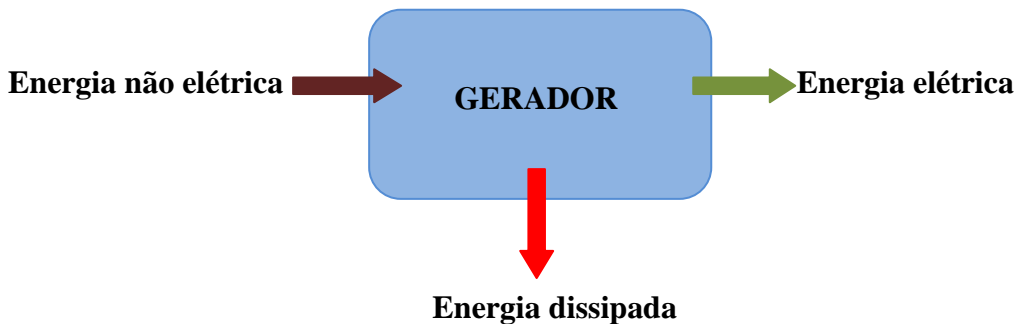


Geradores elétricos



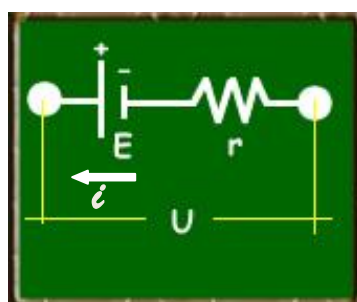
Geradores elétricos são dispositivos que convertem um tipo de energia qualquer em energia elétrica. Eles têm como função básica aumentar a energia potencial das cargas que os atravessam sendo responsáveis por fornecer energia elétrica ao circuito. A figura abaixo mostra o esquema de transformação de energia em um gerador



Símbolo de um gerador

Um gerador possui dois pólos, um positivo e outro negativo, ou seja, um pólo de maior e outro de menor potencial elétrico. Quando ligamos os terminais de um circuito nos pólos do gerador, teremos um movimento ordenado de cargas elétricas, isto é, a corrente elétrica. A corrente nos terminais do gerador vai do pólo negativo para o positivo as cargas então vão fluir por meio do circuito na direção dos potenciais mais elevados. Quando percorridos por uma corrente elétrica, os geradores apresentam uma resistência à passagem dos portadores de carga, esta resistência é conhecida como resistência interna do gerador (r).

Sendo assim na figura abaixo temos o símbolo de um gerador e o sentido da corrente entre seus pólos



Onde:

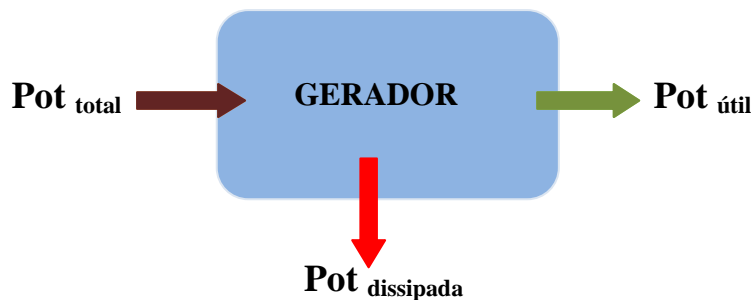
\mathcal{E} é a força eletromotriz (*fem*) que, na verdade, é a diferença de potencial do gerador quando ele não está ligado ao circuito, ou seja, quando não é percorrido por uma corrente elétrica. Podemos então dizer que a *fem* é a diferença de potencial máxima nos terminais do gerador enquanto não é percorrido por uma corrente elétrica. Por conta disto, ela é também conhecida como tensão no vazio (ddp enquanto $i = 0$)

U é a ddp fornecida ao circuito pelo gerador

r é a resistência interna do gerador

Equação característica de um gerador

Vimos que a potencia elétrica pode ser determinada pelas equações $Pot=U.i$ e $Pot= R.i^2$. Com estas equações e a partir do esquema abaixo, podemos determinar a equação característica do gerador. Observe:



Onde:

Pot_{total} corresponde a toda energia que o gerador poderia fornecer ao circuito em função da energia recebida

$Pot_{útil}$ indica o que realmente é fornecido ao circuito

$Pot_{dissipada}$ é a energia que foi dissipada por efeito joule devido a resistência interna do gerador

Fazendo um balanço energético temos

$$Pot_{total} = Pot_{útil} + Pot_{dissip}$$

Aplicando as equações anteriores para o cálculo da potencia

$$\mathcal{E}.i = U.i + r.i^2$$

Cancelando as correntes temos

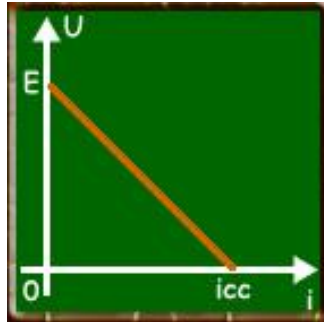
$$\mathcal{E} = U + r.i$$

Sendo assim, a ddp fornecida ao circuito pelo gerador é determinada pela expressão

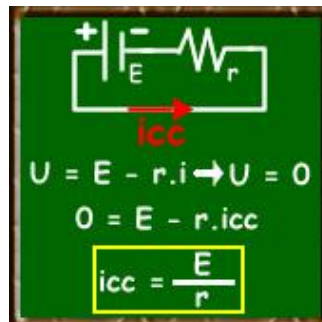
$$U = E - r.i$$

Curva característica do gerador

Com base na equação acima, podemos então obter o gráfico que indica a ddp fornecida pelo gerador em função da corrente que o percorre (curva característica)



Podemos perceber pela curva, o que já foi dito anteriormente, que a fem é a ddp máxima nos terminais do gerador enquanto a corrente é nula. Mas, o gráfico ainda nos permite concluir que existe uma corrente que “trava” o gerador, ou seja, que faz com que ele entre em curto-circuito. O gerador é posto em curto-circuito quando os seus pólos são ligados diretamente por um fio condutor de baixa resistência. Quando isso acontece, a diferença de potencial entre os pólos é igual a zero e assim se obtém uma corrente definida como corrente de curto circuito (i_{cc}) que é a maior possível a passar pelo gerador



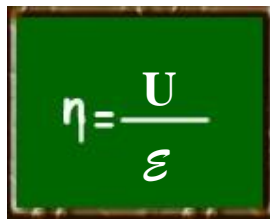
Na figura acima, temos um esquema de um gerador em curto-circuito. Perceba que, na equação característica, foi substituído o zero no lugar da diferença de potencial. No fim, temos a equação que dá o valor da corrente de curto-circuito, que é a razão entre a força eletromotriz e a resistência interna.

Rendimento no gerador (n)

Define-se rendimento como sendo a divisão daquilo que está sendo usado pelo total fornecido para essa utilização. Aplicando essa idéia a um gerador teremos que o rendimento do mesmo é definido como sendo a potência útil dividida pela total. Sendo assim temos:

$$n = \frac{Pot_{\text{útil}}}{Pot_{\text{total}}}$$

$$n = \frac{U \cdot i}{E \cdot i}$$


$$\eta = \frac{U}{\varepsilon}$$

Para um gerador real, o valor esperado para o rendimento é maior que zero e menor que um. Não pode ser igual a zero, pois este rendimento indica que o gerador está com defeito e não pode ser igual a um, pois desse modo ele seria um gerador ideal, ou seja, com resistência interna igual a zero indicando rendimento de 100%. Observe ainda que um gerador ideal é aquele em que a resistência interna é nula com isso, a fem é igual a ddp fornecida ao circuito $\varepsilon = U$.

Potencia máxima fornecida ($Pot_{\text{útil Max}}$)

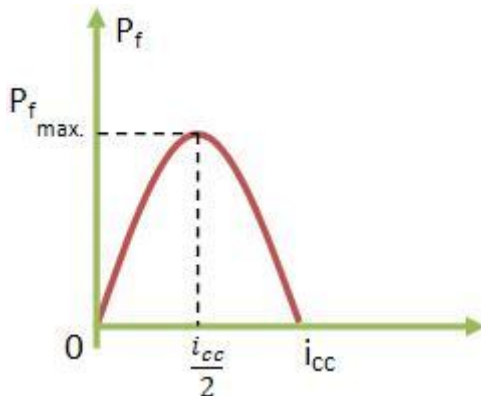
Pela relação entre as potencias em um gerador temos:

$$Pot_{\text{total}} = Pot_{\text{útil}} + Pot_{\text{dissip}}$$

$$Pot_{\text{útil}} = Pot_{\text{total}} - Pot_{\text{dissip}}$$

Então,

$$Pot_{\text{útil}} = U \cdot i - r \cdot i^2 \text{ o que gera o gráfico } Pot_{\text{útil}} \text{ x corrente abaixo.}$$



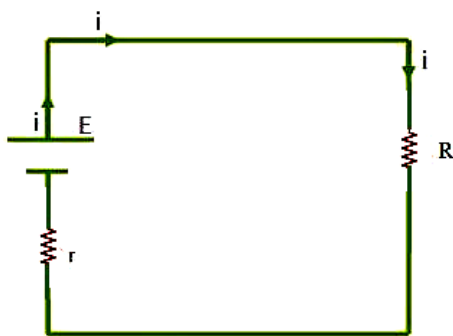
Observe que se trata de uma parábola equilátera, sendo assim a pot útil é máxima quando a corrente que percorre o gerador vale metade da corrente de curto-circuito.

Podemos então dizer que se Pot útil é máxima então $i = \mathcal{E}/2r$. substituindo esta expressão na equação $\text{Pot}_{\text{útil}} = \mathcal{E} \cdot i - r \cdot i^2$ temos:

$\text{Pot}_{\text{útil}} = \mathcal{E} \cdot \mathcal{E}/2r - r \cdot (\mathcal{E}/2r)^2$ que ao ser desenvolvida fica

$$\text{Pot}_{\text{máx}} = \frac{E^2}{4r}$$

Circuito gerador - resistor



Neste circuito, a adp fornecida pelo gerado é igual a que é recebida pelo resistor. Sendo assim temos:

$\mathcal{E} - r \cdot i = R \cdot i$, de onde tiramos que

$$I = \frac{E}{R + r}$$

Essa equação é conhecida como lei de Ohm -Pouillet

OBS: Quando a Potencia lançada pelo gerador ao circuito é máxima temos que

$$\frac{E^2}{4r} = \frac{E}{R + r}$$

Resolvendo ficamos com a seguinte relação $R = r$

Ou seja, quando a potencia lançada é máxima, a resistência interna do gerador é igual a resistência equivalente (externa) do circuito

Associação de geradores

Os geradores podem ser associados para melhor aproveitamento das suas características de resistência interna e de força eletromotriz.

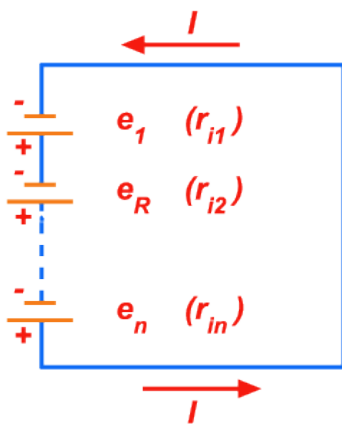
São três os tipos de associação de geradores:

- 1) em série
- 2) em paralelo, ou em derivação
- 3) mista.

Obs.: iremos nos ater as associações em série e em paralelo

1. Associação em série

É aquela em que se liga o pólo positivo de um gerador ao pólo negativo do seguinte.



O circuito externo é ligado ao pólo positivo do primeiro e ao pólo negativo do último. As características dessa associação são as seguintes.

- 1) a corrente que atravessa todos os geradores é a mesma;
- 2) a f.e.m da associação é a soma das f.e.m dos geradores em série: $E_S = E_1 + E_2 + E_3$.
- 3) a resistência interna da associação é a soma das resistências internas dos geradores em série: $r_s = r_1 + r_2 + r_3$.

Objetivo: aumentar a potência fornecida por meio do aumento da f.e.m do sistema.

Caso Particular

Se os geradores são iguais. Temos:

1 – As f.e.m. são iguais, isto é, $E_1 = E_2 = E_3$. Chamando \mathcal{E} à essa f.e.m. igual, resulta para a f.e.m. da associação:

$\mathcal{E} = n \cdot E$ onde n é o número de geradores associados

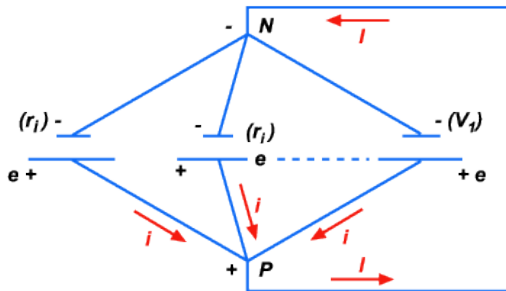
2 – As resistências internas são iguais, isto é, $r_1 = r_2 = r_3 = r$.

Chamando r_{eq} à essa resistência interna igual para todos, resulta, para a associação:

$r_{eq} = n \cdot r$ onde n é o número de geradores associados

2. Associação em paralelo de geradores iguais

Estudaremos a associação em paralelo só para o caso em que os geradores são iguais. Nessas associações, os polos positivos são ligados entre si e constituem o polo positivo da associação (ponto P); os polos negativos são ligados entre si e constituem o polo negativo da associação (ponto N)



Características

- a) a corrente divide-se entre os geradores;
- b) a f.e.m da associação é igual àquela de cada um dos geradores associados: $E_p = E$
- c) o inverso da resistência da associação é igual à soma dos inversos das resistências dos geradores associados:

$$\frac{1}{r_p} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \dots + \frac{1}{r} \rightarrow \frac{1}{r_p} = \frac{n}{r} \rightarrow r_p = \frac{r}{n}$$

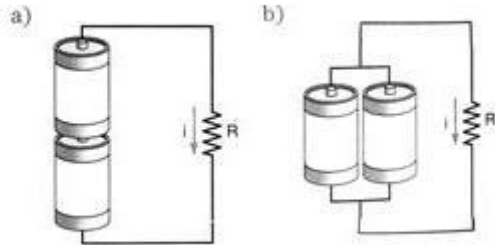
Objetivos:

- Aumentar a potência fornecida, porém por meio do aumento da intensidade da corrente do sistema.**
- Diminuir a corrente em cada gerador, a fim de não danificá-lo, mantendo a corrente do sistema acima dos seus limites.**

Este tipo de ligação utiliza-se sempre que um determinado receptor tem uma tensão de funcionamento superior a oferecida por um só gerador. Por exemplo: aparelhos receptores de radio, telecomandos de televisor, lanternas de mão, etc., onde varias pilhas em serie (normalmente de 1,5 V) são ligadas de forma a obter-se a tensão de funcionamento necessária.

Questão resolvida

Duas pilhas iguais, cada uma com f.e.m $E = 1,5 \text{ V}$ e resistência interna $r = 0,5$, são associadas. A associação é ligada a um resistor de 2 , conforme as figuras. Determine a intensidade da corrente no resistor em cada uma das associações.



Solução:

a) A f.e.m e a resistência equivalente da associação em série são:

$$E_s = 1,5 + 1,5 \rightarrow E_s = 3 \text{ V}$$

$$R_s = 0,5 + 0,5 \rightarrow R_s = 1 \Omega$$

Aplicando a lei de Pouillet, determina-se a corrente:

$$i = \frac{E_s}{R + R_s} \rightarrow i = \frac{3}{2 + 1} \rightarrow i = 1 \text{ A}$$

b) A f.e.m e a resistência equivalente da associação em paralelo são:

$$E_p = 1,5 \text{ V}$$

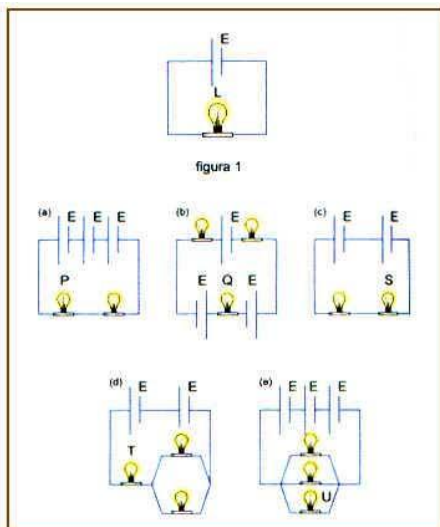
$$r_p = 0,5 / 2 = 0,25 \Omega$$

Exercícios

01. (PUC-SP) Cinco geradores, cada um de f.e.m. igual a $4,5\text{V}$ e corrente de curto-circuito igual a $0,5\text{A}$, são associados em paralelo. A f.e.m.e a resistência interna do gerador equivalente têm valores respectivamente iguais a:

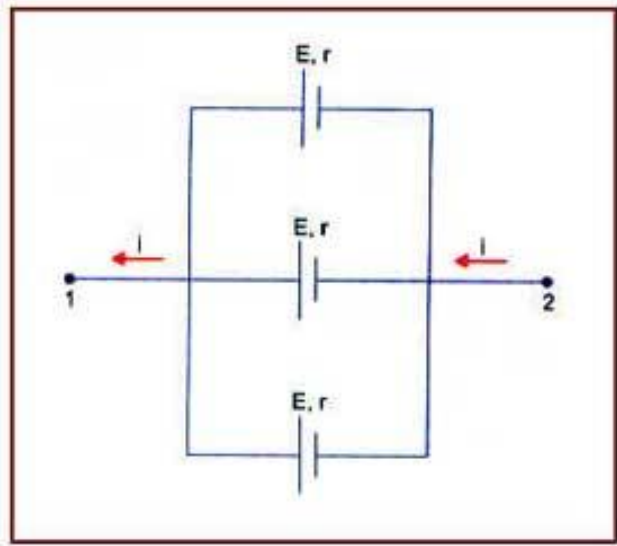
- a) $4,5\text{V}$ e $9,0\Omega$
- b) $22,5\text{V}$ e $9,0\Omega$
- c) $4,5\text{V}$ e $1,8\Omega$
- d) $0,9\text{V}$ e $9,0\Omega$
- e) $0,9\text{V}$ e $1,8\Omega$

02. (USP) As figuras mostram seis circuitos de lâmpadas e pilhas ideais. A figura (1), no quadro, mostra uma lâmpada L de resistência R ligada a uma pilha de resistência interna nula. As lâmpadas cujos brilhos são maiores que o da lâmpada do circuito (I) são:



- a) apenas P, Q e T.
- b) apenas P, S e U.
- c) apenas P, T e U.
- d) apenas Q e S.
- e) apenas S.

03. (U.F.S.CARLOS) Três baterias idênticas são ligadas em paralelo, como na figura a seguir. A força eletromotriz de cada bateria é E , com resistência interna igual a r . A bateria equivalente dessa associação tem força eletromotriz e resistência interna, respectivamente iguais a:



- a) $3E$ e r
- b) E e $r/3$
- c) $E/3$ e r
- d) $E/3$ e $r/3$
- e) $3E$ e $r/3$

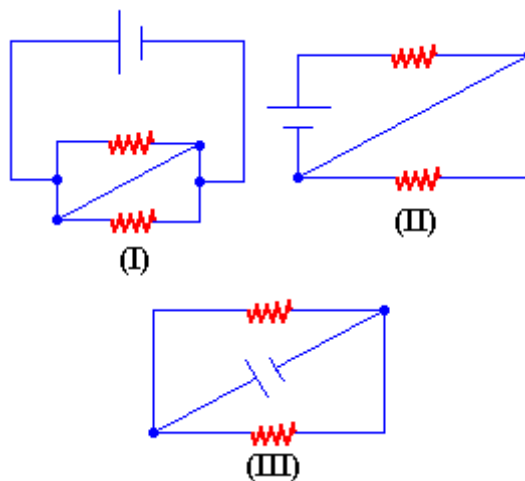
04. Se ligássemos externamente os pontos 1 e 2 do circuito da questão anterior com uma resistência de valor $2r/3$, a corrente total no circuito seria:

- a) $9E/11r$
- b) $9E/5r$
- c) $E/5r$
- d) $E/3r$
- e) E/r

05. A força eletromotriz de uma bateria é:

- a) a força elétrica que acelera os elétrons;
- b) igual à tensão elétrica entre os terminais da bateria quando a eles está ligado um resistor de resistência nula;
- c) a força dos motores ligados à bateria;
- d) igual ao produto da resistência interna pela intensidade da corrente;
- e) igual à tensão elétrica entre os terminais da bateria quando eles estão em aberto.

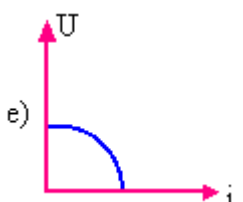
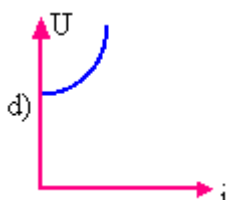
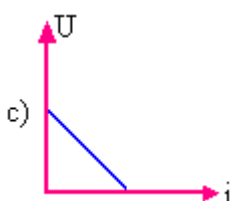
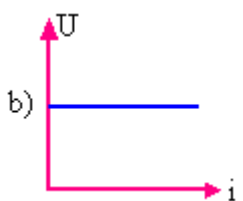
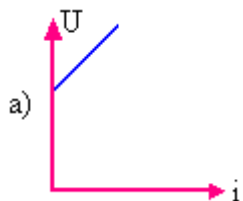
06. (CESGRANRIO)



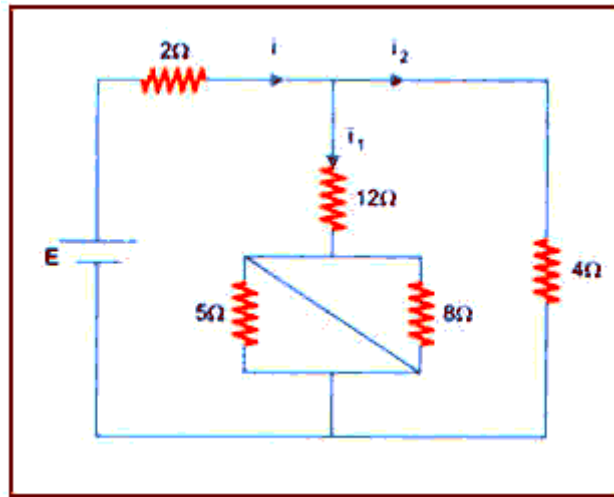
Em qual das situações ilustradas acima a pilha está em curto-circuito?

- a) somente em I
- b) somente em II
- c) somente em III
- d) somente em I e II
- e) em I, II e III

07. (UFAL) Admitindo-se constante e não nula a resistência interna de uma pilha, o gráfico da tensão (U) em função da corrente (i) que atravessa essa pilha é melhor representado pela figura:



08. (MACKENZIE) No circuito representado abaixo, a bateria é ideal e a intensidade de corrente i_1 é igual a 1,5A.



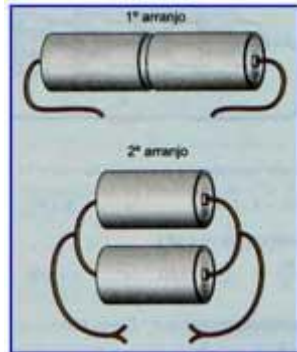
O valor da força eletromotriz E da bateria é:

- a) 50V
- b) 40V
- c) 30V
- d) 20V
- e) 10V

09. (ITAJUBÁ - MG) Uma bateria possui uma força eletromotriz de 20,0V e uma resistência interna de 0,500 ohm. Se intercalarmos uma resistência de 3,50 ohms entre os terminais da bateria, a diferença de potencial entre eles será de:

- a) 2,50V
- b) 5,00V
- c) $1,75 \cdot 10V$
- d) $2,00 \cdot 10V$
- e) um valor ligeiramente inferior a $2,00 \cdot 10V$

10. (FUVEST) As figuras ilustram pilhas ideais associadas em série (1° arranjo) e em paralelo (2° arranjo). Supondo as pilhas idênticas, assinale a alternativa correta:



- a) Ambos os arranjos fornecem a mesma tensão.
- b) O 1° arranjo fornece uma tensão maior que o 2°.
- c) Se ligarmos um voltímetro aos terminais do 2° arranjo, ele indicará uma diferença de potencial nula.
- d) Ambos os arranjos, quando ligados a um mesmo resistor, fornecem a mesma corrente.
- e) Se ligarmos um voltímetro nos terminais do 1° arranjo, ele indicará uma diferença de potencial nula.

Gabarito

01-C

02-C

03- B

04- E

05- E

06- A

07-C

08- C

09- C

10- B