

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“ Evaluación Técnico - Económico para el Reemplazo de Interruptores de Aire por Hexafluoruro de Azufre en el Nivel 220 KV, en la Central Hidroeléctrica del Mantaro, Primera Etapa ”

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PEDRO LUCIO OCHOA ALIAGA

PROMOCION: 1980 - 2

LIMA • PERU • 1990

III

INDICE

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1	Generalidades	3
1.2	Descripción del Area de Influencia	3
1.2.1	Ubicación	3
1.2.2	Condiciones Ambientales	4
1.3	Evolución de los Interruptores	4
1.3.1	Funcionamiento	4
1.3.2	Interruptores de Aceite	6
1.3.3	Interruptores de Aire	7
1.3.4	Interruptores de Hexafluoruro de Azufre	8
1.4	Descripción del Sistema Eléctrico Mantaro	8
1.4.1	Descripción General de la Central Hidroeléctrica	8
1.4.2	Sub-estación Campo Armiño	9

CAPITULO 2

DIAGNOSTICO DE LOS INTERRUPTORES EXISTENTES

2.1	Generalidades	14
2.2	Identificación de los Interruptores a Reemplazar	14
2.2.1	Ubicación	14
2.2.1.1	Interruptor de Máquina	14
2.2.1.2	Interruptor de Línea	15
2.2.2	Codificación	15

2.5	Estadísticas de Maniobras y Contingencias	31
2.5.1	Contingencias	32
2.5.2	Maniobras	33
2.6	Operación y Mantenimiento	33
2.6.1	Operación de los Interruptores	33
2.6.1.1	Operación de los Interruptores de Máquina	33
2.6.1.2	Operación de los Interruptores de Línea	34
2.6.1.3	Operación del Interruptor de Acoplamiento	35
2.6.2	Mantenimiento de los Interruptores	36
2.6.2.1	Mantenimiento Preventivo Rutinario	36
2.6.2.2	Mantenimiento Preventivo Programado	37

CAPITULO 3

CRITERIOS DE SELECCION DE INTERRUPTORES DE HEXAFLUORURO DE AZUFRE

3.1	Generalidades	70
3.2	datos Técnicos para la Selección	71
3.2.1	Datos Técnicos Esenciales	71
3.2.2	Otros Datos Técnicos Importantes	73
3.2.3	Datos Técnicos, Dispositivos de Mandos	74
3.3	Pruebas y Ensayos	75
3.3.1	Pruebas	75
3.3.1.1	Prueba de Tipo	75
3.3.1.2	Prueba de Verificación	77
3.3.2	Ensayos	78
3.4	Exigencias del Sistema en la Toma de Decisiones	79

VI

3.5	Comportamiento del Interruptor ante una Contingencia	84
3.5.1	Proceso de Interrupción	84
3.5.2	Comportamiento del Gas SF6 en Proceso de Interrupción	84
3.5.2.1	Características Físicas y Químicas	89
3.5.2.2	Propiedades Eléctricas	90
3.5.2.3	Propiedades Térmicas	91
3.6	Normas que Deben Cumplirse	92

CAPITULO 4

COMPARACION DE ALTERNATIVAS

4.1	Generalidades	97
4.2	Evaluación y Comparación de Alternativas	97
4.2.1	Evaluación de Alternativas	97
4.2.1.1	Alternativa 1	98
4.2.1.2	Alternativa 2	102
4.2.2	Comparación de las Alternativas	104
4.2.2.1	Según Criterio 1	104
4.2.2.2	Según Criterio 2	106
4.2.2.3	Según Criterio 3	108
4.3	Selección alternativa Optima	109
4.3.1	Diseño Físico de los Interruptores	110
4.3.2	Capacidad para Satisfacer los Requerimientos del Sistema	110
4.3.3	Experiencia del Sistema	110
4.4	Datos Técnicos del Interruptor Seleccionado	111

VII

CAPITULO 5

EVALUACION ECONOMICA

5.1	Generalidades .	114
5.2	Evaluación y Comparación de Costos	114
5.2.1	Evaluación de Costos	114
5.2.1.1	Compra de Repuestos para un Interruptor de Aire, de su planta de compresión	115
5.2.1.2	Compra del Interruptor SF6	116
5.2.2	Comparación de Costos	118
5.2.2.1	Comparación de Costos de un interruptor	118
5.2.2.2	Comparación de Costos de los 8 Interruptores a reemplazar, respecto a los de SF6	119
5.3	Financiamiento	121
5.3.1	Justificación	121
	Conclusiones	131
	Bibliografía	135
	Anexos	

P R O L O G O

El propósito de esta tesis es presentar un estudio técnico y económico que permita el cambio de los actuales interruptores de Aire por la de Hexafluoruro de Azufre en el nivel de 220 kV.

En el estudio se logra identificar las aptitudes técnicas y económicas de los interruptores de Hexafluoruro de Azufre, que determinan su selección. Esta identificación se basó en diagnosticar a los interruptores de aire más el Sistema Eléctrico, existentes, a fin de contrastarlo con las bondades de las de Hexafluoruro de Azufre y la experiencias de estas actualmente instalados en la Central Hidroeléctrica del Mantaro.

Con la sustitución de los interruptores de **aire** se lograría mejorar la confiabilidad actual del Sistema Eléctrico y evitar interrupciones prolongadas en desmedro de la economía de la Empresa, Electro Perú S.A., como también la del Perú; lo que justificaría la inversión a efectuarse.

Cabe mencionar que en el presente proyecto sólo se mencionaría a un solo proveedor de procedencia Italiana, por falta de mayores informaciones respecto a otros fabricantes

de Países diferentes que hubiera permitido una mejor selección tanto Tecnológica como Económica.

Aprovecho la oportunidad para agradecer a mi asesor José Zorrilla por su colaboración en la elaboración del presente proyecto de tesis.

INTRODUCCION

1.1 Generalidades

El presente proyecto de tesis, está comprendido en el marco de reemplazar interruptores de aire, instalados actualmente, por interruptores de hexafluoruro de azufre, en el nivel de 220 kV , para la Central Hidroeléctrica del Mantaro.

Se ha evaluado información técnica y económica de los interruptores de aire y hexaluoruro de azufre, a fin de recomendar, en base a la experiencia, el interruptor que mejor se adapte a las exigencias a las cuales se encuentra sometido el Sistema Eléctrico.

1.2 Descripción del Area de Influencia

1.2.1 Ubicación

Los interruptores de aire se encuentran instalados en el "Patio de Llaves" de la Central Hidroeléctrica "Santiago Antunez de Mayolo", Mantaro, y la sub-estación "Campo Armiño". La Central Hidroeléctrica del Mantaro está a una altitud de 1843,50 msnm y la sub-estación "Campo Armiño" a una altitud de 2030 msnm.

Geográficamente, la Central Hidroeléctrica está ubicada en el valle formado por los ríos Colcabamba y Mantaro, en el distrito de Colcabamba, provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica. Ver figura 1.2.1.

1.2.2 Condiciones Ambientales

El clima presenta las siguientes características :

Temperatura máxima 40 °C

Temperatura mínima 10 °C

Sin salinidad en el aire

El clima es del tipo sub-tropical de alta montaña.

1.3 Evolución de los Interruptores

1.3.1 Funcionamiento

Los interruptores de alta tensión, 220 kV , o disyuntores, son un equipo eléctrico destinado a establecer o cortar la continuidad de un circuito eléctrico o sistema eléctrico bajo carga, y construido de tal que esta continuidad pueda ser mantenida después de cada maniobra de cierre o apertura.

La finalidad del interruptor es conectar o aislar, dentro de un Sistema Eléctrico, a máquinas eléctricas o líneas de transmisión de forma tal que puede interrumpir

el circuito cuando se produce sobre-intensidad. Esta interrupción se realiza automáticamente en un tiempo pre-establecido el cual es graduado a voluntad (a través de equipos de protección, como son los relés de distancia y de máxima corriente).

Al iniciarse la interrupción de la corriente, se forma entre los contactos un arco, cuya extinción tiene lugar en un tiempo reducido y que depende de la construcción y clase del interruptor.

El proceso ideal de interrupción de la corriente, tendría lugar cuando la apertura del circuito se realiza en el instante en que la onda de corriente eléctrica pasa por cero, y permaneciera nula la tensión del arco durante los periodos que proceden a cada interrupción. Este objetivo se ha logrado, en gran parte, con los interruptores modernos, con la reducción del tiempo de duración del arco y manteniendo la tensión de este a un valor débil. El problema está en dar, inmediatamente después de la apertura de los contactos, una rigidez dieléctrica suficiente al espacio que los separa para evitar los reencebamientos del arco.

El valor necesario de la rigidez dieléctrica, se obtiene por medio del vapor de aceite, por la acción violenta de la corriente de aire, y, recientemente, por el gas hexfluoruro de azufre (SF₆). Hay otros factores que juegan

un papel decisivo en la regeneración de la rigidez dieléctrica, como la naturaleza del gas, presencia de salinidad y la presión del mismo y el camino corrido por el arco, la forma de los contactos, número de puntos de ruptura, etc.

1.3.2 Interruptores de Aceite

El uso del aceite para la extinción del arco fue utilizado por primera vez en las instalaciones de alta tensión.

En razón a reducir el costo de estos equipos, en Europa se utiliza interruptores de aceite en "reducido volumen de aceite". El efecto de extinción en este tipo de interruptor, provisto de cámara de extinción, es elástico, o sea que se adapta a la intensidad de la corriente que se interrumpe, siendo muy elevadas para grandes intensidades y más débil para los que tienen menos amplitud. La potencia de ruptura está limitada solamente por la presión de los gases desarrollados por el arco, de tal manera que dicha presión no debe exeder de la resistencia mecánica de la cámara de extinción. Las sobrepresiones contribuyen al restablecimiento de la rigidez dieléctrica después de la extinción del arco.

Las cámaras de extinción están convenientemente aisladas para evitar de manera perfecta las descargas en el interior de la cámara y la producción de arcos

permanentes.

Pero si fallase algún órgano del interruptor, ellos ocasionaría arcos de carácter permanente, originado sobre una presión en el interior del interruptor que motivaría la explosión de la cámara. A causa de la inflamabilidad del aceite, su uso en los interruptores es un peligro por lo que se buscó un nuevo agente de extinción, por ejemplo la acción violenta del aire.

1.3.3 Interruptores de Aire

La extinción del arco en este tipo de interruptores se realiza por medio de un soplo de aire a presión. El aire comprimido (1) envuelve el arco por todos los lados y barre energicamente la masa gaseosa ionizada, provocando así la extinción en un tiempo muy corto.

(1) Separa violentamente los contactos. La rigidez dieléctrica del aire aumenta considerablemente con la presión del aire. En interruptores de 220 kV, para elevar el poder de ruptura se utilizan varias cámaras de interrupción en cada cámara se encuentra conectada, capacidades o resistencias, para repartir más uniformemente la tensión sobre los diferentes puntos de ruptura.

Actualmente se están utilizando interruptores de hexfluoruro de azufre, debido a que la rigidez dieléctrica es 2,5 veces mayor que la del aire; esto ha permitido diseñar interruptores para niveles altos de tensión con el mínimo de cámaras de interrupción.

1.3.4 Interruptores de Hexafluoruro de Azufre

La extinción del arco de estos interruptores es debido a la acción del gas SF₆, gracias a su peculiar característica térmica y dieléctrica; éste gas posee un excepcional poder desionizante y una velocidad de restablecimiento de la rigidez dieléctrica que lo dispone a soportar valores de dv/dt particularmente elevada.

Estas propiedades del gas constituyen la razón principal de que sea más utilizado como agente de interrupción en interruptores de potencia y a tensiones diferentes.

1.4 Descripción del Sistema Eléctrico Mantaro

1.4.1 Descripción General de la Central Hidroeléctrica

La Central Hidroeléctrica "Santiago Antunez de Mayolo" en su I y II Etapa, tiene una potencia instalada de 798 MW, compuesta por siete grupos generadores de 114 MW cada uno. La I Etapa esta compuesta por tres grupos generadores y la II Etapa por cuatro grupos generadores.

La Central Hidroeléctrica "Restitución" corresponde a la III Etapa del proyecto Mantaro I, con una potencia instalada de 216 MW , compuesta por tres grupos de generadores de 72 MW cada uno; esta Central aprovecha las aguas turbinadas de Central "Santiago Antúnez de Mayolo". La potencia instalada de ambas Centrales hidroeléctricas suman un total de 1 014 MW .

1.4.2 Sub-estación Campo Armiño

Desde la Sub-estación en el nivel 220 kV , se conecta al Sistema Interconectado a través de líneas de la I y II etapa.

Las líneas de la I Etapa esta compuestas por :

-Línea 1, 201 Mantaro-Pomacocha, con 150 MW de capacidad

-Línea 2, 202 Mantaro-Pomacocha, con 150 MW de capacidad.

-Línea 3, 203 Mantaro-Independencia, con 150 MW de capacidad.

-Línea 4, 204 Mantaro-Independencia, con 150 Mw de capacidad.

Las líneas 3 y 4, actualmente, por actos de sabotaje,

se encuentran fuera de servicio a partir de la Subestación de Huancavelica

Las líneas de la II Etapa están compuestas por :

- Línea 5, Mantaro-Cobrizo, con Sub-Estación en 220/60 kV. al costado de la Sub-Estación de Campo Armiño y transmitida a 60 kV
- Línea 6, 218 Mantaro-Pachachaca, con 150 MW de capacidad.
- Línea 7, 219 Mantaro-Pachachaca, con 150 MW de capacidad

Además se encuentran con líneas de la III Etapa, provenientes de la Central Hidroeléctrica "Restitución".

-Línea 8, 228 desde Grupo 1, con 120 MW de capacidad.

-Línea 9, 230 desde Grupo 2, con 120 MW de capacidad.

-Línea 10, 230 desde Grupo 3, con 120 MW de capacidad.

Ver fig. 1.4.2.

Actualmente se encuentra en proceso de construcción la línea Mantaro-Lima, de 150 MW de capacidad. Con su puesta en servicio se podrá tener mayor confiabilidad e incremento en la transmisión de la potencia eléctrica al

Sistema Interconectado Centro-Norte (SICN).

DIAGNOSTICO DE LOS INTERRUPTORES EXISTENTES

2.1 Generalidades

En este capítulo se describirán las características técnicas de los interruptores existentes a remplazar, a fin de contrastar con las bondades de los interruptores nuevos.

Los interruptores de aire fueron puesto en servicio en el mes de Octubre de 1973, con la entrada en servicio de la Central Hidroeléctrica del Mantaro.

2.2 Identificación de Interruptores a Remplazar

2.2.1 Ubicación

2.2.1.1 Interruptor de máquina

Son interruptores de 220 kV , instalados en la Central Hidroeléctrica del Mantaro, ubicados en el patio de llaves, y sirven para los grupos generadores 1, 2, y 3 ver fig. 2.2.1. Estos interruptores (03) cuentan con una planta de compresión. Ver figura 2.2.1.1.

2.2.1.2 Interruptor de Línea

Son interruptores de 220 kV , instalados en la Central Hidroeléctrica del Mantaro, ubicados en la Sub-estación Campo Armiño, y sirven para maniobrar las líneas Nos. 1,2,3,4 y el interruptor para acoplamiento de barras ver fig. 2.2.1 También estos interruptores (04) cuentan con otra planta de compresión. ver fig. 2.2.1.2, 2.2.1.2.a. y 2.2.1.2.b.

2.2.2 Codificación

De acuerdo al listado de equipos electromecánicos, utilizados en el antenimiento Preventivo, se han codificado de la siguiente manera:

Interruptor de Máquina

Código	Interruptor Grupo	Ubicación
M1-7216-1	1	Patio de LLaves
M2-7216-1	2	Patio de Llaves
M3-7216-1	3	Patio de Llaves

Interruptor de Línea

Código	Interruptor	Ubicación
S1-5310-4	Línea 1-201	Sub-Estación Campo ARmiño
S2-5310-4	Línea 2-202	Sub-Estación Campo Armiño
S3-5310-4	Línea 3-203	Sub-Estación Campo Armiño
S4-5310-4	Línea 4-204	Sub-Estación Campo Armiño

2.2.3 Protección

Los interruptores son accionados por los siguientes equipos de protección.

2.2.3.1 Interruptor de Máquina

Está accionado por relé de máxima corriente y relé de corriente a tierra, son del tipo CDG11 inducción, marca ENGLISH ELECTRIC Co. Ltd. London.

2.2.3.2 Interruptor de Línea

Está accionado por relé de protección a distancia son del tipo LZ32 y L6FT, marca BROWN BOVERI.

2.2.3.3 Interruptor para Acoplamiento

La protección para el acoplamiento está dada por el relé de máxima corriente y relé de corriente a tierra, tipo CD11 inducción, marca ENGLISH ELECTRIC Co. London.

2.3 Características de los Interruptores de Aire

A continuación se dan las características de los interruptores de aire, a ser reemplazados, que datan del año 1973 .

2.3.1 Datos Técnicos

-Casa constructora	: MAGRINI- GALILEO
-Lugar de fabricación	: MILAN- ITALIA
-Normas adoptadas	: IEC
-Tipo	: IAC 4245, aire comprimido
-Tensión nominal	: 220 kV.
-Tensión máxima	: 245kV.
-Frecuencia nominal	: 60 Hz.
-Corriente nominal	: 2000 A.
-Corriente de sobre carga	:
.para 1 segundos	18 kA.
.para 3 segundos	14 kA.
-Capacidad de interrupción nominal con tensión de retorno hasta	:300 kV.
Simétrica	:18 kA.
-Capacidad de cierre nominal	:45kA.
-Tiempos de maniobra con capacidad de ruptura nominal	:(milisegundos)
.apertura	40
.arco	20
.interrupción	60
.cierre	160
-Tensión comando	:220 V.cc.
-Presión neumática	:18-20 atmósfera

2.3.2 Descripción de los Interruptores de Aire IAC 4245

2.3.2.1 Composición de los Interruptores

Los interruptores de aire comprimido, tipo IAC 4245, comprenden un armario de maniobra y de tres unidades monofásicas o polos, los cuales están constituidos por un tanque sobre el cual están montados aisladores portantes y cámara de interrupción (04). Ver fig. 2.3.2.1.

Todos los interruptores son obtenidos combinando, en la cantidad requeridas por las características de los aparatos, una variedad limitada de elementos base (o módulos), los cuales son perfectamente intercambiables; ver posición 1, 3, 4, 10, 11, 13, 14, 15, 16, y 17 de la fig. 2.3.2.1.

Las cámaras de interrupción viene montadas en grupos de dos, conectadas en series y dispuestas horizontalmente al lado de una válvula piloto común. Esta a su vez, es sostenida por una columna de aisladores, hueca, fijada al tanque del polo. La columna de aisladores, además, está constituida por un conducto neumático que conecta la cámara de interrupción al tanque; contiene un hasta aislante que permite el comando de la válvula piloto de la cámara a partir de un elemento situado en la base de la columna. Ver fig. 2.3.2.1.1.

La cámara de interrupción está directamente y permanentemente conectada al tanque del interruptor, el cual está relleno de aire comprimido a la presión de maniobra; la cámara está constantemente bajo presión, ya sea a interruptor cerrado o abierto. El esquema neumático del interruptor se representa en la fig. 2.3.2.1.2.

2.3.2.2 Cámara de Interrupción

La cámara de interrupción, tipo IAC 4245, está constituida de los siguientes grupos :

a) Grupo válvula de soplo y contacto móvil, llamado "Grupo C", pos. 14, fig. 2.3.2.1; mayor detalle en la fig. 2.3.2.2.

b) Grupo contacto fijo y fondo con terminal de plancha, pos. 16, fig. 2.3.2.1.

En la cámara IAC, el contacto fijo tiene la forma de un casquete esférico y el contacto móvil está hecho como un cañón y la válvula de soplo, adyacente entre sí, durante la mayoría de apertura, al soplo de aire externo, proveniente de la cámara, deberá refrigerarse el arco hasta su extinción.

2.3.2.3 Contacto de Interrupción

El cambio de los contactos puede ser programado a partir de los datos de entrada en servicio del interruptor, o del último cambio, siguiendo los tres criterios que se indican o aquel que más se adapte a las condiciones locales.

a) Si el interruptor interrumpe a intensidad prácticamente constante, entonces, sustituir cuando se alcance el número de aperturas "n" indicado en el diagrama semilogarítmico US\$. 5955. ver fig. 2.3.2.3.

b) Si los valores de la corriente interrumpida son todos diferentes, multiplicar los valores I de la corriente interrumpida por el factor de "gravedad" α , previsto en el diagrama indicado; entonces, sustituir los contactos cuando la sumatoria $\Sigma\alpha I$ alcance el valor "T" indicado en el diagrama.

c) Si el valor de la corriente interrumpida en todas las maniobras no es notorio y las interrupciones de las fallas no son frecuentes, multiplicar el valor medio de la corriente circulante a través del interruptor por el número de maniobras de interrupción; entonces, sustituir los contactos cuando tal producto alcance el 60% del valor "T" en kA. indicado en el diagrama. Otros datos del interruptor ver anexo I.

2.3.3 Descripción de las Plantas de Compresión

Las plantas de compresión proporcionan aire comprimido y desecado, mediante un procedimiento que comprende las siguientes etapas :

- a) Compresión a 60 kg/cm
- b) Enfriamiento a + 3 a +5 °C con separación y eliminación del condensado a esta temperatura.
- c) Expansión a la presión de maniobra.

Después de las etapas a) y b), el aire posee la presión de 60 kg/cm y un punto de rocío comprendido entre + 3 y +5 °C; la sucesiva expansión a la presión de maniobra, (etapa C) hace bajar la humedad relativa del aire, y por lo tanto su punto de rocío en medida aproximadamente proporcional a la reducción de presión. De esta manera se puede obtener que el punto de rocío del aire tratado y reducido a la presión de maniobra sea inferior a cero grados centígrados, con que se evita seguramente cualquier precipitación de la humedad en fase líquida.

Cada planta comprende dos " líneas " de producción de aire comprimido y seco; cada una está constituida por un compresor, un secador frigorífico, uno o más tanques de alta presión (en la Central Mantaro cuenta con dos tanques

de alta presión y en la Sub-Estación Campo Armíño con tres) y una válvula de reducción. Las dos líneas de producción poseen un tablero de mando y distribución en común, mediante el cual puede hacerse funcionar en paralelo; o bien, una puede tenerse como reserva de la otra. Ver fig. 2.3.3.

2.3.3.1 Compresores

Las características de los compresores utilizados en la Central de Santiago Antúnez de Mayolo (S.A.M.) y en la Sub-Estación Campo Armíño (S.E.C.A.) son los siguientes :

-Grupo compresores	2/60/1000
-Constructor	CECCATO
-Tipo de compresor	6781/60
-Número de etapas	03
-Enfriamiento con	aire
-Revoluciones por minuto	900
-Volumen aspirado (l/min.)	1960
-Volumen rendido (aspirado a 15 °C y 760 mmHg) l/min	1200
Igual a m ³ /h.	72
-Presión máxima(kg/cm)	60
-Potencia absorbida HP	21
-Peso del motocompresor (kg)	800
-Lubricación	forzada
-Cantidad de calor desarrollado	

por el grupo a 15 °C (cal/.)	13400
-Libro de instrucciones	535S1

Otros datos , en el anexo II

La ventilación que necesita cada compresor es de aproximadamente $200 \text{ m}^3/\text{h}$ por cada HP instalado, si el compresor se encuentra en una región con clima templado, y de aproximadamente $300 \text{ m}^3/\text{h}$. por cada HP instalado, si esta en una zona tropical.

Cada compresor, independientemente de su tipo, está provisto de :

-Filtro de aire aspirado.

-Enfriamiento de aire comprimido a la salida de cada etapa, mediante radiadores de ventilacion forzada.

-Tanque pulmón para facilitar la expulsión del condensado y el arranque gradual del compresor.

-Descarga del condensado de los enfriadores y del tanque pulmón, mediante válvulas oleodinámicas mandadas por la presión de lubricación.

Mecanismo levanta válvulas, mandado eléctricamente y accionado neumáticamente para el arranque sin carga.

-Contactos de enclavamiento por insuficiente presión de lubricación y por excesiva temperatura del aire que sale de cada etapa.

El compresor CECCATO 6781, está provisto de un contacto de enclavamiento, que interviene en el caso de romperse las correas del ventilador. fig. 2.3.3.1 (esquema neumático)

2.3.3.2 Desecadores

Los desecadores de (tipo frigorífico) deshumedecen de aire enfriándolo a una temperatura de cerca + 3 °C, y separando la unidad condensada de dicha temperatura.

las características de los desecadores usados en S.A.M. y S.E.C.A. son :

-Grupo compresor	2/60/1000
-Constructor	HIROSS ITAL
-Tipo	A 25/60 RA
-Cantidad máxima de aire tratado (l/min)	1200
-Temperatura ambiental mínima y máxima permitida en el lugar de instalación (°C.)	10 - 40
-Temperatura máxima permitida para el aire comprimido por tratar (°C)	80

-condiciones higrométricas del aire por tratar	saturado
-Punto de rocío del aire tratado (°C a la presión atmosférica)	35
-Potencia nominal del compresor frigorífico (KW)	1,0
-Libro de instrucciones	52S4

2.3.3.3 Tanque

El tanque de alta presión normalizado tiene forma cilíndrica, un volumen de 980 litros y una presión nominal de 66 kg/cm^2 .

Está constituido según las normas ANCC y tiene todos los accesorios que se prescriben las normas vigentes.

2.3.3.4 Tablero de Mando y Distribución

El tablero lleva todos los componentes neumáticos y eléctricos necesarios para la supervisión de la planta. En el tablero, la disposición de los tubos y de los accesorios es tal que las condiciones de ejercicio aparecen a cada instante de manera muy clara; en efecto, una llave está abierta cuando su palanca de mando está paralelo al tubo en que la llave es aplicada, y está cerrada cuando la palanca de mando está dispuesta perpendicularmente.

2.4 Estado Actual de los Interruptores de Aire

2.4.1 Tiempo de Servicio

Los interruptores, más sus plantas de compresión, han cumplido 17 años de servicio en forma ininterrumpida bajo severas condiciones de trabajo, como consecuencias de las interrupciones por falla de corto circuito, sobre cargas por descargas atmosféricas, y aperturas de líneas en vacío (líneas largas).

En los últimos años, las maniobras de apertura y cierre de los interruptores se han incrementado considerablemente, a causa de las violencias por terceros (sabotajes constantes de torres) y la falta de recursos económicos para reponer definitivamente la torres siniestradas (reposición provisional), lo que ha contribuido, y contribuye, las constantes interrupciones, además del efecto de las condiciones climatológicas y geográficas de la Sierra Central.

Las plantas de compresión también han sido solicitada permanentemente en razón directa al número de maniobras de los interruptores (especialmente la ubicada en S.E.C.A.)

2.4.2 Intervenciones Importantes en los Interruptores

Inicialmente, el interruptor ingresó como tipo IAD,

después de cinco años de servicio se realizó la modificación al tipo IAC (1978)

Esta modificación consistió en reemplazar el contacto semifijo y la válvula de soplo (grupo D) por otro contacto fijo y base de fondo (pos. 16, fig. 2.3.2.1) (más detalles en la fig. 2.4.2).

Las razones que motivaron esta modificación, fueron :

a) Para reducir la variedad las partes de cambios de las piezas y empaquetaduras (disminución de respuestos).

b) Asegurar la confiabilidad del funcionamiento de los interruptores (variedad de válvulas).

Con esta modificación se aprovecho para cambiar las empaquetaduras del contacto móvil y de los comandos, revisión de contactos (rectificados de partes con rastros de chisporroteos). Según recomendación del fabricante (que dice controlar y/o sustituir (se cambiaran las empaquetaduras sólo si se presenta cuarteos, hendiduras, grietas o zonas con desgastes), las empaquetaduras de las cámaras de interrupción y de la válvula de comando cada seis años, o bien en ocasiones de la sustitución de los contactos de interrupción programada según el número de interrupciones a diferentes corrientes de cortocircuito en kA). Ver sub-capítulo 2.3.2.3.

En 1983, después de otros cinco años, se volvió a controlar y a sustituir las empaquetaduras de las cámaras de interrupción y de las válvulas de comando; inspección y rectificación de la superficie de contactos del interruptor (intervención realizada a todos los interruptores de aire).

Posteriormente, debido a la falta de respuestos, por falta de recursos económicos, se han realizado cambios de las cámaras de interrupción (previamente separadas con empaquetaduras utilizadas en otras, pero aún en condiciones operativas) en formas aisladas, sin cumplir las recomendaciones del fabricante. Estos se debieron especialmente como consecuencias de fallas propias, debido a las grandes exigencias de maniobras, producto del mal estado de las líneas de transmisión (reposición provisional de torres) maniobras de exclusión de las líneas para mantenimiento, y pruebas de energizaciones graduales y bruscas.

2.4.3 Fallas y Cambios Realizados en Cada Interruptor

Las fallas que se presentaron entre los años 1984 a 1989, como se explicó se debieron a la gran cantidad de maniobras que aceleraron los desgastes de los componentes móviles, válvulas de soplo, de descarga, de retenciones, otras auxiliares y empaquetaduras de las cámaras de interrupción, agregado a esto la no intervención oportuna

por falla de los respuestos necesarios (utilizados en las intervenciones indicadas anteriormente)

A continuación se detallan las fallas más importantes y los cambios realizados. Cabe indicar que las cámaras de interrupción son intercambiables en cualquiera de los interruptores.

2.4.3.1 Interrupción Línea 201

02.04.89 : Se cambiaron las cámaras de interrupción de las tres fases (4 cámaras por fase).

Motivo : Problemas de simultaneidad entre cámaras y entre fases.

09.06.89 : Explotaron dos cámaras en las fase "T".

Motivo : Fuga de aires en las cámaras (lados seccionadores de barra), luego de maniobra de cierre. Mal estado de las empaquetaduras.

10.07.89 : Se realizó el cambio de cámaras en las fases "R" y "T" (consecuencia de la explosión) se utilizaron cuatro cámaras de interruptor de la línea 203.

2.4.3.2 Interruptor línea 202.

29.06.89 : Falló interruptor fase "R" , se quedaron cerradas dos cámaras de interrupción durante maniobra de

apertura del interruptor con línea energizada en vacío
defectos empaquetaduras, válvulas, etc.

04.07.89 : Se realizó cambio de las cuatro cámaras de la
fase "R" (por defecto del 29.06.89).

18.07.89 : Falla similar a la del 29.06.89, en esta
oportunidad en la fase "T".

20.07.89 : Se realizó cambio de las cámaras de
interrupción en las fases "S" y "T" (por defecto del
18.07.89).

2.4.3.3 Interruptor Línea 203

Actualmente la línea se encuentra fuera de servicio, el
10.07.89 se utilizaron cuatro cámaras de interrupción de
la fase "R", utilizadas en la línea 201.

2.4.3.4 Interruptor Línea 204

No se han realizados cambios. actualmente sólo alimenta a
la Sub-Estación de Huancavelica.

2.4.3.5 Interruptor Acoplamiento

25.08.89 : Se cambian las cámaras de interrupción de las
tres fases.

Motivo : Problemas de simultaneidad entre cámaras y entre fases.

2.4.3.6 Interruptores de Grupos 1-2-3

no se realizaron cambios.

Los compresores CECCATO de tres etapas a la fecha tienen promedio de 15,000 horas servicio; se ha efectuado los mantenimientos siguientes : Cambios de los anillos de los tres pistones, cambio de las empaquetaduras y válvulas concéntricas, cambio de cojinete e inspección y reparación del cigueñal (relleno con soldadura y rectificado de las mismas por fallas).

Actualmente, el fabricante ha dejado de producir esta línea de compresores, por lo que nuestras solicitudes de respuestos se han restringido al mínimo y encarecido.

Los compresores requieren de cambio o mantenimiento integral a fin de garantizar el funcionamiento de los interruptores.

2.5 Estadísticas de Maniobra y Contingencias

Para efecto de la evaluación se están considerando los

interruptores de línea, línea 201 y 202, dadas las condiciones críticas de operación y de carácter permanente, tanto para el cierre como para la apertura del interruptor.

2.5.1 Contingencias

En el anexo III se muestran las contingencias, fallas ocurridas presentadas en los interruptores en la línea 201 y 202, en el que se pueden identificar las causas principales que originan la salida de las líneas, por actuación de los interruptores :

a) descarga atmosférica : De carácter permanente o transitorio. Cuando las fallas es de carácter transitorio, posibilitan la reconexión del interruptor (programado para fallas monofásicas). Consecuencia de la falta del cable de guarda por reposición provisional de las torres.

b) Fallas propias de la red : A consecuencia de la reposiciones provisionales de las líneas y torres (bajo aislamiento, rotura de vientos y cables de guarda, etc.).

c) Condiciones climatológicas : Vientos fuertes, nieves y granizo.

d) Acción intencional : Sabotaje.

e) Otros : Error de operación, medio ambiente, falla interruptores, etc.

Ver cuadro 2.5.1.1.(en vista al buen porcentaje de fallas transitorias es importante el correcto funcionamiento de la reconexión de los interruptores) en la figura 2.5.1.2 se puede observar como las fallas o contingencia se van incrementando en gran proporción.

2.5.2 Maniobras

El número de maniobras indicadas en los cuadros adjuntos, 2.5.1 al 2.5.8 se han podido determinar de cada uno de los contadores instalados en los interruptores. La nomenclatura CO (cierre-apertura) representa una maniobra. En 2.5.2 se ilustra el gráfico del número de maniobras a con respecto al año de servicio. En el cuadro 2.5.2.a se observa las estadísticas de las diferentes maniobras registradas en las líneas 201 y 202 en el año 1989.

2.6 Operación y Mantenimiento

2.6.1 Operación de los Interruptores

2.6.1.1 Operación de los Interruptores de Maquina

Los interruptores de máquina, de 220 kV, están ubicados en

el patio de llaves de la Central Mantaro, operan según las siguientes condiciones :

Para conectar o sacar de paralelo a los grupos generadores del sistema de barras de la Sub-Estación de Campo Armiño. La puesta en paralelo es a través de un equipo sincronizador automático, o manualmente desde la sala de control; para sacar el grupo de paralelo, se realiza normalmente en condiciones de potencia activa-reactiva nulo (en forma manual). Estas operaciones son efectuadas constantemente, de acuerdo a lo programas de maniobra que diariamente se elaboran según las necesidades de requerimiento de los grupos generadores para mantenimiento y el cumplimiento del despacho de carga.

En caso de fallas entre el tramo del patio de llaves de la Central y la Sub-Estación Campo Armiño, excluye al grupo generador comando de apertura a través de los relés de protección (sin reconexión).

2.6.1.2 Operación de los Interruptores de Línea

Estos interruptores de línea, de 220 kV., ubicados en la Sub Estación Campo Armiño, operan según las condiciones siguientes :

Para conectar o sacar fuera de servicio las líneas, según requerimientos para efectos de mantenimiento y/o

reparaciones de las mismas. Estas operaciones se realizan con mando desde la sala de control de la Central, vía telemando, y localmente desde la sala de Control de la Sub-Estación. La puesta en servicio de la línea se hace con energización gradual y brusca.

La exclusión de la línea normalmente se hace abriendo el interruptor con la línea energizada hasta la Sub-Estación de Pomacocha (como es el caso de las líneas 201 y 202).

para casos de fallas en el sistema o en las líneas de transmisión, las maniobras de apertura y reconexión (monofásico) se realiza por intermedios de los relés de distancia.

2.6.1.3 Operación del Interruptor de Acoplamiento

El interruptor de acoplamiento de las barras "A" y "B" ubicado en la Sub-Estación Campo Armiño, opera según el programa de maniobras para :

Poner en paralelo y separar las barras.

Pasar los generadores y líneas de una barra a otra y excluirlo según las necesidades del mantenimiento.

Las maniobras indicadas se realizan normalmente desde la Salas de Control de la Central Mantaro y Sub-Estación

Campo Armiño.

Para fallas durante las maniobras, la acción de apertura del interruptor es a través de los relés de máxima corriente.

2.6.2 Mantenimiento de los Interruptores

2.6.2.1 Mantenimiento Preventivo Rutinario

De acuerdo al programa de Mantenimiento Preventivo, las intervenciones a estos interruptores se realizan con una frecuencia de dos veces al año.

Estas intervenciones consisten en :

Limpieza de las columnas de los aisladores.

Verificación de probables fugas de aire por los componentes neumáticos (según recomendaciones del fabricante).

Verificación de la simultaneidad de los polos en cierre y apertura (y corregirla si fuese necesario).

Verificación de los componentes eléctricos y ~~neumáticos~~ de los órganos de comando del interruptor, comando de un polo y comando de los pares de cámaras.

Verificación de la simultaneidad de las cámaras en cierre de los contactos.

Pruebas eléctricas de las protecciones, etc.

2.6.2.2 Mantenimiento Preventivo Programado

De acuerdo a las recomendaciones del fabricante, se realizan las intervenciones de desmontaje de las cámaras de interrupción para el cambio de las empaquetaduras defectuosas e inspección de los contactos móvil y fijo, así como el cambio de empaquetaduras de válvulas piloto, antiaislante, columnas, cilindros comando válvula pilotos y otros.

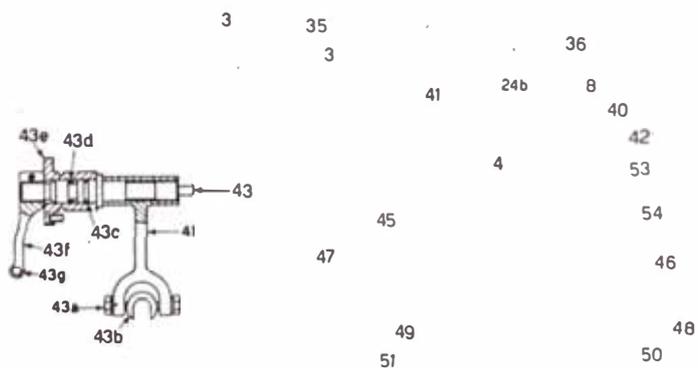
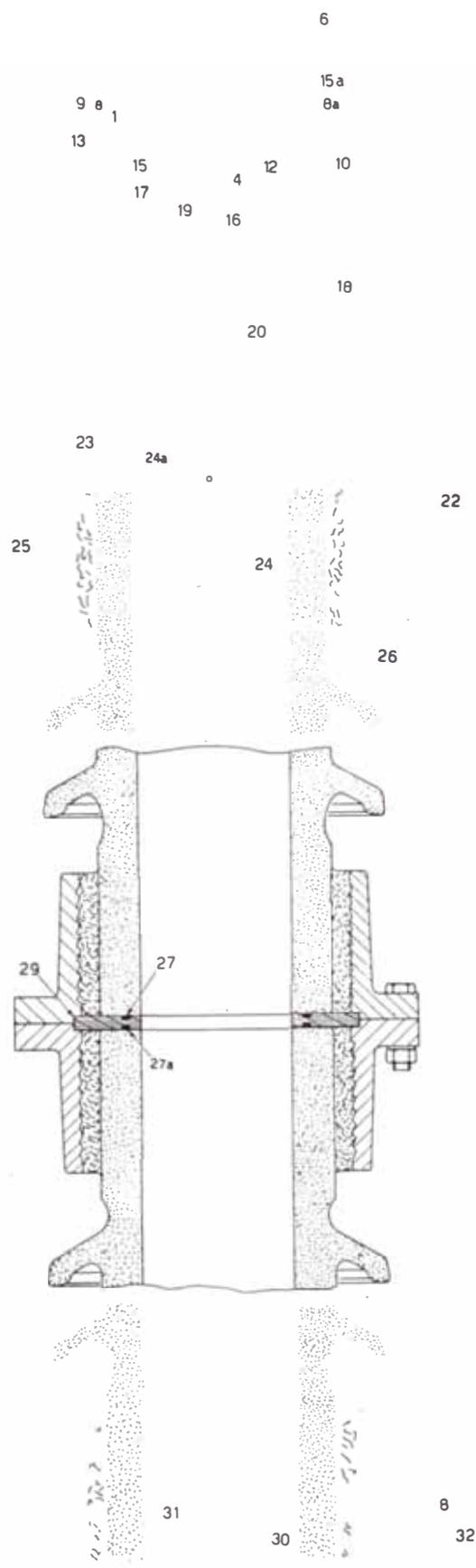


Fig. 2.3.2.1.1
Comando valvula
piloto de las
cámaras.

Leyenda fig. 2.3.2.1.1

Comando vavula piloto de las Cámaras

Vavula Piloto

2. Cubierta

3. Manguito de guía

4. Planta de guía

5. Tuercas y arandela asiento de vavula

6. Perno para planta 4

7. Perno para cubierta de 2

8. Cuerpo de vavula

8a.Perno para válvula 8

10,12,14,15,15a,16. Empaquetaduras

9. Platillo superior

11.Resorte

13.Distanciador

17.Platillo inferior

18.Soporte

19.Manguito de asiento de la vavula

Asta Aislante

1 :Turca de regulación, arandela y contraturca

20:Vástago superior

24:Asta aislante con puntales

Columna Portante

22,32:Anillos de los extremos
28 :Pernos de anclaje
29 :Anillo intermedio
23,25,27,27a,31,33:Empaquetaduras

Cilindro de Comando Válvula Piloto

35,39:Pernos para manguitos 36 y 38
36,38:Manguitos fijos y móvil
41:Manivela interna
42:Soporte
43:Arbol comando válvula VCS fig. 4
43a:Par de pernos fileteados
43b:Articulación para accionar hasta 24 43f:Manisela
externa
43g:Perno comando válvula VCS fig.4
48:Pernos para soporte 42
49:Pernos para cilindro 52
52:Cilindro
54:perno
50:Pistón con portaempaquetadura, turca y arandela
56:Base
57:Cubierta
30,37,40,43,43c,43d,44,45,46,47,51,53,55:Empaquetaduras.

Leyenda de fig. 2.3.2.2 Cámara de interrupción IAC

- 1. - Monoblock
- 3. - Manguito aislante
- 7. -Resorte
- 8. -Tope aislante
- 9. -Pistón válvula de soplo
- 9a.-Tureca y arandela para posición 9
- 12.-Tapón válvula de soplo
- 15.-Plaquita de bloqueo
- 16.-Peno y arandela para posición 14
- 18.-Tubo de cobre
- 20.-Pistón contacto móvil
- 21.-Cañón contacto móvil (*)
- 34.-Portabridas
- 40,40a.-Contacto auxiliar, brida, resorte, perno y arandelas
- 41.-Cuerpo de válvula de descarga rápida.
- 43.-Tapón, resorte, pistoncito válvula descarga rápida.
- 44,46.-Regulador duración apertura válvula de soplo,tapa.
- 48,50.-Perno regulador de velocidad cierre contacto móvil, tapón.
- 52.-Aislador anillado C.0136 (para atmósfera contaminada C.0139).
- 53.-Perno para fijar el aislador al monoblock.
- 71.-Perno, arandela montaje, cámara al cuerpo de la válvula piloto.
- 72,73,74,75. Grupo radiador

76.-Placa de asiento de Cobre-Aluminio.

Empaquetaduras : 2*, 4*, 5, 10, 13*, 17*, 19, 23, 25, 26, 29, 29a, 35, 38*, 42, 45*, 47, 49*, 51, 69*, 70*.

Distanciadores : 27, 30, 32.

Porta empaquetaduras : 6, 14, 22, 33, 37.

Platinas : 11, 24, 28, 31, 36, 39.

Partes relativas sólo a la cámara IAC

54.- Base con terminal.

55.- Soporte contacto fijo.

56.-Perno y arandela para posición 55.

57.-Plancha de bloqueo.

58.-Perno y arandela para posición 57.

59.-Guía contacto y fijo.

60.-Sectores de contacto, guía móvil, perno y arandela.

61.-Patín.

62.-Contacto fijo. (*)

63.-Resorte a taza.

64.-Distanciador

65,66.-Anillos aislantes

67.-Empaquetaduras

68.-Perno arandela para posición 54

Nota :Las partes siguientes a cambios son los que están con (*).

Leyenda fig. 2.3.2.1.2

Esquema neumático Interruptor IAC/IAD

Recadro 1: Organo de comando del interruptor (Amoniaco 1
fig. 2)

BM :Bloqueo para mínima presión (fig.6)

FP :Filtro principal

MA :Manómetro

PAM:Pulsador neumático de apertura

PCM:Pulsador neumático de apertura

Pm1:Presostato de señalización por mínima presión

RC1:Grifo para manómetro patrón

VNR:Válvula de no retorno

VIP,VIF:Válvula de cierre

Recuadro 3 :Organo de comando de un polo

AR :Válvula de autotención

AT :Asta de transmisión

CS :Conmutador de señalización

EVA,EVC:Electroválvula de apertura y de cierre.

EVA1:Electroválvula de apertura ala falla de tensión

FF :Filtro de fase

NR :Válvula de no retorno (solko en IAC/IAD 6420)

MP :Cilindro retorno hasta AT

Pm2:Presostato de bloqueo por mínima presión

PF :Cilindro piloto de fase

RC2:Grifo de control

RV :Grrifo de cierre

R1,R2:Retardador

SC :válvula de seguridad

VA,VCH:Válvula de apertura y de cierre

VAP: Válvula de antibombeo

Recuadro 4: Organo de comando de un par de cámaras

AI :Asta aislante

CA :Cilindro de comando válvula VP

PA :Vávula piloto auxiliar

VCS:Válvula comando conmutador de señalización

VP :Válvula pilota.

Partes comunes de la cámara IAC e IAD

CC:Contacto tipo "C".

CR:Condensador de repartición (450 PF)

D,E:Pieza comando válvula VC

F :Conducto descarga válvula VC

G,H:Pieza comando contacto CC

VC:Válvula de soplo tipo "C"

Partes realtivas a la cámara IAC

CF:Contacto fijo

Partes ralativas a la cámara IAD

CD:Contacto tipo "D"

CVD,EVD:Pieza comando válvula VD

PVD:Válvula pilota de la válvula VD

VD:Válvula de soplo tipo "D"

Leyenda fig. 2.3.3

Esquema neumático de compresión 2/60/1000

AAP -Presostato de alarma mínima presión lado A.P.

C -Compresor de aire.

CVA -Llaves con contactos auxiliares.

E -Desecador.

F -Filtro.

FA -Filtro aspiración.

MAP -Manómetro A.P. con contactos de arranque y parada.

MBA -Manómetro A.P. con contactos para parada de emergencia

MBP -Manómetro B.P. con contactos de señalización.

NR -Válvula de retención.

R -Llave de macho.

RC -Llave de bridas para manómetro patrón.

RSC -Llave descarga condensado.

S -Tanque.

SP -Tanque pulmón.

VR -Válvula de reducción

VS -Válvula de seguridad.

VSC -Válvula descarga condensado.

VST -Válvula de cierre automático.

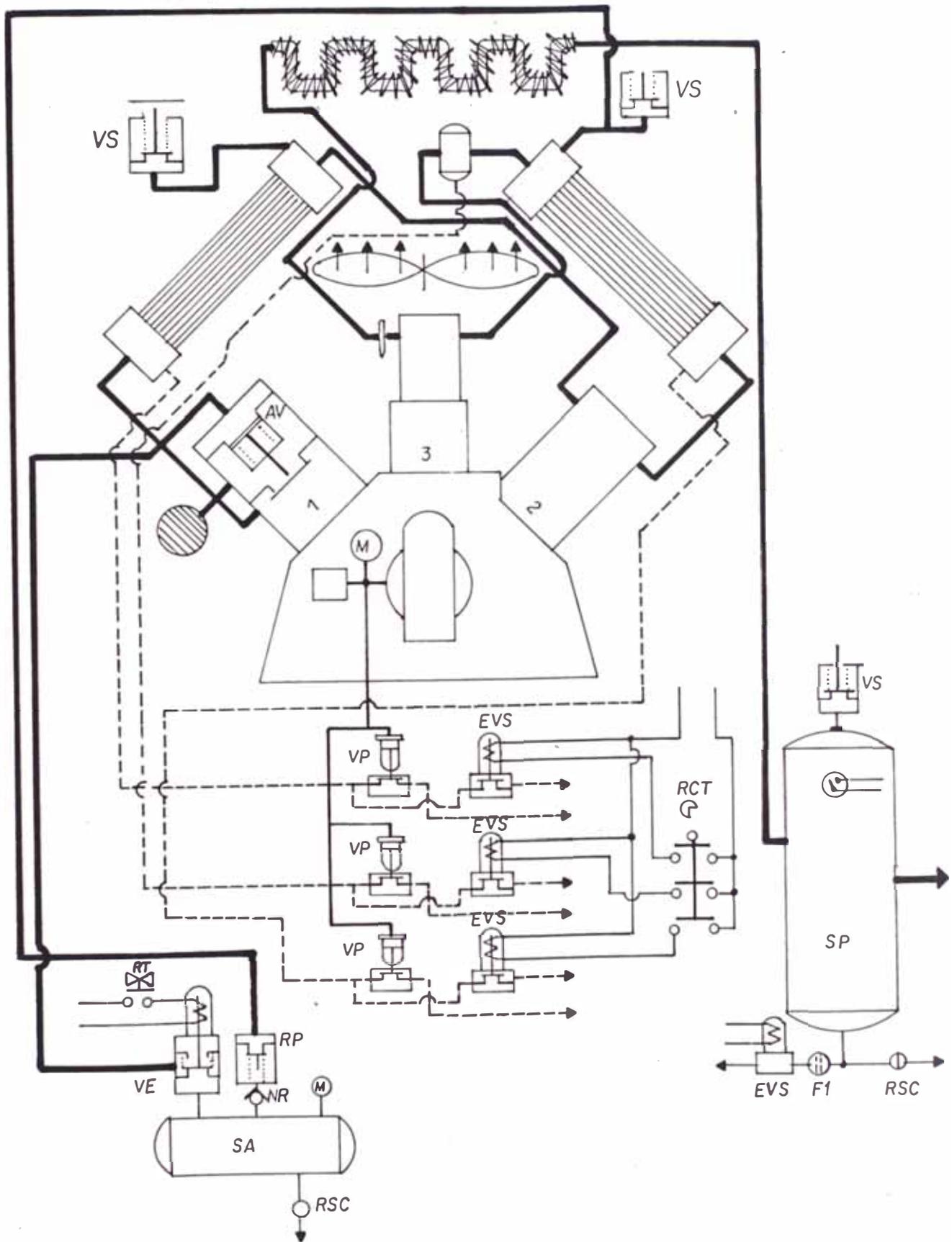


Fig. 2.3.3.1 Esquema neumático Compresor Ceccato tipo 6781

Leyenda fig. 2.3.3.1

Esquema neumático

Compresor CECCATO tipo 6781

VP Válvula Oleodinámica de descarga condensado: abre cuando falta la presión de lubricación.

EVS Electroválvula condensado.

COP Presóstato de enclavamiento por falta de lubricación.

M Manómetro.

F Filtro de aspiración en baño de aceite.

RP Válvula de reducción ajustada a 6 bar

NR Válvula de No-retorno.

VE Electroválvula de tres vias.

RT Relé de tiempo.

CT1 Termóstato (escala 50-200 C) ajustado a 135-140 C

CT2 Termóstato (escala 50-200) ajustado a 140- 150 C

CT3 Termóstato (escala 50-320 C) ajustado a 250 C

VS Válvula de seguridad.

M1 Manómetro de contactos para vigilancia presión máxima en salida.

RSC Llave manual descarga condensado.

F1 Filtro de red de acero inox. :Limpiarlo de vez en cuando con gasolina y soplado de aire en sentido contrario a la salida de condensado.

AV Válvula neumática para arranque sin carga.

SA Tanque auxiliar (para levanta válvulas al arranque).

SP Tanque pulmón.

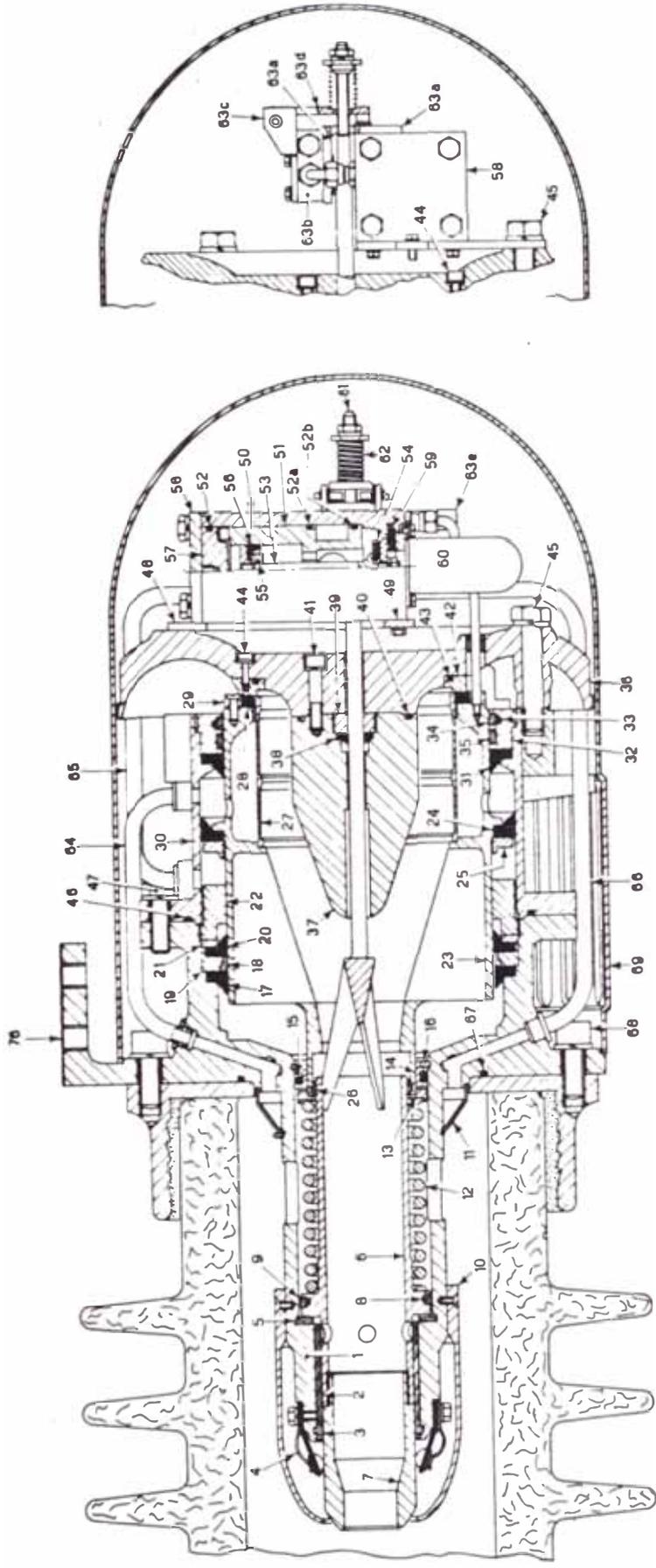


Fig. 2.4.2 Contacto semifijo tipo "D"

-54-
C U A D R O 2 . 5 . 1 . 1

NUMERO Y TIPO DE FALLAS EN LA LINEA 201

Año	A	B	C	D	E	Total
1978	01	01				02
1979	01	03				04
1980	05	01		02		08
1981	09			02	01	12
1982	04	01	01	05	01	12
1983	10			03		13
1984	08	05		03	03	19
1985	06	25		05	01	37
1986	05					05
1987	04	03		04		11
1988	05	17		06		28
1989	17	44		03	01	65

* Del total de fallas, 07 reconexiones exitosas.

NUMERO Y TIPO DE FALLAS EN LA LINEA 202

Año	A	B	C	D	E	Total
1978	01	01				02
1979	01	03				04
1980	05	01		02		08
1981	09			02	01	12
1982	04	01	01	05	01	12
1983	10			03		13
1984	08	05		03	03	19
1985	06	25		05	01	37
1986	05					05
1987	04	03		04		11
1988	05	17		06		28
1989	17	44		03	01	65

Línea 201, el 10% de las fallas son transitorias.

Línea 202, el 21.6% de las fallas son transitorias.

C U A D R O 2.5.2.a

CUADRO ESTADISTICO DEL NUMERO DE MANIOBRAS EFECTUADAS EN 1989
EN LAS LINEAS L201 Y L202

Fallas	Fallas a la partida	Energización gradual positiva	Energización gradual negativa	Exclusión en vacío	Maniobras mantenimiento	Maniobras promedio total	
L-201	65	23	88	77	18	77	260
L-202	60	18	79	28	21	43	170

(*)

(**)

(***)

(*) Maniobras durante el paralelo de las líneas con el sistema

(**) Representa las maniobras de cierre.

(***) Representa las maniobras de cierre y apertura.

Nota: Datos obtenidos del Registro Diario de Acontecimientos, elaborados por el personal de turno de la Unidad de Operaciones de la Central Mantaro, ELECTROPERU SA.

C U A D R O 2.5.1

NUMERO DE MANIOBRAS (CONTADOR) CO: CIERRE - APERTURA 1 MANIOBRA

AÑO	INTERRUPTOR DE LINEA			INTERRUPTOR DE ACOPLAMIENTO			INTERRUPTOR DE MAQUINA								
	L202			GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3					
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T			
1982	2	2	1	59	59	59	25	25	25	31	31	31	16	16	16
ENE	2	2	1	59	59	59	25	25	25	31	31	31	16	16	16
FEB	0	0	0	65	65	65	27	27	27	22	22	22	0	0	0
ABR	18	13	7	36	36	36	12	12	12	44	44	44	0	0	1
MAY	14	6	13	57	57	57	12	12	12	15	15	15	23	28	28
JUN	26	27	12	78	78	78	17	17	17	44	44	44	21	20	20
JUL	98	87	0	76	76	76	15	15	15	22	22	22	22	22	22
AGO	0	0	2	62	62	62	5	5	5	22	22	22	17	17	17
SET	13	13	2	57	57	57	19	19	19	13	13	13	15	15	15
OCT	4	5	20	69	69	69	11	11	11	8	8	8	23	23	23
NOV	15	13	1	46	46	46	7	7	7	27	27	27	12	12	12
DIC	6	6	9	97	97	97	29	29	29	44	44	44	8	8	8
TOTAL	2	2	4	37	37	37	10	10	10	21	21	21	14	14	14
	198	21	188	71	59	65	189	189	189	313	313	313	171	175	175

C U A D R O 2.5.2

NUMERO DE MANIOBRAS (CONTADOR) CO: CIERRE - APERTURA 1 MANIOBRA

AÑO	INTERRUPTOR DE LINEA			INTERRUPTOR DE ACOPLAMIENTO			INTERRUPTOR DE MAQUINA MANTARO								
	L202			GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3					
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T			
1983															
ENE	3	5	4	4	5	55	55	55	55	8	8	8	17	17	17
FEB	1	1	2	3	2	63	63	63	63	0	0	0	17	17	17
MAR	1	1	0	0	0	69	69	69	69	0	0	0	32	32	32
ABR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25	25
MAY	11	4	3	3	3	28	28	28	28	0	0	0	28	28	28
JUN	27	7	2	2	3	35	35	35	35	0	0	0	35	35	35
JUL	5	5	0	0	0	21	21	21	21	0	0	0	21	21	21
AGO	8	8	1	1	1	23	23	23	23	0	0	0	23	23	23
SET	6	6	2	2	2	16	16	16	16	0	0	0	16	16	16
OCT	2	2	1	1	1	19	19	19	19	0	0	0	19	19	19
NOV	13	13	8	8	8	21	21	21	21	0	0	0	21	21	21
DIC	8	10	5	6	5	20	20	20	20	0	0	0	20	20	20
TOTAL	85	31	62	8	30	30	187	187	187	8	8	8	265	265	265
													170	170	170

C U A D R O 2.5.3

NUMERO DE MANIOBRAS (CONTADOR) CO: CIERRE - APERTURA 1 MANIOBRA

Año	INTERRUPTOR DE LINEA			INTERR			DE MAQUINA			
	L202			CENTRAL			MANTARO			
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	
1984										
	L201	L202		GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3				
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R
ENE	0	0	0	0	0	0	39	39	39	1
FEB	5	5	1	0	0	0	26	26	26	0
MAR	3	4	3	0	0	0	21	21	21	4
ABR	8	8	4	0	0	0	15	15	15	5
MAY	1	1	0	0	0	0	15	15	15	1
JUN	3	3	4	0	0	0	34	34	34	18
JUL	11	12	13	0	0	0	30	30	30	10
AGO	3	3	3	0	0	0	15	15	15	9
SET	8	8	8	0	0	0	14	14	14	4
OCT	14	11	14	0	0	0	51	51	51	5
NOV	9	10	8	0	0	0	36	36	36	8
DIC	12	14	12	0	0	0	38	38	38	9
TOTAL	77	79	79	0	0	0	334	334	334	74

Grupo 1: Fuera de servicio por reparación

C U A D R O 2.5.4

NUMERO DE MANIOBRAS (CONTADOR) CO: CIERRE - APERTURA 1 MANIOBRA

Año	INTERRUPTOR DE LINEA		INTERRUPTOR DE MAQUINA											
	L202		GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3					
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T		
1985														
	2	2	0	0	0	0	0	0	32	32	32	12	12	12
FEB	12	12	15	15	15	0	0	0	33	33	33	10	10	10
MAR	18	24	4	3	3	0	0	0	12	12	12	10	10	10
ABR	10	10	7	7	7	0	0	0	54	54	54	4	4	4
MAY	11	17	47	47	47	0	0	0	57	57	57	14	14	14
JUN	35	42	49	49	49	0	0	0	27	27	27	23	23	23
JUL	7	6	8	8	8	2	9	9	32	32	32	6	6	6
AGO	25	26	11	11	11	0	0	0	29	29	29	42	42	42
SET	8	8	11	11	11	21	32	32	0	0	0	16	16	16
OCT	5	5	8	8	8	1	1	1	0	0	0	29	29	29
NOV	14	14	21	14	14	22	22	22	0	0	0	5	5	5
DIC	19	21	22	18	19	8	8	8	0	0	0	23	23	23
TOTAL	166	187	203	191	192	54	72	72	276	276	276	194	194	194

C U A D R O 2.5.5

NUMERO DE MANIOBRAS (CONTADOR) CO: CIERRE - APERTURA 1 MANIOBRA

Año	INTERRUPTOR DE LINEA		INTERRUPTOR DE MAQUINA												
	L202		GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3						
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T			
1986															
ENE	0	0	0	10	6	6	0	0	0	0	0	0	14	14	14
FEB	3	3	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	14	14	14
MAR	7	7	7	7	7	7	8	8	8	0	0	0	21	21	21
ABR	2	2	2	5	5	5	7	7	7	0	0	0	2	2	2
MAY	1	1	1	28	29	28	18	18	18	0	0	0	5	5	5
JUN	5	5	5	13	13	13	3	3	3	0	0	0	21	21	21
JUL	8	8	8	6	6	6	18	18	18	0	0	0	1	1	1
AGO	2	2	2	4	3	3	8	8	8	0	0	0	15	15	15
SET	4	4	3	3	3	2	6	6	6	0	0	0	4	4	4
OCT	8	9	8	5	5	6	9	9	9	0	0	0	12	12	12
NOV	14	14	14	6	4	4	18	18	18	0	0	0	3	3	3
DIC	1	1	1	9	9	9	12	12	12	0	0	0	24	24	24
TOTAL	55	55	55	97	91	90	107	107	107	0	0	0	136	136	136

Grupo 2 :Fuera de servicio por reparación

CRITERIOS DE SELECCION DE INTERRUPTORES DE HEXAFLUORURO

AZUFRE3.1 Generalidades

Por sus excelentes propiedades dieléctrica, con respecto a las del aire a presión, el Hexafluoruro de azufre ha permitido el desarrollo de los interruptores SF6. Los interruptores de aire, para los niveles de tensión de nuestro sistema, requieren de mayor cantidad de cámaras de extinción en serie por polo (ruptura múltiple) Lo que incrementa el número de repuestos de manera proporcional. Además, la necesidad de disponer de aire comprimido exige una instalación apropiada y en buenas condiciones, ya que la falta del mismo dejaría inactivo el interruptor.

Los reencebamientos experimentados, cuando se desconectan largas líneas de alta tensión y en vacío, dan origen, ciertamente, a sobretensiones. Los interruptores de aire, por su rapidez en cortar el arco los hacen seguros; pero, cuando no son ejecutados las intervenciones de inspección y sustitución de las partes con deficiencias, pierden su capacidad de ruptura (rapidez) como ha sucedido con los interruptores en servicio; a causa del fenómeno citado se quedaron cerrados hasta dos cámaras, con el consecuente deterioro de las otras dos que soportaron el doble de la

tensión normal de apertura.

El gas Hexafluoruro de azufre, como medio extintor de los arcos eléctricos, para su característica de electronegatividad, posee un excepcional poder desionizante y una elevada velocidad de respuesta de la rigidez dieléctrica, que le permite soportar variaciones de tensión particularmente elevadas, lo que ha permitido construir interruptores con número reducido de cámaras de interrupción (últimamente una cámara por polo).

3.2 Datos técnicos para la selección

3.2.1 Datos técnicos esenciales

Tensión nominal o de ejercicio (eficaz). la tensión nominal del Sistema Mantaro es de 220 kV.

Corriente nominal (corriente de fase expresada en valor eficaz que puede soportar en servicio continuo cada polo del interruptor) : 2 000 A.

.Para los Interruptores de Grupo : 300Amp. (*)

.Para los Interruptores de Línea : 300 Amp. (*)

(*) Las corrientes indicadas corresponden a los valores

máximos en la hora de mayor demanda. (Servicio Normal)

Frecuencia nominal : 60 Hz.

Corriente de sobre carga (el más alto valor eficaz de la corriente que puede atravesar el interruptor, durante 1, 3, 5 segundos sin que este sufra daños) :

Por 1 segundo : 31 kA.

Por 3 segundos : 18 kA.

Por 5 segundos : 14 kA.

Corriente nominal de ruptura (al máximo valor eficaz de la corriente de la ruptura compatible con una determinada prestación del interruptor) :31 kA.

Corriente nominal de cierre (el valor instantáneo de la primera simi onda de la corriente, comprendida la componente unidireccional que se encuentra en el circuito en el momento de su cierre) :45 kA.

Prestación. Este valor, según las normas y para una determinada corriente de ruptura, debe constar de un sólo ciclo de trabajo : 0 0.3 seg. CO 3 min. CO

Tiempo de maniobra con capacidad de ruptura nominal (m.sec.) :

Tiempo de apertura :30

Tiempo de arco :18

Tiempo de interrupción :48

Tiempo de cierre :120

Tensión máxima de ejercicio : 245 kV.

3.2.2 Otros datos técnicos importantes.

Los interruptores a ser instalados como reemplazos deberán ser de Hexafluoruro de Azufre (SF6).

Los interruptores deben ser unipolares, reunidos en bancos trifásicos y deberán garantizar las prescripciones indicadas.

Los interruptores deben interrumpir cualquier corriente de falla hasta el 100% del poder de ruptura nominal, con cualquier factor de potencia sea en adelanto o en atraso; además, deben interrumpir las corrientes capacitiva de línea (195km.) en vacío sin introducir sobretensiones de maniobra peligrosa para el equipo.

Los interruptores en las salidas de las líneas deben ser previstos para una rápida y automática apertura y conexión, tanto monofásica como trifásica, que permita la eliminación de averías en la línea sin pérdida de sincronismo o interrupciones de servicio. El equipo y los dispositivos para la reconexión en tablero para relés,

deben estar ubicados en la Sala de Control.

Los **interruptores** deben estar exentos de vibraciones, de excesivo desgaste de las partes móviles, de daños en el aislamiento a causa de dilataciones térmicas diferenciales de los aisladores de soporte y de las partes activas, en cualquier condición de funcionamiento y carga, y soportar en servicio continuo la corriente nominal dentro de los valores de sobretensión establecidos en las normas.

Las cámaras de interrupción deben tener un diseño tal que asegure su servicio durante varios años sin mantenimiento, y debe ser de fácil acceso para las operaciones de mantenimiento. Además debe asegurar la distribución uniforme de la tensión entre las cámaras de interrupción, mediante adecuados sistemas de capacidades y/o resistencias (si es de dos cámaras de interrupción).

Los contactos principales deben ser de aleaciones especiales, de alto punto de fusión y elevada resistencia mecánica, con modernos y eficaces dispositivos para una rápida desionización y extinción del arco (SF₆).

El interruptor deberá ser tal que mantenga la simultaneidad de la separación de los contactos constantes en el tiempo.

3.2.3 Datos técnicos. Dispositivos de mando.

Tensión de alimentación del dispositivo de mando : 220
V.d.c

El interruptor debera contar con los dispositivos de mando completamente autónomo sin necesidad de instalaciones centralizadas, como de compresión de aire.

El dispositivo de mando debe ser provisto de equipo antibombeo y de interbloqueo, mecánico y eléctrico, para excluir la simultaneidad y superposición de maniobras locales y a distancias.

3.3 Pruebas y ensayos

3.3.1 Pruebas

Las pruebas a que deben someterse los interruptores son de dos clases : Pruebas de tipo y Pruebas de verificación; estas, a su vez, deberan cumplir con los requerimientos establecidos por las normas IEC.

3.3.1.1 Prueba de tipo

Son los que sirven para determinar las características de diseño de los interruptores :

a) De prestación La prueba de presentación sirve para determinar la corriente de ruptura nominal y la corriente

de cierre nominal. Para las mediciones debe emplearse un oscilógrafo para poder registrar : la corriente de fase la tensión de fase y la tensión del arco. El ciclo de trabajo correspondiente debera repetirse en número suficiente de veces hasta que se pueda asegurar que se han verificado las más duras condiciones de funcionamiento.

b) Prueba de sobrecarga, sirve para comprobar que el interruptor está dispuesta para soportar las corriente de sobrecarga fijada.

c) Prueba de aislamiento, esta prueba es tanto para el "tipo" como para la "verificación". Su objeto es comprobar la aptitud del interruptor para funcionar a la tensión nominal y verificar la bondad de todo el material aislante.

d) Prueba de resistencia mecánica, tiene por objeto controlar que toda la parte mecánica del interruptor, comprendido el mando, es suficientemente robusta y apta para el trabajo que debe enseñar. Para la prueba de resistencia mecánica, es preciso someter al interruptor completamente montado a una sucesiva serie de aperturas y cierres, cuyo número no sea inferior a 500 después de esta prueba no precisara al interruptor ninguna reparación de ajuste

e) Prueba de presión, son pruebas de resistencia de la caja

a la presión interna.

3.3.1.2 Prueba de Verificación

Son las que sirven

a) Pruebas de funcionamiento , es una prueba de verificación y debe hacerse con el interruptor instalado, y su objeto es comprobar la regularidad del montaje, especialmente en lo relativo al funcionamiento del mando y la simultaneidad de la maniobra de los tres polos.

De las pruebas de funcionamiento :

Control de tiempo de maniobra y contemporaneidad por medios de OSCILOGRAMAS.

Abertura : tiempo nominal (sin relé auxiliar) desde el mando hasta la interrupción de la continuidad metálica del circuito (29 ± 2 m.s.). Valor de referencia interruptor de dos cámaras.

Cierre : Tiempo nominal (sin relé auxiliar) desde el mando hasta establecerse la continuidad metálica del circuito. (120 ± 5 m.s).

Valor de referencia interruptor SF6 de dos cámaras.

Máxima discordancia entre los tres polos entre apertura y

en cierre : 5 ms. (valor de referencia).

Prueba de mando local

Prueba de mando a distancia

Verificación señalización presión interruptor

Verificación si el mando local excluye el mando a distancia y viceversa.

Verificación funcionamiento a reenganche, según el ciclo :

O - 0.3 s - CO - 3 min. - CO

sólo para interruptor de línea.

-Verificación de la reserva propia de energía de maniobra con compresor parado (si el mando es neumático : O-CO-CO

b) Control de tipo. Sirve para comprobar que en el suministro de varios interruptores, todos responden al interruptor tipo en el cual se han efectuado las pruebas tipo.

3.3.2 Ensayos

Los ensayos son efectuados principalmente en los laboratorios de potencia del fabricante ó en redes de alto poder de concentración de energía como en los países Europeos.

Principalmente los ensayos a efectuarse según Magrini Galileo y contempladas en las normas CEI es para comprobar las siguientes poderes de interrupción.

- a) De corto circuito con cierre rápido.
- b) De corriente magnetizante.
- c) De pequeña corriente magnetizante.
- d) De línea en vacío.
- e) De falla en línea, falla kilométrica.
- f) De falla consecutiva.
- g) En discordancia de fase.
- h) De corto circuito repetido. Ver anexo V .

3.4 Exigencias del Sistema en la Toma de Decisiones

El sistema de Interconectado, con la aparición de las acciones subersivas se han venido debilitando, no permitiendo el transporte normal de la energía eléctrica, desde el Complejo Hidroeléctrico del Mantaro a través de sus principales líneas de transmisión, especialmente la líneas 201 y 202, habiendo sido diezmadas cuantiosas torres (100) y cuyas reparaciones, en definitiva, a consecuencia a la falta de presupuestos y recursos económicos, no han sido completadas. La reparación provisional con reticulados (*) y postes de fibra de vidrio en su mayoría no ha permitido el normal transporte del fluido eléctrico a los principales centro del consumo del Sistema, ocasionando constantes fallas soportadas por los interruptores de la líneas ya mencionadas. Estas fallas se identifican como :

-Fallas propias de la Red : Rotura de vientos, cable de

guarda, bajo aislamiento de las líneas (por la cercanía de los cables a tierra o entre fases). Estos tipos de fallas han ocasionado sobrecorrientes de intensidades variables, que son registradas a través de un oscilógrafo, no contando con dispositivos de supervisión para el registro de las corrientes de fallas, que nos permita preveer con exactitud el cambio de los contactos.

La intensidad de dichas fallas se puede determinar aproximadamente midiendo la amplitud de la onda, comparada a la de servicio. como del registro se observa la servicio. Como ejemplo del registro se observa : fig. 3.4

Línea 201 : La corriente normal es de 500 Amp.

La corriente de falla, aproximadamente 5 veces a la normal igual a 2.5 kA.

La corriente de falla fue a consecuencia del bajo aislamiento, fase "S".

(*) Reticulado : Estructura metálica de varios cuerpos.

La intensidad varia según las distancias de los puntos de falla. (**)

Par los efectos de cambio de los contactos, según recomendaciones del fabricante de los interruptores de aire (capacidad de corto circuito : 18 kA.) no es muy crítico el efecto térmico comparado al. desgaste de las empaquetaduras del conjunto móvil de los contactos, de las válvulas y del comando.

Además, es necesario mencionar las influencias de las tensiones generadas (tensión transitoria de recuperación TRV) después de la apertura de los contactos para los diferentes tipos de fallas, a fin de ser evaluado y determinar las bondades del interruptor a seleccionar, ya que la tensión transitoria de recuperación tiene una influencia muy importante en el poder de ruptura del interruptor (ver anexo IV)

(**) A través del programa de fallas asimétricas (OIT021) se puede, determinar las corrientes de fallas mínimas y máxima, para lo cual, se simuló fallas monofásica y trifásica a tierra en la Sub-Estación Campo Armiño y Pomacocha. Ver cuadros de datos y cálculos. Ver anexo VI

Descargas atmosféricas : La reposición provisional de las líneas através de by-pass (*) no ha permitido implementar las protecciones de las líneas contra las descargas atmosférica, que representa un buen porcentaje del total de las contingencias (fallas) mencionadas :

En el año 1989 :

Línea 201 : 26%

Línea 202 : 33.3%

De las estadísticas se observa que las perturbaciones son de tipo permanente y transitorio, por lo que es necesario considerar también la importancia del reenganche rápido a fin de reducir las interrupciones de líneas en porcentaje elevado.

-Las otras fallas indicadas en el sub-capítulo 2.5, representa poca relevancia según el porcentaje determinado.

Otra exigencia del Sistema, en estudio, es el hecho de interrumpir circuitos concorrente capacitiva (las Líneas 201 y 202 en vacío hasta la Sub-Estación de Pomacocha; en ciertos casos hasta la Sub-Estación de San Juan en Lima).

(*) Reticulado y postes de fibra de vidrio.

La modalidad de operación de los interruptores también se fue incrementado debido a las reposiciones provisionales de las torres ya mencionadas, pues, para las actividades de reparación es solicitada en forma continua la exclusión de ambas líneas. Ver cuadro 2.5.2.a.

Como es conocido, las interrupciones de líneas en vacío constituye, para las redes de alta tensión, un problema que hay que tener en cuenta. Las interrupciones peligrosas se presentan en estos casos si los interruptores no son capaces, por su diseño y técnica, de evitar el reencebamiento (causa de la aparición de las sobretensiones).

Los interruptores de aire, por tener gran rapidez en la extinción del arco, se comportan correctamente haciendo difícil que se produzcan los reencebamientos,. Pero, estas cualidades las perderían sino se les da atención necesaria de acuerdo a las recomendaciones dada por el fabricante; especialmente por sustituir piezas de las partes móviles de las cámaras de interrupción y comandos (empaquetaduras) que incide en la reducción de la velocidad para apagar los arcos.

Estos fenómenos, como se comentó anteriormente, han causado daños graves en las cámaras que lograron separar su contacto (como deterioro y rotura de los aisladores del cuerpo, daños de chisporroteos profundo de los contactos y

calcinación de la empaquetaduras del conjunto móvil).

Por las propiedades dieléctricas del Hexafluoruro de Azufre, los interruptores han sido reducidos al mínimo número de cámaras (actualmente a una sola cámara); además, su gran rapidez para enfriar y extinguir el arco los hace capaces de no permitir daños en el interior de las cámaras, impidiendo sobre todo los reencebamientos.

Tales bondades del interruptor SF6, les permite soportar aún más las severas exigencias del Sistema Mantaro.

3.5 Comportamiento del Interruptor ante una Contingencia

3.5.1 Proceso de Interrupción

El proceso de la interrupción de la corriente tendría lugar cuando el corte de circuito se realice al paso de la intensidad cero, y se mantuviese nula la tensión del arco durante los períodos que preceden a la interrupción. Este objetivo se ha logrado en parte, con la reducción del tiempo de reducción del arco y manteniendo la tensión de esta a un valor muy débil.

Con la aparición del Hexafluoruro de Azufre se superó el problema de dar, inmediatamente después de la apertura de los contactos, una rigidez dieléctrica suficiente al espacio que los separa, para hacer imposibles de este modo

los reencebamientos del arco.

La rapidez lograda por los actuales interruptores, desde que el relé cierra los contactos e inicia la intervención está comprendida entre 33 - 50 m.sec. La duración del arco máximo es de 18 ms.

Cuando la corriente pasa por cero, la energía magnética en el circuito de cero y el arco puede ser prevenido de un nuevo encendido.

Si no ocurre el nuevo encendido del arco, el presente medio de átomos neutros o ionizados, así como electrones libres de conducción, debe ser enfriado bajo la temperatura de conductividad térmica.

La fig. 3.5.1.1 muestra una representación gráfica de la temperatura del arco en función del radio del arco cerca a la corriente cero, enfriado con gases moleculares de aire y Hexafluoruro de Azufre (SF₆).

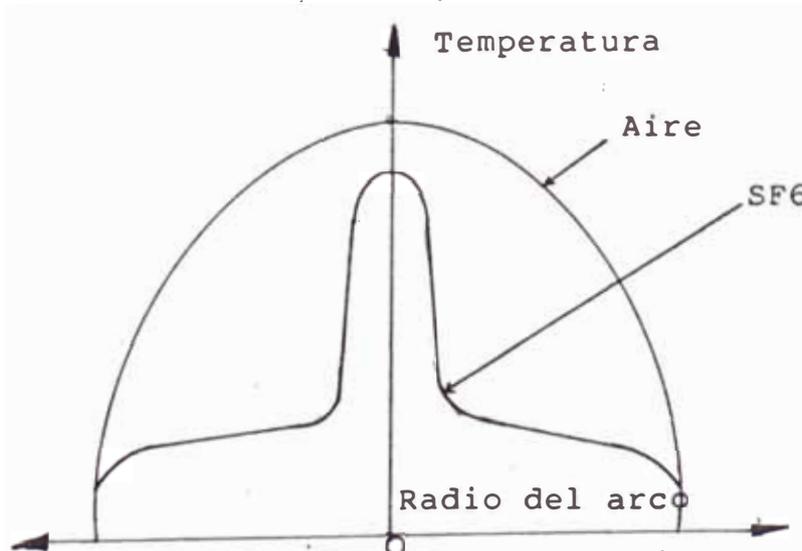


Fig. 3.5.1.1 Temperatura del arco en función de su radio

Si el núcleo central caliente de los arcos es removido por SF6 y aire, enfriamiento después de la corriente cero, la distribución de la temperatura en amplia base permanece, tal como se muestra en la fig. 3.5.1.2.

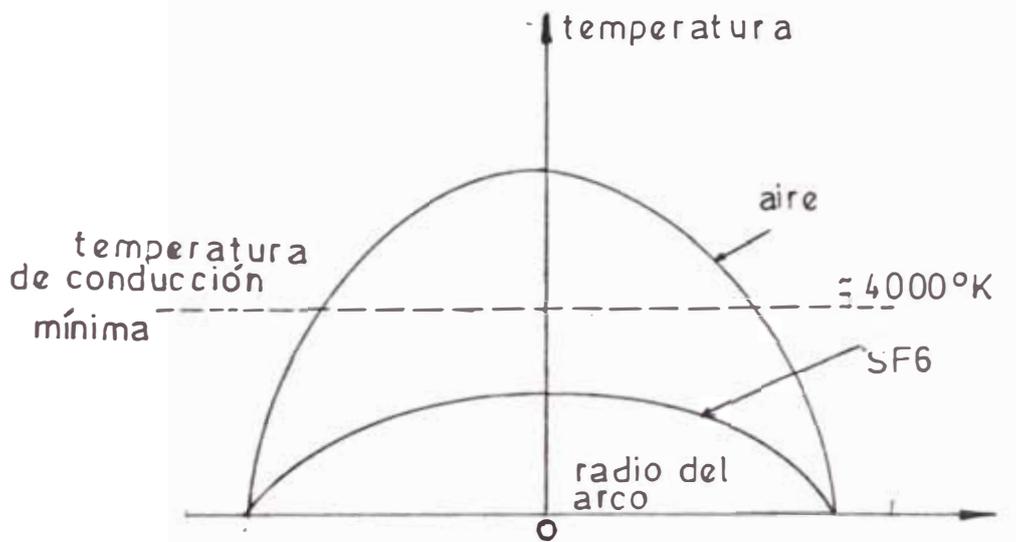


fig. : 3.5.1.2 Distribución de la temperatura después de la corriente cero

En este caso, con el nivel de temperatura de conducción mínima mostrada, la conducción del arco en el aire continuaría, mientras que el arco refrigerado en SF6 sería extinguido (4,000 K). Ver fig. 3.5.1.3.

El enfriamiento requerido para obtener esencialmente el estado de no conducción está sobre el orden de 1000 °K por microsegundo. Aunque la corriente de arco ha llegado al valor 0, la conductividad de la columna del arco todavía tiene un valor limitado, y así, algunas corrientes en

dirección opuesta con una correspondiente tendencia de la conductividad del arco, o a incrementar nuevamente, causando una falla para interrumpir el circuito, como se muestra en la fig. 3.5.1.4.

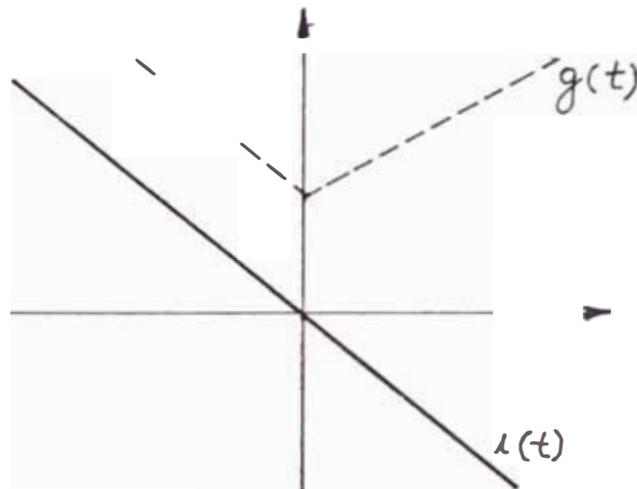


fig. 3.5.1.4 Reencebamiento ideal

En una interrupción favorable, dan lugar a una insuficiente entrada de energía hacia las áreas, y la conductividad tiende a decaer, como se muestra en la fig. 3.5.1.5.

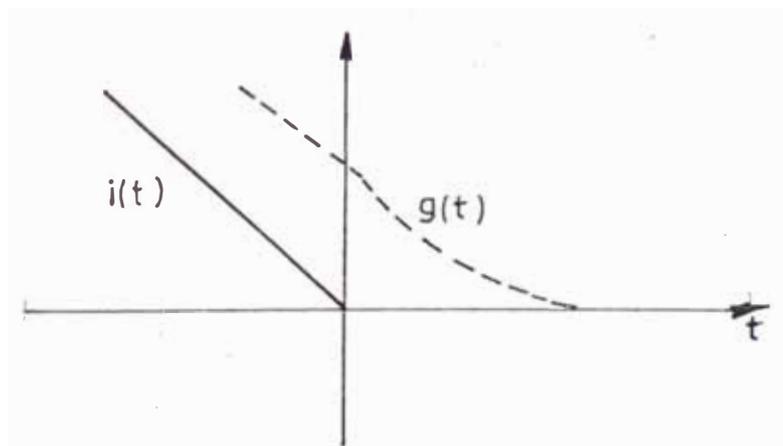


fig. 3.5.1.5 Interrupción ideal, conductividad retardada.

Es muy importante considerar el efecto de la tensión transitoria de restablecimiento TRV en la interrupción de un circuito, contribuyendo al reencebamiento del arco en dos regiones después de la interrupción de la corriente.

La primera es la "región térmica", donde se produce el balance de energía entre el gas y el balance de la TRV; si no es favorable el balance, la conductividad incrementaría su valor. Ver fig. 3.5.1.6.

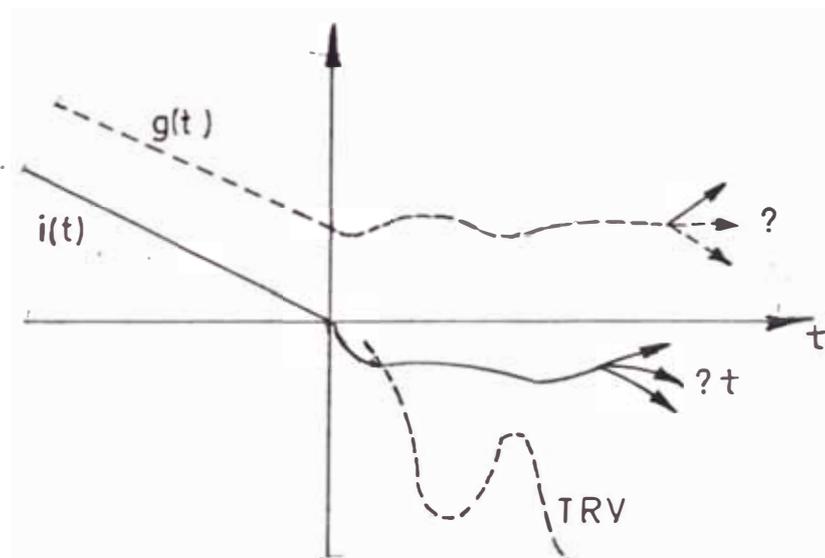


fig. 3.5.1.6 : Variación de la conductividad.

Si el balance es favorable a decenas o cientos de microsegundos, se produce un esfuerzo dieléctrico en la segunda región que se denomina "región dieléctrica". Estas dos regiones se muestran en la fig. 3.5.1.7.

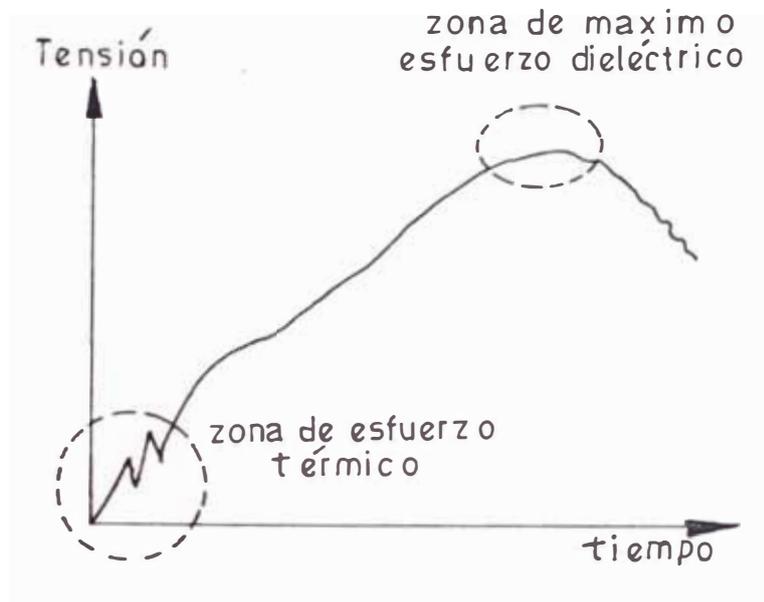


fig. 3.5.1.7 : Regiones térmica y dieléctrica.

Para una interrupción completa de la corriente, la decisión del balance de la energía debe ser favorable y el espacio libre entre contacto no debe fallar dieléctricamente.

3.5.2 Comportamiento del Gas SF₆ en Proceso de Interrupción

3.5.2.1 Características Físicas y Químicas

El SF₆ es un gas incoloro e inodoro, sus principales propiedades son :

Peso molecular : 146.07 gr.

Temperatura crítica	: + 45.5 C
Presión crítica	: 40 bar.
Densidad crítica	: 0.730 gr/cm
Densidad a 20 °C	:
A presión absoluta de 1 bar	: 6.4 gr/dm
A presión absoluta de 2 bar	: 12.5 gr/dm
A presión absoluta de 6 bar	: 39 gr/dm

a velocidad del sonido en el SF6 es más o menos tres veces menor que la del aire.

El SF6 es especialmente estable. El calentamiento no lo descompone, sino por encima de 500 °C, a pesar de que ciertas materias puede facilitar un poco esta descomposición parcial de SF6 se observa bajo, la acción del arco. Los productos de descomposición son esencialmente productos gaseosos (fluoruro de azufre, fluor y oxígeno) y productos sólidos (fluoruro y sulfuros metálicos).

3.5.2.2 Propiedades Eléctricas

El SF6 posee excelentes propiedades dieléctricas. En condiciones comparables, la rigidez dieléctrica del SF6 es unas 2.5 veces mayor que el aire. Ver.fig. 3.5.2.2.1.

A pesar de que sean debidas a varios factores, estas propiedades van estrechamente unidas con la naturaleza muy electronegativa de la molécula SF6, que capta los

electrones libres y retarda el fenómeno de avalancha que origina la disrupción. Esta misma razón hace que el SF6 sea un agente de extinción del arco, cuya eficacia se puede estimar a más de diez la del aire. Las curvas de tensión disruptivas del SF6 y del aire en relación con la presión se ilustran en la fig. 3.5.2.2.2.

3.5.2.3 Propiedades Térmicas

La eficiencia también se explica por ser un excelente medio del transporte del calor durante el periodo del arco, con una mínima cantidad del gas comprimido. Ver fig. 3.5.2.3.

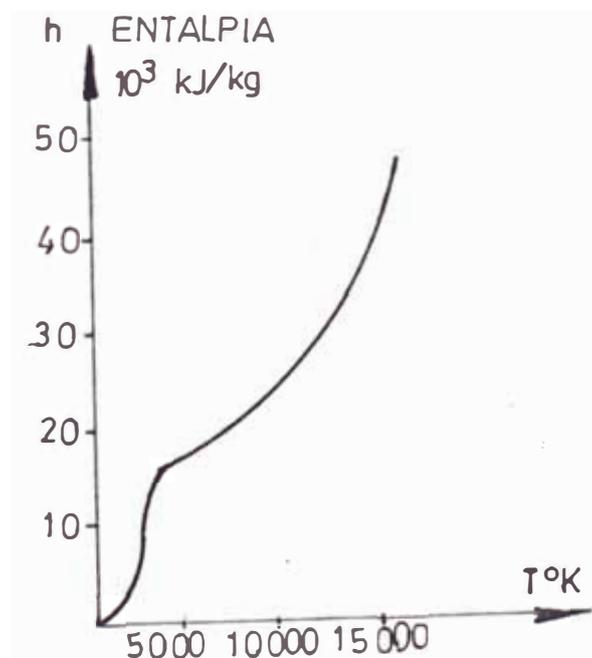


fig. 3.5.2.3 : Entalpia del SF6 en función con la temperatura.

Las propiedades mencionadas de este gas, han permitido que

sea un magnífico apagador del arco en el proceso de interrupción.

Seguidamente examinaremos los fenómenos físicos que aparecen en el orden cronológico durante la apertura del interruptor :

Periodo del arco (a la espera del cero de corriente).

El gas deberá evacuar rápidamente la energía calorífica, producida por el arco y suministrada por la red de distribución

Cero de corriente, cuando reaparece la tensión; nuevamente el gas deberá balancear la zona térmica y dieléctrica de la "TRV".

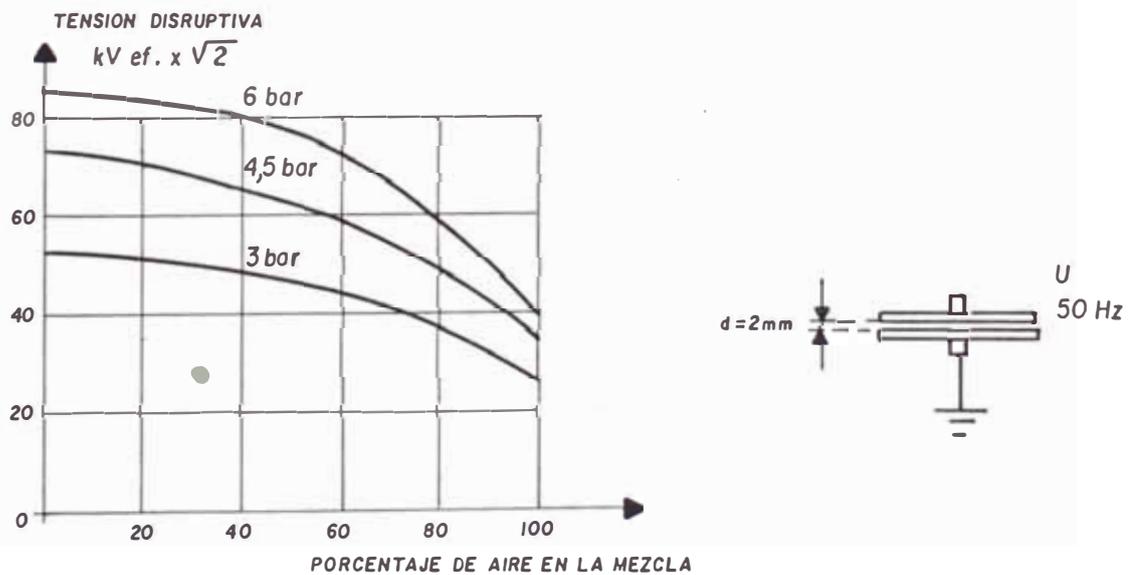
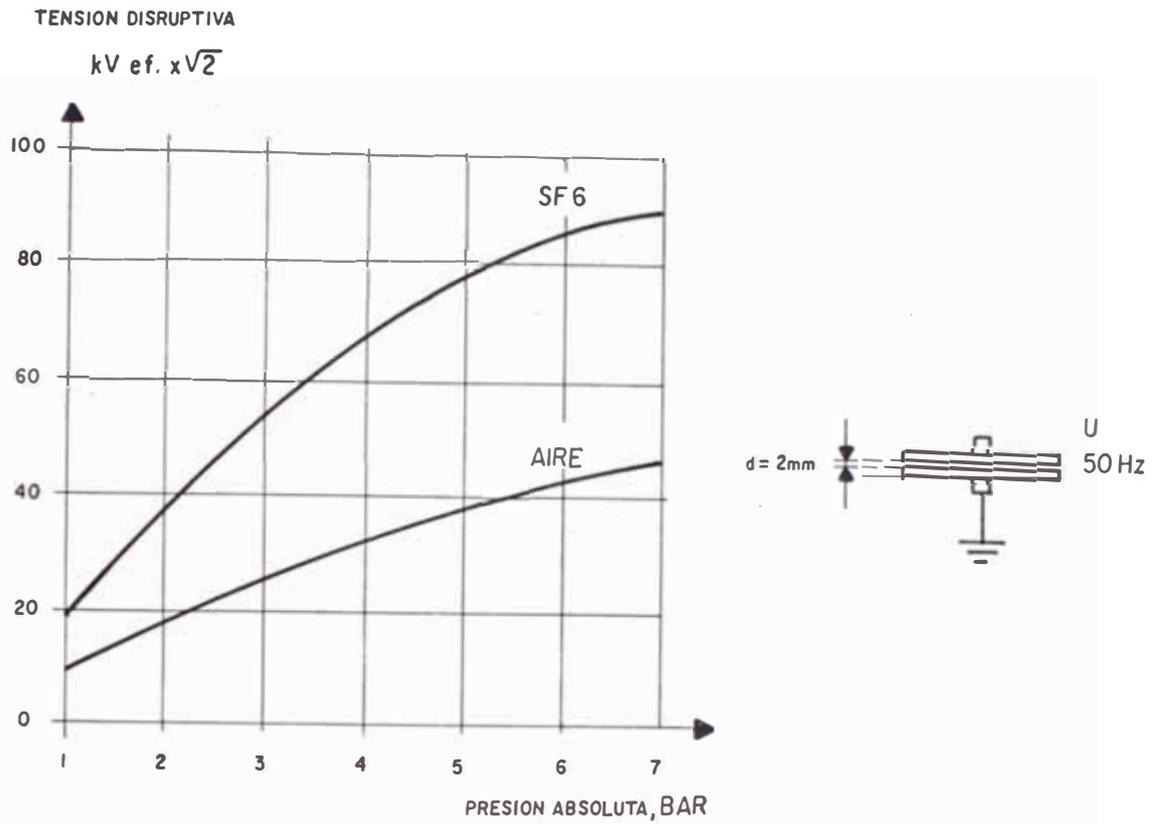
La propiedad muy importante para este periodo es su constante de tiempo de conductividad térmica muy baja. Esta constante de tiempo es del orden de un microsegundo, así lo determinan cálculos comprobados experimentalmente; en otras palabras 100 veces más baja que la del aire. Ver fig. 3.5.2.3.1

3.6 Normas que Deben Cumplirse

Las normas a adoptarse en la construcción y en las pruebas de los interruptores, son las IEC, CEI 265-2 (1988), vigentes en Europa. Podrán aceptarse otras normas si éstas

garantizan un suministro en calidad no inferior.

En cualquier caso se respetarán los códigos y los reglamentos de construcción vigentes en el Perú y el código eléctrico del Perú.



COMPARACION DE ALTERNATIVAS

4.1 Generalidades

Las bondades de los interruptores de SF6 y las experiencias con éstos en nuestro Sistema, respecto a los del aire, ha permitido determinar las alternativas siguientes :

Sustitución integral de piezas y componentes de los actuales interruptores de , más sus ventajas de compresión

Sustitución por nuevos interruptores de SF6

4.2 Evaluación y Comparación de Alternativas

4.2 Evaluación de Alternativas

Para efectuar las evaluaciones consideremos los criterios siguientes :

Diseño físico de los interruptores

Capacidad satisfacer los requerimientos del sistema.

Experiencia del Sistema.

4.2.1.1 Alternativa 1.

Criterio 1

Los interruptores de aire constan de cuatro cámaras de interrupción por polo, cada cámara esta compuesta por :
Contactos principales (fijos y móviles).

Los interruptores de aire, en su sistema neumático, están compuestos por diez órganos de comando :

Organo de comando del interruptor. (1)

Organo de comando de un polo. (3)

Organo de comandos de un par de cámaras (incluidas las cámaras). (6)

Este conjunto de órganos precisa de muchas válvulas y empaquetaduras, a través de los cuales debe pasar el aire comprimido de escape que ha de permanecer estanco hasta el momento preciso.

La constitución de cuatro cámaras por polo, requiere el uso de condensadores (450 pico faradios) para la repartición proporcional de la tensión al momento de la interrupción.

Para el comando del conjunto y extinción del arco producido en la maniobra, el interruptor requiere el aire

comprimido debidamente procesado (sin humedad), para lo cual cuenta con las instalaciones apropiadas (plantas de compresión). Estas instalaciones están compuestas por motores compresores, dos secadores de aire, hasta tres tanques acumuladores de aire comprimido y las redes necesarias con todos los aparatos de comprobación y seguridad.

El uso múltiple de cámaras no ha permitido miniaturizar los interruptores.

Estos interruptores requieren de un control de las empaquetaduras de las cámaras de interrupción y de las válvulas de comando, cerca cada seis años, así como también los contactos de interrupción según las recomendaciones (acumulación de kilo Amperios por cada apertura).

Estos interruptores requieren de controles periódicos y continuos para verificar la simultaneidad de apertura y cierre entre los polos y entre cámaras (diversidad de válvulas de regulación y estado de empaquetadura).

La planta de compresión necesita el, mantenimiento adecuado para mantener en estado operativo dichos equipos.

Criterio 2

Los actuales interruptores de aire tienen una rapidez de apertura de 40 m. seg. (desde el mando hasta la interrupción de la continuidad metálica del circuito).

La capacidad de interrupción simétrica de los interruptores de aire es de 18.0 kilo amperios (kA), esta capacidad es lograda por la constitución múltiple de cámaras de extinción del arco (enfriamiento con presión de aire). Esta extinción del arco se consigue extrayendo su energía a través del chorro a presión del aire y enviándolo al medio exterior.

Criterio 3

La experiencia de nuestro sistema ha permitido determinar que muchas de las fallas producidas son fallas producidas son de carácter transitorio, por lo que se requiere eliminarlas lo mas rapido posible a fin de evitar interrupciones del servicio o pérdida de sincronismo.

Los interruptores de aire han cumplido a satisfacción estas condiciones (rapidez en extinguir el arco, no permitiendo la fuerte ionización del aire, permitiendo, en fracciones de segundo, soportar nuevamente la plena tensión). Solo por defecto de los presostatos (medidores de la presión del aire), no han completado la cámara de la reconexión.

También es importante mencionar las desconexiones de las líneas en vacío (porcentaje elevado) ya sea por efectos operativos del sistema o solicitudes para mantenimiento (reparaciones de averías de torres saboteadas); para estos casos los interruptores de aire durante los primeros años de servicio no presentaron mayores problemas, hasta que últimamente, por deficiencias internas, no han cumplido a satisfacción esta condición, habiéndose producido deterioros internos y externos de las cámaras involucradas del mal funcionamiento.

El incremento del número de maniobras de los interruptores, últimamente en gran proporción, (consecuencia de las reposiciones provisionales de las torres siniestradas, conjuntamente con los fenómenos atmosféricos) han contribuido al envejecimiento acelerado de los componentes involucrados en el conjunto móvil y efectos térmicos causados por las variedades de las fallas, motivo por el cual se efectuó el mantenimiento de las cámaras y órganos de comando según el requerimiento y tipo de fallas comentadas en los capítulos anteriores.

Las plantas de compresión también han sido requeridos en proporción al número de maniobras de los interruptores, por lo que a fin de garantizar la operación normal de estos equipos en estudio, es necesario el cambio y/o sustitución integral de sus componentes.

4.2.1.2 ALTERNATIVA 2

CRITERIO 1

-Actualmente los interruptores de SF₆ son fabricados hasta con una cámara de interrupción por polo.

-Estos interruptores sólo deben contar con tres órganos de comando, neumáticos o hidráulicos, uno por cada polo. Requerimiento mínimos de válvulas y empaquetaduras.

-En los tipos de interruptores con una sola cámara de interrupción, no es necesaria la inserción de condensadores.

-Estos interruptores de SF₆ no requieren instalaciones proveedoras de aire comprimido, pues sólo sería necesario de un pequeño motor compresor dotado de un recipiente para su comando (si fuese neumático) o de un motor bomba dotado de un tanque acumulador (si fuese hidráulico)

-Con la utilización del Hexafluoruro de Azufre como medio de extinción del arco, han permitidos que los interruptores sean minimizados en su diseño.

-Mantenimiento reducido y a largos intervalos de tiempo (mayores de seis años), la sustitución del gas y los contactos según indicación del fabricante (cada kA

acumulado de las operaciones de aperturas en fallas de corto circuito).

Actualmente y según experiencias propias en nuestro sistema, sólo se ejecutarán cada 10 años .

Estos interruptores no requieren de controles continuos de la simultaneidad de la apertura y cierre de los contactos, ya que con su constancia en el tiempo es asegurada por el acoplamiento mecánico rígidos de todas las partes móviles con un mínimo pistón de comando.

CRITERIO 2

-Los interruptores de SF₆, por la simplicidad de su diseño son muchos más rápidos, que los de otro tipo, para cortar el arco durante el proceso de apertura (tiempos menores de 30 milisegundos).

-La capacidad de apertura de los interruptores de SF₆ actualmente son de hasta (31. kA); con una cámara de interrupción con SF₆ se puede obtener la misma capacidad de hasta 06 cámaras de aire.

Para el caso de la extinción del arco, efectúa extrayéndose la energía del arco por el gas SF₆ en el interior de la cámara.

CRITERIO 3

-Para el caso de fallas transitorias y evitar las interrupciones del servicio o perdida de sincronismo, el comportamiento del interruptor SF6 se hace mas eficiente por su mayor rapidez para cortar falla.

-En el caso de las conexiones de líneas en vacío, las características de las ruptura rapida del arco y la regeneración dieléctrica del espacio entre contactos por el SF6 optimiza sus cualidades.

-Los efectos del incrementos de maniobras, consecuencias de los diversos tipos de fallas anteriores ya conectadas, no debe influir en deterioros ni envejecimientos prematuros en los componentes de las camaras de interrupción y en los órganos de comando del interruptor SF6, gracias a su robustez simplicidad de estos y al mínimo degradamiento del gas SF6, debido a la reducida energía de los arcos (eficiente medio de transporte de calor).

4.2.2 Comparación de las Alternativas

4.2.2.1 Según Criterio 1

-Los interruptores de SF6, para nuestro nivel de tensión de 220 kV. ,actualmente son diseñados con una sola cámara de interrupción, contra cuatro cámaras de los de aire (cámara por polo).

Estos nos permitira reducir el número de piezas de repuestos como :Contactos de extinción, válvula y empaquetaduras.

-Los interruptores de SF6 en los tres polos sólo contarían con tres órganos de comando (neumático o hidráulico) por diez órganos de comando de lo de aire. Lo que también nos permitira reducir piezas de respuestos como : Llaves manuales válvulas, pistones, empaquetaduras, dispositivos de protección, la red de tuberías, etc.

-El sistema de comando de los interruptores de SF6, si es neumático estaria compuesto por un pequeño motor, completo de recipiente para el aire; y si fuera hidráulico estaria compuesto por un pequeño motor bomba mas su recipiente acumulador. Esto eliminaria las instalaciones de las plantas de compresión, utilizadas actualmente para los interruptores de aire.

-Los interruptores de SF6 de una cámara no requieren del uso de condensadores, ya que estos son utilizados en interruptores que tienen el principio de la ruptura múltiple, para lo cual es preciso que la tensión total se reparta lo mas uniformemente posible sobre los diferentes puntos de ruptura. Esto representa una ventaja con respecto a los interruptores de aire, en la necesidad de contar con condensadores de repuesto.

-Las excelentes características del gas SF6 como : un medio de transporte de calor durante el periodo de arco, y un gas altamente electronegativo que les permite soportar variaciones en tensiones bastante elevadas después de la corriente cero, ha permitido el diseño de los interruptores con dimensiones reducidas en comparación a los interruptores de aire.

-El mantenimiento general de los interruptores de SF6, incluido el cambio de contactos, debe efectuarse a tiempos mayores de seis años (según recomendaciones del fabricante y de la propia experiencia) en comparación a los del aire, cuyo mantenimiento debe efectuarse en periodos menores de seis años.

-El acoplamiento mecánico rígido entre el comando y el contacto móvil, de una cámara de interrupción de un interruptor de SF6, contra un conjunto de válvulas de regulación, astas de transmisión y cuatro conjuntos de contacto de extinción de los interruptores de aire, permite la reducción de las intervenciones de los controles y regulaciones periódicas de la simultaneidad de los tiempos de apertura y de cierre normalmente ejecutados.

-Con la instalación de interruptores de SF6, se eliminan las plantas de compresión, que representa una complicación por su magnitud, de comparación al equipo de comando pequeño de cada interruptor.

4.2.2.2 Según Criterio 2

-La rapidez del tiempo de apertura obtenida con los interruptores de SF6 (menores de 30 milisegundos) contra 40 milisegundos de los de aire, permitiría la reducción de los efectos térmicos durante el proceso de apertura a consecuencias de las diversas fallas propias del sistema; esta propiedad se manifiesta en las conexiones rápidas.

-La capacidad de interrupción, 18 kA, seleccionados tanto para los interruptores de aire y 31.0 kA para los de SF6, les permite soportar olgadamente las maniobras de apertura con diferentes valores de corriente de falla. El cálculo de corto circuito, según el programa, nos ha permitido determinar los rangos de corrientes de fallas mínima y máxima entre un punto cercano al interruptor (Sub-Estación Campo Armiño) y en otro extremo de la línea (Sub-Estación Pomacocha) o sea 0.62 kA y 11.2 kA, lo que permitiría determinar en forma aproximada los kA acumulados de las fallas, para programar el cambio de contactos; en todo caso, aun en las peores condiciones del sistema, el período de dicha intervención se alargaría a mas años de previsto.

Por otro lado, la capacidad de una cámara con SF6 es igual a la de hasta seis cámaras de aire, lo que hace que las primeras soporten mejor los efectos térmicos.

4.2.2.3 Según Criterio 3

-De nuestras estadísticas de fallas, se puede observar que el total de fallas registradas un gran porcentaje son de carácter transitorio (en 1989, en la línea 202 se produjeron 260 fallas, de ellas, 13 fueron de carácter transitorio, lo que representa un 21.6% del total) se comprende pues la importancia de la reconexión rápida porque en ella podemos de un medio para reducir las interrupciones de las línea en porcentajes elevados.

Para este caso, los interruptores SF6, por su mayor velocidad que los de aire, garantizan la eliminación de la falla transitoria.

-Las fallas mas importantes, reportadas en el subcapitulo 2.4.3, indican que estas han ocurrido en las líneas 201 Y 202, principalmente durante las maniobras de exclusión de estas líneas (190 km.) y en vacío. Como ya se comento, estas maniobras últimamente se ha incrementado en un buen porcentaje del total de maniobras rregistradas :

.Línea 201 7% de 260 maniobras promedio.

.Línea 202 170% maniobras promedio.

El efecto producido por la tensión transitoria de recuperación TRVB, luego de la interrupción de la corriente capacitiva, es bastante importante, ya que puede

llegar hasta dos veces, la tensión de la fuente entre los contactos del interruptor. (Ver anexo IV)

Las características peculiares del Hexafluoruro de Azúfre, que le permite soportar variaciones de tensión elevadas, permiten a su vez un mejor comportamiento con respecto a los interruptores de aire.

-El incremento de las diversas maniobras ultimamente, ya sea por fallas de corto circuito, maniobras de exclusión de líneas y equipos, energizaciones graduales y bruscas, maniobras durante el mantenimiento, etc. (ver cuadro estadístico 2.5.2 de las líneas 201 y 202 del año 1989) ha motivado las constantes fallas en la diversidad de los elementos constituyentes de los interruptores de aire, lo que no debería suceder con los SF₆, por su composición simple, con mínimo de elementos y las buenas características del gas SF₆ (así lo demuestran los interruptores de SF₆ instalados en SAM y SECA con cerca de diez años sin mantenimiento).

4.3 Selección de la Alternativa Óptima

La evaluación y comparación de las alternativas, ha permitido determinar los aspectos favorables para seleccionar la alternativa 2, o sea la sustitución de los interruptores de aire por los de Hexafluoruro de Azufre. (Ver cuadro 4.3). A continuación resaltamos en forma

resumida los aspectos favorable según los criterios determinados :

4.3.1 Diseño físico de los interruptores

-Constitución mínima de componentes : cámara de interrupción, sistema de comando, condensadores, etc. (requerimiento mínimo de repuestos)

-Intervenciones de mantenimiento general y controles de la simultaneidad de las maniobras, en períodos largos y reducidos.)Diseño simple de sus mecanismos y dimensiones pequeñas)

-Eliminación de las plantas de compresión.

4.3.2 Capacidad para Satisfacer los Requerimientos del Sistema

-Rapidez de los tiempos de apertura, menores a 30 milisegundos (reduce el efecto térmico por consiguiente el envejecimiento de sus componentes).

-Capacidad necesaria para soportar los requerimientos de nuestro sistema (31 kA. con una sola cámara de interrupción).

4.3.3 Experiencia del Sistema

Mejor comportamiento para eliminar fallas transitorias.

Mejor comportamiento para soportar los efectos de la TRV en maniobras de apertura de líneas larga en vacío.

Capacidad para soportar el incremento de maniobras de diferentes características.

4.4 Datos Técnicos del Interruptor Seleccionado

Interruptor SF6 (245 MHMe)

Datos Técnicos

Interruptor 245 MHMe

Tipo : 245 MHMe.

Número de elementos de interrupción : 1

Factor de fase : 1.5

Tensión nominal :245

Corriente nominal :2000 A

Corriente de breve duración (1seg.) :31 kA

Poder de interrupción :

Normalmente de corto circuito en barras : 31kA

De falla en línea · 10 kA

En oposición de fase 10 kA .

Por fallas evolutivas :Esta interruptor es insensible a

tales tipos de falla.

A líneas en vacío sin recalentamiento :125 A

A cable en vacío sin recalentamiento :250 A

Tiempo de interrupción :50mseg.

Ciclo de operación nominal : 0 - 0.3seg.-CO 3min - CO

Tensión de prueba :

a funcionamiento industrial : 460 kV

a impulso atmosférico :1050 kV

Poder de interrupción de corriente inductiva : 30 - 100
250 - 500 - 800

Poder interrupción de corriente magnetizante: 2½ A, 5½
A; 10½ A;

Poder de interrupción para corto circuito repetidos sin
mantenimiento :

Corriente de interrupción del 10% al 100% de la
corriente nominal de corto circuito. Corriente de
interrupción totalizada : 700,000 A.

Comando : Neumático, acondicionado con un motor compresor
portátil.

CUADRO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

C R I T E R I O S

DISEÑO FISICO DE LOS INTERRUPTORES

Interruptores de Aire

Interruptores SF6

- | | |
|--|---|
| 1. Constituido por 4 cámaras de interrupción por polo | 1. Actualmente son de 1 cámara de interrupción pp |
| 2. Constituido por 10 órganos de comando | 2. Constituido por tres órganos de comando |
| 3. Utilización de condensadores (040) | 3. No requiere el uso de condensadores |
| 4. Requiere de una planta de compresión de aire. | 4. No requiere de toda una planta de compresión. |
| 5. Mantenimiento general cerca de cada 6 años | 5. mantenimiento general mayores de 6 años |
| 6. Controles continuos simultaneidad de apertura y cierre entre polos. | 6. Requiere de poco control de simultaneidad. |
| 7. Requiere de un buen espacio para su instalación. | 7. Requiere de poco espacio. |

CAPACIDAD PARA SATISFACER LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

- | | |
|--|---|
| 1. Velocidad de apertura 40 ms | 1. Velocidad de apertura menores de 30 ms (mejor comportamiento térmico ante fallas de cortocircuito |
| 2. Capacidad de interrupción simétrica 18kA (la corriente de falla en las peores condiciones es de 11,2 kA . | 2. En los actuales interruptores esde hasta 31 kA. |
| <u>EXPERIENCIA DEL SISTEMA</u> | |
| 1. Comportamiento regular ante fallas transitorias | 1. Su velocidad permite un mejor comportamiento. |
| 2. Fallas en su comportamiento en maniobras de exclusión de líneas de vacío | 2. Mejor comportamiento (propiedades dieléctricas del SF6) ante maniobras de exclusión |
| 3. Variedades de comportamiento, ha permitido el envejecimiento prematura ante la gran exigencia del sistema | 3. La simplicidad de su diseño y el poder regenerativo del gas SF6, le permite soportar ante las exigencias del sistema (experiencia con con los interruptores SF6 instalados actualmen) |

EVALUACION ECONOMICA5.1 Generalidades

La evaluación económica deberá considerar el costo de inversión inicial requerido, y los gastos de mantenimiento que deberán efectuarse durante los años de servicio, correspondiente a la vida útil promedio de los interruptores. Para el caso de los interruptores de SF6, los fabricantes recomiendan una vida útil con poco mantenimiento hasta 20 años.

5.2 Evaluación y Comparación de los Costos5.2.1 Evaluación de Costos

Para esta evaluación se consideran los costos siguientes (valores en U.S.\$) :

Costo por la compra de los interruptores SF6 e interruptores para la sustitución integral de los interruptores de aire, mas sus plantas de compresión.

Costos por mantenimiento durante los veinte años de vida útil previstos.

5.2.1.1 Compra de Respuestos para Interruptores de Aire, más sus Plantas de Compresión

a) Costo por mantenimiento integral interruptores de aire.

Lista de respuestos para un interruptor : Ver cuadro 5.2.1.1

b) Costo por mantenimiento general en veinte años de vida útil.

Sólo se considera el mantenimiento general, según recomendación del fabricante, para el caso de los interruptores de aire durante los veinte años establecidos de vida útil; se intervendrá hasta tres ocasiones (promedio 5 a 6 años).

Las plantas de compresión se intervinieron en dos ocasiones, cada 5,000 horas de servicio (el promedio de horas de servicio en 17 años es de 15,000 horas).

Mantenimiento interruptor :

Según experiencia de las intervenciones efectuadas anteriormente, sin la sustitución de los contactos principales (fijos y móviles), aisladores anillados, condensadores estáticos de 450 pF, etc, representaría un 8% del costo efectuado en el mantenimiento integral.

Mantenimiento plantas de compresión :

Las intervenciones efectuadas en estos equipos consistió en la sustitución de anillos de los pistones, empaquetaduras y válvulas y concéntricas, etc, que significaría un 17% del costo efectuado en el mantenimiento integral.

Mantenimiento		Costo	Costo
General	<u>Periodicidad</u>	Unitario U.S.\$	Total U.S.\$
Interruptores			
de aire	03	15 659.00	46 977.00
Plantas de			
compresion	02	5 822.00	11 644.00
			58 621.00

5.2.1.2 Compra de un Interrruptor SF6

a) Se considera para este caso la compra de un interruptor SF6 de las características siguientes :

Tipo : 245 MHMe (1 cámara de interrupción)
Marca : MAGRINI GALILEO
Capacidad de
corto circuito : 31 kA.
Comando : neumático

Costo : U.S. \$ 207,126.00

b) Costo por mantenimiento general en 20 años de vida útil.

Segun recomendación del fabricante, estos interruptores deberan intervenirse cada 10 años de servicio y, a su vez, la experiencia del sistema permitira determinar que el mantenimiento consistira en la regeneración y/o (el cambio del gas SF6) cambio de empaquetaduras de las cámaras de interrupción y el sistema de comando, que no debe superar el 5% del costo inicial.

Se considera el cambio del gas caso extremo (actualmente se regenera).

Costo por :	Costo		Costo
	<u>Periodicidad</u>	<u>Unitario U.S.\$</u>	<u>Total U.S.\$</u>
Mantenimiento general del interruptor + sistema de comando (5% costo inicial)	1	10 356.00	10 356.00
Cambio de gas SF6 (40 kg.)	1	10 000.00	<u>10 000.00</u>
		Total.....	20 356.00

5.2.2 Comparación de Costos

5.2.2.1 Comparación de costos de un interruptor

Alternativas	Inversión	mantenimiento	Total
	Inicial U.S.\$	U.S.\$	U.S.\$
Interruptor de aire actuales + su planta de compresión.	229 851.00	58 621.00	288 472.00
Interruptor SF6	207 126.00	20 356.00	227 482.00

5.2.2.2 Comparación de Costos de los 8 Interruptores a Reemplazar, Respecto a los de SF6

a) Interruptores de aire :

i) Sub-Estacion Campo Armiño (S.E.C.A.)

se cambiaran cinco interruptores mas una planta de compresión :

	Costo Unitario U.S.\$	Costo de 5 Interruptores U.S.\$
Interruptores de aire	247 714.00	1 121 570.00
Planta de compresión		45 758.00
Costo total S.E.C.A..... U.S.\$		1 259 328.00

ii) Patio de Llaves Santiago Antúnez de Mayolo(SAM) cambio de tres interruptores más una planta de compresión.

	Costo Unitario U.S.\$	Costo de 3 Interruptores U.S.\$
Interruptores de aire	242 714.00	728 142.00
Planta de compresión		45 758.00
Costo Total S.A.M.U.S.\$		773 900.00

Costo total interruptores SF6

<u>S.E.C.A.</u>	<u>S.A.M.</u>	<u>Costo total</u>
1 137 410.00	682 446.00	1 819 856.00

Comparación de costos totales

	<u>Costo total U.S.\$</u>
Interruptores de aire	2 033 328.00
Interruptor de SF6	1 819 856.00

Las cifras indican las ventajas económicas del cambio de los interruptores actuales por los de SF6, corroborando el estudio técnico de este proyecto. Ver cuadro 5.2.2

5.3 Financiamiento

Considerando la difícil la situación financiera de la Empresa ELECTROPERU S.A. Es posible el logro de este estudio a través del Proyecto de Cooperación Técnica y Financiera entre la República del Perú y la República de Italia para el trienio 1991 - 1994, con el Proyecto denominado "Mejoramiento de la Ejecución del Sistema Hidroeléctrico del Mantaro", que se concretaría con una asignación de U.S.\$ 30 000 000

5.3.1 Justificación

Siendo el sistema hidroeléctrico del Mantaro, la fuente de abastecimiento eléctrica más importante del país, la participación de los interruptores de aire, con mas de 17 años de servicio, es fundamental para extender los alcances del sistema eléctrico interconectado Centro-Norte (SICN) desde Huancavelica por el sur-este, hasta los departamentos de Piura y Cajamarca por el norte.

Considerando que el 44% de la energía producida por el Sector Público es generada por Sistema Hiddroélectrico del Mantaro, el mercado eléctrico requiere que las condiciones de operación, presente y futuras de los interruptores de 220 kv. ,sean las máximas y eficiente, por lo que es muy importante esta inversión para la sustitución de los interruptores de aire por los de SF6.

CUADRO 5.2.1.1.1

D E S C R I P C I O N	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOT
Repuestos para las camaras de interrupcion (fig. 2.3.2.2)			
-Contactos fijos R91T2	12	3783.00	45396.00
-Contactos moviles R91T2			
posic. 57 a 65			
posic. 21 a 23			
excluidas pos.			
22,27 y 30	12	3407.00	40884.00
-Empaquetaduras valvulas de soplo	12	57.50	690.00
-Anillos GACO, OR-2087	12	2.00	24.00
-Empaquetaduras H087	12	20.50	246.00
-Aislador anillado C-0136 camaras de			
extincion.	2	8530.00	17060.00
-Anillos SIFLEX 80,OR-3150	12	5.50	66.00
-Venda elastica 371645-24	12	67.00	804.00
-Anillos SIFLEX 80, OR-176	12	13.50	162.00
-Anillos EPM 80, OR-2068	12	5.50	66.00
-Bujes de guia completos	12	209.00	2508.00
-Anillos SIFLEX 80, OR-4325	12	22.50	270.00
-Anillos SIFLEX 80, OR 4850	12	58.00	696.00
Anillos SIFLEX 80, OR-2137	12	9.50	114.00

VAN

VIENEN

-Anillos SIFLEX 80, OR-4725	posic. 51	12	39.50	474.00
-Anillos SIFLEX 80, 371645-21	posic. 8	12	10.50	126.00
-Tornillos M8 * 18,A * 11,diseño UNI 5931	posic. 16	24	4.50	108.00
Tornillos M8 * 22,A * 11,diseño UNI 5931	posic. 16	24	4.50	108.00
-Anillos SIFLEX 80, OR-3175	posic. 45	12	12.00	144.00
-Anillos EPM 80, OR-2015	posic. 47	12	1.00	12.00
-Anillos de retención OR-117	posic. 49	12	2.00	24.00
-Anillos SIFLEX 80, OR 4850	posic. 69	12	58.00	696.00
-Anillos SIFLEX 80, OR 4462	posic. 70	12	30.50	366.00
-Anillos EPM 80, OR-2087	posic. 19	12	6.50	78.00
-Empaquetaduras H225	posic. 35	12	40.00	480.00
-Resortes 371645-26	posic. 7	12	120.00	1440.00
-Condensadores estáticos 72 kv , 450 pF		6	8343.00	50058.00

163100.00

VIFNEN

Repuestos para válvula piloto, asta aislante, columna, cilindro
comando valvula piloto (fig 2.3.2.1.1)

-Anillos SIFLEX 80, OR-3056	posic. 14	6	5.50	33.00
-Anillos SIFLEX 80, OR-108	posic. 16	12	4.50	54.00
-Anillos SIFLEX 80, OR-3281	posic. 12	6	14.50	87.00
-Anillos SIFLEX 80, OR 4425	posic. 10	6	20.50	123.00
-Anillos SIFLEX 80, OR-4650	posic. 37	6	5.50	33.00
-Anillos SIFLEX 80, OR-4700	posic. 30 a 40	12	13.50	162.00
-Anillos EPM-80, OR-8775	posic. 47	6	22.50	135.00
OR-3081	posic. 53	12	5.50	66.00
-Anillos SIFLEX 80, OR-144	posic. 46	12	5.50	66.00
-Anillos 387100-54, con cubierta				ERR
H-043 PIPE	posic. 44	6	52.50	315.00
-Anillos SIFLEX 80, OR-132	posic. 45	6	5.50	33.00
-Anillos con cubierta C-300, 387142-3	posic. 55	6	510.00	3060.00
-Anillos SIFLEX 80, OR-173	posic. 51	6	6.50	39.00
-Astas aislantes completas	posic. 24	6	505.00	3030.00

Otros repuestos de la figura 2.3.2.1

VAN ..

VIENEN ...

tatos PM 1/2 278937

-Válvulas WAIRCOM CARI-8, autolubricadas PA	1942.00	7768.00
-Válvulas WAIRCOM autolubricadas VCS	50.00	300.00
-Válvulas de interseptación 373991 VIF	75.00	450.00
-Válvulas de interseptación 388903 VIP	398.00	1194.00
-Válvulas de apertura neumática VAP	398.00	398.00
-Válvulas de cierre neumática VCH	2397.00	7191.00
-Solenoides de apertura 371603-97	2397.00	7191.00
-Solenoides de cierre 371603-97	85.00	255.00
-Válvulas de retención VNR	85.00	255.00
	399.00	399.00

Plantas de comprensión

32637.00
163100.00

Lista de repuestos para dos com,presores tipo 6781/60

195737.00

tos para cilindros, valvulas, cabezas

-Empaquetaduras entre cilindro y válvula de mediana presión 631156	2	12.00	24.00
-Empaquetaduras grandes entre válvula y cabeza de baja presión 631170	2	14.00	28.00
-Empaquetaduras pequeñas entre válvula y cabeza de baja presión 630376	2	7.00	14.00
-Empaquetaduras entre cilindro y carter 631174	6	21.00	126.00
-Empaquetaduras grandes entre válvulas y cabeza de alta presión 631163	2	7.00	14.00
-Empaquetaduras pequeñas entre válvulas y cabeza de alta presión 630675	2	5.00	10.00
-Válvula concentrica baja presión 599992	2	570.00	1140.00
-Válvula concentrica media presión 599916	2	341.00	682.00
-Válvula de aspiración 3ra. etapa 599946	2	163.00	326.00
-Válvula de erogación 3ra. etapa 599947	2	163.00	326.00
Repuestos soporte, refrigeracion			
-Termostatos CLIXON 20-210-L-5 lra. Etapa 600516	2	140.00	280.00
-Correas trapezoidales A71 660119	4	54.00	216.00
-Cojinetes RIV 03 ALP 573108	2	2.00	4.00
-Cojinetes RIV 2 ALP 25 573103	2	2.00	4.00

25320.00

,VAN.....

VIENEN.

Plantas de comprensión

Lista de repuestos para dos compresores tipo 6781/60

Repuestos para bomba y accesorios sistema de lubricación

-Empaquetaduras soporte 631301	2	10.00	20.00
-Empaquetaduras bomba 630812	4	8.00	32.00
-Empaquetaduras soporte filtro 631303	2	5.00	10.00
-Empaquetaduras cuerpo bomba 630636	2	8.00	16.00
-Empaquetaduras cuerpo filtro 630253	2	5.00	10.00
-Interruptor presión de aceite 600518	2	66.00	132.00
-Cartuchos filtros de aceite 641108	2	49.00	98.00

Repuestos para carter, soporte intermedio, cigüeñal

-Empaquetaduras tapa codo volante 631173		23.00	46.00
-Empaquetaduras tapa codo bomba 631171		14.00	28.00
-Serie completa anillos 0 160 baja presión 620705		219.00	438.00
-Pistones 0 160 para baja presión 620108		900.00	1800.00
-Serie completa anillos para piston media presión 620418		47.00	94.00
-Pistones 0 80 para media presión 45157		800.00	1600.00
-Chumaceras para biela 620336		54.00	108.00
-Chumaceras para cigüeñal tapas laterales 620326		224.00	896.00
-Chumaceras para cigüeñal soporte intermedio 620325		133.00	266.00
-Cojinetes de rodillo para pie de biela 573401		133.00	532.00
-Cigüeñal 95010		8000.00	16000.00

VAN.....

C O N C L U S I O N E S

- 1) Los interruptores de alta tensión han ido evolucionando a medida que se encontraba los medios ideales para la extinción de los arcos de la corriente a interrumpirse, empezando con el aceite dieléctrico, luego el aire comprimido para finalmente el hexafluoruro de azufre. Actualmente se están proyectando 2 interruptores de SF6 A 245 kV, con el mínimo (1) de componentes de interrupción, especialmente los Europeos.

- 2) El diagnóstico efectuado a los interruptores de aire ha permitido evaluar su estado actual y ante el crecimiento de las contingencias en el sistema especialmente de las líneas de transmisión, requiere una renovación inmediata de estos capaces de soportar las más variadas eventualidades a presentarse.

- 3) El comportamiento de los interruptores de aire durante los primeros 15 años de servicio fue normal, pero en los 2 últimos años han presentado fallas por efecto de la continuidad de las maniobras, especialmente las aperturas con líneas de alta tensión en vacío lo que actualmente por razones operativas es imprescindible su ejecución, con los riesgos a fallar en cualquier momento

- 4) Ante la gran exigencia de nuestro sistema con la aparición de las acciones subversivas (atentado de Torres) a fin de asegurar la continuidad del servicio, el presente estudio considera la necesidad de reemplazar los actuales interruptores de aire por los de Hexafluoruro de Azufre de acorde a los adelantos Tecnológicos actuales. La experiencia de los interruptores SF6 en servicio en nuestro Sistema desde 1979 a sido factor preponderante para ser elegido como alternativa.
- 5) Para la selección de interruptores de Hexafluoruro de Azufre se han considerado datos técnicos según indicaciones del fabricante y de las normas CEI IEL 265-2 y de la experiencia a fin de garantizar un servicio confiable y permanente.
- 6) En los últimos años a consecuencia del deterioro de las líneas de transmisión (atentados subversivos) el porcentaje de fallas soportadas por los interruptores se incrementaron en forma exponencial (tal como se presentan en los cuadros estadísticos) lo que está motivando el envejecimiento acelerado de estos, que contribuyen a su funcionamiento incorrecto.
- 7) La obsolescencia actual de los interruptores de aire a en carecido el suministro de sus repuestos, ya que actualmente su fabricante MAGRINI - GALILEO (Italia) están produciendo nuevos interruptores de SF6.

- 8) El sobredimensionamiento de los interruptores (capacidad de interrupción) del orden de las 31 KA, por 12 KA de corriente de falla cerca a la Sub-Estación Campo Armiño (poco probable) y siendo 2 kA el promedio de las fallas registrados aproximadamente determina la importancia de los efectos de sobretensiones por reencendimientos (especialmente con líneas en vacío sobre los efectos técnicos durante la ruptura de los arcos.
- 9) Los criterios técnicos - económicos que determinaron la sustitución de los interruptores de aire por la de SF₆, se complementarían con la necesidad de unificar a un solo Sistema de las existentes en la segunda y tercera etapa de la Central Hidroeléctrica (suministro del gas SF₆).
- 10) Los costos indicados en la evaluación económica de cada alternativa representa a los precios actuales ya que en la inversión inicial debe incluirse los repuestos para su mantenimiento durante los 20 años asumidos de vida útil.
- 11) La no previsión a largo plazo de la Empresa Electro Peru S.A. en la sustitución o mantenimiento integral de los interruptores de aire a falta de recursos económicos ha motivado la elaboración de este proyecto a fin de incluirse en la segunda etapa del proyecto de Cooperación Técnica y Financiera entre la República

del Perú y la República de Italia . Ya que en su primera etapa sólo esta prevista la intervención de los grupos generadores números 5, 2, 3, 1 de la Central Hidroeléctrica del Mantaro .

- 12) La inversión a efectuarse por los reemplazos de los interruptores de aire se justificaría cada vez que se requiere confiabilizar la transmisión de la energía si se considera una incògnita las acciones subversivas durante los próximos años.

- 13) Los interruptores de la Sub-Estación han sido más solicitados que las instaladas en el Patio de LLave de la Central Hidroeléctrica lo que sirvió de referencia para el estudio.

BIBLIOGRAFIA

1. Circuit Breaker Application
Charles L.Wagner, Westinghouse Electric Corporation
2. Electrical and System Aspects
R. Gerald Colclaser, Jr. /University of Pittsburgh,
Pittsburgh, Pennsylvania
3. L'apparecchiatura elettrica, boletin técnico No 24 y 28
Magrini, 1968
4. Redes Eléctricas de alta y baja Tensión
Gaudencio Zapetti Judez
5. Revista Electrotécnica No 85
Asociación Electrotécnica Peruana