

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS E INDUSTRIAIS

Ronimack Trajano de Souza

CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS E INDUSTRIAIS

Ronimack Trajano de Souza

CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS



Autor

Ronimack Trajano de Souza

Bacharel em engenharia elétrica, mestre em para-raios de óxido de zinco e doutor em disjuntores de alta tensão pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Foi Engenheiro Eletricista da CAGEPA (2004-2011) e professor do IFPB (2011-2017). Atualmente, é professor da UFCG, desenvolvendo atividades de ensino, pesquisa e extensão no curso de Engenharia Elétrica na disciplina de Sistemas Elétricos de Potência. Como engenheiro, tem desenvolvido suas atividades como consultor técnico e/ou projetista nas áreas Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas - SPDA, avaliação de conformidade técnica de instalações elétricas industriais, sistemas de aterramento e subestações de energia elétrica. É autor da Norma de Transmissão Unificada - NTU 014 - Projetos de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas em subestações de distribuição, do grupo Energisa.

Design Instrucional

Vinícius Abreu

Projeto Gráfico

NT Editora

Revisão

Thaís Costa

Mariana Carvalho

Ricardo Moura

Capa

NT Editora

Ilustração

Rodrigo Souza

Editoração Eletrônica

Bruno Carneiro

Daniel Dias

NT Editora, uma empresa do Grupo NT

SCS Quadra 2 – Bl. C – 4º andar – Ed. Cedro II

CEP 70.302-914 – Brasília – DF

Fone: (61) 3421-9200

sac@grupont.com.br

www.nteditora.com.br e www.grupont.com.br

Souza, Ronimack Trajano de.

Instalações elétricas prediais e industriais / Ronimack Trajano de Souza –

1. ed. – Brasília: NT Editora, 2017.

212 p. il. ; 21,0 X 29,7 cm.

ISBN 978-85-8416-187-4

1. Instalações Elétricas Prediais. 2. Instalações Elétricas Industriais.

I. Título

Copyright © 2017 por NT Editora.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por qualquer modo ou meio, seja eletrônico, fotográfico, mecânico ou outros, sem autorização prévia e escrita da NT Editora.

ÍCONES

Prezado(a) aluno(a),

Ao longo dos seus estudos, você encontrará alguns ícones na coluna lateral do material didático. A presença desses ícones o(a) ajudará a compreender melhor o conteúdo abordado e a fazer os exercícios propostos. Conheça os ícones logo abaixo:



Saiba mais

Esse ícone apontará para informações complementares sobre o assunto que você está estudando. Serão curiosidades, temas afins ou exemplos do cotidiano que o ajudarão a fixar o conteúdo estudado.



Importante

O conteúdo indicado com esse ícone tem bastante importância para seus estudos. Leia com atenção e, tendo dúvida, pergunte ao seu tutor.



Dicas

Esse ícone apresenta dicas de estudo.



Exercícios

Toda vez que você vir o ícone de exercícios, responda às questões propostas.



Exercícios

Ao final das lições, você deverá responder aos exercícios no seu livro.

Bons estudos!

Sumário

1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS	9
1.1 Corrente elétrica	9
1.2 Tensão elétrica.....	12
1.3 Resistência elétrica	16
1.4 Potência elétrica e circuitos elétricos.....	18
2 INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉTRICAS	25
2.1 Características gerais dos instrumentos	25
2.2 Medições de grandezas elétricas.....	30
2.3 Instrumentos de medição especiais.....	36
3 MATERIAIS E FERRAMENTAS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	43
3.1 Principais componentes de uma instalação elétrica predial e industrial.....	43
3.2 Principais dispositivos que compõem as instalações elétricas.....	54
3.3 Principais ferramentas utilizadas em instalações elétricas em baixa tensão... 58	
4 DIRETRIZES PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ...	65
4.1 Grandezas luminotécnicas.....	65
4.2 Características e tipos de lâmpadas prediais e industriais	70
4.3 Fundamentos do projeto de iluminação	73
5 DIRETRIZES PARA DIMENSIONAMENTO DE DISPOSITIVOS DE FORÇA ..	86
5.1 Tomadas de corrente.....	86
5.2 Projeto de circuitos de força predial.....	91
5.3 Projeto de circuitos de força comercial e industrial.....	97
6 DIRETRIZES PARA DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES ELÉTRICOS PARA CIRCUITOS DE BAIXA TENSÃO	105
6.1 Dimensionamento de condutores pelo critério da seção mínima.....	105
6.2 Dimensionamento de condutores pelo critério da capacidade de condução de corrente.....	108
6.3 Dimensionamento de condutores pelo critério da queda de tensão.....	115
6.4 Dimensionamento de condutores pelo critério da sobrecarga	119
6.5 Dimensionamento de condutores pelo critério da proteção contra curto-cir- cuito	122

7 DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS ELÉTRICOS PREDIAIS.....	127
7.1 Documentação das instalações elétricas.....	128
7.2 Projeto elétrico de uma unidade consumidora.....	131
7.3 Potência instalada e demanda de energia elétrica da instalação.....	140
8 DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS ELÉTRICOS INDUSTRIAIS ..	150
8.1 Documentação das instalações elétricas industriais.....	150
8.2 Etapas para elaboração do projeto elétrico de uma indústria.....	153
9 SISTEMAS DE ACIONAMENTO E CONTROLE DE MOTORES ELÉTRICOS.....	170
9.1 Aspectos operacionais dos motores elétricos nas instalações elétricas	170
9.2 Dispositivos de manobra e proteção de motores elétricos	174
9.3 Dimensionamento de sistemas de acionamento de motores elétricos em partida direta	183
10 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA) 190	
10.1 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas.....	191
10.2 Dimensionamento do subsistema de captação do SPDA.....	193
10.3 Dimensionamento do subsistema de descidas do SPDA.....	198
10.4 Dimensionamento do subsistema de aterramento do SPDA.....	201
10.5 SPDA estrutural.....	203
GLOSSÁRIO	211
BIBLIOGRAFIA	212

Seja bem-vindo(a) às **Instalações Elétricas Prediais e Industriais!**

Este material se destina a auxiliar estudantes de Elétrica e Construção Civil, fornecendo subsídios necessários ao projeto, à execução e à supervisão das instalações elétricas em baixa tensão.

Iniciaremos com uma breve explicação de conceitos básicos e técnicas de medição de grandezas elétricas. Em seguida, serão abordados os principais dispositivos e ferramentas utilizados nas instalações elétricas, além de técnicas de execução dessas instalações, como exemplos práticos de instalação de circuitos de iluminação e força. Por fim, é feita uma abordagem de projetos elétricos de baixa tensão e sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.

Todo o conteúdo foi elaborado tendo como base as consultas realizadas com técnicos especialistas e experiências práticas e teóricas adquiridas no exercício profissional de engenheiro eletricista e na atividade docente.

Os temas abordados estão atualizados e adequados aos últimos requisitos das normas NBR 5410/2005, NBR 5419/2015 e NR 10.

Bons estudos!

Ronimack Trajano de Souza

1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Aqui, iremos apresentar as principais grandezas elétricas, com ênfase nas grandezas de corrente elétrica, tensão elétrica, potência elétrica, energia elétrica e fator de potência. Essas grandezas podem ser relacionadas entre si por meio da análise de circuitos elétricos. O entendimento e a aplicação desse vínculo são os primeiros passos para embarcar no mundo da Eletricidade e da Eletrônica e compreender um pouco de seu funcionamento.

Objetivos

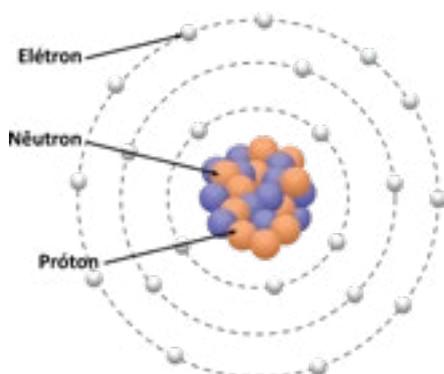
Ao finalizar esta lição, você deverá ser capaz de:

- compreender as propriedades das cargas elétricas;
- distinguir as grandezas elétricas entre si;
- analisar e quantificar as grandezas elétricas em circuitos elétricos.

1.1 Corrente elétrica

Antes mesmo de ser utilizada pelo homem, a eletricidade já estava presente na natureza, manifestando-se em forma de raios entre as nuvens e a terra. O raio nada mais é do que uma intensa descarga elétrica que ocorre na atmosfera e, nesse tipo de descarga, estão presentes diversas grandezas elétricas. Então, para compreender melhor o fenômeno da eletricidade, iremos estudar as grandezas elétricas.

Como estudado na Química, sabemos que toda matéria conhecida é formada por moléculas, e toda molécula é formada por átomos, que têm como **partículas** elementares os prótons, os nêutrons e os elétrons.



E o que distingue os prótons, os nêutrons e os elétrons? Para respondermos a essa pergunta, vamos recorrer novamente aos estudos da Química. Os prótons e os elétrons apresentam uma propriedade em particular, a carga elétrica, enquanto os nêutrons não possuem carga ou, como próprio nome sugere, são neutros. Por convenção foi definido que os prótons possuem carga elétrica positiva, representada por $+e$; e os elétrons, carga elétrica negativa, representada por $-e$.



Partícula: termo utilizado na Física e Engenharias para designar um corpo cujas dimensões são desprezíveis em relação às demais dimensões espaciais envolvidas no problema em análise.

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de carga elétrica é o coulomb (C). O valor da carga do próton e do elétron é denominado quantidade de **carga elementar (e)** e possui o valor de $1,602 \times 10^{-19}$ C. Assim, a carga de 1 coulomb equivale à quantidade de $6,242 \times 10^{18}$ elétrons ou prótons, dependendo se a carga é negativa ou positiva.



Dica

É interessante, para o conteúdo, que você saiba utilizar potências de base 10, pois elas serão de grande auxílio para que você realize corretamente alguns cálculos. Essas potências são muito utilizadas para calcular valores que envolvem grandezas muito extensas ou muito pequenas.

Caso queira fazer essa pequena revisão, acesse o *link* abaixo:

<http://brasilecola.uol.com.br/matematica/potencias-base-10.htm>

Na natureza, quando o corpo apresenta um número de prótons diferente do número de elétrons, afirmamos que o corpo está eletrizado; já quando a quantidade de prótons e elétrons é igual, dizemos que o corpo está eletricamente neutro. Se um corpo perde elétrons, por qualquer motivo, torna-se uma carga elétrica negativa; por sua vez, quando ganha elétrons, torna-se uma carga elétrica positiva.

Alguns elementos apresentam ligações muito fracas nos elétrons da última camada e, por isso, esses elétrons são capazes de deslocar-se para as órbitas de átomos vizinhos. Esses elétrons são conhecidos como elétrons livres.



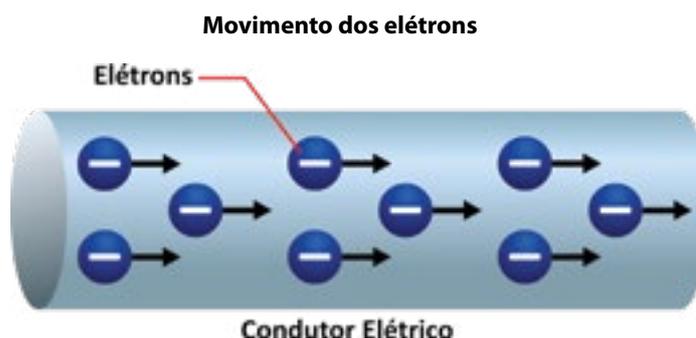
Eletrostática: área da Eletricidade que estuda as propriedades e o comportamento de cargas elétricas.

Carga elementar (e): corresponde à menor carga (indivisível) que pode ser atribuída a uma partícula. Segundo o SI, o valor da carga elétrica elementar (e) é de $1,602.177 \times 10^{-19}$ C.

Importante

As substâncias que apresentam grandes quantidades de elétrons livres são denominadas condutoras, enquanto aquelas que não apresentam elétrons livres são denominadas isolantes. Os condutores mais comuns adotados nas instalações elétricas são o cobre, o alumínio e o aço; enquanto os isolantes mais comuns são os plásticos, o vidro, a porcelana, a borracha e a madeira seca.

Ao se analisarem situações em que as partículas eletricamente carregadas não estão em equilíbrio **eletrostático** (quando não há movimento ordenado de elétrons livres), surge uma nova situação em que há o deslocamento ordenado dessas cargas. Esse deslocamento ordenado de partículas portadoras de cargas elétricas é denominado **corrente elétrica**. Na figura a seguir, é ilustrado o comportamento dos elétrons quando há uma corrente elétrica no condutor.



A intensidade da corrente elétrica é definida como sendo a razão entre a quantidade de cargas deslocadas de modo ordenado em um determinado intervalo de tempo. A unidade de corrente elétrica no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o ampère (A). A definição da corrente elétrica pode ser expressa por meio da seguinte equação:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Em que:

I é a intensidade da corrente elétrica, em A (ampère);

ΔQ é a quantidade de carga, em C (coulomb);

Δt é o intervalo de tempo, em s (segundo).

Normalmente, uma corrente elétrica é causada pelo movimento de elétrons em um condutor, ou seja, em um meio sólido, mas também é possível haver corrente em meios líquidos e gasosos. Nesses casos, haverá o movimento dos íons. Estes são átomos que perderam ou ganharam elétrons em razão de reações, classificando-se em ânions e cátions. O **ânion** é um átomo que recebe elétrons e fica carregado negativamente, enquanto o **cátion** é um átomo que perde elétrons e adquire carga positiva.

Saiba mais

Como visto anteriormente, o raio é uma descarga elétrica. Contudo, para haver uma descarga elétrica, é necessário que ocorra o deslocamento ordenado de elétrons entre a nuvem e a terra. Partindo dessa premissa, como as nuvens se tornam eletrizadas?

Caso tenha curiosidade a respeito desse fenômeno, acesse o *link* abaixo:

<http://fisica.icen.ufpa.br/aplicada/formac.htm>



Eletrizando o conhecimento

Duas esferas com cargas de $Q_1 = 1 \mu\text{C}$ e $Q_2 = -2 \mu\text{C}$ possuem, respectivamente:

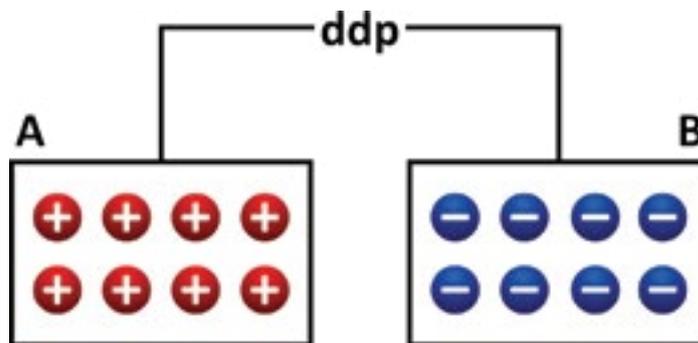
- $6,242 \times 10^{12}$ prótons e $12,482 \times 10^{12}$ elétrons.
- $6,242 \times 10^{12}$ elétrons e $12,482 \times 10^{12}$ nêutrons.
- $6,242 \times 10^{12}$ prótons e $12,482 \times 10^{12}$ nêutrons.
- $6,242 \times 10^{12}$ íons e $12,482 \times 10^{12}$ nêutrons.



$$V(V) = \text{ddp} (V) = \frac{\tau (J)}{Q (C)}$$

Para entendermos melhor como isso funciona, vamos analisar a figura a seguir, na qual são apresentados dois corpos, A e B. O corpo A está carregado positivamente, enquanto o corpo B está carregado negativamente. O desequilíbrio de cargas provoca uma diferença de potencial elétrico.

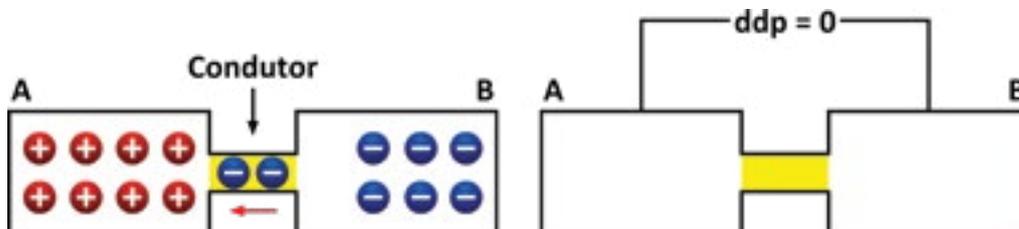
Diferença de potencial entre dois corpos



É muito importante você lembrar-se de que uma diferença de potencial estará presente sempre que houver uma tendência de transferência de elétrons entre os corpos.

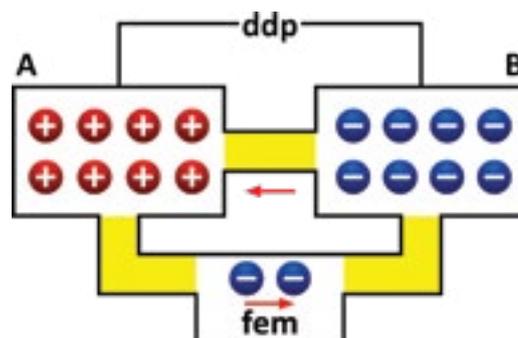
Se conectarmos os dois corpos por meio de um condutor, haverá uma transferência de elétrons do corpo A para o corpo B (a), até que os corpos entrem em equilíbrio (b), ou seja, quando a $\text{ddp} = 0$.

Conectando corpos entre si



Para que o fluxo de elétrons (corrente elétrica) permaneça entre os dois corpos, é necessária a ação de algum dispositivo que reponha os elétrons no corpo B. Esse dispositivo é denominado **força eletromotriz** (fem). A fem é capaz de promover o deslocamento de cargas no interior da fonte, conforme ilustrado na figura a seguir. No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade fundamental de tensão ou diferença de potencial (ddp) e da força eletromotriz é o volt (V).

Força eletromotriz

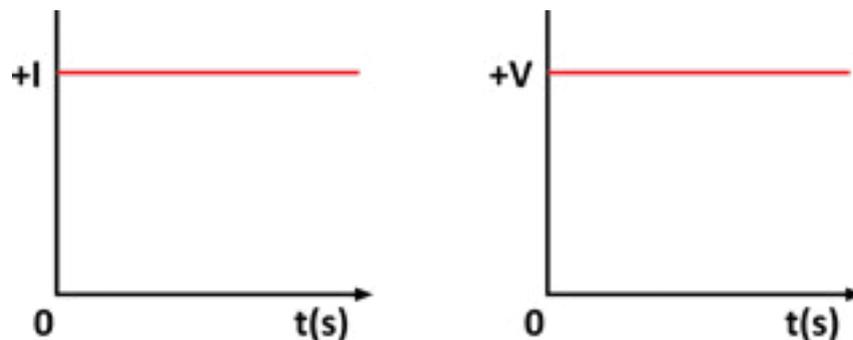


Além das baterias, existem também outras fontes de tensão, como a rede elétrica que energiza sua residência.

Existe uma distinção entre uma bateria e uma rede elétrica que abastece, por exemplo, uma concessionária. Você consegue imaginar qual é ela? A diferença básica entre elas está na variação da polaridade da tensão ou na forma de onda da tensão ou corrente.

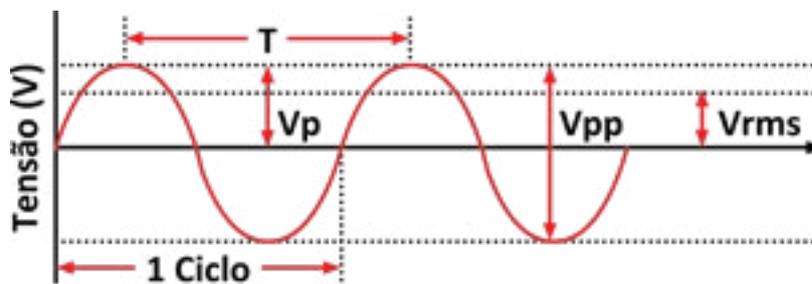
Em uma bateria, a polaridade dos terminais não se altera, ou seja, o terminal A sempre será positivo, enquanto o terminal B sempre será negativo – com isso, a corrente elétrica flui somente em um sentido. Sendo assim, esse dispositivo é denominado fonte de tensão ou corrente contínua. Nas figuras a seguir, são apresentadas formas de onda de uma corrente e tensão contínua, respectivamente.

Formas de onda ou sinal de corrente e tensão contínua



Na rede elétrica que energiza nossas residências, a polaridade da fonte se altera em função do tempo de forma periódica. Nesse caso, denominamos esse dispositivo de fonte de tensão ou **corrente alternada**. Com isso, em um instante, a corrente elétrica flui em um sentido e, posteriormente, ela muda de sentido. Na figura que segue, é apresentada uma forma de onda alternada senoidal, cuja formato da onda é representada por uma **senoide**.

Formas de onda ou sinal de tensão senoidal



Senóide: forma de onda cujo gráfico é idêntico ao da função seno.

Associadas a forma de onda das tensões e as correntes alternadas, há algumas características para as quais você deve atentar:

- I. **valor de pico ou amplitude máxima (V_p):** é o máximo valor da tensão.
- II. **valor de pico a pico (V_{pp}):** representa a diferença entre o valor de pico negativo e o valor de pico positivo.
- III. **ciclo:** consiste em duas alternâncias do sinal da tensão ou corrente – uma positiva e outra negativa;
- IV. **período (T):** é o intervalo de tempo transcorrido por um ciclo do sinal de tensão ou corrente entre dois picos sucessivos. A unidade do período é o segundo (s);
- V. **frequência (f):** representa o número de ciclos completos que ocorrem por segundo. A unidade da frequência é o hertz (Hz).

Considerando essas características, a frequência desse tipo de onda é obtida por meio da seguinte equação:

$$f \text{ (Hz)} = \frac{1}{T \text{ (s)}}$$

Um sinal de tensão alternada senoidal é expresso pela função $V=V_p \text{ sen}2\pi ft$. O valor **Vrms** representa a raiz do valor quadrático médio ou rms (do inglês *root mean square*) da função seno em relação ao tempo, também denominado valor eficaz da tensão. Os sinais de tensão da rede elétrica são expressos em valor eficaz, ou seja, o valor da tensão de 220 V ou 127 V que alimenta nossa residência, o que representa o valor eficaz de tensão.

Dessa forma, temos:

$$V_{rms} \text{ (V)} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

Similarmente, um sinal de corrente alternada senoidal é expresso pela função $I=I_p \text{ sen}2\pi ft$. O valor **Irms** representa a raiz do valor quadrático médio ou rms da função seno em relação ao tempo, também denominado valor eficaz da corrente. Assim, o valor Irms da corrente é expresso por:

$$I_{rms} \text{ (V)} = \frac{I_p}{\sqrt{2}}$$

Dica

Acesse o *link* abaixo para conhecer as principais fontes de energia elétrica e como ela é gerada.

https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/fontes?_afLoop=160311682232790#%40%3F_afLoop%3D160311682232790%26_adf.ctrl-state%3D3jvw8zt4d_4



Eletrizando o conhecimento

A principal diferença entre uma fonte de tensão contínua e uma fonte de tensão alternada é que:

- na fonte de tensão contínua, há o deslocamento ordenado de elétrons, enquanto na fonte de tensão alternada, há o deslocamento de elétrons e de prótons de forma alternada.
- na fonte de tensão contínua, há o deslocamento ordenado de elétrons, enquanto, na fonte de tensão alternada, há o deslocamento desordenado de elétrons.
- na fonte de tensão contínua, a polaridade da tensão de saída nos terminais da fonte não se altera, enquanto, na fonte de tensão alternada, a polaridade da tensão de saída nos terminais da fonte se altera entre (+) e (-).
- na fonte de tensão contínua, a polaridade da tensão de saída nos terminais da fonte não se altera, enquanto, na fonte de tensão alternada, a polaridade da tensão de saída nos terminais da fonte é sempre positiva.



Comentário: se você pensou na alternativa “c”, parabéns, você está correto(a). Nas fontes de tensão contínua, a corrente é sempre unidirecional, e isso se deve ao fato de os terminais de saída dessas fontes manterem a mesma polaridade. Já nas fontes de tensão alternada, a corrente muda de direção periodicamente, ou seja, a polaridade da tensão de saída se alterna entre (+) e (-) em função do tempo.

1.3 Resistência elétrica

A resistência elétrica é a capacidade intrínseca que um corpo possui de se opor ao fluxo de elétrons, ou seja, é uma oposição ao fluxo da corrente elétrica, mesmo quando esse corpo é submetido a uma diferença de potencial. A unidade de medida da resistência elétrica no SI é o Ohm (Ω).

A resistência elétrica de um material é a razão entre a diferença de potencial e a corrente elétrica que flui por esse material, denominada primeira lei de Ohm.

$$R (\Omega) = \frac{V (V)}{I (A)}$$

A resistência elétrica de um condutor depende da resistividade elétrica por ele apresentada, que é diretamente proporcional ao comprimento do condutor e inversamente proporcional à área de sua seção transversal, denominada primeira lei de Ohm.

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

Sendo:

ρ = a resistividade elétrica do condutor (Ωm);

R = a resistência elétrica do material (Ω);

l = o comprimento do condutor (m);

A = a área da seção do condutor (m^2).



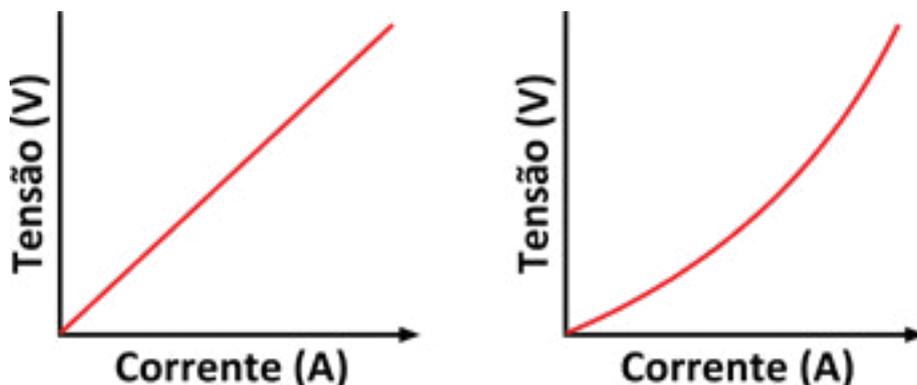
Saiba mais

A unidade de medida Ohm (Ω) tem esse nome em homenagem ao físico que formulou o cálculo, o alemão George Simon Ohm, que viveu entre 1789 e 1854.

Para aumentar a resistência em uma instalação elétrica, são utilizados dispositivos denominados resistores. Estes são componentes de uma instalação elétrica que possuem a finalidade de limitar a corrente elétrica ou gerar calor.

Os resistores que apresentam a relação (V/I) constante são denominados resistores ôhmicos. Os materiais que não apresentam a relação (V/I) constante são denominados resistores não ôhmicos. Na primeira imagem (a), é apresentado o gráfico V versus I para resistores ôhmicos. Na segunda (b), é apresentado o gráfico V versus I para um resistor não ôhmico.

Gráfico V versus I para resistores ôhmicos (a) e não ôhmicos (b)



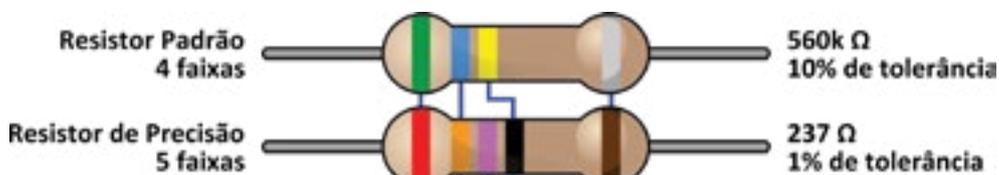
Importante

Quando uma corrente elétrica flui por um resistor, ele converte energia elétrica em energia térmica. Esse é o princípio utilizado, por exemplo, para aquecimento de água no chuveiro elétrico.



Os resistores são componentes eletrônicos que apresentam em seu corpo faixas com cores padronizadas. Cada faixa de cores corresponde a uma informação específica. Os resistores podem apresentar de três a seis faixas. Na figura que segue, são apresentadas ilustrações de resistores com quatro e cinco faixas e, na tabela seguinte, são apresentadas as especificações do código de cores de resistores.

Código de cores de resistores



Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	x 1 Ω	
Marrom	1	1	1	x 10 Ω	+/- 1%
Vermelho	2	2	2	x 100 Ω	+/- 2%
Laranja	3	3	3	x 100 Ω	
Amarelo	4	4	4	x 100 Ω	
Verde	5	5	5	x 100 Ω	+/- 0,5%
Azul	6	6	6	x 100 Ω	+/- 0,25%
Violeta	7	7	7	x 100 Ω	+/- 0,1%
Cinza	8	8	8		+/- 0,05%
Branco	9	3	3		
Dourado				x 100 Ω	+/- 5%
Prateado				x 100 Ω	+/- 10%

Na identificação correta das faixas, a 1ª faixa está localizada na extremidade que apresenta o maior número de faixas do resistor.

Para identificação da resistência de um resistor de quatro faixas, devemos observar cada uma delas:

- 1ª faixa: indica o primeiro dígito do valor da resistência;
- 2ª faixa: indica o segundo dígito da resistência;
- 3ª faixa: indica o fator multiplicador ou número de zeros do numeral formado pelas duas primeiras faixas;
- 4ª faixa: indica a tolerância ou variação no valor da resistência.



Eletrizando o conhecimento

Um resistor ôhmico, quando submetido a uma ddp de 100 V, flui por entre seus terminais uma corrente elétrica de intensidade 10 A. Se alterarmos a tensão da fonte para 50 V, qual será a corrente que irá fluir pelo resistor?

- a) 10 A.
- b) 5 A.
- c) 20 A.
- d) 25 A.

Comentário: se você pensou na alternativa “b”, parabéns, você está correto(a). Como demonstrado a seguir, a resistência do resistor será de:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{100 \text{ V}}{10 \text{ A}} = 10 \Omega$$

Se a tensão aplicada sobre esse resistor for alterada para 50 V, teremos:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{50 \text{ V}}{10 \Omega} = 5 \text{ A}$$

1.4 Potência elétrica e circuitos elétricos

Você, provavelmente, já deve ter ouvido falar em potência, mas você sabe o que significa isso?

Potência, de uma forma abrangente, pode ser definida como a capacidade de um equipamento ou sistema de realizar trabalho em um intervalo de tempo. A potência (P) pode ser expressa conforme apresentado na equação a seguir:

$$P = \frac{\tau}{\Delta t}$$

A potência (P) representa a potência média necessária para realização do trabalho (τ) no intervalo de tempo (Δt). No SI, a unidade de potência ativa é o watt (W), que representa a relação joule por segundo (J/s).

Das equações anteriores, vimos que:

$$V = \frac{d\tau}{dQ} = \frac{\tau}{Q} \rightarrow \tau = V \times Q \text{ e } I = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow Q = I \times \Delta t$$

Assim, temos que:

$$\tau = V \times Q = V \times I \times \Delta t$$

$$P = \frac{\tau}{\Delta t} = \frac{V \times I \times \Delta t}{\Delta t} = V \times I$$

Nas instalações elétricas, a potência está diretamente associada à tensão e à corrente elétrica, podendo ser expressa pelo produto entre elas. Nas fontes de corrente contínua, a potência total ou potência ativa é expressa pela equação a seguir:

$$P = V \times I$$

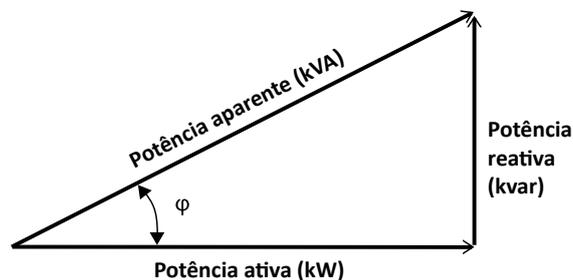
Nas fontes de corrente alternada, a potência é expressa pela equação a seguir:

$$P = V_{ef} \times I_{ef}$$

Nas fontes de corrente alternada além da potência ativa, temos mais dois outros tipos de potência, a potência reativa e a potência aparente. A potência ativa está relacionada à geração de calor, movimento ou luz e é a potência que efetivamente produz trabalho.

A potência reativa, por sua vez, não realiza o trabalho em si, sua função é criar e manter o campo eletromagnético das cargas indutivas como motores, reatores, transformadores e quaisquer equipamentos que possuem bobinas em seu circuito elétrico, sem o campo eletromagnético esses equipamentos não conseguem funcionar e portanto não realizam trabalho. A unidade da potência reativa é feita em Var, que significa Volts-Amperes-Reativos.

A razão entre a potência ativa e a potência aparente é denominada de fator de potência (FP). Ele indica a eficiência do uso da energia por um equipamento elétrico. Um alto fator de potência indica uma eficiência alta e inversamente, um baixo fator de potência indica baixa eficiência energética. Um triângulo retângulo é frequentemente utilizado para representar as relações entre kW, kvar e kVA, conforme a figura a seguir.



$$FP = \frac{kW}{KVA} \cos \varphi = \cos \left(\text{arc tg } \frac{kvar}{kW} \right)$$

Quando nos referimos ao trabalho realizado em instalações elétricas, estamos nos referindo à energia elétrica. A potência está associada à capacidade de conversão de energia elétrica em outro tipo de energia. Um exemplo simples dessa conversão é o chuveiro elétrico, pois quanto maior é a

potência da sua resistência interna, maior será a capacidade de aquecimento de água. Nesse caso, há uma conversão de energia elétrica (alimentação elétrica do chuveiro) em energia térmica (aquecimento de água).

A energia elétrica fornecida por uma fonte é expressa pela seguinte equação:

$$\text{Energia} = P \times \Delta t$$

O quilowatt-hora (kWh) é a unidade usualmente adotada para expressar grandes quantidades de energia elétrica.

A conversão de energia elétrica em outra forma de energia sempre apresenta perdas. Essas perdas, normalmente, estão associadas ao aquecimento, devido ao fluxo da corrente elétrica, que é geralmente expresso como rendimento da máquina ou equipamento.

A parcela transformada em energia não desejada representa a perda de energia elétrica; já o rendimento define a eficiência com que é feita a transformação. Dessa forma, ele é expresso pela seguinte equação:

$$\eta = \frac{\text{Potência de saída}}{\text{Potência de entrada}} = \frac{\text{Potência de saída}}{\text{Potência de saída} + \text{perdas}}$$

A potência de saída representa a potência útil na realização do trabalho, e a potência de entrada representa a potência fornecida pela rede elétrica ou fonte de energia elétrica.

Um exemplo básico de equipamentos elétricos de baixo rendimento está nas antigas lâmpadas incandescentes. Menos eficientes, elas transformam cerca de 20% da energia elétrica que consomem em luz (energia luminosa), ao passo que os outros 80% são convertidos em calor.



Saiba mais

Você, provavelmente, já deve ter visto a imagem ao lado. Esse é o selo Procel de economia de energia, que tem como intuito indicar ao consumidor equipamentos eletrodomésticos eficientes e que consomem menos energia.

O selo foi criado pelo Governo Federal, como parte do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, e foi instituído por Decreto Presidencial, em 1993.



Eletrizando o conhecimento

A respeito da potência elétrica, marque a alternativa correta.

- a) a potência elétrica é inversamente proporcional ao trabalho e ao intervalo de tempo de realização do trabalho.
- b) a potência elétrica é inversamente proporcional ao trabalho e inversamente proporcional ao intervalo de tempo de realização do trabalho.

c) a potência elétrica é diretamente proporcional ao tempo de realização do trabalho e inversamente proporcional ao trabalho.

d) a potência elétrica é diretamente proporcional ao trabalho e inversamente proporcional ao intervalo de tempo de realização do trabalho.

Comentário: se você pensou na alternativa “d”, parabéns, você está correto(a). A potência elétrica é expressa pela relação entre trabalho e intervalo de tempo decorrido para realização do trabalho.

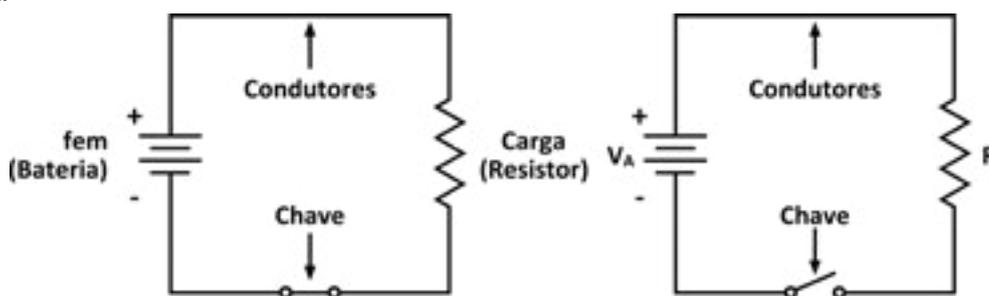
Circuitos elétricos

Um circuito elétrico é a conexão entre componentes elétricos, tais como resistores, fontes de tensão, fontes de corrente e condutores elétricos, de modo que formem pelo menos um caminho fechado para a corrente elétrica.

Importante

Um circuito elétrico pode conter outros componentes elétricos, como capacitores, indutores, diodos, e muitos outros componentes não estudados até aqui.

Na prática, um circuito elétrico consta de pelo menos três componentes: uma fonte de força eletromotriz, condutores e uma carga. Opcionalmente, pode-se instalar uma chave para ligar ou desligar a carga. Na figura à esquerda (a), é apresentada a ilustração de um circuito simples, com uma fonte, uma carga e os condutores de conexão dos componentes. À direita (b) apresenta o mesmo circuito, porém com a chave aberta, sendo a força eletromotriz (fem) representada pela fonte V_A ; e a carga, pelo resistor R .



Saiba mais

Para entender melhor o que acontece quando colocamos vários resistores em um circuito, acesse o *link* abaixo:

<http://www.infoescola.com/fisica/associacao-de-resistores/>

Um circuito similar ao apresentado na imagem anterior (a) está ilustrado na figura seguinte,

sendo a fonte V_A a rede elétrica (ou a tomada de corrente de uma residência), e a carga, um ferro elétrico.

Circuito elétrico formado por uma fonte de tensão



Eletrizando o conhecimento

Estando o plugue de um ferro elétrico conectado à tomada de corrente, qual será a corrente requerida pelo ferro, sabendo que a potência desse eletrodoméstico é 1.100 W e que a tensão da rede elétrica é de 220 V?

- a) 220 A.
- b) 0,2 A.
- c) 242.000 A.
- d) 5 A.

Comentário: se você pensou na alternativa “d”, parabéns, você está correto(a). Como demonstrado a seguir, a corrente do ferro será de:

$$P = V \times I \rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{1.100 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 5 \text{ A}$$

Resumindo

Vimos, aqui, o básico sobre circuitos elétricos. Você aprendeu que haverá uma diferença de potencial sempre que houver uma tendência de transferência de elétrons entre cargas elétricas e que, associada às cargas elétricas, existe uma energia potencial interna, que reflete na capacidade dessa partícula para realizar trabalho.

Além disso, nós também vimos que é a capacidade de trabalho das cargas elétricas que nos permite inovar nos mais diversos meios de uso da eletricidade. Ao aproveitarmos a energia das cargas elétricas, podemos convertê-la em outras formas de energia, como a energia térmica, a mecânica, a luminosa, entre outras.

Veja se você se sente apto a:

- citar as propriedades das cargas elétricas;
- diferenciar as grandezas elétricas entre si;
- destacar e quantificar as grandezas elétricas em circuitos elétricos.



Parabéns, você finalizou esta lição!

Agora responda às questões ao lado.

Exercícios

Questão 1 – Uma partícula está eletrizada negativamente com uma carga elétrica de $9,60 \times 10^{-15}$ C. Considerando o módulo da carga do elétron de $1,60 \times 10^{-19}$ C, pode-se concluir que a esfera contém:

- a) 6×10^4 elétrons.
- b) 6×10^4 prótons.
- c) um excesso de 6×10^4 elétrons.
- d) um excesso de 6×10^4 prótons.

Questão 2 – Um medidor de corrente elétrica registrou, durante 2 segundos, a condução de uma corrente elétrica de 1 A proveniente de uma bateria para energizar uma lanterna. Durante esse intervalo, quantos coulombs foram transferidos da bateria?

- a) 0,5 C.
- b) 2 C.
- c) 20 C.
- d) 50 C.

Questão 3 – Durante o trajeto de um veículo entre as cidades de São Paulo e Belo Horizonte, o atrito entre um caminhão de combustível e o ar provocou o acúmulo de 1 mC no caminhão. Por questões de segurança, durante a descarga do combustível, a carga do caminhão foi transferida para o solo através de um cabo de aterramento. Toda a carga do caminhão foi transferida em um intervalo de tempo de 500 μ s. Com base nas informações, qual é o valor da corrente elétrica conduzida pelo cabo de aterramento?

- a) 200 mA.
- b) 0,5 μ A.
- c) 0,5 A.
- d) 2,0 A.

Questão 4 – Dois corpos, A e B, foram conectados entre si através de um condutor elétrico. Sabe-se que foi registrada uma corrente de 200 mA e que foram transferidos $62,42 \times 10^{18}$ elétrons do corpo A para o corpo B até os corpos entrarem em equilíbrio. Qual o intervalo de tempo decorrido entre o instante da conexão dos corpos até o equilíbrio entre eles?

- a) 2 s.
- b) 50 s.
- c) $1,248 \times 10^{19}$ s.
- d) $3,12 \times 10^{20}$ s.

Questão 5 – Um sinal de corrente alternada senoidal é expresso pela função $i = 5 \sin \theta$ A. Nesse caso, valor máximo da corrente é de:

- a) 5 A.
- b) $5\sqrt{2}$ A.
- c) $5/\sqrt{2}$ A.
- d) $\sqrt{2}/5$ A.

Questão 6 – Em uma região com um campo elétrico, uma partícula se desloca do ponto A, com potencial de 100 V, ao ponto B, com potencial de 200 V. Para efetuar o deslocamento, a força elétrica realiza um trabalho igual a 5×10^{-4} J sobre a partícula. O módulo da carga da partícula é de:

- a) 2×10^5 C.
- b) 4×10^5 C.
- c) 5×10^{-6} C.
- d) 1×10^{-1} C.

Questão 7 – Determine o trabalho necessário para efetuar o deslocamento de uma carga $15,605 \times 10^{17}$ elétrons do ponto A para o ponto B, sabendo-se que a diferença de potencial VAB é de 2 kV.

- a) $7,80 \times 10^{14}$ J.
- b) $31,21 \times 10^{20}$ J.
- c) 0,002 J.
- d) 500 J.

Questão 8 – Em uma região com um campo elétrico, uma partícula com carga $q = 4 \times 10^{-6}$ C se desloca entre do ponto A ao ponto B. Para efetuar o deslocamento, a força elétrica realiza um trabalho igual a 8×10^{-3} J sobre a partícula. A diferença de potencial V_{AB} é de:

- a) 32×10^{-9} V.
- b) 2.000 V.
- c) 200 V.
- d) 5×10^{-4} V.

Questão 9 – Um sinal de tensão alternada senoidal apresenta uma frequência de 30 Hz e V_{RMS} de $5\sqrt{2}$ V. A representação do sinal senoidal da tensão é:

- a) $v = 10 \text{ sen } 60\pi t$ V.
- b) $v = 5\sqrt{2} \text{ sen } 60\pi t$ V.
- c) $v = 10 \text{ sen } 30\pi t$ V.
- d) $v = 5\sqrt{2} \text{ sen } 30\pi t$ V.

Questão 10 – Em uma região com um campo elétrico, uma partícula com carga $Q = 5 \times 10^{-4}$ C se desloca do ponto A ao ponto B e depois do ponto B ao ponto C. Para efetuar o deslocamento do ponto A para o ponto B, a força elétrica realiza um trabalho igual a 4×10^{-3} J e, para efetuar o deslocamento do ponto B para o ponto C, a força elétrica realiza um trabalho igual a 2×10^{-3} J. A diferença de potencial (V_{AC}) nesse caso é de:

- a) 2 V.
- b) 4 V.
- c) 8 V.
- d) 12 V.