

Pruebas eléctricas y puestas en servicio del Equipo Encapsulado en gas SF6 del Patio de 69kV de la Subestación Salitral

Ivette Oñate Huayamabe¹, Gustavo Bermúdez Flores²
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
ivette_onate@hotmail.com¹, gbermude@espol.edu.ec²

Resumen

La implementación o ampliación de un patio de maniobras de una Subestación Eléctrica de Potencia es de vital importancia para el buen funcionamiento de la misma, ya que esta manera se puede tener información de los ajustes de los equipos de protección, el departamento de estudios de CELEC TRANSELECTRIC encontró la necesidad de implementar en la Subestación Salitral un patio de maniobras de 69KV. El motivo de la presente tesis es elaborar procedimientos para diversas pruebas de recepción previas a la puesta en marcha del patio de 69KV de la Subestación Salitral, el mismo que fue implementado con equipo encapsulado en SF6. La tesis está desarrollada en cinco partes, la primera es una descripción general de la Subestación Salitral, esto implica el patio de 138KV y la ampliación de la subestación a 69KV; en la segunda parte se describe el equipo de maniobra encapsulado con aislamiento en SF6 sus características así también los componentes del mismo, montaje y carga del gas SF6; en la tercera parte se desarrollan los procedimientos de las pruebas que fueron realizadas al equipo encapsulado con aislamiento en SF6, vale destacar que dichos procedimientos fueron desarrollados en base a las normas IEC e IEEE, así también se muestra una tabla guía con los criterios de aceptación para estas pruebas; la cuarta parte consta del análisis de los resultados que se obtuvieron en las pruebas de recepción; la quinta parte está dedicada a la puesta en servicio del equipo encapsulado en gas SF6, se muestra el procedimiento a seguir previo a la energización de una posición de línea.

Palabras claves: SF6, pruebas, comisionamiento, subestación, energización, ampliación.

Abstract

The implementation or expansion of a shunting yard of an Electric Power Substation is vital for the proper functioning of the same, because this way you can get information on the settings of protective equipment, the department of studies CELEC TRANSELECTRIC found the need to implement in a Salitral Substation 69kV maneuvers yard. The purpose of this thesis is to develop procedures for various testing pre-commissioning of yard 69KV Salitral Substation, the same team that was implemented with encapsulated SF6. The thesis is developed in five parts, the first is an overview of the substation Salitral, this implies the yard of 138kV and the extension of 69KV substation, the second part describes the maneuver equipment SF6 insulated encapsulated their features well its components, assembly and load gas SF6, the third part are developed testing procedures that were done to the team encapsulated SF6 insulated, it is worth noting that these procedures were developed based on IEC and IEEE and also show a guide table to the acceptance criteria for these tests, the fourth part consists of analysis of the results obtained in the acceptance tests, the fifth part is devoted to the commissioning of the equipment package SF6 and the procedure to be followed prior to the energization of a line position..

Keywords: SF6, testing, commissioning, substation, energizing, expanding.

1. Introducción

La implementación o ampliación de un patio de maniobras de una Subestación Eléctrica de Potencia es de gran importancia para el buen funcionamiento de la misma. El departamento de estudios de CELEC-TRANSELECTRIC encontró la necesidad de implementar en la Subestación Salitral un patio de maniobras de 69KV con aislamiento en Hexafloruro de Azufre (SF₆), esto es para transmitir la energía generada por las diversas centrales térmicas a nivel de 69000 voltios.

El medio aislante de los equipos de la subestación como ya fue mencionado con anterioridad es el SF₆, el cual debido a sus características dieléctricas, puede reducir hasta en un 80% del área que normalmente ocuparía una subestación convencional, lo cual permite que las distancias de seguridad entre equipos se reduzca considerablemente.

Tal es así que en la Subestación Salitral, once posiciones de bahías ocupan el área de lo que normalmente lo harían cuatro convencionales.

Para cumplir con el objetivo de la ampliación, se requiere de un proceso de diversas etapas tales como; montaje, pruebas funcionales, pruebas de comisionamiento y finalmente la puesta en servicio de la subestación.

El objetivo del presente trabajo es realizar un manual de procedimientos de pruebas eléctricas aplicables en el comisionamiento de una subestación con aislamiento en SF₆, basado en estándares internacionales como son IEC e IEEE.

La metodología aplicada en el desarrollo del mismo, se basó en la ejecución y elaboración del manual trabajando de esta manera paralelamente, siempre en base a los manuales de operación e instalación emitidos por el fabricante de los equipos eléctricos que conforman la subestación.

2. Descripción de la Subestación Salitral

La subestación salitral [1] [2] tiene dos niveles de voltaje, 69/138kV, en el lado de alta tiene cinco posiciones de bahía con aislamiento convencional y configuración de doble barra.

El lado de 69kV, está constituido por once posiciones con aislamiento en SF₆, a este tipo de subestaciones se las denomina GIS (Gas Insulated Switthgear), tiene una configuración de barra principal y barra de transferencia [3] con barraje trifásico, se interconecta con la central Gonzalo Zevallos que pertenece a Electroguayas, Electroquil y Categ.

Todos los equipos de patio están con aislamiento en SF₆, y los módulos de interrupción se encuentran dentro de una caseta hermética debidamente climatizada, esta

GIS de acuerdo a datos de fábrica fue construida según las normas IEC 62271-203 y IEEE C37

El lado de 69KV está protegido con protección diferencial (87), protección de sobrecorriente (51) protección por falla de breaker (50). El protocolo de comunicaciones utilizado es el IEC 61850.

2.1 Componentes de una GIS (Gas Insulated Switthgear).

Particularmente el patio de 69KV de la Subestación Salitral está compuesta por los siguientes componentes [3] (ver figura 1):

- Módulo de interruptor de potencia.
- Seccionador (barras y líneas).
- Seccionador de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra de trabajo.
- Transformador de corriente.
- Transformador de potencial.
- Juego de barras principales o colectoras.
- Compensadores.
- Módulos de empalme monofásicos.
- Terminal de conexión a línea aérea.
- Módulo de conexión de cable.
- Armario de mando local.



Figura 1. Módulos de una GIS.

3. Pruebas de Recepción realizadas al Equipo Encapsulado en Gas SF₆.

Las diversas pruebas [4] tienen como finalidad la comprobación del cumplimiento de los requisitos especificados, para cada uno de los componentes y su conjunto. Siendo estas de gran importancia previo a la energización del equipo, pues de ellas dependerá el buen funcionamiento del mismo.

Existen dos tipos de pruebas; pruebas en fábrica (FAT, por sus siglas en inglés) y pruebas en Sitio (SAT, por sus siglas en inglés). Respecto a las pruebas SAT se ha realizado los procedimientos de pruebas, objeto de esta tesis. A continuación se enunciarán las pruebas que

fueron realizadas a la subestación previo a la puesta en servicio.

- Verificación de polaridad de TC y PT, bajo norma IEC 60044-1.
- Relación de transformación de TC, bajo norma IEC 60044-1.
- Prueba de inyección secundaria en TC.
- Pruebas de operación local de los interruptores.
- Verificación de los tiempos de operación de los interruptores, bajo la norma IEC 62271-100
- Prueba de alta tensión [5] [6] [7] al circuito primario, bajo norma IEC 517.
- Resistencia eléctrica de contactos en circuitos principales, bajo la norma IEC 62271.
- Pruebas funcionales, referente a la comprobación de toda la circuitería de control.
- Pruebas al gas SF6 [8]: detección de fugas y medición de punto de rocío.

4. Criterios de aceptación de las Pruebas.

A continuación la siguiente tabla muestra los criterios de aceptación.

Tabla 1. Criterios de aceptación

Transformador de Corriente	
Verificación de Polaridad	El flujo de corriente que está circulando por el transformador de intensidad debe salir por el terminal marcado (en este caso P1). Es decir polaridad Substractiva.
Verificación de la relación de transformación.	La diferencia entre la relación obtenida y a relación teórica no debe excederse de los límites $\pm 0.5\%$.
Interruptor de Potencia	
Pruebas de operación local	De acuerdo a la comprobación con los planos de control.
Verificación de los tiempos de operación	
Circuito Primario	
Prueba de Alta Tensión	La prueba será aprobada cuando las tres fases de una sección de prueba hayan mantenido la tensión máxima de prueba durante un minuto (120KV) sin que haya ocurrido ninguna falla.
Resistencia Eléctrica de contactos	$\leq 1.2 (250\mu\Omega)$
Gas Hexafluoruro de Azufre (SF6)	
Medición del Punto de rocío	$> -5^{\circ}\text{C}$
Medición de porcentaje de SF6	El contenido de aire en el SF6 no debe excederse del 5%, análogamente es preciso no tener menos del 95% del SF6 en cada uno de los compartimentos.

En la prueba de alta tensión el aislamiento del circuito principal debe soportar 120KV durante 1 minuto sin que ocurriere ninguna falla. En la siguiente figura se

puede observar como debe ser la aplicación de tensión para la prueba de alta tensión.

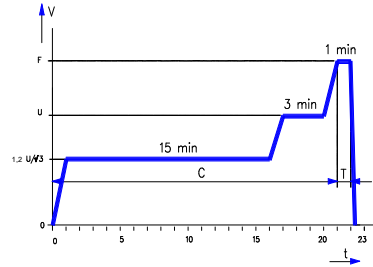


Figura 2. Gráfico de Tensión aplicada Vs. Tiempo de prueba

5. Resultados de las Pruebas Eléctricas en Sitio.

Mediante las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos de las pruebas ejecutadas en sitio.

Tabla 2. Resultados de relación de transformación en TC's.

BAHÍA	I _{PRIM.}	I _{SEC.}	RTC _{ESP.}	RTC _{OBT.}	ERROR (%)
ELECTROGUAYAS 1	149,70	0,49	300	305,51	0,0184
ELECTROGUAYAS 2	200,00	0,48	400	416,17	0,0417
CATEG 1	299,00	0,50	600	598,00	0,0033
CATEG 2	297,50	0,49	600	607,14	0,0119
CATEG 3	149,50	0,46	300	325,00	0,0833
TRANSELECTRIC 1	199,50	0,44	400	453,41	0,1335
TRANSELECTRIC 2	199,80	0,45	400	444,00	0,1100
ELECTROQUIL 1	119,80	0,50	240	239,60	0,0017
ELECTROQUIL 2	119,40	0,47	240	254,04	0,0585
ACOPAMIENTO	300,00	0,45	600	666,67	0,1111

$$Error = \frac{|RTC\ esp. - RTC\ obt. |}{RTC\ esp.} \times 100\%$$

Tabla 3. Resultados de Prueba de Alta Tensión

Sección de prueba:	01	Celdas:	=F05 + =F01 + =F02	Incluyendo barra:	Barra 1		
Tensión de prueba (kV)	Frecuencia de prueba (Hz)			Tiempo de prueba (min)	Corriente capacitiva (A)		
	Polo A	Polo B	Polo C		Polo A	Polo B	Polo C
50	79,1	80,2	82,1	15	0,1	0,1	0,1
72	79,1	80,2	82,1	3	0,2	0,1	0,1
120	79,1	80,2	82,1	1	0,3	0,3	0,3

Tabla 4. Resultados de Resistencia de Contactos.

Desde la bahía	A la bahía	Polo	R (μΩ)	Detalles en los puntos de medición
=F01-Z1	Barra 1(-Q15)	(A)	79	Conexión en salida de cables de AT(F01) y de línea aérea (F02); =F01: -Q1+-Q7 cerrado; Medición: 1 Bahía
		(B)	79	
		(C)	77	
=F01-Z1	Barra 1(-Q15)	(A)	163	Conexión en salida de cables de AT(F01) y de línea aérea (F02); =F01: -Q1+-Q6+-Q9+-Q9 cerrado; Medición: 1 Bahía
		(B)	166	
		(C)	160	
=F01-Z1	Barra 2(-Q25)	(A)	177	Conexión en salida de cables de AT(F01) y de línea aérea (F02); =F01: -Q2+-Q6+-Q9+-Q9 cerrado; Medición: 1 Bahía
		(B)	178	
		(C)	173	
=F01-Z1	=F01-Q8	(A)	55	Conexión en salida de cables de AT(F01) y de línea aérea (F02); =F01: -Q8 cerrado; Medición: conexión fuera hasta -Q9
		(B)	53	
		(C)	55	

Tabla 5. Resultados del Gas Hexafluoruro de Azufre (SF6).

Inspección de limpieza e instalación de material filtrante en el compartimento *)	Evacuación hasta [mbar]	Verificación de función de monitoreo de SF6	Llenado de gas al final		Prueba hermeticidad de gas	Punto de rocío [°C]	Porcentaje de SF6 %
			Presión [bar]	Temperatura [°C]			
GR. 00/A	P	L OK M OK	7,0	23	OK	< -20	99.9
GR. 00/B	P	L OK M OK	7,0	23	OK	< -20	99.9
GR. 00/C	P	L OK M OK	7,0	23	OK	< -20	99.9
GR. 01	< 1	L OK M OK	6,19	23	OK	< -20	99.9
GR. 02	< 1	L OK M OK	6,19	23	OK	< -20	99.9
GR. 03	< 1	L OK M OK	6,19	23	OK	< -20	99.9
GR. 04	< 1	L OK M OK	6,19	23	OK	< -20	99.9
GR. 05	< 1	L OK M OK	6,19	23	OK	< -20	99.9
GR. 06/A	< 1	L OK M OK	6,28	26	OK	< -20	99.9
GR. 06/B	< 1	L OK M OK	6,28	26	OK	< -20	99.9
GR. 06/C	< 1	L OK M OK	6,28	26	OK	< -20	99.9

6. Conclusiones

- El patio de 69KV de la Subestación Salitral tiene 10 posiciones de bahías todas con aislamiento en SF6, logrando una gran reducción de área de instalación. El presente trabajo consta de datos técnicos reales en las pruebas eléctricas Pre funcionales previo a la puesta en servicio de la subestación.
- Los buenos resultados en las pruebas realizadas y la seguridad del personal dependerán del desarrollo de las mismas. Dichas pruebas siempre deberán basarse en procedimientos estandarizados, esto se verá reflejado al analizar los resultados comparándolos con los criterios de aceptación de las mismas.

7. Agradecimientos

La autora agradece al Ing. Gustavo Bermúdez por la ayuda brindada, Transelectric por permitir el desarrollo en las instalaciones de la Subestación Salitral.

8. Referencias

- [1] Manual de operación de la Subestación Salitral, Transelectric.
- [2] Planos de control de la Subestación Salitral.
- [3] Manual de GIS 8DN9-2, SIEMENS AG.
- [4] Test techniques of GIS/GCB, Mitsubishi Electric Corporation.
- [5] On site testing of high voltage equipment, ASEA HAEFELY.

[6] AC Resonant Test System for On Site Testing of GIS and HV components, HIGH VOLT.

[7] High Voltage Testing using Series Resonant with Variable Frequency, ASEA HAEFELY.

[8] Catalogo de equipos para el manejo de gas SF6 y de medida, DILO:

- Informaciones sobre el SF6, páginas 1-8.
- Aparatos de medición de SF6: aparato de medida de porcentaje en volumen, página 1-2.
- Detector de fuga de gas, página 1.