

ESTUDIO DE RECHAZO Y SECCIONAMIENTO DE CARGA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE HCJB

Milton Alquina Q.
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Jesús Játiva Ibarra, Ph.D.
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

ABSTRACT

A load rejection analysis in the hydro turbines at Papallacta Power Plant is realized by using a computer transient stability program in order to determine maximum admissible Operating frequencies under various power exportation conditions to Empresa Eléctrica Quito S.A. (EEQSA) and to set the power unit over speed relays.

A load shedding study for various load demand conditions defined by the HCJB-EEQSA power selling contract, load at Baeza, Papallacta, Cuyuja, El Chaco and others, and the HCJB radio transmitters at Pifo is made in order to set the under frequency relay at Pifo.

Maximum power levels to be sold to EEQSA for various seasonal conditions are determined under given security and reliability margins at the HCJB electric system.

RESUMEN

Se realiza el análisis de rechazo de carga en las turbinas hidráulicas en la planta de Papallacta para determinar las máximas frecuencias permisibles de operación bajo distintas condiciones de exportación de potencia/energía a la EEQSA y así fijar los niveles de ajuste de los relés de Sobrevelocidad.

Se estudia el seccionamiento de carga para diferentes condiciones de demanda definidas por el contrato de venta de energía a la EEQSA en Pifo, cargas de Baeza, Papallacta, El Chaco y otros, y los transmisores de radio de HCJB en Pifo, con el objeto de fijar los niveles de ajuste del relé de baja frecuencia.

Se determina los máximos niveles de potencia a venderse a la EEQSA en varias épocas estacionales dentro de un margen de seguridad y confiabilidad del sistema eléctrico de HCJB.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema eléctrico de HCJB construido por una mini-central hidráulica de 6.4MW abastece de

Energía a las cargas de Papallacta, parte de Petroecuador, Cuyuja, Baeza, El Chaco, Borja, y Otros, transmisores de radio de HCJB y un contrato de venta de potencia/energía con la EEQSA; y un sistema de subtransmisión a 43kV desde Papallacta hasta Pifo.

En la figura 1 se muestra el diagrama unifilar del Sistema Eléctrico de HCJB.

2. ESTUDIO DE RECHAZO DE CARGA

Para análisis de rechazo y seccionamiento de carga se consideran varios casos de exportación a la EEQSA, resumidas en la tabla 1.

Tabla 1 condiciones iniciales de Operación

POTENCIA A EEQSA MW	MVAR	GENERACIÓN UNIDAD 1		GENERACIÓN UNIDAD 2	
		MW	MVAR	MW	MVAR
0.5	-0.3			2.0	0.1
1.0	-0.3			2.4	0
1.5	-7.5			3.0	0
2.0	-0.9	1.25	0.75	2.2	0
2.5	-1.2	1.25	0	2.8	0
3.5	-2.2	1.25	-0.1	3.6	0

El tiempo de detección de los relés de protección es de 2 ciclos y el tiempo de actuación del disyuntor es 6 ciclos; con lo cual el tiempo de operación total de las protecciones es de 8 ciclos. En el apéndice se detallan algunos datos de los relés de protección utilizados.

Para el caso de 3.5MW de exportación a la EEQSA en Pifo (operando la unidad 1 y unidad 2 en paralelo), se presentan los siguientes resultados:

a) Frecuencia de Generación

Como se observa en la tabla 2, el sistema permanece en estado estable hasta 0.5s, tiempo en el cual se simula el rechazo de carga abriendo la línea 9 (alimentador de la EEQSA Pifo-Yaruquí, Tumbaco en la S/E de HCJB en Pifo), abriéndose el

POWER SWITCH OF AC

Working of automatic circuit breaker

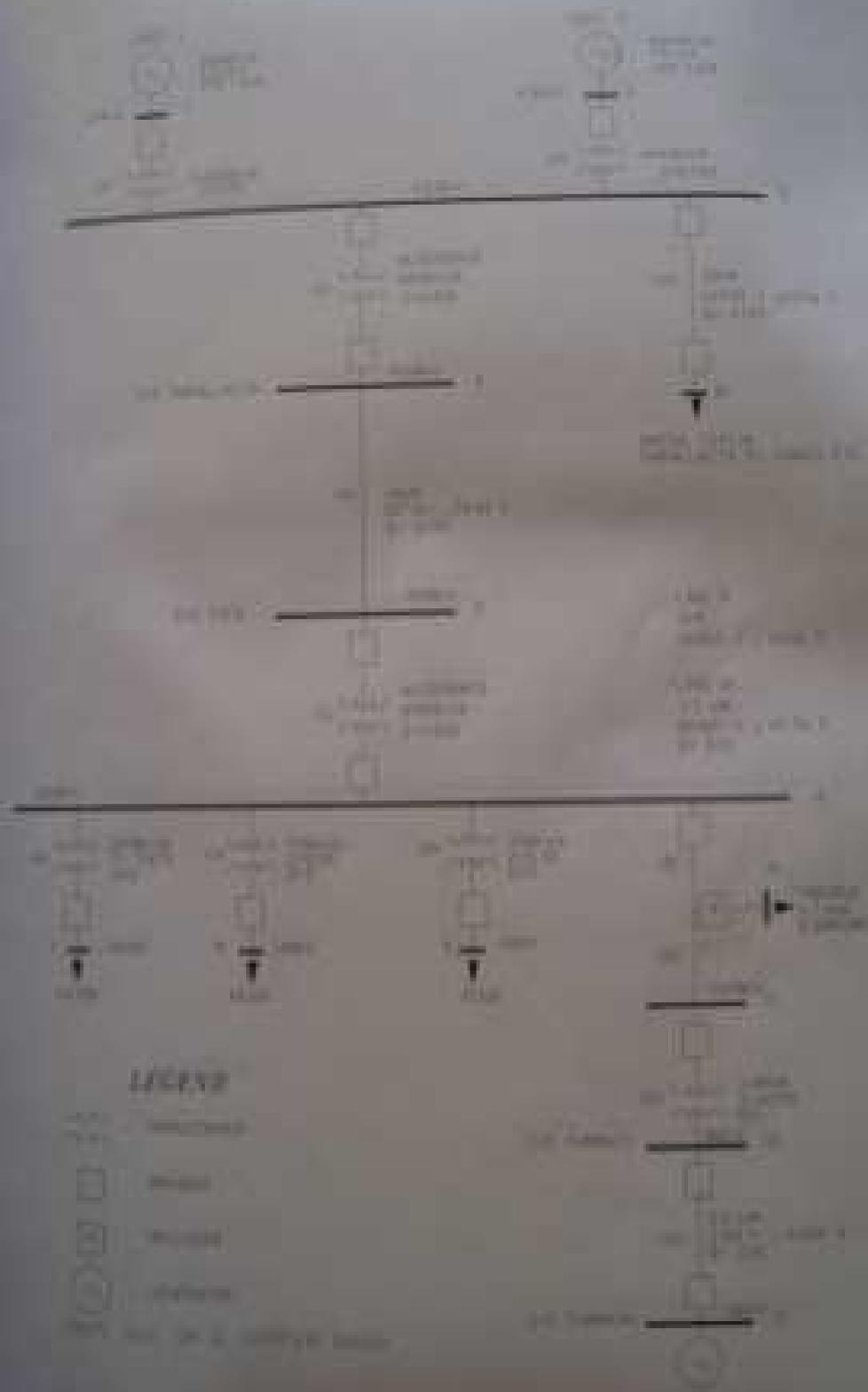


Fig. 1.1 Working of an automatic circuit breaker in AC

sistema en dos regiones. En el tiempo de 1.52s actúa el relé de Sobrevelocidad de la unidad 1 dando la orden de apertura nuevamente para sacarle a la unidad del sistema. En un tiempo de 10.25s se termina la simulación.

Los resultados obtenidos se muestran en el gráfico 1:

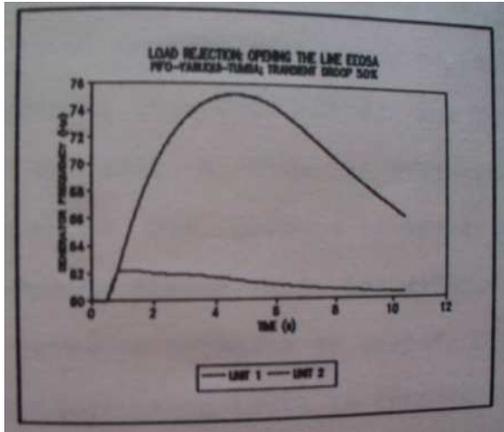


Gráfico 1 Frecuencia de Generación

Como se puede observar en el gráfico 1, hasta antes de la apertura de la línea se obtiene una frecuencia en estado estable (60Hz), luego de la perturbación la frecuencia de las unidades tienden a aumentar (hay una potencia acelerante resultante), la frecuencia de las dos unidades tienden a aumentar en una misma proporción hasta el momento en que actúa el relé de potencia inversa de la unidad 1 tiende a disminuir su frecuencia debido a la disminución de la potencia acelerante por la actuación de su regulador de velocidad, alcanzando la frecuencia de 62.48Hz y tendiendo a estabilizarse en 60Hz luego de los 10s de simulación.

Tabla 2 Secuencia de Operación de Rechazo de Carga para 3.5MW de Exportación a la EEQSA

THE OPERATING SEQUENCE IS AS FOLLOWING

TT=.50 LINE (NO. 9)OPENS
SYSTEM SPLIT MAX. REGIONS = 2

TT=.84 RELAY(NAME NO. 10)OPERATES
(REVERSE POWER RELAY OF THE UNIT 1)

TT=.84 LINE(NO. 1)OPENS
SYSTEM SPLIT MAX.REGIONS = 3

TT= 1.52 RELAY (NAME NO. 3) OPERATES

TT= 1.52 LINE (NO. 1)OPENS
LINE NO. 1 IS OPEN
ALREADY

TT= 10.25 END OF THE CASE STUDY

b) Voltaje Terminal del Generador

Los resultados de la simulación se presentan en el gráfico 2, donde se observa que el voltaje terminal máximo de la unidad 1 es 1.426 p.u. en un tiempo de 4.45s y para la unidad 2 es de 1.10 p.u. en un tiempo de 1.42s. En estado estable se mantiene el voltaje de las dos unidades en un valor fijo, luego de la simulación de la apertura de la línea EEQSA-Pifo-Yaruquí-Tumbaco los voltajes de las dos unidades crecen simultáneamente hasta cuando opera el relé de potencia inversa de la unidad 1 y le saca fuera del sistema, produciéndose un Sobrevoltaje que es controlado por su propio sistema de excitación que trata de reducirlo desde el valor nominal; para la unidad 2 luego de que actúa el relé de potencia inversa de la unidad 1 comienza el voltaje de oscilar alrededor de su valor nominal alcanzando un valor máximo de 1.1 p.u., que luego es reducido hasta el valor nominal por acción de su sistema de excitación.

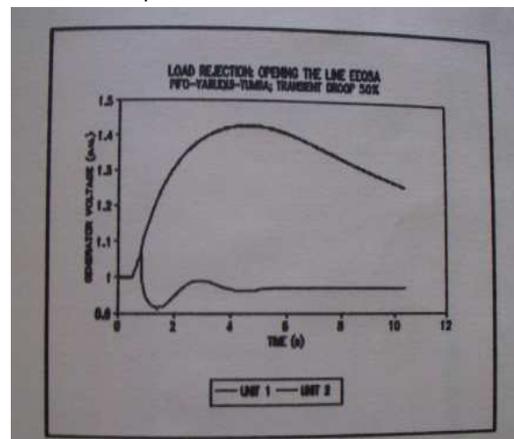


Gráfico 2 Voltaje Terminal de Generación

En el gráfico 3 se presenta el voltaje de campo de las unidades 1 y 2, donde se observan picos de 12 y 17% en el momento inicial de la perturbación, que luego se amortiguan en valores fijos.

c) Potencia Mecánica de Entrada

En estado estable se observan los valores iniciales de la potencia de entrada mecánica de las dos unidades. Una vez simulado el rechazo de carga

abriendo el alimentador de la EEQSA-Pifo-Yaruquí-Tumbaco (en 0.5s), los reguladores de velocidad responden cambiando la potencia mecánica de entrada, en la unidad 1 se inicia a los 2.3s luego del cual va cambiando continuamente hasta estabilizarse en 0MW a los 7s (compuerta de admisión completamente cerrada); en cambio en la unidad 2 la respuesta se demora 1.2s y luego se establece en valor fijo a los 10s de simulación, correspondiente a un porcentaje en la posición de la compuerta de admisión.

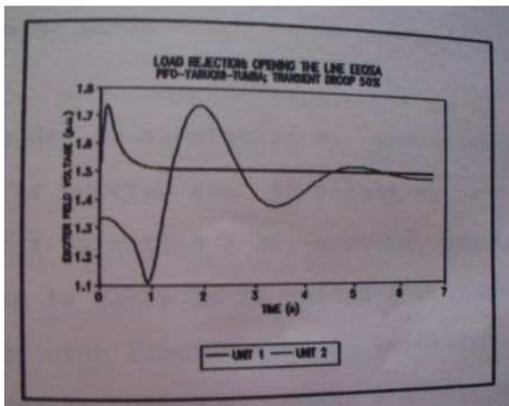


Gráfico 3 Voltaje de Campo

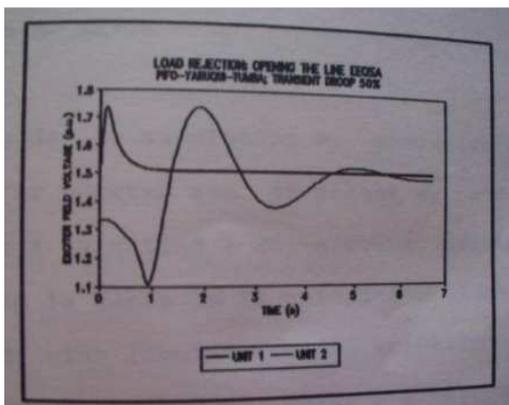


Gráfico 4 Potencia Mecánica de Entrada

Los resultados de la simulación se han contrastado con pruebas de campo realizadas por Ingenieros de HCJB en Agosto 1994, para todos los casos de exportación a la EEQSA. Se observa que el error máximo es del 1.22% en el caso de exportación de 2.5MW.

3. ESTUDIO DE SECCIONAMIENTO DE CARGA

En el estado actual (agosto 1995) para servir a todo el valle de Tumbaco (Cumbaya, Tumbaco, Puenbo,

Pifo, Tababela, Yaruquí, Checa y El Quinche), la EEQSA dispone de 4 alimentadores desde la Subestación Tumbaco, uno de los cuales, está destinado a HCJB. Debido a esta falta de equipamiento eléctrico no se dispone de suficientes equipos de maniobra (disyuntores, reclosers, fusibles y otros) para realizar un adecuado esquema de seccionamiento de carga, tal que frente a una contingencia se pueda realizar los dos sistemas (HCJB y sistema eléctrico Quito) y puedan "sobrevivir" separadamente.

Para el caso de 3.5MW de exportación a la EEQSA en Pifo (operando las unidades 1 y 2). Se presentan los siguientes resultados:

a) Frecuencia de Generación

La secuencia de operación del seccionamiento de carga para 3.5MW de exportación a la EEQSA se muestra en la tabla 5, donde se observa que se simula el seccionamiento de carga abriendo el alimentador EEQSA-Tumbaco-Yaruquí-Pifo en 0.5s de simulación, en 2.68s opera el relé de baja frecuencia en la S/E de HCJB en Pifo y abre el alimentador; EEQSA-Pifo-Yaruquí-Tumbaco desconectando toda la carga de ese alimentador; en 2.99s opera el relé de potencia inversa de la unidad 1 en Papallacta, sacándolo del sistema en 3.77s de simulación opera el relé de Sobrevelocidad de la unidad 1 dando la orden nuevamente de apertura del disyuntor del generador 1 para sacarlo del sistema; en 10.25s se termina el tiempo de simulación.

Los resultados de la simulación se presentan en el gráfico 5, donde se observa que la frecuencia desciende hasta activar el relé de baja frecuencia en Pifo, el mismo que después del retardo, envía la orden al disyuntor para que abra el alimentador EEQSA-Pifo-Yaruquí-Tumbaco. Al momento de separarse del sistema eléctrico Quito la frecuencia alcanza un valor de 59.34Hz y 59.23Hz en las unidades 1 y 2, respectivamente. Después de producirse el aislamiento del sistema de HCJB, las unidades hidráulicas en Papallacta sufren el rechazo de carga alcanzando frecuencias de 75.23Hz en 6.78s y 63.95Hz en 4.3s en las unidades 1 y 2, respectivamente. Después de 10s de simulación se observa que las frecuencias de las dos unidades comienzan a descender por efecto de la acción de los reguladores que forzan una disminución de la potencia acelerante, la unidad 2 sigue en línea buscando un nuevo punto de equilibrio.

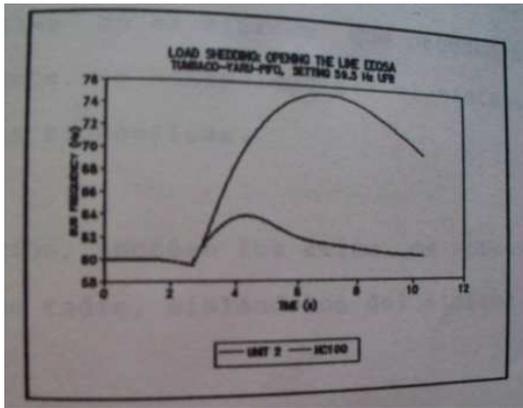


Gráfico 5 Frecuencia de Generación

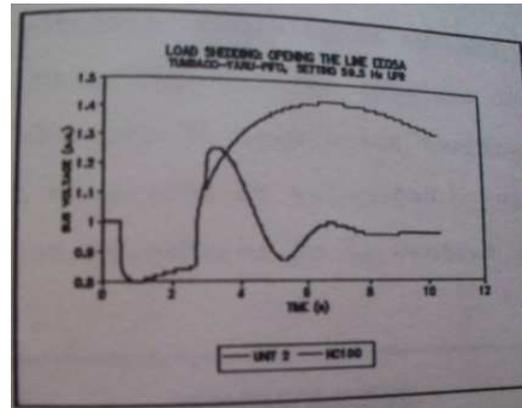


Gráfico 6 Voltaje Terminal de Generación

Tabla 5 Secuencia de Operación para Seccionamiento de Carga para 3.5MW de Exportación a la EEQSA

THE OPERATING SEQUENCE IS AS FOLLOWING:

TT=.50	LINE (NO. 10) OPENS SYSTEM SPLIT MAX. REGIONS = 2
TT=2.68	RELAY (NAME NO. 1) OPERATES (UNDER FREQUENCY RELAY)
TT=2.68	LOAD SHEDDING ON BUS NO. 10 RA= .0 RB= .0
TT=2.99	RELAY (NAME NO. 10) OPERATES (REVERSE POWER RELAY OF THE UNIT 1)
T=2.99	LINE (NO. 1) OPENS SYSTEM SPLIT MAX. REGIONS = 3
TT=3.77	RELAY (NAME NO. 10) OPERATES (REVERSE POWER RELAY OF THE UNIT 1)
TT=3.77	LINE(NO. 1) OPENS LINE NO. 1 IS OPEN ALREADY
TT=10.25	END OF THE CASE STUDY.

b) Voltaje Terminal del Generador

Los resultados de la simulación se presentan en el gráfico 6, donde se observa que los máximos voltajes terminales son 1.428 p.u. en 4.65s y 1.250 p.u. en 2.35s en las unidades 1 y 2, respectivamente.

En estado estable, los voltajes de las dos unidades permanecen fijos, luego de la apertura de la línea EEQSA-Tumbaco-Yaruquí-Pifo los voltajes comienzan a descender hasta que actúa el relé de baja frecuencia en Pifo y aísla el sistema eléctrico HCJB, produciendo un rechazo de carga en las unidades de Papallacta; los voltajes de las dos unidades crecen simultáneamente hasta que opera el relé de potencia inversa y saca a la unidad 1 fuera del sistema; luego de aquello el voltaje de la unidad 1 crece hasta un valor máximo sobrepulso de 25% que luego es atenuado por su regulador de voltaje haciéndole decrecer a un valor fijo luego de 10s de simulación.

Para el caso de la **apertura d la línea EEQSA-Cumbaya-Tumbaco** se presenta los siguientes resultados:

a) Frecuencia de Generación (Gráfico 7)

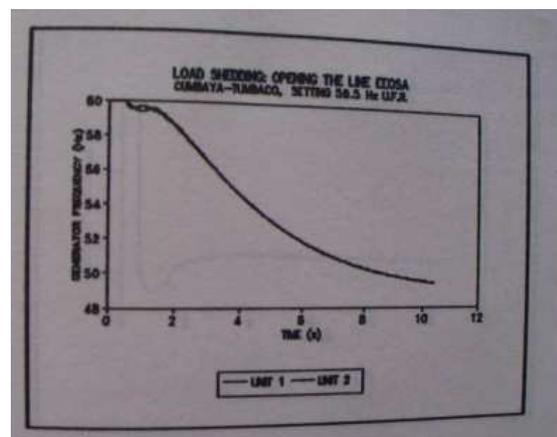


Gráfico 7 Frecuencia de Generación

Se observa que la frecuencia descende hasta 52Hz, luego de 10s de simulación. El sistema de HCJB

colapsa frente a este tipo de perturbación, debido a que tiene que soportar toda la carga de la S/E Tumbaco (33MVA).

b) Voltaje Terminal de Generación (Gráfico 8)

Se observa que el voltaje desciende luego de la perturbación hasta establecerse en 0.4 p.u. operando las protecciones de bajo voltaje de los generadores de Papallacta y los transmisores de radio en Pifo.

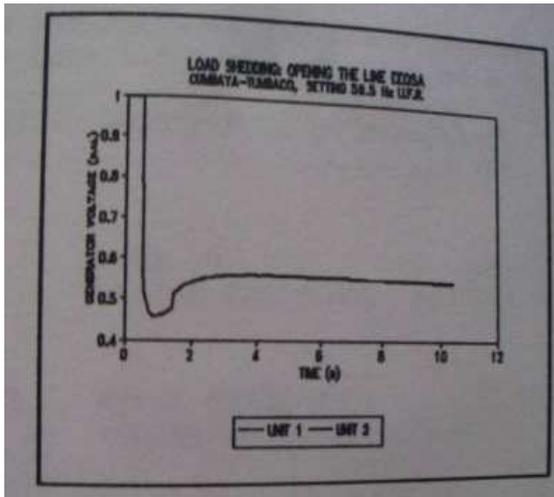


Gráfico 8 Voltaje Terminal de Generación

CONCLUSIONES

- 1 El Sistema de Potencia de HCJB puede exportar en el estado actual (agosto 1995) hasta 3.5 MW a la EEQSA cuando opere con las dos unidades hidráulicas de Papallacta, y que en un rechazo de carga al abrir la línea EEQSA-Pifo-Yaruquí-Tumbaco la máxima frecuencia alcanzada para La unidad 1 es 75.2Hz (902 r.p.m) que corresponde al 128.66% de Sobrevelocidad respecto a la Frecuencia nominal, que es 60Hz (720 rpm). Las prácticas internacionales al respecto recomiendan hasta un 130% de Sobrevelocidad (7).

Cuando opere únicamente con la unidad 2, el Sistema de Potencia de HCJB puede exportar hasta 1.5 MW en el estado actual, ya que en un rechazo de carga al abrirse la línea EEQSA-Pifo-Yaruquí-Tumbaco la máxima frecuencia alcanzada para la unidad 2 es 71.2Hz (712 rpm) que corresponde al 118.6% de Sobrevelocidad respecto a la frecuencia nominal, que es 60Hz

(600 rpm); al abrirse la línea HCJB-Papallacta-Pifo la máxima frecuencia alcanzada para la unidad 2 es de 73.2Hz (732 rpm) que corresponde al 122% de Sobrevelocidad respecto a la frecuencia nominal, que es 60Hz (600 rpm).

Operando únicamente con la unidad 2, se puede exportar hasta 1.8MW a la EEQSA alcanzando una sobrefrecuencia al abrir la línea HCJB-Papallacta-Pifo (caso más crítico de rechazo de carga) de 75.1Hz (751 rpm) que corresponda a una Sobrevelocidad de 125.1%, que estaría por debajo de las recomendaciones internacionales, pero debido a la importancia de mantener las cargas vivas de los transmisores de radio de HCJB en Pifo han decidido (personal técnico de HCJB) exportar máximo hasta 1.5MW a la EEQSA.

Se ratifica los niveles fijados de ajuste de los relés de Sobrevelocidad, para la unidad 1 en 66.6 Hz (111%) y para la unidad 2 en 72Hz (120%) del estudio de Tim Warham, ya que en un rechazo de carga cuando están operando las dos unidades la unidad 1 sale por Sobrevelocidad y esto permite que la unidad 2 pueda alcanzar un nuevo punto de estabilidad y así pueda mantener las cargas vivas de los transmisores de radio de HCJB en Pifo. En cambio cuando opera únicamente la unidad 2, en un rechazo de carga la sobrefrecuencia para que no le saque a la unidad del sistema y así pueda mantener las cargas vivas de los transmisores de radio en Pifo.

Los modelos de sistema de excitación, reguladores de velocidad, parámetros de las máquinas y programa computacional resultaron adecuados, ya que se obtuvieron resultados muy similares respecto a las pruebas de campo realizadas por ingenieros de HCJB con un error máximo de 1.25%.

Se ratifican los niveles fijados en los relés de Sobrevoltaje de la unidad 1 y transmisores de radio (120%), en un tiempo de respuesta de 2.5s. en la unidad 1 se recomienda a corto plazo cambiar el nivel de ajuste a 120% en un tiempo de respuesta menor a 2.5s para proteger el aislamiento de los bobinados de estator y demás elementos acoplados al generador.

Se recomienda al personal de operación del sistema eléctrico HCJB y Quito coordinar en las maniobras a tomarse en las S/E de Pifo y Tumbaco, respectivamente cuando ocurra la apertura de la línea EEQSA-Cumbayá-Tumbaco, ya que el sistema HCJB quedaría conectado a la S/E Tumbaco, ya que el sistema HCJB quedaría conectado a la S/E Tumbaco tomando toda la

carga d está (33MVA) y esto produciría lamentablemente la salida de operación del Sistema de HCJB.

Se recomienda cambiar el sistema de excitación de la unidad 1 (regulador de voltaje y excitatriz), ya que los sobrevoltajes alcanzados (1.43 p.u.) en un rechazo de carga deterioran el aislamiento de los bobinados del estator, de los transformadores de elevación y demás elementos acoplados al generador.

Se recomienda cambiar el nivel de ajuste de relé de baja frecuencia en Pifo a 59.4 Hz (Switch 13,8,0,12) para tener mayor holgura y así evitar que cualquier contingencia en el Sistema Eléctrico Quito afecte en una forma determinante y saque de operación al sistema eléctrico de HCJB.

Se recomienda instalar un relé direccional de potencia (32 R) con dos niveles de setpoint en la S/E de Pifo, para limitar la máxima exportación a la EEQSA de 3.5 MW o 1.5 MW cuando opere las dos unidades en paralelo o únicamente la unidad 2. La salida del relé debe dar una señal de alarma a los operadores de la Central de Papallacta para que limiten la generación de potencia activa de las unidades en paralelo o únicamente la unidad 2. La salida del relé debe dar una señal de alarma a los operadores de la Central de Papallacta para que limiten la generación de potencia activa de las unidades.

APENDICE

El relé de Sobrevelocidad de la unidad 1 es un multi-function speed Switch DSP series, con características estándar, incluye rangos de velocidad seleccionables, ajustes individuales del setpoint, relés de control spdt ajustables a 5A, selección del relé para Sobrevelocidad o baja velocidad, calibración de salida 0-10VDC y fuente de alimentación de 115VAC; su punto de caída es ajustado a 66.6 Hz (820 rpm, 113.8%) y su tiempo de respuesta instantáneo (3).

El relé de Sobrevelocidad de la unidad 2 es un GTU 451 BBC Brown Boveri, TYPE WE 77/Ex DW, fuente de alimentación de 220V-10% + 15%/54-65Hz, consumo de potencia aproximadamente 1.5VA, tiempo de respuesta $t = 1/f$ ($f =$ frecuencia fijada), circuito de salida: 4A/250VAC/500VAC: puntos de caída fijado en 72Hz (720 rpm, 120%) y un tiempo de respuesta instantáneo (4).

El relé de potencia inversa de la unidad 1 es un

GENERAL ELECTRIC, fuente de alimentación de 140VAC (fase-fase), 50 o 60Hz, corriente nominal 5 amperios, contactos de salida de disparo: 3A en forma continua, rango de temperatura ambiente -20°C a $+55^{\circ}\text{C}$, ajuste del nivel de potencia inversa 0.5 a 99.9 W, ajuste del tiempo de retardo 1 a 30s; punto de caída fijado en 0W y un tiempo de respuesta instantáneo (3).

El relé de potencia inversa de la unidad 2 es un BASLER ELECTRIC, modelo PRP 360, la fuente de alimentación es de 120, 240, 480 o 600V, a una frecuencia de 50/60/400Hz, circuito de salida mediante contactos de relé SPDT de 10A a 28 VDC, ajustes de los límites de sensibilidad de corriente de 0.050 a 0.250^a, ajustes de los límites del tiempo de retardo en el modelo PRP 360 de 0.25 a 1.5s o 1.25 a 7s, rango de temperatura ambiente de -20°C a 50°C ; punto de caída está fijado en 0W para un tiempo de respuesta de 7s (4).

El relé de Sobrevoltaje de la unidad 1 es un GENERAL ELECTRIC, modelo 12PJ11A10, tipo PJV, operación de la bobina 125 voltios, ajuste del setpoint del relé 50, 70, 110, 160; punto de caída fijado en 160 VAC (145%), tiempo de respuesta de 2.5s (3).

El relé de Sobrevoltaje de la unidad 2 es un BBC Brown Boveri tipo USM, alimentación para la bobina es 100/110 voltios, 40 a 60Hz, el ajuste del setpoint del relé es de 100 a 160VAC; punto de caída está fijado en 132vac (120%) para un tiempo de respuesta de 2.5 s (4).

El relé de baja frecuencia es un I-T-E- de estado sólido, modelo, ITE-81, circuito de entrada de 0.7VA, ajuste de la función de bajo voltaje 60-100V, punto de disparo en el modelo a 60Hz, ajustable desde 54 a 63Hz, precisión y repetibilidad alrededor del set point $\pm 0.008\text{Hz}$, ajuste del tiempo de retardo desde 1 a 99 ciclos, circuito de salida mediante relés a 125VDC, 30^a operación de servicios 5^a en forma continua, 1^a para cargar resistiva, 0.3^a para apertura de carga inductiva, temperatura de funcionamiento ambiental -30°C TO 75°C ; SU PUNTO DE CAÍDA ESTÁ FIJADO EN 59.5Hz (Switch setting 13,1,0,12) para un tiempo de respuesta de 3 ciclos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Warham, Tim, "Power System Analysis of HCJB System", Quito, April 1989.
- 2 Westinghouse, "Electrical Transmission and Distribution-Reference Book" Chapter 13, Power System Stability: Basic Elements of Theory and Application, Pittsburgh, USA, 1950.
- 3 Moore, Eric, "Manual for the HCJB Papallacta Power Plant Unit 1", Quito 1975.
- 4 Neeb, A/S Norkk Elektrisk & Brow Boveri, "Synchronous Generator, Type WAH 1000 H12H", Plant of Papallacta, 1981
- 5 Huang, Chih -Chiang and Chu, Wen-Chen, "Manual of Power System Transient Stability Program (PC Version)", University of Texas at Arlington, USA, 1989.
- 6 General Electric, "DGP Digital Generator Protection System", USA, 1989.
- 7 De Mello, Dolvec, Swann and Temoshok, "Analog Computer Studies of System Over voltages Following Load Rejection", IEEE Trans PAS, April, 1963.
- 8 Dandeno and McClymont, "Extra -High-Voltage System Over voltages Following Load Rejection of Hydraulic Generation", IEEE Trans PAS, April, 1963.
- 9 IEEE Working Group on Computer Modelling Of Excitation System, "Excitation System Models For Power System Stability Studies", IEEE Trans.PAS, Vol. PAS-100, No. 2, February, 1981.
- 10 IEEE Committee Report, "Dynamic Models for Steam and hydro Turbines in Power System Studies", IEEE Trans. PAS, February, 1973.
- 11 General Electric, "The Art of Protective Relay, Power System Protection", USA, 1966.
- 12 Kimbark, Edward "Power System Stability, Volume III, USA, 1964.

BIOGRAFÍA

Milton Alquina Q.



Egresado de Ingeniería eléctrica en la especialización e Sistemas Eléctricos de Potencia en 1995. Sus prácticas de ingeniería lo realizaron en HCJB (Planta de Potencia de Papallacta) en la Dirección de Comercialización de EL NORTE y en el Laboratorio de Alto Voltaje de la Escuela Politécnica Nacional, como auxiliar de Laboratorio. Actualmente trabaja en AICO (Automatización Industrial y Control)

Sus campos de interés son: sistemas automáticos programables, diseños en alto voltaje, diseños asistidos por computador, ahorro y optimización en el uso de la energía y análisis de sistemas eléctricos de potencia.

Jesús Játiva Ibarra

Jefe de Departamento de Potencia de la FIE. Recibió los títulos de Ingeniero Eléctrico (1981) de la Escuela Politécnica Nacional, Máster of Scienie in Electrical Engineering (1988) y Doctor of Philosophy (1991) de la University of Texas at Arlington (UTA), USA. Es coautor del libro Análisis and Control Systems" editado por la Academic Press Inc. En 1991, y han escrito para la Power Engineering Society del IEEE. Fue miembro Postdoctoral en el Energy Systems Research Center de UTA, Asesor del Centro Científico de Proyectos del CONACYT-BID, Coordinador, Autor y Expositor en las Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la FIE e UTA e INICEL, Interno de Energía en el Texas. Participo en el International Training Programme en Conservación de Energía en la Industria en Malmo. Suecia en 1995.