

Estudio de la Coordinación de las Protecciones por Métodos Computarizados Aplicados a la Central Electroquil

Erika Cabrera Álvarez
Yesenia Cajas Córdova
Director de Tesis Ing. Juan Saavedra
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
yeseniacajas@hotmail.com
azusa1978@hotmail.com

Resumen

Este documento presenta en forma detallada el estudio de ajuste y coordinación de protecciones aplicados a la central Electroquil, dando una descripción de las instalaciones de la empresa a la que vamos a realizar el análisis, añadiendo además de sus características de generación, el método y forma de la interconexión con el Sistema Nacional Interconectado. Donde se tuvo como objetivo principal el análisis de flujo de carga máxima en el sistema para obtener valores reales de corriente, voltaje y potencia que posteriormente se utilizaron para establecer las características de carga del sistema en estado estable. En el estudio de cortocircuito del sistema de protección se utilizarán los datos de cortocircuito trifásico a tierra y monofásico a tierra. Se toman en cuenta estos tipos de falla debido a que son las más frecuentes que se pueden presentar en un sistema, siendo estas mismas las corrientes con una mayor intensidad. Para conceptos de la coordinación de las protecciones, en este estudio se consideraron las contribuciones que aportan cada una de las unidades generadoras y/o líneas relacionadas al sistema y finalmente se desarrollaron la coordinación de protecciones para cada uno de los esquemas de protección, para cada tramo considerado en el estudio.

Palabras claves: *Estudio de flujo de carga, coordinación de las protecciones*

Abstract

This paper presents in detail the studio setting and coordination of protections applied to central Electroquil, giving a description of the facilities of the company that we will perform the analysis, adding in addition to its generation characteristics, method and form interconnection with the National Interconnected System. Where the main objective was the analysis of load flow in the system to obtain real values of current, voltage and power which is then used to establish the load characteristics of the system in steady state. In the study of short circuit protection system will use data from three phase short circuit to ground and phase to ground. They take into account these types of failures because they are the most common that can occur in a system and these same streams with greater intensity. For concepts of coordination of protective devices in this study we examined the contributions they make each of the generating units and / or lines connected to the system and eventually develop the coordination of protection for each protection scheme for each section considered in the study.

Keywords: load flow study, coordination of protective.

1. Introducción.

El desarrollo de este proyecto básicamente va encaminado a realizar el estudio de flujo de carga para determinar la situación eléctrica actual de la Central Electroquil y verificar que sus elementos posean reserva suficiente para un funcionamiento normal en caso de alguna contingencia.

Se realizara también el estudio de corto circuito para conocer las corrientes máximas que circulan por cada uno de los elementos del sistema en caso de alguna falla y así poder realizar los ajustes respectivos de los elementos de protección, aplicando los criterios de selección y analizar las corrientes en condiciones normales, bajo contingencia y corrientes de fallas, y lo más importante es que los ajustes se realizaran de tal manera que haya selectividad entre ellos y exista respaldo en caso de que alguno de ellos no envíe la señal respectiva de disparo al disyuntor. Figura # 1

2. Descripción de las instalaciones



Figura. #2

Electroquil es una empresa de generación eléctrica (Figura. #2) que tiene cuatro unidades de generación a gas de 48 MW cada una y una subestación que está conformada por dos tipos de voltaje, 69 KV y 138 KV. Cada unidad está formada por la turbina y el generador.



Figura. #3

Una planta de combustible donde se purifica el diesel por medio de cinco centrifugadoras y una planta de

tratamiento de agua en la cual se clarifica el agua, luego pasarla por osmosis.

2.1. Subestación de 69/ 138 KV Electroquil.

La subestación de 69KV está conformada por dos de las cuatro unidades U1 y U2 que tienen un voltaje de salida de 13.8 KV, los 52 (disyuntores) se encuentran dentro del cuarto de control y se conectan a la subestación a un transformador que eleva el voltaje de 13.8 a 69 KV.

Existentes en la subestación tenemos dos barras las cuales son la barra A y la barra B en el lado de 69 KV. Con sus respectivos transformadores de potencial (PT) y transformadores de corriente (CT) enviando señales a las diferentes protecciones existentes en planta.

La subestación de 69 KV tiene salida a salitral de 69 KV llamados LT#1 y LT#2, y con una línea hacia CEDEGE.

La subestación de 138 KV está conformada por las otras dos unidades U3 y U4 con un voltaje de salida de 13.8 KV que es elevado por dos transformadores a 138 KV, esta tiene salida con una línea hacia pascuales (LT#3) y hacia Posorja (LT# 4).

Los generadores de Electroquil están protegidos por el relé GE DGP (figura # 3) el cual consta de algunas funciones para proteger el generador de posibles fallas. 87G Protección diferencial de estator, 46 Protección de corriente desbalanceada, 40 Protección de pérdida de excitación, 32 Protección anti motorización, 51V Protección de sobrecorriente con restricción de voltaje, 64G Protección de estator a tierra, 24 Protección de sobreexcitación, 59 Protección de sobrevoltaje, 27 Protección de bajo voltaje, 81 Protección de baja y sobre frecuencia.

Las líneas están protegidas por relé de distancia 21, los transformadores por relés de protección diferencial 87T y las barras por relés de protección diferenciales 87B.



Figura. #4

3. Estudio de Flujo de Carga

Para analizar el flujo de carga del sistema la central Electroquil se consideró como barra infinita a partir de la subestación de Pascuales a 230 KV.

- Flexibilidad operacional: La central funcionará en cualquier momento que lo requiera CENACE y en caso de la no necesidad de generación de las unidades se tomara energía del sistema para alimentar las cargas que son mínimas.
- Niveles de confiabilidad: la central ELECTROQUIL debe estar en la capacidad de despejar la falla en el menor tiempo posible para evitar daños en cualquiera de sus elementos.
- Niveles de sobrecarga: Las líneas no sobrepasarán sus límites de sobrecarga para cumplir con las especificaciones técnicas del fabricante y en los Transformadores de Fuerza, la carga que soporte debe estar dentro de su capacidad de enfriamiento.
- Regulación de voltaje: Se debe de cumplir un factor de potencia del 0,85 en generadores especificada por el fabricante.

3.1. Datos del sistema

Para nuestro estudio de flujo de carga el sistema quedo conformado por 42 barras, 10 líneas, 35 transformadores y 20 generadores. Teniendo que las líneas más sobrecargadas son Electroquil 69 KV a Salitral de 69 KV y en el lado de 138KV de Salitral a Trinitaria.

Tabla# 1 Datos de líneas

#	Desde	Hasta	Volt. (KV)
1	S/E Electroquil	Salitral 69KV	69
2	Salitral 69KV	Aníbal Santos	69
3	Salitral 69KV	A. Tinajero	69
4	Salitral 69 KV	G.Zevallos 69 KV	69
5	Pascuales 138 KV	Salitral 138 KV	138
6	Pascuales 138 KV	S/E Electroquil	138
7	S/E Electroquil	Posorja 138 KV	138
8	S/E Salitral	S/E Trinitaria	138
9	S/E Trinitaria	S/E Esclusas	230
10	S/E Trinitaria	S/E Pascuales	230

Tabla# 2 Datos de barras

Barra#	Nombre de la Barra	Voltaje (KV)
1	S/E Pascuales 230KV	230
2	S/E Trinitaria 230 KV	230
3	S/E Esclusas 230 KV	230
4	Esclusas Barcaza 1	13.8
5	Esclusas Barcaza 2	13.8
6	Esclusas Barcaza 3	13.8
7	Esclusas Barcaza 4	13.8
8	Esclusas Barcaza 5	13.8
9	S/E Trinitaria 138 KV	138
10	S/E Trinitaria 69 KV	69
11	Gen Trinitaria 13.8	13,8
12	Gen Victoria- trinitaria	13,8
13	S/E Pascuales 138KV	138
14	S/E Pascuales 69KV	69
15	Gen. Gas pascuales	13,8
16	S/E 138 KV Electroquil	138
17	G3 Electroquil	138
18	G4 Electroquil	138
19	S/E Holcin 69	69
20	8Gen Generoca	13,8
21	Posorja 138 KV S/E	138
22	G. Posorja	69
23	S/E Salitral 138 KV	138
24	S/E 69 Salitral	69
25	S/E 69 A Santos	69
26	G1 A. Santos	13,8
27	G2 A. Santos	13,8
28	G3 A. Santos	13,8
29	G4 A. Santos	13,8
30	G5 A. Santos	13,8
31	V A. Santos	13,8
32	S/E 69 Tinajero	69
33	G1 Tinajero	13,8
34	G2 Tinajero	13,8
35	S/E 69 G. Zevallos	69
36	TV2 G. Zevallos	13,8
37	TV3 G. Zevallos	13,8
38	TG4 G. Zevallos	13,8
39	S/E 69 Electroquil	69
40	G1 Electroquil	13.8
41	G2 Electroquil	13.8
42	CARGA CHILLERS	4,16

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA

Tabla# 3 Datos de transformadores

Trafo. #	Nombre de Transformadores	Potencia (MVA)
1	Electroquil TE 1	64
2	Electroquil TE 2	84
3	Electroquil TE 3	56
4	Electroquil TE 4	56
5	Electroquil TIC	112
6	TAP Electroquil	0.8
7	Generoca	33,33
8	Holcim	35
9	A-Santos V	25
10	A-Santos G1	27,5
11	A-Santos G2	27,5
12	A-Santos G3	27,5
13	A-Santos G4	26,667
14	A-Santos G5	26,667
15	Tinagero G1	33,33
16	Tinagero G2	26,88
17	G. Zevallos TV2	86
18	G. Zevallos TV3	86
19	G. Zevallos TG4	34
20	Salitral -ATQ 69 - 138 KV	150
21	Salitral -ATR 69/138 KV	150
22	Posorja 138 KV	33
23	Ohio Pascuales 138/69	224
24	Gas Pascuales 69-13.8	114
25	Trinitaria 138-230	225
26	U1 Trinitaria 138/69 KV	150
27	U1 Trinitaria 69/13.8 KV	160
28	Victoria 138-13.8	150
29	Barcaza 1	37,5
30	Barcaza 2	37,5
31	Barcaza 3	37,5
32	Barcaza 4	63,5
33	Barcaza 5	63,5
34	Pascuales ATU	375
35	Pascuales ATT	375

Tabla# 4 Datos de Generadores

#	Generadores	Voltaje (KV)
1	Trinitaria 13.8	13,8
2	Victoria/Trinitaria	13,8
3	Gas Pascuales	13,8
4	G3 Electroquil	138
5	G4 Electroquil	138
6	8Gen Generoca	13,8
7	G1 A. Santos	13,8
8	G2 A. Santos	13,8
9	G3 A. Santos	13,8
10	G4 A. Santos	13,8
11	G5 A. Santos	13,8
12	V A. Santos	13,8
13	G1 Tinajero	13,8
14	G2 Tinajero	13,8
15	TV2 G. Zevallos	13,8
16	TV3 G. Zevallos	13,8
17	TG4 G. Zevallos	13,8
18	G1 Electroquil	13,8
19	G2 Electroquil	13,8

4. Estudio de Corto Circuito

Un sistema puede experimentar condiciones anormales tales como corrientes de corto circuito, alteraciones en el voltaje y condiciones inseguras para sus operadores. Para evitar este tipo de condiciones se ha creado programas donde se puede simular fallas y obtener un análisis de corto circuito para poder ajustar nuestras protecciones en un nivel seguro.

Para nuestro análisis se utilizo el programa Power Word donde se tomó una base de 100 MVA y así obtener las impedancias en por unidad y hallar la impedancia equivalente de la barra infinita con los datos proporcionados por el Cenace y las fallas serán de línea a tierra y falla trifásica a tierra

$$S = 2386,25 \text{ MVA}$$

$$I = 5,99 \text{ KA}$$

Y para una base de 100MVA y 230

$$Z_{eq} = 66,506 \Omega$$

$$Z_b = 529 \Omega$$

$$Z_{xu} = 0,1257$$

Al realizar la simulación la corriente de falla más alta de corto circuito se dio en la falla de línea a tierra. En la barra de Electroquil 69 Kv hacia la barra del G2 EQL tenemos una aportación de 18526,04 A.

5. Coordinación de las Protecciones.

Con los resultados obtenidos en nuestra simulación de corto Circuito se ajustaran los parámetros de tiempo, corriente, voltaje y otros para la reacción adecuada de los relés instalados en la Central Electroquil.

Luego de este análisis podemos coordinar para las curvas del relé 51V del generador las restricciones de voltaje entre 30% y 75% que cumplen que para el caso de falla, el relé T60 actúe primero dando una protección al transformador lo cual aísla el generador y en caso de que no actúe dicho relé por falla o por algún otro motivo entrará a operar el del generador para aislarlo rápidamente.

La coordinación entre las curvas del relé 51V del generador y el T60 del transformador hay un intervalo de separación entre 0,15 y 0,2 seg entre curvas. Los mismos cálculos se aplicarán para los generadores 2, 3 y 4 de la central Electroquil. La protección diferencial de los transformadores de potencia (T60, DTP, GE745) ha sido ajustada de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, donde las calibraciones se deben setear de acuerdo a un margen adecuado para errores bajo todas las condiciones de carga y falla.

En el ajuste de las Líneas, la función primaria del relé consiste en 5 zonas de protección de distancia de fase y de tierra. Estos elementos de distancia son optimizados para proveer una buena medida de exactitud con un rápido tiempo de operación, incluso cuando se usa transformadores de voltaje capacitivo, y pueden ser supervisados para detectar oscilaciones de potencia. El relé también provee de elementos de sobrecorriente direccional a tierra, los cuales son comúnmente usados como parte de un overhall del sistema de protección de línea.

D60 puede ser configurado para trabajar con voltajes y Corrientes alimentados por VT's y CT's localizados independientemente uno de otro en todos los lados de las tres fases del transformador de potencia.

6. Conclusiones.

En base al estudio de flujo de carga se puede concluir que las líneas y transformadores están por debajo de su carga nominal y están capacitados para soportar un aumento de carga en casos que se produzcan contingencia. Para falla trifásica la mayor corriente de corto circuito que se obtuvo es en la barra de Electroquil 69 Kv hacia la barra del generador 2 EQL con una aportación de 15676,24 A en las tres fases ya que la falla es balanceada.

Las líneas más cargadas cerca de la subestación de Electroquil son las que van desde Electroquil 69 KV a Salitral de 69KV, que están al 66% de su capacidad de transmisión pero a nivel de 138 Kv con la línea de salitral a trinitaria tenemos un 84,6% de su capacidad y la de salitral a pascuales 138 con 88,1% que son porcentajes significativos que deben ser considerados en casos de contingencias.

Y la que se encuentra trabajando a su menor capacidad es la línea que va desde Trinitaria a pascuales 230 kv con un porcentaje de 14,6 % de su capacidad de transmisión y la que le sigue es la de Electroquil a pascuales 138 Kv con 18,2% de su capacidad por lo que se espera que sean capaces de aguantar cualquier tipo de contingencia.

En los voltajes de barra podemos observar que la regulación de voltaje está dentro de los parámetros permitidos

Comparando los casos vistos tenemos corrientes de falla más altas en la simulación de corto circuito de falla línea a tierra. Por ejemplo en la fase A desde la barra de Electroquil 69 Kv hacia la barra de generador 2 EQL tenemos una aportación de 18526,04 A que es la mayor a todas.

Para falla trifásica la mayor corriente de corto circuito que se obtuvo es en la barra de Electroquil 69 Kv hacia la barra del generador 2 EQL con una aportación de 15676,24 A en las tres fases ya que la falla es balanceada.

Con respecto a la coordinación de las protecciones, podemos concluir que estas han sido ajustadas correctamente para proteger cada uno de los elementos de la subestación Electroquil en caso de fallas de corto circuito y demás anomalías que se pueden presentar en el sistema.

7. Referencias.

[1] General Electric Industrial Systems, DGP Digital Generator Protection Relay, <http://www.gedigitalenergy.com/products/manuals/dgp/dgpman-f.pdf>, fecha de consulta octubre 2010.

[2] General Electric Industrial Systems, D60 Line Distance Relay, <http://www.gedigitalenergy.com/products/manuals/d60/d60man-m2.pdf>, fecha de consulta noviembre 2010.

[3] General Electric Industrial Systems, D30 Line Distance Relay, <http://www.gedigitalenergy.com/products/manuals/d30/d30man-m2.pdf>, fecha de consulta noviembre 2010.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA

- [4] General Electric Industrial Systems, B30 Bus Differential Relay, <http://www.gedigitalenergy.com/products/manuals/b30/b30man-m2.pdf>, fecha de consulta enero 2011.
- [5] General Electric Industrial Systems, B90 Bus Differential Relay, <http://www.gedigitalenergy.com/products/manuals/b90/b90mansp-g2.pdf>, fecha de consulta enero 2011.
- [6] General Electric Industrial Systems, T60 Transformer Protection Relay, <http://www.gedigitalenergy.com/products/manuals/t60/t60mansp.pdf>, fecha de consulta noviembre 2010.
- 7] General Electric, 745 Transformer Management Relay, GE Multilin Enervista CD/manuals/745man-a2.pdf, fecha de consulta diciembre 2010.
- [8] General Electric, DTP Transformer Protection Relay, GE Multilin Enervista CD/manuals/dtpman-e.pdf, fecha de consulta diciembre 2010.
- [9] Stewart E- Stevenson, LM6000 Gas Turbine Generator Set, Electroquil S.A. Operation and Maintenance manual/volumen IV/sección 22/apéndice A, fecha de publicación diciembre.

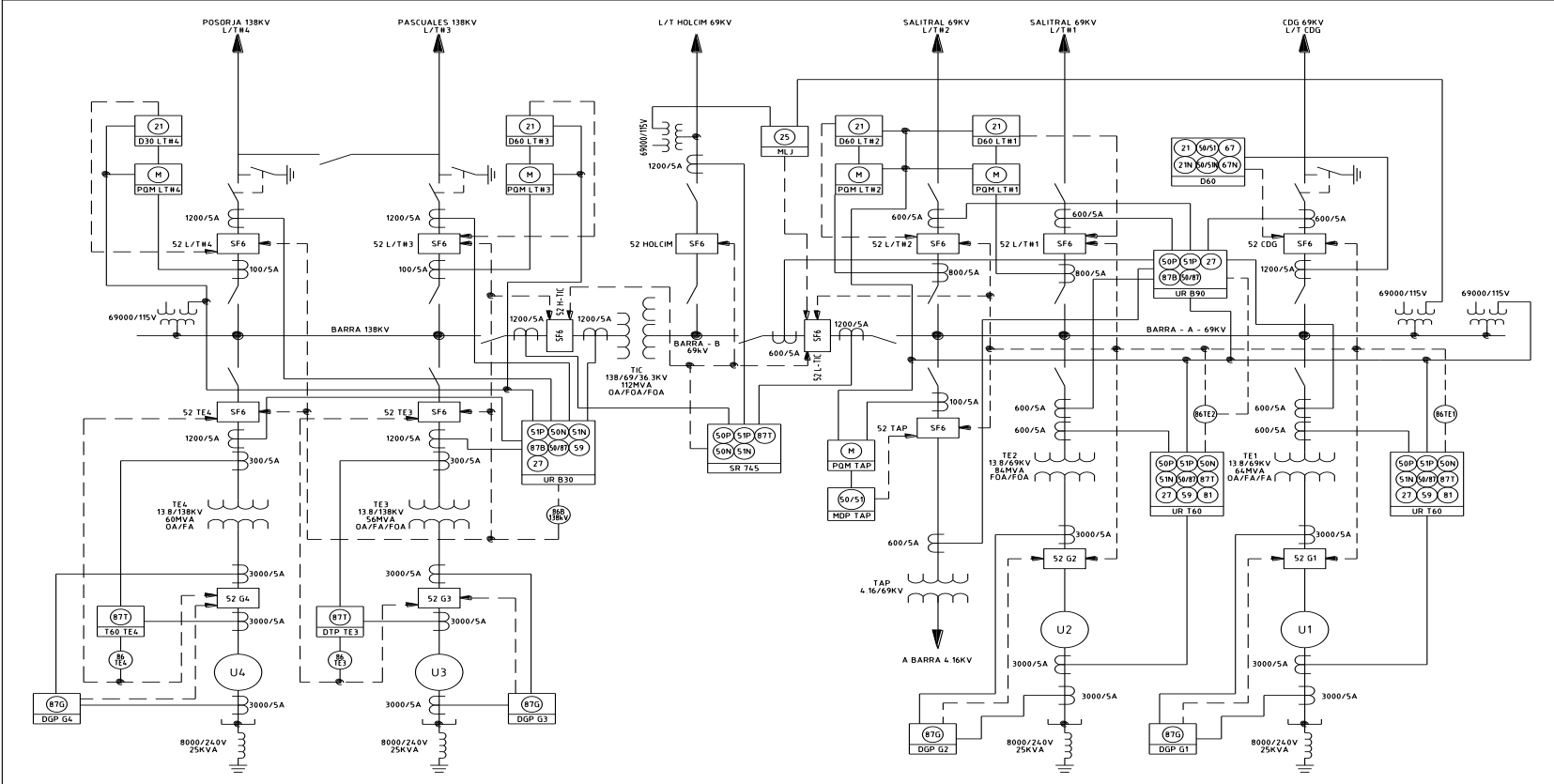


Figura. # 1