



*Estudio de Coordinación de Protecciones Eléctricas en Celec-Ep
Termoesmeraldas II aplicando el Software Digsilent Power Factory*

*Coordination Study of Electrical Protections in Celec-Ep Termoesmeraldas II
applying the Digsilent Power Factory Software*

*Estudo de coordenação de proteções elétricas em Celec-Ep Termoesmeraldas II
aplicando o software Digsilent Power Factory*

Byron Fernando Chere- Quiñónez ^I
cherokyfernando@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1886-6147>

Raúl Clemente Ulloa- de Souza ^{III}
raululloa88@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1885-0161>

Alejandro Javier Martínez- Peralta ^{II}
pipoperalta1990@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1176-5001>

Juan Andrés Lucio- Cruz ^{IV}
juan.lucio@outlook.es
<https://orcid.org/0000-0002-8192-7259>

Correspondencia: cherokyfernando@hotmail.com

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

***Recibido:** 30 de julio de 2020 ***Aceptado:** 21 de agosto de 2020 *** Publicado:** 28 de agosto de 2020

- I. Ingeniero Eléctrico, Docente Investigador de la Facultad de Ingenierías en la Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas, Ecuador.
- II. Ingeniero Eléctrico, Docente Investigador de la Facultad de Ingenierías en la Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas, Ecuador.
- III. Ingeniero Eléctrico, Investigador Independiente, Director Administrativo de la Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión Sede Nacional, Quito, Ecuador.
- IV. Ingeniero Eléctrico, Investigador Independiente, Coordinador Senior Eléctrico en la Empresa Ecuacorriente S.A, Quito, Ecuador.

Resumen

La Central Termoeléctrica de Esmeraldas, Termoesmeraldas II cuenta con 12 electrógenos tipo generador- motor a combustión interna, los que utilizan como combustible Fuel Oil #6 proveniente de la Refinería Estatal Esmeraldas, para generación de Energía Eléctrica. El presente documento está dirigido a entregar como resultado los parámetros de ajuste y calibración de los relés contra sobrecorriente que permitan mejorar la coordinación de las protecciones del Sistema Eléctrico de Potencia de la central antes mencionada, para ello hay que conocer las características funcionales de dicho SEP, tanto en condiciones de operación normal como en condiciones de contingencia, ya sea en estado de operación normal a demanda máxima o en caso de fallas o cortocircuitos. Para lo cual es necesario modelar el SEP en un software computacional, que permita reducir los tiempos de cálculo y entregar resultados con bajo índice de error. La herramienta utilizada en el presente estudio es el software “DIGSILENT POWER FACTORY”, el mismo que presenta dentro de sus funciones los módulos de flujos de cargas, estudios de cortocircuitos y coordinación de protecciones eléctricas. El presente proyecto se enfocó en la coordinación de protecciones contra sobrecorriente, para lo cual se plantean tres casos de coordinación, los mismos que buscan definir zonas de operación óptimas para los relés de protección ubicados en las barras donde se conectan las unidades de generación de la central y la carga, que en este caso se ve reflejada como la barra que alimenta a la línea de transmisión Esmeraldas-Santo Domingo, conectando así a Termoesmeraldas 2 con el Sistema Nacional de Transmisión.

Palabras claves: Protecciones; eléctrica; software.

Abstract

The Esmeraldas Thermoelectric Power Plant, Termoesmeraldas II has 12 generator-internal combustion engine type generators, which use Fuel Oil # 6 as fuel from the Esmeraldas State Refinery, to generate Electric Power. The present document is aimed at delivering as a result the adjustment and calibration parameters of the overcurrent relays that allow improving the coordination of the protections of the Electric Power System of the aforementioned plant, for which it is necessary to know the functional characteristics of said SEP , both in normal operating conditions and in contingency conditions, either in a state of normal operation at maximum demand or in the event of faults or short circuits. For which it is necessary to model the SEP in a

computer software, which allows reducing calculation times and delivering results with a low error rate. The tool used in this study is the “DIGSILENT POWER FACTORY” software, the same one that presents within its functions the modules of load flows, short circuit studies and coordination of electrical protections. The present project focused on the coordination of overcurrent protections, for which three coordination cases are proposed, the same ones that seek to define optimal operation zones for the protection relays located in the bars where the generation units of the central and the load, which in this case is reflected as the bar that feeds the Esmeraldas-Santo Domingo transmission line, thus connecting Termoesmeraldas 2 with the National Transmission System.

Key words: Protections; electric; software.

Resumo

A Usina Termelétrica de Esmeraldas, Termoesmeraldas II, possui 12 geradores do tipo motor de combustão interna de gerador, que usam o óleo combustível nº 6 como combustível da refinaria do estado de Esmeraldas, para gerar energia elétrica. O presente documento tem como objetivo fornecer como resultado os parâmetros de ajuste e calibração dos relés de sobrecorrente que permitem melhorar a coordenação das proteções do Sistema Elétrico de Potência da usina mencionada, para as quais é necessário conhecer as características funcionais do referido SEP, tanto em condições normais de operação quanto em condições de contingência, seja em um estado de operação normal com demanda máxima ou em caso de falhas ou curtos-circuitos. Para o qual é necessário modelar o SEP em um software de computador, o que permite reduzir os tempos de cálculo e fornecer resultados com uma baixa taxa de erro. A ferramenta utilizada neste estudo é o software “DIGSILENT POWER FACTORY”, o mesmo que apresenta em suas funções os módulos de fluxos de carga, estudos de curto-circuito e coordenação de proteções elétricas. O presente projeto teve como foco a coordenação de proteções de sobrecorrente, para as quais são propostos três casos de coordenação, os mesmos que buscam definir zonas ótimas de operação para os relés de proteção localizados nas barras onde as unidades de geração do e a carga, que neste caso é refletida como a barra que alimenta a linha de transmissão Esmeraldas-Santo Domingo, conectando Termoesmeraldas 2 ao Sistema Nacional de Transmissão.

Palavras-Chave: Proteções; elétrica; software.

Introducción

La demanda de energía eléctrica va en aumento con el pasar del tiempo, debido al desarrollo económico, tecnológico y al mejoramiento de la calidad de vida del ser humano. Dichas acciones conllevan a una ampliación en la generación de energía eléctrica para satisfacer la demanda.

Las centrales eléctricas, han sido desde tiempos remotos un gran aporte a la generación de energía eléctrica en el mundo, siendo una instalación que produce energía a partir de la combustión de carbón, fuel-oíl o gas, estableciendo así una solución inmediata para suplir la necesidad energética de la sociedad, cubriendo gran parte la demanda eléctrica global.

El Ecuador cuenta en la actualidad con 40 centrales térmicas, las mismas que alimentan tanto a las unidades de extracción petrolera, como a la demanda de energía eléctrica nacional. Para este último grupo mencionado la generación termoeléctrica se ha dividido en las siguientes unidades de negocios: Jaramijo 13.28 MW, Manta II 18.6 MW, Miraflores 39.4 MW, la Propicia 10MW, Termoesmeraldas I (Vapor) 125 MW y Termoesmeraldas II 100 MW, todas ellas se conectan al Sistema Nacional de Transmisión (SNT).

La central Termoesmeraldas II de 100 MW de capacidad instalada, aporta a la oferta de generación Termoeléctrica del país, mejorando en cierto porcentaje la calidad de servicio en la zona, eficiencia del parque térmico, así como los índices de confiabilidad y seguridad en el abastecimiento de la demanda.

Las unidades de generación son 12 motores de combustión interna de 4 tiempos de velocidad (600 RPM), con refrigeración por radiadores y con una potencia de 8.35 MW cada uno.

La central se conecta al Sistema Nacional de Transmisión mediante la línea Esmeraldas-Santo Domingo, la misma que parte de la subestación Termoesmeraldas II, la cual transforma el nivel de voltaje de generación a transmisión, es decir de 13.8/138 KV.

La central ha aportado, desde su entrada en operación hasta el mes de febrero de 2016, una energía de 550.61GW/H al Sistema Nacional de Transmisión, permitiendo avanzar hacia la obtención de la soberanía energética y brindando seguridad al servicio eléctrico. [CITATION Min16 \l 3082].

El propósito fundamental de la coordinación de protecciones eléctricas es resguardar la seguridad tanto de las personas como de los equipos del sistema eléctrico en caso de ocurrir una falla o cortocircuito. Una correcta coordinación de protecciones se logra determinando los ajustes adecuados para que los diversos relés involucrados, operen en forma rápida y selectiva ante una

falla, aislando únicamente las áreas afectadas, suministrando así un servicio continuo, seguro y eficiente. Así mismo, los dispositivos de protección deben brindar la seguridad adecuada a los equipos de potencia para asegurar su vida útil.

Para poder realizar una correcta coordinación de protecciones es conveniente, la utilización de un software computacional que permita ejecutar un adecuado análisis de cortocircuito, que conlleva un buen flujo de carga. Esto se logra modelando el sistema eléctrico, para lo cual, se debe realizar un levantamiento de datos, el mismo que debe detallar la configuración del sistema y las características de los equipos que conforman dicha instalación.

Debido a que la Central Termoesmeraldas II, es de reciente creación surge la necesidad de emplear estudios que vayan acorde a la realidad de la misma, para luego de eso, establecer lineamientos que permitan un desarrollo en su actividad diaria. Es por esto que realizando la recolección de datos adecuados que permitan establecer parámetros confiables, que brinden un buen desenvolvimiento de la operatividad de los equipos se establece un estudio que vaya acorde a la visión, en este caso al tratarse de un estudio de coordinación de protecciones eléctricas se escoge el software Digsilent Power Factory, con la finalidad de tener compatibilidad con el modelo, planteado en la misma herramienta, utilizado en Transelectric CELEC EP, además de la facilidad que presta dicho software al momento de obtener resultados, incorporando en sus estudios las principales normas internacionales de la ANSI, IEC, IEEE, etc.

Desarrollo teórico.

Descripción del SEP de Termoesmeraldas II. Ubicación de Termoesmeraldas II

La central Termoesmeraldas II, está ubicada en la ciudad y provincia de Esmeraldas, Parroquia Vuelta Larga, km 7 ½ vía a Atacames. Su extensión es aproximadamente 205.617 m², y cuenta con los siguientes linderos:

Por el norte con el centro de la ciudad del Cantón Esmeraldas, por el sur Atacames km 7 ½, al este con el Rio Teaone y al oeste con Refinería Estatal Esmeraldas, ubicación que nos muestra vía satelital la figura 1.

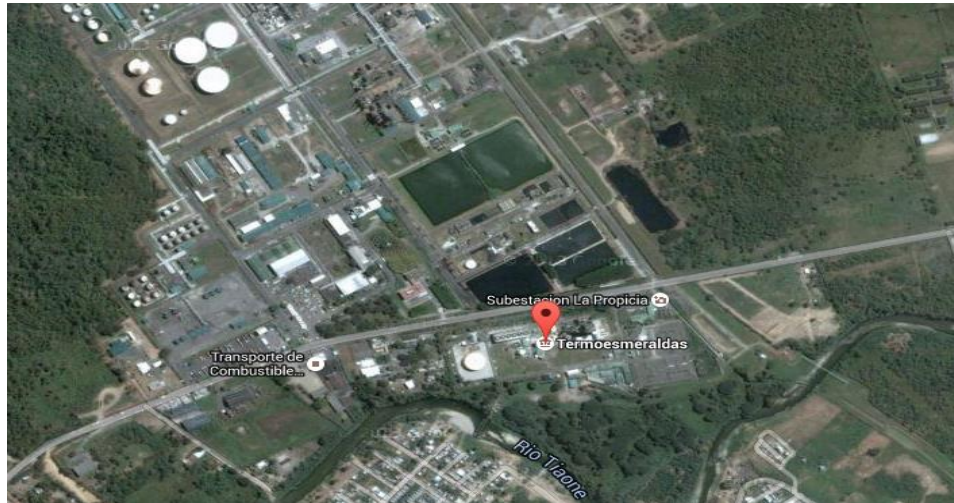


Figura 1 Ubicación de la Termoesmeraldas II. Vista satelital.

Datos eléctricos de Termoesmeraldas II

El sistema eléctrico de la central Termoesmeraldas II, está conformado por 12 grupos de electrógenos sincrónicos tipo Generador-Motor a combustión interna de potencia de 8.35 MW y una tensión de 13.8 kV cada uno, el total de los 12 Electrógenos suman una potencia instalada alrededor de 100 MW, dividido en dos grupos que se encuentran conectados en dos bahías.

La bahía I comprende 6 grupos de Electrógenos, los cuales se conectan cada uno a través del disyuntor a la barra MB1, de esta barra se conecta el Main transformador N° 1, el cual eleva la tensión de generación de 13.8kV a nivel de transmisión a 138 kV, para de esta manera conectarse al Sistema Nacional de Transmisión SNT.

Lo mismo ocurre en la bahía II, donde los otros 6 grupos de Electrógenos, se encuentran ligados en paralelo a la barra MB2, en donde se conecta el Main transformador N° 2, el cual eleva la tensión de 13.8 a 138 kV para conectarse posteriormente al SNT.

La central generadora cuenta también con el transformador AT0, el cual se utiliza para abastecer los servicios auxiliares de la planta. Dicho transformador se usa en situaciones de emergencia y se alimenta desde Termo Esmeraldas I, a un nivel de voltaje de 4.16 kV, aumentando así la confiabilidad de la central.

Situación actual del SEP de Termoesmeraldas II

Alimentadores

La central cuenta con un cable de alimentación, que se utiliza para transmitir y distribuir energía eléctrica, en la línea de tensión nominal 0.6/1kV, con un estándar ejecutivo GB/T12706.1 (igual para IEC60502), y con las siguientes condiciones de trabajo:

Temperatura de trabajo a largo plazo del cable debe ser superior a 70 °C.

La temperatura del conductor no debe ser superior a 160 °C, en el momento del cortocircuito (que tiene una duración de no más de 5 minutos).

La temperatura ambiente debe ser inferior a 0 °C para el tendido del cable.

Transformadores

Actualmente los transformadores de potencia (Main Transformer N° 1 y N° 2), se encuentran trabajando con normalidad, mientras que, en los transformadores para servicios auxiliares, AT1 y AT2, se presenta aumento en una posición del TAP, con la finalidad de mejorar la regulación de voltaje.

Generadores

De los 12 generadores con los que cuenta Termoesmeraldas II (GEN 1, GEN 2, GEN 3, GEN 4, GEN 5, GEN 6, GEN 7, GEN 8, GEN 9, GEN 10, GEN 11 y GEN 12), únicamente 9 de ellos se encuentran operando con normalidad, los 3 restantes están fuera de servicio por las siguientes razones:

- GEN 5 fuera de servicio por mantenimiento correctivo en la válvula del cilindro A1 y T/C.
- GEN 9 pendiente, en rehabilitación por daños en la válvula de admisión de cilindro A1 y el cigüeñal.
- GEN 12 mantenimiento emergente en la válvula de admisión del cilindro A1 y revisión del turbo cargador. [CITATION Ing16 \l 3082].

Niveles de voltaje

Los niveles de voltaje en cada una de las barras, centro de control de motores y tableros de distribución se encuentran dentro de los rangos permitidos por la norma: IEEE 141-1993, “Recomendación para distribución de energía eléctrica para plantas industriales”.

Normas A Utilizar

Para simular el Sistema Eléctrico de Potencia de Termoesmeraldas II se utilizó el software “DigSilent Power Factory”, el cual se basa en las normas IEC y ANSI-IEEE para el desarrollo de los cálculos de flujo de potencia y cortocircuito.

Es por esto que en el presente proyecto para realizar estudios de flujos de potencia, cortocircuito y coordinación de protecciones se utiliza las siguientes normativas:

- IEC 60909-0:2011: Denominada “Calculation of Short-Circuit Currents in Three-Phase Networks.
- IEEE C37.010:1999, Denominada “IEEE Application Guide for AC High-Voltaje Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basic”.
- IEEE 141-1993, “Recomendación para distribución de energía eléctrica para plantas industriales”.
- IEEE Std C37.102-2006 “Guía para protección de Generador AC”.
- IEEE Std C37.91-2000 “Guía para protección por relevadores aplicada a Transformadores”.
- IEEE Std C37.96-200: es una guía una adecuada para la protección de motores basado en tipo, tamaño y aplicación, pero principalmente trata de que el usuario utilice los procedimientos que se indican en la misma para cualquier circunstancia.
- IEEE Std 141-1993, IEEE Std 242-2001: ambas normas nos guían para realizar una adecuada selección, aplicación de los elementos que constituyen el sistema de protección incluyendo los que resguardan a los alimentadores de plantas industriales.

Estudio de Flujo De Potencia

Un estudio de flujo de carga o flujo de potencia, es el que determina en todo momento las condiciones operativas de cualquier sistema eléctrico de potencia, como son las condiciones de voltaje, corriente, potencia activa y reactiva, además del factor de potencia, y de hecho establece

uno de los estudios con mayor frecuencia en las centrales de generación, no, así como en las diferentes industrias y empresas eléctricas de distribución.

Este estudio alerta sobre las condiciones de sobrecargas en los equipos o los pobres niveles de voltajes en las barras, para poder luego de ello proceder a compensar y obtener resultados óptimos, para tener un sistema acorde al funcionamiento de cada elemento.

Con el estudio de flujos de potencia se puede establecer lo siguiente:

- Flujo en kW o kVAr en las barras de un sistema eléctrico.
- Voltaje en las barras.
- Condiciones óptimas de trabajo del sistema.
- Pérdidas óptimas.
- Cambio de tamaño de los conductores.
- Posición óptima del Tap de los transformadores. [CITATION ADI08 \l 3082].

De acuerdo a lo anteriormente mencionado se puede decir en pocas palabras que el estudio de flujos de potencia sirve para la determinación de los voltajes y potencias activa y reactiva de todos los puntos de un sistema cuando éste opera bajo condiciones previamente establecidas.

El principal objetivo de realizar un estudio de flujo de potencia en el SEP de Termoesmeraldas II, es el de calcular; potencia activa, potencia reactiva, así como los valores de voltaje con sus respectivos ángulos, en los puntos de conexión, como son los MCC (centro de control de motores) y barras.

Estudio de cortocircuito

El estudio de corto circuito es fundamental, ya que permite tener una idea clara para dimensionamiento las protecciones. Cuando se manifiestan fallas, en condiciones inapropiadas de trabajo, nos conduce a los siguientes fenómenos:

- Indeseables flujos de corrientes.
- Presencia de corrientes elevadas.

El estudio de cortocircuito, es necesario e importante en los sistemas eléctricos en todas sus etapas, desde el punto en que se genera la energía hasta en los sitios de distribución y utilización de la misma. [CITATION CAR15 \l 3082].

Protecciones eléctricas

Las protecciones eléctricas, son la parte fundamental e importante de un SEP, en cualquiera de sus etapas desde los centros de generación, transmisión y distribución, e incluso hasta industrias y domicilios.

Una de las características de los sistemas de protección es la de brindar en todo lugar y momento la calidad y continuidad del servicio de energía eléctrica, para de esta manera, brindar la seguridad de las personas, también evitando daños a los equipos y sobre todo en lo posible pérdidas técnico- económicas.

Filosofía de protección

Un sistema de protección tiene por objetivo fundamental brindar y garantizar en toda circunstancia, la localización y desconexión de fallas en forma automática del cualquier equipo o área afectada, a fin de minimizar los efectos en una instalación eléctrica.

El sistema de protección debe cumplir las siguientes condiciones fundamentales:

- **CONFIABILIDAD:** Se refiere a que la protección actúe de manera correcta y no opere innecesariamente. [CITATION AND12 \l 3082].
- **SELECTIVIDAD:** Capacidad de identificar una falla y operar el mínimo número de interrupciones posibles para aislar fallas.
- **VELOCIDAD:** Propiedad de respuesta de aislar un sistema fallido en el mínimo tiempo que sea posible con un daño mínimo del equipamiento y de las condiciones de estabilidad del SEP.
- **SENSIBILIDAD:** Se refiere a que la mínima falla responda de la zona a proteger.
- **ECONOMÍA:** Es necesario diseñar un sistema de protecciones que brinde las mayores prestaciones y confiabilidad, al menor costo posible. [CITATION JUA14 \l 3082].

Teoría de la protección de sobrecorriente (50/51)

Uno de los fenómenos que ocurren durante los cortocircuitos, es el aumento de la corriente que, en la mayoría de los casos sobrepasa los valores nominales de operación. Sobre esta consideración se establece un criterio de determinación de existencia de fallas mediante la medición de la corriente circulante en el sistema eléctrico. Esta aplicación corresponde a la protección de sobrecorriente.

La protección de sobrecorriente es utilizado generalmente como protección principal en alimentadores radiales y en transformadores de distribución de poca capacidad, en estos últimos generalmente en conjunto y coordinadamente con reconectores, seccionadores y fusibles.

La protección de sobrecorriente se la utiliza también como protección de respaldo en equipos más importantes dentro del sistema eléctrico como transformadores de potencia, generadores, entre otros.

La protección de sobrecorriente puede ser utilizada para determinar fallas entre fases o con contacto a tierra.

Características de tiempos de operación

La característica de tiempos de operación puede establecerse en función del tiempo en el que se despeja la falla. Se pueden distinguir dos tipos de características de relés:

- Instantáneos: una vez superado un umbral de corriente, el relé emite su orden de operación de manera inmediata del Código ANSI 50.
- Retardados: una vez superado un umbral de corriente, el relé emite su orden de operación considerando una característica de tiempo definida en el plano “corriente vs tiempo” del Código ANSI 51.

Características de operación temporizada

Una protección de sobrecorriente, con característica temporizada 51, considera generalmente dos variables para su operación:

- Corriente mínima de operación: conocida como “corriente pick-up”, es el valor de ajuste de corriente sobre el cual se establece el inicio de operación del relé» TAP.
- Tiempos de operación: se refiere a la característica de tiempos en los que un relé emitirá su orden de operación» DIAL. [CITATION SAM \l 12298].

Conclusiones

Se concluye que el software DIGSILENT POWER FACTORY, es un sistema que presta mucha facilidad al momento de realizar métodos numéricos e iteraciones, también permite reducir los tiempos de cálculo y entregar resultados con bajo índice de error y además que incorpora las normativas ANSI, IEEE y IEC.

En cuanto al estudio de flujo de potencia efectuado, podemos concluir que los voltajes en las barras se encuentran dentro de los rangos permitidos por la norma IEEE 141-1993, cumpliendo así satisfactoriamente las recomendaciones de la misma.

Cuando suceden fallas en las barras, sean estas trifásicas o monofásicas, podemos concluir que las fuentes son aportantes directas de las corrientes de cortocircuitos.

Para los estudios de flujo de potencia y cortocircuito se escogió un despacho de carga facilitado por Termoesmeraldas II, con una demanda de 63 MW, simulando que las unidades G 5, G 9 y G 12 estaban fuera de servicio.

En el caso de que todas las unidades entren en operación, el sistema presentado seguirá cumpliendo con su objetivo, ya que no se verán alteradas sus propiedades de sensibilidad y selectividad.

Para garantizar la confiabilidad del SEP tenemos, protecciones de sobrecorriente instantáneas y temporizadas que operan en diferentes zonas principales y de respaldo actuando al mínimo tiempo posible para aislar las fallas.

Los ajustes de coordinación de los relés de sobrecorriente (50/51) del sistema presentado, tienen la función de definir los tiempos de operación de los relés para fallas en su zona. Las restricciones son los tiempos de margen entre relés, el valor mínimo de dial y la corriente Pick-up.

Referencias

1. ABB. (2012). Synchronous Machine AMG 1120MP12 DSE. ABB, 6.
2. CAICEDO, G. C. (Octubre 2007). Protecciones Electricas. En G. C. Caicedo, Protecciones Electricas (Pág. 212). Bucaramanga.
3. CASTAÑO, S. R. (S.F.). Proteccion De Sistemas Electricas . Manizales-Colombia: Primera Edicion .
4. CENACE, D. D. (Febrero 2014). Despacho Economico. Esmeraldas .
5. COCHANCELA, J. C. (SEPTIEMBRE 2014). Análisis Y Coordinación Del Sistema De Protecciones De La Minicentral Hidroeléctrica Gualace. En M. V. Alvarez, Análisis Y Coordinación Del Sistema De Protecciones De La Minicentral Hidroeléctrica Gualace (Pág. 99). Cuenca.
6. MARTÍNEZ, J. (2010). Tecnologías ABB Para Centrales Eléctricas. ABB, 2-3.

7. MUÑOZ, C. C. (2015). Coordinación De Las Protecciones De La Subestación De Distribución Del Sistema Guayas-Los Rios. En E. F. Macias, Coordinación De Las Protecciones De La Subestación De Distribución Del Sistema Guayas-Los Rios (Pág. 66). Guayaquil.
8. QUINTERO, I. M. (2016). Proceso De Operacion De La Central Termica Esmeraldas Ii - Informe Mensual De Actividades. Esmeraldas.
9. RAUL ULLOA DE SOUZA, N. N. (Septiembre 2014). Modelamiento, Simulacion Y Coordinacion De Protecciones Del Sep De La Refineria Estatal De Esmeraldas Petroecuador Ep, Mediante El Software Digsilent Power Factory. En N. N. Raul Ulloa De Souza, Modelamiento, Simulacion Y Coordinacion De Protecciones Del Sep De La Refineria Estatal De Esmeraldas Petroecuador Ep, Mediante El Software Digsilent Power Factory (Págs. 115-118). Quito.
10. RENOVABLE, M. D. (Febrero De 2016). Ministerio De Electricidad Y Energia Renovable. Obtenido de <http://www.energia.gob.ec/esmeraldas/>
11. ROJAS, A. V. (Noviembre 2012). Coordinacion De Los Sistemas De Proteccion Asociados A La Subestacion Electrica De 115 Kv De Cvg Alcasa. En A. V. Rojas, Coordinacion De Los Sistemas De Proteccion Asociados A La Subestacion Electrica De 115 Kv De Cvg Alcasa (Pág. 27). Sartenejas .
12. RUIZ, F. E. (2013). Protection Of Electrical Systems. En Aiu (Pág. 77). Cochabamba – Bolivia: Id: Ub17497sel25287 .
13. SANDOVAL, A. P. (2008). Expansión De La Transmision De Un Sistema De Potencia De 57 Nodos. En A. P. Sandoval, Expansión De La Transmision De Un Sistema De Potencia De 57 Nodos (Pág. 27). Mexico, D.F.

©2019 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).