

**EXAMEN DE ELECTRONICA DE POTENCIA**  
**29 de julio de 2015**

-----  
**PROBLEMA 1**

Sea un rectificador trifásico seis pulsos conectado a una red trifásica de tensión  $U_1$ , frecuencia  $f_1$  e inductancia de cortocircuito  $L_1$ . Los tiristores del puente necesitan al menos una tensión  $V_{min}$  para que el disparo sea efectivo.

En los bornes de continua del rectificador de tensión media  $U_d$  se conecta un inversor monofásico compuesto por cuatro mosfets cuya salida de alterna está conectada a una red de alterna de tensión  $U_2$  y frecuencia  $f_2$  a través de una inductancia  $L_2$ . Se supondrá que se tiene en el bus de continua un filtro LC ideal que garantiza corriente y tensión lisa en bornes del inversor. Sea  $U_d$  el valor medio de la tensión en bornes del inversor.

El control del inversor es tal que el fundamental de tensión de frecuencia  $f_2$  tiene una tensión de pico de  $0.9 \times U_d$  y se adelanta un ángulo  $\delta$  respecto a la tensión  $U_2$ .

El objetivo del circuito es transferir el máximo de potencia activa entre ambas redes de alterna.

- a) Dibujar el circuito completo. **(10 puntos)**
- b) Calcular la potencia máxima transferible en las condiciones reseñadas. Se indicará el ángulo de disparo, el ángulo de conmutación, la corriente de continua y la tensión  $U_d$ . **(45 puntos)**
- c) Determinar el ángulo  $\delta$  en las condiciones calculadas en 1.- Para esta parte se pide dibujar el diagrama fasorial que permita visualizar los fundamentales de tensión de red y la tensión y corriente de salida del inversor. **(45 puntos)**

Datos:

$V_{min} = 2.5 \text{ kV}$ ,  $U_1 = 20 \text{ kV}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ,  $L_1 = 15 \text{ mHy}$

$U_2 = 8 \text{ kV}$ ,  $f_2 = 60 \text{ Hz}$ ,  $L_2 = 2.5 \text{ mHy}$ .

**EXAMEN DE ELECTRONICA DE POTENCIA**  
**29 de julio de 2015**

-----  
**PROBLEMA 2**

Un convertidor flyback aislado debe alimentar una carga en 24 Vcc a partir de una batería cuya tensión puede variar entre 80 Vcc (batería muy descargada) y 170 Vcc (batería en carga de homogeneización). Para construirlo se dispone de un mosfet IRFP4137PbF del cual se adjuntan 3 páginas de su hoja de datos, un diodo cuya corriente de pico no puede superar 60 A, un núcleo de transformador con inductancia específica  $A_L = 21 \text{ nH/vuelta}^2$  y un condensador de salida de 47000  $\mu\text{F}$ , ESR=5 m $\Omega$ . La corriente de pico sobre el mosfet se limita a 20 A. Opera en modo de conducción discontinua. La frecuencia del control PWM es de 100 kHz.

Se trata de que el convertidor suministre una potencia nominal de salida  $P_n$  que sea la máxima posible para todo el rango de tensión de entrada.

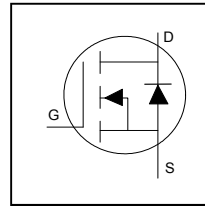
- a) Calcular el ciclo de trabajo máximo. **(20 puntos)**
- b) Calcular la potencia  $P_n$  del convertidor. **(10 puntos)**
- c) Determinar el número de vueltas del primario y del secundario. **(20 puntos)**
- d) Calcular la máxima tensión sobre la llave. **(10 puntos)**
- e) Calcular el rizado pico a pico de la tensión de salida a potencia nominal. **(20 puntos)**
- f) Calcular la resistencia térmica del disipador del mosfet para que el convertidor pueda dar potencia máxima con una temperatura ambiente de 50°C. **(20 puntos)**

Para las partes a) a e) considerar que la llave es ideal. Para la parte f utilizar los resultados del caso ideal.

HEXFET® Power MOSFET

**Application**

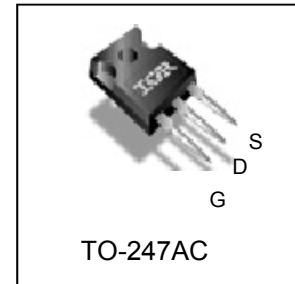
- High Efficiency Synchronous Rectification in SMPS
- Uninterruptible Power Supply
- High Speed Power Switching
- Hard Switched and High Frequency Circuits



<b>V<sub>DSS</sub></b>	<b>300V</b>
<b>R<sub>DS(on)</sub> typ.</b>	<b>56mΩ</b>
	<b>69mΩ</b>
<b>I<sub>D</sub></b>	<b>38A</b>

**Benefits**

- Improved Gate, Avalanche and Dynamic dv/dt Ruggedness
- Fully Characterized Capacitance and Avalanche SOA
- Enhanced body diode dv/dt and di/dt Capability
- Lead-Free, RoHS Compliant



<b>G</b>	<b>D</b>	<b>S</b>
Gate	Drain	Source

Base part number	Package Type	Standard Pack		Orderable Part Number
		Form	Quantity	
IRFP4137PbF	TO-247AC	Tube	25	IRFP4137PbF

	Parameter	Max.	Units
I <sub>D</sub> @ T <sub>C</sub> = 25°C	Continuous Drain Current, V <sub>GS</sub> @ 10V	38	A
I <sub>D</sub> @ T <sub>C</sub> = 100°C	Continuous Drain Current, V <sub>GS</sub> @ 10V	27	
I <sub>DM</sub>	Pulsed Drain Current ①	152	
P <sub>D</sub> @ T <sub>C</sub> = 25°C	Maximum Power Dissipation	341	W
	Linear Derating Factor	2.3	W/°C
V <sub>GS</sub>	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt③	8.9	V/ns
T <sub>J</sub> T <sub>STG</sub>	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to + 175	°C
	Soldering Temperature, for 10 seconds (1.6mm from case)	300	
	Mounting Torque, 6-32 or M3 Screw	10 lbf-in (1.1 N·m)	

**Avalanche Characteristics**

E <sub>AS</sub> (Thermally limited)	Single Pulse Avalanche Energy ②	541	mJ
-------------------------------------	---------------------------------	-----	----

**Thermal Resistance**

	Parameter	Typ.	Max.	Units
R <sub>θJC</sub>	Junction-to-Case ③	—	0.44	°C/W
R <sub>θCS</sub>	Case-to-Sink, Flat Greased Surface	0.24	—	
R <sub>θJA</sub>	Junction-to-Ambient ⑦⑧	—	40	

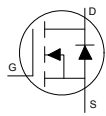
**Static @ T<sub>J</sub> = 25°C (unless otherwise specified)**

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
V <sub>(BR)DSS</sub>	Drain-to-Source Breakdown Voltage	300	—	—	V	V <sub>GS</sub> = 0V, I <sub>D</sub> = 250μA
ΔV <sub>(BR)DSS</sub> /ΔT <sub>J</sub>	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.24	—	V/°C	Reference to 25°C, I <sub>D</sub> = 3.5mA
R <sub>DS(on)</sub>	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	56	69	mΩ	V <sub>GS</sub> = 10V, I <sub>D</sub> = 24A ④
V <sub>GS(th)</sub>	Gate Threshold Voltage	3.0	—	5.0	V	V <sub>DS</sub> = V <sub>GS</sub> , I <sub>D</sub> = 250μA
I <sub>DSS</sub>	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	20	μA	V <sub>DS</sub> = 300V, V <sub>GS</sub> = 0V
		—	—	250		V <sub>DS</sub> = 300V, V <sub>GS</sub> = 0V, T <sub>J</sub> = 125°C
I <sub>GSS</sub>	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	V <sub>GS</sub> = 20V
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		V <sub>GS</sub> = -20V
R <sub>G</sub>	Gate Resistance	—	1.3	—	Ω	

**Dynamic Electrical Characteristics @ T<sub>J</sub> = 25°C (unless otherwise specified)**

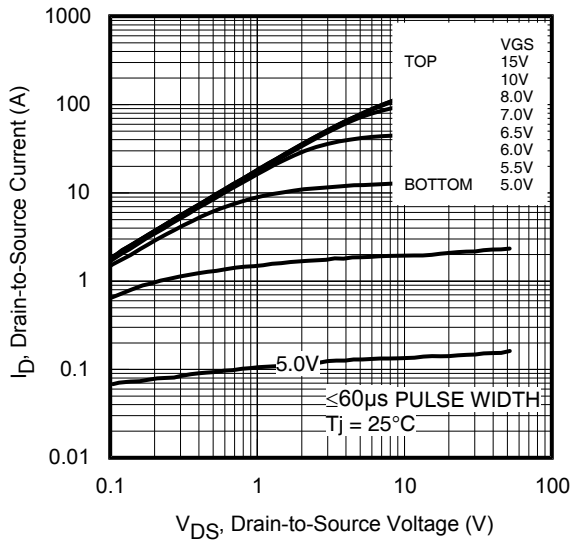
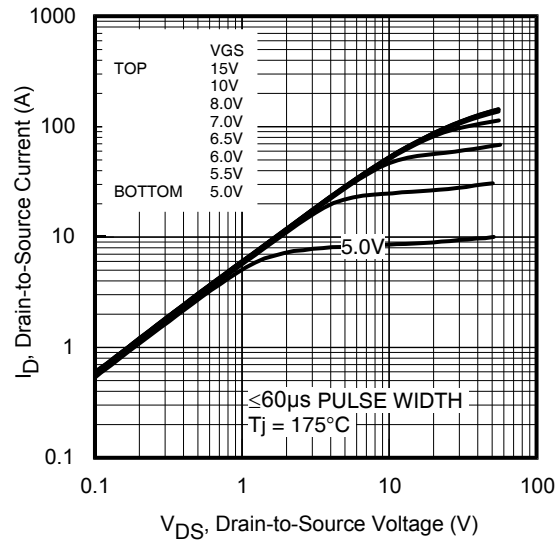
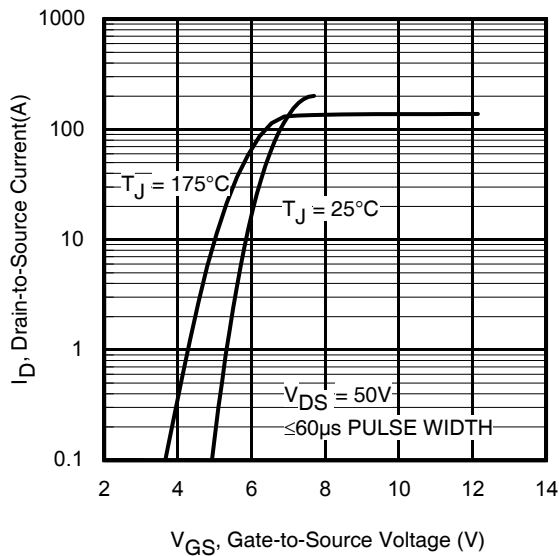
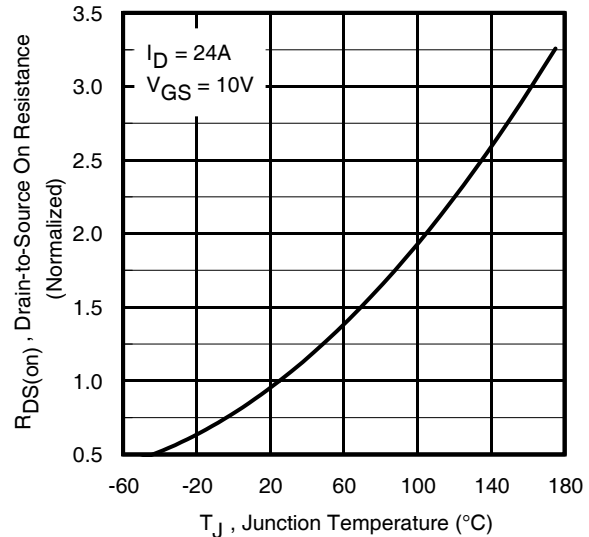
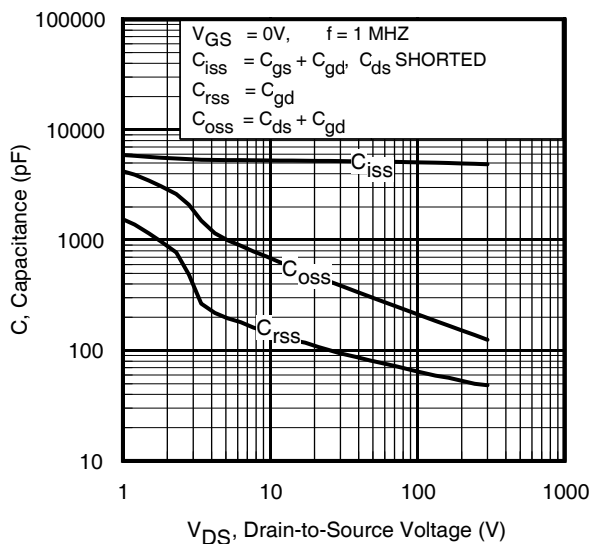
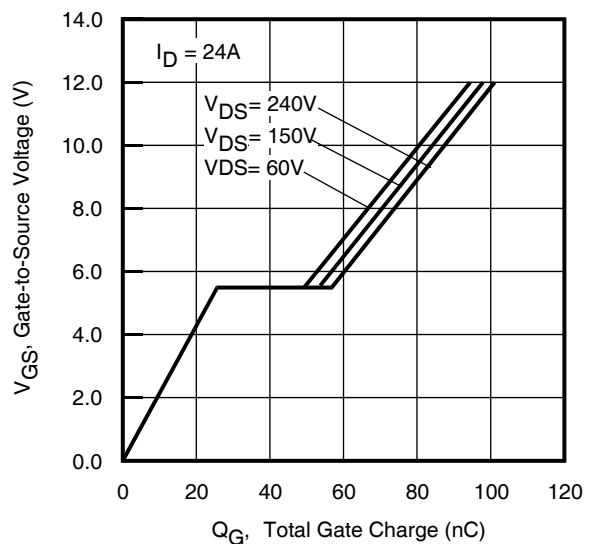
g <sub>fs</sub>	Forward Transconductance	45	—	—	S	V <sub>DS</sub> = 50V, I <sub>D</sub> = 24A
Q <sub>g</sub>	Total Gate Charge	—	83	125	nC	I <sub>D</sub> = 24A
Q <sub>gs</sub>	Gate-to-Source Charge	—	28	42		V <sub>DS</sub> = 150V
Q <sub>gd</sub>	Gate-to-Drain Charge	—	26	39		V <sub>GS</sub> = 10V
t <sub>d(on)</sub>	Turn-On Delay Time	—	18	—	ns	V <sub>DD</sub> = 195V
t <sub>r</sub>	Rise Time	—	23	—		I <sub>D</sub> = 24A
t <sub>d(off)</sub>	Turn-Off Delay Time	—	34	—		R <sub>G</sub> = 2.2Ω
t <sub>f</sub>	Fall Time	—	20	—		V <sub>GS</sub> = 10V
C <sub>iss</sub>	Input Capacitance	—	5168	—	pF	V <sub>GS</sub> = 0V
C <sub>oss</sub>	Output Capacitance	—	300	—		V <sub>DS</sub> = 50V
C <sub>rss</sub>	Reverse Transfer Capacitance	—	77	—		f = 1.0MHz
C <sub>oss eff.(ER)</sub>	Effective Output Capacitance (Energy Related)	—	196	—		V <sub>GS</sub> = 0V, V <sub>DS</sub> = 0V to 240V <sup>⑥</sup>
C <sub>oss eff.(TR)</sub>	Output Capacitance (Time Related)	—	265	—		See Fig.11
						V <sub>GS</sub> = 0V, V <sub>DS</sub> = 0V to 240V <sup>⑤</sup>

**Diode Characteristics**

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I <sub>S</sub>	Continuous Source Current (Body Diode) ①	—	—	40	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. 
I <sub>SM</sub>	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	160		
V <sub>SD</sub>	Diode Forward Voltage	—	—	1.3	V	T <sub>J</sub> = 25°C, I <sub>S</sub> = 24A, V <sub>GS</sub> = 0V ④
t <sub>rr</sub>	Reverse Recovery Time	—	302	—	ns	T <sub>J</sub> = 25°C V <sub>DD</sub> = 255V
		—	379	—		T <sub>J</sub> = 125°C I <sub>F</sub> = 24A,
Q <sub>rr</sub>	Reverse Recovery Charge	—	1739	—	nC	T <sub>J</sub> = 25°C di/dt = 100A/μs ④
		—	2497	—		T <sub>J</sub> = 125°C
I <sub>RSM</sub>	Reverse Recovery Current	—	13	—	A	T <sub>J</sub> = 25°C

**Notes:**

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature.
- ② Recommended max EAS limit, starting T<sub>J</sub> = 25°C, L = 2.05mH, R<sub>G</sub> = 50Ω, I<sub>AS</sub> = 24A, V<sub>GS</sub> = 10V.
- ③ I<sub>SD</sub> ≤ 24A, di/dt ≤ 1771A/μs, V<sub>DD</sub> ≤ V<sub>(BR)DSS</sub>, T<sub>J</sub> ≤ 175°C.
- ④ Pulse width ≤ 400μs; duty cycle ≤ 2%.
- ⑤ C<sub>oss eff. (TR)</sub> is a fixed capacitance that gives the same charging time as C<sub>oss</sub> while V<sub>DS</sub> is rising from 0 to 80% V<sub>DSS</sub>.
- ⑥ C<sub>oss eff. (ER)</sub> is a fixed capacitance that gives the same energy as C<sub>oss</sub> while V<sub>DS</sub> is rising from 0 to 80% V<sub>DSS</sub>.
- ⑦ When mounted on 1" square PCB (FR-4 or G-10 Material). For recommended footprint and soldering techniques refer to application note #AN-994
- ⑧ R<sub>θ</sub> is measured at T<sub>J</sub> approximately 90°C


**Fig 1. Typical Output Characteristics**

**Fig 2. Typical Output Characteristics**

**Fig 3. Typical Transfer Characteristics**

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

**Fig 5. Typical Capacitance vs. Drain-to-Source Voltage**

**Fig 6. Typical Gate Charge vs. Gate-to-Source Voltage**