|  |  |
| --- | --- |
| **Aula Nro:** | **8** |

**Característica potencia ativa-frequência/potencia reativa-tensão de um gerador síncrono**

**I) Operação do um gerador com cargas isoladas**

Todos os geradores possuem uma máquina prima, que é a fonte de energia mecânica: turbina a gás, turbina hidráulica, turbina acionado a petróleo ou turbinas eólicas, etc. Na figura a seguir, mostra-se o gerador junto com a sua máquina prima e dois de seus principais controladores: o regulador de tensão e o regulador de velocidade.

Independente da fonte de energia, a máquina prima tem uma característica similar – **quanto** **mais potência é solicitada, a velocidade tende a diminui**. Esta diminuição em geral não é linear, mas um mecanismo chamado regulador de velocidade (ou governador) é incorporado para tornar esta característica linear e permitir que pequenas variações da velocidade com a variação da carga.

O desvio de velocidade é (SD) da máquina prima é definido como

 $SD= \frac{n\_{nl}- n\_{fl}}{nfl} .100$%

 $n\_{nl}$ = velocidade mecanica do motor primo em vazio em RPM (no load)

 $n\_{fl}$ = velocidade mecanica do motor primo a plena carga em RPM (full load)

Observe que SD também pode ser dado em função da frequência, desde que a velocidade mecânica e a frequência são proporcionais.

O desvio de velocidade das máquinas primas tipicamente variam de 2 a 4%.

Pelo fato que a velocidade do eixo está relacionada com a frequência elétrica pela equação $f\_{e}=\frac{n\_{m}P}{120}$, a potência de saída está relacionada a frequência. Na figura a seguir, mostram-se as características potência por velocidade e por frequência.

 Velocidade mecânica (rpm) Frequência(Hz)

 $n\_{nl}$ $f\_{nl}$

 $n\_{fl}$ $f\_{fl}$

 $P\_{fl}$ P(kW) $P\_{fl}$ P(kW)

A potencia de saída é relacionado à sua frequência como:

 $P= S\_{p} (f\_{nl}- f\_{sis})$

 $f\_{sis}= f\_{nl}- \frac{1}{S\_{p}} .P$

Onde:

$P$ = potencia de saída do gerador

$f\_{nl}$ = frequencia em vazio (non load ou sem carga)

$f\_{sis}$ = frequencia de operação do sistema

$S\_{p}$ = inclinação da curva em $^{kW}/\_{Hz}$ ou $^{MW}/\_{Hz}$

$S\_{p}$ = $\frac{ΔP}{Δf}$

A equação de fsis tem a forma da equação da reta y = b – mx. A inclinação da reta (1/Sp) é conhecida como **estatísmo** e é muito utilizado em sistemas elétricos de potência.

 R = $\frac{1}{S\_{p}}=\frac{ΔP}{Δf}$

Uma expressão pode ser obtida para potência reativa (Q) e tensão terminal VT.

Para um gerador ligado a uma carga isolada tem-se:

Aumento de cargas em atraso implica na diminuição da tensão terminal $V\_{T}$.

Aumento de cargas capacitivas implica no aumento da tensão terminal $V\_{T}$.

Da mesma forma que o caso anterior, está característica é não linear, porém geralmente os geradores possuem um regulador de tensão para tornar a característica de variação de tensão por acréscimo de carga em forma linear.

$V\_{T}$(V)

$ V\_{Tnl} V\_{sis}$

 $V\_{Tfl}$

 Q $Q\_{fe}$ Q(kVA)

$$Q= S\_{Q} (V\_{Tnl}- V\_{sis})$$

$$V\_{sis}= V\_{Tnl}- \frac{1}{S\_{o}} .Q$$

 $V\_{Tnl}$ = tensão em vazio

$V\_{Tfl}$ = tensão em plena carga

 $V\_{sis}$ = tensão do sistema

 $Q\_{fl}$ = potência reativa a plena carga

A característica Pxf e QxV cumprem uma função importante na operação de paralelo de geradores.

**Exemplo:**

A figura mostra um gerador alimentando uma carga. Uma segunda carga será ligada em paralelo com a primeira. A frequência sem carga do gerador é 61Hz, e tem uma inclinação de $S\_{p}$ = $\frac{1 MW}{Hz}$. A carga 1 consome 1000 kW e possui f.d.p. = 0,8 em atraso, enquanto que a carga 2 consome 800kW e f.d.p. = 0,707 em atraso.

1. Antes de fechar a chave, qual a frequência de operação?
2. Qual a frequência do sistema com a chave fechada?
3. Após a carga 2 ter sido conectada qual deveria ser a ação que o operador deveria tomar para restaurar a frequência do sistema em 60Hz?
4. A condição inicial pode visualizar-se na figura a seguir:

P = $P\_{L1}$ = 1000kW

$f\_{sis}= f\_{nl}- \frac{1}{S\_{p}} .P=61- \frac{1}{\frac{1MW}{Hz}} .1MW=60Hz$;

Resp: A frequência do sistema com a carga 1 é 60 [Hz].

1. Após a inclusão da carga 2 tem-se

P = 1000+800 = 1800 kW

$$f\_{sis}= 61- \frac{1}{\frac{1MW}{Hz}} .1,8MW=59,2Hz$$

Resp: Depois que a carga 2 é ligada, a frequência do sistema cai para 59,2 Hz (vide figura a seguir)

1. Para restaurar o sistema a frequência inicial de 60 Hz, o operador deveria aumentar a frequência em vazio (fnl) do regulador de velocidade que equivale a subir a característica Pxf como é mostrado na figura a seguir.

$$f\_{sis}= f\_{nl}- \frac{1}{S\_{p}} .P$$

$$60= f\_{nl}- \frac{1}{\frac{1MW}{Hz}} .1,8MW$$

$$f\_{nl}=61,8 Hz$$

**Resp:** O operador deveria ajustar a frequencia em vazio do regulador de velocidade em +0,8Hz de 61Hz em 61,8Hz para restaurar a frequência do sistema em 60Hz.