

# CIRCUITOS DE C. C. EM SÉRIE, EM PARALELO E MISTOS. PONTE DE WHEATSTONE

## Resistores

Todos os corpos apresentam resistência elétrica, ou seja, oferecem oposição à passagem de uma corrente elétrica.

A resistência de um corpo é determinada pelas suas dimensões e pelo material que o constitui, e pode variar conforme a sua temperatura.

Se medirmos a resistência de vários corpos condutores, todos com a mesma seção transversal, feitos do mesmo material e na mesma temperatura, verificaremos que apresentará maior resistência aquele que tiver o maior comprimento, o que nos permite concluir que **A RESISTÊNCIA ELÉTRICA É DIRETAMENTE PROPORCIONAL AO COMPRIMENTO DO CORPO.**

Do mesmo modo, se tomarmos vários condutores de comprimentos iguais, todos feitos com o mesmo material e na mesma temperatura, observaremos que apresentará maior resistência o que tiver menor seção transversal, e poderemos concluir que **A RESISTÊNCIA ELÉTRICA É INVERSAMENTE PROPORCIONAL À SEÇÃO TRANSVERSAL DO CORPO.**

Por último, poderíamos medir a resistência de vários condutores, todos com o mesmo comprimento, a mesma seção transversal e na mesma temperatura, porém feitos de materiais diferentes. Verificaríamos que, apesar de serem iguais os fatores já considerados, haveria diferenças nas medições efetuadas. Isto faz-nos concluir que **O MATERIAL QUE CONSTITUI O CORPO, isto é, a sua estrutura INFLUI NA RESISTÊNCIA QUE OFERECE.**

Para podermos avaliar a influência que os materiais de que são constituídos os corpos exercem sobre as suas resistências elétricas, tomamos amostras dos mesmos com dimensões (comprimento e seção transversal) escolhidas, todas na mesma temperatura, e medimos suas resistências. Os valores encontrados são resistências correspondentes a comprimentos e seções conhecidas e como sabemos que a resistência é diretamente proporcional ao comprimento e inversamente proporcional à seção transversal será fácil determinar a resistência de um corpo feito de um determinado material e com seção transversal e comprimento conhecidos.

Os valores a que nos referimos no item anterior são organizados em tabelas, nas quais são esclarecidas as unidades de comprimento e seção utilizadas. Esses valores são conhecidos como RESISTÊNCIAS ESPECÍFICAS ou RESISTIVIDADES dos materiais a que se referem.

Não é difícil concluir que a resistência de um corpo é diretamente proporcional à sua resistividade, que designamos com a letra grega  $\rho$  (rhô).

Do exposto nos parágrafos anteriores, podemos escrever que

$$R_t = \frac{\rho_t l}{S}$$

Resistência	ohm	ohm	ohm	ohm
Seção	mm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	CM
Comprimento	m	m	cm	pé
Resistividade	ohm.mm <sup>2</sup> /m	ohm.m <sup>2</sup> /m ou ohm.m	ohm.cm <sup>2</sup> /cm ou ohm.cm	ohm.CM/pé

NOTA: CM é a abreviatura de CIRCULAR MIL, uma unidade inglesa de área circular. É definida como a área de um círculo com um diâmetro igual a um MILÉSIMO DE POLEGADA (um MIL). Corresponde a 1/1973 do milímetro quadrado.

De acordo com o que já foi estudado, é perfeitamente possível fazer um corpo com um determinada resistência, com o fim específico de, por exemplo, limitar a corrente numa determinada ligação ou produzir uma certa queda de tensão. Esses elementos, encontrados em praticamente todos os aparelhos elétricos e eletrônicos, são os RESISTORES, que são fabricados em formas e valores diversos, bem como para

- $R_t$  = resistência do corpo numa determinada temperatura "t".
- $l$  = comprimento do corpo
- $S$  = área da seção transversal do corpo
- $\rho_t$  = resistividade do material de que é feito o corpo, na mesma temperatura "t" em que se deseja determinar a resistência.

Deduz-se que

$$\rho_t = \frac{R_t S}{l}$$

A resistividade pode ser dada em várias unidades, conforme as unidades escolhidas para "R", "S" e "l", o que pode ser observado na tabela abaixo:

dissipações variadas (ver o capítulo anterior).

Como é óbvio, não é possível fabricar essas peças em todos os valores que possam ser desejados pelos que projetam equipamentos elétricos ou eletrônicos, de modo que é necessário combiná-los para obter os valores que são requeridos.

### Associação de Resistores

Essa combinação ou associação de resistores pode ser efetuada de três modos:

- em SÉRIE
- em PARALELO
- MISTA

A associação em série resulta num aumento de resistência, pois as resistências dos diversos resistores se somam:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

$R_t$  = resistência total ou equivalente

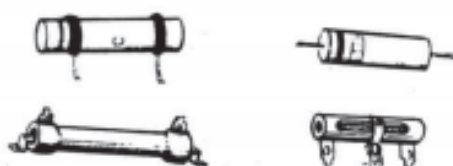
$R_1, R_2, R_3$ , etc. = resistências dos diversos resistores.

Obs.: Se todos os resistores tiverem o mesmo valor, bastará multiplicar esse valor pelo número de peças usadas, para obter  $R_t$ .

Para ligar resistores em série é necessário unir um dos terminais de um deles a um dos terminais do outro. A resistência total é a que existe entre os terminais livres.

Se fossem três ou mais resistores em série, ligaríamos todos eles de modo a constituírem um único caminho para qualquer coisa que tivesse de se deslocar de um extremo ao outro da ligação.

A resistência elétrica de um resistor ou de um corpo qualquer é simbolizada da seguinte maneira:



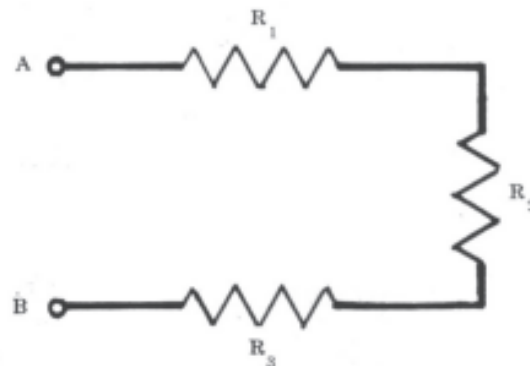
RESISTORES



SÍMBOLO DE RESISTÊNCIA

FIG. V-1

Uma ligação de resistores em série é representada esquematicamente como se segue:

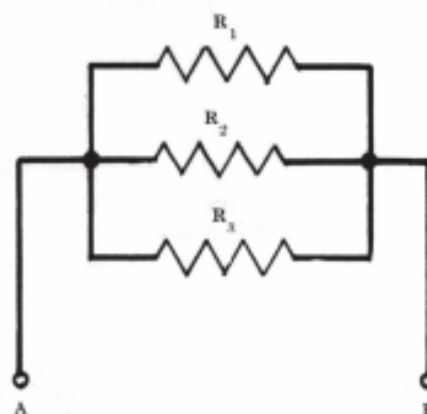


TRÊS RESISTORES EM SÉRIE

"A" E "B" = EXTREMOS DA LIGAÇÃO

FIG. V-2

Associar resistores em paralelo é ligá-los de tal modo que os extremos de cada um fiquem ligados diretamente aos extremos correspondentes dos outros, e os dois pontos que resultam das uniões são os extremos da ligação:



TRÊS RESISTORES EM PARALELO

"A" E "B" = EXTREMOS DA LIGAÇÃO

FIG. V-3

A resistência total neste caso é sempre menor do que o menor valor utilizado na ligação e é determinada do seguinte modo:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Quando trabalhamos com apenas dois resistores, podemos usar a expressão abaixo, derivada da anterior:

$$R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$R_1$  e  $R_2$  = valores dos resistores

Quando todos os resistores têm valores iguais, basta dividir o valor de um deles pelo número de peças utilizadas na associação:

$$R_t = \frac{R}{n}$$

$R$  = valor de um dos resistores iguais

$n$  = quantidade de elementos usados na associação

Mas, como poderia ser explicada a diminuição de resistência resultante da associação em paralelo?

Tentaremos responder a esta pergunta. Se os terminais de um resistor fossem ligados aos terminais de um gerador, os elétrons que saíssem de um terminal do gerador para o outro **DISPORIAM APENAS DE UM CAMINHO**, com uma determinada resistência, e a intensidade da corrente seria limitada a um certo valor. Se em seguida ligássemos outro resistor do mesmo modo, outro caminho seria estabelecido, e por esse novo caminho

passariam outros elétrons; o número total de elétrons que poderiam passar por segundo de um terminal para outro seria maior do que antes, pois seria a soma das intensidades nos dois caminhos. Ora, embora a ligação de outro resistor não modificasse a situação no primeiro resistor, **PARA TODOS OS EFEITOS A DIFICULDADE TOTAL SERIA MENOR**, porque o número total de elétrons que se deslocariam por segundo de um terminal para o outro aumentaria, embora a tensão entre os terminais do gerador não tivesse mudado (rever a Lei de Ohm).

A ligação de outros resistores aumentaria o número de caminhos e, em conseqüência, maior seria a intensidade total da corrente; como a tensão entre os dois pontos considerados seria sempre a mesma, concluiríamos que a dificuldade total oferecida pelo conjunto de resistores seria menor do que quando tínhamos apenas um resistor.

O que foi afirmado nos parágrafos anteriores se aplica também à associação de quaisquer outros elementos que apresentem resistência elétrica e que sejam associados nas formas estudadas.

A associação mista é simplesmente a combinação das formas anteriores, e apresenta simultaneamente as características mencionadas.

### **Condutividade (K)**

Condutividade de um material é o inverso da sua resistividade e, portanto, refere-se à condutância de uma amostra do mesmo, com dimensões determinadas:

$$k = \frac{1}{\rho} = \frac{l}{RS}$$

Damos a seguir as unidades usuais de condutividade:

1/ohm. metro = siemens/metro

1/ohm. centímetro

m/ohm. mm<sup>2</sup>

pé/ohm. CM

### Condutividade Percentual (K%)

Um tipo de cobre que apresenta uma resistência de 0,153 28 ohm por grama de peso e por metro de comprimento, na temperatura de 20° C, é considerado como o PADRÃO INTERNACIONAL DO COBRE.

A condutividade de qualquer tipo comercial de cobre é, então, comparada à do cobre padrão, e expressa em termos de percentagem. A condutividade dos tipos de cobre normalmente usados em Eletrotécnica é menor do que a do padrão. Também é comum exprimir a condutividade de qualquer outro material condutor em relação ao cobre padrão.

### Circuitos de C. C.

Para que tenhamos um circuito basta que liguemos um dispositivo elétrico qualquer a um gerador (ou qualquer coisa que nos proporcione uma diferença de potencial). O dispositivo que recebe a energia elétrica fornecida pelo gerador é chamado CARGA ou CONSUMIDOR. A ligação da carga ao gerador é feita quase sempre por meio de fios de material condutor de eletricidade.

Vários aparelhos ou peças podem ser ligados ao mesmo gerador (à mesma fonte de eletricidade), constituindo circuitos mais complexos.

De acordo com o modo como estão ligados todos os elementos que atuam como consumidores de energia no cir-

cuito, este pode ser classificado em um dos três tipos abaixo:

- SÉRIE
- PARALELO
- MISTO

### Características de circuitos em série

Num circuito em série, todos os elementos ligados à fonte estão em série, e os elétrons dispõem de um único caminho unindo os terminais da fonte.

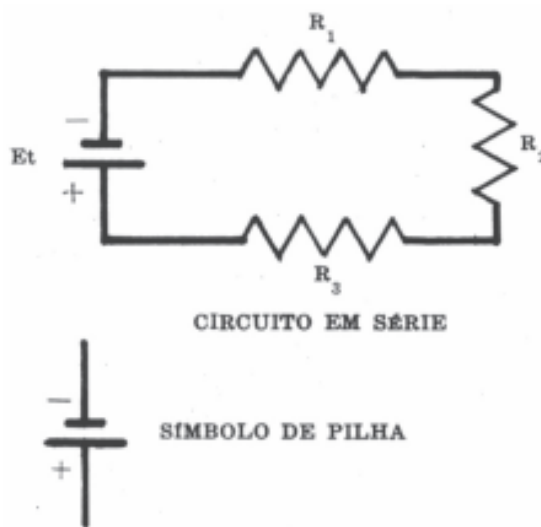


FIG. V-4

Neste tipo de circuito, a dificuldade total oferecida à passagem dos elétrons é dada pela equação já estudada para a associação de resistores em série:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

$R_t$  = resistência total ou equivalente

$R_1, R_2, R_3$ , etc. = resistências dos diversos elementos ligados à fonte.

A intensidade da corrente é a mes-

ma em qualquer parte do circuito, isto é, em qualquer seção do circuito estará passando o mesmo número de elétrons por segundo.

Vejamos um fato com certa semelhança, para compreendermos este fenômeno. Se numa rua estivesse sendo realizada uma parada militar, e todos os soldados marchassem com a mesma cadência, várias pessoas colocadas em pontos diferentes da rua veriam passar o mesmo número de soldados na unidade de tempo. Assim acontece com os elétrons em movimento no circuito em série. É conveniente frisar que não são os mesmos elétrons que passam na unidade de tempo em todos os pontos do circuito, e que o importante é a quantidade de elétrons que passam na unidade de tempo em qualquer ponto do circuito, pois disto é que dependem os efeitos da corrente elétrica.

Do exposto,

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$$

$I_t$  = corrente total, ou seja, número de elétrons que deixam por segundo o terminal negativo da fonte (ou que chegam por segundo ao terminal positivo da fonte).

$I_1, I_2, I_3$  etc. = designações dadas à corrente ao passar pelos elementos cujas resistências são, respectivamente,  $R_1, R_2, R_3$ , etc.

A diferença de potencial entre os terminais da fonte é igual à soma das diferenças de potencial entre os extremos de cada um dos elementos associados em série, e que constituem a carga do circuito:

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

$E_t$  = d. d. p. entre os terminais do gerador (fonte), com o circuito em funcionamento; tensão aplicada aos elementos alimentados pela fonte.

$E_1, E_2, E_3$ , etc. = d. d. p., entre os terminais, respectivamente, de  $R_1, R_2, R_3$ , etc.

Esta afirmação está de acordo com o que estudamos a respeito de tensão e queda de tensão; a energia gasta para transportar um coulomb de um terminal a outro do gerador (tensão total) deve ser igual à soma das energias gastas para fazer o mesmo coulomb atravessar todos os componentes do circuito (tensões parciais ou quedas de tensão).

### Características de Circuitos em Paralelo

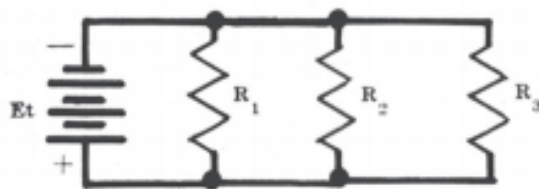
Num circuito em paralelo, todos os elementos ligados à fonte estão em paralelo e, assim, os elétrons dispõem de vários caminhos ligando os terminais da fonte.

A resistência total é calculada como foi estudado na associação de resistores em paralelo:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

$R_t$  = resistência total dos diversos componentes associados em paralelo e ligados ao gerador (fonte).

$R_1, R_2, R_3$ , etc. = resistência dos componentes.



CIRCUITO EM PARALELO



CONJUNTO DE PILHAS  
(BATERIA)

FIG. V-5

A intensidade total da corrente (número total de elétrons que abandonam o terminal negativo da fonte em cada segundo, ou que chegam ao terminal positivo em cada segundo) é a soma das intensidades medidas nos diversos braços (diversas derivações) do circuito:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

A explicação dada para justificar a diminuição da resistência na associação de resistores em paralelo se aplica a esta equação.

Como neste tipo de circuito os terminais de cada componente devem ser ligados aos terminais da fonte, cada um deles está sendo submetido à diferença de potencial que existe entre os terminais da fonte.

Portanto,

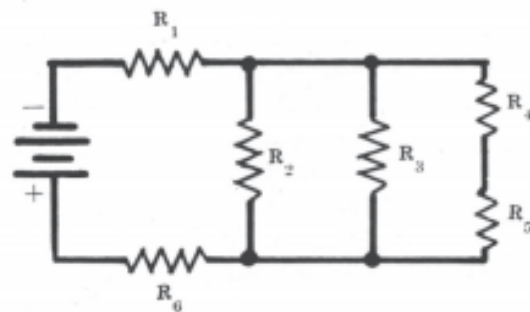
$$E_t = E_1 = E_2 = E_3 = \dots$$

$E_t$  = d. d. p. entre os terminais da fonte, com o circuito em funcionamento.

$E_1, E_2, E_3$ , etc. = d. d. p. entre os terminais, respectivamente, de  $R_1, R_2, R_3$ , etc.

### Características dos Circuitos Mistos

Estes circuitos apresentam, simultaneamente, as características dos circuitos em série e em paralelo, pois são combinações dos dois tipos.



CIRCUITO MISTO

FIG. V-6

### Observações

Todos os geradores ou fontes de alimentação apresentam resistência própria, que é conhecida como RESISTÊNCIA INTERNA. Esse valor deve ser computado como se fosse um dos componentes do circuito, EM SÉRIE com o conjunto dos outros componentes.

Quando consideramos a resistência interna da fonte, o valor de  $E_t$  (em qualquer circuito) corresponde à diferença de potencial entre os terminais da fonte, sem qualquer coisa ligada aos mesmos (fonte em circuito aberto. É necessário lembrar que a energia gasta para levar um coulomb de um terminal ao outro da fonte inclui a parcela gasta internamente na própria fonte.

Assim, é comum limitar o uso da expressão FORÇA ELETROMOTRIZ para designar a d. d. p. entre os terminais da fonte quando nada está ligado aos mesmos; a força eletromotriz de uma fonte é, portanto, sempre maior do que a d. d. p. entre seus terminais, quando ela está alimentando um circuito qualquer.

EXEMPLOS:

1 – Determinar a resistência a 20° C de um condutor de alumínio de 100 pés de comprimento e de 133.000 CM de seção transversal. A resistividade do alumínio, a 20° C, é 17 ohms. CM/pé.

SOLUÇÃO:

$$R_{20} = \frac{\rho^{20} l}{S} = \frac{17 \times 100}{133.000} = 0,01 \text{ ohm}$$

2 – Três resistores (10, 30 e 50 ohms) foram ligados em série. Em seguida foi aplicada ao conjunto uma tensão de 270 V. Determinar: a)  $R_t$ ; b)  $I_t$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$ ; c)  $E_1$ ,  $E_2$  e  $E_3$ ; d) energia total gasta no circuito em 3 horas; e) potência em  $R_3$ .

SOLUÇÃO:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 30 + 50 = 90 \text{ ohms}$$

$$I_t = \frac{E_t}{R_t} = \frac{270}{90} = 3 \text{ A}$$

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = 3 \text{ A}$$

$$E_1 = I_1 R_1 = 3 \times 10 = 30 \text{ V}$$

$$E_2 = I_2 R_2 = 3 \times 30 = 90 \text{ V}$$

$$E_3 = I_3 R_3 = 3 \times 50 = 150 \text{ V}$$

$$W_t = E_t I_t t = 270 \times 3 \times 3 = 2.430 \text{ Wh}$$

$$P_3 = E_3 I_3 = 150 \times 3 = 450 \text{ W}$$

3 – Quatro resistores de, respectivamente, 2, 4, 12 e 60 ohms foram associados em paralelo. O conjunto foi ligado a uma fonte de tensão desconhecida. Determinar a tensão da fonte e a intensidade da corrente que ela fornece, sabendo que a tensão medida entre os terminais do resistor de 12 ohms foi de 240 V. Determinar ainda a resistência total.

SOLUÇÃO:

$$E_t = E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = 240 \text{ V}$$

$$I_1 = \frac{E_1}{R_1} = \frac{240}{2} = 120 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{E_2}{R_2} = \frac{240}{4} = 60 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{E_3}{R_3} = \frac{240}{12} = 20 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{E_4}{R_4} = \frac{240}{60} = 4 \text{ A}$$

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 204 \text{ A}$$

$$R_t = \frac{E_t}{I_t} = \frac{240}{204} = 1,17 \text{ ohm}$$

Ponte de Wheatstone

Se observarmos a Fig. V-7, poderemos concluir que não existe corrente em "R" quando não há diferença de potencial entre "B" e "D".



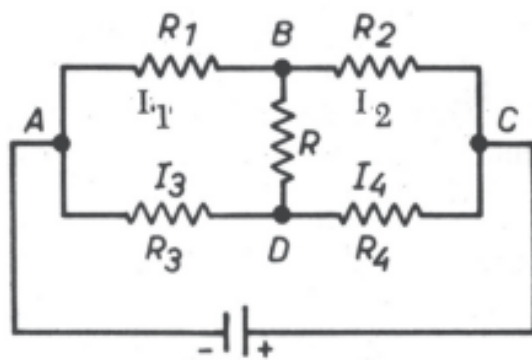


FIG. V-7

Para que "B" e "D" tenham o mesmo potencial é necessário que

$$E_{AB} = E_{AD} \text{ ou } R_1 I_1 = R_3 I_3$$

e

$$E_{BC} = E_{CD} \text{ ou } R_2 I_2 = R_4 I_4$$

Podemos escrever também que

$$\frac{I_2}{I_4} = \frac{R_4}{R_2}$$

e

$$\frac{I_1}{I_3} = \frac{R_3}{R_1}$$

Mas, se não passa corrente por "R",

$$I_1 = I_2$$

$$I_3 = I_4$$

Tendo em vista as igualdades acima, podemos escrever:

$$\frac{R_3}{R_1} = \frac{R_4}{R_2}$$

Esta expressão permite-nos concluir que é possível determinar o valor de qualquer dos resistores, desde que sejam conhecidos os valores dos outros.

Quando existe a condição estudada ( $I_R = 0$ ), dizemos que o circuito está EM EQUILÍBRIO.

O circuito em apreço é conhecido como PONTE DE WHEATSTONE, principalmente na forma da Fig. V-8, onde um galvanômetro (instrumento que indica a existência de uma corrente elétrica) substitui o resistor "R",

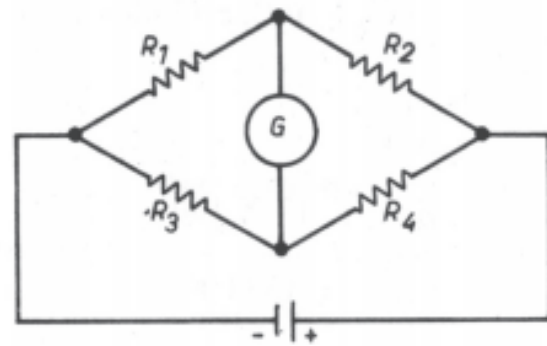
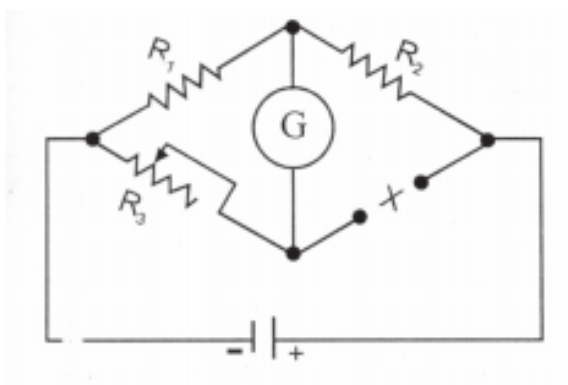


FIG. V-8

Quando não passar corrente no galvanômetro, a PONTE ESTARÁ EM EQUILÍBRIO e haverá a igualdade

$$\frac{R_3}{R_1} = \frac{R_4}{R_2}$$

Este circuito é muito útil e de grande precisão para a medição de resistências. Utilizando um resistor variável em um dos braços, podemos determinar o valor de um resistor qualquer colocado em outro braço, mantendo fixos os valores dos outros dois. (Fig. V-9.)



$R_3$  = Resistor Variável e seu símbolo

FIG. V-9

O valor do resistor desconhecido (X) é dado pela equação

$$X = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

As pontes de Wheatstone comerciais apresentam-se sob diversos aspectos, porém seu princípio de funcionamento é o exposto nos parágrafos anteriores.

Ainda para experiências e demonstrações em laboratório temos a ponte de Wheatstone de fio: sobre uma tábua de comprimento aproximadamente igual a um metro temos dois bornes, entre os quais há um fio estirado. Este fio é de diâmetro uniforme e cada pedaço do mesmo tem a mesma resistência que qualquer outro pedaço de comprimento igual. Ainda sobre a tábua, e paralelamente ao fio acima referido, há uma lâmina de bronze sobre a qual desliza um cursor, ao mesmo tempo que faz contato com o fio.

O espaço entre "A" e "B", isto é, o comprimento total do fio, é dividido

em um número qualquer de partes iguais (geralmente 100), divisões estas marcadas sobre a base de madeira. Para determinarmos a resistência de um condutor qualquer usamos ainda resistores conhecidos (geralmente uma caixa de resistores) e efetuamos as ligações; já conhecidas (Fig. V-10).

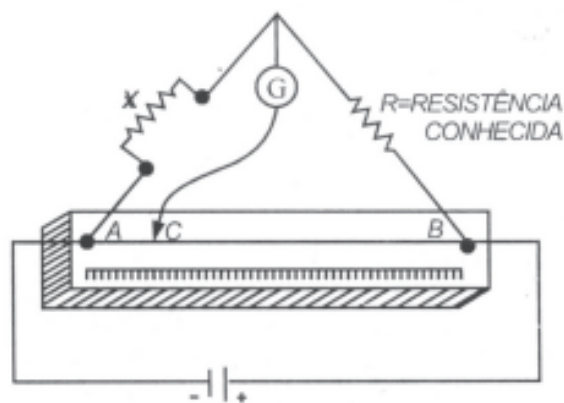


FIG. V-10

Fazendo deslizar o cursor "C", conseguimos fazer com que não passe corrente através do galvanômetro (G), ficando a ponte em equilíbrio, situação que permite aplicar a proporção que existe entre as diversas resistências:

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

No nosso caso temos:

$$\frac{X}{AC} = \frac{R}{BC}$$

donde

$$X = \frac{AC \cdot R}{BC}$$

Sabemos que as resistências de “AC” e de “BC” são proporcionais aos seus comprimentos, e, portanto, basta aplicar seus valores na última expressão, determinando assim o valor da resistência desconhecida. Exemplo: suponhamos que o comprimento “AC” seja igual a 30, o comprimento “BC” seja igual a 20 e a resistência “R” seja de 60 ohms. A resistência “X” é

$$X = \frac{30 \times 60}{20} = 90 \text{ ohms}$$

### EXEMPLOS:

1 – O ramo superior do circuito (Fig. V-11) é uma barra condutora de 100 centímetros. Não passa corrente pelo medidor, quando ele está ligado ao ponto onde se lê “20 cm”. Qual é o valor de  $R_x$ ?

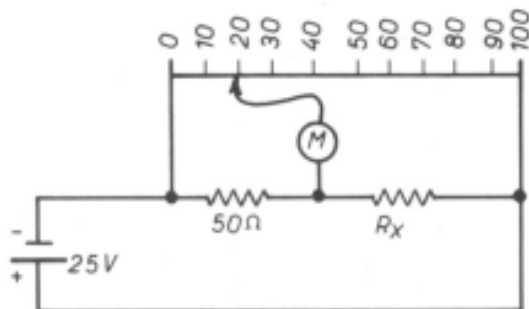


FIG. V-11

SOLUÇÃO:

$$R_x = \frac{50 \times 80}{20} = 200 \text{ ohms}$$

2 – “ $I_2$ ” indica corrente zero, na Fig. V-12. Qual é o valor de “R”, o de “ $I_1$ ” e o de “ $I_3$ ”?

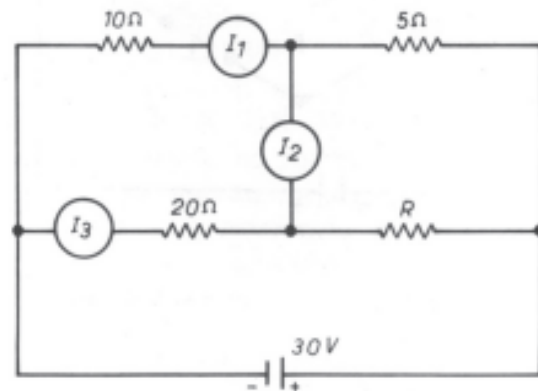


FIG. V-12

SOLUÇÃO:

$$R = \frac{20 \times 5}{10} = 10 \text{ ohms}$$

$$10 + 5 = 15 \text{ ohms}$$

$$20 + 10 = 30 \text{ ohms}$$

$$I_1 = \frac{30}{15} = 2A$$

$$I_3 = \frac{30}{30} = 1A$$

### PROBLEMAS

### CIRCUITO DE CORRENTE CONTÍNUA EM SÉRIE, EM PARALELO E MISTOS

#### PONTE DE WHEATSTONE:

1 – Um aquecedor elétrico consiste de duas bobinas, cada uma com 40

ohms de resistência. As bobinas podem ser ligadas em série ou em paralelo. Calcular o calor produzido em cada caso, em 5 minutos. A tensão da fonte é de 120 V.

R.: 12.960 cal; 51.840 cal

2 – Quantos resistores de 40 ohms devem ser ligados em paralelo a uma fonte de 120 volts, para fornecer calor numa razão de 864 calorias por segundo?

R.: 10 resistores

3 – Três condutores de, respectivamente, 2, 4 e 6 ohms podem ser associados de oito maneiras diferentes. Calcular a resistência equivalente em cada caso.

R.: 12 ohms; 4,4 ohms; 5,5 ohms;  
7,33 ohms; 1,66 ohms; 2,67 ohms;  
3 ohms; 1,09 ohm.

4 – Dois resistores, um deles de 60 ohms, são ligados em série a uma bateria de resistência desprezível. A corrente no circuito é de 1,2 A. Quando um outro resistor de 100 ohms é adicionado em série, a corrente cai a 0,6 A. Calcular: a) f.e.m. da bateria; b) o valor do resistor desconhecido.

R.: 120 V; 40 ohms

5 – 20 lâmpadas incandescentes, de 100 W, funcionam em paralelo sob a tensão de 120 V. Determinar: a) a intensidade da corrente solicitada pelo conjunto; b) a resistência (a quente) do filamento de cada lâmpada.

R.: 16 A; 150 ohms

6 – Um gerador de corrente contínua de 120 V tem 4 ohms de resistência interna. Sendo de 10 A a corrente fornecida, calcular a resistência do circuito externo.

R.: 8 ohms

7 – Três resistores de 4, 3 e 2 ohms, respectivamente, são ligados em paralelo. Sabendo que a corrente que percorre o primeiro é de 3 A, calcular as correntes nos outros dois, a tensão aplicada ao conjunto e a corrente total solicitada.

R.: 4 A; 6 A; 12 V; 13 A

8 – Havendo disponíveis apenas resistores de 1.000 ohms para 0,1 A, e sendo necessário um de 200 ohms para utilização num dado circuito, indicar a maneira de associá-los e a corrente total máxima permissível no circuito.

R.: 5 resistores em paralelo; 0,5 A

9 – Num circuito retangular, as resistências dos lados **AB**, **BC**, **CD** e **DA** são, respectivamente, 5 ohms, 2 ohms, 6 ohms e 1 ohm. Os vértices **D** e **B** estão ligados por um resistor de 8 ohms. Calcular as correntes através dos diversos resistores, quando uma d. d. p. de 25 V é aplicada aos pontos A e B.

R.:  $I_{AB} = I_{DA} = 5$  A

$I_{BC} = I_{CD} = I_{BD} = 2,5$  A

10 – Uma turbina hidráulica aciona um gerador de corrente contínua de 75 H.P. Sendo necessária a utilização de energia a 1.500 metros de distância, determinar o número do condutor de cobre padrão para efetuar o seu transporte, com uma perda admissível de 8%, sabendo que a tensão na estação geradora (considerada constante) é de 600 V. (Determinada a seção do condutor, o número pode ser obtido numa tabela de fios).

R.: 0000

11 – Numa instalação residencial existem 5 lâmpadas iguais em paralelo. Sabendo que a energia total consumida pelo conjunto, depois de 3 horas, é de

0,9 kWh, calcular a corrente que cada lâmpada solicita e a resistência total do conjunto. A tensão aplicada do conjunto é de 100 V.

R.: 0,6 A; 33,3 ohms

12 – Calcular os itens abaixo, referentes ao circuito da Fig. V-13, sabendo que a potência dissipada no resistor  $R_1$  é de 0,156 W.

- resistência equivalente;
- intensidade total da corrente;
- queda de tensão no resistor  $R_1$ .

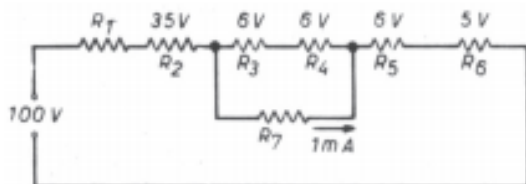


FIG. V-13

R.: 33.333 ohms; 0,003 A; 42 V

13 – Um conjunto de dois receptores em paralelo, de 8 e 12 ohms respectivamente, está ligado a um gerador por dois condutores de 0,6 ohm (cada) de resistência. Calcular a corrente em cada receptor e a fornecida pelo gerador, quando um voltímetro ligado aos terminais deste marcar 60 V.

R.: 6 A; 4 A; 10 A

14 – No circuito da Fig. V-14, determinar:

- o valor de “R”;
- a resistência total;
- o valor de “E”.

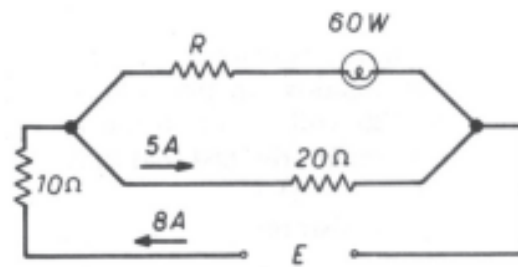


FIG. V-14

R.: 26,6 ohms; 22,5 ohms; 180 V

15 – Dado o circuito da Fig. V-15, determinar  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_6$ ,  $I_8$ ,  $R_t$ ,  $P_t$  e  $P_3$ .

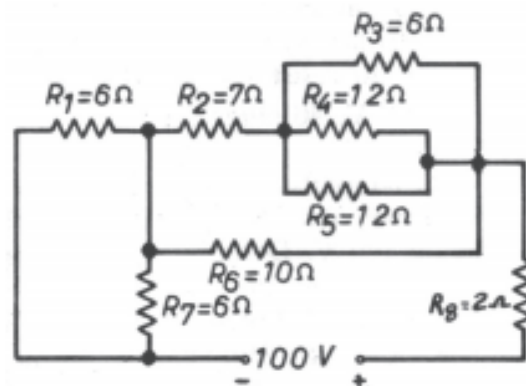


FIG. V-15

R.: 10 A; 5 A; 5 A; 10 A; 10 ohms; 1.000 W; 37,5 W

16 – No circuito da Fig. V-16, o amperímetro permite medidas de 0 a 1 A e o voltímetro tensões de 0 a 200 V. Sendo de 2 ohms a resistência interna do amperímetro e de 100 ohms a do voltímetro, determinar o valor do “shunt” S e do resistor R para que, com a tensão de 200 V aplicada ao conjunto, as agulhas dos instrumentos fiquem na metade de suas respectivas escalas.

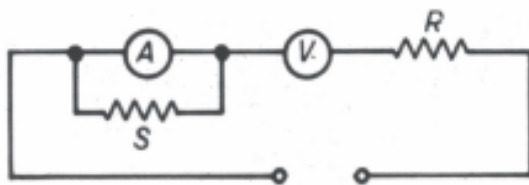


FIG. V-16

R.:  $S = 2$  ohms;  $R = 99$  ohms

17 – Determinar, no circuito abaixo (Fig. V-17), a resistência equivalente e as correntes “I”, “I<sub>1</sub>” e “I<sub>5</sub>”.

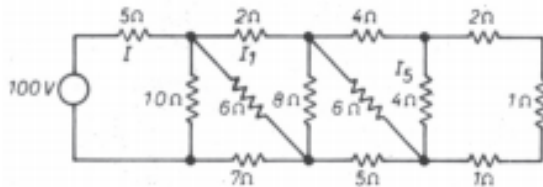


FIG. V-17

R.:  $I = 10$  A;  $I_1 = 2,5$  A;  
 $I_5 = 0,3$  A  $R_t = 10$  ohms

18 – Dado o circuito (Fig. V-18), calcular:

- a resistência total;
- perdas por efeito de Joule, em 10 segundos;
- potência total.

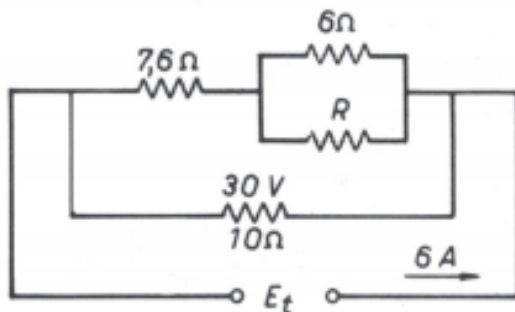


FIG. V-18

R.: 9,59 ohms; 15.015 J; 1.501 W

19 – Determinar:

- $E_t$
- $R$
- Trabalho realizado em “R”, em 2 horas
- $R_t$

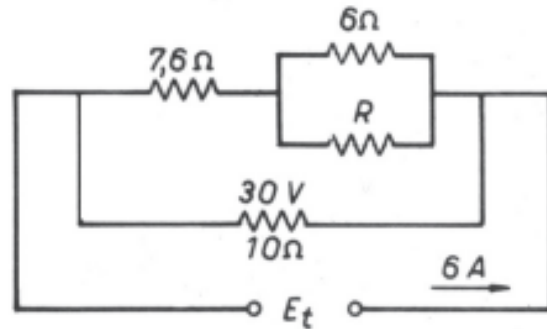


FIG. V-19

R.: 30 V; 4 ohms; 93.312 J;  
 5 ohms

20 – Determinar:

- tensão total
- resistência total
- potência total
- Quantidade de calor, em calorias, produzida no resistor de 45 ohms, em 3 horas

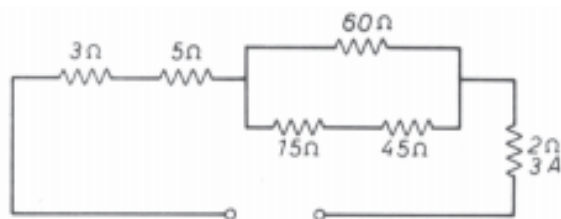


FIG. V-20

R.: 120 V; 40 ohms; 360 W;  
 262.440 cal

21 – Dada a estrutura (Fig. V-21), determinar a resistência equivalente e a corrente que passa no braço BC.

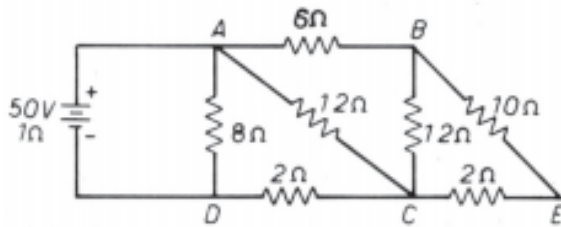


FIG. V-21

R.: 5 ohms; 1,25 A

22 – Dado o circuito da figura V-22, determinar as correntes que atravessam os diversos resistores, e dizer se as lâmpadas (6V e 3W cada) funcionam nas condições normais. A resistência de cada lâmpada é considerada constante.

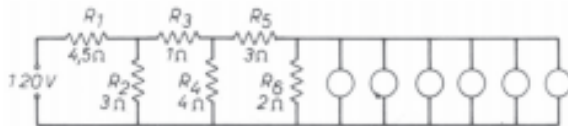


FIG. V-22

R.:  $I_1 = 20 \text{ A}; I_2 = 10 \text{ A};$   
 $I_3 = 10 \text{ A}; I_4 = 5 \text{ A};$   
 $I_5 = 5 \text{ A}; I_6 = 2,5 \text{ A}$

As lâmpadas não funcionam normalmente, porque lhes é aplicada uma tensão de apenas 5 V.

23 – Dada a estrutura (Fig. V-23). Determinar:

- uma expressão para  $R_4$ , de tal modo que a intensidade da corrente no galvanômetro (G) seja nula;
- as correntes nos diversos braços, quando  $R_1 = 12 \text{ ohms}$ ,  $R_2 = 8 \text{ ohms}$ ,  $R_3 = 3 \text{ ohms}$  e  $R_4 = 2 \text{ ohms}$ ;

- a quantidade de eletricidade fornecida pela fonte em 20 minutos;
- a quantidade de calor produzida em  $R_2$  (8 ohms) em 10 horas.

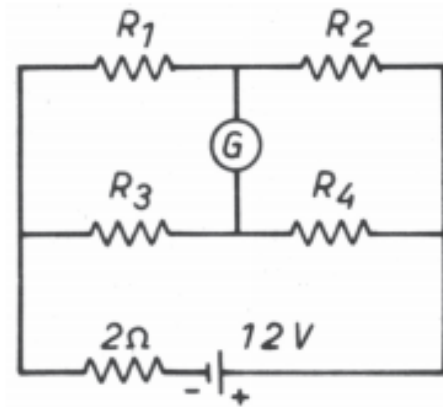


FIG. V-23

R.:  $R_4 = R_2 R_3 / R_1$

$I_1 = I_2 = 0,4 \text{ A}; I_3 = I_4 = 1,6 \text{ A}; I_t = 2 \text{ A}.$

2.400 C

46.080 J

24 – Determinar:

- $I_t$
- $P_t$
- Energia consumida no resistor  $R_4$  em 5 minutos

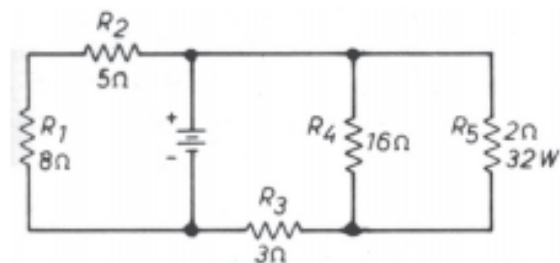


FIG. V-24

R.: 6,1 A; 131,15 W; 1.200 J

25 – Determinar:

- $I_t$
- $P_t$
- Energia gasta no resistor  $R_3$  em 2 minutos

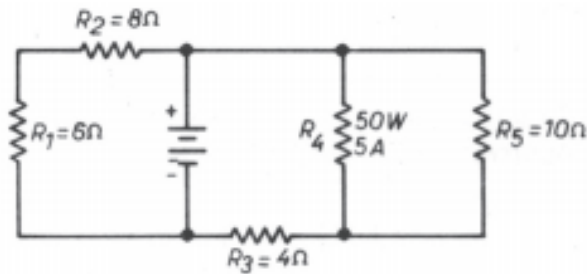


FIG. V-25

R.: 8,4 A; 285,6 W; 17.280 J

26 – Determinar:

- $E_t$
- $P_t$
- Energia consumida em  $R_3$ , em 2 segundos

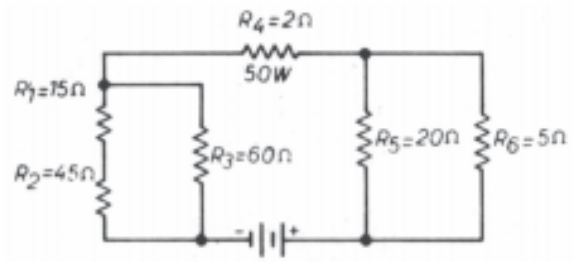


FIG. V-26

R.: 180 V; 900 W; 750 J

27 – Utilizando a Fig. V-26, porém com os valores abaixo, determinar  $E_t$ ,  $P_t$  e a energia consumida em  $R_3$ , em 2 segundos:

- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| $R_1 = 10$ ohms | $R_6 = 20$ ohms   |
| $R_2 = 20$ ohms | $I_4 = 3$ ampères |
| $R_3 = 30$ ohms | $P_4 = 18$ watts  |
| $R_5 = 5$ ohms  |                   |

R.: 63 V; 189 W; 14.4 J