

## Electrónica de Potência

### Exercícios

- 1 Admita, para o conversor da Figura 1, que  $R = 1\Omega$ ,  $E = 350\text{ V}$  e  $L$  suficientemente elevado para garantir que a corrente no receptor ( $i_L$ ) é praticamente constante. A tensão simples no secundário do transformador é  $230\text{V}$ .

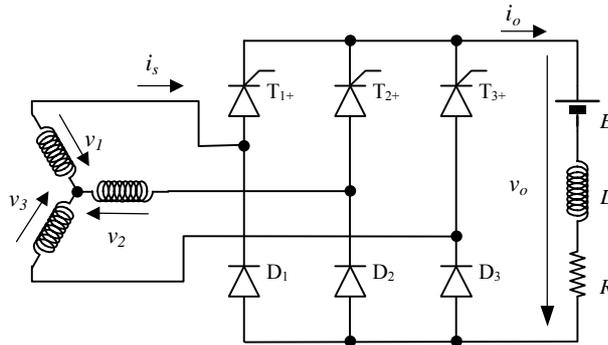
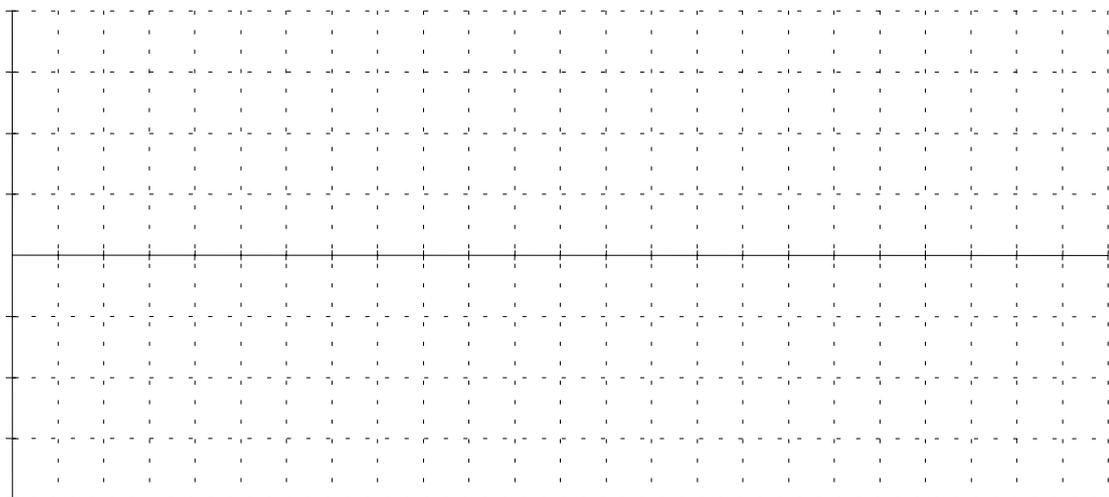
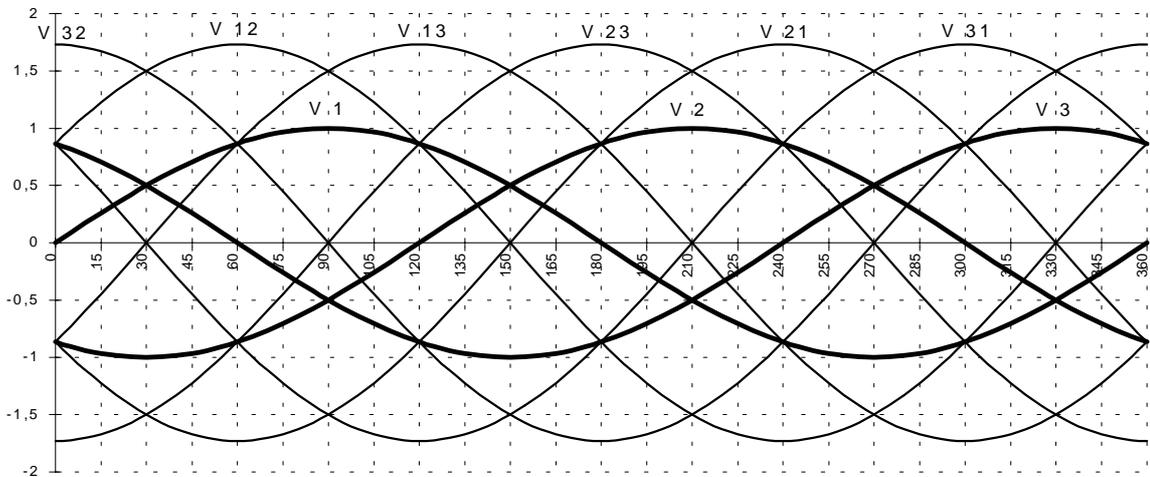
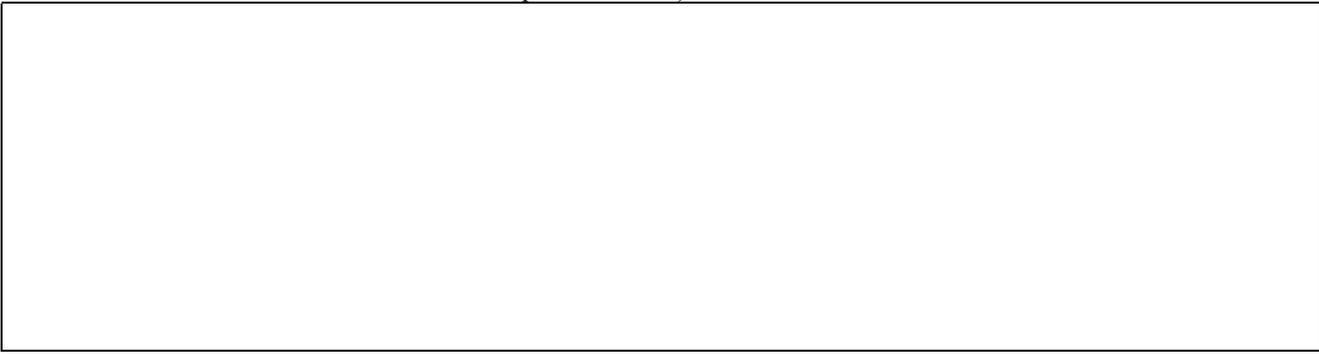


Figura 1

- 1.1 Esboce, para um ângulo de disparo de  $60^\circ$ , as formas de onda da tensão na carga ( $v_o$ ) e em  $T_2^+$ , bem como a forma de onda da corrente no secundário do transformador ( $i_s$ ).



1.2 Calcule o valor médio da corrente no receptor nas condições de 1.1.



2 Considere o circuito da Figura 2. A tensão de entrada  $V_d$  pode variar entre 3 V e 5 V e a tensão de saída (regulada) é  $V_o = 5$  V. Admita ainda que  $f_s = 50$  kHz,  $C = 330$   $\mu$ F e que a potência de saída pode variar entre 5 W e 20 W.

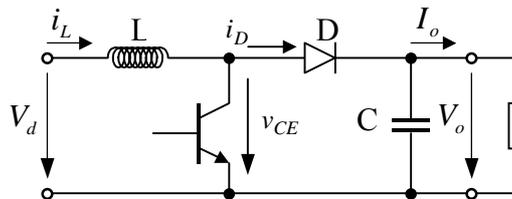
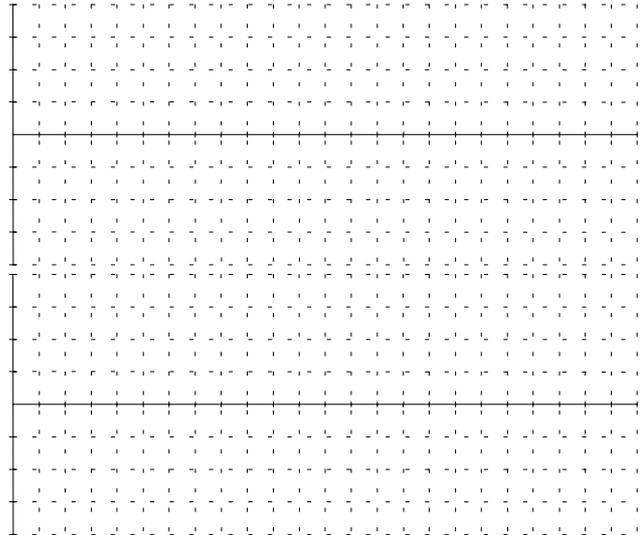
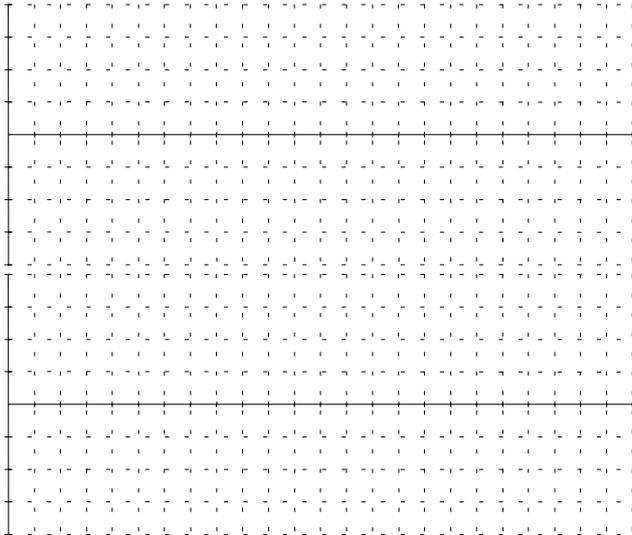


Figura 2

2.1 Apresente a evolução no tempo de  $v_L$ ,  $i_L$ ,  $v_{CE}$  e  $i_D$  para  $D = 1/2$ . Admita que a corrente  $i_L$  nunca se anula.



2.2 Demonstre que  $\frac{V_o}{V_d} = \frac{1}{1-D}$ .



2.3 Calcule o menor valor de  $L$  que garante o funcionamento no modo de condução contínua.

2.4 Calcule o valor máximo do “ripple” da tensão de saída.

3 Na Figura 3 apresenta-se circuito (incompleto) de um conversor que conhece:

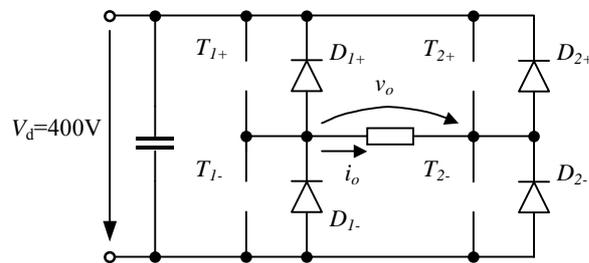


Figura 3

- 3.1 Complete o circuito por forma a que o valor instantâneo da tensão  $v_o$  aplicada ao receptor no instante a que se refere a figura seja +400V.
- 3.2 Se nesse instante o valor instantâneo da corrente no receptor for  $-10\text{ A}$ , quais são os semicondutores que conduzem essa corrente?
- 3.3 Admitindo que se utiliza modulação bipolar, qual seria, para um receptor com uma resistência de  $20\ \Omega$  e um “duty cycle” de 75%, o valor médio da corrente  $I_o$ ?

- 4 O sistema cujo diagrama de blocos se apresenta na Figura 4 serve para alimentar um motor de corrente alternada de 400V/50Hz, a velocidade variável.

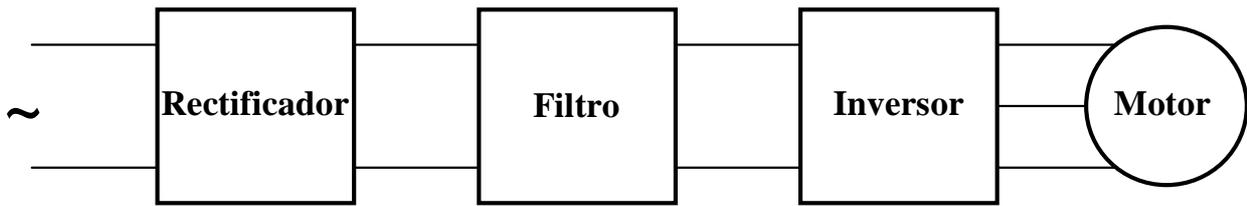
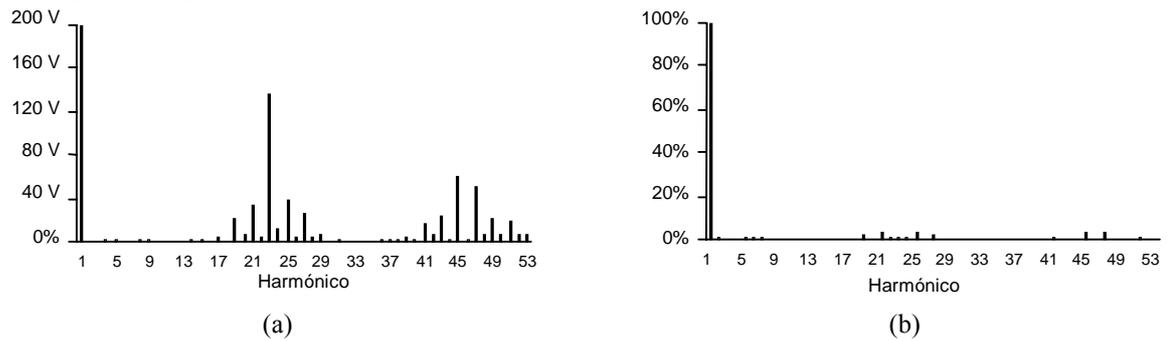


Figura 4

- 4.1 Sabendo que o inversor é comandado por modulação de largura de impulso sinusoidal, qual deveria ser no mínimo a tensão no barramento de *CC*?

- 4.2 Pretende-se que a frequência de alimentação do motor varie entre 0 Hz 3 vezes a frequência nominal. Qual deveria ser o valor mínimo da frequência de comutação para que pudesse ser utilizada modulação assíncrona?

- 5 Na Figura 5 apresenta-se o espectro típico da tensão e da corrente obtidas por determinada técnica de modulação de largura de impulso.



**Figura 5** - Espectro de formas de onda de tensão (a) e da corrente (b) obtidas por modulação de largura de impulso

- 5.1 Sabendo que para produzir as referidas ondas foi utilizada uma frequência de comutação de 1 kHz, qual foi a frequência da onda sintetizada?

- 5.2 Sabendo que o índice de modulação utilizado foi  $m_a = 80\%$ , qual o valor da tensão no barramento CC?

**Responda às seguintes questões teóricas. Tenha em atenção que, salvo outra indicação, apenas uma das respostas está correcta, e que uma resposta errada anula uma certa (responda apenas se souber).**

**T1** Como se designa o conversor da Figura 1?

Rectificador de comutação paralela simples trifásico  Ponte trifásica semicomandada   
 Ponte trifásica totalmente comandada  Nenhuma das respostas anteriores

**T2** Para que o **valor instantâneo** da tensão à saída de um rectificador possa tomar valores negativo é indispensável que:

O rectificador seja uma ponte totalmente comandada  A carga seja indutiva   
 A carga possa funcionar como gerador e rectificador seja uma ponte totalmente comandada   
 O rectificador seja uma ponte semi-comandada e a carga seja indutiva

**T3** O conversor da Figura 2 é ...

Uma fonte comutada “flyback”  Conversor CC-CC “Forward”   
 Um conversor CC “Boost”  Conversor CC-CC “Step-Down”

**T4** O sistema da Figura 4 permitiria,

Variar apenas a amplitude da tensão de alimentação do motor (ao nível do rectificador)   
 Variar apenas a frequência de alimentação do motor (ao nível do inversor)   
 Variar quer a amplitude quer a frequência da alimentação do motor (ao nível do inversor)   
 Fazer recuperação de energia para a rede (quando a máquina funciona como gerador)

**T5** Relativamente ao conversor que produziu as ondas da Figura 5, indique qual ou quais das seguintes afirmações estão correctas:

Trata-se de um inversor comandado por modulação de largura de impulso sinusoidal   
 Trata-se de um inversor comandado por modulação de largura de impulso sinusoidal com adição de harmónicos   
 Trata-se de um conversor CC-CC comandado por modulação de largura de impulso unipolar   
 Não é possível dizer se se trata de um conversor monofásico ou trifásico

**Formulário**

Valor médio da tensão de saída de um rectificador tiristorizado (caso geral de saída com $n$ arcadas/período, sendo $V_{\max}$ o valor de pico da tensão de saída e $\alpha$ o ângulo de disparo)	$V_0 = \frac{n}{\pi} V_{\max} \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{n}\right) \cos(\alpha)$
“Ripple” de saída do conversor “Step-Down”	$\frac{\Delta V_0}{V_0} = \frac{1}{8} \frac{T_s^2 (1-D)}{LC}$
“Ripple” de saída do conversor “Buck-Boost”	$\frac{\Delta V_0}{V_0} = \frac{DT_s}{R_L C}$
Conversor “Boost”, funcionamento na fronteira entre o modo de condução contínua e descontínua	$I_o = \frac{V_o D(1-D)^2}{2f_s L}$
Amplitude (pico) da componente fundamental da tensão sintetizada por modulação de largura de impulso sinusoidal num inversor monofásico em ponte completa	$V_1 = m_a V_d$