Cap. 2 - Leis Básicas

2.2 - Lei de Ohm

A Lei de Ohm afirma que a tensão $\underline{\underline{V}}$ em um resistor é diretamente proporcional

à corrente $\underline{\underline{i}}$ atra-
vés do resistor.

$$\sigma \propto i$$

$$U = i \cdot R$$

A resistência $\underline{\underline{R}}$ de um elemento representa

sua capacidade
de resistir ao
fluxo de corrente
elétrica; ela
é medida em

ohms (Ω).

$$\boxed{R = \frac{V}{i}}$$

Curto circuito é um elemento de circuitos com resistência que se aproxima

xima de Zero.

$$U = i \cdot R = 0$$

Circuito aberto

é um elemento de circuitos com resistência que se apro xima de infinito

$$i = \lim_{R \to \infty} \frac{V}{R} = 0$$

Devemos destacar que nem todos os resistores obedecem à Lei de Ohm.

Um resistor que
obedece à Lei
de Ohm é conhe_
cido como resis_
tor linear.

Ele tem uma
Resistência
constante.

Já um resistor não-linear não obedece à Lei de Ohm. Sua resistência

Saria com a
corrente.

Condutância é a capacidade de um elemento com duzir corrente elétrica;

ela é medida
em mho ($\mho$) ou
siemens (S).

$$\boxed{i = G \cdot V}$$

$$P = v \cdot i = i^2 \cdot R = \frac{v^2}{R}$$

$$P = v \cdot i = v^2 \cdot G = \frac{i^2}{G}$$

2.3 - Nós, Ramos e Laços

Ramo representa um elemento único como fonte de tensão ou resistor.

Nó é o ponto de conexão entre dois ou mais ramos.

Laço é qualquer caminho fechado em um circuito.

Uma rede com b
ramos, n nós e
l laços indepen
dentes vão satis
fazer o teore-
ma

fundamental da topologia de rede:

$$b = l + n - 1$$

Dois ou mais ele-
mentos estão em
série se eles
compartilharem
exclusivamente
um único nó

e, consequentemente,
transportarem
a mesma corrente.
Dois ou mais ele
mentos estão em
paralelo

se eles estiverem
conectados aos
mesmos dois nós
e, consequentemente,
tiverem a mesma
tensão entre eles.

2.4- Leis de Kirchhoff

A primeira lei de Kirchhoff se baseia na lei da conservação da carga

que exige que a
soma algébrica
das cargas dentro
de um sistema
não pode mudar.

A primeira Lei de Kirchhoff (ou lei dos nós) diz que a soma algébrica das correntes que entram em um nó (ou um limite fechado) é zero.

$$\boxed{\sum_{n=1}^{N} i_n = 0}$$

lei de Kirchhoff para corrente

A soma das corren-
tes que entram
em um nó é igual
à soma das corren-
tes que saem desse
nó.

$$i_1 + i_3 + i_4 = i_2 + i_5$$

A segunda lei de Kirchhoff se baseia no princípio da conservação da energia.

A segunda Lei de Kirchhoff (ou lei das malhas) afirma que a soma algébrica de todas as tensões em torno de um caminho fechado (ou laço) é zero.

$$\boxed{\sum_{m=1}^{M} v_m = 0}$$

lei de Kirchhoff para tensão

A soma das quedas de tensão = A soma das elevações de tensão.

$$\sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_5 = \sigma_1 + \sigma_4$$

2.5 - Resistores em Série e Divisão de Tensão

A resistência equivalente de

qualquer número
de resistores
ligados em série
é a soma das
resistências

individuais.

$$\boxed{R_{eq} = \sum_{n=1}^{N} R_n = R_1 + R_2 + \dots + R_N}$$

Para determinar a tensão em cada resistor, fazemos:

$$\boxed{U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U} \qquad \boxed{U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U}$$

Note que a tensão de entrada $\underline{V}$ é dividida entre os resistores na proporção direta às suas resistências;

quanto maior for
a resistência, maior
a queda de tensão.
Isso é chamado
princípio da divi
são de tensão.

2.6- Resistores em Paralelo e Divisão de Corrente

A resistência equivalente de dois resistores

em panalelo é
igual ao produto
de suas nesistên-
cias dividido
pela sua soma.

$$\boxed{R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}$$

Deve-se enfatizar que isso se aplica apenas a dois resistores em paralelo.

Ao caso geral de um circuito com $\underline{\underline{N}}$ resistores em paralelo, a resistência equivalente é:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

Observe que R_{eq} sempre é menor que a resis-

tência da menor
resistor na asso
ciação em parale
lo.

O princípio da
divisão de corrente
mostra que a
corrente total i
é compartilhada
pela resisto-

Regra da razão inversa de suas resistências.

$$i_1 = \frac{R_2 \cdot i}{R_1 + R_2}$$

$$i_2 = \frac{R_1 \cdot i}{R_1 + R_2}$$

Perceba que a maior corrente flui pela menor resistência.

Normalmente é mais
conveniente usar
condutância em
vez de resistência
ao lidar com re-
sistores em

paralelo. A condu-
tância equiva-
lente para N re-
sistores em para-
lelo é:

$$\boxed{G_{eq} = G_1 + G_2 + \dots + G_N}$$

→ a condutância equivalente de resistores conectados em paralelo é a soma

de suas condu-
tâncias indivi-
duais.
A condutância equi-
valente dos resis-
tores em série

é obtida exata-
mente da mesma
forma que a
R_{eq} dos resisto
res em paralelo.

$$\boxed{\frac{1}{G_{eq}} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \dots + \frac{1}{G_N}}$$

2.7 – Transformações Y-Delta (Estrela-Triângulo)

Muitas vezes surgem situações na análise de circuitos

em que os resistores
não estão nem em
paralelo nem em
série. Temos que
fazer uso, então,
das redes

equivalentes de
três terminais.
Nosso principal
interesse aqui é
como identificá-
las quando

forem parte de
uma rede e como
aplicar a trans-
formação Y-Delta
(ou estrela-triângulo)
na análise da rede.

- Conversão Y-Delta

Cada resistor na rede (Δ) é a soma de todos os produtos possíveis de (Y) resistores extraídos

dois a dois, divi-
dido pelo resistor
(y) oposto.

$$R_a = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3}{R_1}$$

$$\boxed{R_b = \frac{R_1 . R_2 + R_2 . R_3 + R_1 . R_3}{R_2}}$$

$$\boxed{R_c = \frac{R_1 . R_2 + R_2 . R_3 + R_1 . R_3}{R_3}}$$

As redes (Y) e (Δ) são ditas balancea

das quando:

$R_1 = R_2 = R_3 = R_Y$

$R_a = R_b = R_c = R_\Delta$

Sob tais condições, as fórmulas

de conversão ficam:

$$R_Y = \frac{R_\Delta}{3}$$ ou $$R_\Delta = 3 \cdot R_Y$$

Pode-se perguntar

porque R_y é menor

que R_Δ. Bem, notamos que a conexão

em (Y) é como uma

conexão "em série"

ao passo que a
conexão em (Δ)
é como se fosse
uma conexão
"em paralelo".

- Conversão Delta - Y (Triângulo - Estrela)

Cada resistor na rede (Y) é o produto dos resistores

nos dois ramos
adjacentes(Δ), divi
dido pela soma
das três resisto
res(Δ).

$$R_1 = \frac{R_b . R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_2 = \frac{R_c . R_a}{R_a + R_b + R_c}$$

$$\boxed{R_3 = \frac{R_a \cdot R_b}{R_a + R_b + R_c}}$$

Não precisamos memorizar tais equações. Para

transformar uma
rede(Δ) em uma
rede(y), criamos
um nó (n) extra
e seguimos a
regra de con

Sen São.

Resolução de Exercícios

2.17 - Aplicando LKT ao redor de toda a malha externa, obtemos:

$$-24 + v_1 + 10 + 12 = 0$$

$$v_1 = 2V$$

Aplicando a LKT ao redor da

malha que encerra v_2, tensão de 10 V, tensão de 12 V, obtemos:

$$v_2 + 10 + 12 = 0$$

$$v_2 = -22\,V$$

Aplicando a LKT ao redor da malha que encerra v_3, tensão de 10 V, obtemos:

$$-v_3 + 10 = 0$$

$$\boxed{v_3 = 10\,V}$$

2.22 - No nó, LKC traz:

$$+\frac{V_o}{10}+25+2.V_o=0$$

$$\boxed{V_o=-11{,}905\,V}$$

A corrente através da fonte dependente é: $i = 2 \cdot V_0 = -23{,}81\,A$

e a tensão será:

$$V_1 = (10 + 10) \cdot i_0$$

$$\left(\text{onde: } i_0 = -\frac{V_0}{10}\right)$$

$$V_1 = 20 \cdot \left(\frac{11{,}905}{10}\right)$$

$$\boxed{V_1 = 23{,}81\ V}$$

Assim:

$$P_{\substack{fonte \\ dependente}} = V_1 \cdot (-i)$$

$$P_{fd} = (23{,}81) \cdot (23{,}81)$$

$$\boxed{P_{fd} = 566{,}9\ W}$$

2.28 - Ache v_1, v_2, v_3 no circuito deste exercício.

$V_s = 40\,V$

$R_1 = 14\,\Omega$

$R_2 = 15\,\Omega$

$R_3 = 10\,\Omega$

Primeiramente, vamos combinar os resistores em paralelo:

$$R_2 // R_3 = 15 // 10 = \boxed{6\Omega}$$

Agora, vamos apli
car a divisão
de tensão:

$$v_1 = \frac{14}{14+6}(40)$$

$$\boxed{v_1 = 28\,V}$$

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \frac{6}{14+6} \cdot (40)$$

$$\sigma_2 = \sigma_3 = 12$$

2.32 - Primeiramente, vamos combinar os resistores em paralelo:

$$40 // 60 = \frac{40 \times 60}{100} = \boxed{24\,\Omega}$$

$$50 // 200 = \frac{50 \times 200}{250} = \boxed{40\,\Omega}$$

Usando, agora, o princípio da divi-
são de corrente:

$$i_1 + i_2 = \frac{24}{24+40} \cdot (-16) = -6\,A$$

$$i_3 + i_4 = \frac{40}{64} \cdot (-16) = -10\,A$$

$$i_1 = \frac{200}{250} \cdot (-6) = \boxed{-4{,}8\,A}$$

$$i_2 = \frac{50}{250} \cdot (-6) = \boxed{-1{,}2\,A}$$

$$i_3 = \frac{60}{100} \cdot (-10) = \boxed{-6A}$$

$$i_4 = \frac{40}{100} \cdot (-10) = \boxed{-4A}$$

2.57 – $R_{ab} = \dfrac{\overbrace{(6\times12)+(12\times8)+(8\times6)}^{216}}{12} = 18\,\Omega$

$R_{ac} = \dfrac{216}{8} = 27\,\Omega$

$R_{bc} = \dfrac{216}{6} = 36\,\Omega$

$$R_{de} = \frac{\overbrace{(4 \times 2) + (2 \times 8) + (8 \times 4)}^{56}}{8} = 7\,\Omega$$

$$R_{ef} = \frac{56}{4} = 14\,\Omega$$

$$R_{df} = \frac{56}{2} = 28\,\Omega$$

Combinando os resistores em paralelo:

$$10 // 28 = \frac{280}{38} = 7,368\,\Omega$$

$$36 /\!/ 7 = \frac{36 \times 7}{43} = 5{,}868\,\Omega$$

$$27 /\!/ 3 = \frac{27 \times 3}{30} = 2{,}7\,\Omega$$

$$R_{an} = \frac{18 \times 2{,}7}{18 + 2{,}7 + 5{,}868} = \frac{18 \times 2{,}7}{26{,}568}$$

$$R_{an} = 1{,}829\ \Omega$$

$$R_{bn} = \frac{18 \times 5{,}868}{26{,}568} = 3{,}977\ \Omega$$

$$R_{cn} = \frac{5{,}868 \times 2{,}7}{26{,}568} = 0{,}5964\ \Omega$$

$$R_{eq} = 4 + 1{,}829 + (3{,}977 + 7{,}368) // // (0{,}5964 + 14)$$

$$R_{eq} = 5{,}829 + (11{,}346) // (14{,}5964)$$

$$\boxed{R_{eq} = 12{,}21\ \Omega}$$

$$\boxed{i = \frac{20}{R_{eq}} = 1{,}64\ A}$$