

Trabajo de Diploma
Para Optar por el Título de
Ingeniero Eléctrico

**Título: INSTRUCCIÓN DE OPERACIÓN PARA LOS
INTERRUPTORES TIPO CELDAS DE 34,5 kV EN LA
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA MOA 220kV.**

Autor: Daniel Torres Santiesteban
Tutor: MSc. Aliniuska Noa Ramírez
Consultante: Ing. Alejandro Soler Sánchez

Pensamiento

“Todo hombre tiene el deber de cultivar su inteligencia.”

José Martí.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Mayra Santiesteban Rodríguez por su amor y sus enseñanzas.

A mi novia Mariela Hernández Volta por estar siempre a mi lado y creer en mí sinceramente.

A mi amigo Alejandro Soler por sus conocimientos y su ayuda incondicional.

A mi tutora la MSc. Aliniuská Noa Ramírez por sus críticas, sugerencias y confianza.

A todos los profesores, por los conocimientos y experiencias que me transmitieron, su incuestionable nivel científico unido a su pedagogía, hago llegar mi más sincero respeto y gratitud.

A todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible la culminación de este trabajo.

Dedicatoria

A mi padre Oscar Daniel Torres Pérez por ser mi inspiración y ejemplo.

Declaración de autoría

Declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo al Instituto Superior Minero-Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, y al Departamento de Eléctrica para que hagan el uso por la parte docente que estimen pertinente con el mismo.

Para que así conste, firmamos la presente a los ____ días del mes ____ del año 2015.

Nombre Autor: Daniel Torres Santiesteban

Firma

Nombre Tutora: MSc. Aliniuska Noa Ramírez

Firma

Resumen

En la investigación que se presenta se muestra una instrucción para la operación de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV de la subestación Moa 220 kV. Se estudian las referencias bibliográficas de los temas relacionados con las subestaciones aisladas por gas (GIS). Además se plantean las características tecnológicas de la subestación Moa 220 kV y de los interruptores. Se exponen los fundamentos teóricos-técnicos a tener en cuenta para establecer las condiciones y los pasos de la instrucción para la operación de los interruptores en régimen normal de trabajo o en caso de fallas.

Summary

In the investigation that is presented an instruction it is shown for the operation of the switches type cells of 34,5 kV of the substation Moa 220 kV. The bibliographical references of the topics related with the substations are studied isolated by gas (GIS). They also think about the technological characteristics of the substation Moa 220 kV and of the switches. The foundations theoretical-technicians are exposed to keep in mind to establish the conditions and the steps of the instruction for the operation of the switches in normal régime of work or in the event of flaws.

Tabla de contenido

Declaración de autoría.....	IV
Resumen.....	V
Summary.....	VI
Introducción	1
1.1 Generalidades sobre subestaciones aislada por gas (GIS).....	7
1.2 Fundamentos de los interruptores de potencia	9
1.3 Fundamentos de la operación de las celdas DNF7 - 40,5	12
1.4 Procedimiento para la operación del Sistema Energético Nacional	13
CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS DE LOS INTERRUPTORES TIPO CELDAS DE 34,5 kV	14
2.1 Descripción de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV	14
2.2 Esquema de control y señalización de los interruptores.....	17
2.2.1 Características del esquema de control y señalización	17
Celda 2: Salida de Línea I.	18
Celda 5: Interruptor totalizador T1	20
Celda 6: Enlace de Barras.	22
Celda 7: Acople de Barras.....	25
2.2.2 Características de las protecciones que operan en la parte de 34,5 kV	25
Relé MICOM P141 (Protección de sobrecorriente).....	25
Relé MICOM P143 (Protección de sobrecorriente).....	28
Protección especial de barras (PEB)	31
2.2.3 Descripción del esquema eléctrico	31
CAPITULO III. Instrucción para la operación de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV en condiciones normales de trabajo o en caso de fallas.....	37
3.1 Interruptores tipo celdas de 34,5 kV	37
3.1.1 Posición de prueba	37
3.1.2 Para el mantenimiento.....	37
3.1.3 Posición de trabajo	38
3.2 Funcionamiento de los interruptores	38
3.2.1 Operación manual del accionamiento del interruptor	39
3.3 Condiciones de operación	39
3.3.1 Condiciones normales de trabajo	39
3.3.2 Condición de apertura o cierre del interruptor	40
3.3.3 Condición de operación remota	40
3.3.4 Condición de operación local.....	40
3.3.5 Condiciones de fallas o defectos	40
3.4 Instrucción de operación de los interruptores de 34,5 kV	42
3.4.1 Para la aplicabilidad de la instrucción se establecen los responsables por áreas: 42	
3.4.2 Los objetivos a cumplir por la instrucción son:	42
3.4.3 El personal que se relaciona con la instrucción:	42
3.4.4 La información o manuales a consultar para la elaboración de la instrucción son:	42
3.4.5 Se debe definir el glosario de términos como:	43
3.4.6 El nivel de responsabilidad de los especialistas por áreas:	43

3.5	Localización y estructura de la nave de 34,5 kV	43
3.6	Características tecnológicas de los interruptores.....	44
Conclusiones		47
Recomendaciones		48
Referencias bibliográficas		49
Anexos		50

Introducción

La energía eléctrica es fundamental en el desarrollo de la humanidad, y su generación, transporte y distribución son muy importantes. Las subestaciones eléctricas son, por tanto, una de las claves de este sistema.

Las subestaciones modifican y establecen los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía.

Una subestación eléctrica es un conjunto de equipos eléctricos destinados a dirigir la energía eléctrica, en un punto de la red, en el que confluyen generalmente generadores, líneas y transformadores. Básicamente las funciones que cumple una subestación son las siguientes:

SEGURIDAD: Separar del sistema aquellas partes en las que se haya producido una falla eléctrica.

EXPLOTACIÓN: Configurar el sistema eléctrico con el fin de dirigir los flujos de energía en forma óptima, tanto desde el punto de vista de la seguridad en el servicio, como en la minimización de las pérdidas, permitiendo también las funciones de mantenimiento sobre los equipos.

INTERCONEXIÓN: Interconectar dos sistemas eléctricos de diferente tensión, conectar generadores al sistema de transporte o bien interconectar varias líneas de un mismo nivel de tensión.

Si se analizara el cometido de una subestación en la red se podría observar las siguientes funciones:

GENERACIÓN: Incorporan a la red las centrales generadoras a través de los correspondientes transformadores elevadores.

TRANSPORTE: Actúan como nudo de interconexión de un número variable de líneas de transporte.

DISTRIBUCIÓN: Cumplen la misión de interconectar el sistema de transporte con sistemas de niveles de tensión inferiores (transporte local, subtransporte y distribución).

Se debe destacar que un gran número de subestaciones cumplen a la vez varias de estas funciones. [1,2]

Históricamente la tecnología eléctrica y sus avances han permitido que la naturaleza de las subestaciones haya evolucionado a lo largo de los años. Las causas han sido varias pero se podría decir que todas se remiten al aumento del consumo energético individual en los países desarrollados, al aumento de la población y a la mayor dependencia de la electricidad como vector energético.

Este escenario no es el que actualmente existe en Cuba, con la introducción de las tecnologías de Generación Distribuida, como los emplazamientos de grupos electrógenos fuel oil, el flujo de energía se ha descentralizado. El envío de energía a través de líneas eléctricas hacia los puntos de consumo, debido a la resistencia de los conductores genera muchas pérdidas y aumenta las intensidades de las tensiones. El elevamiento de las tensiones requiere de nuevos sistemas de aislamiento, mejorar el diseño de dispositivos y la protección de las subestaciones.

Las subestaciones eléctricas como elementos de operación del sistema de transporte han tenido que acompañar a este proceso de incremento de tensiones y potencias. Por ello, el avance en este campo implicaba directamente mejoras en las subestaciones.

Principalmente este avance ha sido muy estudiado en un escenario urbano que es donde más problemas de espacio y seguridad se han requerido, además de ser el último punto en el que la potencia se consume.

La disponibilidad de cables de potencia para alta tensión a partir del año 1920 hizo posible la construcción de subestaciones de tipo interior integradas en el casco urbano de las ciudades [1]. Sin embargo la estructura utilizable en estas subestaciones, así como la incapacidad de reducir las distancias eléctricas, al no disponer de otro medio aislante que el aire, supuso que el tamaño de estas subestaciones no se redujera fundamentalmente con respecto a las instalaciones convencionales. En 1950 se desarrollaron tecnologías para la construcción de barras aisladas que permitieron una cierta reducción del tamaño de las instalaciones, basadas en la utilización de aparamenta de interior, que si bien estaba especialmente diseñada para este tipo de subestaciones, no hacía posible una reducción significativa de las dimensiones. La aparición de las instalaciones aisladas con gas (SF6) en el 1960, supuso un paso importantísimo en el diseño de las subestaciones, consiguiéndose los resultados significativos en la reducción de la superficie y volumen total.

El desarrollo de elementos de corte de suministro utilizando el SF6 permitió que el flujo de potencia fuera más seguro, ya que los dispositivos que cumplían los requisitos funcionaban con aceite y provocaban incendios y explosiones además de necesitar un mantenimiento continuo.

El grado de desarrollo tecnológico conseguido por estos equipos y los costos de producción, hicieron que la adopción del SF6 sea una alternativa indiscutible en el diseño y construcción de las subestaciones.

En aplicaciones sin requisitos de espacio y baja influencia en impacto ambiental se continúan utilizando los dispositivos aislados en aire ya que se ha seguido trabajando en el desarrollo de nuevos equipos e instalaciones convencionales y aislamientos convencionales (AIS) acorde con el entorno y las condiciones de seguridad establecidas [1,2].

En Cuba se utilizan las subestaciones de ambos tipos de dispositivos aisladores, en total existen dieciocho subestaciones eléctricas de 220 kV dispersadas a lo largo de todo el país, en la provincia de Holguín se encuentra la tercera parte de estas; algunas están a la salida de importantes centrales eléctricas como Felton 220 kV y Moa 220 kV, otras son puntos de enlace como Holguín 220 kV y Cueto 220 kV, además de Punta Gorda 220 kV y Nicaro 220 kV que son terminales.

En el municipio de Moa se construyó una subestación eléctrica con nueva tecnología, es un sistema de potencia encapsulado en metal y aislado por gas, *Gas Insulation Substation* (GIS), única de su tipo en el país. La misma está ubicada a la izquierda del Emplazamiento de Grupo Electrógenos Fuel Oil entrando por la carretera que da acceso a ambas instalaciones y frente a la costa norte del municipio.

Debido al corto tiempo de explotación de esta tecnología (sistema de potencia encapsulado en metal y aislado por gas, GIS), todavía no han sido elaborados todos los procedimientos (instrucciones de operación) necesarios para la manipulación de los dispositivos de protección y en específico las relacionadas con los interruptores tipo celdas al nivel de tensión de 34,5 kV.

Situación Problémica

La subestación eléctrica GIS Moa 220 kV comenzó a prestar servicio en el mes de Noviembre del 2014 y debido al poco tiempo de explotación los operadores no tienen conocimiento suficiente sobre el funcionamiento y la operación de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV.

Problema

Existe deficiencia en la operación de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV por parte de los operadores debido al poco conocimiento acerca de los mismos.

Objeto de estudio

Los interruptores tipo celdas de 34,5 kV.

Campo de acción

Protecciones Eléctricas

Objetivo General

Desarrollar una instrucción de operación para los interruptores tipo celdas de 34,5 kV en la subestación eléctrica Moa 220 kV.

Hipótesis

Una instrucción de operación para los interruptores tipo celdas de 34,5 kV en la subestación eléctrica Moa 220 kV, que considere los accesorios, las protecciones y el esquema de control y señalización garantizará un mayor conocimiento de los operadores para manipular correctamente dichos interruptores en condiciones normales de trabajo o en casos de fallas.

Objetivos Específicos

1. Analizar la Resolución 373 que establece el procedimiento de Operación del Sistema Energético Nacional.
2. Realizar la descripción de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV.
3. Caracterizar los accesorios, las protecciones y el esquema de control y señalización de los mismos.
4. Analizar y establecer las condiciones y los pasos para la operación de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV en régimen normal de trabajo o en caso de fallas.

Tareas de Investigación

- Realizar una búsqueda de información sobre las subestaciones aisladas por Gas (GIS).
- Analizar en la Resolución 373 los aspectos o elementos a tener en cuenta para establecer las condiciones y los pasos para la operación de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV en régimen normal de trabajo o en caso de fallas.



- Caracterizar y describir la funcionalidad de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV.
- Caracterizar y describir la funcionalidad de los accesorios, las protecciones, y el esquema de control y señalización de los mismos.
- Elaborar la instrucción para la operación de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV en régimen normal de trabajo o en caso de fallas.

CAPÍTULO I. MARCO TEORICO-CONTEXTUAL

1.1 Generalidades sobre subestaciones aislada por gas (GIS)

Las subestaciones GIS ocupan un 60% menos del espacio que requiere una subestación convencional. La tecnología GIS encapsula los equipos de alto voltaje en su interior, mejora la estética de la instalación y minimiza la probabilidad de averías, lo cual mejora la calidad del servicio. El volumen ocupado por una GIS está entre el 3 al 8% y el área está entre el 3 al 12% del que le corresponde a una subestación convencional de la misma tensión nominal y para las mismas funciones. Estas subestaciones reducen el campo magnético en forma considerable y eliminan por completo el campo eléctrico. Esto es una ventaja significativa para los instaladores, personal de mantenimiento y la gente que pueda vivir próximo a una subestación. [3]

En el municipio de Moa se cuenta con una subestación GIS (Subestación Moa 220 kV), la cual posee características de una Subestación Eléctrica (S/E) telecomandada, es decir, que puede ser operada por el despacho provincial de Holguín desde sus instalaciones a través de tecnología digital. Solo precisa de un pequeño número de operarios para gestionar y controlar su funcionamiento ya que en la parte de 34,5 kV posee interruptores y desconectivos que solo pueden ser operados manualmente.

Esta S/E GIS se localiza a la izquierda del Emplazamiento de Grupo Electrónos Fuel Oil (GEFO), entrando por la carretera que da acceso a ambas instalaciones y frente a la costa norte en el municipio Moa, en la provincia Holguín. Es preciso señalar que esta es una zona de alta corrosión marina y que sufre de la contaminación propia de un enclave industrial que utiliza numerosos productos químicos.

Consta de tres edificios donde están contenidos los equipos de potencia a distintos niveles de tensiones, 220, 110 y 34,5 kV respectivamente (estas edificaciones protegen a los equipos de potencia de los desastres naturales), de una sala de control se gestiona todo el funcionamiento de la subestación.

Cuatro transformadores de potencia, dos de 220/110 kV y dos 110/34,5 kV, también cuenta con dos transformadores de servicios auxiliares (uso de planta) 34,5/0,22 kV, seis transformadores de potencial de línea (dos 220kV y cuatro 110kV), además dos capacitores de acoplamiento (uno en cada línea de 220kV), dos trampas de ondas y dieciocho pararrayos.

A la S/E llegan dos líneas desde Cueto directo al edificio 220 kV de la cual salen dos líneas para el proyecto de Ferroníquel, además se alimentan dos autotransformadores 220/110/34,5 kV (1AT y 2AT) que reducen el voltaje para alimentar al edificio de 110 kV; estos autotransformadores por el devanado de 34,5 kV alimentan cada uno a un transformador de uso de planta para el alumbrado y la automática de la sala de control. A la S/E llegan también cuatro líneas del GEFO de Moa que van por el soterrado hasta el edificio de 110 kV y donde este aporta su energía al Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

En S/E GIS tenemos interruptores extraíbles del tipo celda DNF7 - 40,5 kV que se emplean para alimentar los diferentes circuitos del municipio como son: Vivienda Checa, Moa nueva, Puerto de Punta Gorda, Sagua, y Potabilizadora-Bombeo. Estos interruptores extraíbles se emplean también en la subestación Güirabo 110kV en la provincia Holguín, las mismas se diferencian en el tipo LF-2 SCHEIDER y el nivel de voltaje 13,8 kV aunque ambas utilizan el gas SF6 para la extinción del arco eléctrico.

El Hexafloruro de Azufre o SF6, descubierto por el químico francés H. Moissan, es un gas artificial utilizado ampliamente en los equipos eléctricos de alta tensión. Es incoloro, inodoro, no combustible y químicamente muy estable por lo que a temperatura ambiente no reacciona con ninguna otra sustancia. Su gran estabilidad se basa en el arreglo simétrico perfecto de sus seis átomos de flúor en torno a su átomo de azufre central. Al final del uso de vida del equipo, el gas puede ser recuperado, reciclado y vuelto a usar.

El SF6 es un excelente aislante eléctrico y puede apagar un arco eléctrico en forma efectiva. Esto lo ha hecho muy popular y por lo tanto pueden encontrarse

hoy en día miles de equipos eléctricos alrededor del mundo en media y alta tensión que lo utilizan.

El SF6 es utilizado como gas aislante en subestaciones encapsuladas GIS, como aislante y medio de enfriamiento en transformadores de poder y como aislante y medio de extinción en interruptores de alta y media tensión. Todas estas aplicaciones son sistemas cerrados, muy seguros e idealmente sin posibilidades de filtraciones.

El SF6 proporciona un aislamiento eléctrico y muy efectiva resistencia a los arcos eléctricos. Estas asombrosas propiedades hacen posible construir equipos muy compactos, que utilizan menos materiales, seguros y con una vida útil más extensa. A presión atmosférica, el SF6 tiene una rigidez dieléctrica 2,5 veces mejor que la del aire. Usualmente se utiliza entre 3 y 5 veces la presión atmosférica y en cuyo caso la rigidez dieléctrica alcanza a ser hasta 10 veces la del aire. [3]

1.2 Fundamentos de los interruptores de potencia

Un interruptor de potencia es un dispositivo eléctrico que fue creado para satisfacer la necesidad de controlar el flujo de la corriente eléctrica ya sea para protección del personal que labora dando mantenimiento para ofrecer el funcionamiento óptimo de las redes o para la protección de los equipos que componen la red eléctrica ante algún disturbio eléctrico. Para que estas condiciones se puedan cumplir sin problema, el interruptor debe contar con un buen diseño mecánico y eléctrico, además de contar con medio de extinción del arco eléctrico, de los cuales los más comunes son: aire, vacío, aceite o SF6.

Los interruptores son dispositivos capaces de maniobrar y soportar corrientes de carga nominal, sobreintensidades y cortocircuitos durante un tiempo determinado. El accionamiento de estos interruptores puede ser manual o mediante relés de maniobra y protección. Los interruptores son aparatos de desconexión que pueden asegurar la “puesta en servicio” o “puesta fuera de servicio” de un circuito eléctrico y que, simultáneamente, están capacitados para garantizar la protección de la instalación en la que han sido montados

contra los efectos de las corrientes de cortocircuitos (fallas a tierra, cortocircuitos entre fases), deben ser capaces de cortar la intensidad máxima de corriente de cortocircuito capaz de originarse en dicho lugar. [4, 5,6]

Frecuentemente, a los interruptores se les asocian un conjunto de relés de protección mediante los que se miden permanentemente ciertos parámetros eléctricos especialmente elegidos para detectar el comienzo de cualquier anomalía y poner en marcha la desconexión del interruptor en cuanto se sobrepasa el umbral de regulación existente. Los equipos de protección son los encargados de aislar selectivamente las partes del sistema eléctrico afectadas por una falla en el menor tiempo posible, minimizando los daños en las instalaciones y procurando la continuidad del suministro del servicio eléctrico. En muchos casos los equipos de protección suelen ser equipos que, además de proporcionar las funciones de protección, también son capaces de realizar las funciones de medición de las variables eléctricas, tales como tensión (V), corriente (I), frecuencia (f), potencia activa (P) y potencia reactiva (Q).

Estos equipos suelen contar con interfaces de comunicación o contactos auxiliares que permiten su interacción con el resto del sistema.

Los sistemas eléctricos y en particular las subestaciones eléctricas modernas, se protegen empleando equipos que emplean las señales captadas directamente de los equipos primarios (tensiones, intensidades, etc.) y la aplicación de determinados algoritmos, para activar la actuación de mecanismos para aislar selectivamente las partes del sistema eléctrico afectadas por una falla en el menor tiempo posible, minimizando los daños en las instalaciones y procurando la continuidad del suministro del servicio eléctrico.

Los algoritmos de protección contienen magnitudes y variables de referencia que pueden ajustarse a discreción del usuario, lo que determina la actuación o no del equipo de protección ante la presencia de determinadas condiciones.

Según las magnitudes, el umbral de actuación y el tiempo de actuación, existen diferentes funciones de protección. Dependiendo del tipo de posición que se

desee proteger en una subestación, se emplearán una o varias funciones de protección y por tanto uno o varios equipos de protección. [1,2]

El interruptor automático puede reponerse, por lo general, de forma muy rápida mediante la acción mecánica luego de una actuación contra un cortocircuito. Además, suelen fabricarse con mayor capacidad y desde uno a tres polos en un mismo dispositivo.

Los interruptores automáticos a diferencia de los fusibles, en su gran mayoría tienen varias zonas de operación. En la figura 1, se muestra la zona de tiempo largo o de acción lenta que suele ser de tiempo inverso y la zona de tiempo corto, que puede ser instantánea o no. En muchos interruptores estas zonas de tiempo corto pueden estar divididas en: zona de tiempo corto y zona instantánea.

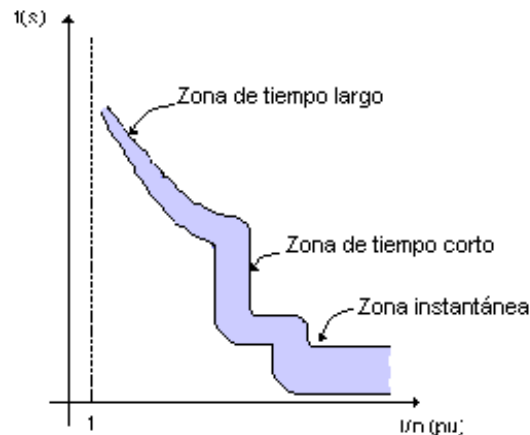


Fig. 1. Característica hipotética de un interruptor con varias zonas de operación [7].

Estas zonas de operación por lo general pueden ajustarse ya sean en la magnitud de la corriente o del tiempo. En ciertos interruptores sólo se puede ajustar algunos de estos parámetros, pero en cambio en otros, el fabricante permite la configuración total de las características o zonas de operación, pero por lo general suelen ser más caros [7].

1.3 Fundamentos de la operación de las celdas DNF7 - 40,5

Los interruptores extraíbles del tipo celda DNF7 - 40,5 kV (figura 2) para conmutación bajo carga con extinción del arco con SF₆, posee transmisión de resortes y motor alimentado con corriente alterna a 220 V. Disponen de accionamiento eléctrico local en el propio interruptor y remoto desde la sala de control. Estos interruptores tienen asociados un relé de protección P141 de sobrecorriente destinado para la protección de estas líneas, principalmente para fallas entre fases y fase a tierra, con funciones 50/51; 50G/51G y un recierre automático (79) para fallas transitorias en las líneas. Cuentan además con 12 LEDs que indican: defectos, estado de posición del interruptor, disparo de la protección, bloqueo o no del recierre. Estos relés también son capaces de dar información detallada sobre la falla ocurrida en la línea indicando la fase fallada, la distancia y la hora exacta en que ocurrió.



Fig. 2. Foto de una celda de los interruptores a 34,5 kV

En la S/E para la operación y manipulación de los interruptores extraíbles del tipo celda DNF7 - 40,5 kV **se emplean instrucciones (procedimiento o metodologías) para la manipulación y operación de los mismos. Los requisitos generales se establecen en las Resoluciones de la Unión Nacional Eléctrica (UNE).**

1.4 Procedimiento para la operación del Sistema Energético Nacional

En la Resolución 373 se establece un procedimiento genérico para la operación de los interruptores, en la cual se plantea que:

1. Al trabajar sobre los accesorios de los interruptores, estando estos en servicio, el personal velará por no interrumpir los circuitos de control para la operación de los mismos, sin el consentimiento del despachador correspondiente.
2. Los elementos de conexión y desconexión instalados en el SEN, solo pueden ser operados por orden expresa del despacho correspondiente.
3. El despacho operará los elementos de conexión y desconexión que se encuentren representados gráficamente en sus diagramas de operación y que se hallen debidamente rotulados en el lugar de instalación de dichos elementos.
4. La posición de abierto o cerrado de un interruptor tiene que ser comprobada por cualquiera de los medios existentes.
5. Los interruptores de tipo extraíbles (truck) solo pueden sellarse con tarjeta de alto, después de ser retirados de sus celdas. [8]

En los pasos del procedimiento de la Resolución se especifican los aspectos que debe cumplirse en las subestaciones respecto a la operación de los interruptores, pero no se especifica las regulaciones para la operación de los mismos a un nivel de tensión de 34,5 kV.

En el caso que nos ocupa, o sea, en la S/E subestación Moa 220 kV no se cuenta con una instrucción de operación de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV en condiciones normales de trabajo o en caso de fallas, siendo esta una insuficiencia que afecta a los operadores de esta S/E.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS DE LOS INTERRUPTORES TIPO CELDAS DE 34,5 kV

2.1 Descripción de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV

Los interruptores tipo celdas de 34,5 kV se encuentran dentro de un edificio (Nave de 34,5 kV) que los protege del medio ambiente, ubicado en la parte izquierda de la S/E; estos interruptores están montados en una base con ruedas, poseen tres polos dentro de los cuales ocurre la apertura o cierre de los contactos y donde se realiza la extinción del arco con el gas SF₆. Estos están dentro de un cubículo de metal el cual posee una puerta que da acceso a los mismos, esta puerta tiene en la parte derecha una palanca que al moverla hacia abajo la libera permitiendo tener acceso al interruptor, la puerta solo se abrirá cuando sea necesario poner el interruptor en posición de prueba o sacarlo fuera de la celda para el mantenimiento.

Estos interruptores tienen dos posiciones dentro de la propia celda, una posición de prueba y una posición de trabajo, a través de un pequeño cristal en la puerta del interruptor se puede observar en cual posición se encuentra este. Se puede realizar la apertura o cierre de cualquier interruptor de línea desde la sala de control mediante el control numérico o desde el propio interruptor a través de las llaves de régimen y mando. Por la parte trasera de los interruptores se encuentran las líneas que salen por el soterrado de la instalación y en las cuales se encuentran asociadas un desconectivo de puesta a tierra por cada una para la protección del personal que trabaja en estas cuando están en vías libres.

Los interruptores poseen un transformador de corriente (TC) en forma de toroide, uno en cada polo del interruptor, los mismos cuentan con tres juegos de bobinas, tienen una relación de transformación de 300/5 y 600/5 y se utilizan para protección y medición. Poseen un motor de corriente alterna (CA) a 220 V que tiene un reductor, una rueda dentada y una cadena, mediante este sistema se carga el muelle para realizar la apertura y cierre del interruptor.

Cuenta con una regleta donde llegan todos los contactos auxiliares de donde las protecciones toman información para saber el estado del mismo y el control numérico toma referencia de dichos contactos. Dentro de la celda hay dos resistencias de calefacción encargadas de mantener una temperatura estable dentro de la misma y controlar la humedad relativa evitando así que se dañen los instrumentos, cables, etc. por esta causa, hay que destacar que solo una resistencia está en servicio, la otra solo se pondrá en caso que la humedad relativa dentro de la celda aumente.

Esta instalación consta de doce (12) celdas modelo DNF7 – 40,5 con una barra de operación seccionalizada para el servicio a 34,5 kV y además posee cuatro (4) celdas modelo DNF7 – 40,5 para conectar los dos (2) transformadores de servicios auxiliares de la instalación. Existen seis interruptores de línea que protegen cada línea correspondiente, dos totalizadores que protegen cada uno a un transformador de 110/34,5 kV y además totalizan la energía entregada por las distintas líneas asociadas a su sección de barras, dos transformadores de potencial (TP) para cada sección de barras, un enlace que trabaja normalmente abierto y un acople de barras. (Vea el anexo # 2)

2.1.1 Estructura técnica

Datos técnicos:

1. Interruptores

Voltaje de operación normal: 34,5 kV

Voltaje máximo: 40,5 kV

Frecuencia Nominal: 60 Hz

Corriente Nominal en las Barras: 1250 A

Corriente Nominal Interruptores: 1250 A

Corriente de Desconexión: 25 kA

Valor máximo de cortocircuito soportado (3seg): 25 kA

Corriente de Pico máximo: 63 kA

Tensión máxima a un minuto a frecuencia industrial (valor efectivo): 95 kV

Tensión máxima soportada a impulso de rayo (valor pico): 215 kV

La distribución de las celdas de 34,5 kV es de izquierda a derecha.

1. Sección de Barras I

Celda 1: Transformador de Potencial Sección de Barras I.

Celda 2: Salida de Línea I.

Celda 3: Salida de Línea II.

Celda 4: Salida de Línea III

Celda 5: Totalizador T1

Celda 6: Enlace de Barras.

2. Sección de Barras II

Celda 7: Acople de Barras.

Celda 8: Totalizador T2.

Celda 9: Salida de Línea IV

Celda 10: Salida de Línea V.

Celda 11: Salida de Línea VI.

Celda 12: Transformador de Potencial Sección de Barras II.

3. Sección de Barras Transformadores de Servicios Auxiliares

Celda 13: Transformador de Potencial Barra de Servicios Auxiliares I.

Celda 14: Transformador de Servicios Auxiliares I.

Celda 15: Transformador de Servicios Auxiliares II.

Celda 16: Transformador de Potencial Barra de Servicios Auxiliares II

2.2 Esquema de control y señalización de los interruptores

En la figura 2 del Capítulo 1 se muestra una foto de la celda del interruptor, en la parte superior de esta se encuentran los elementos relacionados con los accesorios, sistema de control y señalización. A continuación se realiza una caracterización de estos elementos.

2.2.1 Características del esquema de control y señalización

- Celda 1: Transformador de Potencial Sección de Barras I

En la figura 3 se muestra el sistema de control y señalización del TP.



Fig. 3. Foto del sistema de control y señalización del TP de barra 1.

Esta celda tiene en el sistema de control y señalización los siguientes elementos:

Llave de selección de voltaje

Esta llave de selección de voltaje posee cuatro posiciones (0-AB-BC-CA) y permite ver el voltaje entre fases del TP en el instrumento de medición.

Filtro de armónico

El filtro de armónico no permite que las corrientes con componentes armónicos (3ro y 5to) penetren en los transformadores de potencial.

Instrumento analógico de medición del TP

Este instrumento es de tipo analógico y se utiliza para saber el voltaje entre fases del TP.

Indicador integral de posición del TP

Este instrumento brinda información a través de un esquema digital del estado del elemento en cuestión.

Llave de calefacción

Se utiliza para incorporar otra resistencia de calefacción cuando la humedad relativa dentro del interruptor es muy alta.

Llave de iluminación

Esta llave enciende una lámpara dentro del cubículo donde entra el interruptor, esto se utiliza cuando se realizan trabajos de mantenimiento.

Nota: La celda 12 que corresponde con el transformador de potencial de la sección de barra II tiene las mismas características.

Celda 2: Salida de Línea I.

En la siguiente figura 4 se muestra el esquema de control y señalización de un interruptor de línea.



Fig. 4. Foto del sistema de control y señalización de un interruptor de línea.

Esta celda tiene en el sistema de control y señalización los siguientes elementos:

Relé de Sobrecorriente P141

Es el encargado de localizar las fallas en su línea correspondiente y enviar disparo al interruptor.

Bloque de prueba de voltaje y corriente del P141

Se utiliza para realizarles pruebas a través de él a las bobinas de protecciones del TC y al relé.

Indicador integral de posición del interruptor

Brinda información del estado en que se encuentran los contactos de línea y de barra asociados al interruptor, así como el desconectivo de tierra que mira hacia la línea y el estado del muelle del interruptor, fases energizadas y el estado (manual o automático) de la resistencia de calefacción.

Instrumento de medición ION 7330 del interruptor de línea

Brinda información sobre la energía que está consumiendo la línea correspondiente a dicho interruptor (en la S/E se toma lectura cada una hora).

Bloque de prueba de voltaje y corriente del Instrumento de medición

Se utiliza para realizarle pruebas a través de él a las bobinas de medición del TC y al instrumento de medición.

Lámpara de señalización de Disparo

Esta lámpara de señalización siempre está apagada y se enciende en cuanto ocurre un disparo del interruptor correspondiente, permaneciendo encendida hasta que el operador la apague.

Llave de Régimen (local/remoto)

Esta llave posee dos posiciones (local/remoto) y establece el modo en que se opera el interruptor. En condiciones normales de trabajo debe estar en posición remoto.

Llave de mando (abrir/cerrar)

Se utiliza para la apertura o cierre del interruptor correspondiente de forma manual, para poder realizar esta acción la llave de régimen se debe colocar en posición local.

Botón de reset

Se usa para apagar la lámpara de señalización de disparo.

Llave de calefacción

Se utiliza para incorporar otra resistencia de calefacción cuando la humedad relativa dentro del interruptor es muy alta.

Llave de iluminación

Esta llave enciende una lámpara dentro del cubículo donde entra el interruptor, esto se utiliza cuando se realizan trabajos de mantenimiento.

Nota: Todas las celdas correspondientes a las líneas tienen los mismos elementos en el sistema de control y señalización correspondientes.

Celda 5: Interruptor totalizador T1

En la siguiente figura (5) se muestra el sistema de control y señalización del totalizador T1.



Fig. 5. Foto del sistema de control y señalización del totalizador T1

Esta celda tiene en el sistema de control y señalización los siguientes elementos:

Indicador Integral de posición del interruptor totalizador T1

Brinda información del estado en que se encuentran los contactos de línea y de barra asociados al interruptor, así como el desconectivo de tierra que mira hacia la línea y el estado del muelle del interruptor, fases energizadas y el estado (manual o automático) de la resistencia de calefacción.

Instrumento de Medición ION 7350 del interruptor totalizador T1

Brinda información sobre el voltaje por fase, corriente por fase, frecuencia en la barra y la energía total que están consumiendo las líneas correspondientes a la barra asociada a este totalizador (en la S/E se toma lectura cada una hora).

Llave de calefacción

Se utiliza para incorporar otra resistencia de calefacción cuando la humedad relativa dentro del interruptor es muy alta.

Llave de iluminación

Esta llave enciende una lámpara dentro del cubículo donde entra el interruptor, este se utiliza cuando se realizan trabajos de mantenimiento.

Lámpara de señalización de Disparo

Esta lámpara de señalización siempre está apagada y se enciende en cuanto ocurre un disparo del interruptor correspondiente, permaneciendo encendida hasta que el operador la apague.

Botón de reset

Se usa para apagar la lámpara de señalización de disparo.

Llave de Régimen (local/remoto)

Esta llave posee dos posiciones (local/remoto) y establece el modo en que se opera el interruptor. En condiciones normales de trabajo debe estar en posición remoto.

Llave de mando (abrir/cerrar)

Se utiliza para la apertura o cierre del interruptor correspondiente de forma manual, para poder realizar esta acción la llave de régimen se debe colocar en posición local.

Naclaca de disparo por sobrecorriente

Bloquea el disparo de la protección de sobrecorriente, normalmente se encuentra cerrada.

Nota: La celda 8 tiene las mismas características excepto por el Instrumento de Medición ION 7650 del interruptor totalizador T2

Instrumento de Medición ION 7650 del interruptor totalizador T2

A diferencia del ION 7350 del totalizador T1 este es un poco más grande y brinda más facilidades de información, así como diagramas fasoriales de corriente y voltaje.

Celda 6: Enlace de Barras.

El enlace de barras es un interruptor que une ambas barras de 34,5 kV, en la figura 6 se muestra el sistema de control y señalización del mismo.



Fig. 6. Foto del sistema de control y señalización del enlace de barras.

Esta celda tiene en el sistema de control y señalización los siguientes elementos:

Relé de Sobrecorriente P143

Es el encargado de localizar las fallas por sobrecorriente en las barras I y II de 34,5 kV y manda disparo al interruptor de enlace, además sirve como protección de respaldo a todas las líneas.

Bloque de prueba de voltaje y corriente del Instrumento de medición

Se utiliza para realizarle pruebas a través de él a las bobinas de medición del TC y al instrumento de medición.

Bloque de prueba de voltaje y corriente del P143

Se utiliza para realizarles pruebas a través de él a las bobinas de protecciones del TC y al relé.

Indicador integral de posición del interruptor de enlace

Brinda información del estado en que se encuentran los contactos de línea y de barra asociados al interruptor, así como el desconectivo de tierra que mira hacia la línea y el estado del muelle del interruptor, fases energizadas y el estado (manual o automático) de la resistencia de calefacción.

Llave de calefacción

Se utiliza para incorporar otra resistencia de calefacción cuando la humedad relativa dentro del interruptor es muy alta.

Llave de iluminación

Esta llave enciende una lámpara dentro del cubículo donde entra el interruptor, esto se utiliza cuando se realizan trabajos de mantenimiento.

Llave de Régimen (local/remoto)

Esta llave posee dos posiciones (local/remoto) y establece el modo en que se opera el interruptor. En condiciones normales de trabajo debe estar en posición remoto.

Llave de mando (abrir/cerrar)

Se utiliza para la apertura o cierre del interruptor correspondiente de forma manual, para poder realizar esta acción la llave de régimen se debe colocar en posición local.

Lámpara de señalización de Disparo

Esta lámpara de señalización siempre está apagada y se enciende en cuanto ocurre un disparo del interruptor correspondiente, permaneciendo encendida hasta que el operador la apague.

Botón de reset

Se usa para apagar la lámpara de señalización de disparo.

Naclaca de disparo por sobrecorriente

Bloquea el disparo de la protección de sobrecorriente, normalmente se encuentra cerrada.

Naclaca de disparo por protección especial de Barra I

Bloquea el disparo de la protección especial de barra I

Naclaca de disparo por protección especial de Barra II

Bloquea el disparo de la protección especial de barra II

Celda 7: Acople de Barras



Fig. 7. Foto del sistema de señalización del acople de barras

Esta celda tiene en el sistema de señalización los siguientes elementos:

Indicador integral de posición del TP

Este instrumento brinda información a través de un esquema digital del estado del elemento en cuestión.

Llave de calefacción

Se utiliza para incorporar otra resistencia de calefacción cuando la humedad relativa dentro del interruptor es muy alta.

Llave de iluminación

Esta llave enciende una lámpara dentro del cubículo donde entra el interruptor, esto se utiliza cuando se realizan trabajos de mantenimiento.

2.2.2 Características de las protecciones que operan en la parte de 34,5 kV

Relé MICOM P141 (Protección de sobrecorriente)

En cada uno de los interruptores de línea existe un relé P141 (figura 8) destinado para la protección de las líneas de 34,5 kV, principalmente para fallas entre fases y fase a tierra, con funciones 50/51; 50G/51G y un recierre automático (79) para fallas transitorias en las líneas.

Cuenta con una serie de botones en la parte frontal para acceder a toda la información que brinda éste, además posee 12 LEDS lumínicos, cuatro a la izquierda que nos informan del estado del relé y ocho a la derecha que nos indican los detalles de sus operaciones contra fallas en la red, todos están debidamente rotulados.



Fig. 8. Foto del Relé de sobrecorriente P141

Funciones en servicio del Relé MICOM P141

1. Sobrecorriente
2. Sobrecorriente de fase
3. Sobrecorriente de tierra
4. Protección especial de barra (PEB)
5. UROV
6. Supervisión
7. Localización de falla

Los cuatro LEDS de la izquierda indican:

- LED 1: *Trip.* Ha operado la protección
- LED 2: *Alarm.* Ha ocurrido una falla en la red
- LED 3: *Out of service.* Fuera de servicio el relé
- LED 4: *Healthy.* El relé está listo para trabajar

Los ocho LEDS de la derecha indican:

- LED 1: Rojo Reset los LEDS
- LED 2: Rojo Disparo por sobrecorriente 51 I>>1, I>2
- LED 3: Rojo Reserva
- LED 4: Rojo Disparo por sobrecorriente 51G I>>1, I>2
- LED 5: Rojo Generar oscilografía
- LED 6: Rojo Operación del recierre (79)
- LED 7: Rojo Interruptor listo
- LED 8: Rojo Recierre (79) bloqueado

Entradas binarias:

- | | | | |
|------|-------------------|------|--------------------------|
| EB:1 | Posición local | EB:5 | Baja presión de SF6 |
| EB:2 | Muelle descargado | EB:6 | Int. Posición de prueba |
| EB:3 | Int. Abierto | EB:7 | Int. Posición de trabajo |
| EB:4 | Int. Cerrado | EB:8 | Desc tierra cerrado |

Relé de salidas:

SB:1	Bloq protección transf	SB:5	Reserva
SB:2	Bloq protección PEB	SB:6	Cierre remoto
SB:3	Disp del Int.	SB:7	Apertura remoto
SB:4	Recierre		

Relé MICOM P143 (Protección de sobrecorriente)

Es la protección principal del enlace de barras para fallas por sobrecorrientes y a su vez actúa como protección de respaldo de las líneas. Ante una falla en alguna de las líneas, si la protección principal de la línea fallada no actúa, esta abre el interruptor de enlace para aislar las barras.

Como se muestra en la figura 9, cuenta con una serie de botones en la parte frontal para acceder a toda la información que brinda éste, además posee 12 LEDS lumínicos, cuatro a la izquierda que nos informan del estado del relé y ocho a la derecha que nos indican los detalles de sus operaciones contra fallas en la red, todos están debidamente rotulados.



Fig.9. Foto del Relé de sobrecorriente P143

Funciones en servicio del Relé MICOM P143

1. Sobrecorriente
2. Sobrecorriente de fase
3. Sobrecorriente de tierra
4. RAS
5. Protección especial de barra (PEB)
6. UROV
7. Supervisión
8. Localización de falla

Los cuatro LEDS de la izquierda tienen la misma simbología y funcionalidad que las del Relé MICOM P141

Los ocho LEDS de la derecha indican:

- | | |
|-------------|---------------------------|
| LED 1: Rojo | Disparo del enlace PEB |
| LED 2: Rojo | RAS Disparo de la barra 1 |
| LED 3: Rojo | RAS Disparo de la barra 2 |
| LED 4: Rojo | Muelle cargado |
| LED 5: Rojo | Cierre del enlace por RAS |
| LED 6: Rojo | Disp. totalizador 1 PEB |
| LED 7: Rojo | Disp. totalizador 2 PEB |
| LED 8: Rojo | Reset los LEDS |

Entradas binarias:

EB:1	Posición local	EB:9	Reserva
EB:2	Muelle descargado	EB:10	Bloq de la RAS línea 2
EB:3	Int. Abierto	EB:11	Reserva
EB:4	Int. Cerrado	EB:12	Línea 1 Int. Cerrado
EB:5	Baja presión de SF6	EB:13	Línea 1 Int. Abierto
EB:6	Int. Posición de prueba	EB:14	Línea 2 Int. Cerrado
EB:7	Int. Posición de trabajo	EB:15	Línea 2 Int. Abierto
EB:8	Bloq de la RAS línea 1	EB:16	Reserva

Relé de salidas:

SB:1	Reserva	SB:8	Disp RAS línea 1
SB:2	Reserva	SB:9	Disp RAS línea 2
SB:3	Disparo enlace barra	SB:10	Disp PEB barra 1
SB:4	Cierre de RAS	SB:11	Disp PEB barra 2
SB:5	Reserva	SB:12	Reserva
SB:6	Cierre remoto	SB:13	Reserva
SB:7	Apertura remoto	SB:14	Generar oscilografía

Protección especial de barras (PEB)

Esta protección se encuentra en los totalizadores y actúa para fallas en las barras de 34,5 kV, también sirve como respaldo ya que arranca con el escalón más lento de la protección de línea, en caso de una falla en una línea si las protecciones correspondientes no operan y la falla persiste, entonces esta interpreta que la falla es en barra enviando disparo al enlace y luego al totalizador correspondiente a la barra de la línea donde ocurrió la falla, barriendo con los circuitos correspondientes y dejando esa barra fría. Esta es una protección hecha a base de lógica y tiempo entre los relés que interviene.

2.2.3 Descripción del esquema eléctrico

A continuación se muestra el esquema eléctrico de todas las celdas de 34,5 kV y la leyenda que relaciona a todos los elementos del mismo.

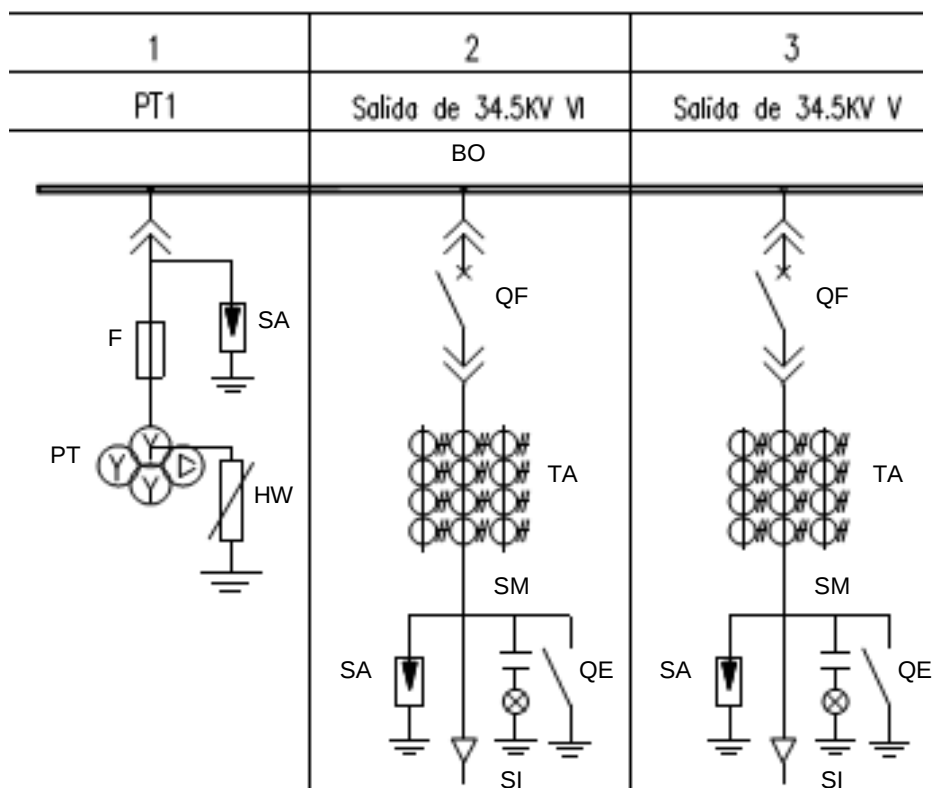


Fig.10. Esquema eléctrico de las celdas 1,2 y 3 de 34,5 kV

Leyenda

BO -Barra de Operación

QF - Interruptor

TA -Transformador de Corriente

QE -Desconectivo de Tierra

F -Fusible de alta Tensión

PT -Transformador de Potencial

SA -Pararrayos

SM -Monitor de Sobretensión

SI -Indicador de Estado

HW -Supresor de Armónicos

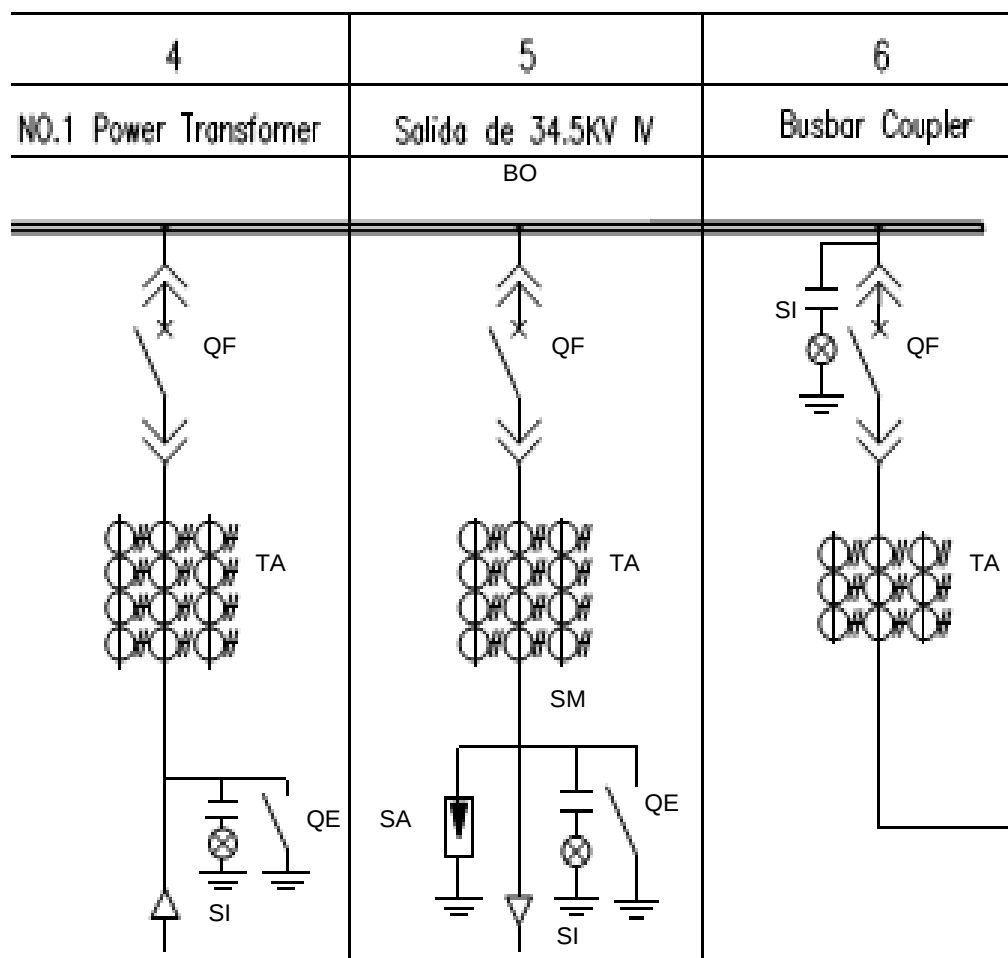


Fig.11. Esquema eléctrico de las celdas 4, 5 y 6 de 34,5 kV

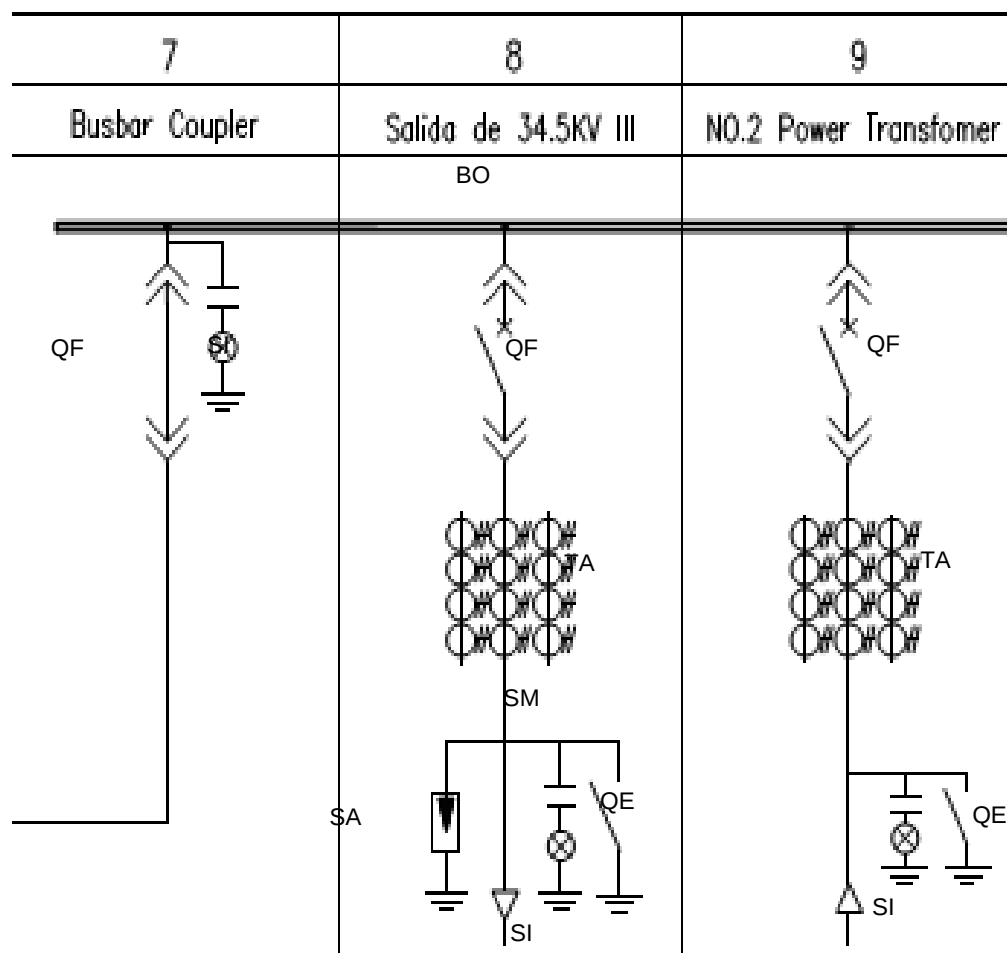


Fig.12. Esquema eléctrico de las celdas 7, 8 y 9 de 34,5 kV

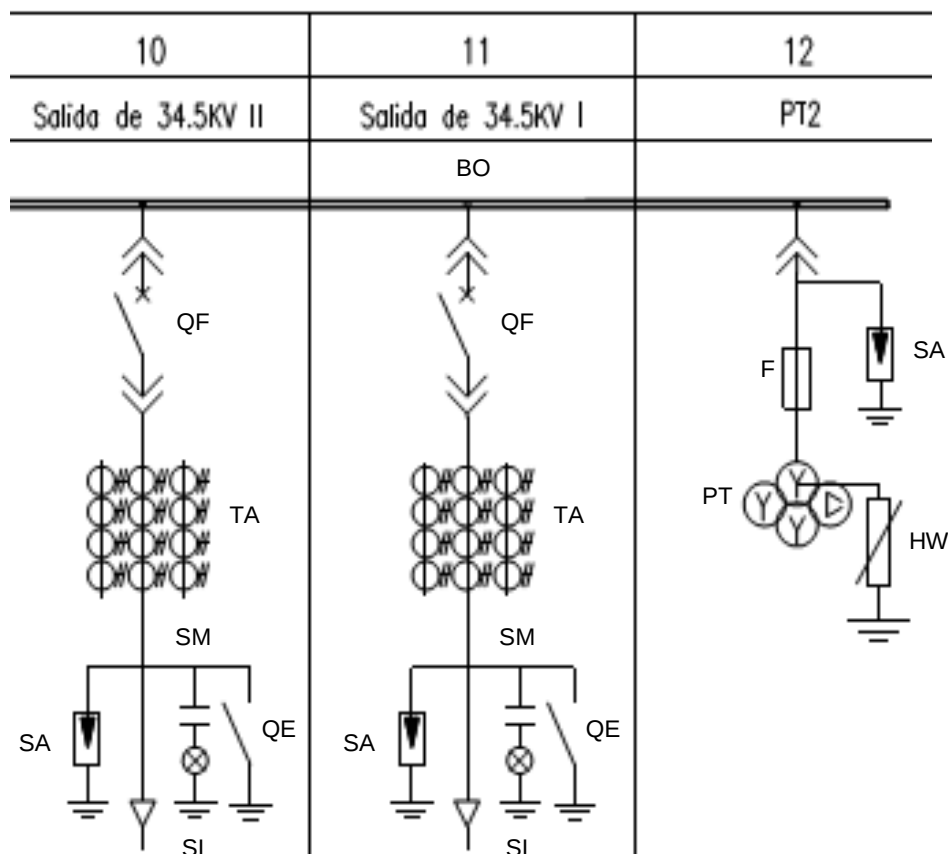


Fig.13. Esquema eléctrico de las celdas 10,11y 12 de 34,5 kV

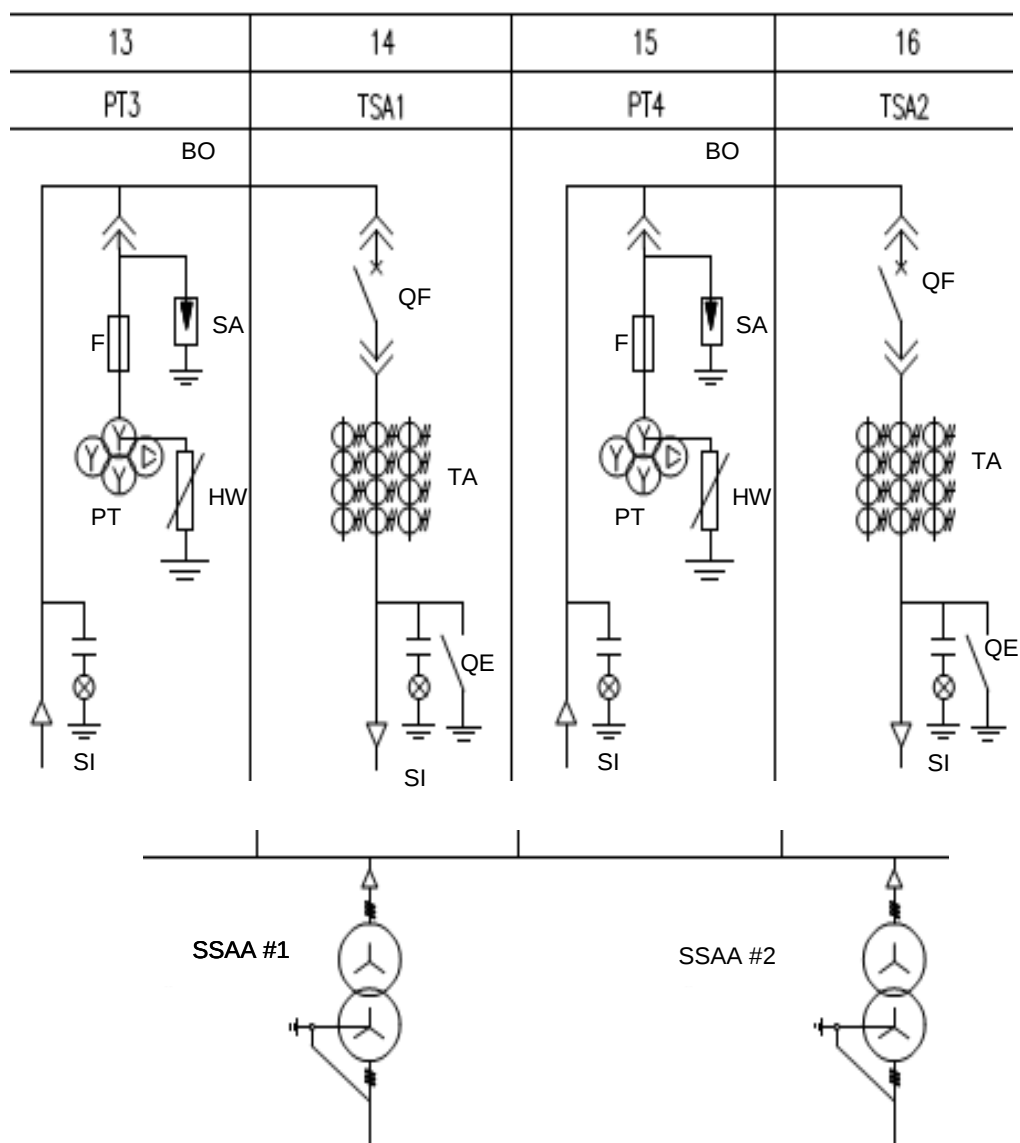


Fig.14. Esquema eléctrico de las celdas 13, 14,15 y16 de 34,5 kV

Nota: La leyenda de la figura 10 es la misma para las figuras 11, 12, 13 y 14

CAPITULO III. Instrucción para la operación de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV en condiciones normales de trabajo o en caso de fallas.

3.1 Interruptores tipo celdas de 34,5 kV

El interruptor está montado sobre una base con ruedas que permite su extracción y no tiene desconectivos de entrada y salida, está soportado por rosetas de contacto. El mecanismo de extracción del interruptor hace que las cortinas se cierren y no permitan que el personal tenga acceso a las barras. El interruptor posee un sistema mecánico que tiene tres posiciones (A-B-C) y donde se coloca una palanca para su operación, cuando el interruptor está en posición de trabajo el mecanismo está en la posición A.

Estos interruptores extraíbles constituyen límites de vía libre, por tanto cuando se dé vía libre en alguna línea, el interruptor correspondiente después de abierto debe ser puesto fuera de su celda (posición de prueba) y sellado con tarjeta de alto.

3.1.1 Posición de prueba

Después de abierto el interruptor, ya sea de forma local o remota y comprobado abierto visualmente, se debe colocar la palanca correspondiente en el sistema mecánico y pasarlo a la posición B, de esta forma se libera el interruptor permitiendo su extracción, el operador lo sacará hasta la posición de prueba y luego pondrá el sistema mecánico en la posición C, de esta forma se bloquea para que no se mueva.

3.1.2 Para el mantenimiento

Para extraer el interruptor fuera de la celda para mantenimiento, luego de abierto el interruptor ya sea de forma local o remoto y comprobado abierto visualmente, se debe colocar el sistema mecánico en la posición B que libera al interruptor y proceder a sacarlo de la celda completamente.

3.1.3 Posición de trabajo

Para poner el interruptor en la posición de trabajo se debe pasar el sistema mecánico de la posición C a la B, de esta forma se libera el interruptor para empujarlo hasta la posición de trabajo, una vez dentro se debe pasar el sistema mecánico de la posición B a la A para que así quede listo el interruptor para el cierre, una vez en esta posición el cierre del interruptor se puede lograr con la llave de mando que está en el propio interruptor o desde la sala de control. El estado del interruptor se puede verificar por las agujas mecánicas que se encuentran en el armario hermético o a través del indicador integral de posición del interruptor.

Cuando tenemos problema para cargar el muelle con el motor, esto se puede realizar mediante una palanca. Esta palanca se acciona hasta que se siente su tope final, de esta forma se puede preparar el interruptor para su funcionamiento.

3.2 Funcionamiento de los interruptores

Estos interruptores realizan la apertura de sus contactos por la acción de un muelle de presión, el mismo se carga a través de un motor de CA 220 V con reductor y cadena que se encuentra dentro de un armario hermético en la parte inferior del interruptor. Cada vez que el interruptor realiza una apertura el motor carga el muelle y lo prepara para la próxima apertura.

En caso de que el motor presente algún problema (eléctrico/mecánico), en la figura 15 se muestra la parte frontal del armario hermético hay un mecanismo de operación manual, que permite cargar el muelle mediante una palanca, además posee una llave de mando (abrir/cerrar) y agujas de señalización que indican la posición del muelle (cargado/descargado) y del interruptor (abierto/cerrado).



Fig. 15. Foto de la parte frontal del armario hermético donde se encuentra el mecanismo de operación manual

3.2.1 Operación manual del accionamiento del interruptor

Esta se realiza con la palanca desmontable introducida en la ranura del árbol con la siguiente secuencia:

- Colocar la palanca de operación en la ranura del árbol y empujando, de esta forma se presiona un botón que abrirá el circuito de alimentación del motor eléctrico.
- Girando la palanca se realiza la operación de cargar el muelle del interruptor, una vez concluido se extrae la palanca y se hace girar la llave hacia la posición que se quiera ejecutar (abrir/cerrar).

3.3 Condiciones de operación

3.3.1 Condiciones normales de trabajo

Para las condiciones normales de operación se debe:

- Tomar lectura cada 1 hora mediante los instrumentos de medición (ION 7330) de la energía entregada a cada circuito a través de los interruptores (O – 560, O – 565, O – 570, O – 585, O – 590). Ver el *anexo # 2 el Monolineal de 34,5 kV*.

- Chequear en el control numérico el estado de los interruptores y mantener los valores de voltaje dentro de los parámetros establecidos (34 – 34,5 kV).
- Informar al Despacho Eléctrico de Holguín cualquier variación de los parámetros eléctricos.

3.3.2 Condición de apertura o cierre del interruptor

La apertura o cierre de los interruptores de líneas se puede realizar de forma remota desde la sala de control a través del control numérico o de forma local desde el esquema de control y señalización en el propio interruptor.

3.3.3 Condición de operación remota

En condiciones normales de operación la llave de régimen (local/remoto) siempre estará en posición remoto, en esta condición la operación solo es posible desde la sala de control a través del control numérico.

3.3.4 Condición de operación local

Se coloca la llave de régimen DS101 (local/remoto) en posición local, en esta condición la operación solo es posible mediante la llave de mando DS102 (abrir/cerrar). Al conmutar esta llave se realiza la operación de apertura o cierre.

En el caso de que se opere algún interruptor de forma local, al conmutar la llave de régimen a la posición local, esta bloquea el recierre (79) del mismo por lo que se debe de volver a la posición de remoto una vez terminada la manipulación.

3.3.5 Condiciones de fallas o defectos

Disparo del interruptor

Al ocurrir una falla en la línea operará la protección principal del elemento fallado en primer lugar, si no lo hace entonces lo hará la protección de respaldo. En todos los casos habrá señalización visual y sonora en el control numérico y en el esquema de control y señalización del interruptor. El operador observará en el relé cuales LEDS están encendidos y tomará nota de ello, luego oprimimos consecutivamente el botón marcado con un **libro** para acceder a

toda la información asociada a la falla y al final oprimimos el botón denominado **C** para borrar las señalizaciones. Es necesario tomar nota de toda la información posible antes de resetear todas las señales, apagar la lámpara de disparo del interruptor y luego se informará al despacho correspondiente sobre lo ocurrido y se anotará en el libro de incidencias la hora de ocurrido el evento.

Defecto del interruptor (eléctrico/mecánico)

Al presentarse algún defecto del interruptor o régimen de trabajo anormal, será detectado por el control numérico y entonces el operador deberá:

- Borrar la alarma sonora (control numérico)
- Anotar toda la información que brinda el relé relacionada con el defecto
- Resetear el relé
- Informar al despacho correspondiente
- Anotarlo en el libro de defectos
- Informarlo al jefe de la S/E

Defecto del interruptor (SF6)

Debido a que el interruptor emplea el SF6 como medio de extinción del arco eléctrico, cualquier falla relacionada con este provoca alarma que será detectada por el relé procediendo a señalizar, la fuga de SF6 bloquea automáticamente al interruptor dejándolo rígido, es decir que no puede realizar apertura o cierre, por lo que es muy importante accionar urgente en este caso. El operador deberá:

- Borrar la alarma sonora (control numérico)
- Anotar toda la información que brinda el relé relacionada con el defecto
- Resetear el relé
- Informar al despacho correspondiente
- Anotarlo en el libro de defectos
- Informarlo al jefe de la S/E

Defecto del interruptor (CD – corriente operativa o protecciones)

En este caso el operador deberá:

- Borrar la alarma sonora (control numérico)
- Anotar toda la información que brinda el relé relacionada con el defecto
- Resetear el relé
- Informar al despacho correspondiente
- Anotarlo en el libro de defectos
- Informarlo al jefe de la S/E

3.4 Instrucción de operación de los interruptores de 34,5 kV

3.4.1 Para la aplicabilidad de la instrucción se establecen los responsables por áreas:

- Elaborado por: Operador – S/E GIS MOA
- Revisado por: Esp. B Protecciones Eléctricas – S/E GIS MOA

Jefe de la S/E GIS MOA

- Aprobado por: Especialista Principal en Protecciones Eléctricas UEB Holguín.

3.4.2 Los objetivos a cumplir por la instrucción son:

- Describir las características tecnológicas de los interruptores.
- Establecer las instrucciones para la operación de los mismos.

3.4.3 El personal que se relaciona con la instrucción:

Es aplicable a todo el personal que participa en la operación, el mantenimiento y la reparación de averías en los interruptores tipo celdas de 34,5 kV, especialmente a los operadores y el personal de brigada autorizados a tales efectos.

3.4.4 La información o manuales a consultar para la elaboración de la instrucción son:

- Procedimiento general para el Control de Documentos.

- Control de Documentos del Sistema de Gestión.
- Procedimiento de Operación del SEN (RS-373).

3.4.5 Se debe definir el glosario de términos como:

- SEN: Sistema Electroenergético Nacional.
- Breaker: Interruptor automático.
- TC: Transformador de Corriente.
- TP: Transformador de Potencial.
- LED: Bombillos indicadores.
- Operador: Personal capacitado, autorizado y responsabilizado con las operaciones y manipulaciones en la subestación durante su turno de trabajo.

3.4.6 El nivel de responsabilidad de los especialistas por áreas:

- El Especialista Principal en Protecciones Eléctricas UEB Holguín es el responsable de aprobar esta instrucción.
- El jefe de la S/E es responsable de su implantación y de su actualización.
- El Despachador del SEN es responsable de exigir que se cumplan las instrucciones para la operación de la instalación.
- Los operadores de la subestación y cualquier otro personal previamente autorizado por el Despacho a acceder y/o trabajar en la nave de 34,5 kV tiene la responsabilidad de cumplir lo establecido en la presente instrucción.

3.5 Localización y estructura de la nave de 34,5 kV

El edificio de 34,5 kV se localiza a la izquierda de la S/E, dentro de este se encuentran los interruptores tipo celdas de 34,5 kV que distribuyen la energía a una amplia zona residencial del municipio, estos a su vez se alimentan de los transformadores (T1 y T2) de 110/34,5 kV. En la parte de afuera del edificio hay dos transformadores de servicios auxiliares (uso de planta) de 34,5/0,22 kV para el alumbrado y la automática de la sala de control, la alimentación de los

interruptores de los transformadores de uso de planta viene de los devanados de 34,5 kV de los autotransformadores (AT1 y AT2) de 220/110/34,5 kV.

En la sala de control se encuentran los paneles de mando y protección de los transformadores (T1 y T2) de 110/34,5 kV en los cuales están las llaves de régimen y mando de los interruptores totalizadores de 34,5 kV y sus relés de sobrecorriente P141 asociados. Desde la sala de control también se pueden realizar las operaciones de apertura y cierre de los demás interruptores de 34,5 kV y tener referencia de los valores de voltaje (v), corriente (i), frecuencia (f), potencia activa (p) y potencia reactiva (q) a través del control numérico.

3.6 Características tecnológicas de los interruptores

Sistema de barras:

Posee dos Barras simples de cobre con capacidad conductora de 1250 A, Ø63*4 mm², que se unen a través del interruptor de enlace.

Interruptores de línea O – 560, O – 565, O – 570, O – 585, O - 590:

Son interruptores extraíbles del tipo Celda DNF7 - 40,5 kV con SF-6 de fabricación China, su corriente nominal es de 1250 Amperes, y corriente de cortocircuito 25 kA, disponen de accionamiento eléctrico local en su gabinete y remoto desde la sala de control. Estos interruptores tienen dos posiciones dentro de su celda (posición de trabajo y posición de prueba).

Interruptores totalizadores O – 575 y O – 580:

Son interruptores extraíbles del tipo Celda DNF7 - 40,5 kV con SF-6 de fabricación China, su corriente nominal es de 1250 Amperes, y corriente de cortocircuito 25 kA, disponen de accionamiento eléctrico local desde el propio interruptor y remoto desde el local de paneles de protección y de la sala de

control. Estos interruptores tienen dos posiciones dentro de su celda (posición de trabajo y posición de prueba).

Interruptor de enlace de barras O – 578:

Son interruptores extraíbles del tipo Celda DNF7 - 40,5 kV con SF-6 de fabricación China, su corriente nominal es de 1250 Amperes, y corriente de cortocircuito 25 kA, disponen de accionamiento eléctrico local en su gabinete y remoto desde la sala de control. Estos interruptores tienen dos posiciones dentro de su celda (posición de trabajo y posición de prueba).

Transformadores de corriente:

Son del tipo LZZB9-35D 300-600/5 A 5P20/5P20/0,5/0,2S 15/15/15/15VA (fases A, B, C) y se encuentran en cada uno de los interruptores de línea, totalizadores y en los interruptores de los transformadores de servicios auxiliares.

Transformadores de potencial:

Son del tipo JDZX9-35R 34,5 $\sqrt{3}$ /0,1 $\sqrt{3}$ /0,1 kV 0,2/0,5/3P 40/30/100 VA (fases A, B, C) y se encuentran uno en cada barra de 34,5 kV, tienen tres devanados secundarios, uno de los cuales es clase de precisión 0,5 y está destinado para la conexión de los instrumentos de medición, los restantes devanados se usan para conectar los dispositivos de protección por relés y automática.

Pararrayos:

Son del tipo YH10WZ-30/90 (fases A, B, C), posee un juego de pararrayos en las líneas, TP de barras y enlace de barras para la protección de sobrevoltajes provocados por descargas atmosféricas.

Fusible de Alta Tensión:

Son del tipo XRNP1-35, 0,5 A (fases A, B, C) y se ubican en los TP de barras.

Desconectivos de puesta a tierra O – 561-T, O – 566-T, O – 571-T, O – 576-T, O – 581-T, O – 586-T, O – 591-T :

Estos desconectivos están ubicados en la parte trasera de los interruptores, son del tipo JN-35/WQ de operación tripolar conjunta y solo tienen la posibilidad de conexión manual mediante una palanca, existe un bloqueo que debe ser quitado mediante la presión del botón mecánico de bloqueo (siempre debe de estar cerrada la puerta del mecanismo) para poder poner la palanca, solo se puede conectar la tierra cuando se ha abierto y puesto fuera de su celda (posición de prueba) el interruptor correspondiente. Aquí se utilizan los contactos auxiliares para la señalización en el panel de mando.

Conclusiones

- Se analizó la Resolución Ministerial 373 que establece el procedimiento de operación del Sistema Energético Nacional para indagar en los elementos relacionados con nuestro objeto de estudio, constatándose que en las regulaciones no están explícitamente explicadas las condiciones y pasos a seguir para la operación de los interruptores de 34,5 kV.
- Se realizó la caracterización de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV describiendo la funcionalidad de sus accesorios, protecciones, esquema de control y señalización, estudio que permitió una mejor identificación de los aspectos a seguir para elaborar la instrucción.
- Se elaboró la instrucción para la operación de los interruptores tipo celdas de 34,5 kV de la subestación Moa 220 kV estableciéndose las condiciones y los pasos que garantizan la correcta manipulación de estos por parte de los operadores en régimen normal de trabajo o en caso de fallas.

Recomendaciones

1. Se recomienda que se tome la instrucción como base de estudio y de análisis para la elaboración de instructivos que permitan la elaboración de otras instrucciones de operación para la explotación de equipos de protección de la subestación Moa 220 kV.
2. Se utilice la instrucción para la capacitación del personal de la subestación que está encargado de la operación de los interruptores.

Referencias bibliográficas

1. Pérez Carretero, I. Modelado y Comparativa Técnico – Económica de Subestaciones. Proyecto de Investigación. Madrid. 2007.
2. ABBCO4. Curso de introducción al diseño de Subestaciones Eléctricas. España. 2006.
3. Sosa Escalada, J. Subestaciones Eléctricas de alta tensión aisladas por Gas. Octubre. 2005.
4. Cuascuas Gutiérrez, J H. Simulación de interruptores de potencia con gas en ATP Draw. Tesis de Grado. México. 2010.
5. Arquitectura y montaje de subestaciones aisladas por Hexafloruro de Azufre, presentación GIS. Instituto Politécnico Nacional. 2008
6. Comisión Federal de Electricidad. Subdirección de transmisión y transformación. Manual de interruptores de potencia. 2005.
7. Torres Breffe, O, E. Protecciones Eléctricas. Conferencia. Universidad de Camagüey. 2002.
8. Resolución Ministerial RS-373. Procedimiento de operación del Sistema Electroenergético Nacional.

Anexos

Anexo # 1. Características específicas de los elementos que componen las celdas de 34,5 kV.

Sección de Barra I

Componente según orden de Instalación en la Celda	Celda 1	Celda 2	Celda 3
	Transformadores de Potencial Sección de Barras I	Salida de Línea VI	Salida de Línea V
Barra de Operación	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²
Interruptor	-----	FP34,5 1250 A 25 kA	FP34,5 1250 A 25 kA
Transformador de Corriente	-----	LZZB9-35D 300-600/5 A 5P20/5P20/0,5/0,2S 15/15/15/15VA (fases A, B, C)	LZZB9-35D 300-600/5 A 5P20/5P20/0,5/0,2S 15/15/15/15VA (fases A, B, C)
Desconectivos de Tierra	-----	JN-35/WQ	JN-35/WQ
Transformador de Potencial	JDZX9-35R 34,5√3/0,1√3/0,1 kV 0,2/0,5/3P 40/30/100 VA (fases A, B, C)	-----	-----
Fusible de Alta Tensión	XRNP1-35, 0,5 A (fases A, B, C)	-----	-----
Pararrayos	YH10WZ-30/90 (fases A, B, C)	YH10WZ-30/90 (fases A, B, C)	YH10WZ-30/90 (fases A, B, C)
Monitor de Sobretenión	JCQ3C-Y1 (fases A, B, C)	JCQ3C-Y1 (fases A, B, C)	JCQ3C-Y1 (fases A, B, C)
Indicador de Posición	-----	DXN8B	DXN8B
Supresor de Armónicos	LXQIV-35 (fase B)	-----	-----
Conductor	-----	3x(YJLSV-26/35-1*240mm ²)	3x(YJLSV-26/35-1*240mm ²)

Componente según orden de Instalación en la Celda	Celda 4	Celda 5	Celda 6
	Transformador T1	Salida de Línea IV	Enlace de Barras
Barra de Operación	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²
Interruptor	FP34,5 1250 A 25 kA	FP34,5 1250 A 25 kA	FP34,5 1250 A 25 kA
Transformador de Corriente	LZZB9-35D 300-600/5 A 5P20/5P20/0,5/0,2 S 15/15/15/15VA (fases A, B, C)	LZZB9-35D 300-600/5 A 5P20/5P20/0,5/0,2 S 15/15/15/15VA (fases A, B, C)	LZZB9-35DG 300-600/5 A 5P20/5P20/0,5S 15/15/15VA (fases A, B, C)
Desconectivos de Tierra	JN-35/WQ	JN-35/WQ	-----
Transformador de Potencial	-----	-----	-----
Fusible de Alta Tensión	-----	-----	-----
Pararrayos	-----	YH10WZ-30/90 (fases A, B, C)	-----
Monitor de Sobretenión	-----	JCQ3C-Y1 (fases A, B, C)	-----
Indicador de Posición	-----	DXN8B	DXN8B
Supresor de Armónicos	-----	-----	-----
Conductor	3x(YJLSV-26/35-1*300mm ²)	3x(YJLSV-26/35-1*240mm ²)	-----

Sección de Barra II

Componente según orden de Instalación en la Celda	Celda 7	Celda 8	Celda 9
	Acople de Barras	Salida de Línea III	Transformador T2
Barra de Operación	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²
Interruptor	UTX34,5 1250 A 25 kA	FP34,5 1250 A 25 kA	FP34,5 1250 A 25 kA
Transformador de Corriente	-----	LZZB9-35D 300-600/5 A 5P20/5P20/0,5/ 0,2S 15/15/15/15VA (fases A, B, C)	LZZB9-35D 300-600/5 A 5P20/5P20/0,5/ 0,2S 15/15/15/15VA (fases A, B, C)
Desconectivos de Tierra	-----	JN-35/WQ	JN-35/WQ
Transformador de Potencial	-----	-----	-----
Fusible de Alta Tensión	-----	-----	-----
Pararrayos	-----	YH10WZ-30/90 (fases A, B, C)	-----
Monitor de Sobretenión	-----	JCQ3C-Y1 (fases A, B, C)	-----
Indicador de Posición	DXN8B	DXN8B	-----
Supresor de Armónicos	-----	-----	-----
Conductor	-----	3x(YJLSV- 26/35- 1*240mm ²)	3x(YJLSV- 26/35- 1*300mm ²)

Componente según orden de Instalación en la Celda	Celda 10	Celda 11	Celda 12
	Salida de Línea II	Salida de Línea I	Transformadores de Potencial Sección de Barras II
Barra de Operación	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²
Interruptor	FP34,5 1250 A 25 kA	FP34,5 1250 A 25 kA	-----
Transformador de Corriente	LZZB9-35D 300-600/5 A 5P20/5P20/0,5/0,2S 15/15/15/15VA (fases A, B, C)	LZZB9-35D 300-600/5 A 5P20/5P20/0,5/0,2S 15/15/15/15VA (fases A, B, C)	-----
Desconectivos de Tierra	JN-35/WQ	JN-35/WQ	-----
Transformador de Potencial	-----	-----	JDZX9-35R 34,5√3/0,1√3/0,1 kV 0,2/0,5/3P 40/30/100 VA (fases A, B, C)
Fusible de Alta Tensión	-----	-----	XRNP1-35, 0,5 A (fases A, B, C)
Pararrayos	YH10WZ-30/90 (fases A, B, C)	YH10WZ-30/90 (fases A, B, C)	YH10WZ-30/90 (fases A, B, C)
Monitor de Sobretensión	JCQ3C-Y1 (fases A, B, C)	JCQ3C-Y1 (fases A, B, C)	JCQ3C-Y1 (fases A, B, C)
Indicador de Posición	DXN8B	DXN8B	-----
Supresor de Armónicos	-----	-----	LXQIV-35 (fase B)
Conductor	3x(YJLSV-26/35-1*240mm ²)	3x(YJLSV-26/35-1*240mm ²)	-----

Sección de Barras Transformadores de Servicios Auxiliares

Componente según orden de Instalación en la Celda	Celda 13	Celda 14	Celda 15	Celda 16
	Transformadores de Potencial Barra de Servicios Auxiliares I	Transformador de Servicios Auxiliares I	Transformadores de Potencial Sección de Barras II	Transformador de Servicios Auxiliares II
Barra de Operación	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²	Simple Barra 1250 A, Ø63*4 mm ²
Interruptor	PT&LA	FP34,5 1250 A 25 kA	PT&LA	FP34,5 1250 A 25 kA
Transformador de Corriente	-----	LZZB9-35D 200/5 A 5P20/5P20/5 P20/ 0,5 15/15/15/15V A (fases A, B, C)	-----	LZZB9-35D 200/5 A 5P20/5P20/5 P20/ 0,5 15/15/15/15V A (fases A, B, C)
Desconectivos de Tierra	-----	JN-35/WQ	-----	JN-35/WQ
Transformador de Potencial	JDZX9-35R 34,5√3/0,1√3/0,1 kV 0,2/0,5/3P 40/30/100 VA (fases A, B, C)	-----	JDZX9-35R 34,5√3/0,1√3/0,1 kV 0,2/0,5/3P 40/30/100 VA (fases A, B, C)	-----
Fusible de Alta Tensión	XRNP1-35, 0,5 A (fases A, B, C)	-----	XRNP1-35, 0,5 A (fases A, B, C)	-----
Pararrayos	YH10WZ-30/90 (fases A, B, C)	-----	YH10WZ-30/90 (fases A, B, C)	-----
Monitor de Sobretensión	-----	-----	-----	-----
Indicador de Posición	DXN8B	DXN8B	DXN8B	DXN8B
Supresor de Armónicos	LXQIV-35 (fase B)	-----	LXQIV-35 (fase B)	-----
Conductor	3x(YJLSV-26/35-1*95mm ²)	3x(YJLSV-26/35-1*95mm ²)	3x(YJLSV-26/35-1*95mm ²)	3x(YJLSV-26/35-1*95mm ²)

Anexo # 2. Monolineal de 34,5 kV

