

PROTECCIÓN SISTÉMICA

EXPOSITOR: Ing. Humberto Galoc



PROTECCIÓN SISTÉMICA



Contenido:

1. Protección contra subfrecuencia (Load Shedding)
2. Protección contra oscilaciones de potencia (Power Swing) y Pérdida de sincronismo
3. Protección contra sobretensiones
4. Protección contra mínima tensión

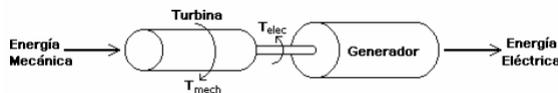
PROTECCIÓN SISTÉMICA

Son sistemas de protecciones que usan para proteger al Sistema Eléctrico de Potencia ante contingencias para evitar eventos en cascada, para lo cual se debe considerar el comportamiento de todos los elementos tanto de generación, transmisión y distribución.

3

1. PROTECCIÓN CONTRA SUBFRECUENCIA

Comportamiento de una unidad de eléctrica de generación.



$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

$$I\alpha = T_{net}$$

$$M = 2H = \omega I$$

$$P_{net} = \omega T_{net} = \omega(I\alpha) = M\alpha$$

$$\Delta\delta = \int (\omega_0 + \alpha t) dt - \int \omega_0 dt$$

Ángulo de fase absoluto de la máquina Ángulo de fase del eje de referencia.

$$= \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 - \omega_0 t$$

$$= \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\Delta\omega = \alpha t = \frac{d}{dt}(\Delta\delta)$$

$$T_{net} = I\alpha = I \frac{d}{dt}(\Delta\omega) = I \frac{d^2}{dt^2}(\Delta\delta)$$

$$\frac{H}{\pi f_0} \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_m - P_e = P_a$$

ω es la velocidad angular (rad/seg)

α es la aceleración angular

δ es el ángulo de fase de la máquina rotatoria

T_{net} es el par neto de aceleración en una máquina

T_{mech} es el par mecánico ejercido sobre el rotor por la turbina

T_{elec} es el par eléctrico ejercido sobre el rotor por el generador

P_{net} es la potencia neta de aceleración

P_{mech} es la potencia mecánica de entrada

P_{elect} es la potencia eléctrica de salida

I es el momento de inercia para la máquina

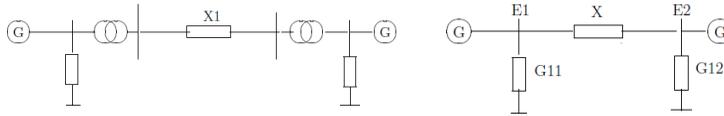
H es la constante de inercia de la máquina

M es el momentum angular de la máquina

4

1. PROTECCIÓN CONTRA SUBFRECUENCIA

Comportamiento de frecuencia en sistemas multimáquinas.



$$\frac{2H_1}{\omega_0} \frac{d\omega_1}{dt} = P_{m1} - P_{mx} \text{sen}(\delta_1 - \delta_2) \quad \frac{2H_2}{\omega_0} \frac{d\omega_2}{dt} = P_{m2} - P_{mx} \text{sen}(\delta_2 - \delta_1)$$

Si definimos: $\delta = \delta_1 - \delta_2$ $\delta_G = \frac{H_1\delta_1 + H_2\delta_2}{H_1 + H_2}$

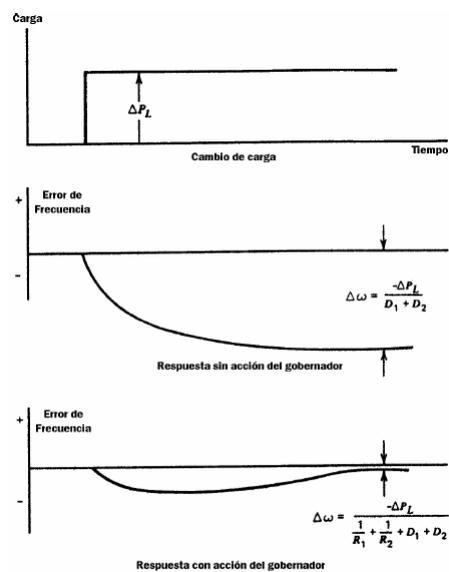
$$\frac{2H_1H_2}{(H_1 + H_2)\omega_0} \frac{d\omega}{dt} = \frac{P_{m1}H_2 - P_{m2}H_1}{H_1 + H_2} - P_{mx} \text{sen}\delta; \quad \omega = \frac{d\delta}{dt}$$

$$\frac{2H_1H_2}{(H_1 + H_2)\omega_0} \frac{d\omega}{dt} = \frac{P_{m1}H_2 - P_{m2}H_1}{H_1 + H_2} - P_{mx} \text{sen}\delta; \quad \omega = \frac{d\delta}{dt}$$

5

1. PROTECCIÓN CONTRA SUBFRECUENCIA

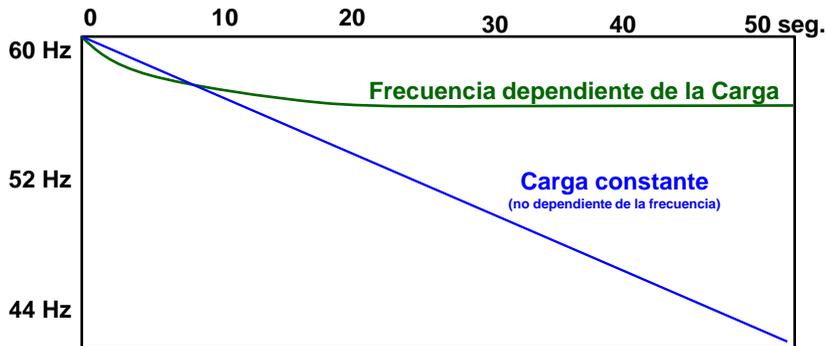
Respuesta de la frecuencia ante variación de carga.



6

1. PROTECCIÓN CONTRA SUBFRECUENCIA

Si la generación es menor a la demanda, después de un evento, la frecuencia disminuirá gradualmente. Por lo tanto, para evitar el colapso del sistema eléctrico de potencia, es necesario habilitar un *Esquema de Rechazo Automático de Carga por Mínima Frecuencia*.



7

1. PROTECCIÓN CONTRA SUBFRECUENCIA

Esquema de rechazo automática de carga por mínima frecuencia (ERACMF) y Esquema de Desconexión Automática de Generación por Sobrefrecuencia (EDAGSF).

Cuando se registra eventos en el SEIN de desconexiones de grandes bloques de generación o seccionamiento del sistema con grandes flujos de potencia activa por los enlaces de conexión, en la zona deficitaria de generación la frecuencia disminuye gradualmente y en el área con mayor generación la frecuencia se incrementa gradualmente:

Si la generación es mayor a la carga la frecuencia se incrementa gradualmente, lo cual origina la necesidad de desconectar automáticamente unidades de generación con el fin de restablecer el balance oferta – demanda.

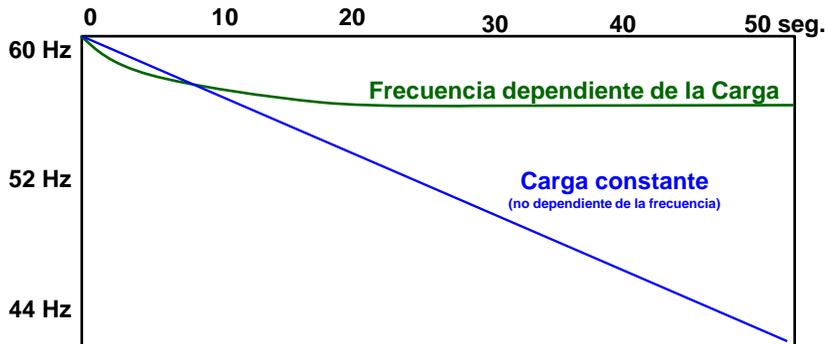
La desconexión de unidades de generación debe realizarse en forma secuencial (coordinada) con el fin de evitar la desconexión no controlada de generación lo cual podría ocasionar el colapso del sistema.

8

1. PROTECCIÓN CONTRA SUBFRECUENCIA

Esquema de rechazo automática de carga por mínima frecuencia (ERACMF) y Esquema de Desconexión Automática de Generación por Sobrefrecuencia (EDAGSF).

Si la generación es mucho menor a la demanda, la frecuencia cae en forma muy rápida originando la necesidad de que exista un Esquema de Rechazo Automático de Carga por Mínima Frecuencia para evitar la desconexión para evitar el colapso del sistema por mínima frecuencia.



9

2. PROTECCION CONTRA OSCILACIONES DE POTENCIA Y PÉRDIDA DE SINCRONISMO

Esquemas de bloqueo de oscilación de potencia y disparo por pérdida de sincronismo.

Se evalúa el comportamiento del sistema eléctrico de potencia para determinar los puntos propensos a oscilaciones de potencia estables e inestables, con el cual determinar el comportamiento de los relés de distancia durante fenómenos oscilatorios amortiguadas ó de pérdida de paso.

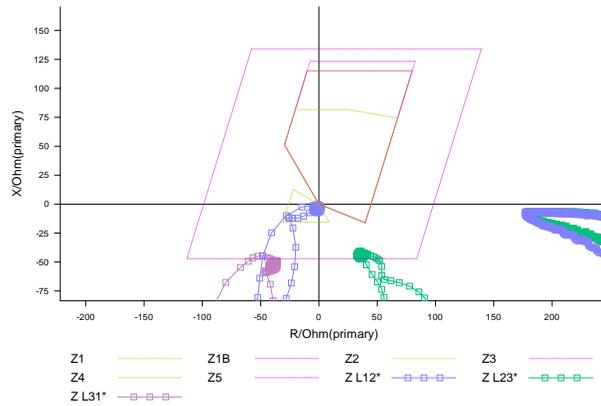
Para evitar eventos en cascada se puede seccionar el sistema ante condiciones de pérdida de paso:

Asimismo, se debe evaluar el comportamiento de las oscilaciones estables (velocidad de impedancia) para verificar si los ajustes actuales son los adecuados.

10

2. PROTECCION CONTRA OSCILACIONES DE POTENCIA Y PÉRDIDA DE SINCRONISMO

Esquemas de bloqueo de oscilación de potencia y disparo por pérdida de sincronismo.

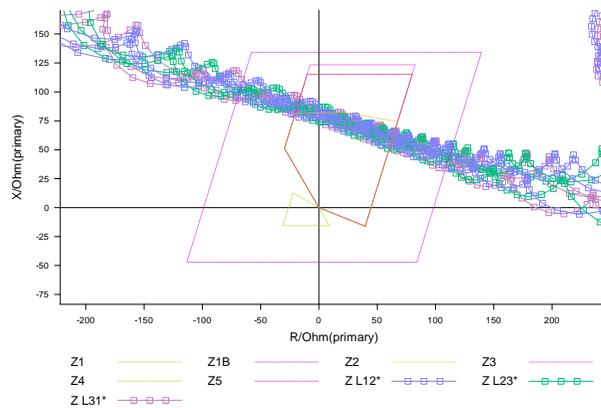


L-1005, Quencoro 18.12.2010 a las 10:53:10 pm

11

2. PROTECCION CONTRA OSCILACIONES DE POTENCIA Y PÉRDIDA DE SINCRONISMO

Esquemas de bloqueo de oscilación de potencia y disparo por pérdida de sincronismo.



L-1005, Quencoro 15.02.2012 a las 03:11:28 pm

12

3. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIÓN

Esquemas de Sobretensión del SEIN:

Las sobretensiones en los sistemas de potencia se clasifican en sobretensiones atmosféricas, sobretensiones de maniobra y sobretensiones temporales ó de frecuencia industrial.

Las sobretensiones atmosféricas y de maniobra, no pueden ser controladas por los relés de protección ni por ningún esquema de protección el cual involucre relés, debido al tiempo de respuesta de los relés (ms) son mayores a los tiempos del fenómeno (μ s).

13

3. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIÓN

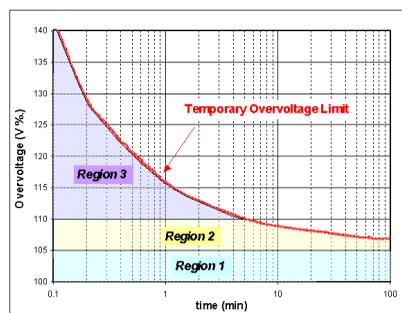
Esquemas de Sobretensión del SEIN:

Las sobretensiones temporales ó a frecuencia industrial pueden ser controlados por esquemas de protección que cuenten con relés ú otros equipos de control.

El área debajo de esta curva se ha dividido en tres regiones, las cuales son:

Operación normal (región 1), operación en emergencia (región 2), y operación crítica (región 3).

Los ajustes de los relés de protección por sobretensión se deben encontrar en la región (3) y sus ajustes deben estar entre $110\% V_n$ a $130\% V_n$.

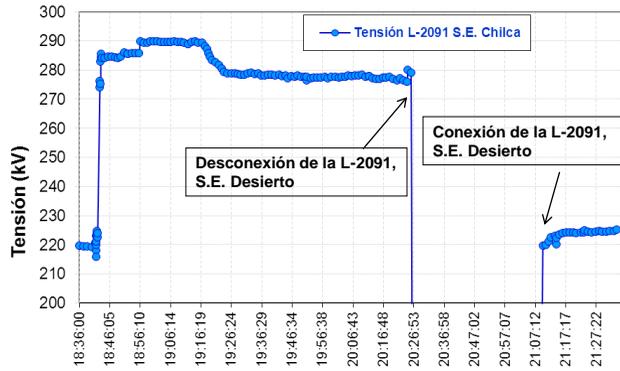


Curva límite de Sobretensión temporal

14

3. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIÓN

Esquemas de Sobretensión del SEIN:

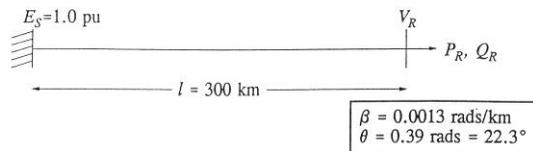


Sobretensión presentada en el área Lima el 15.08.2007

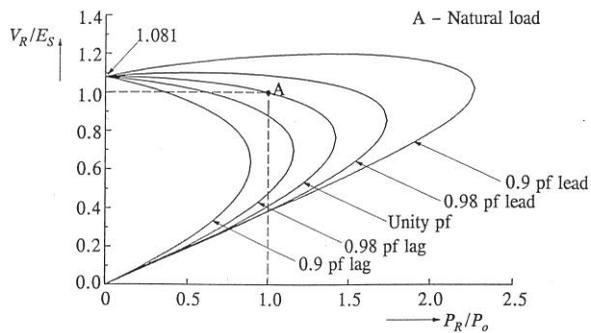
15

3. PROTECCIÓN CONTRA MÍNIMA TENSIÓN

Comportamiento de la tensión en un sistema radial



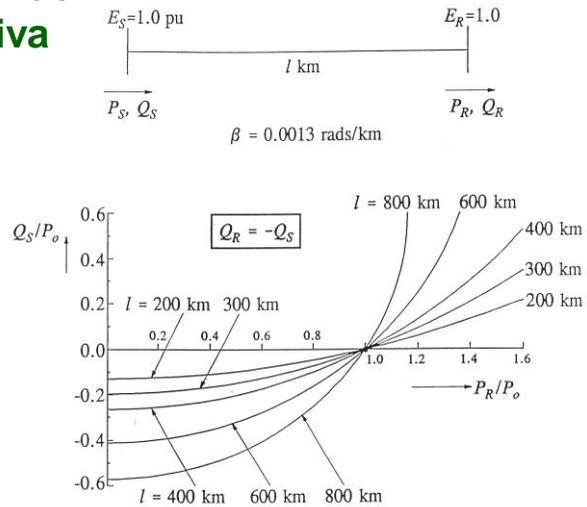
(a) System diagram



(b) Receiving-end voltage vs power characteristic

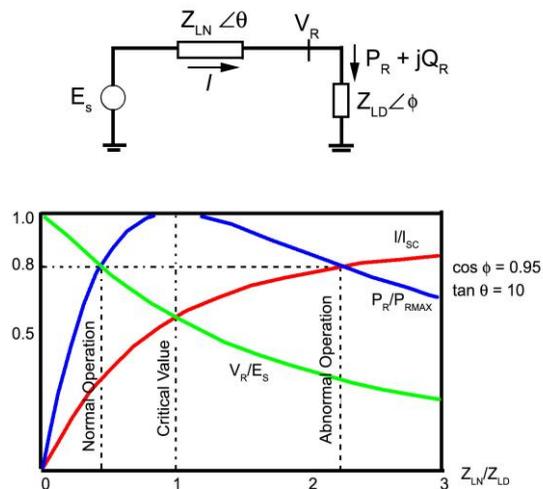
3. PROTECCIÓN CONTRA MÍNIMA TENSIÓN

Comportamiento de la potencia reactiva



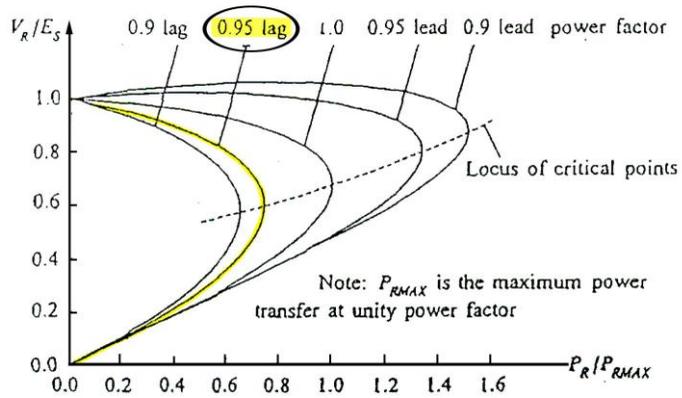
3. PROTECCIÓN CONTRA MÍNIMA TENSIÓN

Comportamiento de la tensión y Corriente en un sistema radial



3. PROTECCIÓN CONTRA MÍNIMA TENSIÓN

Características P-V sistema radial



3. PROTECCIÓN CONTRA MÍNIMA TENSIÓN

Comportamiento de la regulación de tensión con generación cercana

