
④ Pulse width  $\leq 300 \mu s$ ; duty cycle  $\leq 2\%$ .



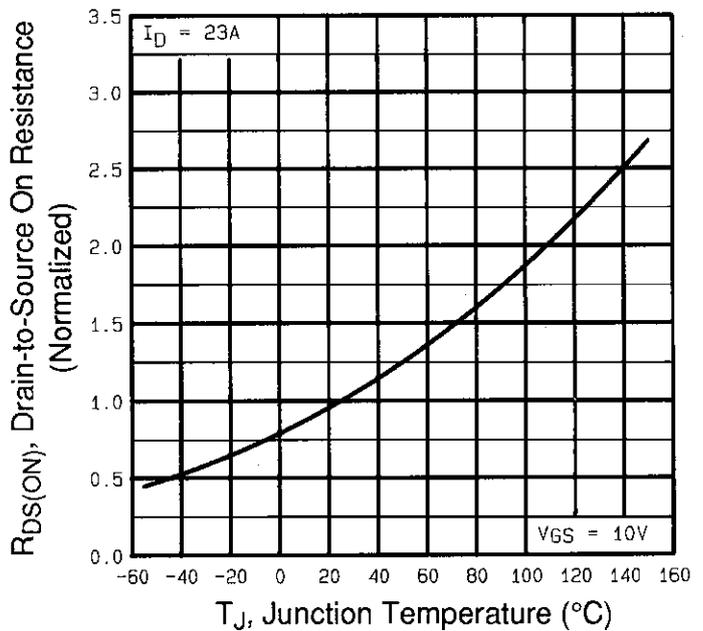
**Fig 1.** Typical Output Characteristics,  
 $T_C=25^\circ\text{C}$



**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