

TRABALHO ELÉTRICO. ENERGIA ELÉTRICA. POTÊNCIA ELÉTRICA. LEI DE JOULE

Trabalho Elétrico

Sabemos que está sendo realizado um trabalho, toda vez que um corpo se movimenta.

Quando unimos com um condutor dois pontos entre os quais existe uma d. d. p., e nele se estabelece uma corrente elétrica, que é constituída por elétrons em movimento, estamos evidentemente realizando um trabalho que, pela sua natureza, é denominado **TRABALHO ELÉTRICO**.

O trabalho elétrico produzido depende da carga elétrica conduzida; quanto maior o número de coulombs que percorrem o condutor, em consequência de uma determinada d. d. p. aplicada aos seus extremos, maior o trabalho realizado. Também é fácil concluir que, quanto maior a tensão aplicada aos extremos do mesmo condutor, maior a intensidade da corrente e, portanto, maior o trabalho elétrico.

Uma grandeza que depende diretamente de duas outras depende também do produto delas, o que nos permite escrever que

$$W = E Q$$

W = trabalho elétrico

E = tensão

Q = carga elétrica

O trabalho realizado para transportar **UM COULOMB** de um ponto a outro, entre os quais existe uma d. d. p. de **UM VOLT**, é o que chamamos de **UM JOULE (J)**:

$$1 \text{ JOULE} = 1 \text{ VOLT} \times 1 \text{ COULOMB}$$

$$W = E Q$$

São os seguintes os múltiplos e submúltiplos usuais do joule:

$$\text{MEGAJOULE (MJ)} = 1.000.000 \text{ J}$$

$$\text{QUILOJOULE (kJ)} = 1.000 \text{ J}$$

$$\text{JOULE (J)} = 1 \text{ J}$$

$$\text{MILHOULE (mJ)} = 0,001 \text{ J}$$

$$\text{MICROJOULE (\mu J)} = 0,000.001 \text{ J}$$

Da equação vista acima, podemos tirar outras fórmulas úteis no cálculo do trabalho elétrico.

Vimos que

$$Q = I t$$

Portanto,

$$W = E I t$$

W = em **JOULES (J)**

E = em **VOLTS (V)**

I = em **AMPÈRES (A)**

t = em **SEGUNDOS (s)**

Quando estudamos a Lei de Ohm, aprendemos que

$$I = \frac{E}{R} \text{ e } E = IR$$

Assim,

$$W = EIt = E \cdot \frac{E}{R} \cdot t$$

$$W = \frac{E^2 t}{R}$$

e também

$$W = E I t = I R I t$$

$$W = I^2 R t$$

Qualquer das equações estudadas permite a determinação de um trabalho elétrico, desde que sejam conhecidos os dados necessários à sua utilização.

Energia Elétrica

Energia é a capacidade de produzir trabalho. Quando dizemos que uma pilha elétrica tem energia, isto significa que ela é capaz de produzir um trabalho elétrico num condutor ligado aos seus terminais. Se a pilha, depois de algum tempo de uso, não pode produzir uma corrente no condutor, dizemos que ela não tem mais energia, ou seja, não é mais capaz de realizar trabalho.

Ora, se o corpo tem energia enquanto pode realizar trabalho, é evidente que o máximo de trabalho que ele poderá efetuar corresponde ao máximo de energia que possui, isto é, o trabalho que é realizado sempre corresponde a uma certa quantidade de energia gasta. Convém não esquecer, porém, que energia é algo que, pela sua natureza,

pode ser comparado à inteligência de uma pessoa, o que nada tem de material, mas que não vacilamos em dizer que a pessoa tem em maior ou menor escala, sempre que esse indivíduo é capaz de executar determinadas tarefas. A inteligência de uma pessoa é, então, a capacidade que ela apresenta de realizar determinadas tarefas, e não algo material que a pessoa conduz ou possui em seu corpo!

Em face do exposto, designamos a energia gasta com as mesmas unidades de trabalho e utilizamos as mesmas equações para calcular o trabalho realizado e a energia consumida.

Queda de Tensão

A expressão em apreço é usada para designar a diferença de potencial entre dois pontos quaisquer num circuito, principalmente entre os extremos de um elemento do mesmo, tal como um resistor (peça construída com o objetivo de oferecer uma determinada resistência à passagem de uma corrente elétrica); chamamos a atenção para a confusão normalmente causada pela palavra QUEDA, utilizada neste caso para exprimir CONSUMO DE ENERGIA.

A tensão que se mede entre os terminais de um elemento constituinte de um circuito elétrico REPRESENTA A ENERGIA GASTA PARA TRANSPORTAR A UNIDADE DE CARGA ELÉTRICA DE UM PARA O OUTRO TERMINAL.

Se medimos 120 VOLTS entre os terminais de uma lâmpada, devemos concluir que estão sendo gastos 120 JOULES de energia (ou está sendo realizado um trabalho de 120 JOULES) toda vez que 1 COULOMB percorre o filamento da lâmpada.

Potência Elétrica

Potência é a rapidez com que se gasta energia, ou a rapidez com que se produz trabalho. Podemos dizer também que é a energia gasta na unidade de tempo. Sob a forma de equação, a potência é igual a

$$P = \frac{W}{t}$$

W = energia em JOULES (J)

t = tempo em SEGUNDOS (s)

P = potência em JOULES/SEGUNDO (J/s)

O joule/segundo é conhecido também como WATT (W) e é a potência quando está sendo realizado um trabalho de 1 JOULE EM CADA SEGUNDO. Assim, se uma determinada máquina fizesse um trabalho de 30 JOULES em 10 SEGUNDOS, teria gasto energia na razão de 3 JOULES POR SEGUNDO, e, portanto, a potência seria de 3 WATTS.

A potência elétrica é, evidentemente, calculada do mesmo modo e medida na mesma unidade.

Antes de prosseguirmos com o cálculo da potência, consideremos o uso da palavra potência em alguns casos diferentes.

Tomemos inicialmente o caso de um gerador de eletricidade. A potência elétrica de um gerador é a energia que ele pode fornecer na unidade de tempo, ou o trabalho elétrico que ele pode realizar na unidade de tempo.

Já a potência de uma lâmpada, valor que estamos habituados a ler no bulbo da mesma (por exemplo, 100 W), significa a energia elétrica que é gasta na lâmpada em cada unidade de tempo.

A lâmpada não fornece energia elétrica como o gerador, e sim atua como um consumidor de energia elétrica. É verdade que podemos fazer referência à energia luminosa oferecida pela lâmpada, mas no momento interessa-nos, apenas, a energia elétrica que está sendo consumida.

Outro caso importante é o da potência indicada num resistor. Os resistores são designados pelos seus valores em ohms e também em termos de watts. Num resistor, a energia elétrica é transformada em calor (energia térmica), e isto acontece numa determinada rapidez. Calor é energia e, como tal, é dado também em joules.

Um resistor é calculado para funcionar numa determinada temperatura e, para que não seja ultrapassada essa especificação, deve ser capaz de se libertar (de dissipar) do calor com a mesma rapidez com que ele é produzido, e para isso concorrem sua forma e dimensões.

A escolha adequada de um resistor implica em saber qual a quantidade de calor de que ele pode se libertar na unidade de tempo, para que ele não seja utilizado de modo incorreto, o que pode resultar na destruição da peça.

Em conclusão, um resistor de 20 W, por exemplo, pode ser usado em qualquer circuito, desde que a quantidade de calor produzida no mesmo (resultante da transformação de uma quantidade igual de energia elétrica) não seja superior a 20 joules em cada segundo, pois assim sua temperatura poderá permanecer constante e dentro do limite de segurança previsto pelo fabricante. Convém não esquecer, porém, a influência que poderá ser exercida por outros fatores, tais como a ventilação, etc.

Voltando ao cálculo da potência,

$$P = \frac{W}{t}$$

temos que

Como

$$W = E I t = I^2 R t = \frac{E^2 t}{R}$$

a potência elétrica pode ser determinada também com as seguintes expressões:

$$P = E I \quad P = I^2 R \quad P = \frac{E^2}{R}$$

P = em WATTS (W)

E = em VOLTS (V)

I = em AMPÈRES (A)

R = em OHMS (Ω)

São os seguintes os múltiplos e submúltiplos usuais do WATT:

MEGAWATT (MW) = 1.000.000 W

QUILOWATT (kW) = 1.000 W

MILIWATT (mW) = 0,001 W

MICROWATT (μ W) = 0,000.001 W

EXEMPLOS:

1 – Qual o trabalho efetuado numa lâmpada em 3 horas, se a corrente que percorreu seu filamento era de 0,5 A? A d. d. p. entre os terminais da lâmpada era de 120 V. Determinar também a potência da lâmpada e a energia gasta no mesmo tempo.

SOLUÇÃO: Se a tensão na lâmpada era de 120 V, estava sendo realizado um trabalho de 120 J toda vez que um coulomb passava pelo filamento da lâmpada.

Ora, uma corrente de 0,5 A corresponde a uma carga de 0,5 C passando pelo filamento em cada segundo, e, assim, foi feito um trabalho de 60 J em cada segundo, o que representa um trabalho total (em 3 horas) de $60 \times 10.800 = 648.000$ J. Ou,

$$E = 120 \text{ V}$$

$$I = 0,5 \text{ A}$$

$$t = 3\text{h} = 10.800 \text{ s}$$

$$W = E I t = 120 \times 0,5 \times 10.800$$

$$W = 648.000 \text{ J}$$

A potência elétrica é o trabalho realizado por segundo, ou 60 W:

$$P = E I = 120 \times 0,5 = 60 \text{ W}$$

A energia é, como vimos, calculada do mesmo modo que o trabalho, dada nas mesmas unidades e designada com a mesma letra:

$$W = 648.000 \text{ J}$$

2 – Um resistor de 100 ohms será submetido a uma d. d. p. de 500 V. Qual será a quantidade de calor produzida no mesmo por segundo? Sabendo que o resistor em apreço foi construído para uma dissipação de 30 W, dizer se o mesmo estará sendo utilizado de modo acertado.

SOLUÇÃO: No resistor em apreço a potência, isto é, a rapidez com que estará sendo transformada a energia elétrica, será de

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{500^2}{100} = 2.500 \text{ W}$$

Isto quer dizer também que estarão sendo produzidos, por segundo, 2.500 joules de calor. Como o resistor foi construído para dissipar apenas 30 joules de calor por segundo, não suportará o excesso de calor resultante da ligação e se inutilizará.

3 – Com que rapidez estará sendo feito trabalho elétrico num resistor de 10 ohms, percorrido por uma corrente elétrica de 5 A? Qual a energia gasta no mesmo em 2 horas?

SOLUÇÃO:

$$P = I^2 R = 5^2 \times 10 = 250 \text{ W}$$

$$W = P t = 250 \times 7.200 = 1.800.000 \text{ J}$$

Outras Unidades de Energia, Trabalho e Potência Elétricos

Além das unidades apresentadas nos parágrafos anteriores, são muito utilizadas na prática, pela maior conveniência em certos casos, as seguintes:

Trabalho e Energia

WATT-HORA (Wh) = 3.600 WATTS-SEGUNDOS = 3.600 JOULES

QUILOWATT-HORA (kWh) = 1.000 Wh = 3.600.000 JOULES

Potência

HORSEPOWER (H.P.) = 746 Watts

CAVALO-VAPOR (cv) = 736 Watts

Rendimento ou Eficiência (η)

Sempre que um dispositivo qualquer é usado na transferência de energia, com ou sem transformação de um tipo em outro, como os geradores de eletricidade, os motores elétricos, os transformadores, etc., uma parte da referida energia é consumida para fazer funcionar o próprio aparelho, constituindo o que chamamos de PERDA DE ENERGIA.

Assim, a energia entregue pelo aparelho é sempre menor que a energia

que ele recebe e que, em condições ideais, deveria entregar totalmente. Um dínamo, por exemplo, recebe energia mecânica e entrega energia elétrica; esta última representa apenas uma parte da primeira. O mesmo acontece num motor elétrico, que recebe energia elétrica e entrega energia mecânica, esta última inferior numericamente à primeira.

A RELAÇÃO ENTRE A ENERGIA QUE O APARELHO ENTREGA (ENERGIA DE SAÍDA) E A ENERGIA QUE ELE RECEBE (ENERGIA DE ENTRADA) É O SEU RENDIMENTO (OU EFICIÊNCIA)

$$\eta = \frac{W_s}{W_e}$$

W_s = energia de saída

W_e = energia de entrada

η = rendimento

Como vimos, há sempre perdas, e portanto o rendimento será sempre menor que 1: só o aparelho IDEAL (sem perdas) apresentaria rendimento unitário. O rendimento é expresso em número decimal ou em porcentagem.

Podemos obter também o rendimento, trabalhando com potências:

$$\eta = \frac{P_s}{P_e}$$

P_s = potência de saída

P_e = potência de entrada

EXEMPLO:

Um gerador de eletricidade exige uma potência mecânica de 5 H.P. (3.730 W) para seu funcionamento e pode fornecer energia elétrica até 3.200 W. Qual a sua eficiência?

SOLUÇÃO:

$$\eta = \frac{P_s}{P_c} = \frac{3.200}{3.730} = 0,8 \text{ ou } 80\%$$

Lei de Joule

A Lei de Joule refere-se ao calor produzido por uma corrente elétrica num condutor, e seu enunciado é o seguinte:

“A QUANTIDADE DE CALOR PRODUZIDA NUM CONDUTOR POR UMA CORRENTE ELÉTRICA É DIRETAMENTE PROPORCIONAL

- a) AO QUADRADO DA INTENSIDADE DA CORRENTE ELÉTRICA;
- b) À RESISTÊNCIA ELÉTRICA DO CONDUTOR;
- c) AO TEMPO DURANTE O QUAL OS ELÉTRONS PERCORREM O CONDUTOR.

Sob a forma de equação:

$$Q_c = I^2 R t$$

Q_c = quantidade de calor em JOULES (J)
 I = intensidade da corrente em AMPÈRES (A)
 R = resistência do condutor em OHMS (Ω)
 t = tempo em SEGUNDOS (s)

Evidentemente, QUALQUER UMA DAS EXPRESSÕES QUE VIMOS PARA CÁLCULO DA ENERGIA ELÉTRICA SERVE PARA DETERMINAR A QUANTIDADE DE CALOR PRODUZIDA POR UMA CORRENTE ELÉTRICA.

É comum determinar a quantidade de calor em CALORIAS (cal), o que implica em escrever a equação na forma abaixo:

$$Q_c = 0,24 I^2 R t$$

0,24 = fator para transformação de joules em calorias.

O calor produzido por uma corrente elétrica tem aplicações diversas (aquecimento de água, fusão de materiais, emissão de elétrons numa válvula de rádio, etc.)

A título de exercício, relacionemos a Lei de Joule com a equação abaixo, que nos permite determinar a quantidade de calor absorvida ou libertada por um corpo, quando sua temperatura é variada:

$$Q_c = m c \theta$$

Q_c = quantidade de calor, em CALORIAS (cal)
 m = massa do corpo em GRAMAS (g)
 c = calor específico do material que constitui o corpo (dado em tabelas)
 θ = variação de temperatura em graus da escala de Celsius.

Com esta equação podemos, por exemplo, calcular a quantidade de calor necessária para fazer variar a temperatura de uma certa quantidade de água e, com o resultado obtido (Q_c), podemos determinar o tempo necessário para que uma dada corrente elétrica, percorrendo um aquecedor elétrico, produza a variação desejada.

EXEMPLO:

Qual o tempo necessário para que uma corrente de 2 A, em um elemento

aquecedor de 30 ohms de resistência, faça variar de 80°C a temperatura de 2.000 g de água?

SOLUÇÃO:

$$m = 2.000 \text{ g } c = 1 \text{ (no caso da água) } \theta = 80^\circ \text{ C}$$

$$Q_c = m c \theta = 2.000 \times 80 = 160.000 \text{ cal}$$

$$I = 2 \text{ A} \quad R = 30 \text{ ohms}$$

$$Q_c = 160.000 \text{ cal}$$

$$t = \frac{Q_c}{0,24 \times 2^2 \times 30} = 5.555 \text{ s}$$

PROBLEMAS

TRABALHO ELÉTRICO. ENERGIA ELÉTRICA. POTÊNCIA ELÉTRICA. RENDIMENTO. LEI DE JOULE

1 – Um condutor ligado a uma fonte de 50 V é percorrido por uma corrente de 2 A. Calcular: a) a quantidade de eletricidade que o percorre em 3 horas; b) a energia consumida no mesmo tempo e c) a sua condutância.

$$\text{R.: } 21.600 \text{ C; } 1.080.000 \text{ J; } 0,04 \text{ S}$$

2 – Um fogão elétrico solicita 6 A, quando é ligado a uma fonte de 120 V. Qual a despesa com o seu funcionamento durante 5 horas, se a companhia cobra R\$ 0,20 por kWh?

$$\text{R.: R\$ } 7,20$$

3 – O fio usado em um aquecedor elétrico tem uma resistência de 57 ohms. Calcular: a) a energia que consome em 3 horas, sabendo que solicita uma corrente de 2 A; b) a tensão da fonte a que está ligado e c) a condutância do fio.

$$\text{R.: } 2.462.400 \text{ J; } 114 \text{ V; } 0,017 \text{ S}$$

4 – Que tensão deve ser aplicada a um aquecedor de 600 W, para que solicite uma corrente de 12 A? Determinar também sua resistência e a energia que consome em 3 horas.

$$\text{R.: } 50 \text{ V; } 4,1 \text{ ohms; } 6.480.000 \text{ J}$$

5 – A potência requerida para fazer funcionar um rádio é de 90 W. Se o conjunto for utilizado 2 horas por dia, durante 30 dias, qual será o custo de operação, na base de R\$ 0,20 por kWh?

$$\text{R.: R\$ } 1,08$$

6 – Um gerador de corrente contínua, com uma potência de 500 W, está fornecendo uma corrente de 10 A ao circuito externo. Determinar: a) a energia consumida no circuito externo, em meia hora; b) a tensão do gerador; c) a resistência do circuito externo. Desprezar a resistência interna do gerador.

$$\text{R.: } 900.000 \text{ J; } 50 \text{ V; } 5 \text{ ohms}$$

7 – A corrente solicitada por um motor de corrente contínua é 75 A. A tensão nos terminais do motor é 230 V. Qual é a potência de entrada do motor em kW?

$$\text{R.: } 17,25 \text{ kW}$$

8 – Um gerador de corrente contínua apresenta os seguintes dados entre suas características: 150 kW e 275 V. Qual é sua corrente nominal?

$$\text{R.: } 545,4 \text{ A}$$

9 – Um dispositivo elétrico que trabalha com 250 V tem 8 ohms de resistência. Qual é a sua potência nominal?

$$\text{R.: } 7.812,5 \text{ W}$$

10 – Qual deve ser a dissipação mínima de um resistor de 20.000 ohms, para que possa ser ligado a uma fonte de 500 V?

$$\text{R.: } 12,5 \text{ W}$$

11 – Num resistor lê-se o seguinte:

“10 ohms – 5 watts”. Pode ser ligado a uma fonte de 20 V? Justifique a resposta.

R.: NÃO, porque seria produzida uma quantidade de calor por segundo maior do que a que ele pode dissipar.

12 – Qual é a corrente na antena, quando um transmissor está entregando à mesma uma potência de 1 kW? A resistência da antena é de 20 ohms.

R.: 7 A

13 – Qual a corrente máxima que pode passar por um resistor que apresenta as seguintes características: “5.000 ohms – 200 watts”?

R.: 0,2 A

14 – Numa lâmpada estão gravados os seguintes dizeres: 60 W – 120 V. Determinar a resistência (a quente) do filamento da lâmpada, a intensidade da corrente que a percorre e a energia gasta na lâmpada em duas horas.

R.: 240 ohms; 0,5 A; 432.000 J

15 – Um aparelho elétrico solicita 5 A de uma fonte de 100 V. Calcular:

- sua resistência;
- a potência do aparelho;
- a energia, em joules e em kWh, consumida pelo aparelho depois de 3 horas de funcionamento;
- o trabalho elétrico realizado no aparelho após 2 horas de funcionamento contínuo.

R.: 20 ohms; 500 W; 5.400.000 J; 1,5 kWh; 1 kWh

16 – Qual é a corrente máxima que

se pode obter de um gerador de C.C. de 50 V, acionado a motor, quando este está desenvolvendo uma potência de 5 H. P., se o gerador tem uma eficiência de 85%?

R.: 63,4 A

17 – Um motor de corrente contínua foi projetado para solicitar 30,4 ampères de uma fonte de 230 V. Sabendo que sua eficiência é de 80%, determinar sua potência de saída.

R.: 5.593,6 W

18 – Um motor de corrente contínua ligado a uma rede de 120 V fornece a potência de 5 H. P. e seu rendimento é de 85%. Determinar: a) a intensidade da corrente de alimentação; b) as energias absorvida e fornecida pelo motor em 8 horas de funcionamento.

R.: 36,5 A; 35.105,6 Wh; 29.840 Wh

19 – Determinar a quantidade de calor necessária para aumentar de 50° C a temperatura de 3,5 kg de água.

R.: 175.000 cal

20 – Uma lâmpada acesa é completamente mergulhada em um vaso contendo 6.000 g de água, e, após 5 minutos, a temperatura da água aumenta de 3° C. Qual a potência na lâmpada?

R.: 250 W

21 – Que resistência deve ter um resistor destinado a libertar 72 calorias por segundo, ao ser ligado a uma fonte de 100 V?

R.: 33,3 ohms

22 – Qual é a resistência de uma bobina, se a diferença de potencial entre seus terminais é de 40 V e o calor

que desenvolve por segundo é de 800 calorias?

R.: 0,4 ohm

23 – Um resistor de 12 ohms é ligado a uma fonte de 120 volts e introduzido em um bloco de gelo de 1 kg a 0°. Se o resistor permanecer ligado durante 2 minutos, calcular a massa de gelo que não se fundirá. Sabe-se que para fundir 1 g de gelo a 0° C são necessárias 80 calorias.

R.: 568 g

24 – Se uma chaleira elétrica solicita 3,8 A, quando é ligada a uma fonte

de 230 volts, determinar o tempo necessário para que 1,7 kg de água atinjam o ponto de ebulição, admitindo que a temperatura inicial da água era de 12° C, e que a eficiência da chaleira é de 70%.

R.: 1.018 s

25 – Um aquecedor elétrico deve ser usado para aquecer 5 litros de água. O dispositivo solicita 2 ampères quando é submetido a uma fonte de 110 V. Desprezando o calor dissipado pelo tanque, determinar o tempo necessário para elevar a temperatura da água de 15° para 80° C.

R.: 6.155 s