

Geradores elétricos

E suas associações



Gerador elétrico

O que são?

Ao contrário do que o nome sugere o gerador elétrico **não gera eletricidade**, apenas **transforma** outros tipos de energias em energia elétrica. Um exemplo são as usinas hidrelétricas que transformam a energia cinética da água proveniente da barragem em energia elétrica. Outro exemplo são as usinas eólicas cujos seus geradores transformam energia cinética dos ventos em energia elétrica. As baterias, como a que existe no seu celular, são geradores que transformam energia química em energia elétrica.

Sempre ao falarmos de um Gerador temos de associá-lo a sua Força eletromotriz (sigla f.e.m, símbolo ε) [V], que nada mais é que a diferença de potencial máximo entre os terminais de um gerador ideal, aquele que não possui resistência interna. Na prática todo gerador possui uma resistência interna (r) [Ω], onde a DdP que o gerador fornece ao circuito sempre será:

$$U = \varepsilon - r \cdot i$$

Onde:

U -> ddp fornecida pelo gerador [V];

ε -> Força eletromotriz [V];

r -> resistência interna do gerador [Ω];

i -> corrente fornecida pelo gerador [A].

Isso quer dizer que a força eletromotriz do gerador é o máximo de ddp que ele poderia fornecer caso não houvessem perdas energéticas, perdas estas provocadas pela própria resistência interna que é inerente ao processo de fabricação do dispositivo, ou seja, pode-se minimizar, mas jamais será nula.

Analisando novamente a equação do gerador, temos:

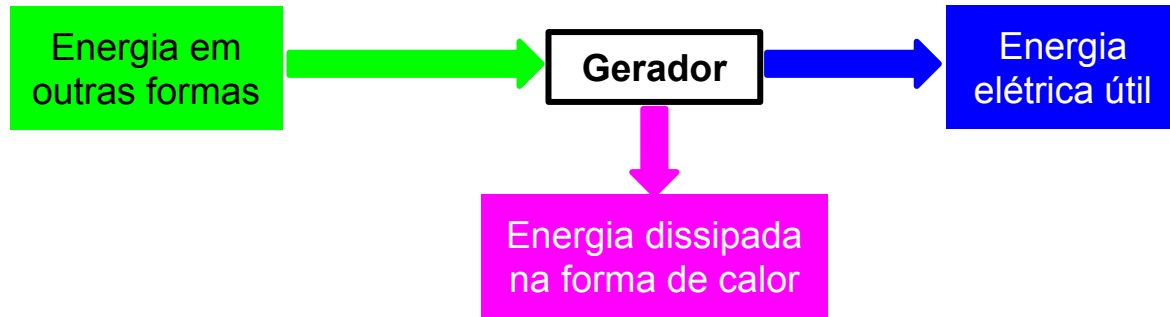
$$U = \varepsilon - r \cdot i$$

Diferença de potencial útil, aquela que será realmente fornecida ao circuito

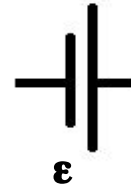
Diferença de potencial ideal do gerador, denominada f.e.m.

Diferença de potencial dissipada pela resistência interna

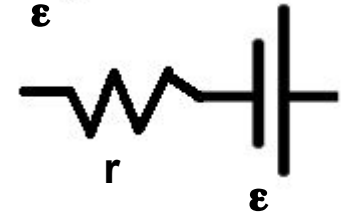
Esquemático do funcionamento do gerador:



A representação gráfica de um gerador ideal nós já conhecemos:



A representação de um gerador real, com sua resistência interna é:



Potência de um Gerador elétrico [W]

A potência de um gerador elétrico, ou seja, o quanto de energia ele consegue transformar em energia elétrica em um determinado intervalo de tempo é dada pela expressão:

$$P_u = P_T - P_d$$

Onde:

P_u -> Potência útil fornecida pelo gerador [W];

P_T -> Potência total do gerador [W];

P_d -> Potência dissipada pela energia interna [W].

Analogamente a ddp fornecida, para calcular a potência útil fornecida pelo gerador para o circuito, temos que calcular a potência máxima e subtrair a potência dissipada na forma de calor pela resistência interna, desta forma onde:

$$P_u = U \cdot i \quad P_T = \varepsilon \cdot i \quad P_d = r \cdot i^2$$

Onde: U -> ddp fornecida pelo gerador [V];

r -> resistência interna do gerador [Ω];

ε -> Força eletromotriz [V];

i -> corrente fornecida pelo gerador [A].

Rendimento de um Gerador elétrico (η) [W]

O rendimento ou eficiência de um gerador elétrico é a razão entre a potência útil e a potência total e representa o quanto da energia que chega no gerador é transformada em energia elétrica. Exemplo se um gerador apresenta rendimento de 90%, isto quer dizer que para cada 100J de energia em outras formas que chegam ao gerador, 90J são transformados em energia elétrica e 10J são dissipados pela resistência interna.

As formas de se calcular o rendimento são:

$$\eta = \frac{P_u}{P_T} \quad \eta = \frac{U \cdot i}{\varepsilon \cdot i} \quad \eta = \frac{U}{\varepsilon}$$

Observação I: Note que o rendimento sempre terá como resultado um valor entre 0 e 1, sendo 1 apenas para um gerador ideal onde $U=\varepsilon$, ou seja, um gerador que não apresenta resistência interna, toda a energia que chega no gerador é transformada em energia elétrica (a segunda lei da termodinâmica permite isso?).

Observação II: Não existe rendimento maior que 100%, ou seja, η jamais será maior que um.

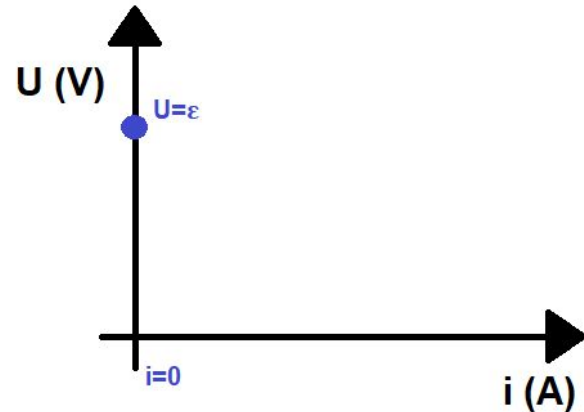
Curva característica de um gerador elétrico

A curva característica de um gerador nada mais é que o comportamento da ddp em relação a corrente elétrica gerada pelo gerador, ou seja, o gráfico $U \times i$.

Voltando a equação característica do gerador ($U = \varepsilon - r.i$), podemos perceber que quando os terminais do gerador não estão ligados a um circuito, ou seja, temos um circuito aberto, não há fornecimento de corrente por esse mesmo gerador, o que é óbvio se não existe um caminho para a corrente percorrer, não existe corrente $i=0$, a nossa equação fica:

$$U = \varepsilon - r.0 \rightarrow U = \varepsilon$$

Ou seja, quando $i=0$, temos a c



Mas como saber qual a corrente máxima gerada pelo gerador?

Vamos pensar um pouco sobre a equação característica, $U = \varepsilon - r \cdot i$, das quatro grandezas apresentadas nesta equação, duas são constantes, ou seja, dependem da construção do dispositivo e depois de construído nunca mais são alteradas, que são a f.e.m e a resistência interna, ou seja, as únicas variáveis da equação são a ddp e a corrente elétrica, então percebemos que o limite máximo da corrente elétrica é quando a eficiência do gerador chega a 0%, ou seja, quando toda a energia é dissipada pela resistência interna, em outras palavras, quando $U=0$, desta forma temos que $0 = \varepsilon - r \cdot i$, ou $\varepsilon = r \cdot i$. Isto quer dizer que a corrente em um gerador será máxima quando a única resistência do circuito for a resistência interna da bateria, quando o circuito estiver em curto-circuito (curto-circuito significa o caminho mais curto), e acontece quando os polos da bateria forem ligados diretamente um no outro.

Então a corrente de curto-circuito (i_{cc}) pode ser expressa da Seguinte forma:

$$r \cdot i_{cc} = \varepsilon \longrightarrow i_{cc} = \frac{\varepsilon}{r}$$

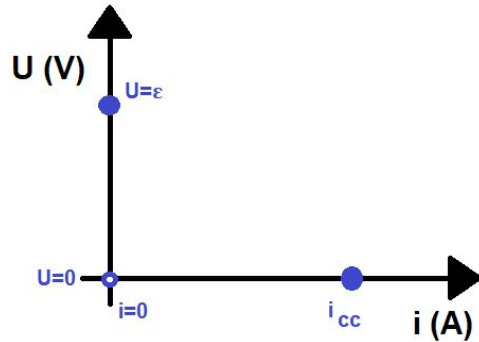
Onde:

ε -> Força eletromotriz [V];

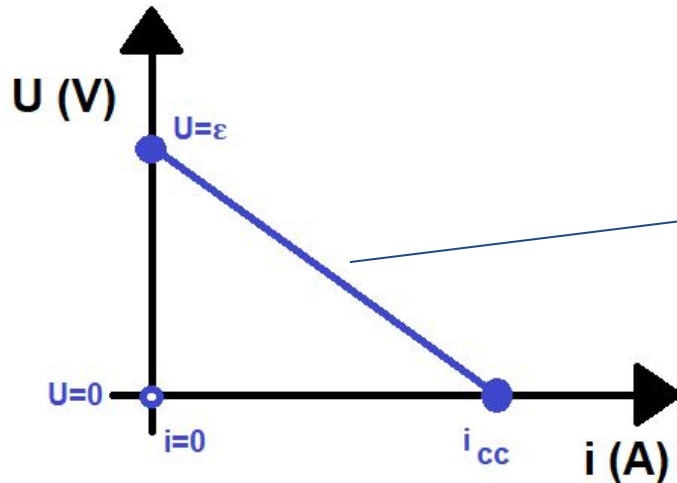
r -> resistência interna do gerador [Ω];

i_{cc} -> corrente de curto-circuito [A].

Desta forma a curva característica tem como segundo ponto $i=i_{cc}$ e $U=0$.

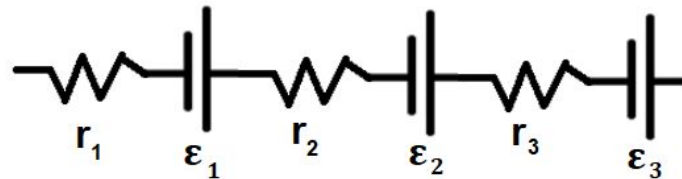


Assim a relação $U \times i$, conhecida como curva característica do gerador é:



A equação $U=-r.i+\varepsilon$ é a equação de uma reta, com coeficiente angular negativo ($-r$), desta forma temos um reta decrescente que parte de $U=\varepsilon$ e corta o eixo horizontal no ponto i_{cc} .

Associação de geradores elétricos:



Associação em Série:

- O objetivo desta configuração é alcançar uma f.e.m maior, ou seja, nesta associação a ε equivalente é a soma das ε dos geradores associados;

$$\varepsilon_{eq} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \dots$$

- A resistência equivalente da associação também será a soma das resistências internas de cada gerador:

$$r_{eq} = r_1 + r_2 + r_3 + \dots$$

- Desta forma a ddp fornecida para o circuito fica:

$$U = \varepsilon_{eq} - r_{eq} \cdot i$$

Associação de geradores elétricos:

Associação em Paralelo:

- O objetivo desta configuração é alcançar uma corrente elétrica maior, ou seja, nesta associação a ε equivalente é a ε dos geradores associados, ou a ε do maior gerador associado ;

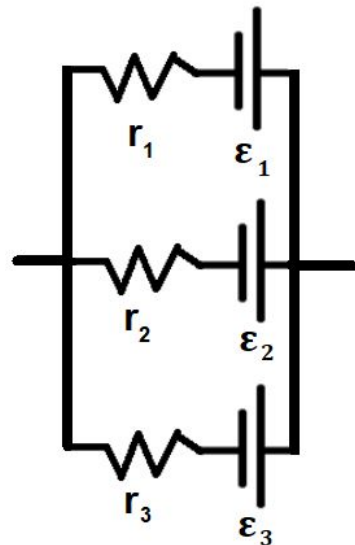
$$\varepsilon_{eq} = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \dots$$

- A resistência equivalente da associação será o inverso da soma dos inversos resistências internas de cada gerador:

$$r_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots}$$

- Desta forma a ddp fornecida para o circuito fica:

$$U = \varepsilon_{eq} - r_{eq} \cdot i$$



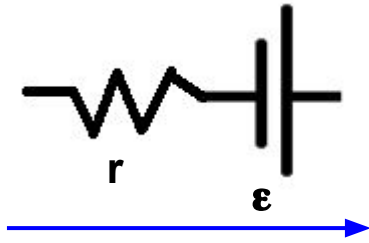
Receptores elétricos

O que são?

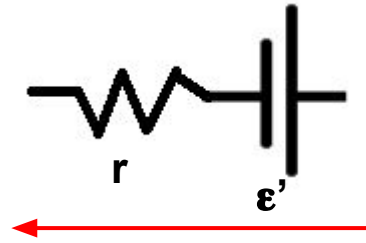
Ao contrário dos geradores que transformam energia de outras formas em energia elétrica os receptores são dispositivos que convertem energia elétrica em outra forma de energia, não exclusivamente térmica. Exemplos: motores elétricos, ventiladores, liquidificadores, geladeiras, aparelhos de sons, vídeos, celulares, computadores, etc.

A grandeza física associada a eles é a Força contra-eletromotriz (f.c.e.m) \mathcal{E} [V], que nada mais é que o quanto de energia é necessário para o receptor funcionar. Exemplos no nosso cotidianos não muitos, como os 3V dos controles remotos, os 220V do liquidificador entre outros.

O símbolo utilizado para receptor é o mesmo símbolo dos geradores, a diferença entre ambos é que no gerador a corrente elétrica sempre passa por ele indo do polo negativo para o positivo, já no caso do receptor a corrente elétrica que o atravessa sempre passa do polo positivo para o negativo.



sentido da corrente elétrica
no gerador



sentido da corrente elétrica
no receptor

A equação que descreve o funcionamento do receptor é:

$$\boxed{\varepsilon'} = \boxed{U} - \boxed{r \cdot i}$$

→ Diferença de potencial dissipada pela resistência interna
→ Diferença de potencial aplicada sobre o receptor
→ F.C.E.M gerada pelo receptor

Curva característica de um Receptor elétrico

Analizando a equação do receptor e reescrevendo-a temos:

$$\varepsilon' = U - r \cdot i \rightarrow U = \varepsilon' + r \cdot i$$

observa-se que quando $i=0$, $\varepsilon'=U$, ou seja, enquanto o gerador não está funcionando, não há perdas energéticas por parte da resistência interna, então a ddp aplicada é mínima. A medida que aumentamos a ddp aplicada sobre o receptor a corrente que circula por ele aumenta proporcionalmente, bem como as perdas na forma de calor para a resistência interna, isso quer dizer que após a ddp superar a f.c.e.m, todo aumento de ddp será transformado em calor pela resistência interna.

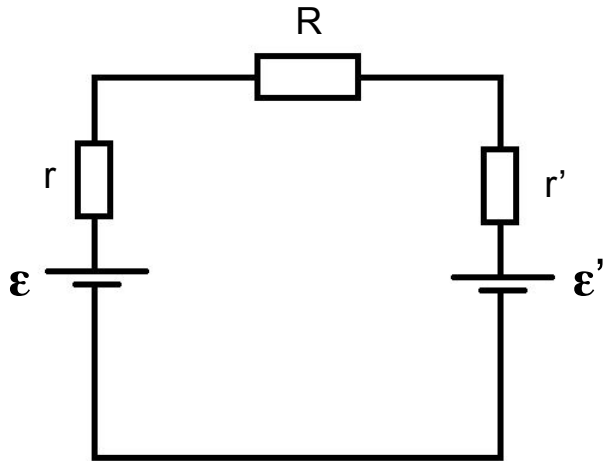


A equação $U=r.i+\epsilon'$ é a equação de uma reta, com coeficiente angular positivo (r), desta forma temos uma reta crescente que parte de $U=\epsilon'$ e cresce à medida que a corrente sobre o receptor aumenta.

Lei de Pouillet

Circuito elétrico de malha única com geradores e receptores

Seja um gerador de força eletromotriz (fem) e resistência interna r , um receptor de força contra-eletromotriz (fcem) ε' e resistência interna r' e um resistor de resistência R , associados em série conforme a figura, constituindo um circuito elétrico de malha única.



Como estão em série a intensidade da corrente elétrica deve ser a mesma para todos, logo:

$$i = \frac{\sum \varepsilon - \sum \varepsilon'}{R_{eq}}$$

Onde sempre levamos em conta a resistência equivalente do circuito todo, neste caso $R_{eq} = R + r + r'$.