Os Elementos Básicos dos Circuitos Elétricos

EXERCÍCIOS

EXERCÍCIOS E SOLUÇÕES

EXERCÍCIO 2.1

EXERCÍCIO 2.1

2.1 — Um resistor de resistência $R = 20\,\Omega$ é percorrido por uma corrente variável com o tempo, conforme o gráfico da Fig. 2.36. Esboçar os gráficos da tensão e da potência dissipada no resistor em função do tempo.

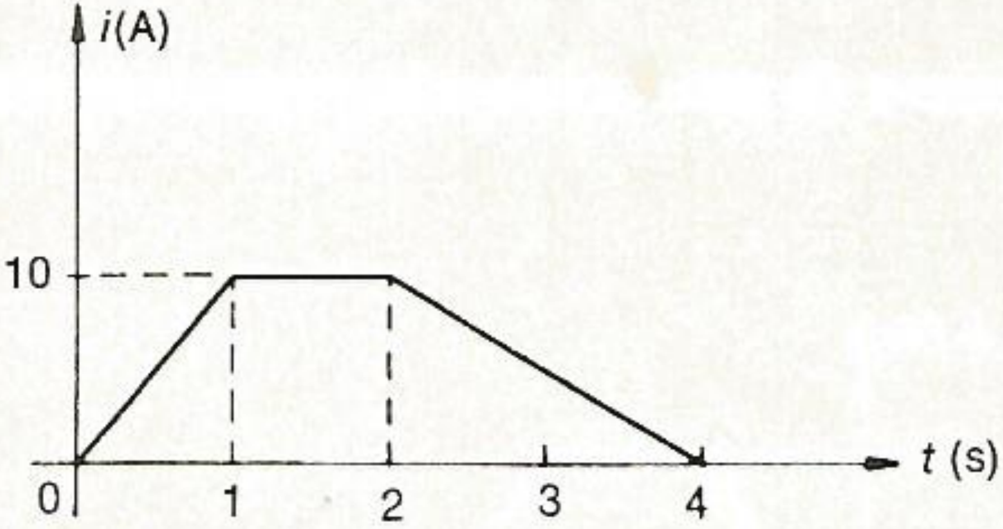

Fig. 2.36

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.1

Este tipo de exercício deve ser resolvido dividindo-se a solução em intervalos de tempo, onde a função $i(t)$ é contínua. Deste modo, no exercício em análise, estudaremos os seguintes intervalos:

a) $0 < t < 1$
b) $1 < t < 2$
c) $2 < t < 4$
d) $t > 4$

Assim, para $0 < t < 1$, temos:

$$i = 10t \qquad (A)$$

logo

$$v = Ri = 20 \times 10t = 200t \qquad (V)$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.1

Desta forma, a potência dissipada vale:

$$p = Ri^2 = 20 \times (10t)^2 = 2\,000t^2 \qquad (W).$$

Procedendo de forma análoga para os demais intervalos de tempo, obtemos:

Para $1 < t < 2$,

$$i = 10 \text{ A}$$
$$v = 200 \text{ V}$$
$$p = 2\,000 \text{ W}$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.1

e, para $2 < t < 4$,

$$
\begin{aligned}
i &= -5t + 20 \text{ (A)} \\
v &= -100t + 400 \text{ (V)} \\
p &= 500t^2 - 4\,000t + 8\,000 \text{ (W)}
\end{aligned}
$$

e, finalmente, para $t > 4$,

$$
\begin{aligned}
i &= 0 \text{ A} \\
v &= 0 \text{ V} \\
p &= 0 \text{ W}
\end{aligned}
$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.1

Os gráficos da tensão e da potência estão representados nas Figs. 2.37 e 2.38, respectivamente.

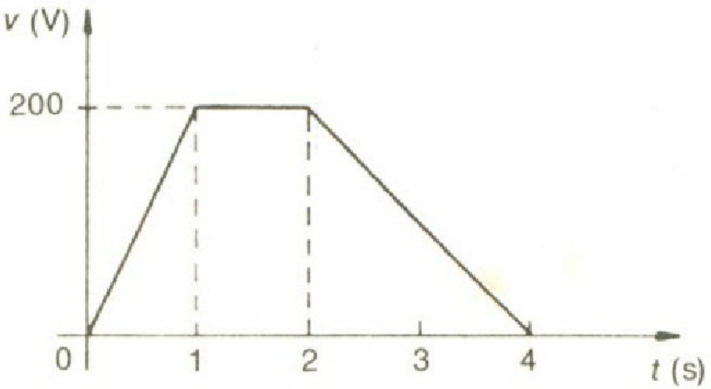

Fig. 2.37

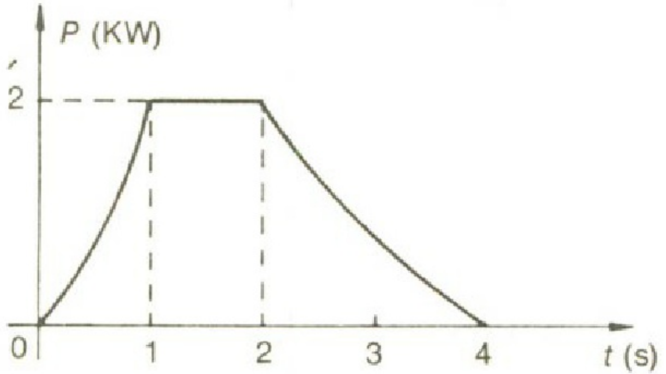

Fig. 2.38

EXERCÍCIOS E SOLUÇÕES

EXERCÍCIO 2.7

2.7 — O gráfico da Fig. 2.54 representa a curva característica de um gerador de tensão. Determinar:

a) a força eletromotriz do gerador e a sua resistência interna;
b) a corrente de curto-circuito;
c) a máxima potência fornecida pelo gerador quando este alimenta um resistor de resistência $R = 30\ \Omega$. Qual o rendimento nesta situação?

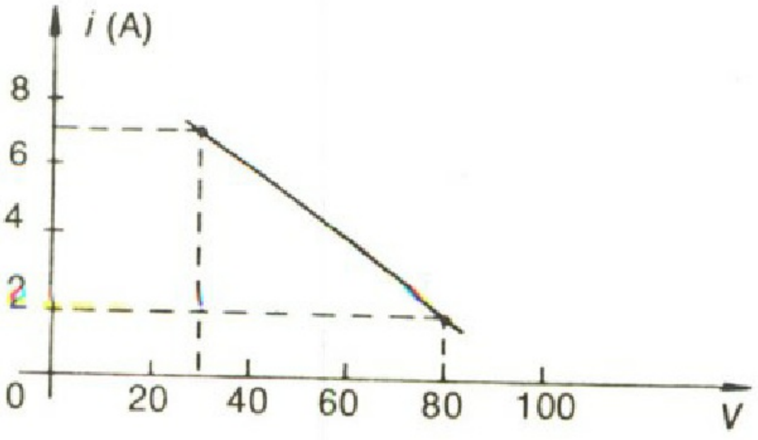

Fig. 2.54 Curva característica.

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.7

a) A equação característica do gerador é dada por:

$$v = e_S - ri$$

Do gráfico da Fig. 2.54, temos:

para $v = 30\ \text{V}, i = 7\ \text{A}$
para $v = 80\ \text{V}, i = 2\ \text{A}$

que, substituindo na expressão anterior, resulta:

$$30 = e_S - 7r$$
$$80 = e_S - 2r$$

o que resulta em:

$$e_S = 100\ \text{V}$$
$$r = 10\ \Omega$$

Ou seja, a equação característica do gerador fica sendo:

$$v = 100 - 10i$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.7

b) A corrente de curto-circuito é obtida da expressão anterior, impondo $v = 0$, desta forma obtemos:

$$0 = 100 - 10i_{cc}$$

que resulta,

$$i_{cc} = 10 \text{ A}$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.7

c) A máxima potência que pode ser fornecida pelo gerador é dada pela expressão:

$$P_{máx} = \frac{e_S^2}{4r} = \frac{(100)^2}{4 \times 10} = 250 \text{ W}$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.7

d) Quando um resistor de resistência R = 30 Ω está ligado ao gerador, a tensão em seus terminais é $v = R \cdot i = 30i$. Substituindo-se na equação característica do gerador, obtém-se:

$$30 \cdot i = 100 - 10 \cdot i$$

donde:

$$i = 2{,}6 \text{ A}$$

A potência fornecida pelo gerador pode ser calculada pela expressão:

$$p = e_S \cdot i - r \cdot i^2 = 100 \cdot 2{,}5 - 10(2{,}5)^2 = 187{,}5 \text{ W}$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.7

O rendimento é obtido através da expressão:

$$\eta = 1 - \frac{r}{e_S} \cdot i = 1 - \frac{10}{100} \times 2{,}5$$

$$\eta = 0{,}75 \text{ ou } 75\%$$

EXERCÍCIOS E SOLUÇÕES

EXERCÍCIO 2.15

EXERCÍCIO 2.15

2.15 — O bipolo S, quando percorrido pela corrente $I_1 = 1$ A no sentido indicado na Fig. 2.58*a*, consome a potência elétrica $p_1 = 60$ W. Quando o bipolo S é ligado em paralelo com o bipolo receptor R, de força contra-eletromotriz $e' = 20$ V e resistência interna $r' = 5\ \Omega$, a corrente do bipolo S passa a ser $I_2 = 2$ A no sentido indicado na Fig. 2.58*b*. Determinar as características do bipolo S.

Fig. 2.58

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.15

Na situação da Fig. 2.58*a* o bipolo S está consumindo potência, logo ele está funcionando como receptor e a tensão entre os seus terminais vale:

$$v_1 = \frac{p_1}{I_1} = \frac{60}{1} = 60 \text{ V}$$

Assim, adotando a convenção de receptor nessa situação, temos (Fig. 2.59):

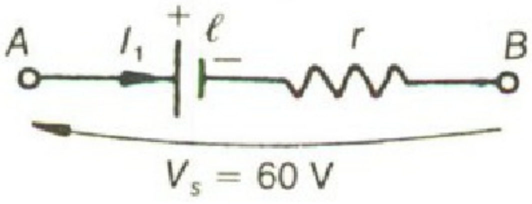

Fig. 2.59

$$v_1 = e + rI_1 \text{ ou } 60 = e + r \tag{1}$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.15

Na situação da Fig. 2.58*b* a corrente no bipolo *S* tem sentido inverso daquele da situação anterior, logo, neste caso, ele funcionará como um gerador que alimenta o receptor *R*. A tensão nessa situação é v_2 (Fig. 2.60).

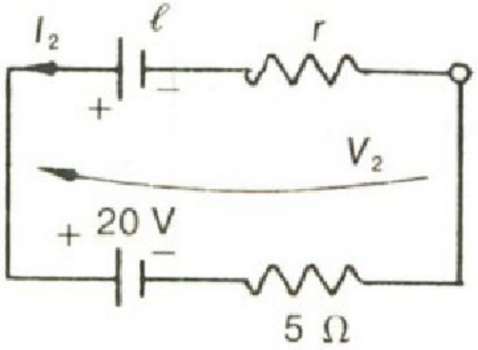

Fig. 2.60

Como v_2 é comum aos dois bipolos, podemos escrever:

$$v_2 = e - rI_2 = 20 + 5I_2$$

Como $I_2 = 2$ A, vem:

$$e - 2r = 20 + 5 \times 2 \text{ ou } e - 2r = 30 \qquad (2)$$

De (1) e (2), obtém-se:

$$e = 50 \text{ V e } r = 10\ \Omega$$

que são os parâmetros característicos do bipolo S.

EXERCÍCIOS PARA AULA

EXERCÍCIO 2.2

2.2 — Um resistor de resistência $R = 100\ \Omega$ é percorrido por uma corrente I que varia com o tempo de acordo com o gráfico da Fig. 2.39.

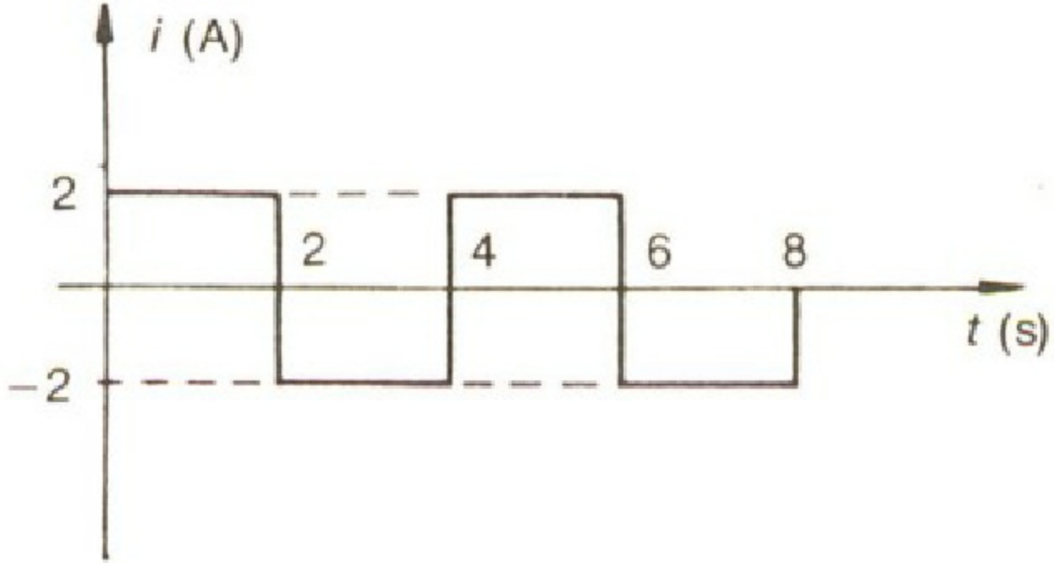

Fig. 2.39

Construir, em função do tempo, os gráficos da tensão no resistor e da potência nele dissipada.

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.2

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.2

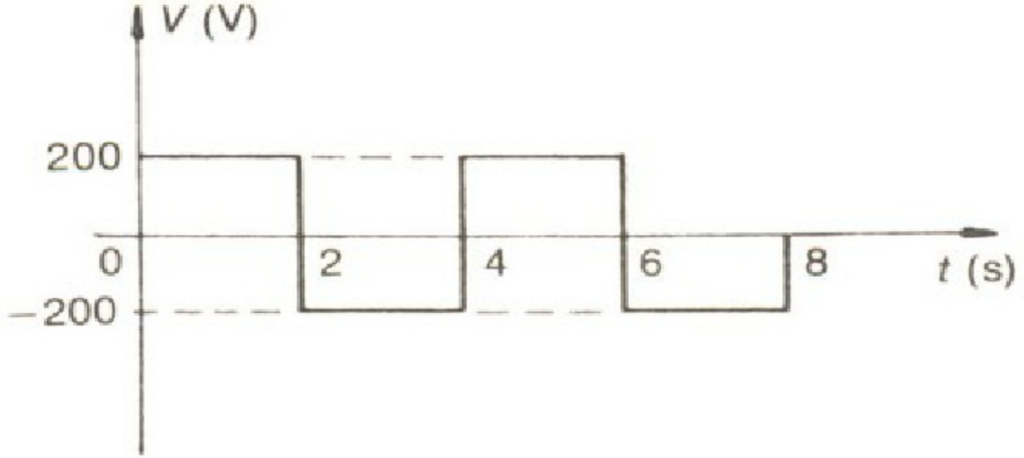

Fig. 2.40

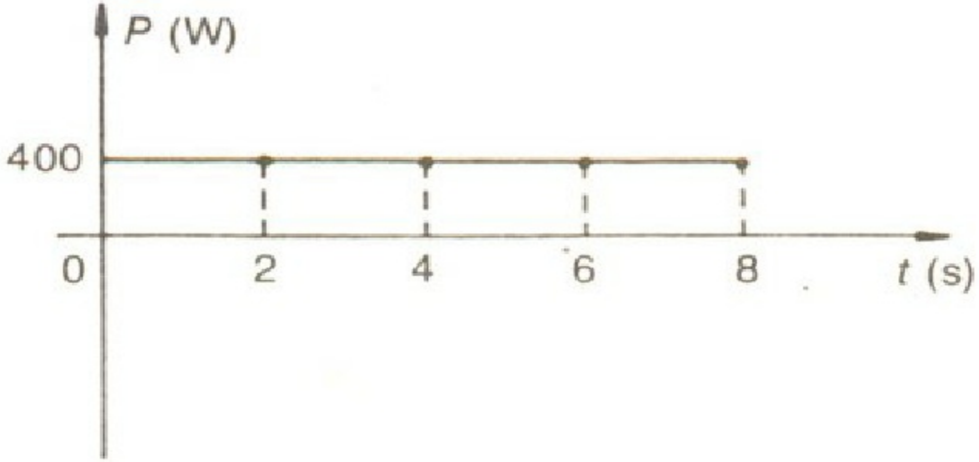

Fig. 2.41

EXERCÍCIOS PARA AULA

EXERCÍCIO 2.3

EXERCÍCIO 2.3

2.3 — Um resistor de resistência $R = 10\,\Omega$ é percorrido por uma corrente I que varia com o tempo, de acordo com a Fig. 2.42.

Construir, em função do tempo, o gráfico da potência dissipada pelo resistor

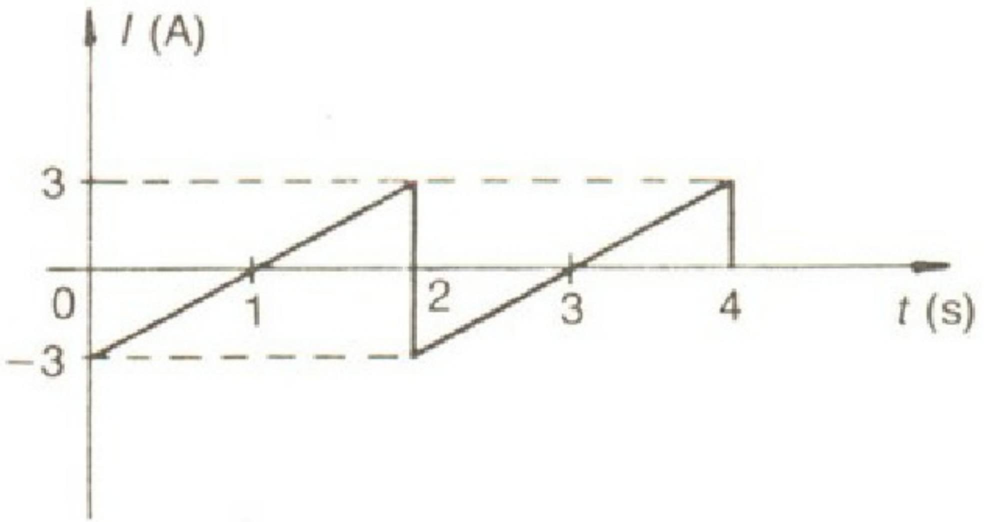

Fig. 2.42

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.3

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.3

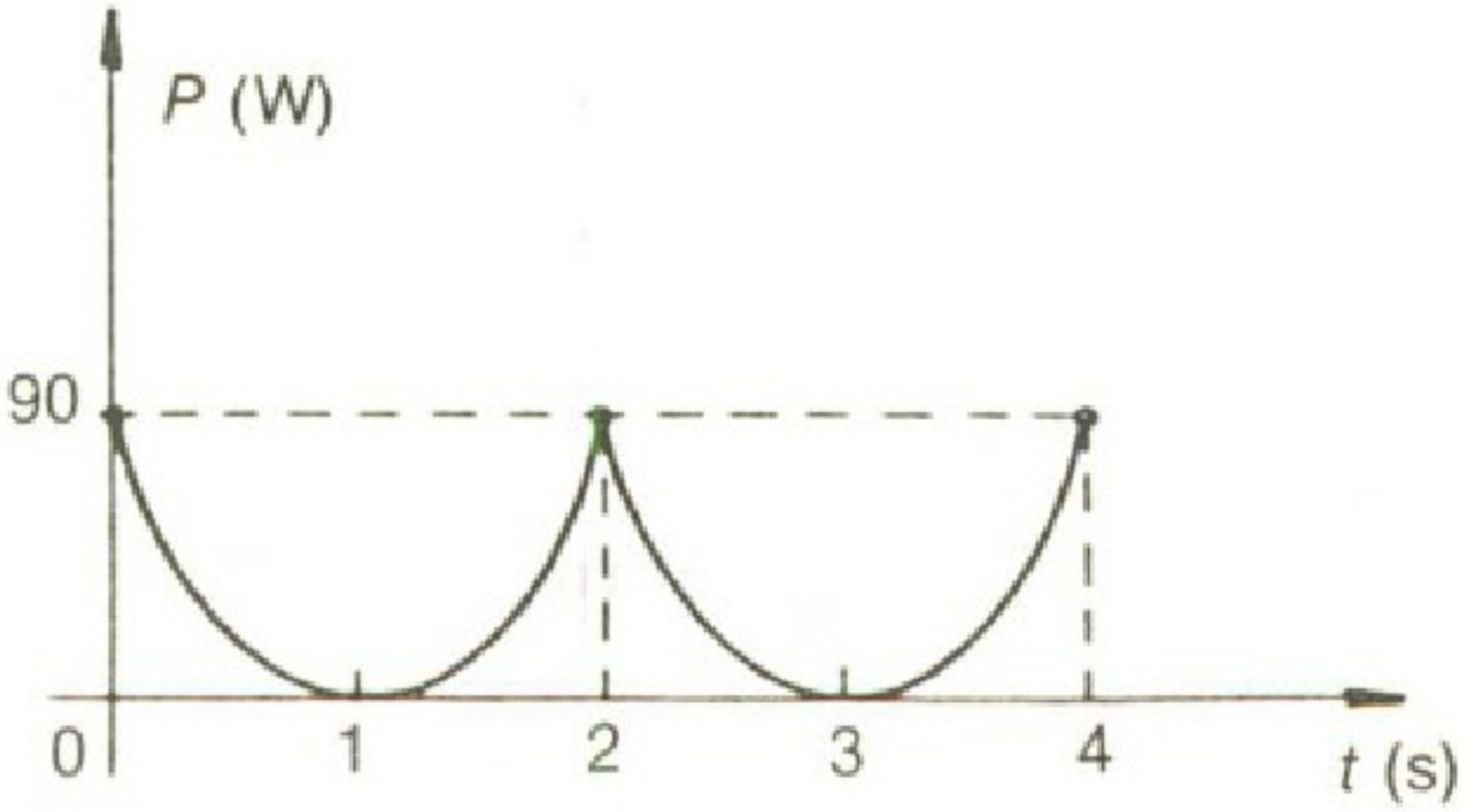

Fig. 2.43

EXERCÍCIOS PARA AULA

EXERCÍCIO 2.4

EXERCÍCIO 2.4

2.4 — A corrente em um indutor ideal de indutância $L = 0,2$ H varia com o tempo, conforme a Fig. 2.44. Esboçar os gráficos da tensão no indutor e da potência elétrica instantânea consumida pelo mesmo. Qual a energia que está armazenada no indutor no instante $t = 4$ s? Qual a potência média no intervalo?

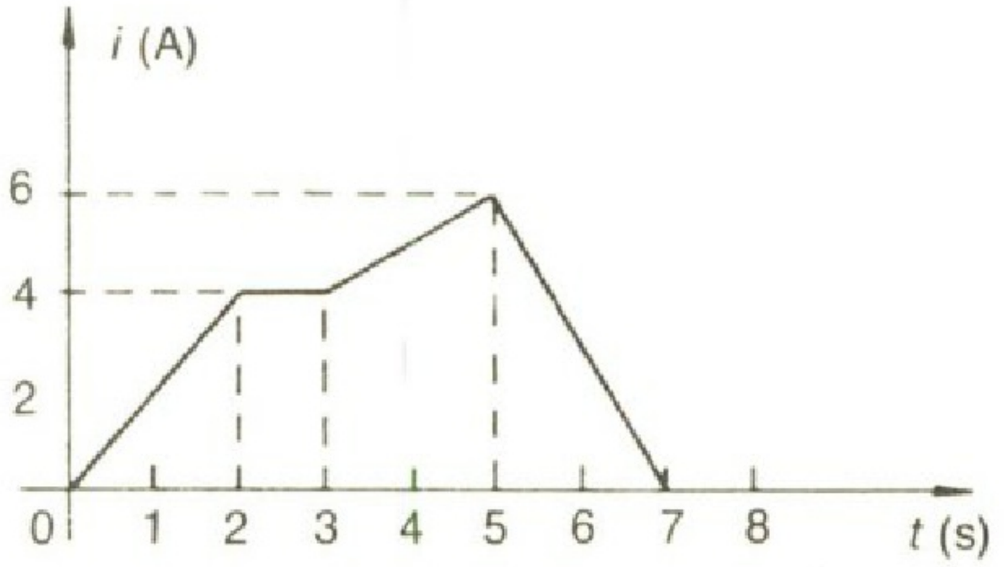

Fig. 2.44

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.4

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.4

A tensão no indutor vale:

$$v = L \frac{di}{dt} = 0{,}2 \frac{di}{dt} .$$

Assim, para $0 < t < 2$,

$$v = 0{,}2 \times \frac{4}{2} = 0{,}4 \text{ V};$$

para $2 < t < 3$,

$$v = 0{,}2 \times 0 = 0;$$

para $3 < t < 5$,

$$v = 0{,}2 \times \left(\frac{2}{2} \right) = 0{,}2 \text{ V};$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.4

para $5 < t < 7$

$$v = 0{,}2 \times \left(-\frac{6}{2} \right) = -0{,}6 \text{ V}$$

para $t > 7$,

$$v = 0{,}2 \times 0 = 0.$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.4

O gráfico da tensão em função do tempo é apresentado na Fig. 2.45.

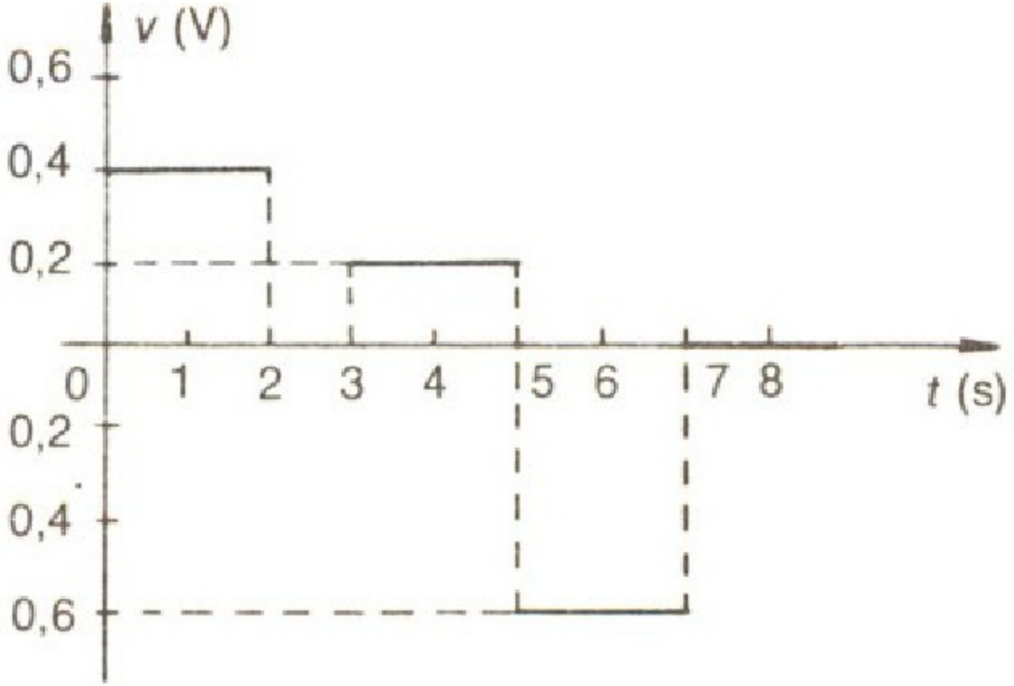

Fig. 2.45

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.4

A potência consumida pelo indutor é $p = v \cdot i$ e a sua representação gráfica é obtida multiplicando-se as ordenadas do gráfico da Fig. 2.44 pelas correspondentes ordenadas do gráfico da Fig. 2.45.

A energia armazenada no indutor é dada pela expressão:

$$W = \frac{1}{2} L \cdot i^2.$$

Para $t = 4$ s, temos i = 5 A, logo:

$$W = \frac{1}{2} 0{,}2 \cdot 5^2 = 2{,}5 \text{ J}.$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.4

O gráfico da potência instantânea em função do tempo é:

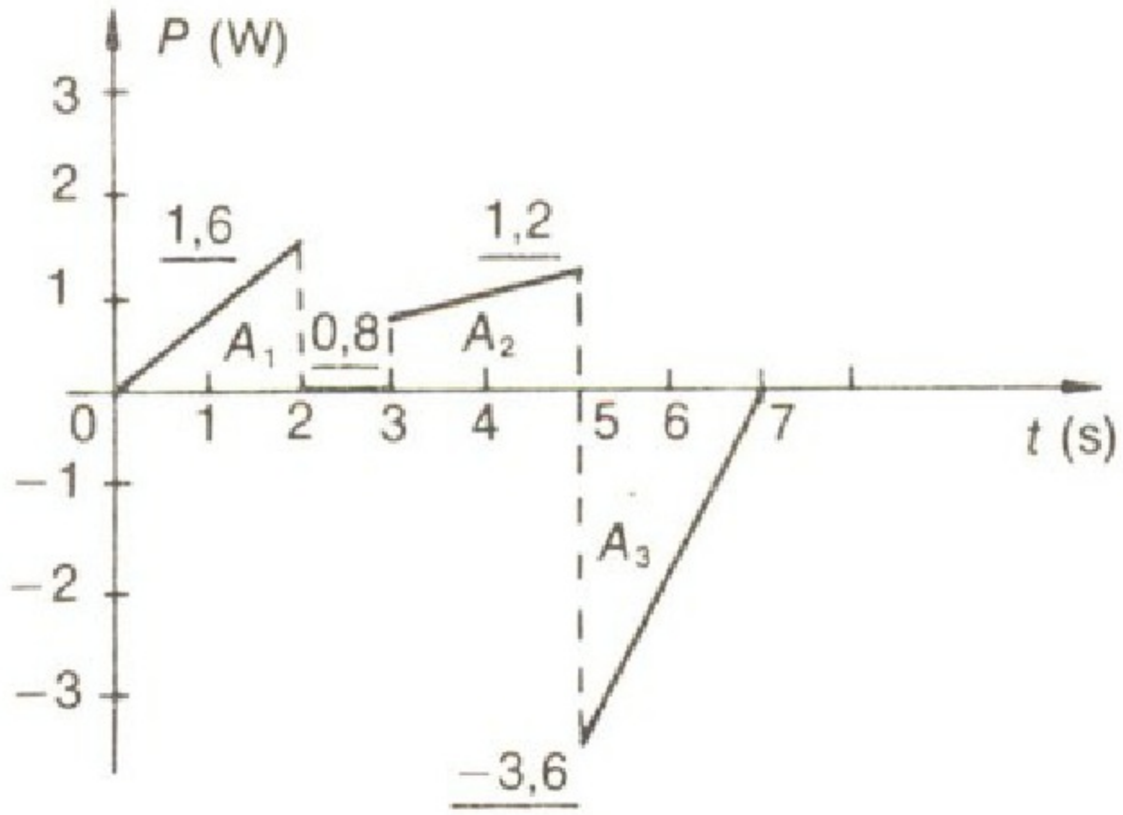

Fig. 2.45a

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.4

A potência média é obtida por:

$$P_{méd} = \frac{A_1 + A_2 - A_3}{7} = \frac{1{,}6 + 2 - 3{,}6}{7}$$

que, no caso, resulta:

$$P_{méd} = 0.$$

Deve-se ressaltar que a potência média no indutor ao longo de um período é sempre nula.

EXERCÍCIOS PARA AULA

EXERCÍCIO 2.5

EXERCÍCIO 2.5

2.5 — A tensão nos terminais de um capacitor ideal de capacidade C = 5 000 μF varia com o tempo, conforme o gráfico da Fig. 2.46. Determinar:

a) A corrente do capacitor e esboçar o gráfico desta em função do tempo;
b) A energia que está armazenada no capacitor no instante $t = 2{,}5$ s;
c) O gráfico da potência instantânea no capacitor em função do tempo.

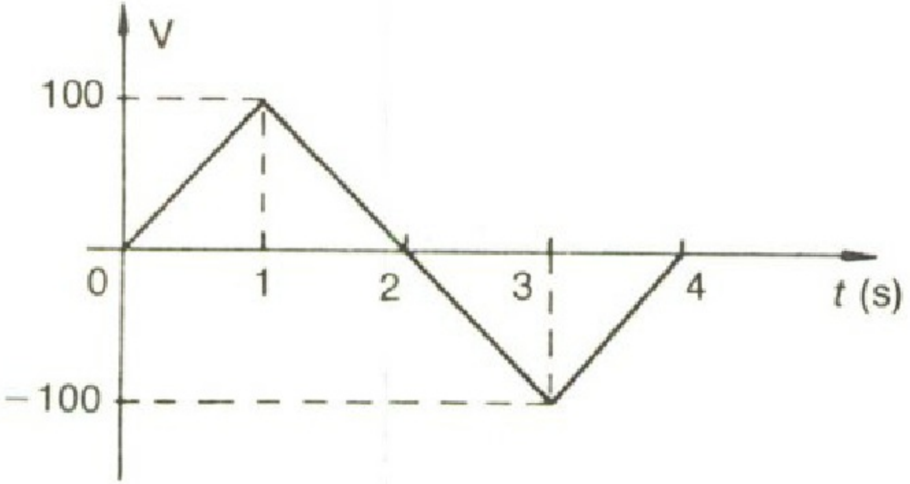

Fig. 2.46

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.5

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.5

a) A corrente no capacitor pode ser calculada a partir da expressão:

$$i = C \cdot \frac{dv}{dt} = 5 \cdot 10^{-3} \frac{dv}{dt}$$

Assim sendo, para $0 < t < 1$,

$$\frac{dv}{dt} = 100 \quad \text{ou} \quad i = 0{,}5 \text{ A};$$

para $1 < t < 3$,

$$\frac{dv}{dt} = -100 \quad \text{ou} \quad i = -0{,}5 \text{ A e}$$

para $3 < t < 4$,

$$\frac{dv}{dt} = 100 \quad \text{ou} \quad i = 0{,}5 \text{ A}$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.5

O gráfico da corrente em função do tempo será:

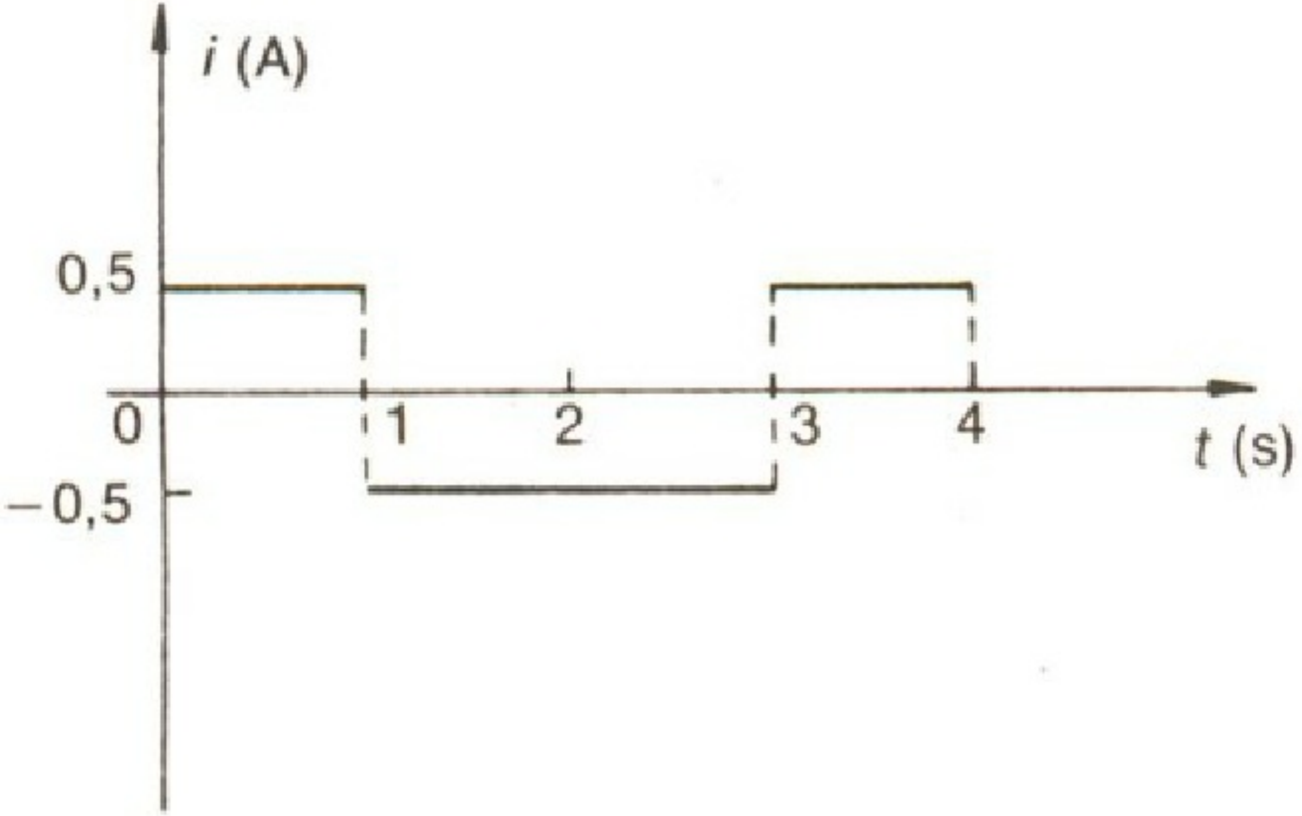

Fig. 2.47

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.5

b) Para $t = 2{,}5$ s, a tensão no capacitor é $v = -50$ V (veja Fig. 2.46). A energia armazenada no capacitor é determinada a partir da expressão:

$$W = \frac{1}{2} C \cdot v^2 = \frac{1}{5} 5 \times 10^{-3} (-50)^2 \quad \text{ou} \quad W = 6{,}25\,\text{J}.$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.5

c) O gráfico da potência instantânea no capacitor poderá ser obtido multiplicando-se as correspondentes ordenadas nos dois gráficos anteriores. Assim:

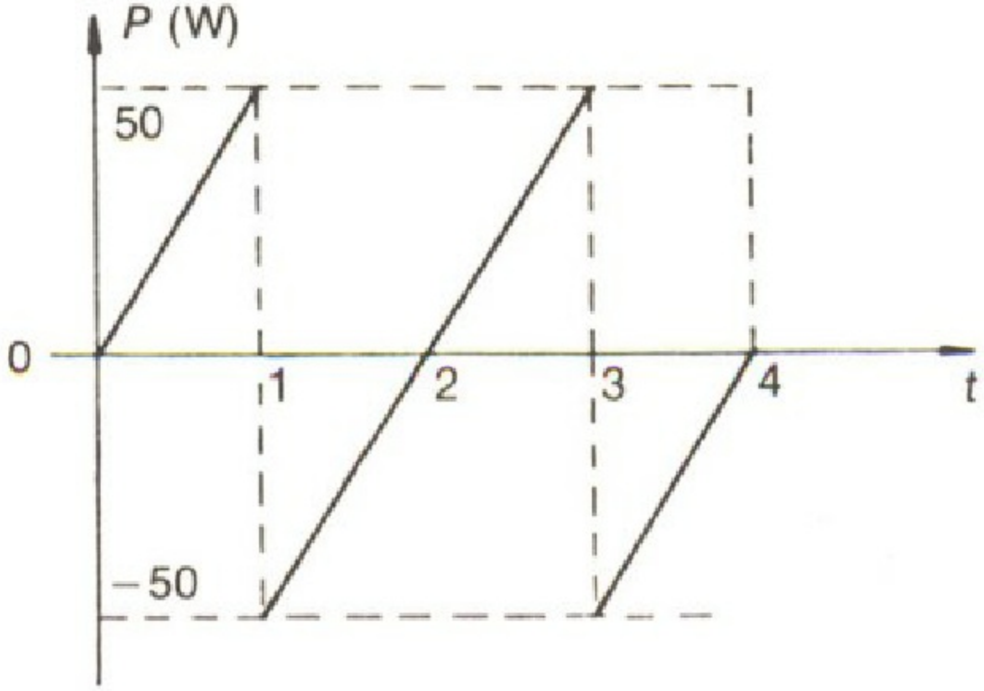

Fig. 2.48

EXERCÍCIOS PARA AULA

EXERCÍCIO 2.6

EXERCÍCIO 2.6

2.6 — No circuito da Fig. 2.50 a corrente no indutor de 2 H é dada pelo gráfico da Fig. 2.43.

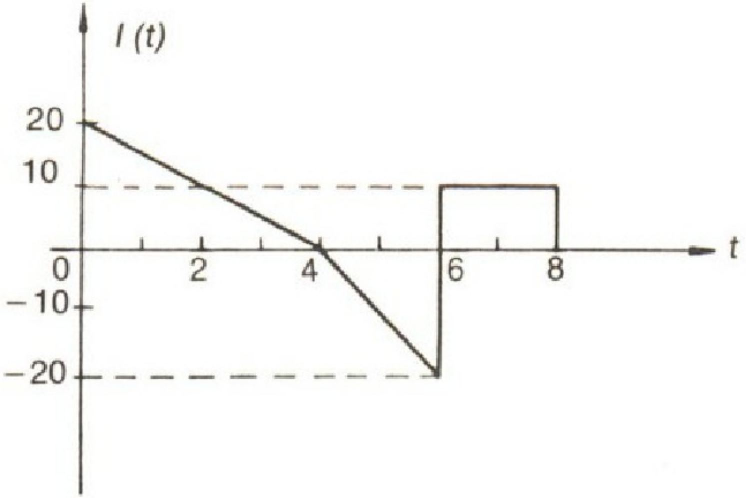

Fig. 2.49 Corrente do indutor de 2 H.

Determinar as grandezas indicadas no circuito.

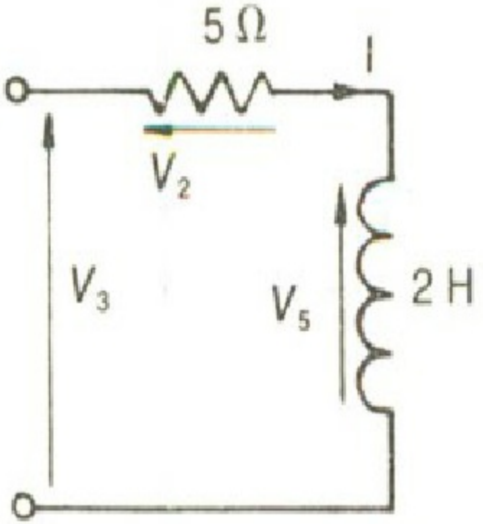

Fig. 2.50

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.6

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.6

1. Dividir em trechos:
   0-4, 4-6, 6-8, 8 em diante.
2. Obter $I \times t$, nos diversos trechos, como segue:

0-4

$$I = at + t_0$$
$$t = 0 \rightarrow I = 20 \rightarrow t_0 = 20$$
$$t = 4 \rightarrow I = 0 \rightarrow 0 = 4a + 20 \rightarrow a = -5$$
$$I = -5t + 20$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.6

4-6

$$I = at + t_0$$

$$a = \text{tg}\ \theta = 20/2 = -10$$

$$I = --10t + t_0$$

$$t = 6 \rightarrow I = -20$$

$$-20 = -10(6) + t_0 \rightarrow t_0 = 40$$

$$I = -10t + 40$$

6-8

$$I = 10\ \text{A}$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.6

3. Obter $(v_2 \times t)$ no resistor $R = 5\ \Omega$

0-4

$$v_2 = RI$$
$$v_2 = 5\,(-\,5t + 20) \qquad\qquad v_2 = -25t + 100$$

4-5

$$v_2 = RI$$
$$v_2 = 5\,(-10t + 40) \qquad\qquad v_2 = -50t + 200$$

6-8

$$v_2 = RI$$
$$v_2 = 5\,(10) \rightarrow \qquad\qquad v_2 = 50\ \text{V}$$

4. Gráfico $v_2 \times t$

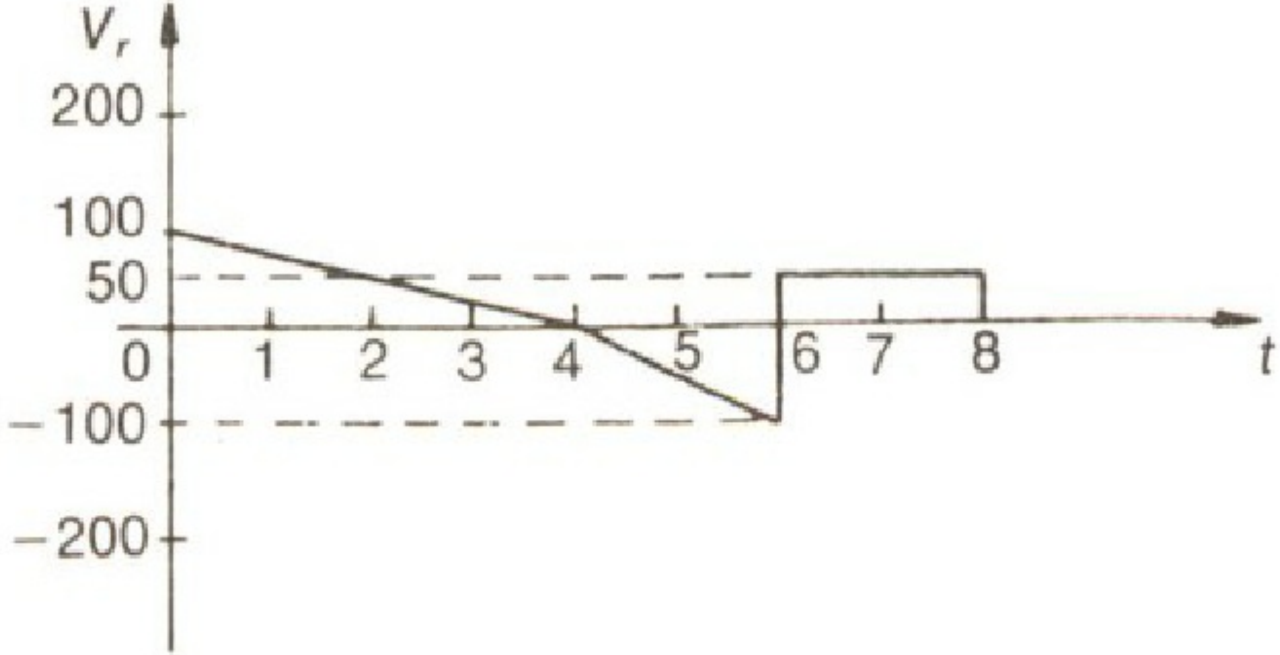

Fig. 2.51 $v_2 \times t$.

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.6

5. Obter v_1 na indutância ($L = 2$ H)

$$v_1 = L \frac{dI}{dt}$$

0-4

$$I = -5t + 20 \qquad \frac{dI}{dt} = -5$$

$$v_1 = -2 \times 5 \qquad\qquad v_1 = -10 \text{ V}$$

4-6

$$I = -10t + 40 \qquad \frac{dI}{dt} = -10$$

$$v_1 = 2 \times (-10) \qquad v_1 = -20 \text{ V}$$

6-8

$$I = 10 \text{ A} \qquad \frac{dI}{dt} = 0$$

$$v_1 = 2 \times 0 = 0$$

6. Gráfico de v_1

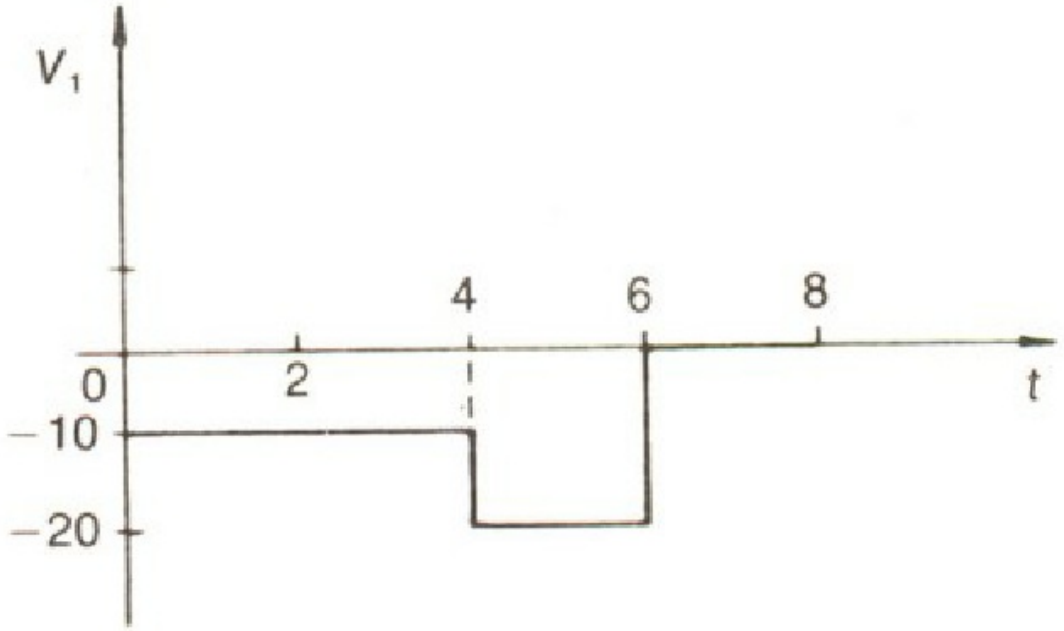

Fig. 2.52 $v_1 \times t$.

7. Cálculo de v_3

$$v_3 = v_1 + v_2$$

0-4

$$v_3 = (-25t + 100) - 10 \qquad v_3 = -25t + 90$$

4-6

$$v_3 = (-50t + 200) - 20 \qquad v_3 = -50t + 180$$

6-8

$$v_3 = 50 + 0 \qquad v_3 = 50 \text{ V}$$

SOLUÇÃO DO EXERCÍCIO 2.6

8. Gráfico de v_3

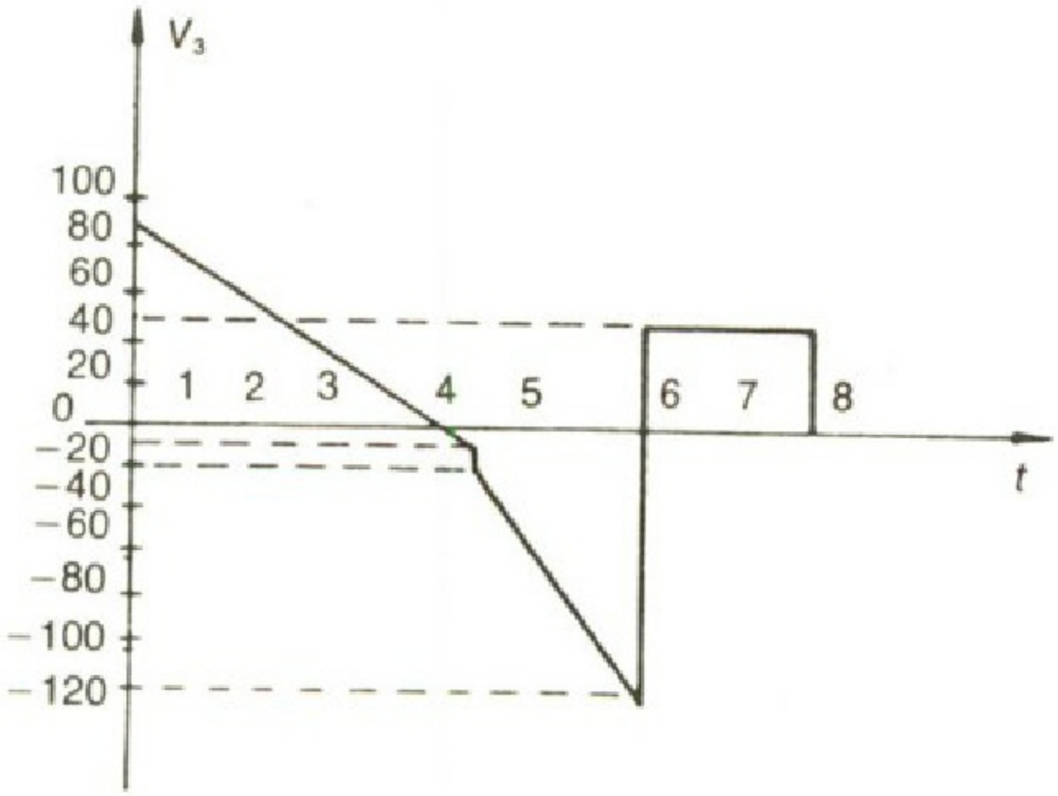

Fig. 2.53 $v_3 \times t$.

EXERCÍCIOS PARA FAZER EM CASA

EXERCÍCIOS 2.8 a 2.14

EXERCÍCIO 2.8

2.8 — Que resistência deve ter um resistor que consome a potência $p = 160$ W, quando ligado ao gerador do problema anterior? Determine o rendimento do gerador nessa situação.

EXERCÍCIO 2.9

2.9 — Uma fonte de tensão contínua tem corrente de curto-circuito $i_{cc} = 10$ A e pode fornecer a potência máxima $P_{máx} = 125$ W. Determinar:

a) a força eletromotriz e a resistência interna da fonte;

b) a corrente na fonte e a tensão em seus terminais quando ela fornece a máxima potência;

c) o rendimento da fonte quando ela alimenta um resistor de resistência $r = 10\ \Omega$;

d) o rendimento da fonte quando ela está ligada a um resistor de resistência igual à sua resistência interna.

EXERCÍCIO 2.10

2.10 — O gráfico da Fig. 2.55 representa a potência fornecida por um gerador de tensão. Determinar:

a) os parâmetros característicos (e_S; r) do gerador;

b) o rendimento do gerador quando fornece uma potência de 100 mW;

c) a resistência do resistor que consome a potência de 160 mW quando ligado a esse gerador.

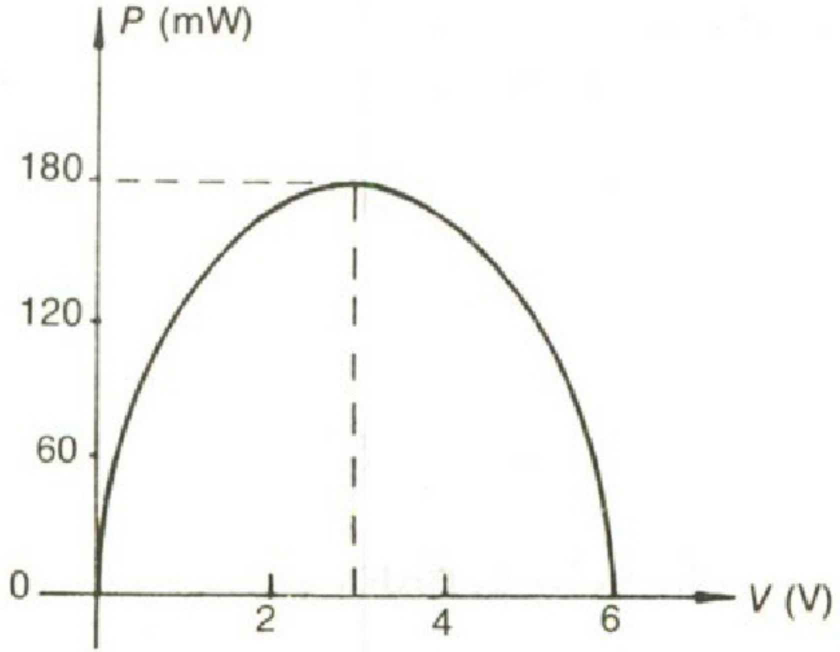

Fig. 2.55

2.11 — No circuito da Fig. 2.56, quando a chave K_1 está fechada e a chave K_2 está aberta, a corrente no gerador G é $I_1 = 100$ mA. Abrindo-se a chave K_1 e fechando-se a K_2, a corrente passa a ser $I_2 = 50$ mA. Determinar:

a) os parâmetros $(e_S; r)$ do gerador;
b) o rendimento do gerador nas duas situações;
c) a potência dissipada no circuito em cada uma das situações indicadas.

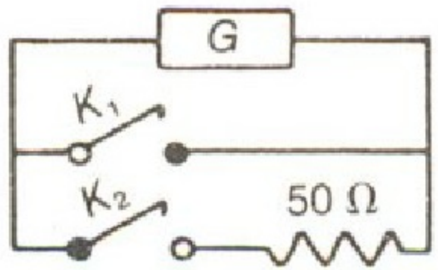

Fig. 2.56

EXERCÍCIO 2.12

2.12 — Em um bipolo, quando $i = 2$ A, verifica-se uma tensão correspondente a $v = 40$ V, e o seu rendimento é 50% para $v = 25$ V. Determinar:

a) os parâmetros (e_S; r) do bipolo;
b) o seu rendimento quando ligado a um resistor de resistência $r = 20\ \Omega$;
c) a máxima potência que o bipolo pode fornecer e o resistor capaZ de consumir essa potência.

2.13 — Uma fonte de corrente tem a característica da Fig. 2.57. Determinar:

a) a equação característica da fonte e a sua condutância interna;
b) a potência máxima que a fonte pode fornecer e o seu rendimento nessa situação;
c) a potência fornecida pela fonte quando a ela está ligado um resistor de resistência $R = 20\ \Omega$. Qual o rendimento da fonte neste caso?

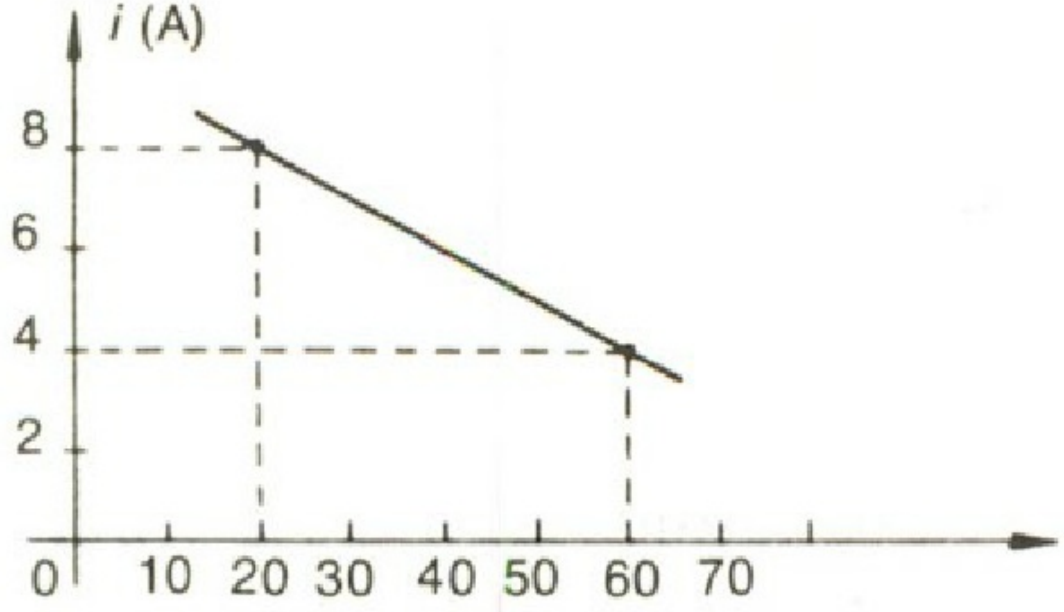

Fig. 2.57

EXERCÍCIO 2.14

2.14 — Quando uma fonte de corrente está ligada a um resistor de resistência $R = 4\Omega$, a tensão em seus terminais é de $v = 16$ V, e, quando está ligada a outro resistor de resistência $R_1 = 6\ \Omega$, o seu rendimento é 25%. Determinar:

a) os parâmetros característicos (i_S, g) da fonte;
b) a máxima potência que a fonte pode fornecer e a resistência de um resistor capaz de consumir essa potência;
c) a resistência que ligada à fonte consome a potência de 60 W. Qual o rendimento da fonte neste caso?