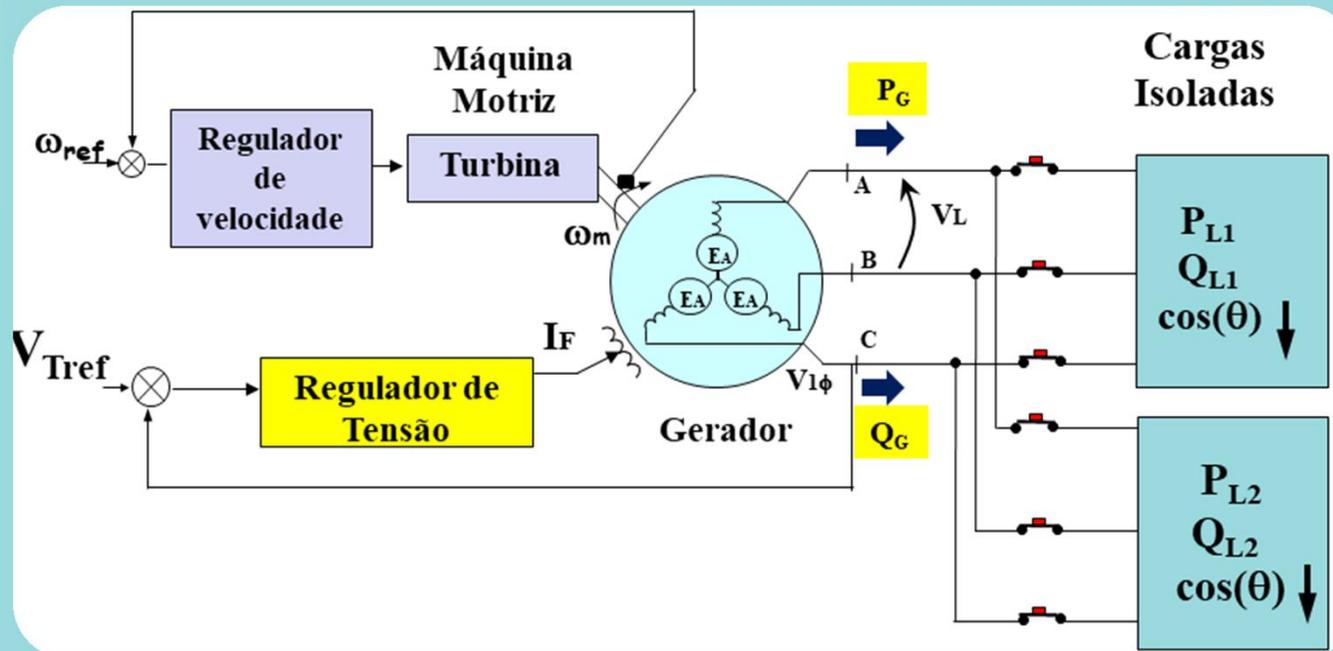


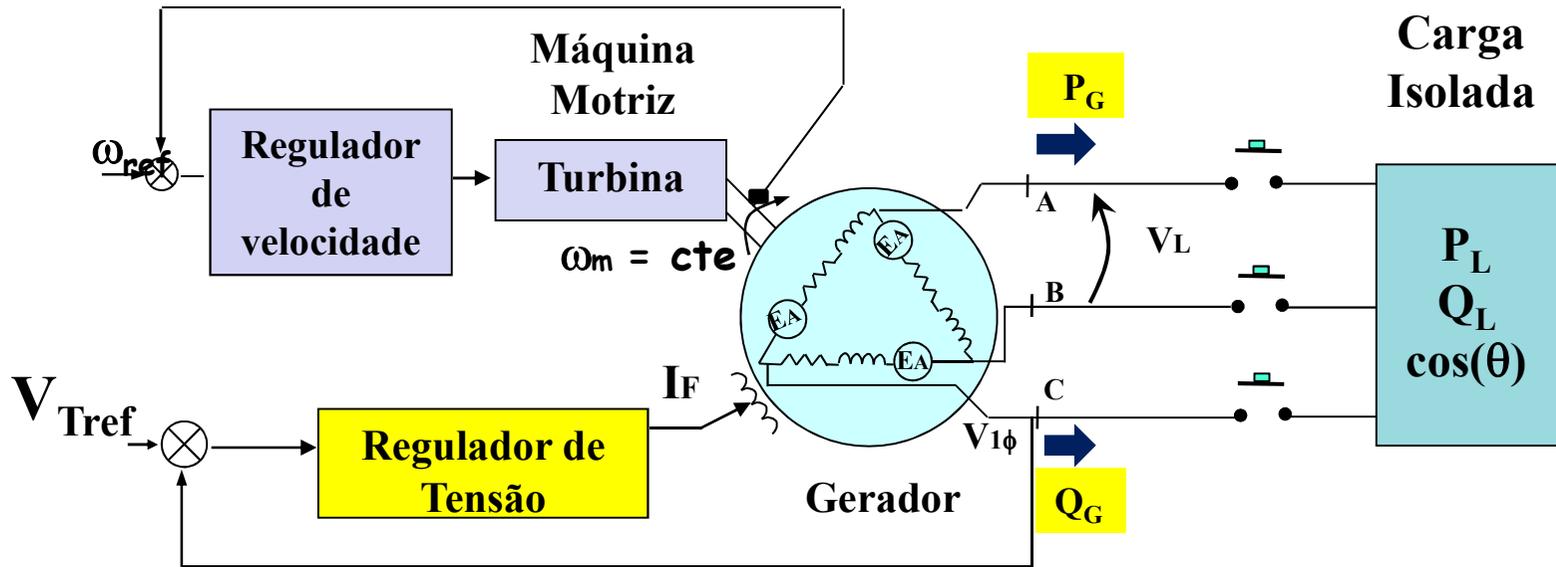


## SEL 0422 – Máquinas Elétricas



**Máquinas síncronas:**  
**Exemplo Efeito da mudança de carga em geradores operando com cargas isoladas**

# Exemplo 1



**Em vazio:**  $V_{1\phi} = E_A$

**Em carga:**  $V_{1\phi} \neq E_A$   $\rightarrow$  Deve-se aumentar ou diminuir  $I_F$  para restaurar a tensão original

No exemplo a seguir deseja-se saber qual é  $I_F$  para restaurar a tensão original

Exemplo 1) Um gerador síncrono, 480V, 60Hz, ligação  $\Delta$ , 4 polos, possui uma curva de saturação (fig 1). Este gerador possui uma reatância síncrona de  $0,1\Omega$  e  $R_A=0,015\Omega$ . A máquina tem uma curva de saturação em vazio como mostra a figura abaixo. Em plena carga a máquina fornece 1200A e f.d.p. = 0,8 atrasado. Em condições de plena carga, as perdas por atrito e ventilação são 40 kW e as perdas no núcleo são 30 kW. Ignore as perdas no circuito de campo

- a) Qual a velocidade de rotação do gerador em rpm?
- b) Qual deve ser a corrente de campo do gerador para obter 480V nos terminais em vazio?
- c) Se o gerador é ligado a uma carga de 1200A e f.d.p. = 0,8 atrasado. Qual será a corrente de campo necessária para manter a tensão terminal em 480V.
- d) Quanta potência o gerador está fornecendo agora? Quanta potência é fornecida ao gerador pela máquina motriz (máquina prima). Qual é a eficiência dessa máquina? Qual é o torque induzido?
- e) Se a carga do gerador for retirada de forma repentina, qual será a tensão terminal?
- f) Refaça o item c) considerando carga de 1200A e f.d.p. =  $\uparrow 0,8$ .
- g) Refaça o item anterior considerando carga de 1200A e f.d.p. = 1

**Dados:**

$V_L = 480V$  (ligação  $\Delta$ )

$f = 60Hz$

$p = 4$  polos

$X_s = 0,1\Omega$  e

$R_A = 0,015\Omega$ .

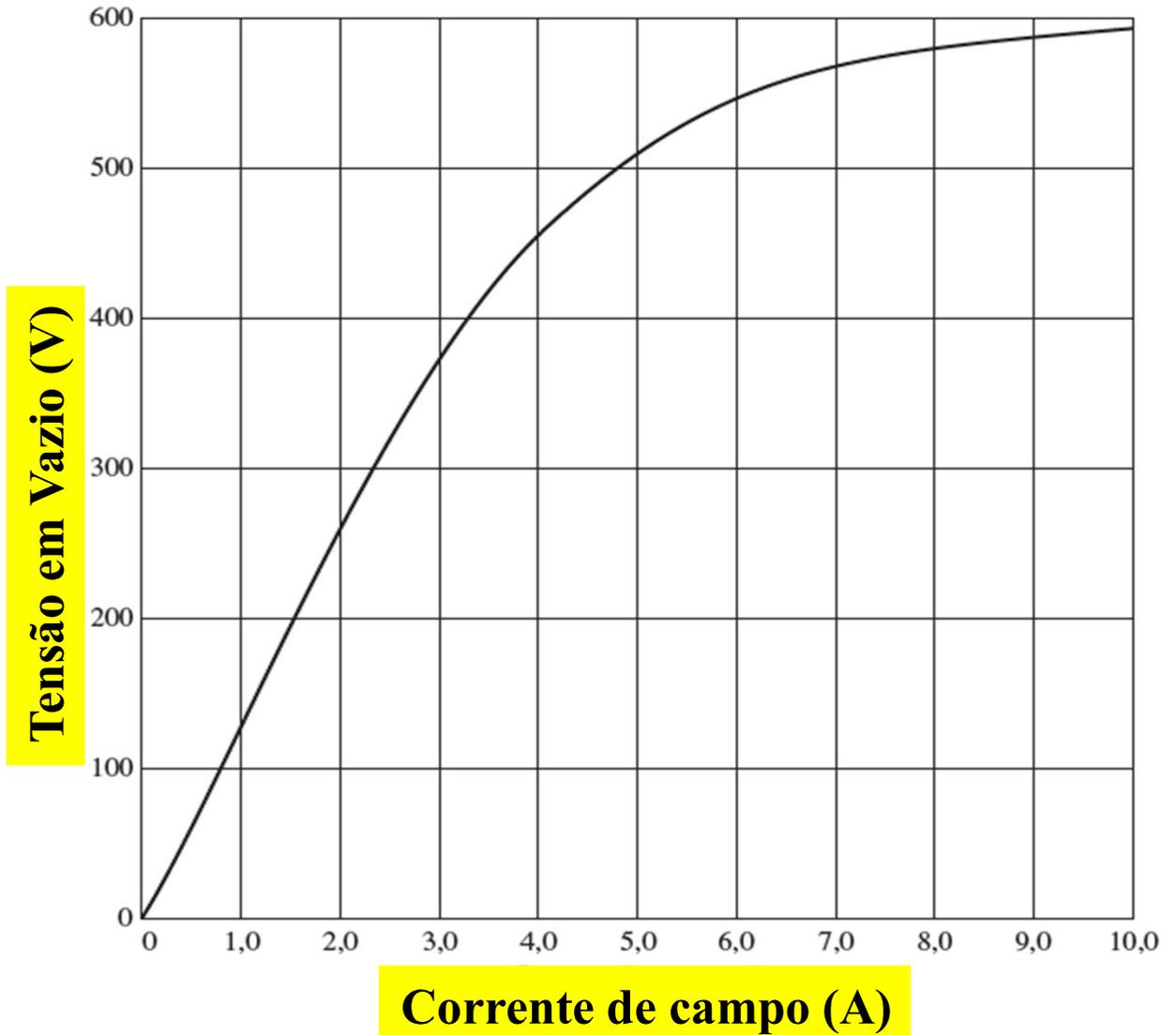
**Plena carga:**

$I_L = 1200A$

$\text{fdp} = 0,8$  atrasado.

$P_{a\&v} = 40$  kW

$P_{\text{núcleo}} = 30$  kW



Dados:

$$V_L = 480\text{V } (\Delta)$$

$$f = 60\text{Hz}$$

$$p = 4 \text{ polos}$$

$$X_s = 0,1\Omega \text{ e}$$

$$R_A = 0,015\Omega.$$

**Plena carga:**

$$I_L = 1200\text{A}$$

$$\text{fdp} = 0,8 \text{ atras.}$$

$$P_{a\&v} = 40 \text{ kW}$$

$$P_{\text{núcleo}} = 30 \text{ kW}$$

a) Qual a velocidade de rotação em rpm?

b) Qual é  $I_F$  para obter 480V em vazio?

**Dados:**

$$V_L = 480V (\Delta)$$

$$f = 60\text{Hz}$$

$$p = 4 \text{ polos}$$

$$X_s = 0,1\Omega \text{ e}$$

$$R_A = 0,015\Omega.$$

**Plena carga:**

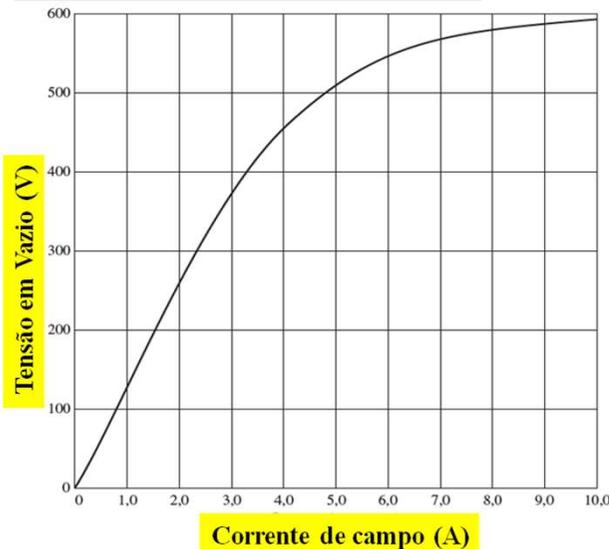
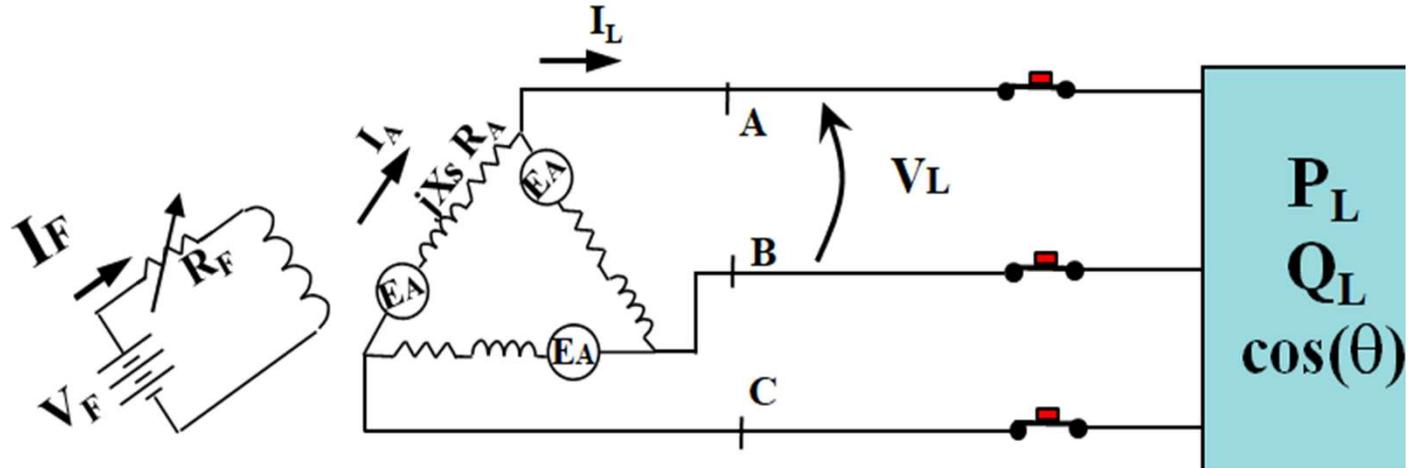
$$I_L = 1200\text{A}$$

$$\text{fdp} = 0,8 \text{ atrasado.}$$

$$P_{a\&v} = 40 \text{ kW}$$

$$P_{\text{núcleo}} = 30 \text{ kW}$$

c) Se  $I_L = 1200\text{A}$  e  $\text{fdp} = 0,8$  atrasado. Qual é  $I_F$  para restaurar  $V_L = 480\text{V}$ .



Dados:

$$V_L = 480V (\Delta)$$

$$f = 60\text{Hz}$$

$$p = 4 \text{ polos}$$

$$X_s = 0,1\Omega \text{ e}$$

$$R_A = 0,015\Omega.$$

**Plena carga:**

$$I_L = 1200\text{A}$$

$$\text{fdp} = 0,8 \text{ atras.}$$

$$P_{a\&v} = 40 \text{ kW}$$

$$P_{\text{núcleo}} = 30 \text{ kW}$$

d) Quanta potência o gerador está fornecendo?

Quanta potência é fornecida pela máquina motriz?

Qual é a eficiência? Qual é o torque induzido?

Dados:

$$V_L = 480V (\Delta)$$

$$f = 60\text{Hz}$$

$$p = 4 \text{ polos}$$

$$X_s = 0,1\Omega \text{ e}$$

$$R_A = 0,015\Omega.$$

**Plena carga:**

$$I_L = 1200\text{A}$$

$$\text{fdp} = 0,8 \text{ atras.}$$

$$P_{a\&v} = 40 \text{ kW}$$

$$P_{\text{núcleo}} = 30 \text{ kW}$$

e) Se a carga do gerador for retirada de forma repentina, qual será a tensão terminal?

Dados:

$$V_L = 480V (\Delta)$$

$$f = 60\text{Hz}$$

$$p = 4 \text{ polos}$$

$$X_s = 0,1\Omega \text{ e}$$

$$R_A = 0,015\Omega.$$

Plena carga:

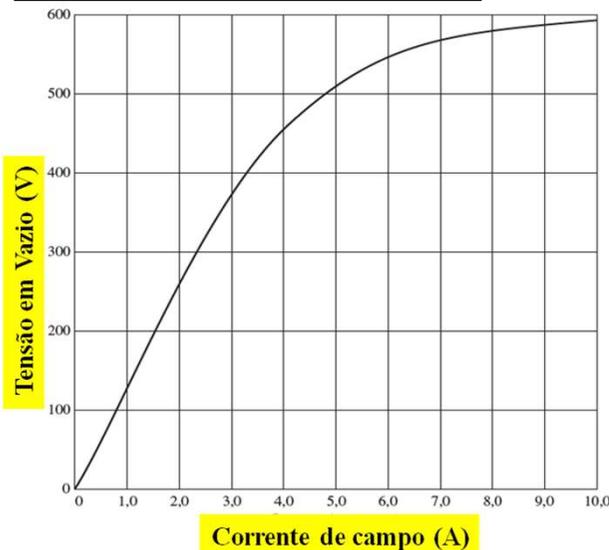
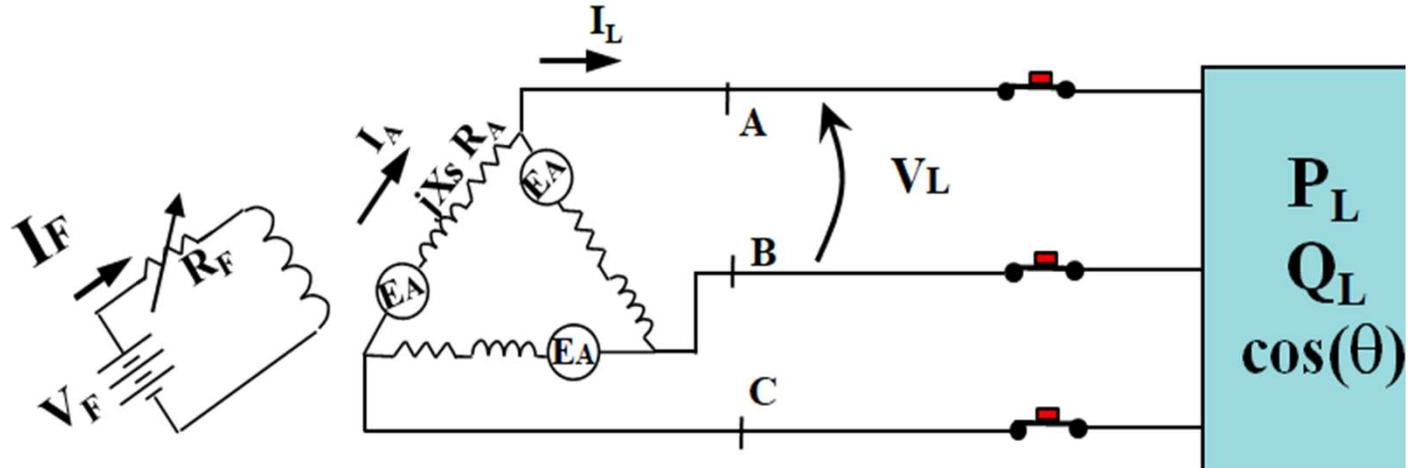
$$I_L = 1200\text{A}$$

$$\text{fdp} = 0,8 \text{ atrasado.}$$

$$P_{a\&v} = 40 \text{ kW}$$

$$P_{\text{núcleo}} = 30 \text{ kW}$$

c) Se  $I_L = 1200\text{A}$  e  $\text{fdp} = 0,8$  adiantado. Qual é  $I_F$  para restaurar  $V_L = 480\text{V}$ .



**Dados:**

$$V_L = 480V (\Delta)$$

$$f = 60\text{Hz}$$

$$p = 4 \text{ polos}$$

$$X_s = 0,1\Omega \text{ e}$$

$$R_A = 0,015\Omega.$$

**Plena carga:**

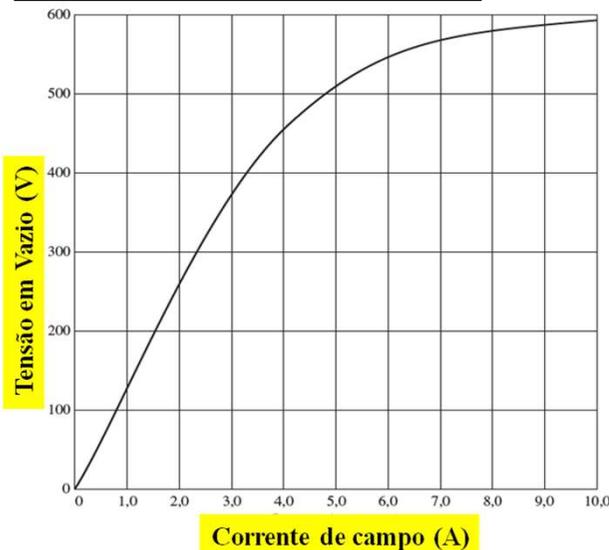
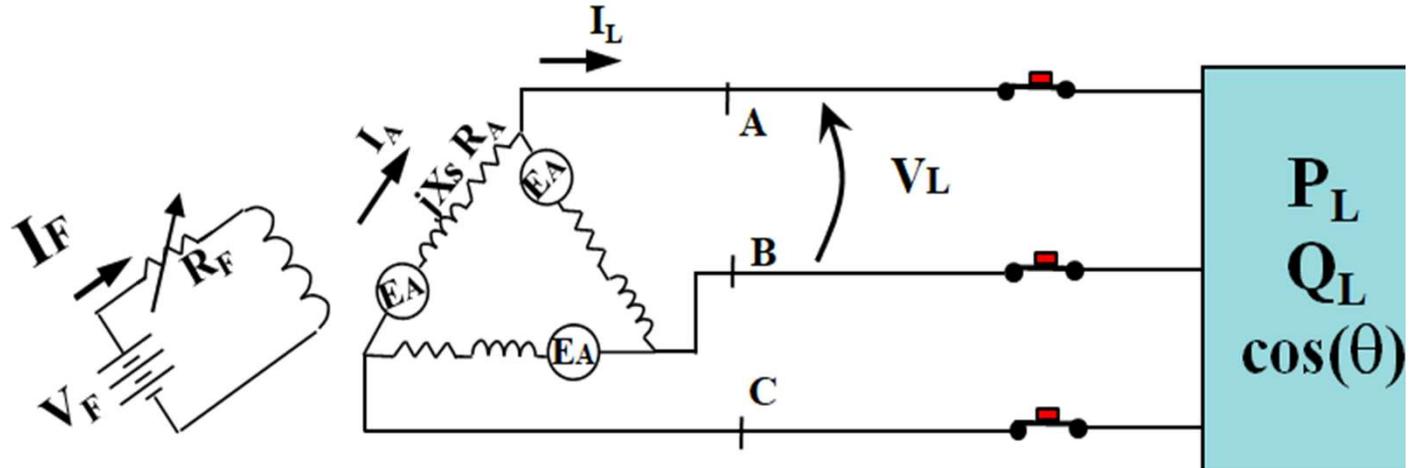
$$I_L = 1200\text{A}$$

$$\text{fdp} = 0,8 \text{ atrasado.}$$

$$P_{a\&v} = 40 \text{ kW}$$

$$P_{\text{núcleo}} = 30 \text{ kW}$$

c) Se  $I_L = 1200\text{A}$  e  $\text{fdp} = 1$ . Qual é  $I_F$  para restaurar  $V_L = 480\text{V}$ .



Exemplo 2) Um gerador de 480V, 50Hz, ligado em Y, 6 pólos, possui uma reatância síncrona de  $1 \Omega$  e  $R_A$  desprezível. Sua corrente de armadura a plena carga é de 60A, com f.d.p.=0,8 atrasado. O gerador possui perdas por atrito e ventilação de 1,5 kW, as perdas no núcleo são de 1KW a 50Hz a plena carga. **A corrente de campo é ajustada tal que a tensão terminal de linha seja de 480V em vazio.**

- a) Qual é a velocidade de rotação?
- b) Qual é a tensão terminal deste gerador quando uma carga é ligada com as seguintes características:
  - b.1) Corrente de carga igual a corrente nominal e  $\text{fdp}=0,8$  atrasado
  - b.2) Corrente de carga igual a corrente nominal e  $\text{fdp}=1$  atrasado
  - b.3) Corrente de carga igual a corrente nominal e  $\text{fdp}=0,8$  adiantado
- c) Qual a eficiência do gerador quando opera a corrente nominal e  $\text{fdp}=0,8$  atrasado?
- d) Qual o torque aplicado pelo motor primo a plena carga? Qual o torque induzido?
- e) Qual é a regulação de tensão para os casos do item b)?

Dados:

$$V_L = 480V \text{ (Y)}$$

$$f = 50\text{Hz}$$

$$p = 6 \text{ polos}$$

$$X_s = 1\Omega \text{ e}$$

$$R_A = 0,0\Omega.$$

Em plena carga:

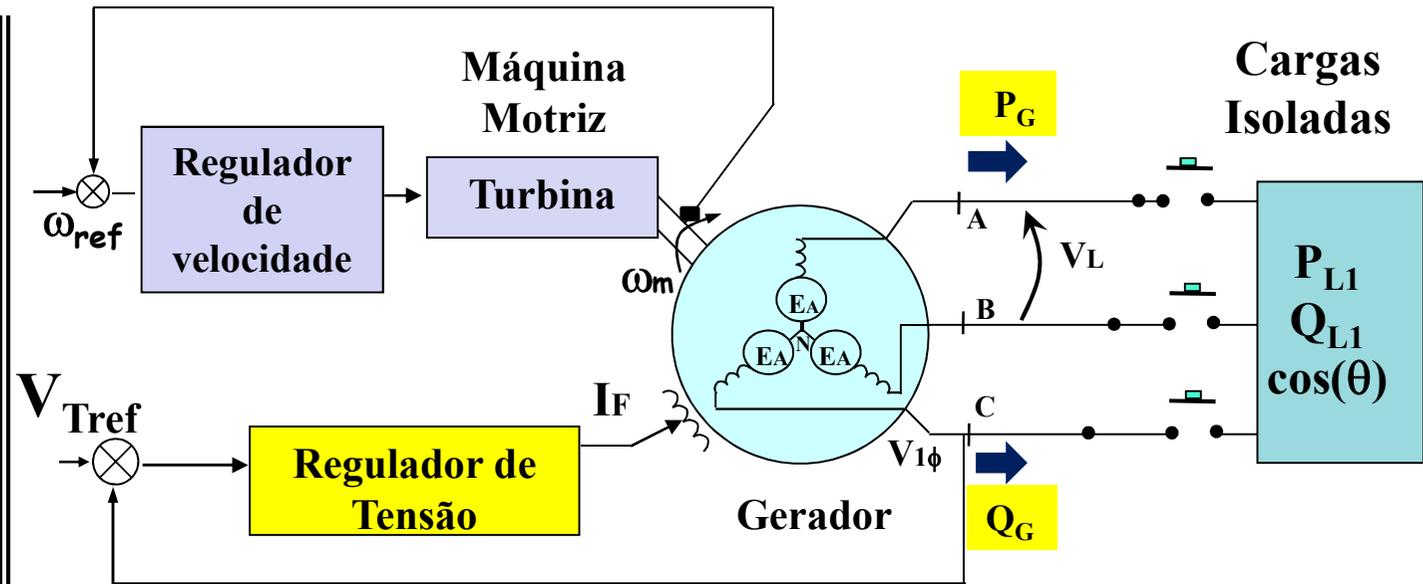
$$I_L = 60A$$

$$\text{fdp} = 0,8 \text{ atrasado.}$$

$$P_{a\&v} = 1,5 \text{ kW}$$

$$P_{\text{núcleo}} = 1 \text{ kW}$$

$$E_A =$$



A corrente de campo é ajustada tal que a tensão terminal de linha seja de 480V em vazio.

a) Qual a velocidade de rotação em rpm?

Dados:

$$V_L = 480V \text{ (Y)}$$

$$f = 50\text{Hz}$$

$$p = 6 \text{ polos}$$

$$X_s = 1\Omega \text{ e}$$

$$R_A = 0,0\Omega.$$

Em plena carga:

$$I_L = 60A$$

fdp = 0,8 atrasado.

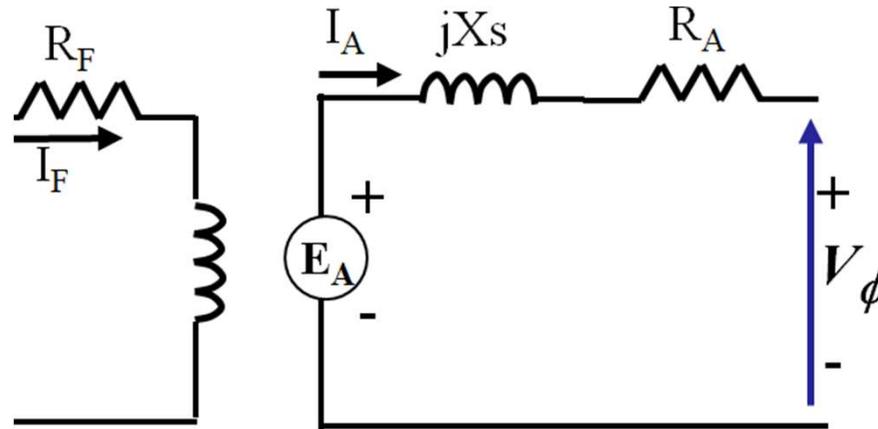
$$P_{a\&v} = 1,5 \text{ kW}$$

$$P_{\text{núcleo}} = 1 \text{ kW}$$

$$E_A = 277,13V$$

b1) Qual é a  $V_L$  para uma  $I_{nom}$  e  $fdp = 0,8$  atrasado

Qual é a regulação de tensão?



Dados:

$$V_L = 480V \text{ (Y)}$$

$$f = 50\text{Hz}$$

$$p = 6 \text{ polos}$$

$$X_s = 1\Omega \text{ e}$$

$$R_A = 0,0\Omega.$$

Em plena carga:

$$I_L = 60A$$

$$\text{fdp} = 0,8 \text{ atrasado.}$$

$$P_{a\&v} = 1,5 \text{ kW}$$

$$P_{\text{núcleo}} = 1 \text{ kW}$$

$$E_A = 277,13V$$

b2) Qual é a  $V_L$  para uma  $I_{nom}$  e  $\text{fdp} = 1$

Qual é a regulação de tensão?

Dados:

$$V_L = 480V \text{ (Y)}$$

$$f = 50\text{Hz}$$

$$p = 6 \text{ polos}$$

$$X_s = 1\Omega \text{ e}$$

$$R_A = 0,0\Omega.$$

Em plena carga:

$$I_L = 60A$$

$$\text{fdp} = 0,8 \text{ atrasado.}$$

$$P_{a\&v} = 1,5 \text{ kW}$$

$$P_{\text{núcleo}} = 1 \text{ kW}$$

$$E_A = 277,13V$$

b3) Qual é a  $V_L$  para uma  $I_{nom}$  e  $\text{fdp} = 0,8$  adiantado

Qual é a regulação de tensão?

Dados:

$$V_L = 480V \text{ (Y)}$$

$$f = 50\text{Hz}$$

$$p = 6 \text{ polos}$$

$$X_s = 1\Omega \text{ e}$$

$$R_A = 0,0\Omega.$$

Em plena carga:

$$I_L = 60A$$

$$\text{fdp} = 0,8 \text{ atrasado.}$$

$$P_{a\&v} = 1,5 \text{ kW}$$

$$P_{\text{núcleo}} = 1 \text{ kW}$$

$$E_A = 277,13V$$

c) Qual a eficiência para  $I$  nominal e  $\text{fdp} = 0,8$  atrasado?

Dados:

$$V_L = 480V \text{ (Y)}$$

$$f = 50\text{Hz}$$

$$p = 6 \text{ polos}$$

$$X_s = 1\Omega \text{ e}$$

$$R_A = 0,0\Omega.$$

Em plena carga:

$$I_L = 60A$$

$$\text{fdp} = 0,8 \text{ atrasado.}$$

$$P_{a\&v} = 1,5 \text{ kW}$$

$$P_{\text{núcleo}} = 1 \text{ kW}$$

$$E_A = 277,13V$$

d) Qual o torque aplicado pelo motor primo a plena carga? Qual o torque induzido?

Dados:

$$V_L = 480V \text{ (Y)}$$

$$f = 50\text{Hz}$$

$$p = 6 \text{ polos}$$

$$X_s = 1\Omega \text{ e}$$

$$R_A = 0,0\Omega.$$

Em plena carga:

$$I_L = 60A$$

$$\text{fdp} = 0,8 \text{ atrasado.}$$

$$P_{a\&v} = 1,5 \text{ kW}$$

$$P_{\text{núcleo}} = 1 \text{ kW}$$

$$E_A = 277,13V$$

e) Qual é a regulação de tensão para os casos do item b)?

**a) fdp 0,8 atrasado**

**b) fdp 1**

**c) fdp 0,8 adiantado**