

Estudio de los tipos de protecciones en Subestación Eléctrica S / A Quito
Study of the types of protections in Electrical Substation S/A Quito
Caiza Guallichico Jorge Adonis, Ing. Ortega Ordoñez Roberto Carlos, Mgs.

**INNOVACIÓN Y CONVERGENCIA:
IMPACTO MULTIDISCIPLINAR**

Enero - Junio, V°6 - N°1; 2025

- ✓ **Recibido:** 24 /01/2025
- ✓ **Aceptado:** 21/02/2025
- ✓ **Publicado:** 30/06/2025

PAÍS

- Ecuador – Santo Domingo de los Tsá'chila
- Ecuador – Santo Domingo de los Tsá'chila

INSTITUCIÓN

Instituto Superior Tecnológico Tsá'chila.
Instituto Superior Tecnológico Tsá'chila

CORREO:

- ✉ jorgecaizaquallichico@tsachila.edu.ec
- ✉ robertoortega@tsachila.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0002-8184-0767>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0003-1121-7507>

FORMATO DE CITA APA.

Caiza, J. Ortega, R. (2025). Estudio de los tipos de protecciones en Subestación Eléctrica S / A Quito . Revista G-ner@ndo, V°6 (N°1.). 1396 – 1410.

Resumen

Las subestaciones eléctricas, están expuestas a riesgos operativos como sobrecargas, cortocircuitos y fenómenos externos. Para reducir fallos y salvaguardar los equipos, los sistemas de protección necesitan ser veloces, delicados y fiables, esto asegura la continuidad del abastecimiento, la protección de las personas y estabilidad del sistema de eléctrico. La siguiente investigación analizó los sistemas de protección en subestaciones eléctricas, centrándose en su identificación, funcionamiento y beneficios frente a los fallos eléctricos. Se recopilaron y analizaron datos de normas técnicas, libros y fuentes bibliográficas. Se diseñó un esquema unifilar que permitió visualizar los puntos críticos para protección, control y mantenimiento. La investigación se enfocó en recopilar información sobre sistemas de protección en subestaciones eléctricas, analizando sus características técnicas, su impacto en la prevención de fallas y la protección de equipos, se desarrolló un esquema que representa el flujo de energía desde las líneas de transmisión hasta los circuitos de distribución. La investigación resalta la importancia de las protecciones en subestaciones eléctricas para prevenir fallas, salvaguardar los equipos y garantizar su seguridad. Analiza dispositivos clave y estrategias para minimizar riesgos y asegurar un funcionamiento seguro del sistema, destacando las interconexiones y la función de cada componente para una operación eficiente y segura.

Palabras clave: Protecciones eléctricas, Subestaciones, Prevención de fallas

Abstract

Electrical substations are exposed to operational risks such as overloads, short circuits and external phenomena. To reduce failures and safeguard equipment, protection systems need to be fast, delicate and reliable, this ensures continuity of supply, protection of people and stability of the electrical system. The following research analyzed the protection systems in electrical substations, focusing on their identification, operation and benefits against electrical failures. Data from technical standards, books and bibliographic sources were collected and analyzed. A single-line diagram was designed that allowed visualizing the critical points for protection, control and maintenance. The research focused on collecting information on protection systems in electrical substations, analyzing their technical characteristics, their impact on failure prevention and equipment protection, a diagram was developed that represents the flow of energy from transmission lines to distribution circuits. The research highlights the importance of protections in electrical substations to prevent failures, safeguard equipment and ensure its safety. Analyzes key devices and strategies to minimize risks and ensure safe system operation, highlighting the interconnections and function of each component for efficient and safe operation.

Keywords: Electrical protections, Substations, Fault prevention

Introducción

En la actualidad las subestaciones manejan grandes cantidades de energía, que están expuestas a riesgos operacionales, como sobrecargas, cortocircuitos, fallas en los equipos y fenómenos externos (rayos, incendios, fallas humanas, etc.). El sistema de protección debe controlar, proteger y alertar sobre fallas simultáneas. Estas situaciones pueden generar fallas, interrupciones en el servicio o daños permanentes a los equipos.

Las subestaciones están diseñadas para una alta fiabilidad, sin embargo, todos los sistemas pueden sufrir fallos en las distintas secciones de la instalación. Por lo tanto, se establecen las protecciones para las instalaciones de la subestación, considerando que los sistemas están vulnerables a fallos, a la seguridad en el correcto funcionamiento de los equipos que componen la subestación y para prevenir cualquier peligro para el ser humano de cualquier error producido en el sistema (Peralta, 2022).

Para diseñar un sistema de protección para las subestaciones, se deben respetar los criterios de confiabilidad para prevenir operaciones incorrectas en fallos, además de la rapidez con la que este sistema de protección actuará para identificar la avería en el sistema, y una sensibilidad adecuada para identificar cualquier fallo en el sistema, como podrían ser los problemas de estabilidad en el sistema, implementar las medidas de seguridad correspondientes, que deben operar en microsegundos.

El principal objetivo es efectuar los distintos tipos de protecciones utilizadas en una subestación eléctrica, con el fin de comprender su funcionamiento, minimizar los riesgos de fallas y asegurar la continuidad del suministro de energía, incluyendo los métodos de detección de fallas y los tiempos de respuesta en la subestación. Se recopiló información que las subestaciones cumplen un papel fundamental en la operación de los sistemas eléctricos, tuvieron grandes variaciones y avances tecnológicos que permitió diseñar e implementar nuevos sistemas. El sistema de protección es para evitar pérdidas económicas en la subestación, ya que

se debe tener en cuenta que la construcción de esta estructura y la implementación de cada equipo que la conforma requiere una gran inversión (Molina, 2022).

Los sistemas de protección son un elemento crucial en una subestación, pues facilitan la identificación y aislamiento rápido de cualquier fallo o irregularidad que pueda presentarse en la red, previniendo daños más graves en los equipos, interrupciones prolongadas de energía, o incluso riesgos para la seguridad humana. Las salvaguardas no solo aspiran a mantener la integridad de la infraestructura eléctrica, sino también a asegurar la continuidad del abastecimiento de electricidad con la mínima interrupción posible.

En una subestación de electricidad, los dispositivos de protección son cruciales para asegurar la seguridad y continuidad de la transmisión y distribución. Estas defensas están concebidas para identificar fallos e irregularidades, además de desconectar y aislar los componentes perjudicados del sistema, previniendo daños más graves y preservando la estabilidad del sistema eléctrico. Para una subestación en Santo Domingo de los Tsáchilas, pueden incluir una variedad de dispositivos y sistemas adaptados a las condiciones de la red en esta zona.

El sistema de energía debe estar disponible para el cliente en las condiciones de voltaje, frecuencia y calidad necesarias porque la energía es necesaria para la vida diaria del ser humano. Por lo tanto, un sistema eléctrico debe planificarse y diseñarse para que funcione correctamente donde se interconectan generadores, transformadores, líneas de transmisión y distribución, el sistema sufre constantes perturbaciones por cambios aleatorios de carga, fallas naturales y ocasionalmente por fallas de equipo o personal.

Métodos y Materiales

La investigación se realizó de forma cualitativa sobre los tipos de protecciones en una subestación eléctrica aborda la identificación, funcionamiento y finalidad de los sistemas de

protección implementados en estas instalaciones. Se logró asegurar el funcionamiento de equipos y sistemas eléctricos, minimizando riesgos y garantizando la seguridad, mediante la implementación de protecciones adecuadas y el análisis de libros, fuentes bibliográficas y procedimientos especializados. Este proceso incluyó la identificación de dispositivos, como relés, interruptores y sistemas de puesta a tierra, junto con el diseño de estrategias preventivas y correctivas basadas en la recolección de información.

Se desarrollo un esquema unifilar de la subestación eléctrica, este esquema permitió visualizar de manera simplificada el flujo de energía desde las líneas de transmisión hasta los circuitos de distribución, destacando las interconexiones entre los equipos y su papel en la operación segura y eficiente del sistema. La representación unifilar facilitó la identificación de puntos críticos para la protección, el control y el mantenimiento.

Análisis de Resultados

La recopilación de información sobre las protecciones en subestaciones eléctricas se logró mediante la revisión de fuentes documentales, como normas técnicas, como libros, y fuentes bibliográficas. Esto permitió identificar las características de los sistemas de protección, sus aplicaciones específicas y los beneficios que aportan en la prevención de fallas y la protección de los equipos.

La línea llega desde Transelectric en donde llega 69kv y de ahí llega al transformador y lo reduce a 13,8kv, de ahí salen 5 circuitos que son: Circuito Sur, Circuito Centro, Circuito Mercedes, Circuito Avía Quito y el Circuito Lorena.

Sus aplicaciones y Beneficios

Cable ACAR: Su aplicación se centra en la eficiencia de transmisión y la resistencia a la corrosión, especialmente en ambientes de alta tensión y condiciones climáticas adversas. Los beneficios del cable ACAR incluyen una mayor capacidad de carga, durabilidad, resistencia a la

fatiga y una mejor relación peso-potencia, lo que permite una mayor eficiencia y fiabilidad del sistema eléctrico (Vargas, 2020).

Interruptor o disyuntor tanque muerto: Sus aplicaciones incluyen la protección de transformadores, líneas de transmisión y otros equipos clave. Los beneficios incluyen su capacidad para operar de manera segura y confiable bajo altas tensiones, mantenimiento reducido y mayor vida útil gracias a su diseño a prueba de fallos y su eficiencia en la interrupción de corrientes de falla (Yepes, 2022).

Seccionador bypass: El seccionador bypass en una subestación eléctrica se utiliza para desviar la corriente y permitir el mantenimiento o reemplazo de equipos sin interrumpir el servicio. Sus aplicaciones incluyen la conmutación de transformadores y líneas, el aislamiento de equipos y la mejora en la continuidad del suministro eléctrico. Sus beneficios son la reducción de tiempos de interrupción, mayor seguridad operativa, facilidad en la maniobra de redes y optimización del mantenimiento sin afectar la estabilidad del sistema (Casas, 2022).

Pararrayos: Su aplicación es fundamental para garantizar la seguridad del sistema eléctrico y reducir el riesgo de fallas o incendios. Los beneficios incluyen la protección de los equipos, una mayor confiabilidad en la operación del sistema y la reducción de costos por daños en los equipos debido a descargas atmosféricas (Bolívar, 2021).

Reconectador: Se instala en los circuitos de distribución y tiene la capacidad de detectar y actuar ante fallas menores, reconectando el sistema si la falla se soluciona por sí sola. Los beneficios incluyen la mejora de la confiabilidad del suministro eléctrico, la reducción de los tiempos de inactividad y la minimización de la intervención manual, lo que optimiza la eficiencia operativa de la subestación (Rosero, 2020).

Seccionador de línea: Su aplicación principal es garantizar un aislamiento confiable en operaciones de baja corriente o en circuitos sin carga. Los beneficios incluyen mayor seguridad

para el personal, facilidad en las maniobras de mantenimiento y flexibilidad en la operación de la red eléctrica, contribuyendo a la confiabilidad del sistema (González G. , 2020).

Transformador de potencia: Su función principal es aumentar o reducir el voltaje de la electricidad para facilitar su transmisión eficiente a largas distancias o para distribuirla a niveles adecuados para su uso final. Los beneficios incluyen la optimización del rendimiento del sistema eléctrico, la mejora de la eficiencia en la transmisión y la reducción de pérdidas energéticas, asegurando una distribución confiable y segura de la electricidad (Villacis, 2021).

Disyuntor de línea: El disyuntor de línea en una subestación eléctrica protege el sistema al interrumpir el flujo de corriente en caso de fallas o sobrecargas. Sus aplicaciones incluyen la protección de líneas de transmisión, la desconexión segura de circuitos y la estabilidad del sistema eléctrico. Sus beneficios son la prevención de daños en equipos, la reducción del riesgo de fallas en la red, la rápida recuperación del servicio y el aumento de la seguridad operativa (Reimert, 2021).

Barras colectoras: Funcionan como puntos de conexión comunes que agrupan la salida de varios transformadores, interruptores y otros dispositivos, facilitando la distribución y la conexión de los sistemas de alta y media tensión. Los beneficios incluyen la flexibilidad operativa al permitir la desconexión y conexión de distintos equipos sin interrumpir el suministro general, mejorando la confiabilidad y capacidad de mantenimiento de la subestación (Ram, 2020).

Selección de las protecciones en la subestación eléctrica

La selección y cálculo de las protecciones en una subestación eléctrica es un proceso fundamental para garantizar la seguridad, confiabilidad y estabilidad del sistema eléctrico, y se considera los siguientes puntos:

Tabla 1

Selección de las protecciones en la subestación eléctrica S/A Quito

Proteccion	Descripción	Selección	Cálculos y Ajustes
Protección Diferencial del Transformador	Detecta diferencias de corriente entre el lado primario y secundario del transformador, identificando fallas internas.	Se eligen relés diferenciales con curvas de tiempo inverso y de alta velocidad. Se aplica la protección en transformadores de potencia de 69 kV y superiores.	Se ajusta considerando la relación de transformación, la corriente nominal y la corriente de cortocircuito. Se establece una zona de protección con márgenes para evitar disparos no deseados debido a corrientes de magnetización.
Relés de Sobrecorriente Direccional y de Distancia	Miden la magnitud y dirección de la corriente para identificar y aislar fallas en líneas de transmisión.	Se seleccionan relés con curvas de tiempo inverso (IEC/ANSI) y elementos direccionales en líneas de 69 kV y 138 kV. Se prioriza el uso de protección de distancia en sistemas mallados.	Se determina el ajuste de los relés en base a estudios de flujo de carga y cortocircuito. Se calculan los tiempos de despeje de falla considerando la capacidad de los interruptores. Se ajustan los umbrales de impedancia en la protección de distancia para detectar zonas de falla.
Esquemas de Teleprotección (POTT y PUTT)	Permiten comunicación entre relés de diferentes subestaciones para aislar fallas de manera rápida y efectiva.	Se escoge el esquema POTT (Permissive Overreaching Transfer Trip) para líneas largas y PUTT (Permissive Underreaching Transfer Trip) para líneas cortas.	Se ajustan los retardos de comunicación y el tiempo de despeje, sincronizando los relés en ambas subestaciones. Se consideran retardos de transmisión en el canal de telecomunicaciones y el impacto de la latencia en la selectividad.
Reconectores Trifásicos con Control Electrónico	Dispositivos que restablecen el servicio tras fallas temporales, evitando	Se seleccionan reconectores de accionamiento tripolar con control microprocesado.	Se calculan los tiempos de reconexión en función del tipo de red y la duración

	desconexiones prolongadas.	Aplicación en circuitos de distribución primaria de 13.8 kV y 22 kV.	promedio de fallas transitorias. Se configura una secuencia de 3 a 4 intentos antes de bloquear la línea. Se ajustan los umbrales de corriente para diferenciar entre fallas temporales y permanentes.
Coordinación de Protecciones	Asegura que el dispositivo más cercano a la falla actúe primero, evitando desconexiones innecesarias.	Se seleccionan relés con diferentes curvas de actuación, asegurando selectividad en líneas radiales y malladas.	Se determinan los tiempos de actuación de cada dispositivo usando estudios de cortocircuito y flujos de carga. Se verifica la secuencia de operación en simulaciones. Se ajustan los tiempos de disparo para garantizar coordinación con protecciones de respaldo.
Sistema de Puesta a Tierra	Disipa la corriente de falla y protege equipos y personal contra sobretensiones.	Se diseñan mallas de tierra en subestaciones con conductores de cobre enterrados a profundidad adecuada. Se prioriza el uso de electrodos de puesta a tierra en zonas de alta resistividad.	Se calculan los valores de resistencia de puesta a tierra para garantizar que estén por debajo de 5 ohmios, cumpliendo normas IEEE 80 y RETIE. Se realizan simulaciones de gradientes de tensión para evitar riesgos de paso y contacto.
Mantenimiento de Protecciones	Garantiza la operatividad y respuesta correcta de los dispositivos de protección.	Se implementan planes de mantenimiento predictivo y correctivo en relés, interruptores y transformadores de corriente y tensión.	Se realizan pruebas de inyección secundaria en relés y mediciones de aislamiento en transformadores. Se corrigen desajustes en coordinación de protecciones. Se aplican pruebas de

			respuesta dinámica en relés de protección numéricos.
--	--	--	--

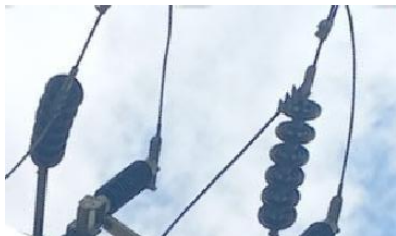
Con la información que se pudo obtener de la subestación eléctrica S/A Quito, se realizó una tabla donde se muestra qué dispositivos se encuentran en la subestación, como: cables ACAR, interruptor o disyuntor tanque muerto, seccionador bypass, pararrayos, reconectador, seccionador de línea, transformador de potencia, disyuntor de línea y barras colectoras; así mismo se especifican las características y las aplicaciones de cada uno de los dispositivos.

A continuación, se muestra la tabla con la información obtenida de las protecciones que contiene la subestación eléctrica S/A Quito.

Tabla 2

Información sobre las protecciones en la subestación eléctrica S/A Quito

Foto	Nombre	Características	Aplicaciones
	Cables ACAR	Núcleo y capas exteriores de aleación de aluminio, son más ligeros que los conductores de cobre adecuada para soportar cargas mecánicas en subestaciones.	Transportan corriente eléctrica entre equipos dentro de la subestación o entre la subestación y otras instalaciones.
	Interruptor o disyuntor tanque muerto	El recipiente metálico que contiene el medio de interrupción está aterrizado, ofreciendo una mayor seguridad operativa. Utiliza	Abre el circuito en caso de sobrecorrientes, cortocircuitos u otras condiciones de falla para proteger los equipos y mantener la estabilidad del sistema.

		gas SF₆ (hexafluoruro de azufre), vacío o aceite como medio de extinción del arco eléctrico.	
	Seccionador bypass	Permite desviar la corriente para mantenimiento o sustitución de equipos sin interrumpir el suministro eléctrico, por su capacidad de operar en vacío, alta resistencia dieléctrica y mecánica, y está diseñado para funcionar en redes de alta tensión.	Incluyen la conmutación de líneas y transformadores, el aislamiento de equipos para mantenimiento seguro y la mejora en la continuidad del servicio eléctrico.
	Pararrayos	Fabricados con materiales resistentes a altas tensiones, como óxido metálico, en pararrayos modernos, o resistencias de carburo de silicio en modelos más antiguos.	Limitan las sobretensiones transitorias causadas por descargas atmosféricas o conmutaciones eléctricas, evitando daños a equipos críticos como transformadores, interruptores y líneas.

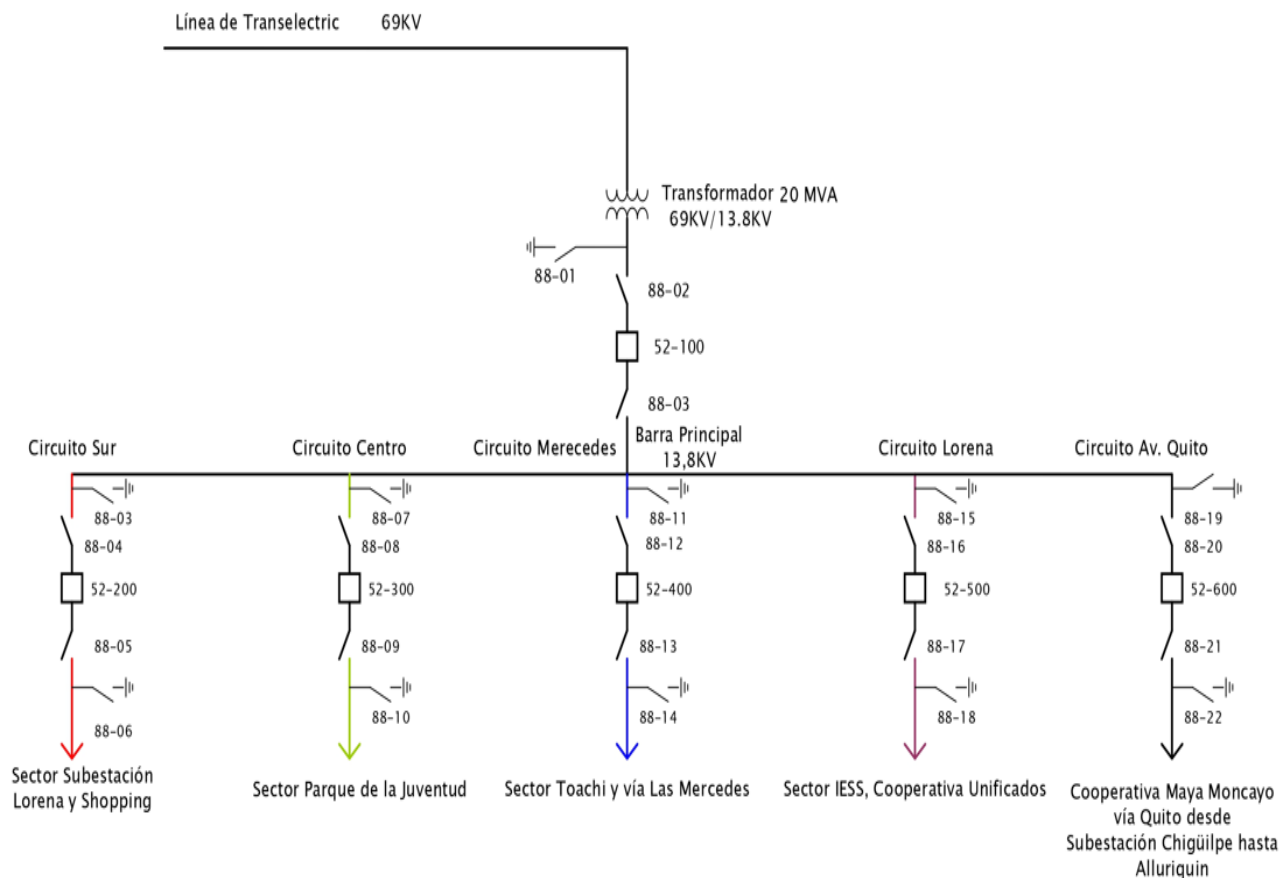
	Reconectador	Capaz de operar de manera automática para abrir y cerrar un circuito en función de condiciones predeterminadas.	Detecta y actúa frente a fallas eléctricas (sobrecorrientes, cortocircuitos o fallas a tierra), interrumpiendo el flujo de corriente para proteger equipos y líneas.
	Seccionador de línea	Proporciona una separación física visible entre los circuitos eléctricos, asegurando que la sección aislada no esté energizada.	Desconecta físicamente un circuito o equipo del sistema eléctrico para garantizar que no esté energizado durante tareas de mantenimiento o reparación.
	Transformador de potencia	permite la transferencia eficiente de energía eléctrica entre diferentes niveles de tensión. Se utiliza para adaptar los niveles de voltaje a las necesidades de transmisión o distribución	Eleva el voltaje para transmisión a larga distancia, reduciendo las pérdidas de línea, o lo disminuye para distribución local.

	Disyuntor de línea	Su capacidad de operación en alta tensión, rápida respuesta, diseño para soportar altas corrientes de cortocircuito y mecanismos de apertura y cierre automáticos o manuales.	Incluyen la protección de líneas de transmisión, la estabilidad del sistema eléctrico, la desconexión segura de circuitos y la prevención de daños en equipos e infraestructuras.
	Barras Colectoras	Generalmente fabricadas de aluminio o cobre, materiales con alta conductividad eléctrica y mecánica.	Actúan como un punto común para recibir energía de los generadores o líneas de transmisión y distribuirla a las líneas de carga o equipos.

En este apartado se desarrolló el esquema unifilar de la Subestación Eléctrica S/A Quito que se detalla en la ilustración 9 para conocer el flujo y las interconexiones de los componentes eléctricos que está conformado. Este esquema permitió visualizar de manera simplificada el flujo de energía eléctrica desde las líneas de transmisión (Transelectric) hasta los diferentes circuitos de distribución de CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo, destacando las interconexiones entre los equipos y su papel en la operación segura y eficiente del sistema eléctrico. Este esquema incluyó los principales componentes: transformador de potencia de 20 MVA, barras colectoras, interruptores automáticos, seccionadores y dispositivos de protección.

Ilustración 1

Esquema Unifilar de la Subestación Eléctrica S/A Quito 69KV/13,8KV



Nota: Diagrama Unifilar de la subestación eléctrica S/A Quito **Elaborado por:** El Autor (2025)

Conclusiones

La recopilación de la información de las protecciones en la subestación eléctricas, a través de la identificación de sus características, usos y beneficios, se ha demostrado que estos dispositivos desempeñan un papel crucial en la protección del sistema eléctrico.

La implementación de una protección adecuada en la subestación eléctrica es esencial para garantizar la seguridad y estabilidad del sistema eléctrico. A través de dispositivos de protección como cortocircuitos, sobrecorrientes, fallas a tierra y sobretensiones, asegurando una respuesta rápida que limita el impacto en la red, diseñados para detectar y aislar fallas de manera selectiva y eficiente, se logra evitar daños en los equipos y minimizar interrupciones en el suministro de energía.

Parte de la investigación se centró en la elaboración de un esquema unifilar de la subestación eléctrica, el cual facilita la comprensión del flujo de energía y las interconexiones entre los componentes del sistema, asegurando así una operación eficiente y segura. Este esquema representa de manera simplificada la trayectoria de la energía desde las líneas de transmisión hasta los circuitos de distribución, destacando la importancia de cada componente en el proceso.

Referencias bibliográficas

- Bolívar, V. (2021). Esquema de ciberseguridad para la protección de subestaciones eléctricas. Bogotá: Esdeg.
- Casas, M. (2022). Influencia de la generación distribuida en los niveles de cortocircuito y en las protecciones eléctricas en subestaciones. La Habana : Ingeniería Energética.
- González, G. (2020). Protección contra sobretensiones de una subestación eléctrica en 400KV . Ciudad de Mexico: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Molina, M. M. (2022). Protecciones eléctricas en subestaciones eléctricas: análisis documental. Portoviejo: Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies.
- Peralta, A. J. (2022). Protecciones eléctricas en subestaciones eléctricas: análisis documental. Portoviejo: Sapienza.
- Ram, B. (2020). Power System Protection and Switchgear. Marid: Paraninfo.
- Reimert, D. (2021). Protective Relaying for Power Generation Systems. Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies.
- Rosero, T. (2020). Análisis del tiempo de respuesta de un sistema de protecciones en subestaciones eléctricas con implementación de bus de proceso . Medellin: Doctoral dissertation.
- Vargas, J. (2020). Esquema de barras de una subestación. Santiago de Chile: IDS.
- Villacis, B. (2021). Análisis del comportamiento de las variables dieléctricas del sistema de aislamiento eléctrico de transformadores trifásicos de distribución, en función de sus características eléctricas y de operación. Quito: Bibdigital.
- Yepes, J. (2022). Análisis técnico económico de la aplicación de un sistema de control y protecciones para subestaciones eléctricas. Medellin: Universidad Nacional de Colombia.
-