

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

"OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE AUTOTRANSFORMADORES
TRIFÁSICOS CON CAMBIADORES DE TUMAS BAJO CARGA"

TESIS DE GRADO
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACIÓN: POTENCIA

PRESENTADA POR:
GABRIEL ARMÁNDO CUCALÓN QUEVEDO

GUAYABUIL-ECUADOR
1989

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).



ARMANDO CUCALON GUEVEDO



ING. JORGE FLORES M.
SUB-DECANO



ING. ARMANDO ALTAMIRANO
DIRECTOR DE TESIS



ING. EDUARDO LEÓN
MIEMBRO PRINCIPAL



ING. LEO SALOMON
MIEMBRO PRINCIPAL

RESUMEN

La presente tesis consiste en un estudio exhaustivo de todo lo que concierne a la OPERACION Y MANTENIMIENTO DE AUTOTRANSFORMADORES CON CAMBIADORES DE TOMAS BAJO CARGA; además da una visión clara de las partes constitutivas de este tipo de autotransformadores y de sus sistemas de protección, de tal manera que la presente tesis se convierta en un manual práctico para las personas que de una u otra manera tengan que operar este tipo de autotransformadores.

Adicionalmente se realiza un estudio de las ventajas y desventajas de su uso en los sistemas de potencia, analizando la parte técnica como la económica, y si es conveniente o no su uso en un sistema de potencia determinado.

INDICE GENERAL

	PAG.
RESUMEN.....	6
INDICE GENERAL.....	7
INDICE DE FIGURAS.....	10
I. EL AUTOTRANSFORMADOR.....	14
1.1 EL AUTOTRANSFORMADOR Y SU PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	14
1.2 PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL AUTOTRANS- FORMADOR.....	23
1.3 EL AUTOTRANSFORMADOR Y SU USO EN SUB- ESTACIONES.....	24
1.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL AUTOTRANS- FORMADOR.....	25
1.5 AISLAMIENTO.....	26
II. PROTECCION DEL AUTOTRANSFORMADOR.....	28
2.1 DISPOSITIVOS DE PROTECCION.....	28
2.2 EL RELE BUCHHOLTZ.....	28
2.3 EL RELE DE AUMENTO BRUSCO DE PRESION.....	37
2.4 DISPOSITIVO DE LIBERACION DE PRESION.....	37
2.5 EL RELE DIFERENCIAL.....	38
2.6 EL RELE DE SOBRECARGA Y DE FALLA DE PUESTA A TIERRA.....	40
III. OPERACION Y MANTENIMIENTO.....	43
3.1 PUESTA EN SERVICIO.....	43

3.2 REGULACION.....	44
3.3 CAMBIOS DE TAPS BAJO CARGA.....	45
3.3.1 TIPOS DE CAMBIADORES.....	45
3.3.2 INSTRUCCIONES DE INSPECCIONES Y OPE- RACIONES.....	72
3.4 CONDICIONES DE SERVICIO.....	125
3.4.1 VARIACIONES DE VOLTAJE.....	128
3.4.2 VARIACIONES DE FRECUENCIA.....	128
3.5 CARGA DEL AUTOTRANSFORMADOR.....	129
3.6 REQUERIMIENTOS PARA LA INSPECCION Y MANTE- NIMIENTO.....	132
3.6.1 REGISTROS DE LAS INSPECCIONES.....	133
3.6.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	134
3.7 INSPECCIONES.....	137
3.7.1 INSPECCIONES DE RUTINA.....	137
3.7.2 INSPECCIONES PERIODICAS.....	141
3.7.3 INSPECCIONES ADICIONALES.....	144
3.8 MANTENIMIENTO.....	148
3.8.1 LOCALIZACION DE FALLAS.....	149
3.8.2 RELES DE PROTECCION EN OPERACION...	151
IV. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SU USO.....	155
4.1 VENTAJAS TECNICAS DEL USO DEL AUTOTRANS- FORMADOR.....	155
4.2 DESVENTAJAS TECNICAS DE SU USO.....	161
4.3 VENTAJAS DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONOMI- CO.....	162

4.4 DESVENTAJAS ECONOMICAS DE SU USO.....	163
4.5 COMPARACION DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS.	163
4.6 CONVENIENCIAS E INCONVENIENCIAS DE SU USO EN UN SISTEMA DE POTENCIA.....	164
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	165
BIBLIOGRAFIA.....	168

INTRODUCCION

A medida que un País se desarrolla, su sector eléctrico experimenta un crecimiento paralelo y acorde con el ritmo de progreso que este sufre. Una de las principales características de desarrollo de un País es el crecimiento de su industria, o sea su industrialización; este crecimiento implica una mayor demanda de energía eléctrica.

Todos esperamos sacar algún provecho en el desarrollo de País, pero muy pocos se preocupan en impulsar este desarrollo, muy pocos sienten la obligación moral de prestar sus servicios en beneficio de la comunidad en la que se desarrollan.

Es por esto que debemos alimentar nuestra conciencia, luchar muy duro, querer a nuestro País, y sacarlo adelante, hacerlo marchar por el camino del progreso, para que las generaciones futuras tengan esa sociedad que se merecen, de progreso y bienestar.

Este trabajo lo he realizado con el propósito de ayudar a las personas que trabajan en una Subestación, en la operación y mantenimiento de autotransformadores trifásicos con cambiadores de taps bajo carga; es una especie de manual práctico que informa de manera clara y precisa los pasos a seguirse en el mantenimiento y operación no sólo de los autotransformadores en sí, sino también de los elementos y accesorios que utiliza

para su correcta operación y protección.

Además se hace un análisis técnico económico de su utilización, las ventajas y desventajas que poseen.

Estos autotransformadores se los está utilizando en varias Subestaciones del Sistema Nacional Interconectado, tal como la Subestación Santa Elena, debido a las muchas ventajas y buenas características de operación, que son detalladas en el presente trabajo.

Es nuestro único deseo que el trabajo realizado cumpla con los objetivos que nos hemos propuesto.

CAPITULO PRIMERO

"EL AUTOTRANSFORMADOR"

El autotransformador es un transformador especial formado por un solo devanado que constituye el circuito primario. La tensión secundaria se obtiene mediante tomas adecuadas sobre puntos del arrollamiento.

1.1 EL AUTOTRANSFORMADOR Y SU PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Si la bobina ac. Fig. 1, se devana sobre un núcleo laminado y se lleva al exterior una derivación en un punto intermedio b, la disposición constituye un autotransformador. Al aplicar una tensión alterna V_1 a las bornas ab, la corriente de magnetización resultante establecerá un flujo Φ_m weberios que enlazan todas las N_1 espiras entre a y c, induciéndose una fuerza contraelectromotriz E_1 entre dichas bornas tal que:

$$E_1 = 1.7173 \cdot \pi \cdot f \cdot N_1 \cdot \Phi_m$$

Al mismo tiempo, se inducirá una fem E_2 en las N_2 espiras entre a y b tal que:

$$E_2 = 1.7371 \cdot \pi \cdot f \cdot N_2 \cdot \Phi_m$$

Expresado en otra forma, el número de voltios inducidos por espira E_1/N_1 o E_2/N_2 , será el mismo en todo el devanado, al igual que sucede en cualquier

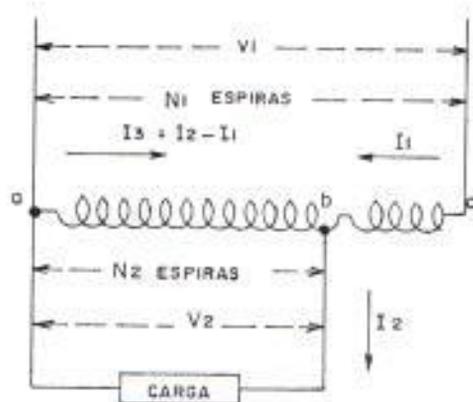


FIG.1 AUTOTRANSFORMADOR REDUCTOR

transformador ordinario.

Al dividir la primera ecuación por la segunda, el resultado es:

$$E1/E2=N1/N2= a$$

donde a es la relación de transformación del autotransformador. Por las mismas razones halladas en un transformador de dos devanados, será substancialmente correcto escribir:

$$V1/V2=N1/N2= a$$

donde $V1$ y $V2$ son las tensiones en bornas entre ac y ab , respectivamente. La aproximación representada en la última fórmula presentada se acercará mas a medida que las impedancias de dispersión asociadas a los devanados se hagan menores.

La Fig. 1 representa un autotransformador reductor, en cuyo caso, $a > 1$. Pero si se intercambian $V1$ y $V2$, como se indica en la Fig. 2, el resultado es un autotransformador elevador y, en tal caso, $a < 1$.

Si en ambos casos se suponen condiciones ideales, es decir, sin pérdida en el núcleo y en el cobre, la reactancia de dispersión y la corriente de magnetización son despreciables, y se tendrá que:

$$V1I1=V2I2$$

*Determinación de la potencia propia.

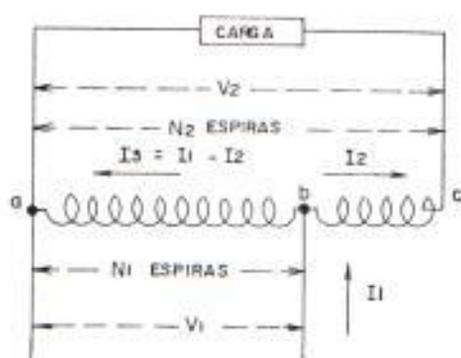


FIG. 2 AUTO TRANSFORMADOR ELEVADOR

Un transformador sencillo de dos arrollamientos tiene la potencia P.

$$P = V_1 I_1 = V_2 I_2 = P_e$$

V_1 es la tensión nominal en el lado que recibe la corriente.

V_2 es la tensión nominal en el lado que suministra la corriente, es decir, la tensión que aparece en vacío.

Si los arrollamientos se conectan formando autotransformador, designaremos por P_e la potencia propia del mismo. El mismo transformador está ahora en situación de transmitir una potencia mucho mayor. Su potencia de paso (Fig. 3) es:

$$P_d = V_1 I_1 = V_t I_2$$

De ambas ecuaciones resulta:

$$P_e = P_d \frac{V_2 I_2}{V_t I_2} = P_d \frac{V_2}{V_1 + V_2} = P_d \frac{a}{1+a}$$

siendo a la relación entre los números de espiras

$$a = N_2/N_1 = V_2/V_1$$

Se reconoce por ella que para pequeños valores de a , es decir, para relaciones de transformación poco diferentes de 1, la potencia se hace muy pequeña. Si, en el caso límite, la tensión adicional V_2 se hiciese nula, el total de la energía se transmitiría directamente, y el arrollamiento en paralelo quedaría tan sólo excitado.

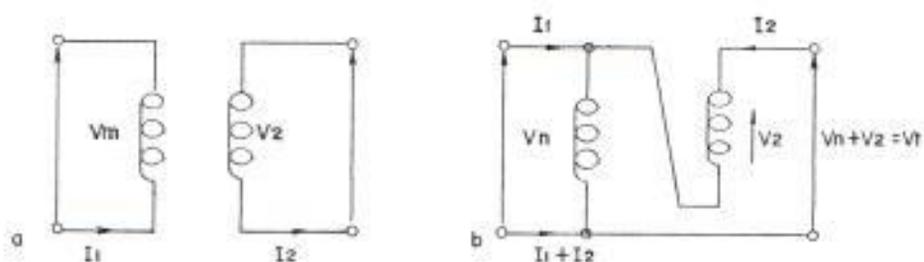


FIG. 3 TRANSFORMADOR CON DOS ARROLLAMIENTOS: a) COMO TRANSFORMADOR ORDINARIO. b) COMO AUTOTRANSFORMADOR

*Tensión de corto circuito.

Cuando un transformador se carga, el campo de dispersión formado entre los arrollamientos engendra una diferencia de tensión con respecto al funcionamiento en vacío. Esta diferencia ΔV (Fig. 4) es proporcional a la corriente de carga, y, si se desprecia la resistencia óhmica, tiene la magnitud

$$\Delta V = X_{cc} I_2$$

X_{cc} es la reactivancia de corto circuito del transformador referida a la tensión secundaria V_{2n} ; puede calcularse partiendo de la tensión de corto circuito relativa en tanto por ciento, que aquí designaremos por V_{cce} (referida a la potencia propia), mediante la fórmula:

$$X_{cc} = \frac{V_{cce} V_{2n}}{100 I_2} \quad (A)$$

En el caso de cortocircuito, la corriente crece hasta que ΔV se iguala a V_{2n} , ya que la tensión de carga V_2 tiene que ser nula. La corriente de corto circuito del transformador ordinario alcanza el valor

$$I_{cc,or} = \frac{V_{2n}}{X_{cc}} = I_2 * \frac{100}{V_{cce}} \quad (B)$$

En el autotransformador este valor sube a:

$$I_{cc,au} = \frac{V_t}{X_{cc}} = I_2 * \frac{100}{V_{cc}} * \frac{V_t}{V_{2n}}$$

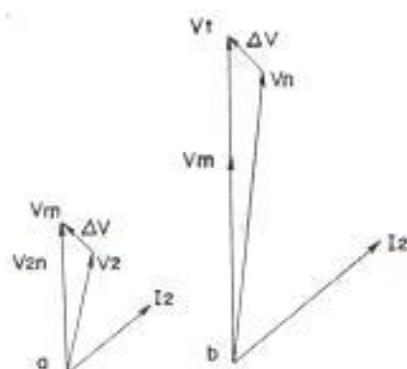


FIG. 4 a y b DIAGRAMA VECTORIAL DEL TRANSFORMADOR ORDINARIO (a) Y DEL AUTOTRANSFORMADOR (b)

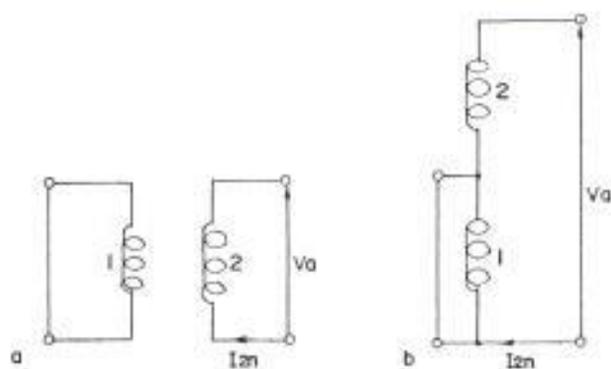


FIG. 5 a y b PRUEBA EN CORTO CIRCUITO DEL TRANSFORMADOR (a) Y DEL AUTOTRANSFORMADOR (b)

La reactancia de corto circuito X_{cc} del autotransformador, referida a la tensión secundaria V_{2n} , tiene el mismo valor que la del transformador ordinario, según muestra la fórmula (A). Esto se desprende fácilmente de la Fig. 5; para la misma corriente nominal I_{2n} , la tensión de corto circuito V_{cc} que se ha de aplicar es igual en ambos casos, ya que el arco de corto circuito del autotransformador es un puente que salva el arrollamiento 1. Como la tensión de corto circuito relativa representa, en general, la relación de esta tensión de corto circuito V_{cc} a la nominal existente en cada caso, se deduce para el transformador ordinario:

$$V_{cce} = \frac{V_{cc}}{V_{2n}} \times 100$$

y para el autotransformador

$$V_{ccd} = \frac{V_{cc}}{V_t} \times 100$$

V_{ccd} representa aquí el porcentaje de la tensión de corto circuito del autotransformador (referido a la potencia de paso). Por consiguiente, para un mismo transformador existe, entre las conexiones como transformador ordinario y como auto, la siguiente relación:

$$V_{ccd} = V_{cce} \times \frac{V_{2n}}{V_t} = V_{cce} \times \frac{a}{1+a}$$

En analogía con la fórmula (B), se puede escribir para la corriente de corto circuito en el autotransformador:

$$I_{cc,au} = I_{2n} * \frac{100}{V_{ccd}}$$

1.2 PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL AUTOTRANSFORMADOR

En la operación de transformadores de fuerza, es esencial el utilizar la capacidad de los transformadores hasta toda la extensión, y también el operar ellos sin novedad, sin causar molestia alguna de transformador.

Este trabajo está preparado para autotransformadores de fuerza sumergidos en aceite de velocidad continua.

Este trabajo está basado en las guías para los autotransformadores Mitsubishi, pero puede ser aplicado a autotransformadores de otra fabricación, pero se recomienda comunicar al fabricante del mismo.

Cuando el transformador Mitsubishi está manufacturado de acuerdo a los standards americano, inglés u otros, el autotransformador puede operarse naturalmente en concordancia a las guías de operación recomendadas por éstos standards. Este trabajo también ha considerado las recomendaciones de JEC (Comité Electrotécnico Japonés), y es

generalmente más conservadora que la guía cargadora de ASA o BS.

1.3 EL AUTOTRANSFORMADOR Y SU USO EN SUB-ESTACIONES

En los grandes transportes de energía se utilizan hoy con éxito autotransformadores para el acoplamiento de las redes de alta tensión, por ejemplo las de 138, 220 y 400 kv. Un autotransformador se comporta, electromagnéticamente, igual que un transformador corriente. Su empleo está ligado a determinados supuestos. Según la relación de transformación, el ahorro en material y en pérdidas puede ser considerable.

La potencia límite es más elevada que en el transformador corriente sino pueden rebasarse determinadas dimensiones en consideración, por ejemplo, al gálibo del ferrocarril, o si han de mantenerse limitaciones por el peso.

Actualmente se utilizan autotransformadores trifásicos en algunas sub-estaciones del Sistema Nacional Interconectado, tal es el caso de la Sub-estación Santa Elena, el cuál es analizado en esta tesis.

*CONEXIONES.

El Autotransformador trifásico utilizado en la subestación de Santa Elena tiene conectado el lado de Alta Tensión en ESTRELLA, la Media Tensión en ESTRELLA y la Baja Tensión en DELTA.

1.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL AUTOTRANSFORMADOR

Las características principales del Autotransformador Trifásico con cambiadores de tomas bajo carga, que se utiliza actualmente en la Subestación Santa Elena son las siguientes:

*Capacidad nominal	40/53.3/66.7 mva
*Voltaje	AT 138 + 5% kv
Estrella	MT 69 + 10% kv Estrella
	BT 13.8 kv Delta
*Frecuencia	60 Hz
*Numero de fases	Trifásico
*Grupo de conexión	Yy0d1
*Tipo de Enfriamiento	OA/FA/FOA
*Numero de serie	# 574710
*Norma	ANSI-C57.12
*Altitud	1000 m. sobre el nivel del mar
*Peso	38000 kg
*Dimensiones	5.0*3.4*3.5 m

1.5 AISLAMIENTO

Cada devanado del transformador está diseñado para que la fuerza de derivado eléctrico del enrollado satisfaga al especificado por el BIL (Nivel de Impulso Básico) o nivel de aislamiento. Por consecuencia, el autotransformador en operación deberá ser protegido por dispositivos protectores para que un voltaje irregular mas alto que este nivel no ataque a los bornes del autotransformador. Cuando el devanado está por conectarse, tenga seguridad de que las siguientes condiciones se satisfacen:

*El punto neutral del enrollado de aislamiento graduado diseñado para el sistema de puesta a tierra sólido, deberá tocarse a tierra sólidamente.

*El enrollado de todo aislamiento o con nivel de punto neutral reducido aproximadamente $(1/1.7371)$ del nivel de línea puede usarse sin poner el punto neutral en tierra, pero se recomienda proteger el neutral con un pararrayo.

La vida útil de un autotransformador depende totalmente de la eficacia de su aislamiento para resistir los efectos perjudiciales del calor y la humedad, así como a los esfuerzos físicos y dieléctricos a que está sometido en condiciones de trabajo. Por tanto un aislamiento apropiado

constituye la característica mas importante en la construcción del autotransformador.

La producción de los transformadores de gran tamaño se hizo posible mediante la inmersión en aceite de toda la estructura. El aceite no solo sirve para aumentar la rigidez dieléctrica, sino también para facilitar la disipación de calor por las corrientes de convección que se forman. Antiguamente se utilizaba exclusivamente el aceite mineral, clasificados como aceites. Estos aceites sintéticos (designados Askarel en la American Standards) son hidrocarburos clorados, conocidos como Pyranol, Inerteen, Chlorextol y Asbestol; poseen todas las ventajas del aceite mineral como agente aislante y refrigerador y además tienen la valiosa propiedad de no ser inflamables ni explosivos; resultan mas costosos que el aceite mineral, porque los barnices, gomas y aglutinantes empleados generalmente en los equipos en aceite, no pueden usarse porque son solubles en aquéllos. El aceite mineral se utiliza en la mayoría de los casos en los que su empleo no está prohibido por los reglamentos de seguros contra incendio.

CAPITULO SEGUNDO

"PROTECCION DEL AUTOTRANSFORMADOR"

Un autotransformador trifásico es un equipo muy costoso, razón por la cual se gasta mucho dinero en su protección durante su operación en un sistema de potencia.

2.1 DISPOSITIVOS DE PROTECCION

Un autotransformador tiene muchos dispositivos de protección tanto eléctrica como mecánica, tales como el relé Buchholtz, termómetro de cuadrante, relé térmico para temperatura del aceite o de los bobinados, indicador de flujo de aceite, indicador de cuadrante de nivel de aceite, relé de aumento brusco de presión, dispositivos de liberación de presión, relé diferencial, relé de sobrecarga y de falla de puesta a tierra, etc; estos dispositivos son analizados y descritos durante el desarrollo de este trabajo.

2.2 EL RELE BUCHHOLTZ

El relé Buchholtz se construye sobre la base del hecho que al ocurrir fallas en el interior del autotransformador se producen gases y vapores de aceite.

En la mayoría de los casos, las fallas eléctricas de un autotransformador generan gas debido a las altas

temperaturas anormales, causadas por el arco de partes metálicas sobrecalentadas y por el deterioro de aislantes sólidos. El relé Buchholtz detecta el gas y opera elementos de alarma para anunciar la producción de gas. El relé también hace uso del flujo de aceite con el fin de abrir disyuntores y prevenir así mayores problemas cuando ocurre una falla grande e instantánea.

La mayor ventaja del relé Buchholtz consiste en que el autotransformador está doblemente protegido, con una operación positiva y rápida respaldada por una gran confiabilidad.

*Operación.- Como se muestra en las Figs. 6, 7 y 8, el relé se coloca en el tubo que conecta el transformador y el conservador. Como se muestra en la Fig. 6, la cámara de aceite está ordinariamente llena de aceite y los flotantes están situados en las posiciones indicadas en la Fig. 7 debido a su empuje. Si ocurre cualquier falla menor anormal en el autotransformador, las burbujas del gas se acumulan sobre la superficie de la cámara de aceite y el flotador F1 desciende para cerrar el circuito de alarma S1, mientras que el flotador F2 permanece inmóvil.

Si ocurre alguna falla grande en el autotransformador se produce un gran volumen de gas

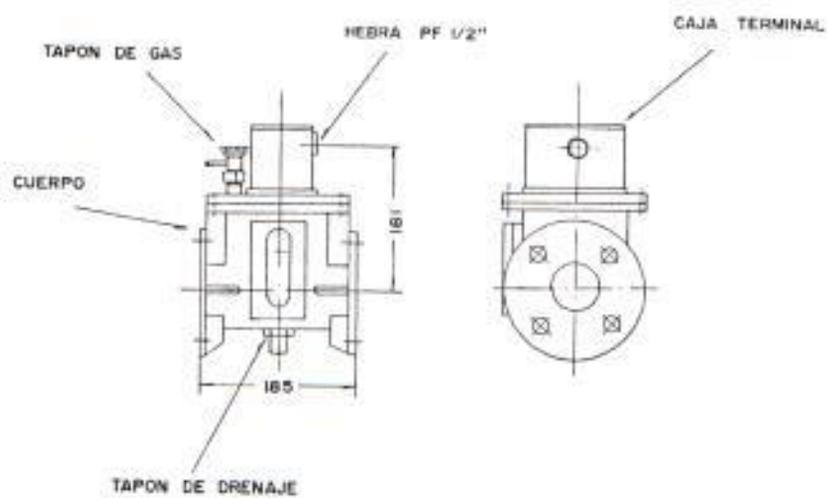


FIG. 6 RASGOS DEL RELE BUCHOLTZ

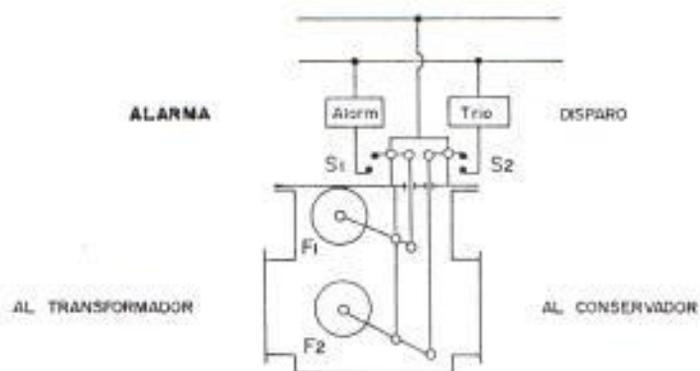


FIG. 7 PRINCIPIO DEL RELE BUCHHOLTS

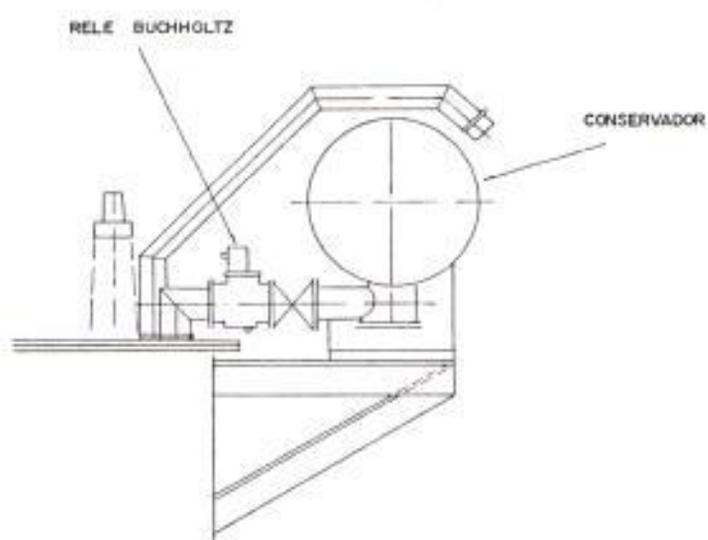


FIG. 8 UBICACION DEL RELE BUCHHOLTZ

que causa que el flujo de aceite se desplace a través del tubo que conecta al transformador y el conservador, lo cual baja el flotador F2 para cerrar el circuito de interrupción S2. Así, en una emergencia el transformador es sacado fuera de servicio dentro de un tiempo muy corto.

*Causas de las fallas del transformador y efecto del relé Buchholtz.- De la explicación de arriba, las fallas de un transformador puede clasificarse en dos grupos de acuerdo a la operación de los flotantes:

Una de pequeños problemas tales como:

Defectos de aislamiento

Deterioros en las láminas aislantes del núcleo y en los pernos aislantes del núcleo.

Contactos imperfectos en las conexiones eléctricas.

Sobrecalentamiento local de los arrollados y deterioros del aislante causados por corrientes excesivas.

Descargas eléctricas de partes metálicas aisladas de la tierra.

El circuito de alarmas del relé Buchholtz opera para los problemas arriba mencionados.

El otro es para problemas serios:

Descomposición de los aisladores pasatapas.

Cortocircuito entre fases.

Cortocircuito a tierra.

Cortocircuito interno de los arrollados.

Cortocircuito entre las tomas del arrollado.

Para lo antes mencionado, opera el circuito de interrupción del relé Buchholtz. Este es útil no solo para detectar las fallas eléctricas arriba señaladas, sino también para detectar los siguientes problemas mecánicos:

Disminución de aceite por debajo del nivel permisible debido a frios severos o a fugas de aceite.

Introducción de aire al transformador causado por una falla en la bomba de circulación de aire.

La graduación en las ventanas de inspección indica el volúmen de gas y en ellas pueden encontrarse algunas de las causas debido del color del gas.

La discriminación de los problemas a partir del color del gas es la siguiente:

- | | |
|----------|--------------------------------|
| GRIS | Descomposición del aceite |
| AMARILLO | Fallas en las partes de madera |
| BLANCO | Fallas en el aislante de papel |

Una muestra precisa del gas puede realizarse mediante un análisis químico del gas tomado como muestra por la toma de gas en la parte superior del relé.

*Cuidados en el manejo de instalación del relé.-
Como los flotadores están fijados a los agujeros de la brida, del fin de prevenir daños durante su transporte, deben removerse los cordeles de fijación con sumo cuidado antes de montarlos.

Se requiere probar entonces el relé de acuerdo con el método señalado mas adelante, con el fin de detectar cualquier falla causada durante el transporte.

Una vez montado el relé se deben seguir estrictamente las precauciones siguientes, con el fin de obtener una operación satisfactoria.

a. El relé debe ubicarse en una posición por encima del tanque del transformador e inferior a la del conservador, tal como se muestra en la Fig. 8 y la conexión de aceite entre el transformador y el conservador, a través del relé Buchholz, debe ser exactamente horizontal o ligeramente inclinada con el extremo del conservador ligeramente más arriba que el otro extremo.

b. Debe localizarse una válvula de cierre entre el relé y el conservador.

c. Deben observarse correctamente las direcciones de montaje tales como "lado del transformador", "tope", "parte inferior".

d. La toma de gases en el tope del relé está equipada

con una tuerca marcada con una "línea-roja": se pide que después de cerrar la toma, la tuerca debe asegurarse bien para evitar que la toma se pueda abrir debido a las vibraciones del transformador. Antes de abrir la toma, la tuerca debe soltarse primero.

*Metodos de pruebas en Sitio.-

a. Pruebas antes de montar el relé.

Después de remover las ataduras temporales de los flotadores, coloque el relé en una posición normal y correcta. Entonces, cuidadosamente y despacio, baje y suba los flotadores utilizando una vara recta delgada y verifique la operación de los interruptores con un probador eléctrico, lámpara eléctrica o campana.

b. Pruebas después de montar el relé.

La operación del interruptor debe verificarse por el siguiente procedimiento por medio de un probador eléctrico, lámpara eléctrica o campana.

-Cierre la válvula de cierre ubicada entre el relé y el transformador, y abra la toma de gas en el tope del relé. (Al abrir la toma de gas esté seguro de soltar la tuerca marcada en la "línea roja". Verifique entonces el cierre de los interruptores S1 y S2 bajando gradualmente el nivel de aceite en el relé, extrayendo el mismo a través del tapón de

drenaje, y el orden de cierre de los interruptores S1 primero y S2 después.

-A continuación cierre el tapón de drenaje elevando gradualmente el nivel de aceite del relé abriendo la válvula de cierre y verifique la apertura de los interruptores S1 y S2 y el orden de apertura S2 primero y S1 después.

Los ajustes de fábrica para la iniciación son:

-Interruptor S1: a acumulación de gas de aproximadamente 450 cc.

-Interruptor S2: a una velocidad del tubo de aceite de 50 cm/seg. aproximadamente.

2.3 EL RELE DE AUMENTO BRUSCO DE PRESION

En nuestro caso se utiliza el tipo SP-3, que es un dispositivo que detecta el brusco aumento de la presión del Nitrógeno en el tanque debido a la generación de gases y de vapor de aceite a causa de fallas serias en el tanque del transformador.

2.4 DISPOSITIVO DE LIBERACION DE PRESION

Estos dispositivos se activan cuando la presión en las purgas de presión se eleva en forma anormal debido a fallas en el transformador y llega a un valor aproximado de 0.85 kg/cm².

También es activada cuando el cãno del respiradero está obstruido aumentando la presión en la válvula

de alivio.

El dispositivo Mitsubishi de alivio de presión, tipo RD, consta de 7 partes principales que son:

La caja principal, la placa de rotura, la barra móvil, el resorte, y los contactos.

Al ocurrir una falla en el autotransformador, ésta ocasiona una presión bastante alta, la placa de rotura abre inmediatamente y se descarga el exceso de presión. Al mismo tiempo, el resorte comprimido empuja la barra móvil hacia fuera y se cierran los contactos que conectan el circuito de alarma.

Las dimensiones y construcción del dispositivo de liberación de presión se pueden observar en la Fig. 9.

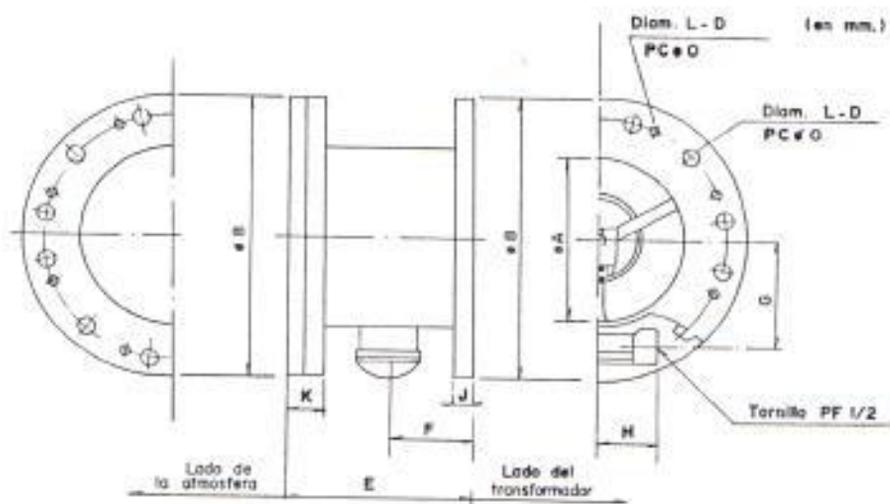
2.5 EL RELE DIFERENCIAL

Como todos sabemos este relé detecta la diferencia entre la corriente de entrada y la de salida de un transformador. La señal es convertida por un transformador de corriente.

También es algunas veces activado por la corriente entrante cuando el transformador es excitado.

Se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones en la protección diferencial del autotransformador:

-Seleccionar el tipo de relé, con baja sensibilidad



Tipo	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
RD - 16	156	265	230	19	162	75	102	55	18	30	8

FIG. 9 DISPOSITIVO DE ALIVIO DE PRESION

a la corriente de magnetización y que posea restricción de armónicas.

-Chequear la capacidad térmica de los transformadores de corriente (5A.)

-Aplicar la regla de conexión detallada en la Fig. 10.

-Conectar el relé para condiciones de carga balanceada.

-Seleccione el tap del relé para condiciones de carga balanceada.

-Chequear la capacidad continua de las bobinas del relé vs. capacidad máxima de transformador de fuerza.

-Chequear el desajuste

$$M = \frac{\frac{I_1}{I_m} - \frac{T_1}{T_m}}{S} * 100$$

S, es la magnitud mas pequeña de I_1/I_m o T_1/T_m

Desajuste no mayor del 15%.

-Chequear performance de los transformadores de corriente.

2.6 EL RELE DE SOBRECARGA Y DE FALLA DE PUESTA A TIERRA

Estos relés detectan fallas en los sistemas eléctricos incluyendo los autotransformadores.

Estos dispositivos detectan sobrecarga o



FIG. 10 REGLA DE CONEXION PARA LA PROTECCION DIFERENCIAL

sobrecorriente en el sistema de potencia para el cual está sirviendo el autotransformador. Su funcionamiento es como el de cualquier relé de protección, es decir, al sensar la falla o sobrecorriente, dispara la protección.

CAPITULO TERCERO

"OPERACION Y MANTENIMIENTO"

Lo más importante para que la vida útil del autotransformador sea realmente la que indican sus fabricantes, es la correcta operación del mismo y un esmerado como eficiente mantenimiento, siguiendo fielmente las indicaciones de los manuales correspondientes.

En los últimos tiempos, los autotransformadores de potencia se fabrican con mayor capacidad para suplir el incremento en la demanda de la energía eléctrica. Por lo tanto, cualquier corte de energía de emergencia o inesperado debido a problemas en los transformadores tiene como consecuencia una gran pérdida en la producción como así también grandes inconvenientes. Se desprende que es necesario una operación libre de inconvenientes a través de un programa de mantenimiento bien elaborado. Las inspecciones diarias y periódicas podrán detectar condiciones anormales de un autotransformador o de sus partes antes que ellas causen perjuicios mayores. Se deberá establecer un programa de inspecciones regulares y dicho programa deberá ser estrictamente seguido para el mantenimiento preventivo de los autotransformadores de potencia.

3.1 PUESTA EN SERVICIO

Cuidado especial deberá tenerse para el mantenimiento del autotransformador usado en las circunstancias que se enumeran abajo, aunque no es necesario reducir el Kva. del autotransformador.

a.- Cuando la temperatura ambiente es extremadamente baja.

b.- Cuando la humedad es extremadamente alta.

c.- Cuando el autotransformador se usa en vapor, aceite vaporoso, gas explosivo, gas corrosivo, etc.

d.- Cuando contaminación por sal o polvos es severa.

e.- Cuando la calidad del agua enfriadora es mala.

f.- Cuando el transformador se expone a vibración severa o choque mecánico.

3.2 REGULACION

La regulación de voltaje en los autotransformadores trifásicos con cambiadores de tomas (taps) bajo carga, se realiza sin necesidad de sacar el equipo fuera de servicio, evitando así ocasionar las consecuentes molestias; además, con esta ventaja de poder regular el tap con el autotransformador bajo carga, ésta se la puede hacer con mayor frecuencia, y no necesariamente hay que esperar a que el equipo quede fuera de servicio para poder mover su tap.

3.3 CAMBIOS DE TAPS BAJO CARGA

La regulación de voltaje de un autotransformador se efectúa normalmente por medio de un cambiador de toma desenergizado sobre el devanado primario o secundario. Sin embargo, este método presenta un número de defectos ya que el autotransformador debe separarse de la línea antes de operar el cambiador y registrándose en consecuencia un corte en el suministro de energía.

También, según las características de la carga, el voltaje del autotransformador debe regularse constantemente y es muy problemático tener que cortar la corriente en cada oportunidad. Los cambiadores de tomas en carga solucionan este problema y su utilización aumenta día a día ya que ofrecen un suministro de energía mas eficiente.

3.3.1 TIPOS DE CAMBIADORES

Los cambiadores de tomas en carga Mitsubishi se clasifican en dos grupos:

- Tipos a Resistencia. NR, DR, MRM, VSM.
- Tipos a Reactor. URS, VRE.

Los primeros poseen interruptores en aceite y los segundos poseen interruptores al vacío.

Vamos a hablar de los tipos a Resistencia con interruptor en aceite solamente, ya que los

mismos cubren la mayoría de las aplicaciones prácticas.

*Tipo NR: El tipo NR mostrado en la Fig. 11 es una llave selectora tipo a resistencia diseñada para utilización en transformadores de distribución de energía con devanados en derivación conectados en estrella o en triángulo. Pueden emplearse hasta 66 Kv.-30 Mva. para conexión en estrella y hasta 66Kv.-40 Mva. para conexión en triángulo.

Posee un mecanismo acumulador de energía rotatorio que conduce el sistema de contactos móviles tipo a rodillos de la llave selectora con un movimiento rápido y seguro. También posee un mecanismo giratorio intermitente sobre un eje común, para impulsar el mecanismo de los contactos móviles tipo a rodillo del conmutador de cambios con una acción suave y segura. La llave selectora se aloja en un compartimiento completamente separado del tanque principal y puede levantarse para inspección, mantenimiento o reparaciones sin necesidad de reducir el nivel de aceite del tanque.

*Tipo DR: El tipo DR que se presenta en la Fig. 12, es un cambiador de toma tipo a

resistencia destinado a ser utilizado en transformadores de energía y de distribución, o en transformadores industriales con devanados en derivación conectados en estrella o en triángulo. Puede utilizarse hasta 230 Kv.-100 Mva. para Conexión en estrella y hasta 132 Kv.-100 Mva. para conexión en triángulo. Puede utilizarse también en autotransformadores con terminales de poco voltaje de hasta 132 Kv.

El interruptor de desviación y el selector de tomas emplean contactos deslizantes de construcción simple con probada eficiencia. El uso de estos contactos ofrece también buena aislación entre fases. El interruptor de desviación se coloca en un compartimiento a prueba de aceite, el cual puede elevarse para inspección y mantenimiento sin necesidad de reducir el nivel de aceite en el tanque principal.

Tipo MRM: El cambiador de derivación sobre carga Mitsubishi tipo MRM es un cambiador de derivación sobre carga de capacidad media fabricado por la avanzada tecnología japonesa y variada experiencia de la Mitsubishi, acumulada durante un largo período de tiempo

en concordancia técnica con la Maschkenfabrik Reinhausen-Gebrüder Scheubeck KB de Alemania Occidental.

Aunque se ha fabricado con el máximo cuidado, especial selección del material, proceso, etc, su rendimiento no puede ser completamente satisfactorio sin la debida inspección y mantenimiento. Por consiguiente hay que leer con cuidado las presentes instrucciones a fin de que se lleve a cabo la adecuada inspección y mantenimiento.

Además del cambiador de derivación de fase triple y punto de estrella, el MRM puede obtenerse en las variedades de fase única y doble, aunque sus instrucciones son fundamentalmente las mismas, con excepción del número de interruptores de diversificación y contactos del selector de derivación, lo mismo que las resistencias de límite de corriente. Por lo tanto la inspección y mantenimiento se pueden llevar a cabo de la misma manera para cada variedad.

Los alcances y especificaciones del cambiador de derivación sobre carga Mitsubishi tipo MRM son:

VARIEDAD	APLIC.	NUM. FASE	MAX. I (A)	MAX V (V)	KVA	DER. MAX.	AIS KV.
MRM III600	YE	3	600	3000	1100	35	220
MRM III800	YE	3	800	3000	1100	35	220

*Función, construcción y operación.

El cambiador de derivación bajo carga MRM es un sistema de interruptor de cambio de máquina que puede cambiar la conexión de derivación del autotransformador en condición de carga. Consta de los siguientes componentes: ver Fig. 13.

-Interruptor de diversificación. Consta de un contenedor del interruptor de diversificación y de un insertador de diversificación.

El contenedor tiene una caja frontal del cambiador de derivación y un cilindro de aislamiento del interruptor de diversificación.

El insertador tiene un mecanismo de movimiento rápido, un contacto del interruptor del diversificador y una resistencia de límite de corriente.

-Selector de derivación, que contiene un

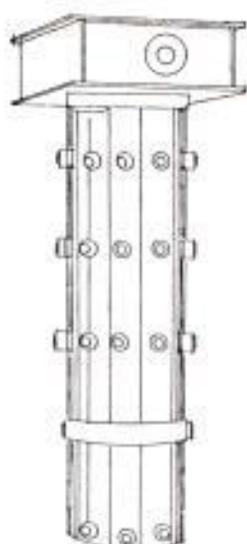


FIG. II TIPO - NR

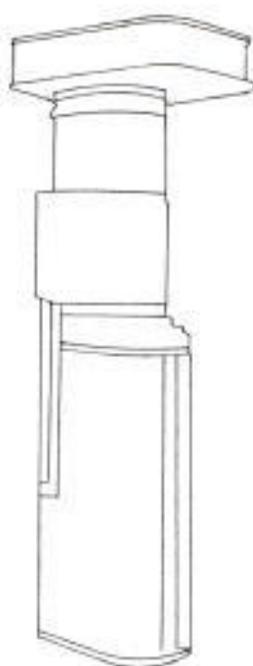


FIG. 12 TIPO - DR

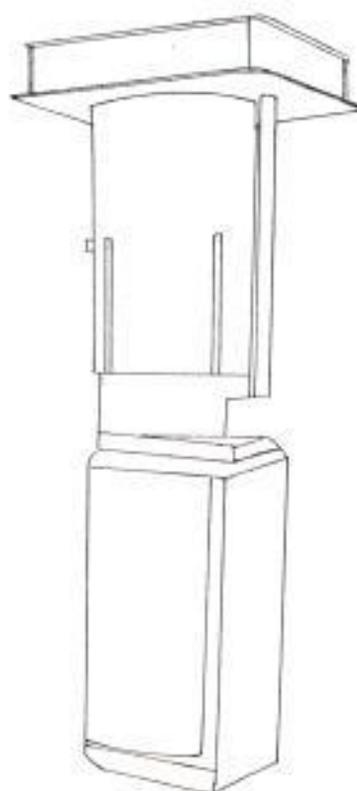


FIG. 13 TIPO - MRM

selector del mecanismo de tracción, un cuerpo principal del selector de derivación y un interruptor de cambio de máquina, que se facilita si es necesario como el interruptor de reversión o de paso brusco.

Se proveen además como accesorios, el equipo de tracción MA7, el relé protector RS3000, el purificador de aceite de línea recalentada, etc.

Este cambiador de derivación sobre carga, es de tipo de montaje parejo cuya cabeza frontal se adapta a la brida de una abertura de la cubierta del tanque del transformador o autotransformador, y cuyo cuerpo principal está instalado en el interior del tanque.

El aceite contaminado del contenedor del interruptor de diversificación, está completamente separado del aceite limpio del autotransformador, lo cual se evita por medio de un montaje impermeable.

El contenedor de aceite del interruptor de diversificación es un cilindro hecho de material de gran resistencia aislante para prevenir el contacto con tierra.

El contacto diversificador está sujeto con cuatro pernos dentro de la caja frontal y se

puede extraer para su inspección y mantenimiento.

El selector de derivación está montado en el fondo del contenedor del interruptor de diversificación, sumergido en el aceite del autotransformador. Un interruptor de cambio de máquina puede ser colocado, si es necesario, en la parte lateral del cuerpo principal del selector de derivación.

Hay un depósito para el contenedor del interruptor de diversificación el cual suministra aceite para rellenar aquel, sin menoscabo de la variación en la temperatura. El relé de protección RS3000 está insertado en el tubo que conecta la caja frontal con el depósito, con lo cual puede detectar una corriente anormal de aceite en caso de falla ocurrida dentro del contenedor del interruptor de diversificación.

El equipo de tracción hace mover el cambiador de derivación por medio de un eje vertical conectador, un mecanismo de engranajes biselados, un eje conectador horizontal y el árbol de salida de la caja frontal.

*Caja frontal del cambiador de derivación: La caja frontal tiene una cubierta para proteger

de la atmósfera el contenedor del interruptor de diversificación. La cubierta tiene una placa de descarga para dar escape al aumento de presión en el contenedor del interruptor de diversificación; hay una mirilla para monitorizar la posición de derivación y una clavija de descarga de aire para ajustar el volumen de éste dentro de la caja frontal.

En la pared de la caja frontal hay una brida para el suministro de aceite y otra para el drenaje, cambio o circulación del mismo, pudiéndose obtener un purificador de aceite de línea recalentada. Junto a dichas bridas se proveen otras para conectar las tuberías del depósito a través del relé RS3000, fig. 13A.

A través de la otra pared pasa el árbol de potencia de entrada que transmite la acción del equipo de tracción, convirtiéndose parcialmente, dentro de la caja en tornillo sin fin, reduce el número de revoluciones por paso de 33 a 1/2. Media vuelta por paso se transmite al contacto del diversificador a través de tres engranajes cilíndricos y también el árbol de tracción selector a través del fondo de la caja frontal.

Acoplado al eje sin fin de tracción hay un

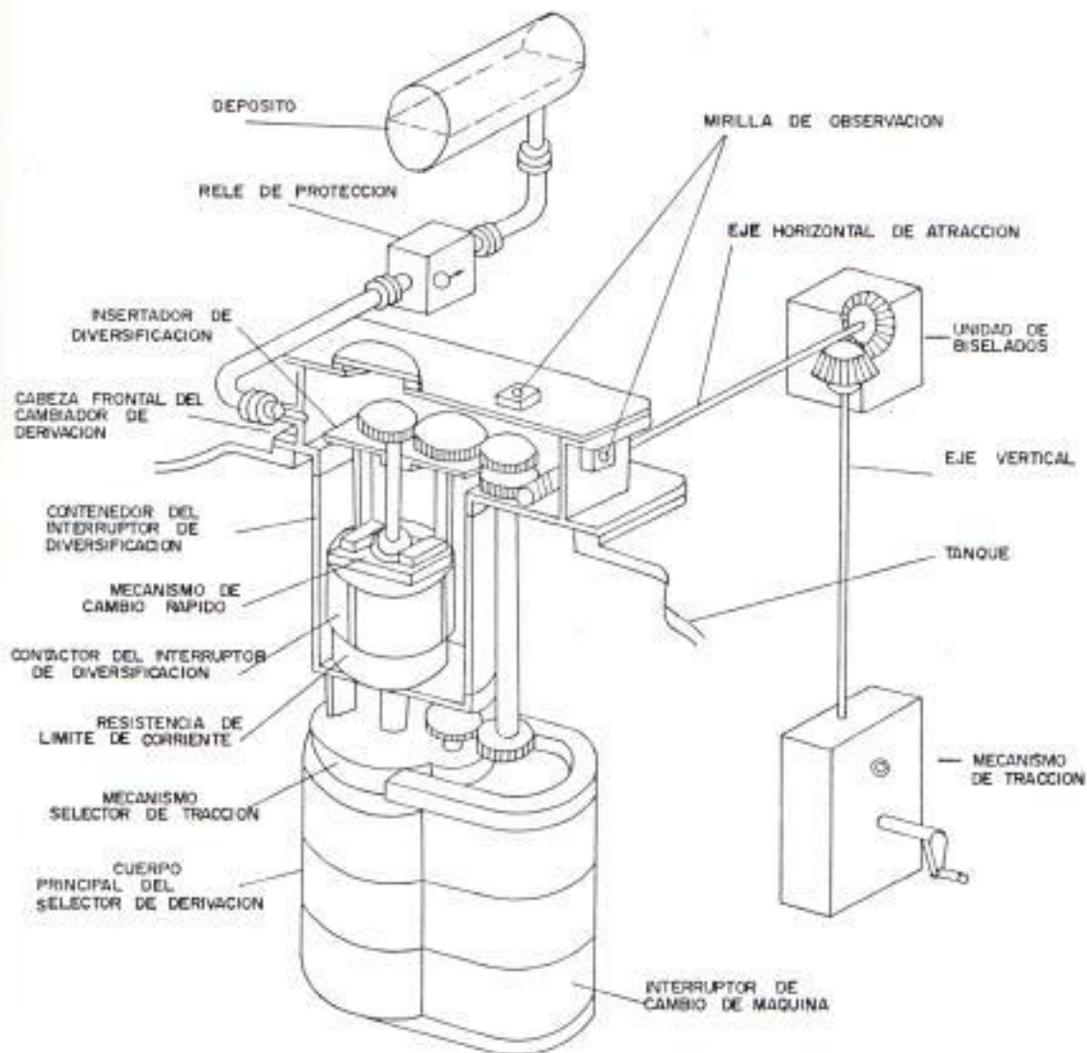


FIG. 13a CONSTRUCCION DEL CAMBIADOR DE DERIVACION

indicador de posición de derivación, para que se vea cuál de las posiciones de derivación está en uso.

Hay otra mirilla en la pared de la caja frontal para monitorizar el nivel de aceite. Obsérvese las Fig. 14 y 15.

*Contenedor del interruptor de diversificación:

El contenedor del interruptor de diversificación, Fig. 15, consta de un caja frontal unida a un cilindro aislador, el cual a su vez está unido a una brida inferior. Este contenedor es una construcción de gran impermeabilidad para el aceite, evitando que el aceite contaminado se mezcle con el aceite puro del transformador. Para el cilindro se emplea material laminado de alta calidad de aislamiento para evitar el contacto de los componentes de energía con la tierra. Penetran a través del cilindro los contactos de conexión para transmitir la corriente desde el selector de derivación al insertador de diversificación y al punto neutral.

*Insertador del diversificador:

El insertador del diversificador es un interruptor de cambio de máquina que hace

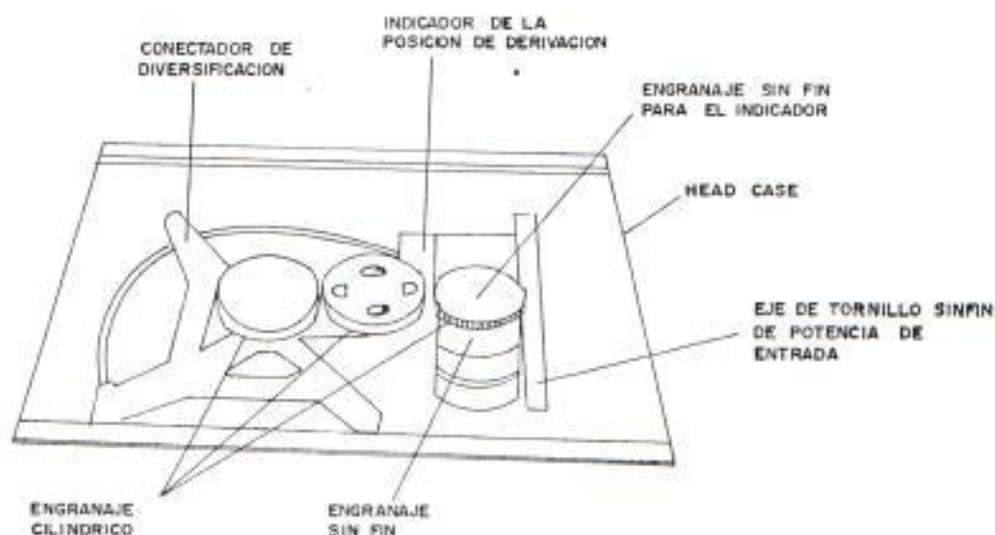


FIG. 14 INTERIOR DE LA CAJA FRONTAL DEL CAMBIADOR DE DERIVACION

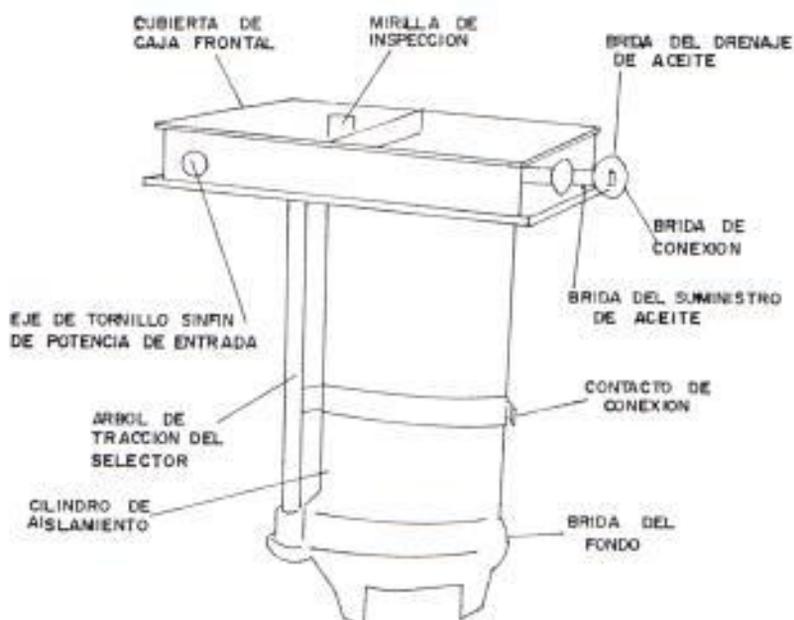


FIG. 15 CONTENEDOR DEL INTERRUPTOR DE DIVERSIFICACION

pasar la corriente de carga de la derivación en uso a la siguiente, siendo en ambas seleccionadas por el selector de derivación (una de número par y otra de número impar). Como sus contactos secundarios se consumirán debido a la descarga producida durante la interrupción, contaminándose con el carbón disuelto en el aceite de aislamiento, está diseñado para poderse sacar fuera para la inspección y limpieza.

La fuerza transmitida al árbol de tracción del diversificador hace girar la leva del disco. Por medio de esta rotación la caja superior del muelle hace un movimiento lineal. Pero la caja del muelle inferior permanece inmóvil ya que la manivela del diversificador pivoteado en la caja inferior del muelle queda cerrado por un pasador. Como resultado el muelle acumulador de energía insertado entre las cajas superior e inferior, la sigue acumulando. Llega un punto en que el muelle ha sido forzado hasta una determinada longitud, Fig. 16, y el brazo fijado en la caja superior del muelle empuja el extremo del pasador y así se suelta la manivela del diversificador. Como resultado, la energía

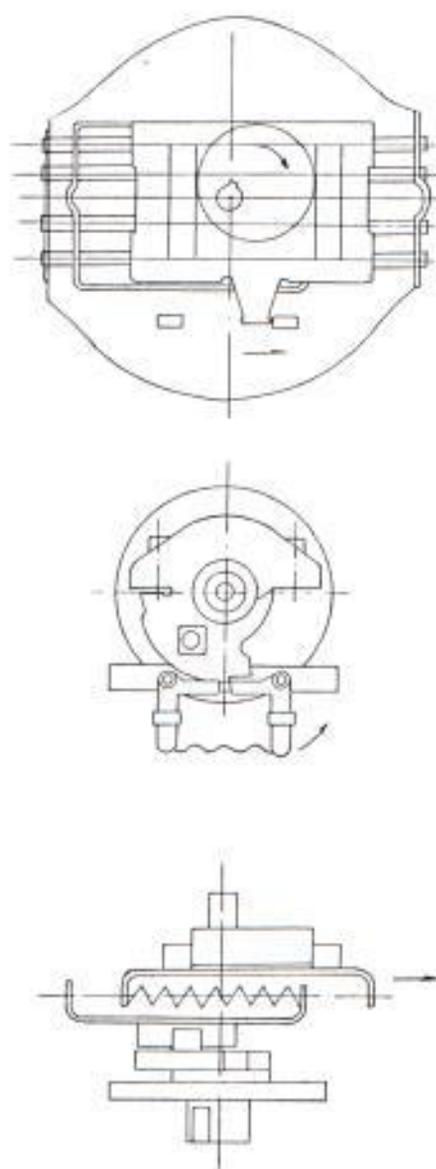


FIG. 16 PRINCIPIO DE OPERACION DEL MECANISMO DE MOVIMIENTO RAPIDO

acumulada en el muelle de compresión, se descarga súbitamente para mover la caja inferior del muelle, haciendo girar rápidamente la manivela del diversificador.

Al final de la rotación de la manivela del diversificador, el otro pasador se encalla en la entalladura de la manivela del diversificador para preparar el siguiente cambio de derivación.

Por medio de la rápida rotación del árbol del diversificador conectado con la manivela del diversificador, la leva trigonal fijada al eje del diversificador gira para hacer balancear los sectores de aislamiento. Este movimiento de balanceo hace que los dos pares de contactos secundarios móviles y los dos pares de resistencias se abran, para cerrar los contactos con los correspondientes fijos que los rodean en una determinada frecuencia, Fig. 17.

Cada contacto móvil o fijo, se divide en dos pares, superior e inferior. Para que haya una mayor capacidad de frenado y asegurar una mayor duración, los contactos de resistencia están conectados a dos resistencias paralelas de limitación de corriente para dividir la

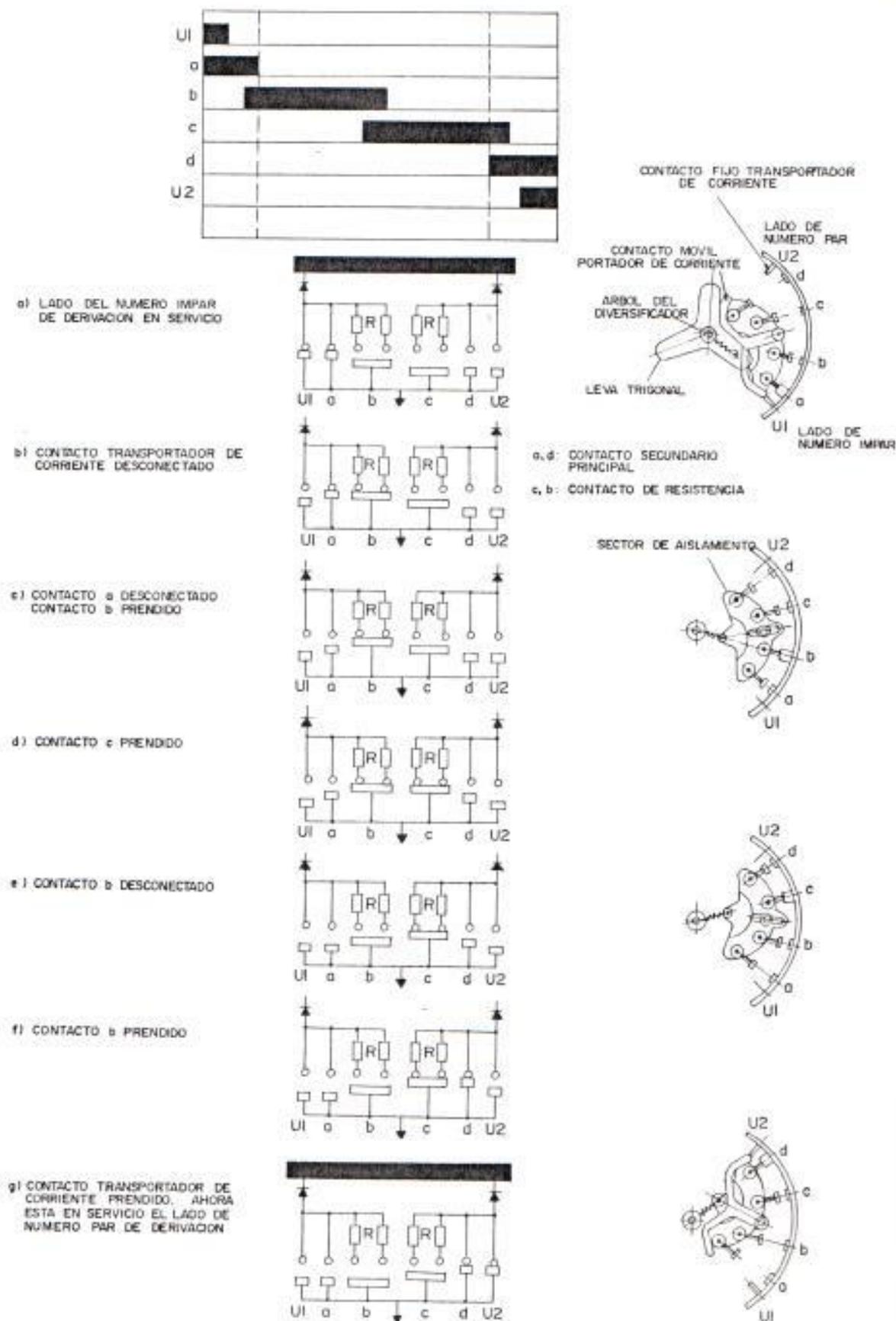


FIG.17 SECUENCIA DE CONEXION DEL INTERRUPTOR DE DIVERSIFICACION

corriente de frenado, usando el efecto divisorio de dos resistencias iguales en paralelo.

Con el fin de que fluya de manera continua la corriente de carga mientras está parado el cambiador de derivación, se proveen los contactos transportadores, movidos también por la leva trigonal.

Para suprimir la corriente que circula por las dos derivaciones adyacentes, durante su cambio, se emplean resistencias de limitación de corriente. Están montadas en la parte inferior del conjunto del contacto del interruptor de diversificación y conectados con los contactos de la resistencia.

***Selector de derivación:**

El selector de derivación actúa para seleccionar la requerida derivación del rotador para obtener la conexión con los terminales pares e impares del interruptor del diversificador, y para eso se emplean dos contactos móviles que se mueven alternativamente a través de dos líneas de contactos fijos.

El interruptor de cambio de máquina, que se puede montar cuando se crea necesario, ofrece

derivaciones con casi el doble de contactos fijos del selector de derivación. Como el movimiento alternado de los contactos móviles, se hace de modo que la corriente de carga no se interrumpe, no se produce arco. Por esta razón no se necesita separar el selector de derivación del aceite del transformador en el caso de un interruptor de diversificación, estando consiguientemente sumergido en el aceite común del transformador; véase Fig. 18 y 19.

*Mecanismo de tracción del selector:

El mecanismo de tracción del selector de derivación está colocado debajo de la brida inferior del contenedor del interruptor de diversificación y hace mover los contactos impares móviles de derivación y los contactos pares de una forma alternada, usando la fuerza del árbol de tracción del selector. El juego de unión entre el engranaje cilíndrico y el piñón del árbol de tracción, debajo del contenedor del interruptor de diversificación, no causa movimiento del piñón del eje de tracción, ya que el primer paso después del cambio de derivación cambia la dirección.

El piñón geneva hace una revolución idéntica a

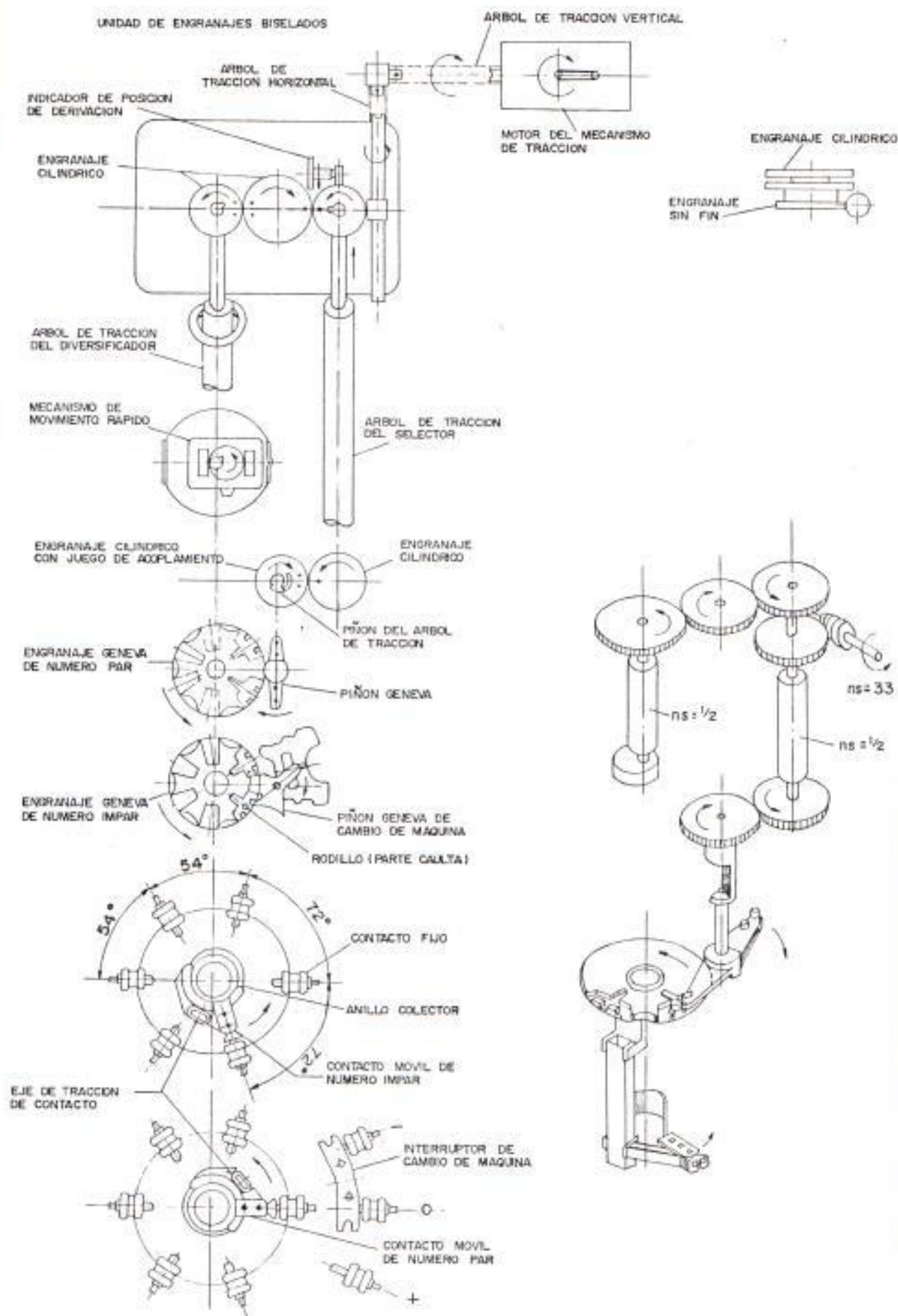


FIG. 18 DISPOSICION DE LOS ENGRANAJES

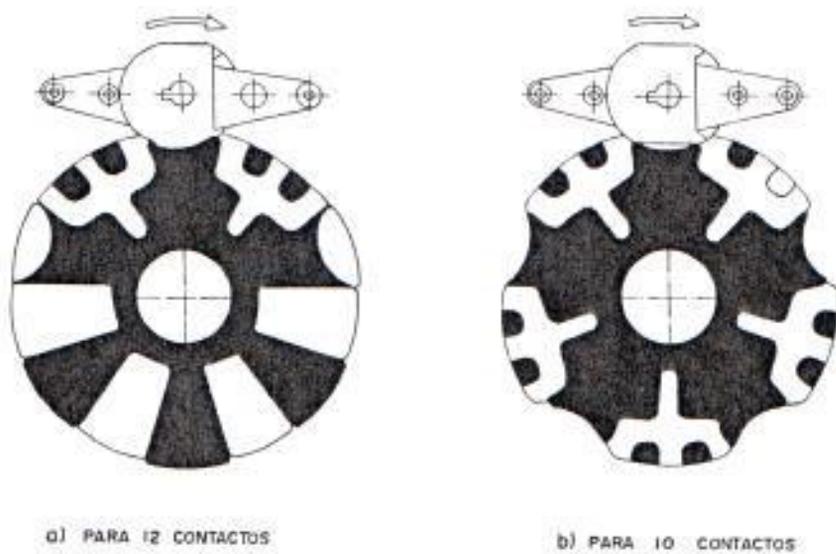


FIG.19 ENGRANAJE GENEVA PARA EL MOVIMIENTO DEL SELECTOR

la del árbol de tracción para arrastrar alternativamente cada media vuelta los engranajes geneva de los números impares y pares. Un rodillo situado en los engranajes geneva de los números impares hace mover el interruptor de cambio de máquina a través de los engranajes geneva de éste, Fig. 19.

*Cuerpo principal del selector de derivación:

Los cables de derivación que proceden del transformador se conectan con los contactos fijos unidos a los correspondientes jalones de aislamiento.

Dos contactos fijos adyacentes, de numeración impar y par, están unidos en el mismo jalón de aislamiento, de forma que hay en él seis contactos fijos en caso de un cambiador de derivación de triple fase. El número de jalones de aislamiento varía de acuerdo con el número de variaciones requeridas.

El contacto fijo tiene un cuerpo en forma de columna que ha de ser apretado por un par de aletas móviles de contacto que tienen dos puntos de contacto, de manera que el contacto móvil se deslizará por sí mismo en el contacto fijo en cierto momento antes de la posición final. De esta manera siempre quedan

asegurados cuatro puntos de contacto positivo. El ángulo de 72 grados en la Fig. 18 permanece constante independientemente del número de jalones de aislamiento, mientras que el otro ángulo cambia según el número de jalones de aislamiento. Por consiguiente los engranajes geneva tanto para las derivaciones impares como para las pares, tienen ranuras divididas diferentemente. La Fig. 19 muestra dos ejemplos.

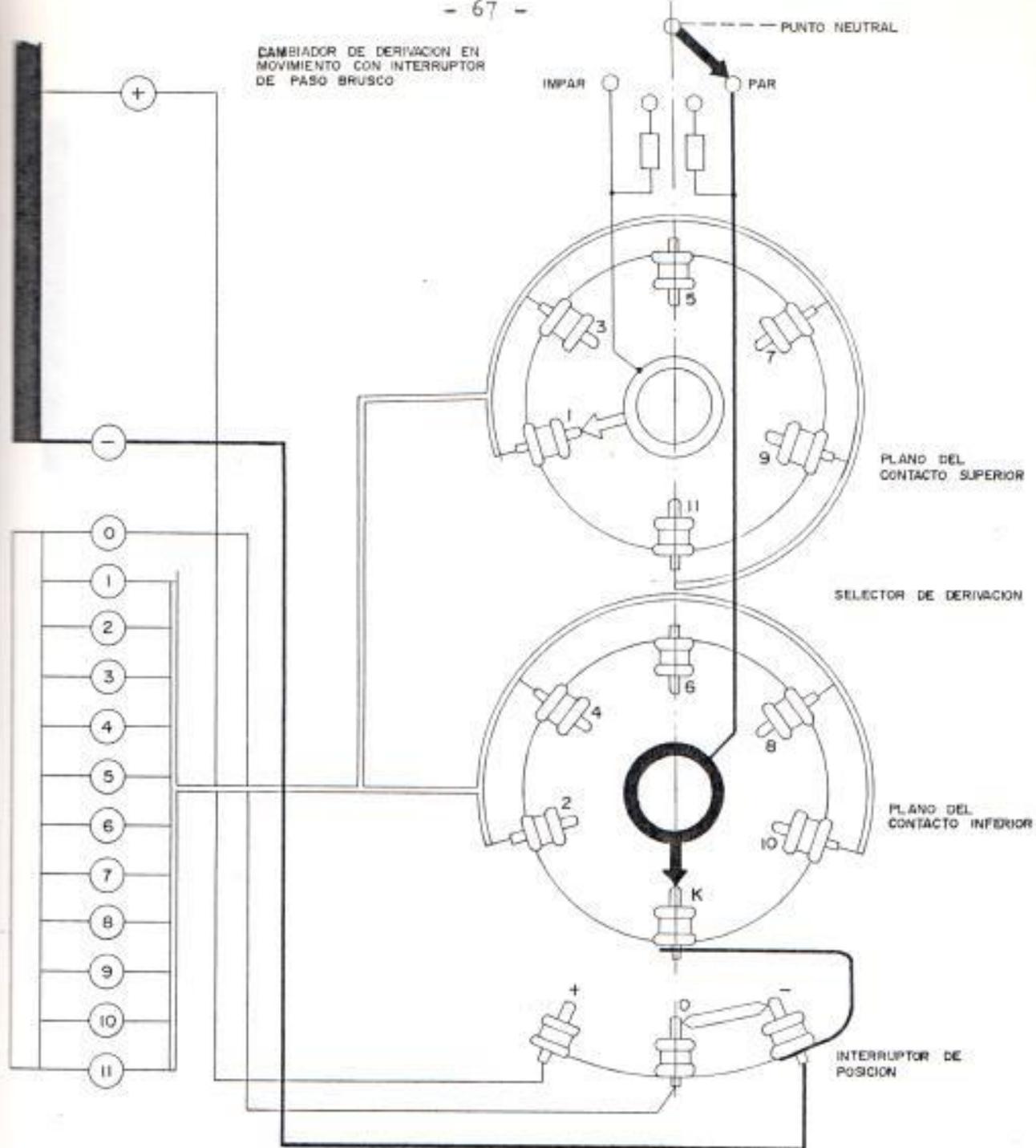
*Interruptor de cambio de máquina:

Hay dos clases de interruptores de cambio de máquina. El interruptor de reversión y el de paso brusco. La conexión con el transformador es bastante diferente entre ambas clases, aunque el mecanismo es idéntico.

La Fig. 20 y 21 muestran ejemplos de conexión entre el cambiador de derivación y el autotransformador.

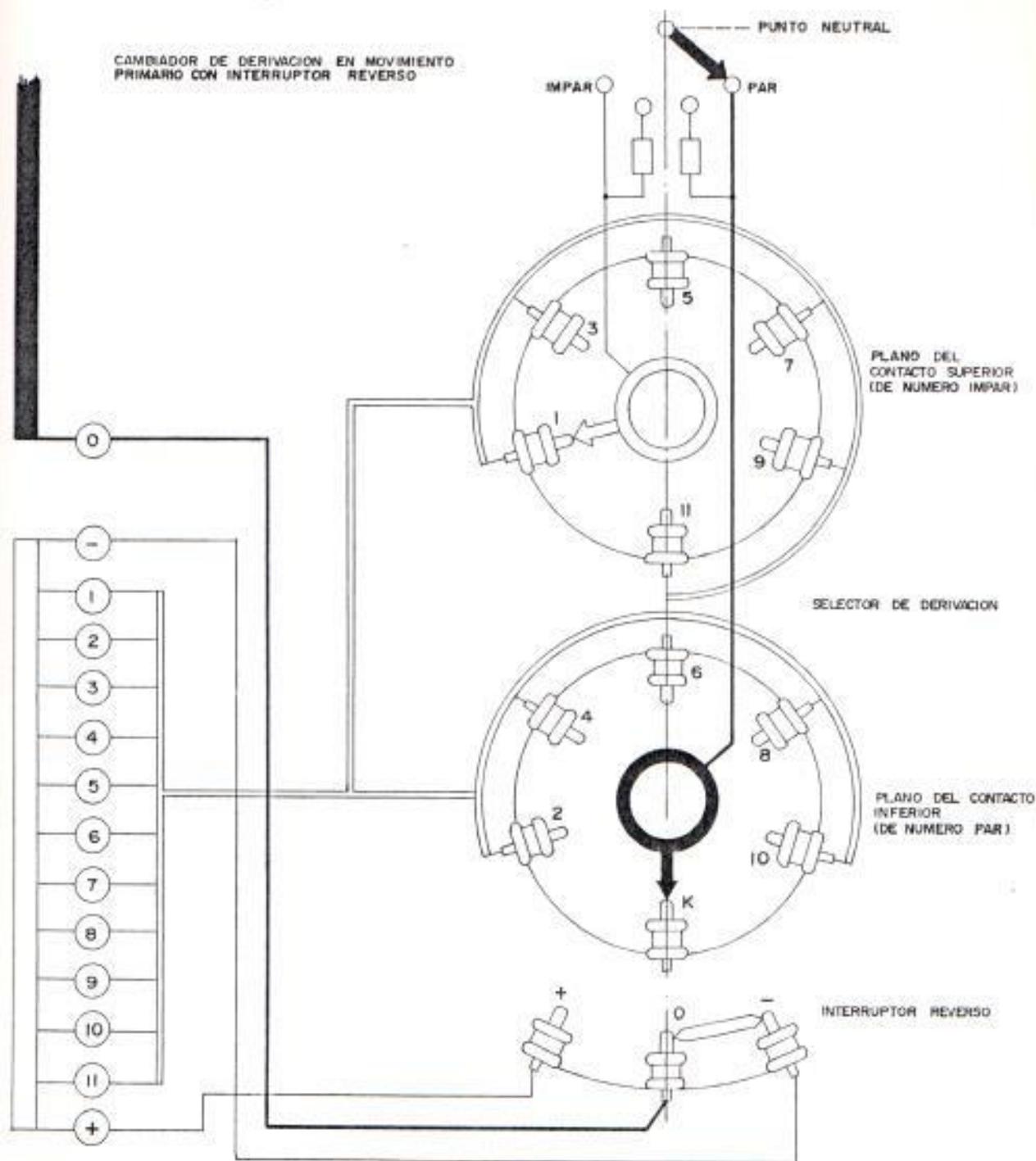
Ambas figuras muestran la condición alcanzada en la Pos. 12 en la dirección que va de la Pos. 1 a la Pos. 23, en la que el contacto K lleva la corriente de carga.

Para hacer el cambio a la posición 13, el contacto móvil de número impar del selector de derivación se mueve del contacto I al II y el



INDICADOR DE POSICION DE DERIVACION		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
NUMERO DE CONTACTO SELECTOR		11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	K	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
INTERRUPTOR DE PASO BRUSCO	POS. 1 → 23	←-----											-----→											
	POS. 23 → 1	←-----											-----→											

FIG.20 DIAGRAMA DE CONEXION DE DERIVACION



INDICADOR DE POSICION DE DERIVACION		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
NUMERO DE CONTACTO SELECTOR		11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	K	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
INTERRUPTOR DE PASO BRUSCO	POS. 1 → 23	→											+											
	POS. 23 → 1	→											+											

FIG. 21 DIAGRAMA DE CONEXION DE DERIVACION

contacto móvil del interruptor de paso brusco (o de reversión) se mueve del contacto (-) al contacto (+), mientras que el contacto móvil del selector de derivación está abierto sin interrumpir la corriente.

En caso de un cambio de derivación desde la Pos. 13 a la Pos. 12, por el contrario, el selector de derivación no se mueve, debido a que el antes mencionado efecto de juego de acoplamiento, con el cual se cambia sólo el interruptor del diversificador del lado de la derivación de número impar a la del número par. Otra operación de la Pos. 12 a la 11 opera el cambio del contacto 11 al contacto 1 en el selector de derivación, y de (+) a (-) en el interruptor de cambio máquina, lo cual indica que éste funciona en este paso diferentemente de acuerdo con la dirección del cambio de la derivación.

*Secado.

El cambiador de derivación MRM demuestra su esperada fuerza de aislamiento después de acabar el proceso de secado como se muestra a continuación:

-El calor aumenta hasta 90 grados centígrados en un alcance de 10 grados/hora. (son pues

necesarias ó horas).

-Calentar continuamente por 12 horas a 90 grados centígrados.

-Calentar continuamente por 36 horas a 90 grados centígrados en vacío.

-Parar de calentar y dejarlo como está por unas 12 horas hasta que la temperatura baja a 60 grados centígrados en vacío.

-En condición de vacío introducir aceite; cesar la condición de vacío después de dos horas.

En caso de calentamiento con el transformador no habrá problema aunque el período de calentamiento sea mayor que el mencionado arriba, admitido que la temperatura no es superior a los 90 grados centígrados.

*Instalación en el autotransformador.

-Fijar el cambiador de derivación en la brida provista en la cubierta del tanque del autotransformador, una vez insertada la empaquetadura.

-Se necesita un soporte cuando durante el transporte haya una excesiva vibración; tenerlo en cuenta al fijar el fondo del selector de derivación en el tanque principal.

-Hacer las conexiones con el autotransformador

con los hilos de acuerdo con el diagrama de conexiones que se ofrece para cada transformador.

-Hay que conectar la tubería del depósito del cambiador de derivación a la brida del relé protector del RS3000.

-En caso de que se provea purificador de aceite de línea caliente, la brida del suministro de aceite del contenedor del interruptor de diversificación se debe conectar a la brida de salida del purificador, conectándose la brida de salida de aceite con la brida de entrada del purificador.

-Al vaciar el tanque principal del transformador hacerlo también con el contenedor del interruptor de diversificación al mismo tiempo. Sin embargo el relleno correspondiente al interruptor de diversificación se debe realizar después de hacer el vacío. Asegurarse de que queda un espacio de aire en la parte superior de la caja frontal.

-En la brida de la caja frontal hay un válvula de descarga de aire para expeler el aire sobrante en el espacio de la brida de montaje del cambiador de derivación en la cubierta del

tanque del autotransformador.

*Conexión con el mecanismo de tracción.

Hay que cuidar de hacer la conexión entre el cambiador de derivación sobre carga MRM y el equipo de tracción MA7 de acuerdo con los procedimientos recomendados mas adelante.

3.3.2 INSTRUCCIONES DE INSPECCIONES Y DE OPERACIONES

Cuidar de que no se descuiden las revisiones diarias y periódicas para poder obtener la máxima durabilidad del cambiador de derivación.

*Inspección diaria.

Tener cuidado de hacer la inspección de acuerdo con los componentes que se muestran en la tabla 1, por lo menos una vez cada mes en las inspecciones diarias o periódicas.

*Inspección periódica.

La inspección periódica se hará con el autotransformador desconectado, principalmente del interruptor de diversificación.

-El insertador del diversificador se habrá de sacar fuera para la inspección detallada de acuerdo con la revisión standard que se muestra en la tabla 2. En caso de que se crea que los contactos secundarios han llegado a cierto punto de desgaste, el tiempo de reemplazo se tomará independientemente de lo

fijado en la tabla 2, tratando de informar al agente de la Mitsubishi mas cercano.

-Cuidar de reemplazar los siguientes componentes cuando ya se lleven realizadas 200000 operaciones.

=Conjunto de contactos fijos.

=Conjunto de contactos móviles.

Después de esto, estos conjuntos se cambiarán cada 200000 operaciones.

-Cuando el total de operaciones llegue a 400000, se deben cambiar otros componentes desgastados, se cambiarán por otros nuevos además de los conjuntos de contactos que ya se han mencionado, se es que en inspecciones detalladas se hallan tales partes desgastadas. En caso de que pase un tiempo considerable sin operar el autotransformador suficiente para que no se tenga que hacer el mencionado recambio, se recomienda el cambio del insertador de diversificación.

-Cuando se hallan llevado a cabo 600000 operaciones en total, realizar el recambio en la forma indicada en el punto anterior.

En caso de que el insertador de diversificación se haya cambiado al tiempo de las 400000 operaciones, hacer el recambio de

los conjuntos de contactos que se han detallado anteriormente.

-Cuando el total de operaciones llegue a 800000 tener cuidado de reemplazar todo el cambiador de derivación, incluido el equipo de tracción, con otro nuevo.

-El selector de derivación no necesita inspección periódica, pero se recomienda una revisión visual una vez cada 200 o 300000 operaciones.

TABLA 1. (Componentes de la inspección diaria)

DIVISION	PTO. INSPECCION	COMPONENTE DE LA INSPECCION	CONTRAMEDIDAS
Cuerpo princip. del cambiador de derivación	1.Indicación del indicador de aceite.	Verificar si nivel de aceite excede del límite.	Añadir aceite en caso de que su indicación no llegue al límite.
	2.Color de la sílice gelatinosa del respiradero.	Azul oscuro es correcto. Ver si no se ha hecho rosado.	Reemplazar o secar si se ha hecho rosado.
	3.Color y nivel de aceite en el tanque respiradero.	Verificar si el aceite sobrepasa la línea roja.	Reemplazar el aceite cuando esté por debajo de la línea.
	4.Caja frontal y tubería.	Vigilar que no haya derrame de aceite.	
Mecanismo de tracción.	5.El contador de operaciones.	Ver num. de operaciones. Si oper. aut., + de 50 al día es excesivo.	Si operación es excesiva, regular sensibilidad, reajustando relé.
Purificador de aceite de línea recalentada.	6.Operación	Una operación de mas de 2 horas diarias es recomendable	
	7.Otros componentes	de acuerdo con las instrucciones del purificador de aceite de línea recalentada.	

TABLA 2.(Inspección periódica para el interruptor del diversificador.)

POSICION APLICADA	PURIF. DE ACEITE	INSPECCION INTERNA Y CAMBIO DE ACEITE
Punto neutral	con	Se hará la primera vez cuando se hayan realizado 20000 oper. o 2 años. Después de esto a las 70000 oper. o cada 7 años.
	sin	
Linea terminal	con	Se hará la primera vez cuando se hayan realizado 20000 oper. o 2 años. Después se hará cada 35000 oper. o cada 3.5 años.
	sin	

*Procedimientos para la inspección periódica.

-Avisos para el inspector periódico:

=La inspección del interruptor de diversificación se puede hacer siguiendo el proceso mencionado para el desmontaje e inspección. Se recomienda sin embargo la presencia de un técnico de la Mitsubishi para que haga una demostración práctica.

=Escoger un día en que las circunstancias sean favorables. Evitar un día lluvioso.

=No descuidarse de cortar el suministro auxiliar para el equipo de tracción.

=No mantener por mucho tiempo el insertador del diversificador expuesto al aire. Cuidar

de prevenir el polvo y partículas metálicas que puedan entrar o pegarse en el cambiador de derivación.

=Al proceder al desmonte, tener presente los puntos referencia de la posición, y a falta de estos, marcarlos para que el montaje resulte mas fácil.

-Herramientas y materiales.

=400 l. de nuevo aceite aislador; no se necesita en la primera inspección después de 20000 operaciones.

=Un tanque de aceite purificado de unos 400 l.

=Mangueras.

=Un filtro de presión (no es necesario cuando se provee un purificador de línea recalentada).

=Un aparato para levantar el insertador de diversificación (peso: 80 kg., longitud total: 1.4 m. aproximadamente) y colocarlo sobre una plataforma para la inspección.

=Un verificador.

=Un juego de arandelas encorvadas.

=Un juego de tuercas en U.

=Una empaquetadura para la cubierta de la caja frontal.

=Una cuña aisladora para la inspección.

=Un juego de herramientas como llaves, llaves octogonales, destornilladores y alicates.

=Papel, cepillos, lonas de vinil, etc.

*Levantamiento del insertador de diversificación:

-Levantar el insertador de diversificación después de poner los engranajes cilíndricos en la posición de referencia de la Fig. 18, haciendo para ello funcionar el equipo de tracción al mismo tiempo que se observan las señales de coincidencia en dichos engranajes. Después de la inspección introducir de nuevo el insertador de diversificación con los engranajes cilíndricos en la relación anotada anteriormente.

-Manteniendo abierta la válvula de paro, entre el cambiador de derivación y el depósito, abrir la válvula de escape de aire o la placa ciega en el depósito del cambiador de derivación.

-Preparar una grúa o algo parecido para levantar el insertador de diversificación, que pesa 80 kg. aproximadamente.

-Remover la cubierta de la caja frontal.

Asegurarse de que la indicación de la posición de derivación del equipo de tracción y la del

cambiador de derivación coincidan mutuamente.

-Remover las cuatro tuercas que unen el marco del mecanismo a la caja frontal.

-Levantar lentamente el insertador siempre en línea vertical, colocando alambres guías en los orificios del marco del mecanismo.

-Durante el levantamiento cuidar de que el insertador de diversificación no tropiece con el codo de vaciado del aceite.

-Después de que se haya escurrido completamente el aceite, poner el insertador de diversificación en una superficie horizontal.

Tener cuidado de no accionar el equipo de tracción hasta que no haya concluido la inspección y el ulterior montaje de insertador de diversificación. Para impedir una posible operación de aquél, desligar el interruptor principal del mismo en el equipo de tracción.

*Desmonte del insertador de diversificación.

-Verifique las resistencias de limitación de corriente.

-Registrar la posición de desmonte del interruptor de diversificación, especialmente la posición del mecanismo de moción rápida, de forma que en el montaje se consiga se consiga

exactamente la posición anterior.

Para desmontar el conjunto de contactos fijos, los contactos móviles han de estar en una posición intermedia (estando cerrados los contactos de resistencia para cada fase).

Para esto, soltar el pasador para que el árbol de tracción quede en posición estable, que corresponda al tiempo de "cambio de derivación".

El trabajo subsiguiente tiene que seguir en esta condición.

-Realizar la remoción, inspección y remontaje de una fase a un tiempo y proceder de la misma manera para la segunda y tercera fase. Sin embargo si el insertador de diversificación puede permanecer colgado, se puede hacer la operación de las tres fases al mismo tiempo.

a) Desconectar los seis hilos de los terminales de las resistencias.

b) Aflojar los dos pernos en la parte baja del caparazón de montaje de los contactos.

c) Primero se tienen que aflojar cuatro de los ocho pernos de la parte exterior, y luego los cuatro de la parte interior.

d) Sacar con cuidado el caparazón de montaje de los contactos.

-Sacar fuera las cajas de arco para verificar el contacto móvil.

-Limpieza.- Todas las partes removidas se deben lavar en nuevo aceite de aislamiento para transformador.

*Puntos de inspección periódica.

Tenga cuidado de realizar la inspección del insertador de diversificación de acuerdo con los puntos nombrados a continuación.

*CONTENEDOR DEL INTERRUPTOR DE DIVERSIFICACION

A continuación vamos a enumerar algunos problemas que pueden presentarse y los procedimientos a seguirse:

1. Caja frontal.

-Se observa algún escape de aceite?

-Hay carbón acumulado dentro de la caja frontal?

^Reemplazar la empaquetadura por otra nueva.

Si la caja frontal está defectuosa, repararla por medio de soldadura.

^Limpiarlo hasta que quede purificado.

2. Placa de descarga.

-Hay algún escape de aceite o corrosión que pueda causarla?

^Reemplazar por otra nueva.

3. Arbol de tornillo sin fin. Rueda sin fin.

-Se nota oxidación en la parte exterior de la caja frontal?

-Hay alguna otra anomalía en la uniones?

-Se observa algún desgaste anormal?

^Limpiar con lija y aplicar grasa.

^Reemplazar con otra nueva si se nota algún desgaste o diente roto.

4. Indicador de posición de derivación.

-Hay concordancia de indicación de posición de derivación en el mecanismo de tracción?

^Ajustar la coincidencia y buscar el motivo.

5. Cilindro exterior de aislamiento.

-Hay alguna señal de chispa dentro del cilindro?

-Hay partículas de carbón adheridas en la cara interior del cilindro?

^Investigar las causas y reemplazar por otro nuevo.

^Limpiar el carbón.

6. Brida del fondo.

-Hay alguna materia extraña que se haya introducido?

^Ver si hay objetos extraños y removerlos.

*MECANISMO DE MOVIMIENTO RAPIDO.

7. Engranaje cilíndrico.

-Se nota alguna anomalía en los engranajes?

-Se nota algún desgaste anormal?

^Reemplazar con otro nuevo si algún diente está roto.

8. Arbol de tracción del interruptor de diversificación. Soporte de aislamiento.

-Se notan señales de chispa?

-Se notan manchas de polvo de carbón?

^Investigar la causa y reemplazar por otro nuevo.

^Limpiar el carbón.

9. Anillo protector.

-Se notan señales de chispa?

^Investigar la causa y recubrirlo de nuevo si no se cambia por otro nuevo.

10. Anillo cilíndrico.

-Hay alguna flojedad u otra anomalía en el talón de conexión del montaje?

^Encresparlo de nuevo o reemplazarlo por otro.

11. Bloqueo.

-Hay alguna señal anormal de desgaste en la superficie de contacto de la manivela?

-Hay alguna flojedad en la parte rebordeada?

^Reemplazarlo por otro.

^Encresparlo de nuevo.

12. Remache.

-Hay algún remache roto?

^Encresparlo de nuevo con otro remache.

13. Eje de guía.

-Se observa algún desgaste?

^Reemplazar por otro nuevo.

14. Retenedor para la dirección axial.

Retenedor para la dirección de rotación.

-Hay alguna rotura o aflojamiento?

^Sujetar la parte floja.

^Reemplazar la parte rota por otra nueva.

15. Resorte de tensión para el pasador.

-Hay alguna rotura?

^Reemplazar por un componente nuevo.

16. Leva del disco.

-Hay algún desgaste excesivo?

^Reemplazar por un componente nuevo.

17. Caja superior del muelle.

-Se nota una excesiva relajación del extremo del brazo que sirve para soltar el pasador?

^Reemplazar por uno nuevo si la anchura se ha desgastado desde 25 a 23 mm.

18. Muelle almacenador de energía.

-Hay alguna rotura o falla?

^Reemplazar por un componente nuevo.

19. Manivela del diversificador.

-Se nota algún desgaste excesivo?

^Reemplazar por un componente nuevo si hay alguna anomalía.

20. Pasador.

-Hay alguna rotura o deformación?

^Reemplazar por un componente nuevo si la deformación es excesiva para el paro de la manivela.

21. Pernos, tuercas, anillos y clavijas de retención.

-Se nota alguna rotura, aflojamiento o dislocación?

^Reajustar y asegurar.

^Reemplazar por un componente nuevo si hay rotura.

*CONTACTO MOVIL.

22. Leva trigonal.

-Hay alguna escisión en el contacto transmisor de corriente, rodillo de tracción o leva?

^Si está en condiciones irregulares cambiar la leva trigonal.

23. Sector de aislamiento.

-Se observa alguna rotura, irregularidad, etc?

^Si hay anomalía reemplazar por uno nuevo.

24. Placa guía.

-Hay en el canal alguna rotura o desgaste anormal?

^Si hay anormalidad, reemplazar por otra nueva.

25. Contacto secundario móvil.

-Está muy consumido?

-Hay desbalance entre las tres fases?

-Se observa algo saliente en la punta de los contactos?

-Se nota flojedad en los pernos sujetadores de los contactos?

^Reemplazar por otro nuevo si el grosor de la punta del contacto está gastada de 3 a 3.5 mm.

^Si se proyecta mas de 2 mm., limarlo, cuidando del polvo metálico.

^Si se observa flojedad, sujetarlo.

26. Contacto de cuchillo.

-Se nota alguna señal de arco o excesiva deformación?

-Hay alguna rotura o hilo suelto en la derivación flexible?

-Hay alguna anormalidad en el panel de aislamiento o en el canal del rodillo?

^Si se observa una señal grande de arco, la secuencia del empalme que se muestra en la Fig. 17 puede que esté desfasada. En este caso informar al agente de la Mitsubishi con datos concretos de la condición.

^Si hay anormalidad, reemplazar por otro nuevo.

^Si hay alguna anormalidad, reemplazar por otro nuevo.

27. Cable flexible.

-Hay alguna rotura o hilo suelto?

^Reemplazar por otro nuevo.

28. Barrera.

-Hay alguna escisión o rotura?

^Reemplazar por otra nueva.

29. Contacto neutral.

-Hay alguna señal de soldadura?

-Hay alguna rotura de los hilos flexibles?

^Rasparlo con una lima o lija, o cambiarlo por otro.

^Reemplazar por otro nuevo.

30. Caja del punto neutral.

-Hay alguna escisión?

^Reemplazarla por otra nueva.

31. Muelle de compresión.

-Está el muelle actuando correctamente?

^Si no actúa correctamente, reemplazarlo.

32. Base de montaje del contacto.

-Se nota alguna señal de chispa o de rotura?

^Si hay anormalidad, reemplazarlo por uno nuevo.

33. Contacto de arco fijo.

-Está muy consumido? Hay algún desbalance entre las fases?

-Hay algún saliente en la superficie de los contactos?

-Están sueltos los pernos que sujetan el contacto?

-Actúa correctamente el muelle del lado de la resistencia de contacto?

^Cuando la punta del contacto tenga un grosor disminuido de 5 a 3.5 mm., recambiarlo.

^Si sale más de 2 mm., limarlo.

^Si está flojo sujetarlo.

^Si no está activo, reemplazarlo por uno nuevo.

34. Contacto fijo suministrador de corriente.

-Hay alguna señal de arco?

-Hay algún desgaste o excesiva deformación?

-Actúa el muelle correctamente?

^Si se nota una fuerte señal de arco, puede ser que la secuencia de interrupción esté desfasada. En este caso se debe informar a un agente de la Mitsubishi, dándole una descripción detallada.

^Reemplazar por otro nuevo.

^Si no está activo reemplazarlo por otro

nuevo.

35. Cable flexible suministrador de corriente. Cable flexible de resistencia.

-Se nota alguna grieta?

^Si se nota alguna ranura, reemplazarlo por otro nuevo.

36. Contacto de botón.

-Hay desgaste anormal o señal de soldadura?

-Actúa el muelle correctamente?

^Rasparlo con una lima o papel de lija o cambiarlo por otro nuevo.

^Si no está activo, reemplazarlo por otro nuevo.

37. Cable de conexión.

-Existe rotura en los hilos o en sus terminales?

^Si está roto, reemplazarlo por otro nuevo.

38. Caparazón de montaje de contactos fijos.

-Se nota alguna señal de chispa o desgaste anormal?

^Reemplazarlo por otro nuevo si hay algo anormal.

*RESISTENCIA DE LIMITACION DE CORRIENTE.

39. Placa de montaje de la resistencia superior.

-Hay alguna ranura o señal de chispa?

^Si hay anormalidad, reemplazarla por otra nueva.

40. Placa de montaje de la resistencia inferior.

-Hay rastro de polvo de carbón?

^Limpiar el polvo de carbón.

41. Distancia de chispa.

-Hay señal de chispa?

^Reemplazarlo por otro nuevo si hay exceso de soldadura.

42. Elemento de la resistencia.

-Hay alguna señal de arco, de soldadura o desconexión?

-Hay rastro de polvo de carbón?

^Reemplazarlo por otro nuevo si hay anormalidades.

^Si la contaminación es excesiva, se hará un repaso general.

43. Terminal.

-Hay alguna rotura o señal de chispa en los terminales?

-Hay algún perno o tuerca sueltos?

^Si hay anormalidad, reemplazarlo por otro nuevo.

^Sujetarlo otra vez.

44. Espaciador de aislamiento. Varilla de cierre.

-Hay alguna dislocación o falta de aislamiento?

^Si hay anomalía, reemplazarlo por uno nuevo.

*SELECTOR DE DERIVACION.

45. Piñón del árbol.

-Se nota algún desgaste?

^Reemplazarlo por otro nuevo.

46. Piñón geneva.

-Se nota flojedad en el rodillo?

-Es suave el movimiento en el rodillo?

-Se nota flojedad en el piñón del eje?

^Reemplazarlo por otro cuando el desgaste sea excesivo.

^Reemplazar la llave cuando el aflojamiento sea excesivo.

47. Engranaje geneva superior. Engranaje geneva inferior.

-Hay alguna deformación o desgaste anormal en el surco?

^Si hay anomalía, reemplazarlo por otro nuevo.

48. Contacto móvil.

-Hay algún desgaste anormal o señal de arco?

-Se ha roto el muelle?

^Ajustar la secuencia de operación con el interruptor de diversificación, si se encuentra señal de arco.

^Confirmar si el muelle opera debidamente cuando se observa desgaste excesivo.

-Si hay rotura, reemplazarlo por otro nuevo.

49. Contacto fijo.

-Hay alguna señal de arco?

-Hay alguna señal de chispa en el anillo protector?

-Se encuentra flojo el contacto?

^Confirmar la secuencia operacional sin hay alguna señal de arco.

^Dar un repaso adicional de fijación.

50. Jalón de contactos. Collar.

-Hay alguna señal de chispa o rendija en el material de aislamiento?

^Reemplazar por otro nuevo.

51. Cable de conexión.

-Hay alguna rotura en las derivaciones?

^Recubrir si hay alguna señal de chispa. Si hay rotura recubrir una vez más.

52. Interruptor de cambio de máquina.

-Hay alguna anomalía en las partes móviles o en las partes deslizantes?

-Hay alguna rendija en el soporte del contacto móvil?

-Hay rotura del muelle del contacto móvil?

-Hay señal de aflojamiento en la clavija guía del contacto fijo?

-Hay alguna distancia entre la clavija guía y el contacto fijo?

^Si hay anormalidad, cambiarlo por otro nuevo.

^Si hay alguna rotura, cambiarlo por otro nuevo.

^Cambiarlo por otro nuevo.

^Encresparla de nuevo o reemplazarla por otra nueva.

^Espaciar convenientemente mediante un ajuste del conjunto.

53. Pernos y tuercas.

-Hay algún aflojamiento o dislocación?

^Apretarlo y fijarlo.

54. Objetos caídos.

-Hay algún objeto extraño en el fondo del tanque del transformador bajo el selector de derivación?

^Si hay algo extraño que ha caído dentro, hallar su posición original y colocarlo allí.

*Montaje del insertador de diversificación.

-Al montar de nuevo el insertador del

diversificador, se puede seguir el orden reverso del desmonte. Sin embargo, para conseguir un montaje eficiente del caparazón de montaje de los contactos fijos, se necesita una cuña de aislamiento, la cuál se colocará entre el sector de aislamiento y la caja de contacto. Se usa para contrarrestar la presión de los muelles sobre el sector de aislamiento desde el centro del interruptor de diversificación.

-Fijar la pantalla.

-Fijar la caparazón de montaje de los contactos fijos usando 8 pernos (M6*20) y nuevas arandelas de lengüeta. La mejor manera de apretar se consigue atornillando primero los pernos cerca de los contactos de resistencia. La presión de torsión debe ser de 50 kg-cm.

-Tirar hacia arriba la cuña de aislamiento.

-Combinar las resistencias de límite de corriente con el caparazón de montaje, usando pernos (M6*20) y arandelas de lengüeta nuevas.

-Asegurar todos los pernos torciendo las lengüetas de arandelas.

-Apretar los cabos inferiores de los cables de conexión de las resistencias a los espárragos

usando arandelas de latón nuevas y tuercas en U (M5). Al llegar aquí, cuidar de no aplicar excesiva fuerza a los cables flexibles de las resistencias.

-Reponer el mecanismo de movimiento rápido en su posición normal de descanso, en la posición intermedia. Para lograrlo mover primero la caja superior del muelle hacia la izquierda o hacia la derecha insertando una clavija de 10 mm. de diámetro en la caja inferior del muelle. Seguidamente apretar la caja superior del muelle en la dirección opuesta hasta que la caja inferior se enganche en el pasador con un clic.

-Confirmar la operación del interruptor de diversificación haciendo dos o tres pruebas para verificar.

*Reemplazo de los contactos secundarios.

Los contactos secundarios de los lados fijos y móviles son idénticos y son de un grosor de 5 mm. hechos de una aleación de cobre-tungsteno. El límite de desgaste es cuando los contactos secundarios o de resistencia se han rebajado a unos 3.5 mm.

*Procedimiento para el cambio de contactos.

Después del cambio de los conjuntos de

contactos móviles, remover los conjuntos de contactos fijos para las tres fases según el procedimiento anteriormente indicado, mientras el insertador de diversificación se halla colgado. Después se pueden cambiar los contactos del conjunto de resistencias y del interruptor de diversificación.

Remover los cables de fuerza conectados con el mecanismo de movimiento rápido.

Levantar el mecanismo de movimiento rápido.

Aflojar los tornillos parejos (M6*15) y los pernos (M6*20) y remover los cables flexibles. Sacar fuera los pernos de gran fuerza (M8*125) aplanando las dos arandelas y aflojando las tuercas. Tener cuidado de no perder los espaciadores y arandelas removidas.

Aflojar las tuercas (M8) del conjunto nuevo de contactos fijos para sacar los pernos de gran fuerza, en lugar de los cuáles se colocará un conjunto de clavijas para sujetarlo por la parte inferior. Tener cuidado con la diferencia de los cables flexibles que conectan los componentes entre la parte impar y la par. Además de esto, cuidar de no aflojar los pernos (M6*12) que sujetan los contactos.

-Después de insertar los espaciadores y arandelas insertar los pernos de gran resistencia y sacar el conjunto de clavijas.

-Apretar temporalmente las tuercas.

-Dejar aparte el conjunto de contactos para apretar la tuerca (fuerza de torsión= 150 kg-cm.) haciendo que un lado de la cabeza del perno se encuentra con la lengüeta de la arandela de dos orificios.

-Apretar después la tuerca, de forma que uno de los lados hexagonales se encuentre con la lengüeta de la arandela de dos agujeros.

-Verificar que los contactos móviles se mueven con facilidad haciendo girar el eje del diversificador.

-Colocar después el cable flexible corto nuevo, aplicándolo al contacto de la resistencia, y largo al contacto principal.

-Al hacer la conexión de los cables flexibles, usar tornillos parejos (M6*15), arandelas y tuercas U nuevas.

-Remover las tuercas en U aseguradas temporalmente, los muelles parejos y arandelas del lado del mecanismo de movimiento rápido en la posición intermedia donde cierran los contactos de las resistencias de los números

impares y pares.

-Apretar las tres partes usando las arandelas los muelles parejos (los tres en la misma dirección) y las tuercas U (Torsión del apretado= 250 kg-cm.).

-Conectar el cable de fuerza con la placa base del mecanismo de movimiento rápido usando pernos (M6#15), arandelas y nuevas tuercas en U.

-Reemplazar el caparazón de contactos fijos. Tener cuidado con la posición del disyuntor para el tubo de drenaje provisto en la placa inferior del montador de resistencia, al montar de nuevo las resistencias de limitación de corriente.

*Reposición del insertador de diversificación.

-Verificar si corresponde la señal de coincidencia del engranaje cilíndrico del lado del insertador de diversificación y el del lado de la caja forntal del mecanismo de tracción de forma que estén como antes del desmonte, y una vez comprobado, bajar poco a poco el insertador de diversificación en el cilindro de aislamiento.

-Asegurarse de que cada componente del insertador de diversificación no sea

interferido por los pernos, contactos o tubo de drenaje del cilindro exterior de aislamiento.

-Después de hacer descender el aparato, haciendo pasar los espárragos por los cuatro orificios del marco para su fijación, asegurarlo con las tuercas.

-Confirmar que la posición de derivación en la indicación del equipo de tracción corresponde con la del mecanismo frontal.

*Rellenado del aceite.

-Verter aceite de transformador en el contenedor del interruptor de diversificación hasta que el nivel llegue a la abertura del tubo en la caja frontal, usando para esto el purificador de aceite de línea recalentada o una prensa filtro. Hacer luego dos o tres operaciones de cambio de derivación para confirmar que todo está normal.

-Si no hay anormalidad, poner una empaquetadura nueva para la cubierta de la caja frontal, apretarla convenientemente y poner algo de aceite adicional. Durante esto la válvula de aire debe estar cerrada, de forma que el aceite pueda subir al depósito.

-En la caja frontal se necesita un espacio de

aire para prevenir un posible mal funcionamiento del relé protector RS3000. Confirmar que el nivel del aceite está en el centro del indicador que está a un lado de la caja frontal.

-Parar la introducción de aceite cuando el nivel del aceite en el tanque haya llegado al nivel que corresponde a la temperatura ambiental al tiempo de introducirlo.

-Cerrar la válvula de escape de aire del depósito.

-En caso de que se provea un purificador de aceite de línea recalentada, hacerlo operar más o menos durante una hora para que desaparezcan las burbujas de aceite.

-En caso de que no se provea dicho purificador de aceite, abrir la válvula de drenaje para que salga el aire del tubo del mismo, dejándolo abierto durante unas dos horas hasta que desaparezcan las burbujas.

-Volver a fijar la posición del relé de protección RS3000 sin falta.

-Después de introducir el aceite, accionar el equipo de tracción con la manivela varias derivaciones en ambas direcciones para asegurarse de que las posiciones de derivación

tanto del mecanismo de tracción y el cambiador de derivación están sincronizadas.

-Intentar varias operaciones tanto con la manivela como con el motor de sobrecorriente en ambas posiciones, para cerciorarse de que el aparato preventivo de sobrecorriente y los interruptores de límite de corriente del MA7 funcionen adecuadamente.

*Que se debe hacer cuando los instrumentos de protección han actuado?

-Relé de protección RS3000.

Cuando suena la alarma de este relé, significa que ha ocurrido una avería o malfuncionamiento en el contenedor del interruptor de diversificación. Consiguientemente se ha de desconectar inmediatamente el autotransformador del servicio para inspeccionar el insertador de diversificación.

-Placa de descarga.

Lo mismo se ha de decir cuando se rompe la placa de descarga. Así pues, tómense las mismas medidas.

*EQUIPO DE TRACCION TIPO MA7. MITSUBISHI.

El equipo de tracción MA7 consistente en un motor de tracción y un mecanismo de transmisión, se usa para mover el cambiador de

derivación bajo carga según una determinada posición de este.

Están equipados con todos los componentes eléctricos y mecánicos necesarios para excitar y controlar el cambiador de toma y pueden operarse de tres maneras: operación eléctrica remota desde el panel de control, operación eléctrica local mediante el interruptor de operación manual y operación manual local mediante manivela.

El motor de tracción está provisto de un mecanismo protector para evitar el exceso de límite, el cual eléctrica-mecánicamente interrumpe el suministro de fuerza cuando el cambiador de derivación toma cualquiera de las posiciones extremas.

-Mantenimiento e inspección.

Hay dos clases de inspecciones: la una es la diaria que se hace cuando el transformador está en servicio y la otra es la periódica que se hace cuando el transformador está fuera de servicio.

Para la realización de las inspecciones lea cuidadosamente las siguientes indicaciones:

-Inspecciones durante el servicio del autotransformador.

1. Contador de operaciones.

-Registrar el número indicado de operaciones.
-Verificar el número de operaciones por día para ver si son razonables según la variación de la carga del autotransformador.

^En caso de que sea excesivo reajustar la sensibilidad del relé que controla el voltaje.

^En caso de que sea insuficiente, examinar los siguientes artículos para su arreglo o recambio:

\Verificar el contador de operación y su mecanismo de actuación por si está averiado.

\Verificar para certificarse de que el interruptor de seguridad sin fusible y el relé de exceso de corriente están en PRENDIDO.

\Verificar para certificarse de que los interruptores de operación manual están en posición de descanso.

\Inspeccionar las conexiones por si están flojas o desconectadas.

2. Transportador.

-Verificar para certificarse que la posición de paro (línea roja) está dentro de la zona verde. Fig. 22.

^En caso de que la posición de paro esté fuera de la zona verde investigar lo que sigue para

VERIFICAR PARA CERTIFICARSE QUE LA
POSICION DE PARO (LINEA ROJA) ESTA
DENTRO DE LA ZONA VERDE

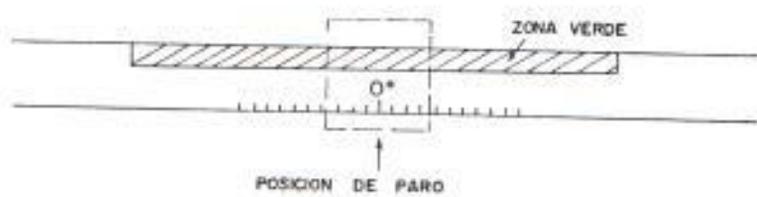


FIG. 22 TRANSPORTADOR

reparar o reemplazar según los resultados.

\Verificar el interruptor piloto 24ma 1 por si está en correcta posición de actuación.

\Verificar el contactor del motor por si su operación es anormal.

3. Indicador de posición.

-Verificar si el indicador de posición de derivación está indicando el número en uso.

^En caso de que la indicación sea anormal, dar aviso al agente de la Mitsubishi.

4. Motor, contactores de bloqueo y relé de paso.

-Verificar la operación por si produce ruido.

-Verificar la operación por si produce ruido anormal o zumbidos.

^En caso de que se note ruido o zumbido excesivo proceder al reemplazo.

5. Interruptor de seguridad sin fusible y relé de exceso de corriente.

-Verificar de que estén en posición PRENDIDO.

^En caso de que estén disparados, investigar la posibilidad de una anormal carga de torsión, falta de aislamiento del motor, pérdida fase del suministro de fuerza o mal contacto de tierra del circuito para tomar las correspondientes medidas según la causa.

6. Alambrado.

-Verificar si los cables están desconectados, si las abrazaderas rotas o las cubiertas de vinil descoloradas.

^Si se observa defecto, reparar o reemplazar.

7. Motor de tracción.

-Verificar la operación por si produce ruido anormal.

^Si el ruido no es normal, investigar lo siguiente:

\Los tamaños de los cojinetes.

\Falta de lubricación en los engranajes o presencia de materias extrañas.

\Dislocación en los centros de los árboles.

8. Equipo de tracción en conjunto.

-Verificar si hay polvo u oxidación.

-Verificar si hay derrame de aceite.

-Después de la inspección estar seguro de ajustar la tapa con el asegurador de doble tuerca.

^Limpiar el polvo y raspar el óxido con lija. Aplicar después anticorrosivo o pintura.

^En caso de que la oxidación sea excesiva, verificar si está desconectada la calefacción.

-Inspección periódica.

La primera inspección se la debe hacer después

de 20000 operaciones o tres años de servicio. Después de esto se realizarán inspecciones temporales una vez cada 100000 operaciones o 5 años. Se recomienda que la inspección del equipo de tracción se haga al mismo tiempo con la del cambiador de derivación.

Se debe poner el autotransformador fuera de servicio y cortando los suministros auxiliares, aunque es necesario el suministro de fuerza CA para las pruebas de operación eléctrica.

La inspección se ha de hacer abriendo la tapa superior.

** Tome en cuenta las siguientes indicaciones:

1. Caja de engranajes.

-Verificar si el nivel del aceite está por debajo del nivel mínimo. (Línea L).

-Verificar si hay derrame de aceite.

^En caso de que el nivel de aceite sea insuficiente añadir aceite de lubricar (BEAR LUB SP 100 del Mitsubishi) o el SAE 80.

^En caso de derrame de aceite, repararlo.

2. Engranajes del mecanismo de control.

-Verificar los dientes del engranaje si falta engrase o se aprecia desgaste anormal.

^Si falta grasa, aplicarla, del tipo Rimax #3

de Maruzen Oil Company, Ltd. en Japón, o su equivalente.

^En caso de que el desgaste sea excesivo, reemplazar el engranaje por otro nuevo.

3. Pernos, tuercas, clavijas, sujetadores y muelles.

-Verificar los pernos y las tuercas por si están flojos.

-Verificar las clavijas, sujetadores y muelles por si hay roturas o dislocaciones.

^Si hay aflojamientos, sujetar.

^Si hay roturas, reemplazar y si hay dislocaciones, colocar adecuadamente.

4. Motor, Contactos de bloqueo y relé de paso.

-Verificar su operación por si hay ruidos, zumbidos o derrames.

-Mirar los contactos por si no están en su sitio.

^En caso de ruido excesivo, zumbido o falso contacto hacer el reemplazo conveniente.

^En caso de derrame, limpiar las superficies de contacto y núcleos, o reemplazarlos.

5. Termostato y calentador de caja.

-Verificar si el termostato prende cuando la temperatura de la caja baja más de los 10

grados centígrados.

-Verificar si el calentador de caja está conectado.

^Si se observa defecto, reemplazarlo.

6. Alambrado.

-Verificar si hay desconexiones, si las abrazaderas están rotas o las cubiertas de vinil descoloridas.

-Mirar si los terminales están flojos.

^Si hay anomalías, reemplazar.

^Si hay malos contactos, repararlos.

7. Interruptores piloto.

-Confirmar la operación paso a paso:

\Compruebe para ver que el accionamiento por motor se para después de hacer sólo un cambio de derivación, mediante una operación del interruptor de operación manual en operación eléctrica.

\Compruebe para ver que se obtiene el mismo resultado aun cuando el interruptor de operación manual es mantenido operado continuamente.

-Verificar la operación de secuencia por si es normal.

-Verificar las levas y microinterruptores, por si hay anomalía.

^Si la operación de secuencia es anormal, reajustarla.

^Reparar o reemplazar las levas o microinterruptores dañificados.

8. Transportador e indicador de posición de derivación.

-Confirmar la posición de paro:

\Verificar si el motor de tracción se para en la zona verde después de la operación eléctrica.

\Ver si está correcta la indicación de posición.

^En caso de que la posición de paro esté fuera de zona, examinar la secuencia del interruptor piloto y corregirla.

^Ver la operación del contactor del motor por si hay alteración de tiempo después de la desactivación. Si hay dilación, limpiar las caras del núcleo o reemplazarlo.

9. Transmisores de posición de derivación.

-Verificar si los contactos son correctos.

-Ver si hay polvo o partículas de metal adheridas.

-Ver la posición de paro para ver si coincide con la posición de derivación en uso.

^Reajustar los contactos dislocados.

^Reemplazar por nuevos los contactos gastados.

^Limpiar el polvo y partículas metálicas adheridas.

10. Interruptor de enclave.

-Si la manivela se inserta en el árbol de operación manual, ver si no arranca el motor con los mandos de presión.

^En caso de mal funcionamiento reajustar el punto del interruptor o reemplazarlo.

11. Interruptores eléctricos de límite.

-Verificar si el motor de tracción arranca cuando se da la señal para hacer una operación eléctrica más allá de ambas posiciones.

-Comprobar si la secuencia de operación está correcta.

-Inspeccionar los microinterruptores por si se halla desperfecto alguno.

^Reajustar la secuencia de operación en caso de desorden.

^Reemplazar la parte averiada por otra nueva.

12. Aparato de prevención de exceso de límite.

-Confirmar la función para prevenir mecánicamente el exceso de límite en las posiciones finales:

\Verificar que el árbol de salida cuando se

intentan posiciones limite se opera con la manivela manual.

\Verificar si el árbol de salida empieza a girar cuando la manivela se mueve en dirección contraria.

^Si hay defecto, ponerse en comunicación con un agente de la Mitsubishi.

13. Tableta preventiva de vapores corrosivos.
-Reemplazar las tabletas para evitar vapores corrosivos.

14. Mecanismo de transmisión.

-Remover las cubiertas protectoras para verificar:

\Si las clavijas o arandelas están gastadas o dislocadas.

\Si hay corrosión.

-Abrir la tapa de engranajes biselados por si se observa alguna anomalía. Poner grasa en los dientes.

^Si se observa desgaste o dislocación hacer los reemplazos necesarios.

^Remover la corrosión con lija y aplicar pintura preventiva o aceite.

^Aplicar grasa a las partes de fricción.

15. Medida de resistencia de aislamiento.

-Esta medida solo se hará cuando hay

anormalidad en el motor.

-Practicar la medida de aislamiento entre la parte activa y tierra después de desconectar los cables de entrada de los terminales. La resistencia debe estar por encima de 1 Mohmio (por megger 500 v. a 20 grados centigrados).

^Si la resistencia de aislamiento está por debajo de 1 Mohmio mirar si hay falso contacto con tierra y limpiar las partes eléctricas.

16. Medida del mínimo voltaje de operación.

-Medir el voltaje mínimo de operación cuando el motor de tracción tenga fallos eléctricos.

-Verificar si los contactores de bloqueo y los del motor y el relé de paso actúan con un voltaje inferior al 75% de lo establecido.

^Si está por encima del 75%, reemplazar.

17. Equipo de cambio de derivación en conjunto.

-Prueba final después de la inspección:

Examinar lo siguiente después de concluir el montaje del equipo de cambio de derivación:

\Verificar si corresponden las posiciones entre el motor de tracción y el cambio de derivación.

\Verificar la coordinación de la secuencia de operación entre el motor de tracción y el

cambiador de derivación.

En cualquiera de las direcciones el interruptor de diversificación debe realizar su operación antes de que el contactor del motor se desactive.

-Verificar la torsión de la manivela de mano por si hay anomalía.

-Verificar el arranque y el paro.

-Verificar el sonido de la operación por si se advierten ruidos anormales.

-Verificar las funciones de los interruptores de límite y el aparato de prevención de exceso de límite en las operaciones eléctricas y manual.

-Reajustar la falta de correspondencia de la posición de derivación y el desbalance de la secuencia, si los hay.

-En caso de que se observe una torsión anormal de la manivela manual o hay ruido irregular, ponerse en contacto con un agente de la Mitsubishi.

18. Control remoto.

-Realizar una operación remota desde el panel de control para verificar lo siguiente:

\Confirmar la operación de paso a paso.

\Confirmar la operación de los interruptores

de límite.

\Confirmar los circuitos de alarma (bloqueo entre derivaciones y disparo del interruptor de seguridad sin fusible).

\Confirmación de la correlación entre las indicaciones de posición de derivación en el panel de control y el motor de tracción.

#Solución de dificultades.

1. Si se dispara la alarma del interruptor de seguridad sin fusibles.

a. Un exceso de corriente ha entrado en el motor de tracción debida a una torsión anormal en el equipo de tracción o en el cambiador de derivación.

b. Se ha realizado un fallo del aislamiento del motor.

c. Una de las fases del motor está desconectada.

d. El circuito del motor está mal conectado con tierra.

=Después de eliminar la causa de la avería asegurarse de reajustar el relé de exceso de corriente apretando el botón de reajuste, así como el interruptor de seguridad sin fusibles, después de poner la leva en posición APAGADO a partir de la posición de disparo.

2. Si se quema el fusible.
 - a. Se ha quemado la bobina del motor, el contactor de bloqueo o el relé de paso.
 - b. El circuito de control ha sido mal conectado a tierra.
 3. Si se dispara la alarma de bloqueo.
 - a. El motor de tracción se ha pasado de camino a la siguiente derivación debido a un fallo de suministro de fuerza auxiliar.
 - b. El motor de tracción se ha parado debido a un fallo de conexión.
 - c. La operación de conexión ha sido entorpecida con materias extrañas o partes quebradas.
 - d. El motor de tracción se ha excedido por un fallo del frenado.
- =Ya que la alarma de bloqueo se debe sólo a un paro anormal del motor de tracción en la zona de seguridad, lo cual es diferente de un bloqueo del interruptor de diversificación, tomar la avería como sólo concerniente al motor de tracción, a menos que se haya manejado el relé protector del interruptor de derivación. Consiguientemente tomar todo el tiempo necesario para conocer el motivo del bloqueo.
4. Si el motor de tracción no arranca en

respuesta de la señal correspondiente del cambio de derivación.

a. Alguna parte del circuito del motor se ha desconectado.

b. Ha habido alguna desconexión o fallo de la soldadura del contactor del motor.

c. La bobina del contactor del motor se ha quemado o desconectado.

d. Contacto insuficiente de los interruptores eléctricos de límite.

e. Contacto insuficiente de los interruptores de enclave.

f. Se ha disparado el interruptor de seguridad.

g. Se ha quemado el fusible.

h. Pobre contacto del interruptor de operación manual.

i. Cables desunidos o terminales mal conectados.

j. Voltaje de suministro excesivo o insuficiente.

5. Operación continua.

a. Ha habido enganche en los contactos del contactor del motor o con los núcleos.

b. El circuito de señal ha sido mal cerrado debido a un fallo del relé de paso.

6. Si hay una indicación falsa del indicador de posición de derivación en panel de control.

a. Hay desconexión del indicador de posición de derivación, tipo selsin, o fallo por falta de contacto.

b. Falta de contacto del transmisor de posición de derivación.

c. Dislocación de los contactos del transmisor de posición de derivación.

*RELE PROTECTOR RS3000. MITSUBISHI.

La función del relé protector RS3000 es proteger el cambiador de derivación y el autotransformador, (de averías importantes) en caso de que sobrevengan dificultades como una interrupción anormal, un colapso de servicio, etc. en el interruptor de diversificación del cambiador de derivación.

El relé protector se usa siempre con cambiadores de derivación Mitsubishi tipo resistencia.

-Diseño:

=Caja.- La caja del relé protector consiste en un vaciado de aleación de aluminio provisto de dos bridas para la conexión de las tuberías que unen la caja frontal del cambiador de derivación y el depósito de aceite.

Se provee una mirilla de inspección en la parte delantera de la caja para facilitar la confirmación del modo de operación del relé. Debajo de la mirilla hay una flecha que indica la dirección en que el relé se debe conectar con los conductos, señalando la dirección del depósito para el cambiador de derivación.

Hay también dos botones o pulsadores de presión ubicados bajo la tapa superior del relé que sirven para realizar la prueba de operación.

=Relé.- El interior de la caja está dividido en dos compartimientos, uno de aire y otro de aceite.

En el compartimiento de aire hay un microinterruptor y en el de aceite un mecanismo de válvula de aletas, movido cuando hay un flujo excesivo de aceite. Estos están unidos por un mecanismo magnético de conexión. El mecanismo de válvulas de aletas está diseñado para actuar como asegurador por medio de un resorte a tensión, de forma que el micro interruptor mantiene el contacto ya en la posición de REAJUSTE ya en la de DISPARO, no parando nunca entre ambas. Ver Fig. 23.

El contacto del microinterruptor está

CONTACTOS DEL RELE	
	
POSICION NORMAL (REAJUSTE)	ACCIONADO (DISPARO)

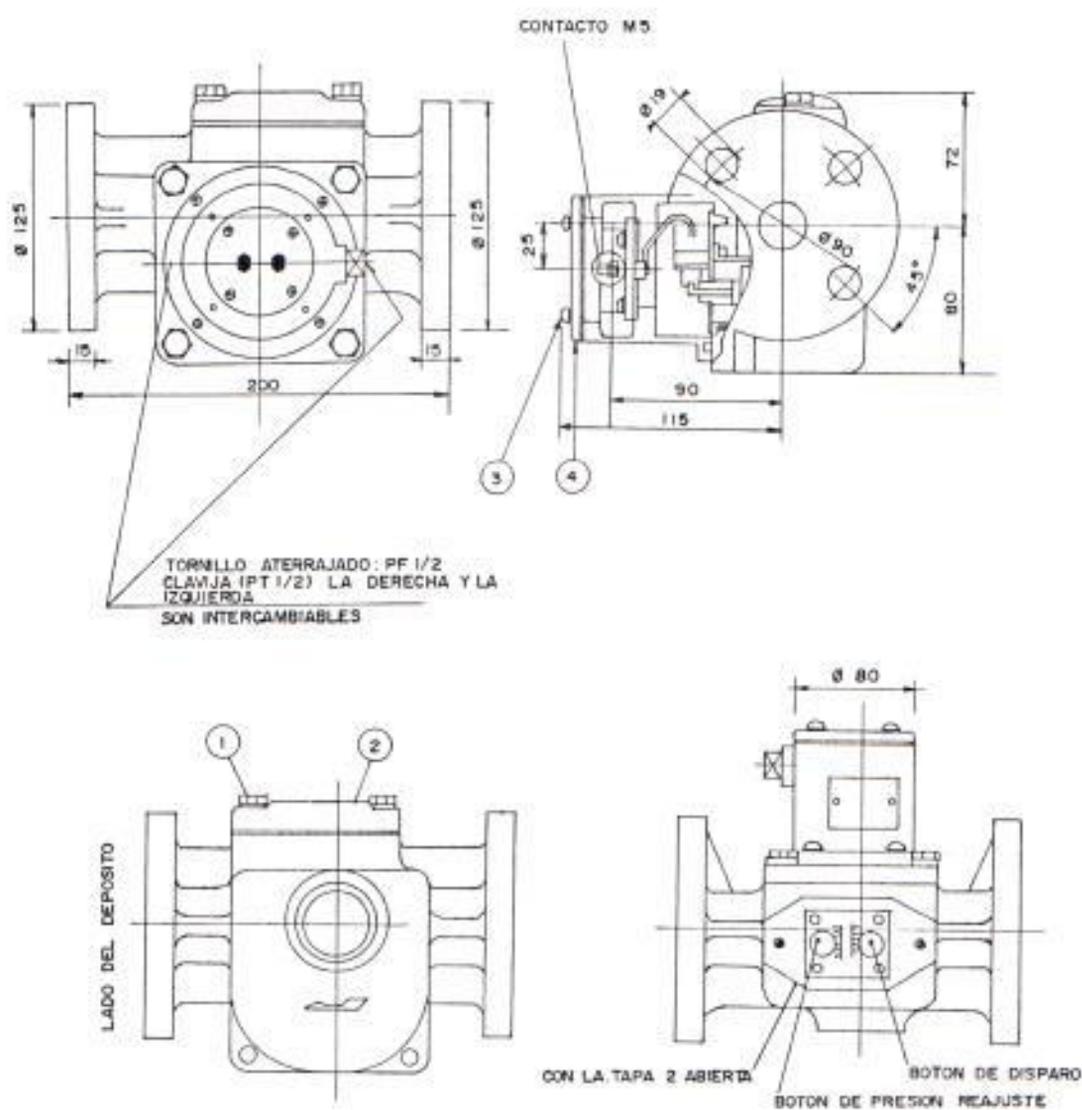


FIG. 23 DIAGRAMA DEL RS - 3000

conectado con unas tomas en el tablero terminal.

=Función.- El relé protector es accionado por un flujo excesivo de aceite que va desde la caja frontal del cambiador de derivación al depósito.

El relé protector no es accionado por un flujo de aceite debido al cambio de energía del cambiador de derivación, cuando la carga es normal o con sobrecarga permisible.

Si ocurriera alguna anomalía en el interruptor de diversificación del cambiador de derivación, puede producirse una fuerte chispa de arco en el aceite, la cual produce a su vez cantidad de gas y un flujo excesivo de aceite hacia el depósito.

Este flujo de aceite hace mover la válvula de aletas provocando una posición de DISPARO. Con esta posición se actúa el contacto del microinterruptor para activar la señal.

*Montaje:

El relé protector se ha de montar en la tubería que va desde la caja frontal del cambiador de derivación al depósito de aceite. La instalación se hará lo más próximo posible a la caja frontal del cambiador de derivación

para minimizar el lapso de respuesta.

El relé protector se montará en forma segura para evitar las vibraciones o golpes mecánicos externos.

El conducto de conexión debe tener una inclinación hacia arriba de 1.2 a 2 % hacia el depósito de aceite, para favorecer el escape de gas hacia el depósito.

El diámetro del conducto de conexión es de 1" tanto en la entrada como en la salida.

***Conexión eléctrica:**

El relé protector ha de ser instalado de tal manera que cuando entre en acción se desconecte inmediatamente el autotransformador.

El microinterruptor del relé protector está provisto de un contacto abierto normal.

Para la conexión hay que remover el tornillo de la caja terminal y la tapa para que queden a la vista las tomas terminales, hacer pasar los cables a través de las ranuras y sujetarlos a los terminales. 3 y 4 de Fig. 23.

Hay dos ranuras de conexión a ambos lados, y se usará la mas conveniente.

***Verificación:**

Aflojar los dos pernos, (1) Fig. 23, en la parte superior de la caja y abrir la tapa, (2) Fig. 23, para dejar al descubierto los pulsadores con una placa que dice: "Botones de Presión para Verificación", ver la Fig. 23.

a. Reajuste.

Asegurarse de que la válvula de aletas se cierra y el contacto del microinterruptor se abre cuando se presiona el pulsador "REAJUSTE".

En esta condición sólo se puede ver por la mirilla de inspección parte del mecanismo de la válvula de aletas. Este es el estado normal de servicio.

b. Disparo.

Asegurarse de que la válvula de aletas se abre y el contacto del microinterruptor se cierra cuando se presiona el pulsador "DISPARO".

En esta condición se puede ver la parte roja de la válvula de aletas a través de la mirilla de inspección. Este es el estado de disparo.

*Puesta en operación.

Cuando se ponga en servicio el autotransformador, se deberá verificar el relé protector de acuerdo con lo expresado anteriormente.

Asegurarse de que el circuito interruptor desconecta el autotransformador cuando se presiona el pulsador "DISPARO". Asegurarse, así mismo, de que pueden desconectar el autotransformador una vez más sólo después que se haya presionado el pulsador "REAJUSTE".

Después de la comprobación no olvidarse de apretar de nuevo el pulsador "REAJUSTE" y verificar la posición de la válvula de aletas a través de la mirilla de inspección. Cerrar la tapa de la caja terminal con dos pernos.

*Entrada en acción del Relé protector.

En caso de que el relé protector entre en acción, hacer lo siguiente:

-Hallar el tiempo de la acción y la posición de operación del cambiador de derivación.

-Examinar la tapa superior del cambiador de derivación. Si hay derrame de aceite, hay que cerrar inmediatamente la válvula de la parte inferior del depósito.

-Verificar si la válvula de aletas está en la posición "DISPARO".

Si no estuviera, hay que examinar el circuito de disparo. Si estuviera en la posición de "DISPARO", remover el insertador de diversificación y examinarlo de acuerdo con

sus instrucciones.

-Poner de nuevo en servicio el cambiador de derivación sólo cuando se haya verificado que no han ocurrido averías.

3.4 CONDICIONES DE SERVICIO

Las condiciones de servicio del autotransformador triásico tendrán que satisfacer las siguientes condiciones:

1. El autotransformador deberá ser operado a un altura no mayor de 1000 m. sobre el nivel del mar.

Cuando el autotransformador se opera a una altura de mas de 1000 m. sobre el nivel del mar, hay que tener cuidado sobre las siguientes condiciones:

a. Se recomienda reducir el régimen de kVA por los porcentajes dados abajo para cada 100 m. que la altura es más de 1000 metros. Tabla A1.

Sin embargo el transformador puede usarse normalmente sin reducir su kva de régimen, porque la temperatura ambiente a tales alturas es normalmente mas baja que condiciones de servicios normales.

ASA standard describe que el autotransformador o transformador diseñado para condiciones de servicio normal puede usarse a su kva. de régimen, basta que la temperatura promedio del aire enfriador no exceda los valores abajo mencionados para las alturas respectivas.

TABLA A1. Reducción de kva para alturas mayores de 1000 metros.

Tipo de enfriamiento		ASA std	BS std.
Sumergido en aceite Enfriado automaticamente	.4%	.4	.5
Sumergido en aceite forzado Aire-enfriado	.5%	.5	.4
Forzado-aceite forzado Aire enfriado	.5%	.5	.4
Enfriado por agua	0%	0	0

TABLA A2. Recomendaciones de ASA: altura/temperatura

Tipo de enfriamiento	Altura (metros sobre nivel de mar)			
	1000	2000	3000	4000
Sumergido en aceite, enfriado automaticamente	30°C	28°C	25°C	23°C
Sumergido en aceite, Enforzado,aire enfriado	30°C	26°C	23°C	20°C
Enforzado-aceite enforzado,aire enfriado				

Los voltajes de chispa pasada de manguitos se disminuyen según la altura se aumenta, y los siguientes factores de corrección deberán ser tomados en consideración.

Se muestran en la tabla A3

TABLA A3. Factores de corrección

Metros sobre nivel del mar	Factor de corrección
1000	1.00
1200	0.98
1500	0.95
1800	0.92
2100	0.89
2400	0.86
2700	0.83
3000	0.80
3600	0.75
4200	0.70
4500	0.67

Con los transformadores y autotransformadores de fuerza Mitsubishi, los manguitos están diseñados para tener una fuerza de derivado eléctrico más alta que los devanados y la coordinación de aislamiento será mantenida hasta la altura de 2000 m. sobre el nivel de mar, sin considerar el factor de corrección.

La temperatura ambiente no deberá exceder los límites especificados.

Cuando el autotransformador diseñado para condiciones de servicio normal se opera a una temperatura ambiente más alta que el límite especificado, el kva. de régimen deberá ser reducido por los porcentajes abajo mencionados por cada grado centigrado que la temperatura es más alta que el límite especificado en los correspondientes

standards:

Sumergido en aceite, enfriado automaticamente	1.5%
Sumergido en aceite forzado, aire enfriado	1.0%
Enforzado-Aceite enforzado, aire enfriado	1.0%
Enfriado por agua	1.5%

3.4.1 VARIACIONES DE VOLTAJE

El autotransformador puede operarse como sigue, cuando el voltaje varia del valor de régimen.

a. El autotransformador puede operarse continuamente a generación de régimen y menos con el voltaje 5% mas alto que el voltaje de régimen sobre lado de generación (el respectivo voltaje de terraja si hay terrajas sobre lado de generación).

b. El autotransformador puede operarse continuamente sin carga con un voltaje 10% más alto que el voltaje de régimen (respectivo voltaje de terraja si hay terrajas sobre lado de generación).

3.4.2 VARIACIONES DE FRECUENCIA

El autotransformador puede operarse como sigue, cuando la frecuencia varia del valor de régimen.

a. El autotransformador puede operarse como normal con la variación de frecuencia dentro de mas o menos 5%.

Cuando los voltaje y frecuencia varían simultáneamente, la suma de cada variación deberá ser dentro de mas o menos de 5%, considerándose el aumento de voltaje y el decremento de frecuencia como positivos.

3.5 CARGA DEL AUTOTRANSFORMADOR

El autotransformador puede ser cargado excedidamente el porcentaje abajo mencionado por cada grado si la máxima temperatura del ambiente en un día es mas de los 30 grados centigrados.

-Porcentaje de carga excedida: 1.0

Cuando el resultado examinado de aumento de temperatura es mas bajo que el limite especificado por mas de 5 grados centigrados para autotransformador puede ser cargado excedidamente en continuación con el porcentaje abajo mencionado por cada grado que el resultado examinado es mas bajo que el limite especificado de aumento de temperatura-5 grados centigrados.

-Porcentaje de carga excedida: 0.8

*Carga excedida por corto tiempo.

El autotransformador puede conducir carga excedida

por corto tiempo si ocurre una vez por cada 24 horas como se indica en la tabla A4.

TABLA A4. Sobrecarga en autotransformadores

Carga excedida en porciento de kva. de régimen				
Factor de carga en porciento precedente al periodo de carga excedida.		90	70	50
Tiempo de carga excedida	1/2	139	145	150
	1	126	130	132
en	2	116	118	121
por hora	4	108	110	112

Se debe chequear con seguridad la capacidad conducente de la corriente del circuito cuando sea grande el porcentaje de carga excedida.

*Carga excedida debido a factor de carga bajo.

El autotransformador conduciendo la carga que tiene, un tiempo periódico más corto de 24 horas puede cargarse por los porcentajes abajo mencionados por cada porciento que el factor de carga es más bajo de 90%.

Autotransformador: % de carga excedida: 0.4
 máximo: 16%

*Cuando las condiciones de carga excedida dadas anteriormente ocurren simultáneamente, el autotransformador puede cargarse excedidamente por

la suma de los porcentajes permitidos por cada condición de carga excedida, basta que la carga excedida continua no exceda la cifra abajo mencionada y carga excedida por corto tiempo no exceda el 150%.

-Máximo permisible de carga excedida continua: 125%.

*Carga excedida en una emergencia.

En una emergencia el autotransformador puede conducir una carga excedida de emergencia como se describe en la tabla A5. La expectancia de vida del autotransformador se disminuye por 1% cuando tal carga excedida de emergencia se aplica una vez al año.

TABLA A5. Carga excedida permisible

Carga excedida permisible en % de kva. de régimen			
Continua carga equivalente en por ciento de kva de régimen precedente		50	100
Carga Excedida			
Tiempo de carga excedida en hora	1/2	170	170
	1	170	168
	2	158	153
	4	143	141
	8	132	131
	24	120	120

Deberá tomarse en cuenta que las cosas antes mencionadas sobre el cargamento del

autotransformador, se aplican solamente a él, y una gran precaución deberá tomarse sobre otro equipo tales como interruptores de circuito, conmutadores de desconexión, etc. por sus capacidades de conducir la corriente cuando el autotransformador se carga en exceso.

3.6 REQUERIMIENTOS PARA LA INSPECCION

Se ha clasificado las inspecciones en tres distintas categorías.

- a. Inspecciones de rutina.
- b. Inspecciones periódicas.
- c. Inspecciones adicionales.

Como medida de mantenimiento preventivo se deberá planear y preparar con anticipación el repintado de los radiadores y los tanques del autotransformador, el cambio de partes, juntas y los cojinetes de los motores, todo lo cual resultará en una buena operación continua del autotransformador.

Si cualquiera de los relés de protección envía una señal de alarma, se deberá investigar la causa de la falla.

Es esencial para la investigación de las causas correctas, cerciorarse si el relé diferencial, el de sobrecarga y/o el relé contra tierra accidental han operado o no en combinación con otros relés tales

como el de Buchholtz, el de variación brusca de presión y los dispositivos de descarga de presión, todos los cuales tienen elementos mecánicos de accionamiento.

*Cuando existen condiciones anormalmente severas de operación tales como sobrecargas y cortocircuitos frecuentes de las barras o de las líneas de transmisión, los transformadores deberán ser inspeccionados internamente.

*Se deberá investigar a fondo cualquier ruido anormal, la existencia de un nivel alto o bajo de aceite, el rompimiento de una placa de ruptura, etc.

3.6.1 REGISTRO DE LAS INSPECCIONES

En un buen programa de mantenimiento se requiere el establecimiento de un sistema de informes y registros de las condiciones y reparaciones de un autotransformador.

Un sistema de mantenimiento preventivo operará satisfactoriamente con los siguientes registros:

a. Registro de equipos.

Esto puede simplemente ser una tarjeta que contenga la información básica del autotransformador tal como el número de serie, la ubicación, el tamaño, etc.

b. Un registro de reparaciones.

Este registro puede mantener una información corriente del costo de mantenimiento del autotransformador. Es el registro esencial de diagnóstico para evitar futuras dificultades.

c. Una lista de verificación de inspecciones. Este puede ser simplemente una lista de los puntos a verificarse en el autotransformador y la fijación de cuando esas verificaciones deben ser efectuadas.

Sería muy difícil que un sistema de mantenimiento preventivo funcionara sin esos registros, porque la información obtenida de las inspecciones regulares sería rápidamente perdida.

3.6.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Los trabajos de inspección y mantenimiento deberán siempre ser realizados muy cuidadosamente y el orden planeado en detalle teniendo en cuenta la seguridad de los operarios y de los equipos.

Tome en cuenta las siguientes indicaciones:

1. Verificación externa.

a. Cuidarse de no estar cerca de partes energizadas.

2. Ensayos eléctricos y reparaciones.

a. Colocar el autotransformador fuera de servicio por medio de los disyuntores y llaves de línea.

b. Conectar a tierra los terminales de línea del autotransformador.

c. Colocar rótulos en los disyuntores y las llaves de línea para evitar la activación inadvertida.

Quando se realizan ensayos y trabajos de reparaciones que por condiciones especiales deberán efectuarse con el autotransformador energizado, tomar precauciones especiales para evitar descargas eléctricas.

d. Desconectar los gabinetes de control de los enfriadores y del cambiador de derivaciones por medio de los disyuntores de CC y CA.

e. Colocar rótulos de precaución en las cajas de interruptores.

3. Si deben realizarse inspecciones internas. Igual al anterior pero con los siguientes agregados:

a. Si el autotransformador estaba lleno de nitrógeno, quitarlo y reemplazarlo con aire fresco.

- b. Asegurarse que haya dentro del autotransformador por lo menos 18% de oxígeno para poder respirar.
 - c. Asegurarse que los bolsillos estén vacíos.
 - d. Sacarse el reloj pulsera y cualquier otro accesorio que tenga puesto.
 - e. Hacer una lista de las herramientas por nombre y cantidad que llevará al tanque del autotransformador.
 - f. Al efectuarse reparaciones cubrir las bobinas con mantas limpias.
 - g. Las lámparas que se introduzcan en el tanque deberán estar protegidas para evitar su rotura en el interior.
 - h. Asegurarse de no dejar caer cualquier herramienta o materiales extraños en el autotransformador. Atar todas las herramientas. Se deberá retirar inmediatamente cualquier pieza metálica que se caiga en el autotransformador para evitar futuras serias averías.
4. Luego del trabajo de inspección.
- a. Asegurarse que se han retirado todos los elementos extraños antes de cerrar la entrada del hombre y aplicar corriente.
 - b. Verificar la cantidad de herramientas que

se han retirado del tanque.

c. Retirar los cables de puesta a tierra de los terminales de línea del autotransformador.

3.7 INSPECCIONES

Un autotransformador es un equipo de elevado costo y de enorme importancia en la producción de la energía eléctrica, se desprende que es necesario asegurar una operación libre de inconvenientes a través de un programa de mantenimiento bien elaborado.

Las inspecciones diarias y periódicas podrán detectar condiciones anormales de un autotransformador o de sus partes antes que ellas causen perjuicios mayores. Se deberá establecer un programa de inspecciones regulares y dicho programa deberá ser estrictamente seguido para el mantenimiento preventivo del autotransformador de potencia.

3.7.1 INSPECCIONES DE RUTINA

Las inspecciones de rutina deberán realizarse preferiblemente todos los días.

Se deberán especialmente verificar y registrar diariamente la temperatura del aceite y/o de los bobinados, la corriente de carga, temperatura ambiente y el nivel de aceite del

autotransformador.

Para las inspecciones de rutina considere las siguientes indicaciones:

1. Temperatura del aceite de los bobinados.

Método : leer las indicaciones de los termómetros de dial y/o los de alcohol y de los relés térmicos de los bobinados, si existen.

Comparar con los datos obtenidos previamente.

Cuando la temperatura del aceite y/o de los bobinados es mucho más alta o más baja, teniendo en cuenta la carga y la temperatura ambiente, deberá verificarse el termómetro.

Acción : Verificar si es correcta la indicación del termómetro, de no ser así, cambiarlo por uno nuevo. Si la temperatura del aceite es muy alta debido a polvo o materias extrañas en las aletas de los radiadores o en la superficie interna del tubo de enfriamiento de agua, limpiar los mismos.

2. Corriente de carga. Temperatura ambiente.

Método : se deberá registrar al mismo tiempo la corriente de carga y la temperatura.

3. Nivel de aceite en el autotransformador.

Método : Tomar lectura del indicador de nivel de aceite en el conservador. Compararla con la

curva de nivel-temperatura del aceite. Se supone que el nivel de aceite es normal cuando la diferencia con la curva está dentro de una grabación del dial.

Acción : si el nivel de aceite es constante a pesar de los cambios de temperatura, inspeccionar el indicador de nivel y verificar el nivel real. Mantener siempre el nivel de aceite apropiado.

4. Nivel de aceite en el cuerpo del aislador.

Método : verificar el nivel de aceite con el indicador de nivel.

5. Pérdidas de aceite.

Método : verificar visualmente la pérdida de aceite en los radiadores, bridas, caños, tanque del autotransformador, y demás.

Acción : apretar los bulones si las pérdidas se deben a juntas. Si las pérdidas están en parte soldadas, aplicar material adhesivo o soldar nuevamente.

6. Ruido y vibraciones anormales.

Método : se deberá poner atención a los ruidos anormales provenientes de los motores de las bombas y los ventiladores.

Las vibraciones anormales pueden ser fácilmente verificadas con las manos.

Acción : cambiar los rulimanes de la bomba de aceite o del ventilador si se tornan ruidosos. Si cualquier soporte, cañería u otra parte vibra, ajustar los bulones.

7. Bulones de conexión.

Método: asegurarse que los bulones están apretados con un martillo de prueba.

Acción : mantenga bien apretados siempre los bulones.

8. Descoloración.

Método : verificar visualmente que todas las conexiones tengan un color normal sin cambios que indiquen calentamiento local.

Acción : limpiar y apretar cualquier conexión que presente signo de recalentamiento.

9. Tierra.

Método : inspeccionar visualmente por tierra especialmente en los radiadores.

Acción : limpiar el polvo pues puede reducir la capacidad de enfriamiento de los radiadores.

10. Oxido.

Método : inspeccionar visualmente por óxido especialmente en los radiadores.

Acción : se recomienda repintar cada cinco años. Luego de limpiar el óxido y la pintura

nueva, aplicar antibóxido y una nueva capa de pintura.

11. Rocío.

Método : inspeccionar visualmente en busca de rocío en la caja de terminales, gabinete de control y relés de protección.

Acción : secar la condensación y asegurarse que estén en uso los calentadores especiales, si los hay.

3.7.2 INSPECCIONES PERIODICAS

Las inspecciones periódicas deberán efectuarse cada tanto, desde una vez cada seis meses a una vez cada tres años para asegurar el correcto funcionamiento del autotransformador y de sus partes. La mayoría de las inspecciones periódicas deberán realizarse detalladamente cuando el autotransformador esté fuera de servicio, tomando en cuenta las siguientes indicaciones:

1. Respiradero.

Método : verificar la descoloración de la sílica-gel en el respiradero debida a la humedad del aire absorbido, (cada seis meses).

Acción : si el color de la sílica-gel ha cambiado a rosado en más de dos tercios de la

cantidad total, secarla o cambiarla por otra. Si la parte superior se ha vuelto de color rosa, detectar y reparar la pérdida que la provocó.

2. Aceite aislante.

Método : medir la rigidez dieléctrica con un medidor de aceite con un medidor de aceite y asegurarse que es mayor de 40 kv./2.5 mm.. Medir el contenido de la humedad del aceite por el método de Karl-Fisher y verificar si es menor de 30 P.P.M.. Medir la acidez y evaluarla con el criterio mostrado en la tabla 7 .

Acción : si los valores medidos son menores a los especificados, filtrar y/o desgasificar el aceite.

3. Motores de ventiladores y de bombas.

Método : medir con un megóhmetro de 500 v. la resistencia de aislación de los motores de los ventiladores y/o las bombas de aceite una vez cada 3 años. Verificar la elevación de la temperatura de la carcasa de los motores de las bombas de aceite con respecto a la temperatura de éest. Deberá ser menos de 10 grados centigrados.

Acción : si la aislación es menor de Mohms,

tratar de balancear las cargas de las tres fases y secar el interior de los motores de los ventiladores.

Si es mayor de 10 grados centígrados, medir la resistencia de aislación, la de los bobinados y el balance de cargas en las tres fases.

4. Panel de control, cajas de terminales y cables.

Método : verificar la estanqueidad del gabinete de control y de la caja de terminales. Asegurarse de la firmeza de todas las conexiones de cables. Accionar todas las llaves, anunciadores y lámparas para verificar su correcto funcionamiento de acuerdo al diagrama de conexiones. Medir la aislación de los cables con un megóhmetro de 500 v.. Verificar roturas o desgastes en la aislación.

Acción : si la junta de goma está gastada reemplazarla por una nueva. Apretar todos los bulones flojos. Si se encuentra defecto en los cables encintarlo o reemplazarlo con uno nuevo.

5. Relés de protección. Resistencia de aislación.

Método : medir la resistencia de aislación de los relés de protección incluyendo sus

devanados con un megohmetro de 500 v..

Acción : si la resistencia de aislación es menor de dos Mohms verificar si hay condensación en la caja de terminales.

6. Conexiones.

Método : se deberán revisar todas las conexiones externas del autotransformador para ver si están en buenas condiciones, sin descoloraciones, pues ello indica una conexión caliente.

Acción : cualquier conexión que muestre signos de haber estado caliente deberá ser limpiada y apretada fuertemente.

3.7.3 INSPECCIONES ADICIONALES

La medición de ciertas características eléctricas y ciertas inspecciones adicionales son recomendadas como mantenimiento preventivo o cuando se esté investigando completamente cualquier falla del autotransformador.

Tome en cuenta las siguientes indicaciones:

1. Aceite aislador. Análisis del gas disuelto

Método : Luego de que un autotransformador entre en servicio, se recomienda realizar una vez cada dos años el análisis del gas disuelto

en el aceite.

La muestra deberá extraerse de un recipiente hermético apropiado. El gas disuelto deberá extraerse del aceite y analizarse.

Acción: cuando se hallan obtenido las cantidades de gases combustibles, se podrá realizar una evaluación de la ubicación probable y del tipo de falla que está presente en el autotransformador. Ver tabla 10.

Si existen indicios de humedad, formación de sedimentos, baja rigidez dieléctrica y baja resistividad, se deberán inspeccionar el interior del tanque para localizar la posible causa de la falla.

2. Resistividad del aceite.

Método : medir la resistividad del aceite aislante cuando un ensayo periódico muestre que el aceite está en malas condiciones.

3. Resistencia de aislación de los bobinados.

Método : medir la resistencia de aislación entre pares de bobinados y entre bobinados y masa con un megóhmetro de 2000v. El ensayo con el megóhmetro deberá realizarse para saber si el autotransformador está en condiciones apropiadas para el funcionamiento o para la prueba dieléctrica.

Acción : la resistencia de aislación está sujeta a grandes variaciones de la temperatura, humedad y limpieza del aislador. Puede ser baja debido a fugas a través del punto de más baja aislación, en cuyo caso se deberá analizar el gas disuelto en el aceite.

4. Prueba de la relación de transformación.

Método : medir la relación de transformación por el método de los dos voltímetros o con un medidor de relación.

Si el autotransformador tiene derivaciones, la relación de transformación deberá medirse para cada derivación, como así también en el total del bobinado. La tensión de ensayo podrá ser de 100 a 200 v. y de frecuencia nominal.

Acción : comparar los resultados de los ensayos con aquellos del informe de pruebas. Si aparecen dificultades para la medición debida a fluctuaciones del voltímetro o a una falta de balance del circuito puente, se deberán realizar investigaciones más detalladas.

5. Resistencia de los bobinados.

Método: medir la resistencia de los bobinados por medio de un puente o por el método de la

caída de tensión.

Si hay bombas de aceite, ellas deberán estar en operación al medir la resistencia. También deberá medirse la temperatura del aceite.

Acción : si la resistencia de los bobinados, corregida a la temperatura especificada, es distinta a la indicada en los registros anteriores, se deberá realizar una investigación más detallada.

6. Corriente de excitación a baja tensión.

Método : medir la corriente de excitación a baja tensión (de 100-200 v.) aplicada en el bobinado de baja tensión con el otro bobinado en circuito abierto.

La forma de onda deberá ser sinusoidal.

Acción : si la corriente de excitación medida es mucho mayor que el dato original de instalación, se deberá realizar una investigación más profunda.

7. Tensión de cortocircuito.

Método : medir la tensión de cortocircuito a baja intensidad (5-10 a.) aplicada en lado de alta tensión con el lado de baja tensión en cortocircuito.

Acción: si la tensión de cortocircuito medida es muy distinta de la de los datos originales

de instalación, se deberá realizar una investigación más detallada.

8. Transformador de corriente del manguito.

Método: se deberá medir la corriente de excitación y la resistencia de los bobinados en la misma forma que se especificó en los items 5 y 6.

Acción : igual que los items 5 y 6.

3.8 MANTENIMIENTO

Como medida de mantenimiento preventivo se deberá planear con anticipación el repintado de los radiadores y de los tanques del autotransformador, el cambio de partes, juntas y cojinetes de los motores, todo lo cual resultará en una buena operación continua del autotransformador.

El mantenimiento de las partes y los materiales deberá ser planeado de acuerdo a la siguiente tabla:

1. El engrasado de los motores de ventiladores se realiza una vez por año y se utiliza una pistola de engrasar.

2. Los aisladores de porcelana, tales como manguitos, descargadores, aisladores de soporte, etc..., debe tener una limpieza periódica cuya frecuencia depende de las condiciones reales del lugar del emplazamiento y se realiza con aire

comprimido y/o agua.

3. La pintura se deberá cambiar cada dos años, luego de limpiar la superficie pintada.

4. La placa de rotura se debe cambiar cada 5 años.

5. La duración útil esperada de los rulimanes de motores de ventiladores y de bombas de aceite es de 10 años y son reemplazados por nuevas unidades si el motor se torna ruidoso debido a un ruliman dañado.

6. La duración útil esperada de juntas, termómetros, relé de presión, etc... es de 10 años. Si la pérdida de aceite a través de las juntas es seria, reemplazar las juntas por otras nuevas.

3.8.1 LOCALIZACION DE FALLAS

Si cualquiera de los relés de protección envía una alarma, investigar las causas de acuerdo a las siguientes consideraciones:

1. Termómetro de cuadrante.

Indica la temperatura del aceite de la parte superior y la mayor temperatura registrada.

Causa.

a. Sobrecarga.

b. Poca eficiencia de las unidades enfriadoras debido a tierra o elementos extraños acumulados en las aletas o debido a incrustaciones gruesas en las serpentinas de

enfriamiento de agua.

c. Funcionamiento defectuoso del termómetro o del relé térmico debido a fallas propias.

2. Relé térmico para temperatura de aceite o de los bobinados.

Este detecta e indica la máxima temperatura del aceite o de los bobinados. Tiene además funciones de protección dando una alarma o señal de disparo y funciones automáticas para controlar el sistema de enfriamiento.

Causas.

Las mismas que la anterior.

3. Indicador de flujo de aceite.

El indicador de flujo de aceite verifica el funcionamiento de la bomba de aceite. Cuando la bomba se detiene la aguja retorna a la posición de parada y se cierra un microswitch para dar una señal de alarma.

Causas.

a. Falla en el motor de la bomba.

b. Falla en las conexiones del motor de la bomba.

c. Las válvulas del radiador están cerradas.

4. Indicador de cuadrante de nivel de aceite.

Este indicador indica el nivel de aceite en el conservador de un autotransformador bañado en

aceite.

Cuando el nivel de aceite llega al fondo del conservador la aguja indica cero y se envía una señal de alarma.

Causas.

- a. Falta de aceite.
- b. Temperatura ambiente anormalmente baja en invierno.
- c. Pérdida de aceite.

3.8.2 RELES DE PROTECCION EN OPERACION

Si cualquier relé de protección es activado, investigar la causa de la falla de acuerdo a las funciones de los relés que se indican a continuación:

1. Relé Buchholtz.

El primer paso de este relé, detecta la formación de gases debido a fallas menores en el tanque del autotransformador.

El tipo y ubicación de la falla puede ser predecida a partir del análisis del gas. (el nitrógeno disuelto en aceite a alta presión podría acumularse en el relé y activarlo debido a la brusca caída de la temperatura del aceite).

El segundo paso detecta la alteración del

aceite debido a una seria falla en el tanque del autotransformador. Si otro relé de protección, tal como el de sobrecarga, o el diferencial son activados al mismo tiempo se puede suponer la existencia de una seria falla interna.

2. Relé de aumento brusco de presión.

Detecta el aumento brusco de presión en el tanque del autotransformador debido a la generación de gases y vapor de aceite causada por una seria falla.

3. Dispositivos de liberación de presión.

Estos dispositivos se activan cuando la presión en las purgas de presión se eleva en forma anormal debido a falla en el autotransformador y llega a un valor aproximado de 0.85 Kg/cm². También es activada cuando el caño del respiradero está obstruido aumentando la presión en la válvula de alivio.

4. Relé diferencial.

Este relé detecta la diferencia entre la corriente de entrada y la de salida de un autotransformador. La señal es convertida por un transformador de corriente. También es algunas veces activado por la corriente entrante cuando el autotransformador es

excitado.

5. Relé de sobrecarga y de falla de puesta a tierra.

Estos relés detectan fallas en los sistemas eléctricos incluyendo los autotransformadores.

Tabla 7. Criterio de acidez.

acidez (mg KOH/g)	acción
menos de 0.2	bueno
de 0.2 a 0.4	filtrar/cambiar al poco tiempo
más de 0.4	filtrar/cambiar inmediatamente

Tabla 9. Criterio de resistividad (a 50 g. centigrados)

resistividad (ohm-cm)	criterio
mayor de 1×10^{12}	bueno
de 1×10^{11} a 1×10^{12}	precaución
menor de 1×10^{11}	malo

Tabla 10. Gas combustible y probable ubicación y tipo de falla por el análisis del gas disuelto en el aceite aislador.

1. Dióxido de carbono y/o monóxido de carbono (CO₂,CO)

*Transformador sobrecargado o funcionando muy caliente, causando la descomposición de algo de celulosa.

2. Metano y etileno ($\text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_4$).

*Recalentamiento local que produce el deterioro del aceite.

3. Hidrógeno, metano, etileno y acetileno ($\text{H}_2, \text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_2$).

*Arco de alta energía que produce el rápido deterioro del aceite.

4. Igual a 3, pero con monóxido y dióxido de carbono presente.

*Igual a 3, pero con arco en combinación con celulosa.

CAPITULO CUARTO

"VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SU USO"

El uso de los autotransformadores en los sistemas de Potencia cada vez se hace más común, pero su utilización tiene algunas desventajas, pero también tiene muchas ventajas, vamos a tratar de exponer ambas y hacer un análisis de ellas.

4.1 VENTAJAS TECNICAS DEL USO DEL AUTOTRANSFORMADOR TRIFASICO EN SUB-ESTACIONES

En el transformador ordinario corresponde una potencia determinada para cada modelo dado, potencia que es independiente de la elección de la tensión, (esta afirmación, es solo válida como hipótesis aproximada, para simplificar el estudio), siempre que se suponga en el cobre y en el hierro los mismos coeficientes electromagnéticos de trabajo. Puesto que las dimensiones de los arrollamientos y sus recíprocas separaciones permanecen también siempre iguales, tampoco se modifica la tensión de cortocircuito relativa (en tanto por ciento). Por tanto, se pueden elegir arbitrariamente las tensiones de ambos arrollamientos y conectar estos para formar un autotransformador, sin que se modifique la potencia propia P_e y la tensión de cortocircuito V_{cc} . Por el contrario, la potencia de

paso P_p y la de cortocircuito V_{ccp} del transformador económico varían en función de la relación a entre aquellas tensiones según la fórmula:

$$a = N_2/N_1 = V_{2n}/V_{1n}$$

Ver fig. 24a.

Cuanto más pequeña sea a , es decir, cuanto más pequeña se elija la tensión original V_{2n} , tanto mayor será la potencia de paso y tanto menor la tensión de cortocircuito. Como límite inferior para r podría fijarse 0.25, para valores de r superiores a 3, el autotransformador deja de representar una ventaja sensible.

Desde el punto de vista de la estructura, la única diferencia entre un autotransformador y un transformador ordinario estriban en que el devanado serie del autotransformador debe estar aislado para una tensión igual a la tensión a tierra del circuito de alta tensión, tensión mayor que la inducida en el devanado mismo. En todos los demás aspectos, un autotransformador no es más que un transformador ordinario de dos devanados conectados de manera que queden en serie.

El comportamiento interno del autotransformador no es diferente del transformador ordinario de dos circuitos, pero a causa del método de conexión las relaciones entre las tensiones y las corrientes en

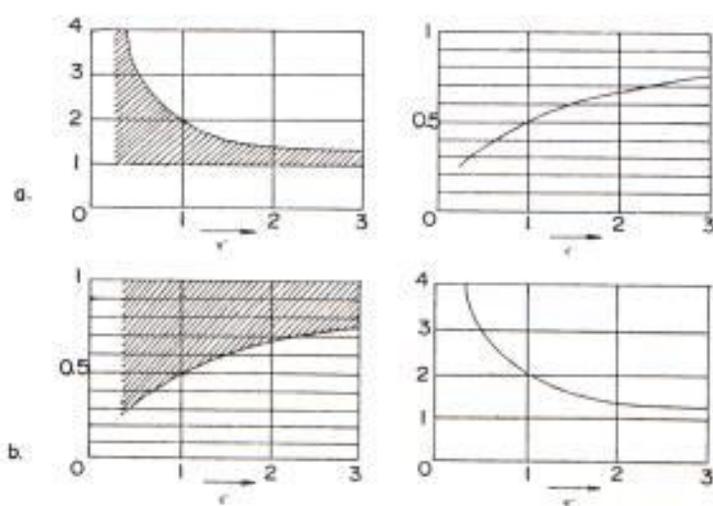


FIG. 24 ayb POTENCIA Y TENSION DE CORTO CIRCUITO DE UN AUTOTRANSFORMADOR SEGUN LA RELACION ENTRE LOS NUMEROS DE ESPRAS

los circuitos exteriores y las que circulan por los devanados son las dadas por las siguientes ecuaciones: ver fig.25.

$$V_x = V_2$$

$$V_h = V_1 + V_2$$

$$I_h = I_1$$

$$I_x = I_1 + I_2$$

Las características sobresalientes de los autotransformadores pueden deducirse fácilmente comparando los valores nominales, pérdidas, corriente de excitación y características de impedancia de un transformador de dos circuitos cuando se conecta como autotransformador, con las características correspondientes cuando se conecta como transformador ordinario de dos circuitos.

En un transformador ordinario de dos circuitos, toda la potencia entregada en los terminales de baja tensión se transmite por inducción electromagnética desde el lado de alta tensión al de baja. El autotransformador posee la importante propiedad de que solo una parte de la potencia se transmite por inducción electromagnética.

Esta propiedad permite que un transformador ordinario conectado como autotransformador tenga una mayor potencia, lo que viene dado por:

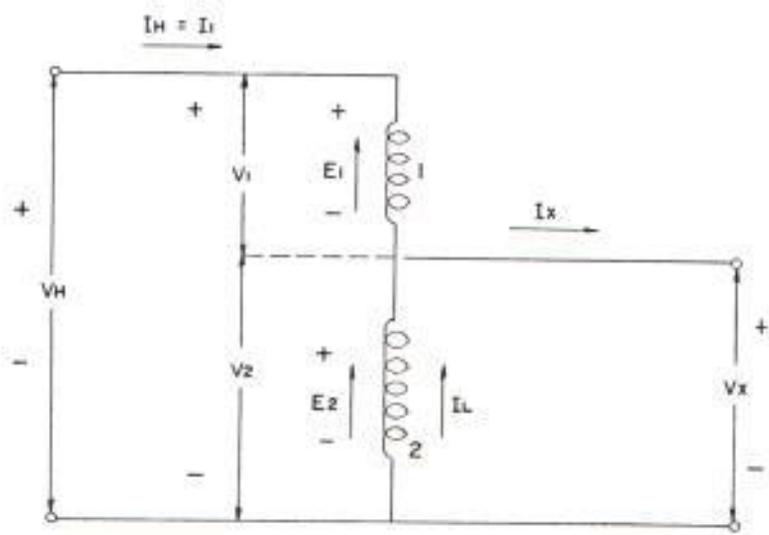


FIG. 25 CONEXIONES DE UN AUTOTRANSFORMADOR

$$\frac{\text{Valor nominal como autotransformador}}{\text{Valor nominal como transformador de dos circuitos}} = \eta$$

$$\eta = \frac{V_h}{V_h - V_x}$$

Por otra parte, el rendimiento es más elevado cuando se realiza la conexión de autotransformador, puesto que las pérdidas se reducen.

El rendimiento a plena carga con factor de potencia la unidad como autotransformador es muy cercano al 100 %, casi perfecto.

Además la corriente de excitación tiene menos importancia cuando el transformador funciona como autotransformador que cuando lo hace como transformador de dos circuitos. Si las tensiones de los devanados tienen sus tensiones nominales a carga nula, el flujo en el núcleo tiene su valor nominal y los ampere-espira totales en vacío son los mismos tanto si transformador está conectado como autotransformador como si lo está como transformador ordinario de dos circuitos. La corriente de excitación varía inversamente con el número de espiras por las que circula la corriente de excitación. Como las tensiones nominales son proporcionales a los números de espiras, los volt-ampere de excitación a la tensión normal son los mismos tanto si el transformador está conectado como

autotransformador como si no lo está.

El despreciar la corriente de excitación en un transformador ordinario de dos circuitos suele introducir un error pequeño, excepto en el análisis de problemas relacionados directamente con los fenómenos de excitación, especialmente de aquellos en los que interviene el comportamiento de los armónicos. Como, por lo general, la corriente de excitación de un autotransformador es muy débil, el despreciarla introduce un error aun menor.

Otras ventajas que podemos nombrar del uso de autotransformadores en subestaciones, es su menor tamaño, también podemos nombrar la ventaja que significa la mejor regulación de tensión con los cambiadores de tap bajo carga.

4.2 DESVENTAJAS TECNICAS DE SU USO

Por otra parte, el autotransformador tiene como desventaja que la intensidad de la corriente del corto circuito es mucho mayor. Esto tiene mucha importancia, porque las fuerzas destructoras en un cortocircuito son proporcionales al cuadrado de la intensidad de la corriente de cortocircuito.

Como la intensidad de la corriente de cortocircuito cuando se mantiene en el primario su tensión nominal es inversamente proporcional a la impedancia en

cortocircuito, la intensidad de la corriente de cortocircuito en un autotransformador es mayor. El cociente entre las intensidades de las corrientes de cortocircuito es:

$$\frac{\text{Icc como autotransformador}}{\text{Icc como transformador de 2 circuitos}} = \frac{V_h}{V_h - V_x}$$

Otra desventaja es la conexión conductiva entre los circuitos de alta y baja tensión, de tal manera que si se produce una apertura en el devanado común del autotransformador, inmediatamente la alta tensión se presentará en el lado de baja tensión. Claro, si el dispositivo de protección de sobrecorriente está operando correctamente, la carga es desconectada inmediatamente. No obstante durante el corto periodo que el dispositivo de protección de sobrecorriente tome para despejar la falla, algún daño puede ocurrir.

Así podemos afirmar que el autotransformador toma de la red, cuando queda en cortocircuito, una corriente mayor de la que tomaría en conexión ordinaria; y también son mayores las corrientes en sus arrollamientos. Es por esto que las fuerzas desarrolladas en cortocircuito son también mayores.

4.3 VENTAJAS DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONOMICO

Las ventajas desde el punto de vista económico son evidentes, ya que por su menor tamaño, y su menor peso los costos de fabricación son menores. Sobre este tema nos dedicaremos mas adelante, en las conclusiones.

4.4 DESVENTAJAS ECONOMICAS DE SU USO

No existe una desventaja de peso, desde el punto de vista económico en el uso de los autotransformadores en los sistemas de potencia. En las conclusiones también hablamos sobre este tema.

4.5 COMPARACION ENTRE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Puede ahora verse que un autotransformador diseñado económicamente, tiene alguna o todas las ventajas siguientes sobre un transformador ordinario de dos circuitos de igual potencia nominal:

- a.- Menor tamaño.
- b.- Costo más bajo.
- c.- Mayor rendimiento.
- d.- Menor corriente de excitación.
- e.- Mejor regulación de tensión.

Pero por otra parte tiene las siguientes desventajas:

- a.- Corrientes de cortocircuito mas intensas.
- b.- Conexión conductiva entre los circuitos de baja

y alta tensión.

4.6 CONVENIENCIAS E INCONVENIENCIAS DE SU USO EN UN SISTEMA DE POTENCIA

Desde luego, las características mencionadas anteriormente se hallan sujetas a grandes variaciones en el diseño. Por ejemplo, se puede diseñar un autotransformador y un transformador ordinario de dos circuitos que tengan iguales sus potencias nominales y sus rendimientos. En dicho diseño, el autotransformador es menor y cuesta menos que el transformador de dos circuitos. Por otra parte, también se puede diseñar un autotransformador y un transformador de dos circuitos de potencias y costos iguales. En dicho diseño, el autotransformador, tiene mayor rendimiento. Será económico aquel diseño en el que se logre un equilibrio entre el costo y otras cargas fijas por un lado y las pérdidas y otros gastos de funcionamiento por otro.

Dicho diseño económico constituye un compromiso en el que el autotransformador cuesta algo menos que el transformador de dos circuitos y tiene un rendimiento algo mayor.

La conveniencia de las características del autotransformador depende del cociente entre las

tensiones de los circuitos y poco se gana cuando este cociente V_h/V_x tiene un valor grande.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La protección, funcionamiento de un sistema eléctrico de potencia cualquiera lleva consigo gastos de dos tipos: fijos, que son inherentes a la propiedad y que existen tanto si se utiliza el equipo como si no; y de funcionamiento, los cuáles están relacionados con la forma de empleo. Ambos tipos dependen de los métodos de diseño y producción empleados por el fabricante del equipo. Aun cuando los autotransformadores tienen un gran rendimiento y por tanto los gastos de funcionamiento son relativamente reducidos, servirán para ilustrar los principios generales de costo que son comunes a todos los tipos de aparatos eléctricos.

Por un lado el fabricante del autotransformador se enfrenta con varios problemas económicos importantes. Primeramente debe procurar mantener los costos de fabricación los mas bajos posible compatible con la buena calidad que se espera de su producto. La necesidad de reducción de costos de fabricación ha conducido frecuentemente a mejoras físicas verdaderas en los autotransformadores.

El fabricante debe estar enterado de los cambios generales de las características de las cargas de los

autotransformadores, porque las tendencias de las cargas guardan una importante relación económica con las características de pérdidas convenientes para el autotransformador.

Los mayores usuarios de autotransformadores son las compañías suministradoras de fluido eléctrico, cuyas necesidades dictan en gran manera el progreso de desarrollo en las características de funcionamiento de los autotransformadores y en sus accesorios. El rápido crecimiento en el suministro de energía eléctrica por parte de las centrales desde 1910 hasta 1940 ha hecho conveniente transmitir la potencia a grandes distancias desde lugares en los que resulta barata su generación hasta los centros de utilización. La transmisión de potencia a grandes distancias sólo es económica cuando la tensión de funcionamiento es muy elevada: por eso las empresas suministradoras piden a los fabricantes autotransformadores de tensiones nominales cada vez más elevadas.

El menor costo de funcionamiento que puede lograrse en una instalación cualquiera de autotransformadores depende principalmente del ciclo de carga impuesto al autotransformador. Por tanto, será necesario conocer las características probables de carga para preparar una estimación de los costos de funcionamiento. Las estimaciones de los costos de instalación y

funcionamiento de los distintos planes de instalación, junto con las consideraciones de seguridad, conveniencia y aspecto, dictan la decisión siempre que quiera erigirse una sub-estación nueva.

Una de las principales ventajas que podemos concluir, además de las mencionadas, que son muy importantes, es el tener el cambiador de taps bajo carga, lo que permite una excelente regulación de tensión y la ventaja de hacerlo aún cuando el autotransformador esté a plena carga, sin necesidad de sacarlo de servicio, con las consecuentes molestias que esto causa.

Las ventajas y desventajas están expuestas, es cuestión de ponerlas en una balanza y decidir la conveniencia o no conveniencia del uso de este tipo de autotransformador.

BIBLIOGRAFIA

1. MITSUBISHI CORP. . 1984. MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS.
2. WESTINGHOUSE, 1971. MANUAL DE OPERACION DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS.
3. TRANSFORMERS GENERAL ELECTRIC COMPANY. BASIC TRANSFORMER LIFE CHARACTERISTIC. POLO ALTO: EPRI, 1982.
4. I. ROSOW. ELECTRIC MACHINERY AND TRANSFORMERS. BARCELONA. REVERTE, 1978.
5. THE M.I.T. PRESS. MAGNETIC CIRCUITS AND TRANSFORMERS CAMBRIGE. MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 1943.