

Examen Práctico de Electrónica de Potencia

9 de diciembre de 2021

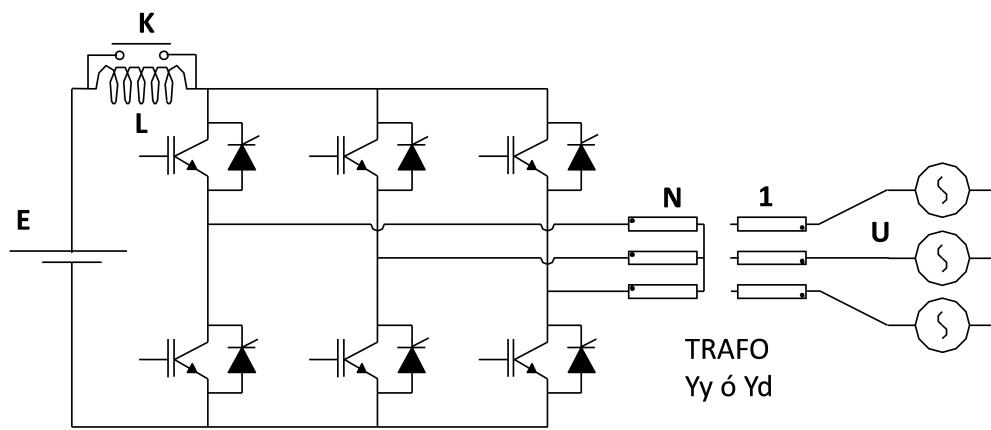
Problema 1 (45 puntos)

Sea el convertidor de la figura. En el caso de querer cargar la batería de tensión E , se utilizan sólo los tiristores, el contactor K está abierto y el transformador se conecta en triángulo-estrella. En el caso de querer descargar la batería, se utilizan todos los componentes y el control del inversor es tal que se imponen corrientes sinusoidales (con un pequeño rizado de alta frecuencia que se despreciará) en el transformador que se conectará en estrella-estrella, estando el contactor K cerrado. La inductancia L es tal que se puede asumir corriente lisa en ella.

- a) Calcular la corriente máxima de carga de la batería de tal forma de utilizar al máximo los tiristores.
- b) Calcular la corriente nominal del transformador que conecta el convertidor a la red compatible con usar los tiristores al máximo de su capacidad. Especificar las hipótesis asumidas.
- c) Calcular la tensión de alterna del lado del convertidor para que se tenga mínimo consumo de reactiva para cualquier condición de la red cuando se carga la batería a corriente máxima. Calcular el valor de las pérdidas de conmutación.
- d) Indicar al menos una forma de comandar los tiristores cuando se intenta enviar energía de la batería a la red.
- e) Calcular la máxima potencia activa que se entregará a la red al momento de descargar la batería. En esta parte se asumirá que los tiristores soportarán, sin romperse, las condiciones que resulten del funcionamiento del convertidor.

Datos

- La variación de la tensión U de la red es $\pm 15\%$.
- La tensión E de la batería es 40 kV.
- La corriente media que soportan los tiristores es de 1000 A.
- El mínimo ángulo de disparo de los tiristores es de 10° .
- Transformador con posibilidad de conexión Yy o Yd con una impedancia de CC de 20 %.



Problema 2 (55 puntos)

Un flyback está implementado con un MOSFET IRFP460 (se adjunta hoja de datos), un PWM de 50 kHz y alimenta una carga de 24 V. La inductancia del primario del transformador es de 200 μH . La alimentación es de $110 V_{cc} \pm 20\%$. El diodo de salida tiene una caída de tensión en conducción que se considera constante e igual a 1 V. Se limita la tensión de bloqueo del MOSFET al 70 % de U_{dss} y se implementa un circuito de protección contra sobrecargas en la salida que limita la corriente de pico por el MOSFET al 80 % de la corriente continua de Drain a 25°C (I_D continuous @ 25°C).

El diodo de salida y el MOSFET se instalan sobre un mismo disipador que tiene una resistencia térmica de 0.25°C/W. La temperatura ambiente es de 50°C.

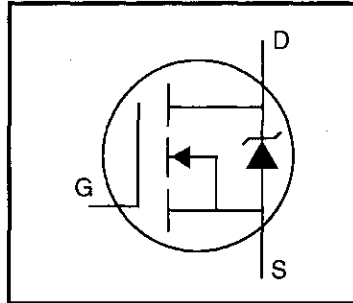
En condiciones normales, el flyback funcionará en Modo de Conducción Discontinua.

- a) Determinar la relación de vueltas más adecuada.
- b) Determinar el ciclo de trabajo máximo y la potencia máxima que puede entregar el convertidor en condiciones normales de funcionamiento.
- c) Determine si el disipador seleccionado permite mantener la temperatura media máxima de juntura del MOSFET por debajo de 120°C.
- d) Si se registrara un cortocircuito a la salida, ¿qué potencia entregaría la fuente estando alimentada con la tensión de entrada mínima?

Nota: Para a) y b) considere que la llave es ideal, a menos de su limitación de tensión de bloqueo.

HEXFET® Power MOSFET

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



$$V_{DSS} = 500V$$

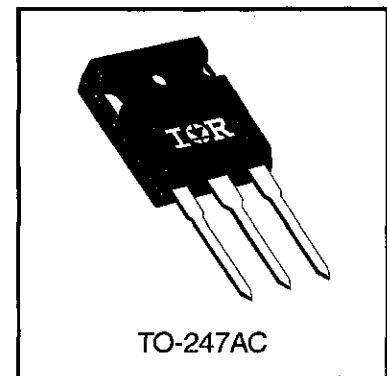
$$R_{DS(on)} = 0.27\Omega$$

$$I_D = 20A$$

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

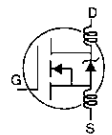
Absolute Maximum Ratings

| | 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 | ± 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) | |

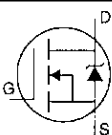
Thermal Resistance

| | 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/°C | Reference to 25°C , $I_D=1\text{mA}$ |
| $R_{DS(on)}$ | Static Drain-to-Source On-Resistance | — | — | 0.27 | Ω | $V_{GS}=10V, I_D=12A$ 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 | μA | $V_{DS}=500V, V_{GS}=0V$ |
| | | — | — | 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 | μC | $di/dt=100A/\mu s$ 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 $\leq 2\%$.

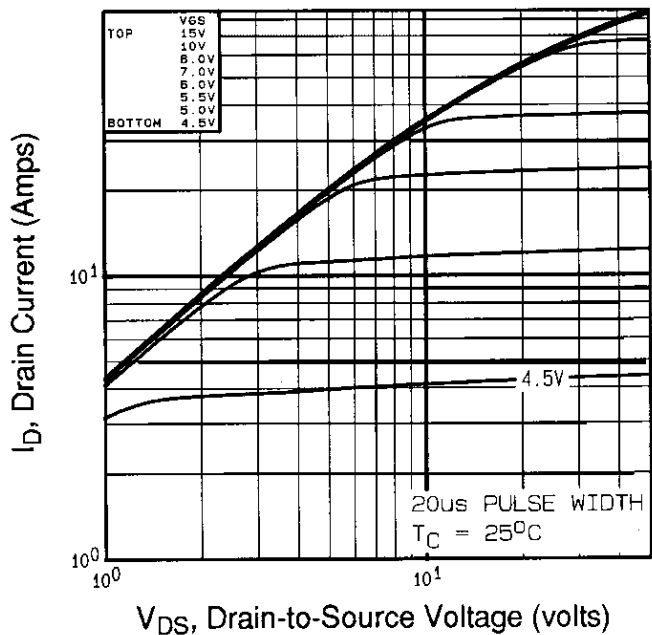


Fig 1. Typical Output Characteristics,
 $T_C=25^\circ\text{C}$

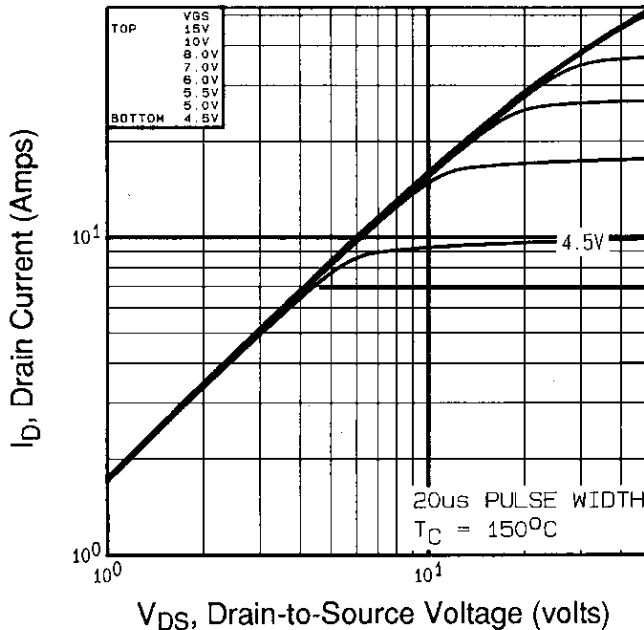


Fig 2. Typical Output Characteristics,
 $T_C=150^\circ\text{C}$

DATA SHEETS

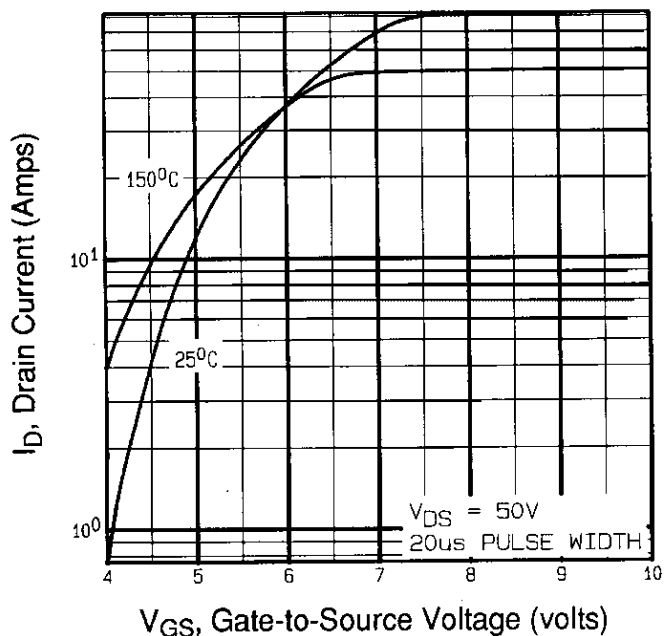


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

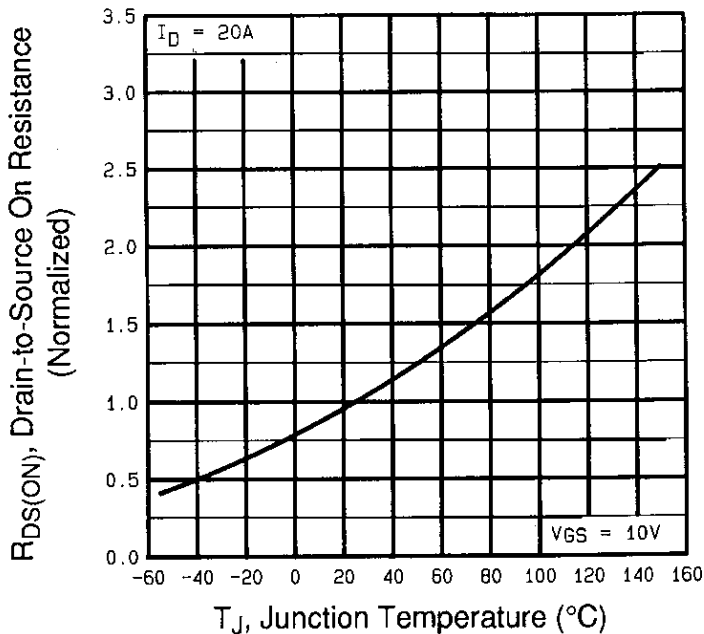


Fig 4. Normalized On-Resistance
Vs. Temperature