

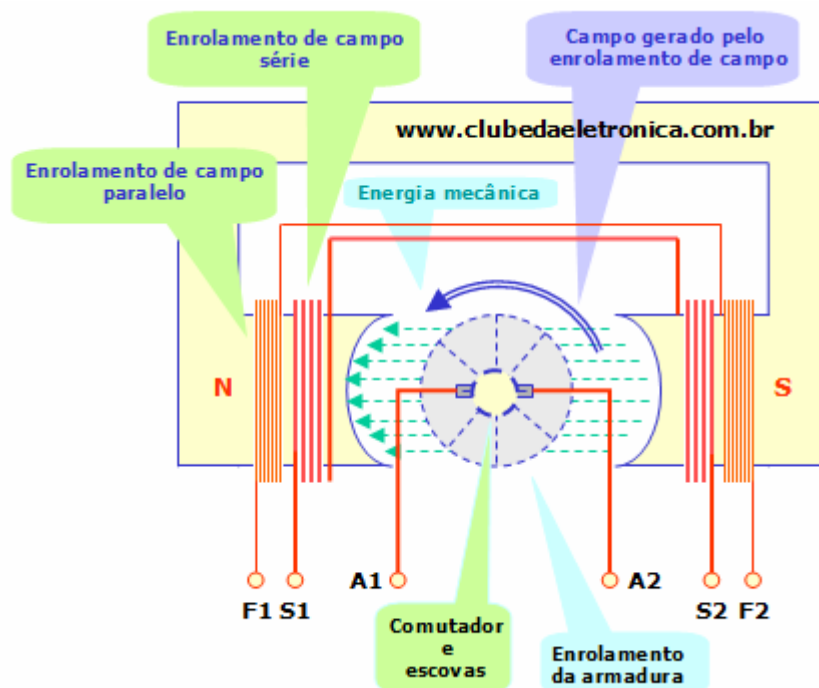
Geradores de corrente contínua

Introdução:

Um motor é uma máquina que tem a função de converter energia elétrica em energia mecânica e um gerador tem a função contrária, ou seja, converter a energia mecânica em energia elétrica. Os geradores, assim como os motores podem ser de corrente contínua ou de corrente alternada. Nosso objetivo nesta aula será conhecer um pouco sobre os geradores de corrente contínua ou gerador DC.

Construção física

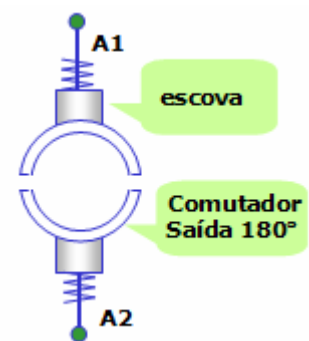
Os grandes geradores são compostos basicamente por enrolamentos de campo (parte fixa), na ilustração duas bobinas foram colocadas sendo a bobina de campo série a mais robusta (possui fio mais grosso) e a bobina de campo paralelo a menos robusta (possui fio mais fino), porém ambas tem a mesma função gerar um campo eletromagnético que quando interceptado pela armadura induz em suas espiras uma corrente elétrica que alimenta uma carga.



Comutador e escovas

As espiras da armadura são ligadas a um dispositivo chamado comutador, que nada mais é que um conversor AC/DC mecânico, onde estão presas as espiras da armadura e sobre este deslizam escovas de onde saem os fios da armadura do gerador.

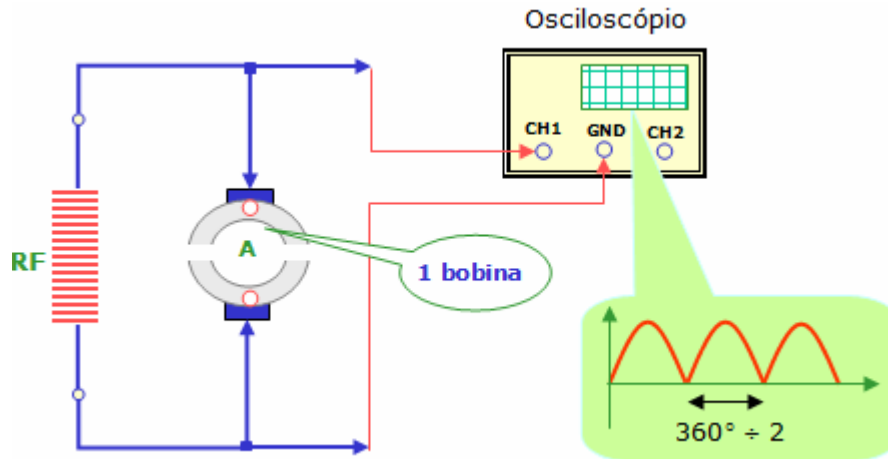
O funcionamento incorreto de uma máquina de corrente contínua se dá em grande parte devido falhas na capacidade de transferir a corrente da armadura, através do contato da escova com o comutador.



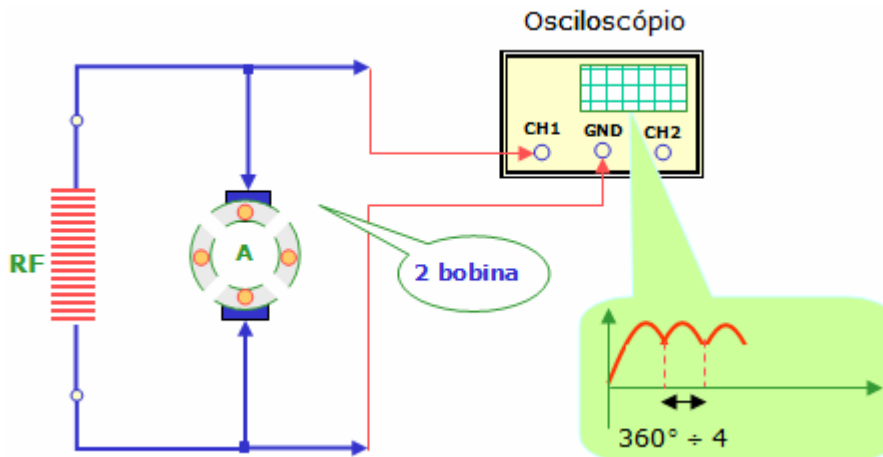
A tensão da saída

A saída de um gerador DC com uma única bobina produz um sinal pulsante, utilizando-se de mais bobinas e combinando suas saídas teremos um sinal também pulsado, porém mais suave.

Saída do gerador com uma única bobina



Saída do gerador com duas bobinas



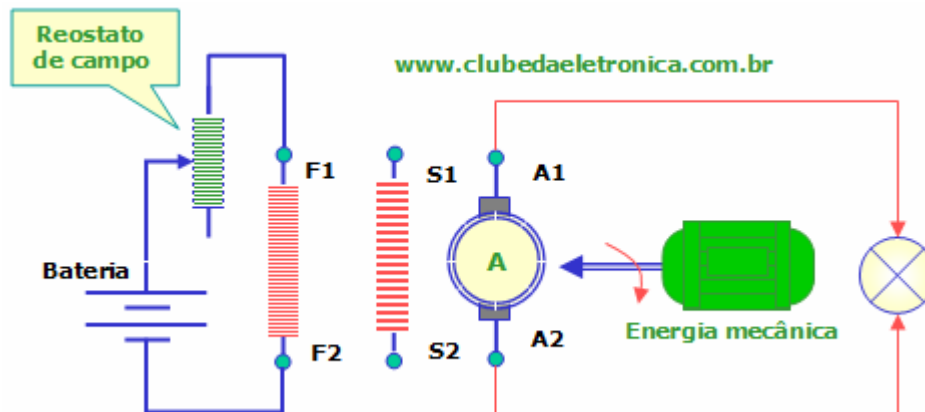
Os geradores comerciais apresentam várias lâminas no comutador e conseqüentemente várias bobinas o que proporciona uma saída bem mais suave.

Tipos de geradores

Somente aplicando energia mecânica não há geração suficiente para alimentar uma carga considerável. Assim, devemos excitar sua ou suas bobinas de campo e as formas de excitação classificam os tipos de geradores podendo ser independente ou auto-excitado e este último pode ser subdividido em série, paralela ou shunt e misto ou compound.

Excitação independente

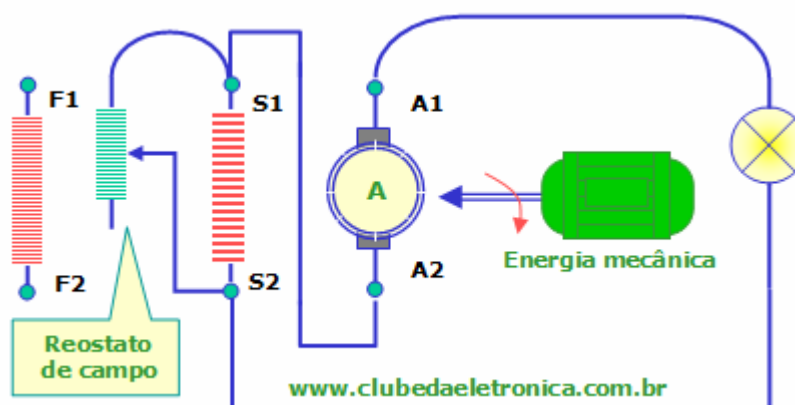
A excitação independente ocorre quando uma fonte externa separada do gerador excita sua bobina de campo paralela ou shunt.



Nesta ligação um reostato foi inserido no circuito e sua função é controlar a corrente na bobina shunt e controlando a corrente controlamos a geração. A desvantagem deste tipo de gerado é que necessitamos de baterias.

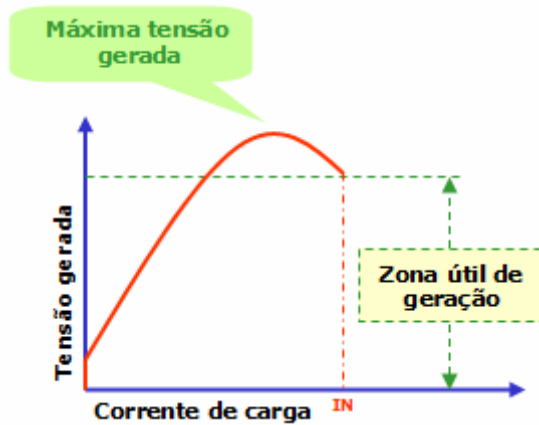
Auto excitado – série

O gerador série é auto excitado, ou seja, não há necessidade de baterias, sua excitação vem da própria tensão gerada pela armadura.



Principais características:

- Ø Sem carga não há geração
- Ø Aumentando a carga haverá aumento da excitação e com isso aumento da tensão gerada.
- Ø Possui uma regulação ruim.
- Ø Um reostato em paralelo com a bobina série divide a corrente reduzindo a corrente na excitação e com isso é possível controlar a tensão gerada.



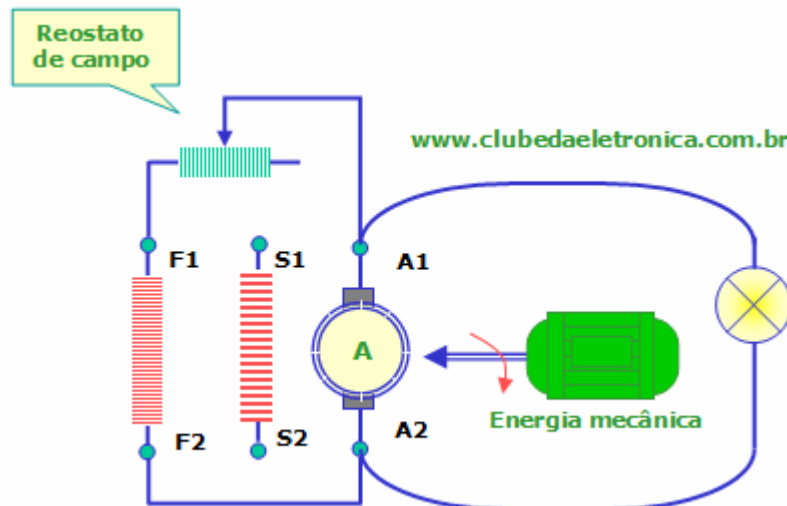
Curva corrente de carga x tensão gerada

A curva mostra claramente a variação da tensão em função da corrente solicitada pela carga.

Note que sem carga há uma pequena tensão devido ao campo remanescente, mas insuficiente para grandes aplicações, à medida que a corrente de carga aumenta, aumenta a excitação e, portanto a geração. O aumento acontecerá até que o gerado sature e a partir daí haverá uma queda de tensão. Se persistir no aumento da corrente de carga o gerador deixa de gerar.

Auto excitado – Paralelo ou shunt

O gerador shunt ou paralelo também é auto-excitável como o gerador série, sua excitação provem da própria tensão gerada pela armadura.

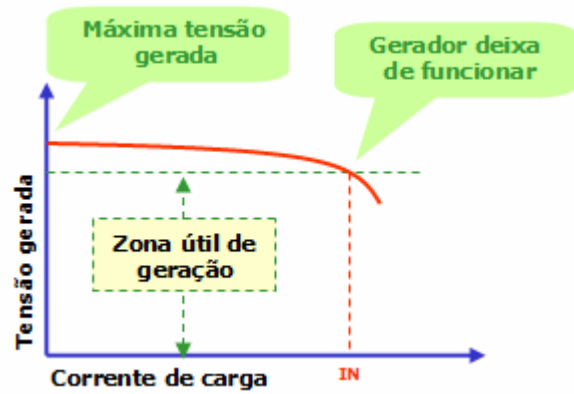


Principais características:

- Ø Com carga ou sem carga há geração.
- Ø Aumentando a carga haverá redução excitação e com isso redução da geração.
- Ø Possui uma boa regulação.
- Ø Um reostato em série com a bobina shunt permite o controle da corrente e, portanto da geração.

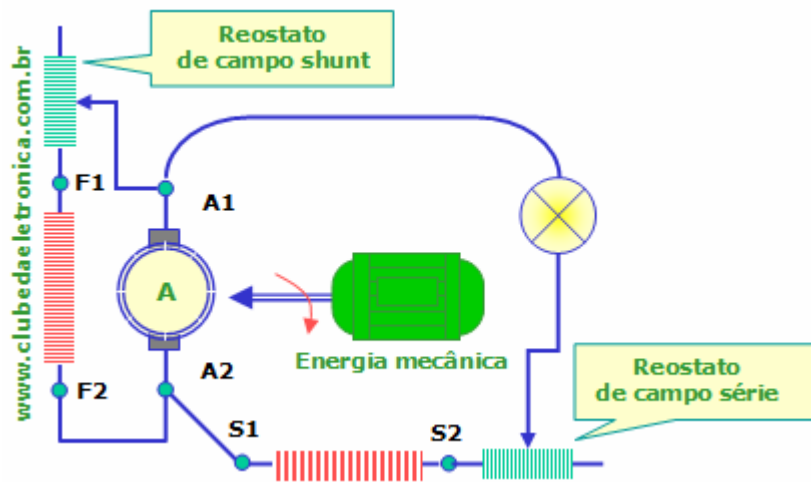
Curva corrente de carga x tensão gerada

O gerador shunt sem carga gera energia diferente do gerador série. Porém, à medida que colocamos carga haverá redução da corrente de excitação e conseqüentemente da tensão gerada. Se o aumento persistir e ultrapassar a corrente nominal a tensão cairá mais rapidamente até que o gerador deixe de gerar.



Auto excitado – Misto ou compound

O gerador misto como os anteriores também é auto excitado e agrega o melhor dos dois tornando-o mais estável.

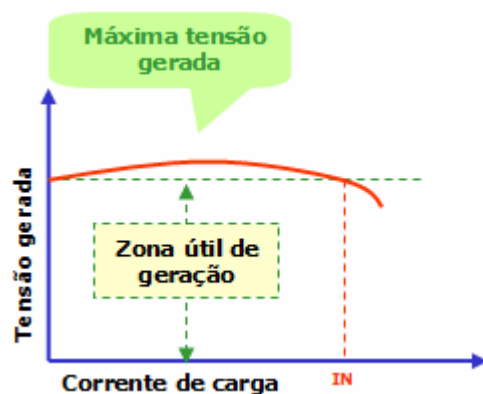


Principais características:

- Ø Com carga ou sem carga há geração
- Ø Aumentando a carga haverá redução excitação do campo shunt, porém haverá um aumento da excitação do campo série tornando a geração mais estável.
- Ø Para um controle mais preciso da geração dois reostatos podem ser adicionados, um controlando a excitação série e outro a excitação paralela.

Curva corrente de carga x tensão gerada

O gerador composto une o que há de melhor da ligação série e da ligação paralela, tornando-o mais estável, pois a queda na excitação do campo paralelo acaba sendo compensando pelo aumento da excitação do campo série estabilizando a saída. Se persistir com o aumento da corrente (acima da corrente nominal) a tensão cairá rapidamente e o gerador para de gerar.



Perdas e eficiência de uma máquina de corrente contínua.

O rendimento dos geradores DC assim como qualquer máquina não é 100%, ou seja, sempre há quedas e no caso das máquinas DC estas quedas ocorrem devido as perdas mecânicas e no cobre.

Perdas de potência no cobre

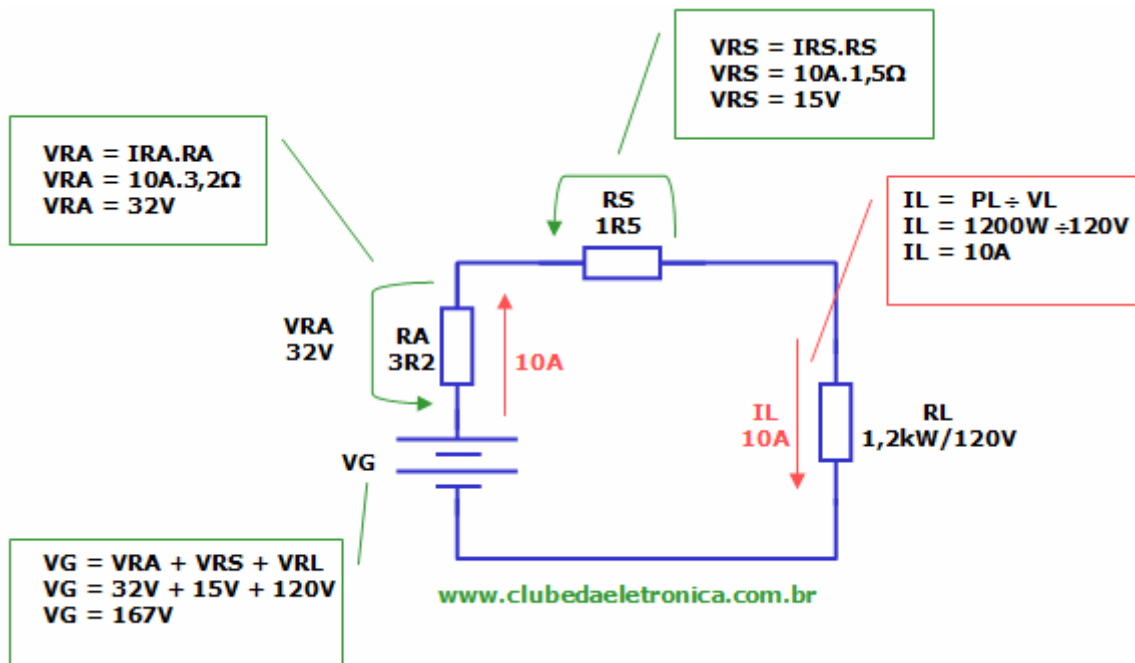
- # Perdas na armadura = $RA \cdot IA^2$
- # Perdas no campo série = $RS \cdot IS^2$
- # Perdas no campo paralelo = $RF \cdot IF^2$

Perdas mecânicas ou rotacionais

- # Perdas no ferro - Correntes parasitas
- Histerese magnética
- # Perdas por atrito - Atrito no mancal (rolamento)
- Atrito nas escovas

Gerador série – Modelo matemático

Dados: $RA = 1,5\Omega$, $RF = 185\Omega$, $RS = 1,5\Omega$, carga $1200W/120V$.



Uma vez conhecendo a tensão e a corrente gerada, podemos calcular a potência gerada e como conhecemos a potência da carga podemos calcular o rendimento deste gerador.

$PG = VG \cdot IG$

$PG = 167V \cdot 10A$

$PG = 1670W$

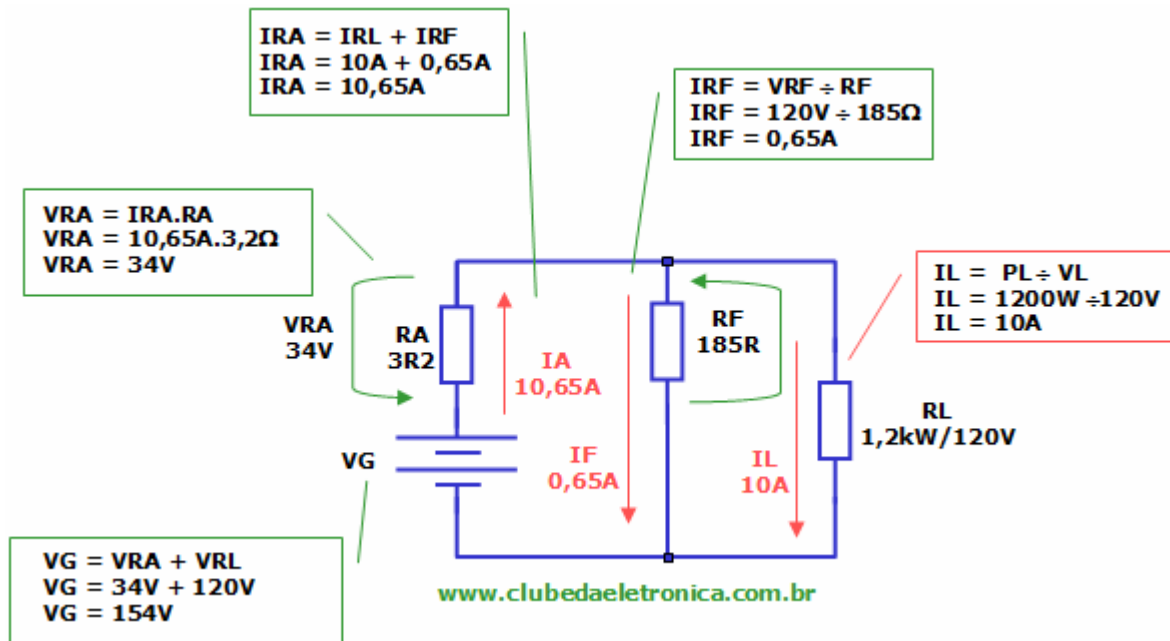
$\eta = PS \div PG$

$\eta = 1200W \div 1670W$

$\eta = 0,72$ ou 72%

Gerador shunt – Modelo matemático

Dados: $R_A = 1,5\Omega$, $R_F = 185\Omega$, $R_S = 1,5\Omega$, carga 1200W/120V.



Uma vez conhecendo a tensão e a corrente gerada, podemos calcular a potência gerada e como conhecemos a potência da carga podemos calcular o rendimento deste gerador.

$PG = VG \cdot IG$

$PG = 154V \cdot 10,65A$

$PG = 1640W$

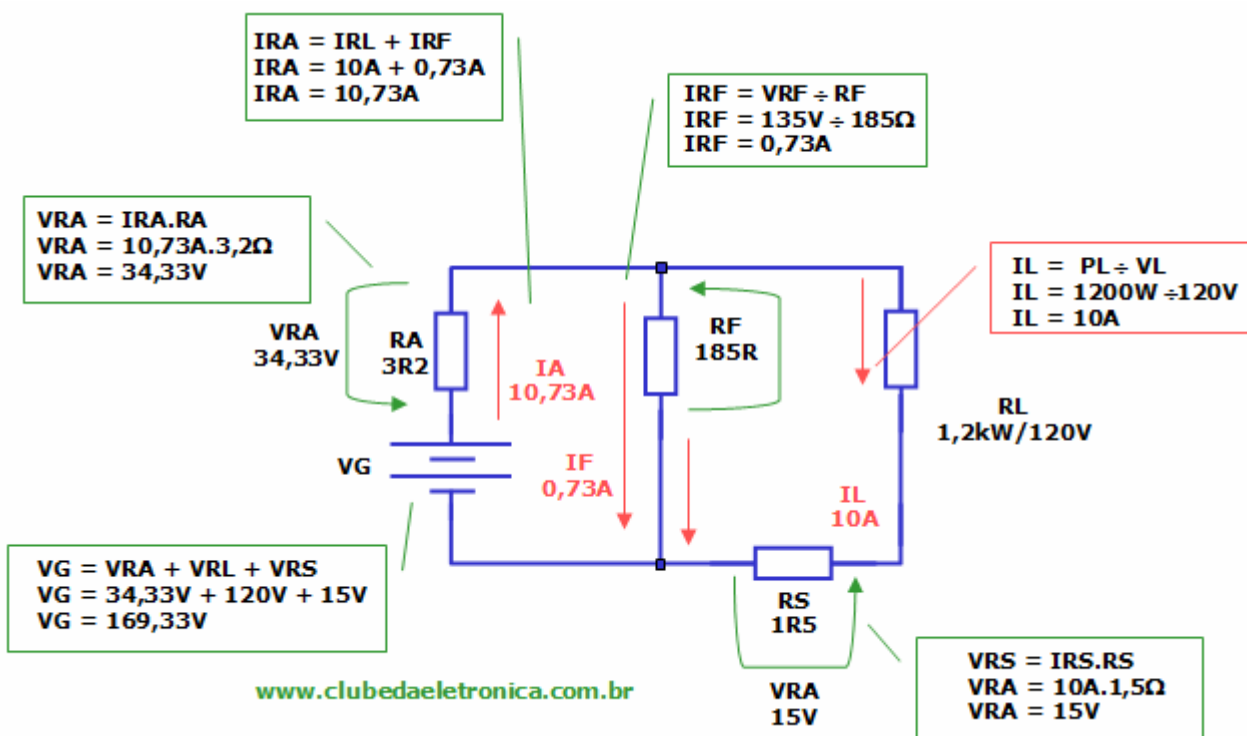
$\eta = PS \div PG$

$\eta = 1200W \div 1640W$

$\eta = 0,73$ ou 73%

Gerador Misto ou compound – Modelo matemático

Dados: $R_A = 1,5\Omega$, $R_F = 185\Omega$, $R_S = 1,5\Omega$, carga 1200W/120V.



$$PG = VG \cdot IG$$

$$PG = 169,33 \cdot 10,73A$$

$$PG = 1816,91W$$

$$\eta = PS \div PG$$

$$\eta = 1200W \div 1816,91W$$

$$\eta = 0,66 \text{ ou } 66\%$$

Obs. Notem que nos três geradores somente as perdas elétricas foram consideradas, mas devemos lembrar que existem também as perdas mecânicas que não foram incluídas nos cálculos.

Equações da tensão no gerador DC

⊕ **Tensão gerada (VG)** ⇒ A tensão gerada na armadura depende de das características físicas da máquina que são fixas e grandezas variáveis como fluxo induzido e velocidade e pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$VG = \frac{p \cdot Z \cdot \phi \cdot n}{60b \cdot 10^8}$$

Onde:

VG = tensão gerada (V)

p = número de pólos

Z = Número total de condutores da armadura

φ = fluxo por pólo

n = velocidade da armadura (rpm)

b = número de percursos paralelos através da armadura, dependendo do tipo de enrolamento da armadura.

Na equação anterior p(número de pólos), Z(Número total de condutores da armadura) e b(de percursos paralelos através da armadura) são constantes somente o φ (fluxo por pólo) e n (velocidade da armadura em rpm) são variáveis, assim podemos reduzir a equação para:

$$VG = k \cdot \phi \cdot n$$

Onde:

K é constante e depende das características físicas da máquina.

Observando a equação é fácil perceber que a tensão gerada (VG) é diretamente proporcional a velocidade (n) isso mantendo o fluxo constante e ao fluxo (φ) se mantivermos a velocidade constante.

⊕ **Regulação de tensão (REG)** ⇒ é a diferença entre a tensão terminal em vazio (sem carga) e com plena carga, expressa em porcentagem.

$$REG (\%) = \frac{\text{Tensão (em vazio)} - \text{Tensão (a plena carga)}}{\text{Tensão (a plena carga)}} \cdot 100$$

Um gerador com boa regulação é o gerador que mantém uma pequena variação de tensão em vazio a plena carga.

Este material não pretende esgotar o assunto que é muito amplo, apenas dar início.

Praticando...

- 1) Um gerador DC shunt possui os seguintes parâmetros: $R_A = 3\Omega$ e $R_F = 200\Omega$. Sabendo-se que o mesmo pode fornecer uma tensão de 200V com uma corrente de 5A.
 - a) Qual a tensão gerada na armadura? **Resposta = 218V**
 - b) Qual o rendimento deste gerador supondo perdas rotacionais de 100W? **Resposta = 71%**
 - c) Qual a perda no cobre do campo shunt? **Resposta = 200W**

- d) Qual a perda no cobre da armadura? **Resposta = 108W**
- 2) Um gerador apresenta os seguintes informes: $V_{DC} = 250V$ e $I_{DC} = 30A$. Ao ligar o gerador e medir a saída do mesmo o eletricista verificou a tensão sem carga de 280V. Qual a regulação deste gerador? **Resposta = 12%**
- 3) Qual a tensão gerada na armadura em um gerador composto quando o mesmo possui os seguintes informes: $V_{DC} = 250V$ e $I_{DC} = 10A$. Desconsiderar perdas mecânicas. Dados do gerador: $R_A = 3\Omega$, $R_S = 2\Omega$ e $R_F = 250\Omega$. **Resposta = 283V**
- 4) Ainda em relação ao exercício 3, pergunta-se:
- a) Perda de potência na armadura. **Resposta = 363W**
 - b) Perda de potência no campo série. **Resposta = 200W**
 - c) Perda de potência no campo shunt. **Resposta = 250W**
- 5) Supondo que parte das cargas alimentadas pelo gerador do exercício 3, sejam desligadas, drenando do mesmo uma corrente de 5A. Qual a nova tensão gerada? **Resposta = 257,88V**

Referências bibliográficas

Gussow, Milton. Eletricidade básica. São Paulo: McGraw-Hill, 1985.
Carvalho, Geraldo. Máquinas elétricas, Teoria e ensaios – São Paulo: Érica, 2012.
Fitzgerard, A. E. Máquinas elétricas. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

Não exijas dos outros, qualidades que ainda não possuem.
Francisco Cândido Xavier

www.clubedaeletronica.com.br
Clodoaldo Silva