



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**



23
20
1974
1973
1972
1971
1970
1969
1968
1967
1966
1965
1964
1963
1962
1961
1960
1959
1958
1957
1956
1955
1954
1953
1952
1951
1950
1949
1948
1947
1946
1945
1944
1943
1942
1941
1940
1939
1938
1937
1936
1935
1934
1933
1932
1931
1930
1929
1928
1927
1926
1925
1924
1923
1922
1921
1920
1919
1918
1917
1916
1915
1914
1913
1912
1911
1910
1909
1908
1907
1906
1905
1904
1903
1902
1901
1900

**"MANTENIMIENTO PREVENTIVO
A LA SUBESTACION Y A LOS MOTORES
DE INDUCCION DE LOS MOLINOS DE
LA EMPRESA LAMINADORA DE ORIENTE"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICO

P R E S E N T A:
DANIEL LOPEZ CORNEJO.

ASESOR: ING. JUAN CONTRERAS ESPINOSA

CUAUTITLAN DE ROMERO RUBIO, EDO. DE
MEXICO, 1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

C. N. A. M.
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES-CUAUTITLAN

UNIVERSIDAD NACIONAL
 AVENIDA DE
 MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES
 DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
 P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Mantenimiento Preventivo a la Subestación y a los motores de
Inducción de los Molinos de la Empresa Laminadora de Oriente, S.A.
de C.V.

que presenta el pasante: Lopez Cornejo Daniel,
 con número de cuenta: 8535706-8 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Eléctrico.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 10 de octubre de 1994

PRESIDENTE	<u>Ing. Javier Hernandez Vega</u>	<u>[Firma]</u>
VOCAL	<u>Ing. Esteban corona Escamilla</u>	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO	<u>Ing. José Juan Contreras Espinosa</u>	<u>[Firma]</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Ramón Osorio Galicia</u>	<u>[Firma]</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Alfonso Rodríguez Contreras</u>	<u>[Firma]</u>

A MIS PADRES:

QUE SIEMPRE ME IMPULSARON

A SUPERARME.

CON CARÍÑO Y RESPETO.

A MIS HERMANOS:

POR EL APOYO QUE SIEMPRE

OBTUVE DE ELLOS.

CON AFECTO:

ARMANDO

JOSE

SUSANA

EVA

HERMENEGILDO

NORMA

JORGE.

**A MI DIRECTOR DE TESIS:
POR EL APOYO QUE SIEMPRE
ME BRINDO PARA QUE ESTE
TRABAJO SE REALIZARA:
CON AFECTO Y
AGRADECIMIENTO.**

**A LOS ING. JUAN Y JORGE WARMAN
POR DARME LA OPORTUNIDAD DE
INTEGRARME A SU EQUIPO DE
TRABAJO Y APOYARME PARA LA
REALIZACION DE ESTE TRABAJO.
CON RESPETO.**

**A MIS AMIGOS:
ING. RICARDO RODRIGUEZ.
ING. MARIO CONTRERAS.
ING. MIGUEL BISOGNO.
LIC. VERONICA CIFRIANO.
CON AFECTO.**

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA SUBESTACION
Y
A LOS MOTORES DE INDUCCION DE LOS MOLINOS
DE LA EMPRESA LAMINADORA DE ORIENTE S.A DE C.V.**

OBJETIVO:

El objetivo de ésta tesis consiste en plantear las medidas tendientes a conservar la subestación y los motores de inducción de los molinos en óptimas condiciones de operación como equipo primordial de la planta.

INDICE.

CAPITULO I.

QUE ES LA LAMINACION.
ANTECEDENTES.

CAPITULO II.

EQUIPO ELECTRICO.

TIPO DE TRANSFORMADORES QUE EXISTEN.

TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

INTERRUPTOR EN ACEITE.

CORTA CIRCUITOS.

INTERRUPTOR DE CUCHILLAS TIPO ALDUTY O DESCONECTADOR TRIPOLAR.

APARTARRAYOS.

MOTOR DE INDUCCION DE ANILLOS ROSANTES.

CAPITULO III.

CALCULO DE LA ALIMENTACION PRINCIPAL.

CALCULO DE FALLA DE CORTO CIRCUITO.

CALCULO DE LA RED DE TIERRAS.

CAPITULO IV.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PRUEBAS AL EQUIPO ELECTRICO.

TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

- a).- Relación de transformación.
- b).- Resistencia óhmica de los devanados.
- c).- Tanque a tierra.
- d).- Rigidez dielectrica del aceite.
- e).- Filtración del aceite.
- f).- Nivel del aceite.

INTERRUPTOR EN ACEITE.

- a).- Prueba de rigidez dieléctrica del aceite.
- b).- Calibración de contactos.
- c).- Rigidez dielectrica del aceite.
- d).- Filtración del aceite.
- e).- Nivel del aceite.
- f).- Prueba resistencia de aislamiento.

CORTA CIRCUITOS.

- a).- Mecanismo de operación.
- b).- resistencia de aislamiento.

APARTARRAYOS.

- a).- Resistencia de aislamiento.
- b).- Factor de potencia.
- c).- Pruebas dielectricas.

INTERRUPTOR DE CUCHILLAS TIPO ALDUTY.

- a).- Mecanismo de operación.
- b).- Resistencia de aislamiento.

MOTORES DE INDUCCION DE ANILLOS ROSANTES.

- a).- Metodos de arranque.
- b).- Resistencia ohmica en los devanados.
- c).- Anillos en buen estado.
- d).- Porta carbones en buen estado.
- e).- Resistencia de aislamiento.
- f).- Mantenimiento a chumaceras.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES.

INTRODUCCION.

Tratar el mantenimiento preventivo a la subestación y a los motores de los molinos del rotor devanado de 750 y 800 HP.

El mantenimiento preventivo a la subestación es tratar de las normas y técnicas que deben considerarse para su buen funcionamiento para evitar fallas en el servicio eléctrico, ya que si fallan algunos de los equipos que la componen como apartarrayos, interruptores, transformadores, etc., nos veríamos envueltos en un mantenimiento correctivo por lo que es importante considerar al mantenimiento a cada uno de los equipos que componen a dicha subestación, y con respecto a los motores de los molinos que son motores de rotor devanado los cuales mueven a los rodillos, ya que estos rodillos en cada uno de sus pases van moldeando y dando forma a la materia prima que tiene ciertos grados de temperatura (BILLET A 1200°C) hasta que termina el proceso a que es sometido y sale el producto requerido (VARILLA AL CALIBRE PLANEADO) por lo que es de suma importancia no caer en el mantenimiento correctivo ya que si fallan dichos motores nos veríamos en la necesidad de parar la producción, por lo que es recomendable hacer pruebas y reparar posibles fallas en el momento oportuno a cada una de sus partes que lo componen desde la resistencia ohmica, aislamiento, porta carbones, anillos, etc., y así evitar bajas en la producción por reparaciones forzosas y por lo tanto bajas económicas para la planta.

Ya que dicho equipo es el alma de la planta, además es importante aclarar que la laminación es un trabajo duro (rudo) y un poco sucio en relación al equipo con respecto a otras plantas que realizan otro tipo de trabajo, por lo que cabe resaltar que es de suma importancia el constante mantenimiento preventivo a la subestación y a dichos motores por el esfuerzo que realizan y a la constante variación de la velocidad, aunque es equipo diseñado para dicho trabajo requiere de cuidados especiales.

CAPITULO I

ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA LAMINACION EN FORMA BREVE.

Es muy posible que los molinos de la laminación hayan tenido su origen en los antiguos molinos usados para extraer el azúcar de la caña.

Pietro Speciale de Sicilia, hizo un molino de azúcar trio en 1449 con tres rodillo impulsados a través del mismo engranaje que el rodillo central; los rodillos para éste tipo de aplicación fueron originalmente de madera, pero más tarde en Inglaterra, se empezaron a hacer rodillos de hierro vaciado en la región de Derby por el año de 1650.

En 1553 se utilizaron también rodillos planos por un francés llamado Brulier para el laminado en frío de oro y plata del espesor para acuñación de monedas, pero no fue sino hasta 1590 que un molino se aplicó por primera vez para el trabajo en caliente del hierro. Este molino se instaló en Denford, Kent, por Godefroi de Bochs, para partir barras de hierro en barras redondas según un proceso planteado por Borvis Bulmer.

Poco tiempo después, los rodillos templados de hierro hicieron su aparición y se utilizaron en 1697 por John Hanbuy en Pontypool en un molino laminado de hojalata de 120 mm. por 60 mm.

Un anuncio en 1700 sobre el método de torneado de rodillos señaló, "tan duro que una lima no puede tocarlo" ó "tan suave que permite que sea torneado".

En 1728 se llevaron a cabo dos avances significativos. Primero se suministró un molino de Inglaterra a Francia, destinado principalmente a la laminación en frío de laminas de plomo utilizando rodillos lisos de 360 mm. por 1500 mm. de longitud. Estos rodillos podían ser remplazados por rodillos calibrados de 380 mm. por 1500 mm. de longitud, para laminar tubería de plomo desde 50 mm. hasta 100 mm. de diámetro, sobre mandriles, utilizando los pases apropiados en forma semicircular.

Poco después una patente le fue dada a John Payne que mostraba como "Las barras forjadas se hacen pasar entre dos grandes rodillos (tiene ranuras o pases apropiados sobre sus superficies) y transformarlos en formas tales como se requirieren".

En 1746 el Ingeniero Christopher Palhem, publicó su Patro - "Tiska - Testamente", en el cuál se hablaba de un molino de laminación de hierro en barras y materiales para aros y decía: "Se pueden producir rodillos para barras de hierro y acero de sección cuadrangular, redonda o media redonda".

A Palhem se le conoce como el padre del molino Lauth (en él se utilizaban tres rodillos) debido a su visión de que para una reducción dada resulta un par menor y una menor carga de rodillos si se utilizan rodillos pequeños de trabajo.

La patente de 1766 otorgada a J. M. Purnell, fue un avance más en el uso de rodillos maquinados y la introducción de las cajas de piñones que redujeron considerablemente el desgaste que hasta este momento había sido muy alto debido a que los dos rodillos se impulsaban a diferentes velocidades.

También en ese año, Thomas George Cranage y Henry Cort, desarrollaron el horno de reverbero por aire para producir hierro maleable de mucho mejor calidad por un proceso de batido en seco y después en 1783, Cort hizo uno de los avances más grandes en la historia del laminado de secciones. Introdujo rodillos de desbaste para trabajar directamente en el hierro y eliminar todo el forjado en esta etapa; la barra así tratada, se apilaba y después se relaminaba a una sección correcta a través de más rodillos ranurados, según su diseño.

El proceso como un todo, que tenía quince veces la productividad del método previo a base de martilleo, fué el fundamento de los métodos modernos de laminado de secciones. Produjo "barras y medio planos", usando un rodillo inferior ranurado y un rodillo superior liso, excepto para "barras gruesas, cuadradas y pernos redondos", en estos casos el rodillo superior tenía collares que se metían dentro de los pases del rodillo inferior, el contorno de dichos collares era liso para cuadrados y planos, y cóncavos para redondos ó "la forma que fuera necesaria para producir la sección deseada".

El primer molino de este tipo fue instalado en la Plaza de Crawshay's, en el sur de Gales, la cual para 1803 tenía ya la reputación de ser la más grande del reino, empleando dos mil hombres y produciendo de 60 a 70 toneladas de barras de hierro por semana.

Otro molino se puso en marcha en 1790 por los Ingenieros Cockshutt y Crawshay's en Wortley, cerca de Sheffield, siendo éste un molino de dos estantes abiertos capaz de producir de una a dos toneladas por día. Estaba impulsado por dos ruedas y por agua, de 18 caballos de potencia cada una de las ruedas, aumentados con contrapesos a fin de actuar como volantes, y los spindles y coples eran similares en muchos aspectos a los que aún están en uso hoy en muchos molinos de barras.

Los siguientes desarrollos de molinos de laminación, conciernen al mejoramiento en los motores y la transmisión.

El primer ángulo se laminó en América, en Pittsburgh en 1819, "tes" y ángulos se venían ya laminando en Inglaterra y en 1820 John Birkenshaw diseñó pases cerrados con collares como es la práctica actual. Laminó los primeros rieles de hierro forjado en longitudes de 3 a 6 mts.

A partir de este momento, el desarrollo de los ferrocarriles en Inglaterra y América, le dió un gran ímpetu al comercio de laminación de rieles y puso el acento en el correcto diseño de pases ya que el mejoramiento en la forma del riel dependía de la calidad de los pases que podrían diseñarse a fin de laminar la sección requerida. Esto se traduce por el hecho de que el primer riel "T" americano se laminó en Dowlais, en el Sur de Gales.

Mientras tanto, a través de los siglos XIX, siguieron desarrollándose secciones más complicadas de molinos.

Los canales y las vigas fueron por primera vez laminados en 1845.

Secciones cada vez más complicadas se produjeron antes del fin de siglo en acero y hierro, ya que en 1856 Henry Bessemer le dió el primer golpe a la industria del hierro forjado con su método de convertir arrabio en acero.

Siemens y Martín empezaron a producir acero aún más barato a partir de 1864, el desbaste de los primeros lingotes de acero se introdujo por primera vez en Dowlais en 1866.

A partir de este momento, los diseñadores de pases tenían que modificar sus procedimientos a fin de acomodarse al diferente comportamiento del acero.

El presente siglo fue testigo de la introducción de secciones especiales y aparte de tener que diseñar éstas, el diseñador de pases tiene que trabajar con tolerancias más cerradas, sobre secciones más delgadas y con gran variedad de aceros.

Los grandes avances en el campo de la ingeniería nos han dado motores más potentes, reversibilidad, cada vez más alta velocidad, alta velocidad de ajuste de los rodillos, así como otras muchas características que ayudan a una mayor producción y a una mayor exactitud.

Ya está muy lejos el día 1700 en que se alimentaban los molinos con balas de hierro crudo. Ahora tenemos lingotes de 20 toneladas con que se alimentan algunos molinos primarios y con tales cambios tecnológicos, es inevitable que el papel del diseñador haya cambiado en gran medida.

Con el uso de equipo de alto costo, porque como se iba modernizando el equipo se eleva su costo, el deseo de alto rendimiento y un bajo costo por tonelada sobre producto de gran precisión, es importante que un diseñador de pases deba requerir un mínimo de alteraciones una vez que se ha instalado en los rodillos del molino, idealmente ninguna alteración debe ser necesaria, un buen diseñador de pases debe dar una buena vida y un buen tonelaje, al mismo tiempo que producir el material dentro de medida (siempre) antes que se requiera remaquinar, debe dar buena vida de rodillos al evitar la rotura de los mismos y facilitar el remaquinado del perfil y debe utilizar la potencia disponible y la disposición del molino para poder permitir el más grande rendimiento consistente con la mejor calidad.

LAMINADORES. (LAMINACION)

Los laminadores son instalaciones destinadas a dar a los metales un tratamiento adicional para obtener un producto definitivo. Se les clasifica según el tipo de producto para el cuál están diseñados esto es: laminadores de bastidores, de planchones, de palanquillas, de planchas de perfiles, de tubos (cañerías) de perfiles, de corrientes, de llantones, de alambón, de alambre y de productos planos (flejes, chapas, hojalata, etc).

LAMINADORES PRIMARIOS.

El primer paso en el proceso de laminación de metales consiste en reducir por compresión (mediante rodillos) la forma inicial del trozo de metal conocida generalmente con el nombre de lingote discretamente calentado para obtener un producto semielaborado tocho o planchón y que normalmente pasa a los laminadores terminadores donde continúa el tratamiento hasta que se obtiene el producto terminado.

Este producto resulta del paso del lingote por los rodillos el número de veces que sea necesario y bajo la compresión graduada de ellos.

LOS LAMINADORES MAS COMUNES SON:

Laminador duo es el que tiene dos rodillos dispuestos uno encima del otro. El laminador bastidor trio que es con el que cuenta **"Laminadora de Oriente"** de los cuáles hay pocos trabajando y de construcción resiente, éste se compone de tres rodillos superior, central e inferior, pasando el material por los rodillos inferior y central para regresar por el superior y central hasta obtener el tocho. Laminador reversible es aquel en que el producto pasa por los rodillos en ambos sentidos hasta que se obtiene la sección deseada, en el laminador continuo el producto se lamina siempre en la misma dirección.

En el laminador bastidor trio que es el tren o molino de la planta Laminadora de Oriente; el tipo de material con que trabaja son los tochos que miden por lo general 5"x5", en tanto que los tochos más pequeños con que se puede trabajar son de hasta 4"x4". Los lingotes que se pueden usar para ciertos laminadores pesan entre 8,000 y 33,000 libras aproximadamente, con secciones de 18"x20" hasta 27"x78".

**El laminador de bastidor trio con que cuenta la planta.
(Laminadora de Oriente).**

Este laminador se compone de un motor de 750Hp, un reductor que reduce la velocidad del motor, un volante aproximadamente de 12 toneladas, el cuál su función es proteger al reductor y al motor cuando haya un atoron en los rodillos, evitando el paro total del molino, una caja de piñones o engranes que nos ayuda a conectar o unir por medio de unos coples y flechas a los tres rodillos del bastidor, también tenemos una mesa fija a un lado del bastidor que es la que recibe el billet cuando sale del horno y así no perder temperatura, ya que la temperatura del billet no debe ser menos de 1080°C y no más de 1120°C, ya que tendremos problemas si no cuidamos estos rangos; también la mesa fija nos ayuda a pasar el billet por el bastidor entre el rodillo inferior y central; el bastidor también cuenta con una mesa basculante que es la que recibe al billet del paso por el rodillo inferior y central elevándose par pasarlo por el rodillo central y superior y caer nuevamente a la mesa fija y así trabajar el número de veces planeado; también el bastidor cuenta con un repetidor en el pase 11 que recibe el material y lo mete al pase 12 y de ahí salir y pasar por otro repetidor que manda el material a el molino de acabado por medio de un arrastrador que lo desplaza por un canal.

El bastidor cuenta con 12 pases de diferente calibre, por lo que de sus tres rodillos, el central es el que cuenta con 12 calibres, mientras el rodillo superior y el inferior tiene sólo 6 pases, y cada paso de diferente calibre.

Cabe señalar que la velocidad del tren es muy importante ya que si no la controlamos tendríamos deformaciones en el material, es por esto que el tren cuenta con un reductor y un volante que nos dan una velocidad aproximada de 130 rpm., que son los que necesitamos para ir reduciendo el material al pasar por el calibre correspondiente, hasta sacar el tocho.

MOLINO DE ACABADO.

El molino de acabado se compone de un motor de 750 Hp, el cuál nos dá la velocidad requerida que es de 278 rpm., necesaria para desarrollar el trabajo.

El molino cuenta con una caja de piñones, de 5 castillos cada uno, se compone de tres rodillos, asimismo cuenta con 3 repetidores neumáticos de un lado y en el lado contrario tenemos 4 repetidores fijos.

En los cuales los repetidores neumáticos el material lo reciben del rodillo inferior y central y lo guían al siguiente castillo entre el rodillo superior y central; esta función es la que hacen los repetidores neumáticos, lo contrario sucede con los repetidores fijos los cuales reciben el material que sale del rodillo central y superior para guiarlo al siguiente castillo entrando entre el rodillo central e inferior; ésta es la función que desempeñan tales repetidores, pasando el material 9 (nueve) veces por diferentes calibres para alcanzar en nuestro caso el calibre planeado de la varilla 3/8.

También cabe señalar que los pases del molino de desbaste tenemos cuadrados hasta el pase 11 y 12 ya que estos pases son óvalos. En el molino de acabado depende de la posición del tren y del lado en que sale la varilla tenemos de lado de los repetidores neumáticos todos son óvalos y del lado de los repetidores fijos tenemos que todos son cuadrados para facilitar más el trabajo.

También en laminación, así como tenemos pases que son tanto cuadrados y óvalos, puede haber rombos, etc., es decir, depende de la materia prima con que trabajemos y de acuerdo al calibre que se requiera obtener y el número de pases.

Al momento de que empieza a salir varilla tenemos una cortadora a medida y un camino de rodillos los cuáles guían la varilla a la mesa de enfriamiento la cuál trabaja muy lentamente para que el material se enfríe y así mandaría a la máquina dobladora para posteriormente al almacén.

CAPÍTULO II.

EQUIPO ELÉCTRICO.

TRANSFORMADORES.

Los elementos que desempeñan la función de transformar la tensión a los diferentes valores requeridos, reciben el nombre de transformadores.

El transformador es una máquina estática empleada para transferir la energía eléctrica en un circuito de corriente alterna a otro — sin cambio de frecuencia y lo hace bajo el principio de inducción electromagnética y tiene circuitos eléctricos aislados entre sí que son enlazados por un circuito magnético común. Un transformador puede recibir energía y devolverla a una tensión más elevada en cuyo caso se llama transformador elevador o puede devolverla a una tensión más baja en cuyo caso se llama transformador reductor.

En el caso que la energía administrada tenga la misma tensión que la reducida por el transformador se dice que tiene una relación de transformación igual a la unidad.

Los transformadores son máquinas estáticas que no tienen órganos giratorios y por lo tanto requieren poca vigilancia y pocos gastos de mantenimiento. El costo de los transformadores por kilovoltio es bajo, comparado con el de otros aparatos, como máquinas rotatorias, porque realizan un trabajo, a esfuerzo superior y su rendimiento es muy superior. Como no hay dientes ni ranuras y ni órganos giratorios, y — sus arrollamientos pueden estar sumergidos en aceite, no es fácil lograr un buen aislamiento para muy altas tensiones...

Estas características favorables hacen que el transformador — sea un elemento de gran utilidad. Como puede transformar una tensión — baja en otra más elevada o viceversa, de una manera económica, a él se debe en gran escala la extensa difusión que ha alcanzado la corriente alterna.

Clasificación de los transformadores de acuerdo a las bobinas _
colocadas alrededor del núcleo laminado:

TIPO NÚCLEO Y TIPO ACORAZADO.

La diferencia básica entre el tipo núcleo y acorazado, es la si
guiente:

Tipo núcleo es aquel en el cuál las bobinas abarcan una parte -
considerable del circuito magnético y tipo acorazado es aquel donde el_
circuito magnético abarca una parte considerable de los devanados.
(Figs. 2a y 2b).

Tipos de transformadores por su operación:

- Transformador de tensión.
- Transformador de corriente.
- Transformador de medida.

Tipos de transformadores por su uso:

- Transformador elevador.
- Transformador reductor.

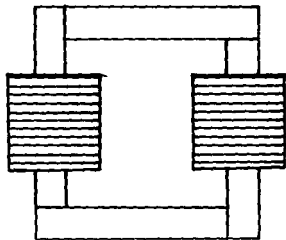
La energía eléctrica se genera por ejemplo de 13.8 Kv y se trans
mite por las redes a diferentes tensiones como son 23 kv, 85 kv. y 230 kv
para su distribución urbana ya que el consumo en la industria como en las
residencias es de 440 v, 220 v y 110 v.

TRANSFORMADOR DE TENSION.

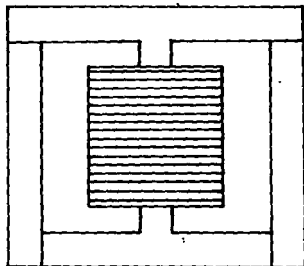
Los transformadores de tensión se emplean en las grandes líneas_
para la transformación y distribución de cantidades de energía.

Los transformadores de tensión no difieren de los de potencial -
con tensión constante, más que en su potencia mayor y que estan coloca--
dos de modo que los errores en la relación de transformación de fase se-
an mínimos. Para factor de potencia unidad, la caída de impedancia entre
marcha y carga de régimen no debe ser mayor del 8%. Por debajo de los 5_
mil voltios, los transformadores de tensión suelen ser de tipo seco; en-
tre los cinco mil y 13800 voltios, pueden ser indistintamente secos o en
baño de aceite; para más de 13800 v son en baño de aceite.

TIPO BULLO



TIPO ACCIAZADO



DOGGIA

F. L. S. C. H. H. G. M.		
L. M. E.		
CIVIL ENGINEER		
150	15/11	1914
11/11/14	11/11/14	11/11/14

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.

Los transformadores de corriente realizan en parte el servicio en mediciones de corriente alterna.

La característica importante requerida en un transformador de corriente es una relación constante entre la corriente secundaria y primaria.

La corriente secundaria del transformador de corriente depende, de manera principal de la corriente primaria y es aproximadamente independiente de la impedancia de los instrumentos conectados al secundario. La corriente primaria fluye independiente de que el circuito esté abierto o cerrado; esta se determina completamente por corriente de línea. Si el circuito secundario está abierto no puede fluir corriente secundaria, aquí no hay fuerza magnetomotriz de oposición proporcionada por la corriente secundaria.

El resultado es, entonces, que la corriente primaria es una corriente magnetizante totalmente.

Por lo tanto es muy importante que el secundario del transformador de corriente se ponga en corto circuito cuando no haya instrumento conectado a éste.

TRANSFORMADORES DE MEDIDA.

No suele ser posible la conexión directa en los aparatos de medida a los circuitos de 440 v.

A menos que el circuito de 440 v tenga toma de tierra en los instrumentos, su potencial respecto al suelo puede ser elevado, lo que representa un peligro para quienes se acerquen a los instrumentos ó al cuadro.

Por medio de transformadores de medida los aparatos de medida pueden quedar completamente aislados del circuito de 440 v e indicar de una manera precisa la intensidad de la corriente, la tensión, la potencia, etc. Se pueden utilizar así en los circuitos de 440 v instrumentos de 220 v y 110 v para tipos normales de intensidad y tensión, como son amperímetros, voltímetros, etc.

CLASIFICACION DE TRANSFORMADORES POR EL NUMERO DE FASES.

- a) Monofásicos.
- b) Trifásicos.

CLASIFICACION DE TRANSFORMADORES POR EL MEDIO REFRIGERANTE.

- a) Aire.
- b) Aceite.
- c) Líquido inerte.

CLASIFICACION DE TRANSFORMADORES POR SU REGULACION.

- a) De potencia.
- b) De distribución.
- c) De instrumento.
- d) De horno eléctrico.
- e) De ferrocarril.

CLASIFICACION DE TRANSFORMADORES POR SU TIPO DE ENFRIAMIENTO.

- a) Tipo OA.
- b) Tipo OW.
- c) Tipo OW/A.
- d) Tipo OA/FA.
- e) Tipo OA/FA/FA.
- f) Tipo FOA.
- g) Tipo A/A.
- h) Tipo AA/FA.
- i) Tipo FOA/FOA.
- j) Tipo FOW.

FOA.- Aire y aceite forzado.

FOW.- Aceite y agua forzado.

AA.- Aire natural y sin medio restringente.

AFA.- Aire forzado y sin medio restringente.

OA.- Enfriamiento natural en aceite.

OW.- Sumergido en aceite y enfriado en agua.

A.- Aire natural.

FA.- Aire forzado.

LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIAS.

Los transformadores pueden estar destinados a transformar potencias de cierta consideración, alimentadas por tensión y frecuencia fijas (transformadores de potencia).

Los transformadores se definen como máquinas estáticas que tienen la misión de transmitir, mediante un equipoelectromagnético alterno, la energía eléctrica de un sistema, con determinada tensión, a otro sistema con tensión deseada.

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{4.44 f N_p \phi_m \times 10^{-8}}{4.44 f N_s \phi_m \times 10^{-8}} \text{ ENTONCES } \frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} \text{ RELACION DE TRANSFORMACION.}$$

Como el transformador estático es una máquina con muy buen rendimiento las únicas pérdidas son en el cobre.

$$E_p I_s \cos \phi_p = E_s I_s \cos \phi_s$$
$$\cos \phi_p \cong \cos \phi_s \therefore E_p \times I_p = E_s \times I_s \text{ ENTONCES}$$

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \text{ ENTONCES } \frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Hay que agregar que esta función se realiza con simplicidad a - cortar o establecer la continuidad en un circuito eléctrico bajo carga.

INTERRUPTOR DE POTENCIA.

El interruptor es un dispositivo destinado a cortar o establecer la continuidad en un circuito eléctrico bajo carga.

La corriente que es capaz de interrumpir este dispositivo, puede ser: la corriente nominal del sistema o la corriente de corto circuito. Algunas veces pueden interrumpir la corriente que se presente al -- desconectar una línea de transmisión ó un transformador en vacío (normalmente es menor que la corriente nominal).

El interruptor debe llevar a cabo dos funciones para poder desconectar el circuito, las cuales son:

a) Debe ser capaz de disipar la energía producida por el arco eléctrico entre sus contactos, sin que sufra daño el interruptor; dicha energía está dada por la siguiente ecuación:

$$W = \frac{T_2}{T_1} V_a I_a dt$$

Siendo:

V_a = Tensión a través del arco.

I_a = Corriente a través del arco.

T_1 = Tiempo inicial de separación de los contactos.

T_2 = Tiempo en que el arco eléctrico se interrumpe.

dt = Diferencial de tiempo.

b) Debe ser capaz de restablecer rápidamente la rigidez dieléctrica del medio comprendido entre los contactos, una vez que se haya extinguido el arco.

Para comprender con claridad una de las funciones fundamentales del interruptor, veamos ahora lo que corresponde a los sobrevoltajes por operación de maniobra.

Se entiende por una operación de maniobra a una apertura por falla ó cierre. Sobre-falla que afecta directamente al equipo.

En caso de los sistemas de potencia los problemas graves se presentan en las redes de 85 Kv ó mayores, pero también en redes de menor tensión con fuertes cargas inductivas o bancos de capacitores a 4.16, 6.6, y 25 Kv.

Para la interrupción el problema que se presenta es que actualmente el medio de desconexión empleado por los interruptores es a base de separación de contactos en un medio de una determinada constante dieléctrica, ya que no se ha diseñado otra forma de desconexión. Esta forma de desconexión puede provocar que el arco eléctrico entre contactos fijo y móvil que han quedado separados se vuelva a restablecer cuando por la magnitud de la falla, la rigidez dieléctrica del medio de extinción (aceite) baja debido a la ionización. Este arco eléctrico somete a los contactos a un voltaje de restablecimiento o voltaje de recuperación.

Desde el punto de vista de la red éste fenómeno se presenta cuando hay cierre sobre falla, es decir, que se cierra un interruptor cuando una falla aún no ha sido liberada.

Este voltaje de recuperación puede alcanzar valores elevados que sometan a la instalación esfuerzos dieléctricos graves, sin embargo, se puede considerar que está implícito en la operación de los interruptores aún cuando no se interrumpen fallas graves.

La razón de esto se encuentra en que la interrupción de las corrientes en las tres fases no es simultánea aún cuando se encuentre con interruptores trifásicos de desconexión en grupo debido al defasamiento natural de las corrientes.

Los interruptores están diseñados para interrumpir en el cero natural de la corriente. De manera que cuando tienen que interrumpir una corriente de falla que pasa por cero, el interruptor se separa un cierto tiempo hasta que la corriente pasa por cero alineándose una energía que origina lo que se conoce como corriente de post - ARCO.

CUCHILLAS DESCONECTADORAS O TIPO ALDUTY.

La cuchilla es un dispositivo que establece una apertura visible en un circuito, con objeto de desconectar las líneas para permitir su revisión ó reparación de la subestación, debe ofrecer completa seguridad contra escapes de corriente de la parte viva hacia la parte desconectada contra cierres intempestivos ó involuntarios y contra apertura por efectos electrodinámicos de una corriente de falla intensa.

Con objeto de evitar escapes indebidos, la base y mecanismos de operación de la cuchilla deben ser conectados permanentemente al sistema de tierras además de la distancia entre los puntos que se separan debe ser suficiente para impedir una descarga eléctrica de una parte a la otra. Para evitar un cierre eventual es conveniente colocar la cuchilla de modo que la gravedad no actúe sobre las piezas móviles en el sentido de cierre ó disponiendo de un mecanismo de resorte que impida la caída de la cuchilla. Para impedir la apertura involuntaria se emplean cerrojos en la mordaza.

LOS APARTARRAYOS.

Los apartarrayos empleados para la protección de instalaciones y subestaciones de abastecimiento, se llaman de tipo autovalular y su cometido consiste en eliminar las frecuentes apariciones de sobretensiones que bien pueden ser:

- 1.- Sobretensiones atmosféricas, que casi siempre tienen su origen en las tormentas ó por fenómenos transitorios de campos eléctricos.
- 2.-Por sobretensiones que se provocan por influencia de otras redes.
- 3.-Sobretensiones que pueden originarse dentro, debido a cortos circuitos, retirar cargas ó líneas de servicio en vacío y en otras ocasiones al establecer contactos a tierra.

Para todos los casos anteriores como se comprende, las sobretensiones superan un valor que es desde luego perjudicial a los transformadores y aparatos conectados y por lo tanto, es necesario reducir en todo posible estos perjuicios que resultan costosos, haciendo la instalación de apartarrayos autovalvulares cuyo funcionamiento es el siguiente:

APARTARRAYOS.

DISTRIBUCION.

Si la sobretensión que se presenta en el descargador sobrepasa los valores de reacción válidos para el mismo, reacciona éste, es decir, los explosores de extinción son cortocircuitados en el lugar de reacción por arcos voltaneos.

Debido a la reacción de todos los explosores de extensión del descargador, se establece la unión entre el conductor a tierra a través de los discos de resistencia, las resistencias son dependientes de la tensión, a fin de mantener reducida la caída de tensión en el descargador (tensión residual), incluso cuando las intensidades de descarga son máximas. La resistencia es relativamente alta a la tensión de servicio y al aumentar la sobretensión desciende con mucha rapidez a valores reducidos. Al disminuir la sobretensión aumenta rápidamente la resistencia, la cuál limita la intensidad posterior, por el hecho de que

los explosores de extinción montados en serie pueden interrumpir en el próximo paso por cero de la corriente. Los electrodos de ranura doble de los explosores de extinción son de tipo tobera y tienen una gran capacidad de extinción.

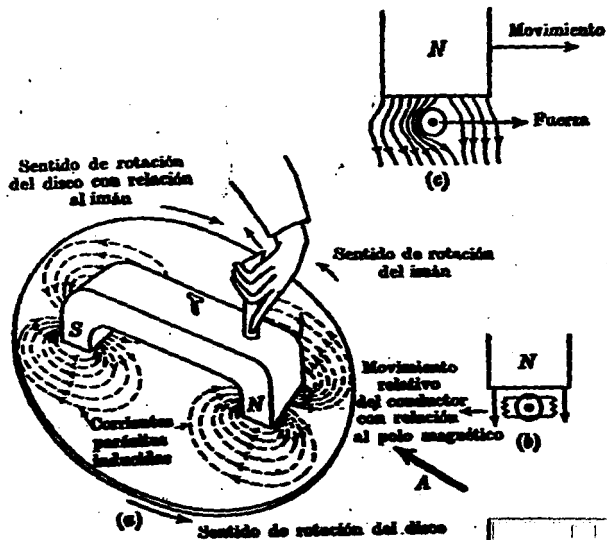
La tensión de reacción permanece casi invariable debido al efecto de desplazamiento del arco.

En caso de que el descargador, a pesar de su gran capacidad de absorción de energía, se sobrecargue, es decir, en el supuesto de que los explosores no esten en condiciones de extinguir la intensidad posterior, debido al arco, se produce en el descargador un aumento inadmisibles de la presión, la cuál hace que actúe en fusible de sobrecarga antes de que pueda deteriorarse la envolvente de porcelana. Por la forma del platillo inverso los chorros calientes de gas que salen del interior bajo presión a alta velocidad son desviados hacia arriba. El arco de corto circuito salta entonces de nuevo entre el platillo inverso y la cubierta superior, en la atmósfera caliente muy ionizada, y arde a más distancia prudencial de la envolvente de porcelana, de modo que se evite también más destrucción térmica secundaria de ésta última.

MOTORES DE INDUCCION.

El motor de inducción es el motor de corriente alterna que más se emplea debido a su fortaleza y simplicidad, a la ausencia de colector y al hecho de que sus características de funcionamiento se adaptan bien a una marcha de velocidad constante.

El principio del motor se puede explicar de la siguiente manera: Un disco de metal (fig. 2 c) puede girar libremente alrededor de un eje vertical. El disco puede ser de cualquier material conductor tal como hierro, cobre ó aluminio. Un imán que también puede girar libremente sobre el mismo eje que el disco, está dispuesto encima de éste último y tiene sus extremos curvados hacia abajo para que su flujo magnético corte el disco. Cuando el imán gira, las líneas magnéticas cortan el disco e inducen corrientes en él, como indica la figura. Como estas



EL SECCIONARIO		
I M H		
EL PRINCIPIO DE INDUCCION		
SECCION: S/C	PAGE: S/T	FECHA: juni/24
EDICION: 1928	LIBRO: 1000000	LAMINA: 2-C

corrientes se encuentran también en un campo magnético, tienden a moverse en él igual que las corrientes en los conductores de un motor de C.C. Según la Ley de LENZ la dirección de la fuerza desarrollada entre las corrientes del disco y el campo magnético que los produce será tal que el disco tienda a seguir el imán en su rotación como indica la figura.

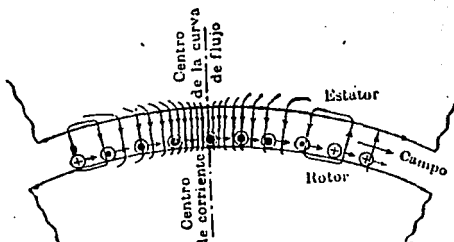
MOTOR DE INDUCCION CON ROTOR DEVANADO.

Si se introduce una resistencia en el circuito del rotor de un motor de inducción, el deslizamiento aumentará para un valor dado del par.

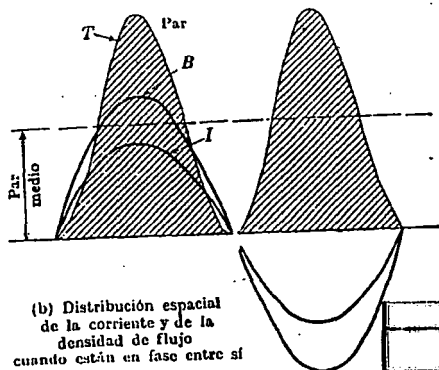
El par es proporcional al flujo, a la corriente en él inducido y al coseno del ángulo de defasamiento entre el flujo y la corriente. (Fig. 2 d).

El flujo del motor de inducción es prácticamente constante porque lo es la f.c.e.m. Si se agrega una resistencia al circuito del rotor, la impedancia del rotor aumenta. (Para los valores de deslizamiento correspondiente a los valores normales del par, la reactancia del inducido es pequeña comparada con su resistencia y, por consiguiente, la impedancia del inducido es casi sólo resistencia). Si el deslizamiento es constante, la f.e.m., inducida en el rotor es invariable. La corriente en el inducido, que es igual a esta f.e.m., dividida por la impedancia del rotor, decrece. Como coseno ($T = T \times$ coseno) no crece tan rápidamente como decrece la corriente del inducido, el par debe disminuir.

Para que el par vuelva a adquirir su valor primitivo debe aumentar la intensidad de la corriente en el inducido. Como el flujo es constante el aumento de f.e.m. inducido sólo se puede obtener aumentando la velocidad con que los conductores del rotor cortan el flujo. Para un valor dado del par, por lo tanto, el deslizamiento debe aumentar cuando se intercala una resistencia en el circuito del rotor.



(a) Corriente en fase espacial con la densidad de flujo con reactancia del rotor reducida



(b) Distribución espacial de la corriente y de la densidad de flujo cuando están en fase entre sí

I. E. S. C. - H. N. A. M.		
<i>I. M. R.</i>		
RELACION ENTRE FLUJO, CORRIENTE Y PAR		
MODEL: S/C	FIG.: 1/1	FECHA: jun/94
ELABORADO: DARRIL FLORES GONZALEZ	LAMINA 2-3	

El resultado de intercalar una resistencia en el circuito del rotor se explica por medio de la figura(2-e) en la que el par, para un motor usual, viene dado en función de la velocidad expresada en tantos por ciento de la de sincronismo, lo mismo que el deslizamiento cuyos valores en abscisas se lee de derecha a izquierda. El número dispuesto sobre las curvas de la resistencia del circuito del rotor en tanto por ciento del valor necesario para obtener el par en reposo a la carga nominal. La curva "a" corresponde al caso en que la resistencia externa en el circuito del rotor sea nula. La curva "b" representa el resultado al intercalar un 10% de resistencia en el expresado circuito. Los valores del deslizamiento para un motor dado son mayores en el caso y el par corresponde al 50% aproximado de deslizamiento.

La curva "c" corresponde al caso de intercalar un 20% de resistencia. Para el tipo particular de motor al que la figura se refiere, este 20% produce el máximo par en el arranque; con 40% de resistencia se obtiene el 205% de par de carga nominal en el arranque; con 100% de resistencia se obtiene el par de carga nominal en el arranque. El par máximo no queda afectado por la resistencia del rotor; pero con 40% y 100% de resistencia, no se llega al par máximo ni aún con rotor parado (deslizamiento 100%).

Observese que, al aumentar la resistencia del rotor, la carga nominal y el par máximo corresponden a valores cada vez mayores del deslizamiento. El valor del par máximo no está afectado por la resistencia del rotor, pero corresponde a valores mayores del deslizamiento a medida que la resistencia aumenta. Haciendo que la resistencia R_2 del circuito del rotor sea igual a su reactancia en reposo ($X_2 = 2\pi f L_2$), se obtiene (curva c) el par máximo en el arranque.

Cuando se aumenta la resistencia del rotor, éste gira a velocidad reducida, pero esta reducción se obtiene a expensas del rendimiento, porque se han aumentado las pérdidas ($I^2 R$) en el rotor.

Es evidente que la regulación de la velocidad se puede conseguir intercalando resistencias en el circuito del rotor.

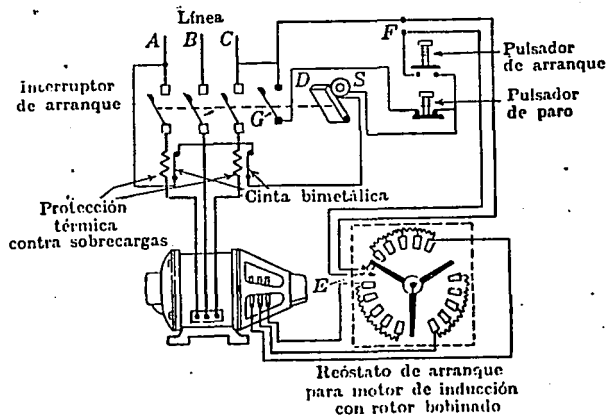
La regulación de la velocidad va acompañada de una pérdida de rendimiento y más deficiente regulación de velocidad. El rendimiento eléctrico del rotor es igual a la relación entre la velocidad efectiva y la de sincronismo. Por ejemplo, con 25% de deslizamiento, el rendimiento del rotor es 75%; es decir, que de la potencia que pasa a través del entrehierro, el 25% se pierde en calentar la resistencia del rotor. El 75% restante se convierte en potencia mecánica, aunque no sea totalmente utilizable en la polea debido a las resistencias pasivas y pérdidas en el núcleo.

La figura 2(e) representa también la corriente en función de la velocidad y del deslizamiento. Observe que sin resistencia externa alguna, la intensidad de la corriente de arranque es el 470% de su valor a plena carga y que el par de arranque es el 86% del valor nominal. Con 10% de resistencia se obtiene el 205% de par con sólo 160% de intensidad.

El devanado del rotor no ha de tener necesariamente el mismo número de fases que el devanado del estator ya que el cambio giratorio dentro del cual se mueve el rotor es independiente del número de fases del estator.

El número de polos para el cual se hace el devanado del rotor debe ser, sin embargo, igual al número de polos del estator. El par desarrollado por el rotor depende de la posición relativa de sus grupos de fase respecto a los del estator. Por consiguiente, a veces el par de arranque puede ser anormalmente bajo. No obstante, si hay mucha resistencia en el circuito del rotor en el arranque, la reducción del par no suele ser importante.

No se puede intercalar fácilmente una resistencia variable en el rotor; para las trifásicas pueden conectarse en estrella ó en triángulo. Los extremos de los arrollamientos de las tres fases van conectadas a tres anillos de contacto (Fig, 2(f) y 2(g)). Las escabillas correspondientes a los tres anillos se empalman a las tres resistencias externas montadas en estrella, por lo regular por medio de un combinador. Toda la resistencia correspondiente a cada fase se pone en circuito para el arranque, lo que da origen a que la fase espacial de la



E I S C I N A M			
1 A 1 K			
PUNTO DE ARRANQUE DIRECTO A LA LÍNEA			
ACCIÓN: 1/2 C	DE: 1/2 C	FECHA: JUL/54	
DISEÑO: 12000 - 1009 - 11000-30			TABLA: 2



L. L. S. H. H. A. M.		
1 M 10		
BANCHE DI RISERVA - P. A. G. I. S.		
NO. 1: S/C	NO. 2: A	NO. 3: 100/100
L. L. S. H. H. A. M.		L. L. S. H. H. A. M.

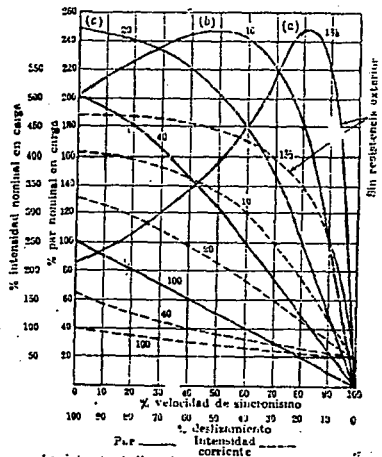
corriente del rotor se acerque más a la del flujo del entrehierro, de modo que se tiene un par grande con una intensidad de corriente moderada. Además de producir un buen par de arranque, la corriente inicial del rotor no excede mucho de la corriente de plena carga. Cuando la velocidad del motor aumenta se suprime la resistencia exterior. El motor funciona según la curva "a" de la figura 2-e.

Aún sin el cambiador, el motor con rotor devanado resulta más caro que el motor jaula de ardilla, ya que es mayor el costo del devanado y de la conexión de las bobinas del rotor. El combinador y las resistencias aumentan este mayor costo. Este tipo de motor en plena marcha tiene mayor deslizamiento que el motor ordinario de jaula de ardilla, porque no es posible conseguir que tenga una resistencia tan extremadamente reducida como el devanado de jaula de ardilla. Como se ha señalado, la resistencia externa puede emplearse para regular la velocidad, aunque con deficiencia y rendimiento reducido. Por consiguiente este tipo de motor tiene mejores características de arranque pero peores características de plena marcha.

El motor de inducción con rotor devanado se emplea cuando se requiere de un fuerte par de arranque y frecuentemente cuando se necesita regular la velocidad. Las aplicaciones comunes de este tipo de motor son las gruas, ascensores, bombas, cabrestantes, ferrocarriles y en nuestro caso laminadores.

Los motores de inducción de este tipo se emplean también en la propulsión eléctrica de los buques de guerra.

Se pueden obtener dos velocidades de sincronismo variando el número de polos.



Los números indican la resistencia del circuito del rotor en % del par nominal en reposo

F I C H A	
1111	
COMPA. DE ELECTRICIDAD Y ENERGIA S.A. (C.E.P.E.S.A.) I.S.C. DE LA ZONA DE LA AV. 100 N. 10000, BOGOTÁ	
FECHA: 10/11/54	HORA: 10:00
INGENIERO: J. M. G.	TECNICO: J. M. G.

CAPITULO III.

LOS CALCULOS DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO TIENEN POR OBJETO:

- a).- Saber que capacidad deben tener los equipos a instalar (cuchillas, interruptores, barras, etc.)
- b).- Poder diseñar adecuadamente el circuito, de tal forma que sea capaz de soportar los esfuerzos mecánicos que provocan las corrientes de corto circuito.
- c).- Poder elegir y ajustar adecuadamente los elementos de protección que han de aislar el punto de falla.
- d).- Poder seleccionar los elementos aislantes que soporten las tensiones transitorias que provoquen las fallas.

Un motor de inducción contribuye a la corriente de falla por acción generadora debido a la inercia. Sin embargo, estas contribuciones desaparecen en pocos ciclos, por ésta razón solo se le asigna reactancia subtransitoria. La contribución de corriente es semejante al valor de la corriente de arranque a plena carga de la máquina.

Reactancia Subtransitoria: Se presenta en el instante en que ocurre la falla y dura aproximadamente 16 m seg. (1 ciclo).

CALCULO DE ALIMENTADORES PRINCIPALES DE LA EMPRESA LAMINADORA DE ORIENTE S.A.

Alimentador de tablero de distribución D-1 para alimentar motores y resistencias del No. 1 al No. 18.

CALCULO POR CORRIENTE:

$I_{pc} \text{ Max} =$ Corriente máxima tomada por el motor más grande.

$I_{pc} \text{ Max} = 64.00 \text{ Amp.}$

$\sum I_{pc} =$ Sumatoria de todas las demás corrientes.

$I_s =$ Corriente máxima x factor de agrupamiento de acuerdo a las normas eléctricas + la sumatoria total de los demás motores.

$\sum I_{pc} = 144.76 \text{ Amp.}$

$I_s = 64.00 \times 1.25 + 144.76 = 224.76 \text{ Amp.}$

CALCULO POR CAIDA DE TENSION.

L = 30 m.

$$Sc = \frac{2 \sqrt{3} \times I_s \times L}{e \% \times E}$$

$$Sc = \frac{2 \sqrt{3} \times 224.76 \times 30}{3 \times 440} = 17.69 \text{ mm}^2$$

Si seleccionamos 3 conductores calibre 3/0 AWG, THWN con 310 Amp de capacidad de conducción al aire libre por fase y una sección transversal de 85.01 mm .

Tabla 1.4 para SC = 85.01 mm .

Tabla 302.4 para Amp = 310 Amp.

Estos conductores se alojan en una charola de 30 cm, junto con 9 conductores calibre 300 MCM, 4 conductores calibre 3/0 AWG, 3 conductores calibre 2/0 AWG, 1 conductor calibre 6 AWG; 3 conductores calibre 8 AWG, 6 conductores calibre 10 AWG, 24 conductores calibre 12 AWG, 7 conductores calibre 14 AWG.

Diámetro del conductor de 300 MCM = 19.6 mm x 9 COND.= 176 .4 mm.

Diámetro del conductor de 3/0 AWG = 15.0 mm x 4COND. = 60.0 mm.

Diámetro del conductor de 2/0 AWG = 13.7 mm x 3 COND.= 41.1 mm.

Diámetro del conductor de 6 AWG = 6.6 mm x 1 COND.= 6.6 mm.

Diámetro del conductor de 8 AWG = 5.6 mm x 3 COND.= 16.8 mm.

Diámetro del conductor de 10 AWG = 4.3 mm x 6 COND.= 25.8 mm.

Diámetro del conductor de 12 AWG = 3.4 mm x 24COND.= 81.6 mm.

Diámetro del conductor de 14 AWG = 3.0 mm x 7 COND.= 21.0 mm.

TOTAL.....= 429.3 mm.

Por lo que estos conductores serán alojados en la charola en 2 capas y sin mantener ninguna separación entre ellos, por lo que será necesario aplicar el factor de corrección de 0.75 (ver tabla 302.4 y 302.46 por temperatura).

$$310 \times 0.75 = 232.50 \text{ Amp.}$$

El valor de la tabla 302.4 se corrige para temperatura ambiente en el lugar que se encuentren los conductores mayores de 30°C de acuerdo con la tabla.

Como dispositivo de protección para este alimentador, será un interruptor termomagnético de 3 polos, 250 Amp, 480 volts marca NJL, con 30 KA simétricos de capacidad interruptiva.

Alimentador que parte del tablero de distribución TD-1 a motores del No. 19 al N.23 y transformador del sistema de alumbrado.

CALCULO POR CORRIENTE PARA EL SISTEMA DE FUERZA.

$I_{pc} \text{ Max} = 25 \text{ Amp. (motor 19)}$

$$\sum I_{pc} = 115.54 \text{ Amp.}$$

I fuerza: Corriente de fuerza total necesaria.

$$I \text{ fuerza} = 25.00 \times 1.25 + 115.54 = 146.79 \text{ Amp.}$$

CALCULO POR CORRIENTE DEL SISTEMA DE ALUMBRADO.

Potencia total tablero "A" y "B" = 26.775 Kw. (conocido kw de tableros).

Para trifásico.

$$I = \frac{\text{kw} \times 1000}{1.732 \times E \times \text{f.p.}} = \frac{26775}{1.732 \times 220 \times 0.9} = 78.08 \text{ Amp.}$$

Para trifásico.

$$\text{KVA} = \frac{1.732 \times I \times E}{1000} = \frac{1.732 \times 78.08 \times 220}{1000} = 29.74 \text{ KVA}$$

Este KVA que se calcula es para saber la capacidad del transformador como se apreciará:

Se instalará un transformador de 30 KVA, 3 fases, 60 HZ., voltaje para el primario 440 volts, voltaje secundario 220, 127 volts.

$$I_a = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \times E} = \frac{30 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 440} = 39.03$$

I Alumb = Amp en el primario = 39.03 Amp.

$$I = I \text{ alumb} + I \text{ fuerza} = 146.79 + 39.03 = 185.82 \text{ Amp.}$$

CALCULO POR CAIDA DE TENSION.

L = 10 m.

$$S_c = \frac{2 \sqrt{3} \times I_s \times L}{e \% \times E} = \frac{2 \sqrt{3} \times 185.82 \times 10}{3 \times 440} = 4.78 \text{ mm}^2$$

Se seleccionan 3 conductores calibre 2/0 Avg, THWN con 265 Amp de capacidad de conducción por fase, en aire y con una sección transversal de 67.43 mm²

corrección para conductores colocados en una o dos capas sin ninguna separación entre ellos.

$$265.00 \times 0.75 = 198.75 \text{ Amp.}$$

Como dispositivo de protección para éste alimentador, seleccionamos un interruptor termomagnético de 3 polos 200 Amp, 480 volts, marca NFJ, con 22 KA simétricos de capacidad interruptiva.

Alimentador que parte del tablero de distribución D-1 a motores del No. 34 al No. 40.

$I_{pc} \text{ Max} = 91.00 \text{ Amp (motor No. 34)}$

$$\sum p.c = 91.00 \times 1.25 + 60.60 = 173.75 \text{ Amp.}$$

CALCULO POR CAIDA DE TENSION.

$$L = 40.00 \text{ m.}$$

$$Sc = \frac{2 \sqrt{3} \times T \times L}{e \% \times 440} =$$

$$Sc = \frac{2 \sqrt{3} \times 173.75 \times 40}{3 \times 440} = 18.23 \text{ mm}^2.$$

Seleccionamos 3 conductores cal. 2/0 AWG, THWN, con 265 Amp de capacidad de conducción por fase, en aire y con una sección transversal de 67.43 mm

Corrección para conductores colocados en una o 2 capas, sin ninguna separación entre ellos.

$$265.00 \times 0.75 = 198.75 \text{ Amp.}$$

Como dispositivo de protección para este alimentador se selecciona un interruptor termomagnético de 3 polos, 200 Amp, 480 v, marca NFJ con 22 KA simétricos de capacidad interruptiva.

Alimentador desde tablero de distribución D-1 a motores No. 41 y 42.

CALCULO POR CORRIENTE.

$$Ip.c. \text{ Max} = 13.2 \text{ Amp (motor No. 42)}$$

$$\sum Ip.c = 7.0 \text{ Amp.}$$

$$Is = 13.2 \times 1.25 + 7.0 = 23.50 \text{ Amp.}$$

CALCULO POR CAIDA DE TENSION.

$$L = 40 \text{ m.}$$

$$Sc = \frac{2 \sqrt{3} \times Is \times L}{e \% \times E}$$

$$S_c = \frac{2 \sqrt{3} \times 23.5 \times 40}{3 \times 440} = 2.46 \text{ mm}^2.$$

Se seleccionan 3 conductores calibre 8 AWG, THWN, con 65 Amp de capacidad por fase, en aire y una sección transversal de 8.36 mm^2 .

Corrección para conductores colocados en 1 ó 2 capas en charola sin ninguna separación entre ellos.

$$65.00 \times 0.75 = 48.75 \text{ Amp.}$$

Como dispositivo de protección para este alimentador se selecciona un interruptor termomagnético de 3 polos, 30 Amp, 480 volts, marca HEF, con 25 KA simétricos de capacidad interruptiva.

Alimentador de tablero de distribución D-1 para alimentar motores del No. 43 al No. 56 y transformador para sistema de alumbrado.

CALCULO POR CORRIENTE PARA EL SISTEMA DE FUERZA:

$$I.p.c. \text{ Max} = 32.00 \text{ Amp.}$$

$$\sum I.p.c. = 117.56 \text{ Amp.}$$

$$I_f = 157.56 \text{ Amp.}$$

CALCULO POR CORRIENTE PARA EL SISTEMA DE ALUMBRADO:

POTENCIA TOTAL DE TABLERO "C" Y "D" = 22.625 KW.

$$I = \frac{KW \times 1000}{\sqrt{3} \times E \times F.P}$$

$$I = \frac{22.625}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.9} = 65.97 \text{ Amp.}$$

$$KVA = \frac{\sqrt{3} \times I \times E}{1000}$$

$$KVA = \frac{1.732 \times 65.97 \times 220}{1000} = 25.13$$

Seleccionamos un transformador de 30 KVA, 3 fases, 60 c.p.s. 440 volts/220-127 volts.

$$I_a = \frac{KVA}{\sqrt{3} \times E}$$

$$I_a = \frac{30}{\sqrt{3} \times 0.44} = 39.36 \text{ Amp.}$$

$$I_s = I_a + I_f = 157.56 + 39.36 = 196.92 \text{ Amp.}$$

CALCULO POR CAIDA DE TENSION:

$$L = 15 \text{ m.}$$

$$S_c = \frac{2 \sqrt{3} \times I \times L}{e \% \times E}$$

$$S_c = \frac{2 \sqrt{3} \times 196.92 \times 15}{3 \times 440} = 7.75 \text{ mm}^2.$$

Se seleccionan 3 conductores cal. 2/0 AWG, THWN, con 265 Amp de capacidad de conducción por fase, en aire y con una sección transversal de 67.43 mm².

Corrección para conductores en una o dos capas sin separación entre ellos.

$$265.00 \times 0.75 = 198.75 \text{ Amp.}$$

Como dispositivo de protección para este alimentador se selecciona un interruptor termomagnético de 3 polos, 200 Amp, 480 volts, marco NFJ, con 22 KA simétricos de capacidad interruptiva.

Alimentador de tablero de distribución para alimentar motores del No. 57 al No. 64.

CALCULO POR CORRIENTE.

$$I.p.c. \text{ Max} = 13.2 \text{ Amp (motor No. 58)}$$

$$\Sigma I_{p.c.} = 37.72 \text{ Amp.}$$

$$I_s = 13.2 \times 1.25 + 37.72 = 54.22 \text{ Amp.}$$

CALCULO POR CAIDA DE TENSION:

$$L = 60 \text{ m.}$$

$$Sc = \frac{2\sqrt{3} \times I \times L}{e \% \times E}$$

$$Sc = \frac{2\sqrt{3} \times 54.22 \times 60}{3 \times 440} = 8.53 \text{ mm}^2.$$

Se seleccionan 3 conductores cal. 6 AWG, THWN, con una capacidad de conducción de 95 Amp por fase en aire y una transversal de 13.3 mm² de sección transversal.

Corrección para conductores en una o dos capas sin separación entre ellos.

$$95.00 \times 0.75 = 71.25 \text{ Amp.}$$

Como dispositivo de protección para este alimentador se selecciona un interruptor termomagnético de 3 polos 70 Amp, marca HEF, con 25 KA simétricos de capacidad interruptiva.

Alimentador de tablero de distribución D-1 a motor No. 65.

$I_s = \text{LA CORRIENTE MAYOR POR EL \% DE NORMA.}$

$I_s = 750 \times \text{EL FACTOR DE CORRECCION.}$

$$I_s = 750 \times 1.5 = 937.5$$

CALCULO POR CAIDA DE TENSION:

$$L = 20 \text{ m.}$$

$$Sc = \frac{2\sqrt{3} \times I_s \times L}{e \% \times E}$$

$$Sc = \frac{2\sqrt{3} \times 937.5 \times 20}{3 \times 440} = 49.20 \text{ mm}^2.$$

Se seleccionan 9 conductores cal. 300 MCM, THWN, 75°C con una capacidad de conducción para 3 conductores por fase de 1335 Amp en aire y con una sección transversal de 456 mm².

Corrección para conductores colocados en una o dos capas en charola y sin separación entre ellos.

$$1335 \times 0.75 = 1001.25 \text{ Amp.}$$

Como dispositivo de protección para este alimentador se selecciona un interruptor electromagnético de 3 polos, 1400 Amp, 600 volts, con 70 KA simétricos de capacidad interruptiva.

Alimentador de tablero de distribución D-1 a motor No. 67.

$$I_s = 800 \times 1.25 = 1000 \text{ Amp.}$$

CALCULO POR CAIDA DE TENSION:

$$L = 40 \text{ m.}$$

$$S_c = \frac{2 \sqrt{3} \times 1000 \times 40}{3 \times 440} = 104.96 \text{ mm}^2.$$

Se seleccionan 9 conductores, cal. 300 MCM, THWN, 75°C, con una capacidad de conducción para 3 conductores por fase de 1335 Amp. en aire y una sección transversal de 456 mm².

Corrección para conductores colocados en una o dos capas en charola y sin ninguna separación.

$$1335 \times 0.75 = 1001.25 \text{ Amp.}$$

Como dispositivo de protección para este alimentador se selecciona un interruptor electromagnético de 3 polos 1400 Amp, 600 volts, con 70 KA simétricos de capacidad interruptiva.

NOTA: No se efectua el calculo para el alimentador del motor No. 66, ya que es idéntico al No. 67.

CORTO CIRCUITO.

Se define a todas las fallas o defectos provocados por un contacto entre un conductor y tierra ó cualquier pieza metálica unida a ella, o bien entre conductores y en la mayoría de los casos, en este contacto tiene lugar la formación de un arco eléctrico.

ORIGEN DE FALLAS.

- A) **Origen eléctrico.**- Mal diseño de las características eléctricas ó vejes.
- B) **Origen mecánico.**- Externas como piquetes mecánicos.
- C) **Origen atmosférico.**- Descargas eléctricas, contaminación, condiciones climatológicas.
- D) **Origen humano.**- Malas maniobras en los equipos (apertura de interruptores en forma inadecuada).

FALLAS ASIMÉTRICAS.

- 1.- Contacto entre un conductor y tierra.
- 2.- Contacto entre dos conductores.

FALLAS SIMÉTRICAS.

- 1.- Falla por contacto o ruptura de los tres conductores.

CONSECUENCIA:

CALENTAMIENTO EXCESIVO (conductores).
DAÑOS DE AISLAMIENTO (interruptor).
ESFUERZOS ELECTRODINAMICOS Arrollamiento de transformadores y en buses.
CAIDA DE TENSION.

PRESENTACION DE CANTIDADES EN POR UNIDAD.

Para efectos de análisis y calculo de sistemas eléctricos, se simplifica si todas las cantidades eléctricas (impedancia, voltaje, corrientes y potencias) se expresan como el cociente de la cantidad eléctrica dividida por una base o magnitud de referencia de la misma cantidad.

CAMBIO DE BASE:

En la mayoría de los aparatos eléctricos (generadores, transformadores, etc). Se proporciona el dato de la impedancia o de la reactancia del aparato en por unidad, en por ciento ó en ohms, que es la información de la placa. Esta impedancia de placa suele estar referida a una base de potencia igual a la capacidad en KVA., del equipo y a una base de voltaje igual al voltaje nominal del equipo.

CALCULO DE FALLAS DE CORTO CIRCUITO DE LAMINADORA DE ORIENTE S.A. DE C.V.

CALCULO DE FALLA A:

- Zr REACTANCIA CIA. SUMINISTRADORA.
Zt TRANSF. 400 KVA, 20-23 KV/440 - 254 V.
Zc ELECTRODUCTO 600 Amp de cobre.
Zi INTERRUPTOR 3 polos, 600 Amp.
x F - 1

CONTRIBUCION DE MOTORES.

- 1 a).- CONVERSION DE IMPEDANCIA A LA S.

$$\text{KVA base} = 10,000$$

- 1 b) REACTANCIA DE LA CIA. SUMINISTRADORA:

$$\text{KVA cc} = 100,000$$

$$X = \frac{\text{KVA base}}{\text{KVA regimen}} \times 100 = \frac{10,000}{100,000} = 10\%$$

- 1 c).- IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR DE 400 KVA; 3 FASES, 60 PLS.

$$20-23 \text{ KV/440} - 254 \text{ volts; } Z = 5.8 \%$$

$$Z_2 = \frac{\text{KVA base}}{\text{KVA}} \times Z_1 = \frac{10,000}{400} \times 5.8 = 145 \%$$

- 1 d).- IMPEDANCIA DEL ELECTRODUCTO DE BAJA IMPEDANCIA, 600 volts DE COBRE:

La mínima caída de tensión por cada 30.5 m (100') es una característica de las pocas pérdidas del electroducto SQUARE D.

En la mayoría de las instalaciones, el Electroducto alimentador FEED - IN es usado para llevar energía desde el secundario de transformadores a un tablero.

ELECTRODUCTO DE COBRE FEED-IN- 3 POLOS- 600 V.

Promedio de caída de tensión en volts de fase por 30.5 m (100') de longitud, en sistema trifásico a la capacidad nominal, con carga

trifásica balanceada al final de la trayectoria.
(ver tabla CLASE 5610)

$$X = \frac{m \times Z \text{ conductor.}}{30.5} \text{ ----- datos de tablas.}$$

$$X = \frac{5 \times 0.00156}{30.5} = 0.0002557 \text{ Ohms.}$$

$$X\% = \frac{X \times \text{KVA base}}{(KV)^2 \times 10}$$

$$X\% = \frac{0.0002557 \times 10,000}{(0.44)^2 \times 10} = \frac{2.557}{1.936} = 1.320 \%$$

$$R = \frac{m \times z}{30.5} = \frac{m \times 0.00204}{30.5} \text{ ---- datos de tablas.}$$

$$R = \frac{5 \times 0.00204}{30.5} = 0.0003344 \text{ Ohms.}$$

$$R\% = \frac{R \times \text{KVA base}}{(KV)^2 \times 10} = \frac{0.0003344 \times 10,000}{(0.44)^2 \times 10} = 1.727 \%$$

REACTANCIA DE INTERRUPTOR DE 3 POLOS, 600 Amp.

$$X = 0.00008 \text{ Ohms.}$$

$$X\% = \frac{X \times \text{KVA base}}{(KV)^2 \times 10} = \frac{0.00008 \times 10,000}{(0.44)^2 \times 10} = 0.413 \%$$

IMPEDANCIA TOTAL:

$X_T = \text{REACTANCIA CIA SUMINISTRADORA} + \text{IMPEDANCIA DEL ELECTRODUCTO} + \text{REACTANCIA DEL INTERRUPTOR.}$

$$X_T = 10.0 + 1.320 + 0.413 = 11.733 \%$$

$$R_T = 1.727 \%$$

$$Z_T = \sqrt{(X_T)^2 + (R_T)^2} + \text{IMPEDANCIA DE TRANSFORMADOR.}$$

$$Z_T = \sqrt{(11.733)^2 + (1.727)^2} + 145 = 154.8 \%$$

CORRIENTE SIMETRICA DE FALLA.

$$I_{cc} = \frac{\text{KVA base} + 100}{\sqrt{3} \times Z_T \% \times \text{KV}}$$

$$I_{cc} = \frac{10,000 \times 100}{\sqrt{3} \times 156.8 \times 0.44} = \frac{1,000,000}{119.99} = 8368.90 \text{ Amp simétricos.}$$

NOTA: Basada en una temperatura de conductor de 75°C y un ambiente de 25°C.
REACTANCIA X, OHM POR KM = Xa + Xd SE OBTIENE EN LA TABLA 10.

CONTRIBUCION DE MOTORES AL 100 %.

CORRIENTE SIMETRICA = 4 x CORRIENTE A PLENA CARGA.

$$= 4 \times 720.3 = 2881.2 \text{ Amp.}$$

1) CORRIENTE TOTAL DE CORTO CIRCUITO:

$I_{s.m.}$ = CORRIENTE SIMETRICA DE FALLA + CORRIENTE CONTRIBUCION DE MOTORES
AL 100 %.

$$I_{s.m} = 8368.90 + 2881.2 = 11.250.1 \text{ Amp.}$$

CALCULO DE FALLA 2:

Zr REACTANCIA CIA SUMINISTRADORA.

Zt TRANSFORMADOR 1000 KVA, 20-23 KV/440-254 V.

Zc ELECTRODUCTO 1700 Amp. DE COBRE.

Zi INTERRUPTOR DE 3 POLOS, 1400 Amp.

X F-2

CONTRIBUCIONES
DE MOTORES.

CONVERSION DE IMPEDANCIA A LA SIGUIENTE BASE:

$$\text{KVA base} = 10,000$$

REACTANCIA DE CIA SUMINISTRADORA:

$$X = \frac{\text{KVA base}}{\text{KVA regimen}} \times 100 = \frac{10,000}{100,000} \times 100 = 10 \%$$

IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR DE 1000 KVA; 20-23 KV/440-220 volts.

$$Z = 6.8 \%$$

$$Z = \frac{\text{KVA base}}{\text{KVA}_1}$$

$$Z = \frac{10,000}{1000} \times 6.8 = 68.2 \%$$

IMPEDANCIA DEL ELECTRO DE COBRE DE 1700 Amp CON UNA LONGITUD DE 5 m.

$$X = \frac{m \times Z}{30.5} \text{ -----dato de tablas.}$$

$$X = \frac{5 \times 0.00156}{30.5} = 0.0002557 \text{ Ohms.}$$

$$X_{\%} = \frac{X \times 1000}{(\text{KV})^2 \times 10}$$

$$X_{\%} = \frac{0.0002557 \times 1000}{(0.44)^2 \times 10} = \frac{2.557}{1.936} = 1.320 \%$$

$$R = \frac{m \times Z}{30.5}$$

$$R = \frac{5 \times 0.00069}{30.5} = 0.0001131 \text{ Ohms.}$$

$$R \% = \frac{R \times \text{KVA base}}{(\text{KV})^2 \times 10}$$

$$R \% = \frac{0.0001131 \times 10,000}{(0.44)^2 \times 10} = 0.584 \%$$

REACTANCIA DEL INTERRUPTOR DE 3 POLOS, 1400 Amp.

$$X = 0.00005 \text{ Ohms.}$$

$$X\% = \frac{X \times \text{KVA base}}{(\text{KV})^2 \times 10}$$

$$X\% = \frac{0.00005 \times 10,000}{(0.44)^2 \times 10} = 0.258 \%$$

IMPEDANCIA TOTAL:

X_T = REACTANCIA CIA SUMINISTRADA + IMPEDANCIA ELECTRO DE COBRE + REACTANCIA INTERRUPTOR.

$$X_T = 10.0 + 0.423 + 0.258 = 10.681 \%$$

$$R_T = 0.584 \%$$

$$Z_T = \sqrt{(X_T)^2 + (R_T)^2} + \text{IMPEDANCIA DEL TRANSF.}$$

$$Z_T = \sqrt{(10.681)^2 + (0.584)^2} + 68.2 = 78.89 \%$$

CORRIENTE SIMETRICA DE FALLA:

$$I_{cc} = \frac{\text{KVA base} + 100}{\sqrt{3} \times Z_T \times \text{KV}}$$

$$I_{cc} = \frac{10,000 + 100}{\sqrt{3} \times 78.89 \times 0.44} = \frac{1,000,000}{60.12} = 16633.4 \text{ Amp.}$$

CONTRIBUCION DE MOTORES AL 100 %.

$$\begin{aligned} \text{CORRIENTE SIMETRICA DE FALLA} &= 4 \times \text{CORRIENTE A PLENA CARGA.} \\ &= 4 \times 980 = 3920 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

CORRIENTE TOTAL DE CORTO CIRCUITO:

$$I_{s.m} = \text{CORRIENTE SIMETRICA DE FALLA} + \text{MOTORES CORRIENTE SIMETRICA DE FALLA.}$$

$$I_{s.m} = 16,633.26 + 3920 = 20,553.26 \text{ Amp.}$$

CALCULO DE FALLA 3:

Z_r REACTANCIA CIA SUMINISTRADORA.

Z_t TRANSF. 1000 KVA.

Z_c

Z_i

X F-3.

CONVERSION DE IMPEDANCIA A LA SIGUIENTE BASE:

$$\text{KVA base} = 100,000$$

REACTANCIA CIA SUMINISTRADORA:

$$\text{KVA}_{cc} = 10,000$$

$$X = \frac{\text{KVA base}}{\text{KVA r\u00e9gimen}} \times 100 = \frac{10,000}{100,000} = 10 \%$$

IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR DE 1000 KVA; 20-23 KV/440 - 254 volts.

$$Z = 5.75 \%$$

$$Z_2 = \frac{\text{KVA base}}{\text{KVA}} \times Z = \frac{10,000}{1000} \times 5.75 = 57.5 \%$$

IMPEDANCIA DEL ELECTRODUCTO DE COBRE DE 1700 Amp. CON UNA LONGITUD DE 3 m.

$$X = \frac{3 \times 0.0005}{30.5} = 0.0000491 \text{ Ohms.}$$

$$X \% = \frac{X \times \text{KVA base}}{(\text{KV})^2 \times 10}$$

$$X \% = \frac{0.0002557 \times 10,000}{(0.44)^2 \times 10} = \frac{2.557}{1.936} = 1.320 \%$$

$$R = \frac{m \times Z}{30.5} \quad \text{dato de tablas de electroducto.}$$

$$R = \frac{3 \times 0.00069}{30.5} = 0.0000676 \text{ Ohms.}$$

$$R\% = \frac{R \times \text{KVA base}}{(\text{KV})^2 \times 10}$$

$$R = \frac{0.0000676}{(0.44)^2 \times 10} = 0.350 \%$$

REACTANCIA DE INTERRUPTOR DE 3 POLOS, 1400 Amp.

$$X = 0.00004994$$

$$X\% = \frac{X \times 10,000}{(0.44)^2 \times 10} = 0.258 \%$$

IMPEDANCIA TOTAL:

$$X_T\% = 10.0 + 0.254 + 0.258 = 10.51 \%$$

$$R_T\% = 0.350 \%$$

$$Z_T = \sqrt{(10.51)^2 + (0.350)^2} + 57.5 = 68.0 \%$$

CORRIENTE SIMETRICA DE FALLA:

$$I_{cc} = \frac{\text{KVA base} \times 100}{\sqrt{3} \times Z_T\% \times \text{KV}}$$

$$I_{cc} = \frac{10,000 \times 100}{\sqrt{3} \times 68.01 \times 0.44} = \frac{1,000,000}{51.82} = 19,297.56 \text{ Amp simétricos.}$$

CONTRIBUCION DE MOTORES AL 100 %.

CORRIENTE SIMETRICA = 4 x CORRIENTE A PLENA CARGA.

$$= 4 \times 1087 = 4348 \text{ Amp.}$$

CORRIENTE TOTAL DE CORTO CIRCUITO:

$$I_{s,m} = 19,297.56 + 4348 = 23,645.56 \text{ Amp.}$$

**CALCULO DE LA RED DE TIERRAS DE
LAMINADORA DE ORIENTE S.A. DE C.V.**

SUBESTACION: 23 KV/440 -254 V.

POTENCIA DE CORTO CIRCUITO EN 23 KV = 100 MVA.

LAS TENSIONES DE PASO Y DE CHOQUE, NO EXCEDEN DE 120 V.

LA CORRIENTE MAXIMA DE FALLA A TIERRAS PARA UNA POTENCIA DE CORTO CIRCUITO DE 100 000 KVA, ES:

$$I = \frac{100,000}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{100,000}{\sqrt{3} (23)} = 2510.29 \text{ Amp.}$$

EL TIEMPO MAXIMO EN QUE INTERVIENE LA PROTECCION ES:

6 CICLOS A UNA FRECUENCIA DE 60 c.p.s.

$$\frac{6}{60} = 0.1 \text{ seg.}$$

LOS VALORES MAXIMOS PERMITIDOS PARA LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO ES DE 900 VOLTS.

SE TIENE UN SUELO DEL TIPO ARENOSO - SECO, CON UNA RESISTIVIDAD DE 20 OHMS/M.

EL AREA DE LA SUBESTACION ES: $8.5 \times 20 = 170 \text{ m}^2$.

EL PERIMETRO DE LA SUBESTACION ES DE:

$$8.5 + 8.5 + 20 + 20 = 57 \text{ m.}$$

LA SECCION DEL CABLE DE LA MALLA SERA:

$$S_c = \frac{I}{160} \text{ para conductores de cobre.}$$

$$S_c = \frac{2510.29}{160} = 15.68 \text{ mm}^2.$$

LA TENSION DE CONTACTO:

$$V_c = \frac{165 + 0.25 \rho}{\sqrt{t}}$$

$$V_c = \frac{165 + 0.25 (20)}{\sqrt{0.1}} = 537.58 \text{ 900 volts.}$$

LA POTENCIA TOTAL ENTRE TIERRAS ES:

$$R = \frac{2 \rho}{P} = \frac{2 \times 20}{57} = 0.701 \text{ Ohms.}$$

LA TENSION A TIERRA ES:

$$V_T = RI = 0.701 \times 2510.29 = 1.760 \text{ KV.}$$

$$R_T = \frac{61.17}{\sqrt{170}} = 4.69$$

$$R = \frac{35}{4.69} = 7.46$$

Se instalarán 8 electrodos artificiales COPERWELD de 16 mm de diámetro por 3.05 m. de longitud, interconectándose con cable de cobre desnudo suave cal. 4/0 AWG.

ARTICULO 302.1. APLICACION.

Esta sección trata de los conductores de mayor uso en instalaciones de utilización: sus requisitos se refieren principalmente a conductores aislados y establecen, en general, la forma en que éstos se designan, su capacidad de corriente, sus modos de uso y la forma en que deben estar marcados.

Estos requisitos no se aplican a los conductores que formen parte integrante de equipos tales como motores arrancadores y motores tipos similares.

302.2. Uso de conductores desnudos.

En instalaciones de utilización, pueden usarse conductores desnudos en los siguientes casos:

- A) Para conductor de puesta a tierra, dentro de la misma canalización de los conductores aislados de circuito o bien llevado en forma independiente.
- B) En líneas aéreas, en el exterior de edificios.

302.3 Uso de conductores aislados.

Los conductores que se empleen en instalaciones de utilización deben de estar aislados, de acuerdo con su tensión de servicio y condiciones de operación, excepto en los casos que se mencionan en el artículo 302.2 anterior.

302.4 Capacidad de corriente en conductores aislados.

La tabla 302.4 indica los valores de capacidad de corriente para conductores de cobre aislados, de acuerdo con el tipo de aislamiento y la forma de instalación. Los valores de ésta tabla deben corregirse, como se indica a continuación, por un mayor agrupamiento de los conductores o por un aumento en la temperatura ambiente.

- A) Factor de corrección por agrupamiento. La tabla 302.4 inciso A muestra los factores de corrección que deben aplicarse cuando el número de conductores alojados en una misma canalización o en un cable multiconductor, es mayor de 3.
- B) Factor de corrección por temperatura ambiente. La tabla 302.4 inciso B muestra los factores de corrección que deben aplicarse para condiciones de temperatura ambiente local o lugar en que se encuentren los conductores) de 31°C o mayor.

Continúa tabla 302.4

Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados (amperes)

Temperatura máxima del aislamiento.	110°C		125°C		200°C	
Tipos	AVA, AVL		AI, SA, AIA		A, AA, FEPB.	
Calibre AWG MM	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire
14	30	40	30	40	30	45
12	35	50	40	50	40	55
10	45	65	50	70	55	75
8	60	85	65	90	70	100
6	80	120	85	125	95	135
4	105	160	115	170	120	180
3	120	180	130	195	145	210
2	135	210	145	225	165	240
1	160	245	170	265	190	280
0	190	285	200	305	225	325
00	215	330	230	355	250	370
000	245	385	265	410	285	430
0000	275	445	310	475	340	510
250	315	495	335	530	—	—
300	345	555	360	590	—	—
350	390	610	420	655	—	—
400	420	665	450	710	—	—
500	470	765	500	815	—	—
600	525	855	545	910	—	—
700	560	940	600	1005	—	—
750	580	980	620	1045	—	—
800	600	1020	640	1085	—	—
900	—	—	—	—	—	—
1000	680	1165	730	1240	—	—

Nota. El conductor tipo THW debe considerarse para una temperatura de operación de 75°C en cualquier aplicación dentro de canalización o en línea abierta. Este conductor puede trabajar a una temperatura de 90°C en aplicaciones especiales tal como en alambrados interiores de luminarios con lámparas de descarga eléctrica.

Nota 1. Los valores de la Tabla 302.4 son aplicables cuando se tienen 3 conductores como máximo alojados en una canalización o en un cable multiconductor. Para un número mayor de conductores deben aplicarse los siguientes factores de corrección (excepto en casos específicos en que se indique lo contrario).

TABLA 302.4

CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS (AMPERES).

Temperatura máxima del aislamiento.	60°C.		75°C		85°C.		90°C.	
TIPOS.	THN, RW, T, TW, TND, MW.		RH, RW, RH TW, THN, IF, XHH.		PILC, V, MI.		TA, TBS, SA, AVB, SIS, FEP, THW, RHL, THN, MW, EP, XHH.	
Calibre AWG MCM	En tubería o cable	Al aire	En Tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire.
14	15	20	15	20	25	30	25	30
12	20	25	20	25	30	40	30	40
10	30	40	30	40	40	55	40	55
8	40	55	45	55	50	70	50	70
6	55	80	65	85	70	100	70	100
4	70	105	85	125	90	135	90	135
3	80	120	100	145	105	155	105	155
2	95	140	115	170	120	180	120	180
1	110	165	130	195	140	210	140	210
0	125	195	150	230	155	245	155	245
00	145	225	175	265	185	285	185	285
000	165	260	200	310	210	330	210	330
0000	195	300	230	360	235	385	235	385
250	215	340	255	405	270	425	270	425
300	240	385	285	445	300	480	300	480
350	260	310	310	505	325	530	325	530
400	280	335	335	545	360	575	360	575
500	320	380	380	620	405	660	405	660
600	355	420	420	690	455	740	455	740
700	385	460	460	755	490	815	490	815
750	400	475	475	785	500	845	500	845
800	410	490	490	815	515	880	515	880
900	435	520	520	870	555	940	555	940
1000	455	545	545	935	585	1000	585	1000

Los tipos EP y XHH pueden ser directamente enterrados. (Véase notas de esta tabla al final de la misma).

Tabla 302.a). Factores de corrección por agrupamiento.

Número de conductores Por el valor indicado en la
tabla 302.4.

4 a 6	80
7 a 24	70
25 a 42	60
Mas de 42	50

Cuando se instalen, conductores de sistemas diferentes dentro de una canalización, los factores de correccion por agrupamiento anteriores deben aplicarse solamente al número de conductores para fuerza y alumbrado.

En el caso de un conductor neutro que transporte solamente la corriente de desequilibrio de otros conductores, como en el caso de los circuitos normalmente equilibrados de tres o más conductores, no se debe afectar su capacidad de corriente por los factores indicados en la tabla.

Nota 2: Los valores de la tabla 302.4 deben corregirse para temperatura ambiente de local o del lugar en que se encuentren los conductores mayores de 30°C de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 302.4b.

Factor de correccion por temperatura ambiente.

Temperatura ambiente.	Temperatura máxima permisible en el aislamiento.							
	C	60	75	85	90	110	125	200
31 - 40	0.82	0.88	0.90	0.91	0.94	0.95	-	
41 - 45	0.71	0.82	0.85	0.87	0.90	0.92	-	
16 - 50	0.53	0.75	0.80	0.82	0.87	0.89	-	
51 - 55	0.44	0.67	0.74	0.76	0.83	0.85	-	
56 - 60	-	0.58	0.67	0.71	0.79	0.83	0.91	
61 - 70	-	0.35	0.52	0.58	0.71	0.76	0.87	
71 - 80	-	-	0.30	0.41	0.61	0.68	0.84	
81 - 90	-	-	-	-	0.50	0.61	0.80	
91 - 100	-	-	-	-	-	0.51	0.77	
101-120	-	-	-	-	-	-	0.69	
121-140	-	-	-	-	-	-	0.59	

Nota 3: Los valores de la columna "al aire" se refieren al caso de conductores instalados, o bien sobre charolas ventiladas. En la columna "en tubería o cable" se incluyen los demás métodos de instalación autorizados.

Nota 4: Cuando los conductores desnudos se usan como conductores de puesta a tierra y se encuentran instalados, sus capacidades de corriente deben limitarse a las permitidas para los conductores aislados del mismo calibre.

Nota 5: Cuando en un grupo de conductores se tengan aislamientos para temperaturas máximas diferentes, la temperatura límite del grupo debe determinarse por la menor de ellas.

TABLA 1-4
Resistencia electrica de conductores de cobre.

Calibre AWG MCM	Area de la seccion - transversal (mm)	Numero de hilos	Resistencia electrica C.D. 20 C (ohms/km)
A 18	0.823	-	21.0
L 16	1.308	-	13.2
A 14	2.08	-	8.27
M 12	3.31	-	5.22
B 10	5.26	-	3.28
R			
E			
18	0.823	7	21.3
16	1.308	7	13.42
14	2.08	7	8.45
12	3.31	7	5.32
C 10	5.26	7	3.35
A 8	8.37	7	2.10
B 6	13.30	7	1.322
L 4	21.15	7	0.830
E 2	33.6	7	0.523
S 1/0	53.5	19	0.329
2/0	67.4	19	0.261
3/0	85.0	19	0.207
4/0	107.2	19	0.164
250	126.7	37	0.139
300	152.0	37	0.1157
350	177.4	37	0.0991

400	202.7	37	0.0867
500	253.3	37	0.0695
600	304.1	61	0.0578
750	380.0	61	0.0463
1000	506.7	61	0.0348
1250	633.3	91	0.0278
1500	760.1	91	0.0232

NOTAS:

Los valores de esta tabla corresponden a alambres y cables de cobre suave o recocido, con trenzado concéntrico clase B en el caso de los cables, que son los conductores aislados de uso general en instalaciones eléctricas. Estos valores están tomados de la Norma NOM-J-10-1964 y J-12-1979.

Los valores de la tabla corresponden a los de resistencia eléctrica de corriente directa. La tabla 1.4a muestra los factores de corrección que pueden usarse para obtener los valores de resistencia eléctrica de corriente alterna, para los conductores considerados en la misma tabla.

TABLA CLASE 5610.

Capacidad de corriente.	R Resistencia en Ohms por 30.5 m. de fase a neutro.	X Reactancia en Ohms por 30.5 m de fase a neutro.
600 A	.00204	.00156
800 A	.00140	.00096
1000 A	.00108	.00084
1350 A	.00093	.00089
1600 A	.00069	.00050
2000 A	.00055	.00033
2500 A	.00048	.00030
3000 A	.00043	.00030

CAPITULO IV.

RELACION DE TRANSFORMACION Y POLARIDAD.

La relación de transformación se define como la relación de vueltas o de voltaje del primario al secundario o la relación de corriente del secundario al primario en los transformadores y se obtiene por la relación.

$$RT = (NP/NS) = (Vp/Vs) = (Ia/Ip)$$

Mediante la aplicación de ésta prueba es posible detectar corto circuito entre espiras, falsos contactos, circuitos abiertos, etc.

El aparato más común utilizado en esta prueba (T.T.R), que opera bajo el principio de que cuando dos transformadores que nominalmente tiene la misma relación de transformación y polaridad, y se excitan en paralelo, con una pequeña diferencia de potencial en relación de alguno de ellos, se produce una corriente circulante entre ambos relativamente grande.

Cuando la relación del transformador de referencia se ajusta de manera que no hay corriente en el circuito secundario (cero), se cumplen simultáneamente dos condiciones:

La relación de las tensiones de los dos transformadores son iguales y no hay carga en ninguno de los secundarios.

La relación de tensiones sin carga del transformador de referencia es conocida, por lo cuál también se conocen la relación de tensiones del transformador que se prueba y la relación del número de espiras.

El probador de la relación de transformación "T.T.R" es un analizador que está diseñado para determinar con exactitud la relación de vueltas, de los devanados de un transformador; ya sea de potencia, distribución o también autotransformadores; en los cuáles la relación de tensiones nominales de placa sea la misma que la relación real de vueltas.

Los núcleos de los transformadores deben de ser normales de hierro activo y deberán estar colocados en su lugar correspondiente. (Laminación apretada sin corrimientos o salientes).

La capacidad del T.T.R. para probar transformadores es de una relación máxima de 130, sin embargo utilizando equipo auxiliar, es posible medir transformadores que tengan una relación de hasta 330 en lectura directa.

PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.

La prueba de rigidez dieléctrica del aceite se realiza en la forma siguiente:

1.- Checar la calibración entre electrodos y ajustarse si es necesario, la calibración se realiza de acuerdo a las normas aplicadas, de acuerdo al tipo de electrodo, la celda y tiempos entre prueba y prueba y del número de pruebas.

2.- La muestra a probar se deberá de tomar de la válvula inferior del tanque (del transformador ó interruptor) ya que en la parte inferior es donde se acumulan las impurezas.

3.- Se deberá dejar reposar el aceite, hasta que parte desde cero hasta el valor del rompimiento.

4.- Se aplica el voltaje, que parte desde cero hasta el valor del rompimiento.

Al momento en que sucede el rompimiento la lectura de tensión máxima queda en el voltímetro la cuál se anotará en el reporte de pruebas.

5.- Posteriormente se agitará el aceite y se dejará reposar otro minuto de tal forma que desaparezcan las burbujas, es decir cuidar que no se formen burbujas.

6.- El valor final de la rigidez dieléctrica del aceite en kilovolts, será el promedio de las cinco lecturas efectuadas.

Las siguientes medidas se deben de tomar al realizar pruebas:

a) La válvula de muestreo debe estar limpia y seca al sacar la muestra de aceite; dejamos que salga un poco de aceite antes de la muestra para que salgan posibles residuos que pueden estar en el tubo de drenado.

b) No efectuar la prueba en ambiente húmedo o lluvioso, debido a que el aceite absorbe fácilmente humedad.

c) No secar la capa con estopa, debido a que quedan partículas que ayudan a que el arco ocurra con facilidad durante la prueba.

d) Es muy importante que una vez tomada la muestra en la probeta, no se toque el aceite con los dedos ni se hable teniendo ésta destapada y enfrente ya que es probable que el aceite se humedezca.

POLARIDAD.

Respecto a la polaridad, esta es importante, permitiendonos verificar el diagrama vectorial de los transformadores de potencia polifásicas. La prueba es de gran utilidad, cuando se presentan transformadores cuya placa se ha extraviado y en aquellos casos en el que se tengan algunas dudas en el devanado.

Cuando las terminales H_1 y X_1 quedan adyacentes vistos el transformador por el lado de baja tensión significa que la polaridad es sustractiva, si H_1 y X_1 quedan diagonalmente opuestas, la polaridad es aditiva.

Para verificar la polaridad mediante T.T.R. se colocan las caratulas en cero y se gira la manivela en cuarto de vueltas. Si la aguja del detector se desvía a la izquierda, la polaridad es sustractiva, si se desvía a la derecha la polaridad es aditiva, en caso de polaridad aditiva deberán intercambiarse las terminales H_1 y H_2 para conectar el probador a un transformador de polaridad sustractiva.

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

La medición de la resistencia de aislamiento sirve para tener una idea del estado en que se encuentran los aislamientos y con base en esto decir si están en condiciones se soportar los esfuerzos dieléctricos que se originan al aplicar tensiones en prueba o trabajo.

El obtener valores bajos indica en forma decisiva que el aislamiento sea deficiente (en su diseño ó aplicación). Si no que posiblemente hay suciedad ó humedad en los aislamientos.

La medición de la resistencia de aislamiento se efectúa por lo general con un aparato denominado "megger".

La resistencia de aislamiento a determinar en un transformador son: La resistencia que presenta el devanado con respecto a otro, y la que presenta un devanado con respecto al núcleo y con respecto al tanque, es decir la resistencia de aislamiento que se toma por:

ALTA TENSION Contra BAJA TENSION.

ALTA TENSION Contra BAJA TENSION + tanque a tierra.

ALTA TENSION + Tanque a tierra contra BAJA TENSION.

Conviene conectar siempre los voltajes del megger empleado, aplicando 1000 V, durante un minuto; en el devanado del transformador deberá dar un valor de:

En aceite: 0 Megahoms/KV a 20°C.

Sin aceite: 200 Megahoms/KV a 20°C.

(Fig. 4-a, 4-b y 4-c).

TANQUE A TIERRA.

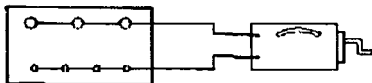
Hoy en día la conexión a tierra del equipo eléctrico de cualquier planta industrial, representa un factor de máxima importancia por los siguientes objetivos principales: a) La seguridad personal y del público.

Las condiciones de seguridad exigen conexión a tierra de el secundario de los transformadores. De modo que una persona toque o se aproxime a cualquier parte del equipo no puede recibir una descarga peligrosa.

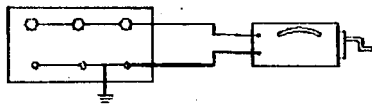
Por otro lado la corriente de falla que circula por el neutro de un transformador puede ser lo suficientemente considerable para causar perturbaciones serias al equipo si no esta debidamente conectado a tierra.

CONEXION SOLIDA A TIERRA.

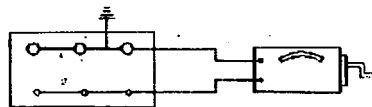
Esta conexión se efectúa del neutro del transformador al polo neutro de cualquier sistema, sin ningún dispositivo que contenga impedancia entre el neutro a tierra, es decir, la impedancia entre el sistema y tierra es sólo la propia del transformador, la conexión a tierra debe ser lo suficientemente efectiva como para producir entre las líneas y tierra corriente de por lo menos el 25% de la corriente de falla eléctrica.



Devanado de alto voltaje Vs. devanado de bajo voltaje



Alto voltaje Vs. bajo voltaje + tanque a tierra



Alto voltaje + tanque a tierra Vs. bajo voltaje

F E S C - U N A M		
<i>I M E</i>		
PRUEBAS AL TRANSFORMADOR		
ADDF: S/C	ESC: S/E	FECHA: jun/94
ELABORÓ: DANIEL LÓPEZ CORNEJO	LABOR: 4-d.b.c	

A continuación mostramos una tabla con las características principales de las normas ASTM - 877 y ASTM - 1816 en las cuáles se basa la norma nacional CONNIE - 881.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS NORMAS ASTM-1816; Y CONNIE 8.8.1.

NORMA	Forma y dimensión de electrodo.	Separación entre electrodos mm (pulgadas).	Elevación de tensión KV/SB3.	Reposo entre llenado y primera prueba.	Número de pruebas efectuadas.	Reposo entre prueba y prueba.
ASTM 877	Tipo disco de "A" de diámetro.	2.54 mm (0.099)	3KV±20%	3 minutos.	5	1 minuto.
ASTM 1816	Semi - esférico de 25 mm. radio.	2.04 mm (0.081) 1.02 mm (0.04)	0.5KV±20%	3 minutos.	6 la primera no cuenta.	1 minuto.

	TENSION DE RUPTURA ELECTRICA.	TEMPERATURA MAXIMA DE LA MUESTRA.
ASTM 877	30 kv minuto.	20°C. 6 68°F.
ASTM 1816	35 kv. 20 kv.	20°C. 6 60°F.

CONNIE 8.8.1. Contempla las dos normas anteriores.

Para éste método ASTM-877 de la tabla anterior se observa lo siguiente:

La copa de aceite del transformador no se debe llenar hasta un nivel no menor de 20 mm. Sobre la parte superior de los electrodos, con el objeto de permitir que escape aire, deberá dejarse reposar durante no menos de dos minutos y no más de tres antes de aplicar el voltaje; después se aplica gradualmente el voltaje a una velocidad aproximada de 3kv por segundo, hasta que se produzca el arco entre los discos, abriendo el interruptor, el operador lee el voltímetro y registra la lectura en kv.

a) Para pruebas de referencia, cuando se desea determinar la rigidez dieléctrica de un aceite nuevo o regenerado se debe efectuar una prueba de ruptura en cada una de las cinco copas llenadas sucesivamente.

Cada valor así obtenido deberá sujetarse al criterio estadístico indicado en el inciso (c). Si los cinco valores cumplen con ese criterio, se deberá promediar y el resultado se reportará como el valor de rigidez dieléctrica de la muestra. En caso de que no cumpla este criterio se efectuarán otras cinco pruebas de cinco llenados de copas diferentes y el promedio de las diez dieléctricas de la muestra. No se debe descartar ninguno de los valores de ruptura obtenidos.

b) Para pruebas de rutina. Se efectuará una prueba de ruptura en dos llenados diferentes, si ninguno de los dos valores es menor del valor mínimo aceptable. Fija de en kv, no se requerirán pruebas posteriores y el promedio de las dos lecturas se reportará como la rigidez dieléctrica de la muestra. Si cualquiera de los valores es menor que 26 kv, deberán efectuarse tres pruebas adicionales en tres llenados diferentes de la copa de prueba y analizar los resultados de acuerdo al inciso (a).

c) Durante los intervalos mencionados, así como en el momento de la aplicación de la tensión; el pulsor debe hacer circular el aceite.

El método ASTM-1816 es similar al ASTM-D-877 y sólo difiere en que los electrodos son semiesféricos en lugar de planos, separados 1.02 mm. y cuenta con un medio de agitación para proporcionar una circulación lenta del aceite.

Para obtener resultados sensiblemente iguales, es necesario que todas las pruebas se hagan a una misma temperatura debido a que ésta influye marcadamente sobre la rigidez dieléctrica, como lo muestra la figura 4-d.

REGENERACION O FILTRACION DE ACEITE.

Dentro de la secuencia de operaciones de mantenimiento reviste capital importancia el definir si el aceite esta en buenas condiciones para cumplir con su cometido dieléctrico y medio refrigerante.

Operación de muestreo y características principales de un buen aceite.

+ Utilizar un recipiente de vidrio ó metal a fin de recibir el aceite de muestra.

+ Límpiase el recipiente de vidrio ó metal a fin de recibir el aceite de muestra.

+ Límpiase el recipiente con tetracloruro de carbono y séquese de preferencia en hornos con temperatura de 105°C y por una hora, a fin de eliminar toda humedad de su atmósfera húmeda que afecta seriamente sus propiedades aislantes.

De preferencia la humedad relativa del ambiente no debe exceder el 75% y nunca se debe tomar muestras bajo la lluvia.

Abrase la válvula adecuada, a fin de que se limpie la válvula de cualquier impureza que haya adquirido con el tiempo, ésta válvula se encuentra situada en la parte inferior del tanque del transformador, pues ahí es donde se encuentra el aceite más contaminado.

La cantidad a muestrear debe ser de dos litros para contar con una cantidad suficiente para efectuar pruebas de rigidez dieléctrica, físicas y químicas.

Selle perfectamente el recipiente a fin de impedir su contaminación, antes de efectuar pruebas.

Características principales de un buen aceite.

Acidez 0.4 mg KOH/g de valor máximo.

Tensión interfacial 36 dinas de valor máximo.

Rigidez dieléctrica de 26 kv de valor máximo.

Factor de potencia a 25°C 0.1% de valor máximo.

En los aceites con valores diferentes a los anteriormente mencionados, se recomienda regeneración.

Para aceites en valores tales como:

Acidez igual ó mayor que 0.2 mg KOH/g.

Tensión interfacial, menor ó igual a 16 dinas/cm.

Rigidez dieléctrica, menor ó igual a 22 kv.

Contenido de humedad, igual ó mayor que 80 ppm.

Se recomienda sustitución.

El proceso de regeneración de aceite hay que efectuarlo en varios pasos de filtrado, centrifugado en una sóla unidad. Sin embargo, y por su alto costo, dificultad de transporte, se realiza la regeneración con un filtro prensa o un filtro centrifugo, dando éste equipo buen resultado si se siguen las siguientes instrucciones.

En la conexión del filtro centrifugo el transformador cuyo aceite se va filtrando y el sentido de circulación del aceite. es como el que se muestra en la figura 4-e.

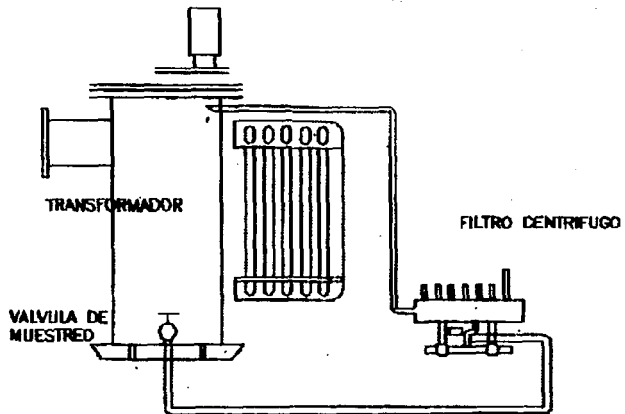
La carga de papel filtro para utilizar, debe ser previamente secado en horno de temperatura de 105°C y por un periodo de 8 horas, a fin de eliminar la humedad del papel y asegurar un secado efectivo del aceite.

El proceso de filtrado consistirá en pasar por el filtro prensa ó centrifugo tres veces la cantidad total del aceite del transformador.

Efectuando lo anterior, tomaremos una muestra de aceite y la analizaremos: si las condiciones del aceite no son adecuadas repetimos el proceso hasta obtener la regeneración del aceite.

En ningún caso es recomendable hacer éste proceso de filtrado estando energizado el transformador.

Si el transformador cuenta con un revelador Bucholz recordar que se debe purgar antes de ponerse en servicio.



FESC-UNAM		
I.M.E.		
PROCESO DE FILTRACION DE ACEITE		
PROF.: S/C	ENC.: S/E	FECHA: JUN/94
ELABORADO: DANIEL LOPEZ CORREA		LIMBO: 4-a

NIVEL DE ACEITE.

LLENADO FINAL DE ACEITE.

Cuando se lleva a cabo el llenado final de aceite de un transformador, se deberá tener el transformador bajo vacío por lo menos 12 horas antes y haber alcanzado un valor de por lo menos 500 micrones (0.5 mm hg).

Normalmente todos los transformadores de potencia soportan presiones de vacío, sin embargo, en equipo antiguo no se cuenta con esta calidad, por lo que se hace necesario asegurarse de que el equipo soporta presiones negativas.

Es recomendable introducir el aceite por la parte superior del tanque para tener que vencer la columna del propio aceite.

La figura 4-f, muestra en forma sencilla el llenado de transformador.

Se inicia el llenado en las condiciones de vacío anteriormente descritas y se llena hasta aproximadamente 10 cm., abajo de la tapa superior cuidando de cerrar la válvula de medidas de vacío antes de que el aceite sobrepase este punto. Cuando se llega al nivel deseado se para el funcionamiento del filtro y se cierran las válvulas correspondientes.

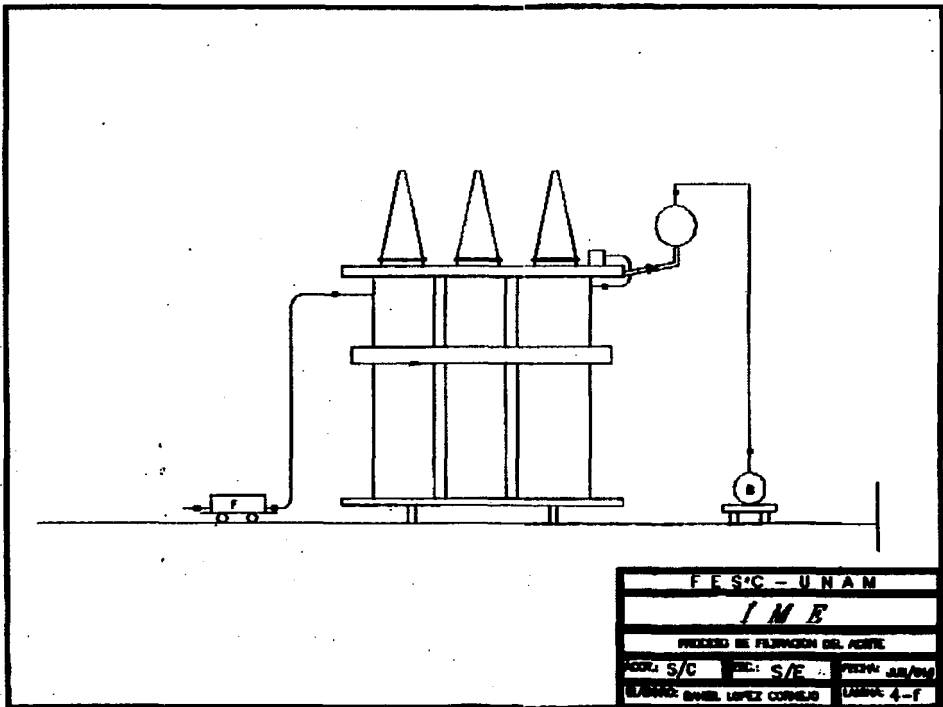
INTERRUPTOR.

PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE:

Los aceites se utilizan como aislantes refrigerantes en los interruptores.

La finalidad del aceite aislante utilizado en los interruptores es:

- a) Proveer de un aislante eléctrico adecuado.
- b) Conducir y disipar el calor generado en el equipo.
- c) Extinguir el arco eléctrico y arrastrar las partículas que se forman durante el mismo.
- d) Proteger los aislantes sólidos contra la humedad y el aire.



FES'C - UNAM		
IME		
PROCEDIMIENTO DE FILTRACION DEL ACEITE		
AGUI: S/C	RECI: S/E	PRIM: AN/DM
ELABOR: ENRIQ. LOPEZ CORNEJO	LABOR: 4-1	

El proceso de deterioro del aceite en interruptores de gran volúmen de aceite es algo diferente al de los transformadores, cuando hay una apertura del interruptor con carga se forma un arco a través del aceite, si éste contiene oxígeno, primeramente se formarán agua y bióxido de carbono. Cuando el suministro de oxígeno se agota, comienza a deformarse el hidrógeno y partículas de carbón.

El hidrógeno se disipa como gas, en tanto que la presencia de partículas de carbón contaminan el aceite mucho antes de que el deterioro por oxidación llegue a ser significativo.

El aceite aislante usado en interruptores debe poseer ciertas propiedades que deben mantenerse durante la operación para que cumpla con su múltiple función aislante. Como agente que transfiere calor al medio ambiente y extinguir el arco eléctrico deberá tener adecuada rigidez dieléctrica, que lo hagan soportar los esfuerzos dieléctricos impuestos durante su operación.

La vida del aceite aislante disminuye a causa de la descomposición que sufre durante su trabajo y que puede ser debida a la absorción de humedad, oxidación, acidez motivada por la acumulación de lodos, etc.

Una baja rigidez dieléctrica indica contaminación con agua, carbón o contaminantes extraños; aún cuando una alta rigidez dieléctrica necesariamente indicada que el aceite no contenga contaminantes.

La prueba de rigidez es una de las que se efectúan con mayor frecuencia, además debe ser de las más importantes. Esta prueba revela la resistencia momentánea de una muestra de aceite al paso de la corriente y la cantidad relativa de agua libre de suciedad o partículas conductoras presentes en la muestra.

Los principales factores que influyen, en el calculo de la rigidez dieléctrica en un aceite aislante son:

- 1.- Forma, tamaño y distancia de separación de los electrodos.
- 2.- Efecto del contenido de humedad y otras impurezas.
- 3.- Efecto del contenido de gases.

- 4.- Influencia de la temperatura.
- 5.- Influencia de la presión.
- 6.- Efecto de la frecuencia.
- 7.- Efecto del ritmo de elevación de la tensión.
- 8.- Efecto de las ondas de impulso.
- 9.- Efecto de la dispersión de los resultados.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.

La prueba dieléctrica del aceite se realiza en la forma siguiente:

- 1.- Checar la calibración entre electrodos y ajustarse si es necesario, la calibración depende de las normas aplicadas; del tipo de electrodos, la celda y tiempos entre prueba y del número de pruebas.
- 2.- La muestra del aceite a probar, se deberá tomar de la válvula inferior del tanque (interruptor), ya que en la parte inferior es donde se acumulan las impurezas.
- 3.- Se deberá dejar reposar el aceite, hasta que no contenga espuma ni burbujas de aire, por lo menos tres minutos.
- 4.- El siguiente paso es aplicar voltaje, que parte desde cero hasta el valor de rompimiento. En el instante en que sucede el rompimiento, la lectura de tensión máxima queda indicada en el volmetímetro, la cual se anotará en el reporte de pruebas.

CALIBRACION DE CONTACTOS.

Los interruptores de grandes capacidades con gran volumen de aceite originan una fuerte presión interna que en algunas ocasiones puede provocar explosiones; para disminuir estos riesgos se idearon dispositivos donde se forman las burbujas de gas, reduciendo las presiones a volumen menor. Estos dispositivos reciben el nombre de "cámara de extracción" y dentro de estas cámaras se extingue el arco. El procedimiento es el siguiente:

- 1.- Al ocurrir una falla se separan los contactos que se encuentran dentro de la cámara de extinción.
- 2.- Los gases que se producen tienden a escapar, pero como se hallan dentro de la cámara que contiene aceite, origina una violenta circulación de aceite que extingue el arco.
- 3.- Cuando el contacto móvil sale de la cámara el arco residual se acaba de extinguir, entrando nuevamente aceite frío a la cámara.
- 4.- Cuando los arcos se han extinguido, se cierran los elementos de admisión de la cámara.

Esto trae como consecuencia la calibración de los contactos por el desgaste y se realiza de la siguiente manera:

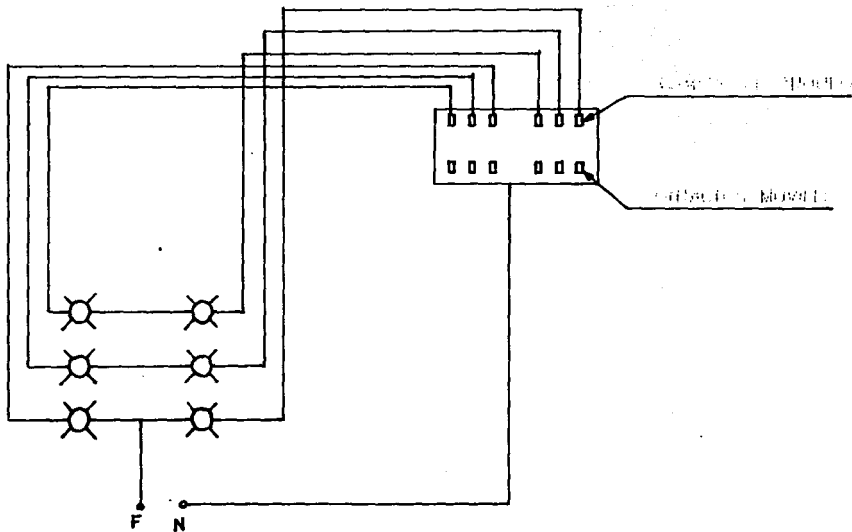
Cámara de arqueo: Estas son las que hacen contacto al cierre del interruptor juntando con los contactos móviles.

Para darles mantenimiento sólo se desarman completamente y se limpian, se lavan con gasolina blanca y luego con dieléctrica S.S.25.

Contactos móviles: Estos se redondean de tal forma que cierren perfectamente bien por el desgaste que han tenido al operar el interruptor.

Ajuste de los contactos: Para su ajuste se hace una sencilla prueba de campo, como no se puede ver cuando cierran (los contactos fijos con los móviles) se pone la siguiente prueba.

Se pone una tabla con focos, un foco para cada contacto y una fase se pone en los contactos y otra en la cámara de arranque. De ahí se van subiendo o bajando los contactos móviles de acuerdo como vayan encendiendo, los focos se van calibrando los contactos fijos ya que tienen rosca que puede subirse o bajarse de acuerdo a lo que requiera y así es como va calibrando cada uno hasta que todas las fases queden calibradas, en ese momento se prenden todos los focos en un sólo instante. Figura 4-g.



ELECTRICAL	
S. W. S.	
ELECTRICAL WORKS	
NO. 1	NO. 2
NO. 3	NO. 4

MECANISMO DE OPERACION APERTURA Y CIERRE DEL INTERRUPTOR.

Forma de operación:

Manual ó Automática.

Condición fundamental: Que su mecanismo se encuentre en buenas condiciones (transformador de corriente, bobinas de disparo y elementos mecánicos).

OPERACION DEL INTERRUPTOR:

- 1.- El transformador de corriente detecta la falla y envía la señal a la bobina de disparo.
- 2.- La bobina de disparo actúa sobre el trinquete del dispositivo mecánico.
- 3.- La flecha hexagonal es accionada por volante o sistema de palanca (operación manual) ó por la bobina de disparo (automático).
- 4.- Los resortes que se encuentran a presión en la parte superior del vástago lo accionan violentamente hacia abajo desconectando el circuito.
- 5.- La operación de cierre se efectúa en forma semejante, pero en sentido inverso.
- 6.- Los amortiguadores sirven para evitar que el contacto móvil sea rechazado al efectuar el cierre.

TIEMPOS DE APERTURA Y CIERRE DE INTERRUPTORES.

El objeto de esta prueba, es la determinación de los tiempos de operación de los interruptores de potencia en sus diferentes formas de maniobra, así como la verificación del sincronismo de sus propios polos o fases; estos resultados son importantes, puesto que nos permiten conocer el tiempo que tardan en realizarse las operaciones de cierre y apertura, para que de esta forma, poder verificar si dichos interruptores cumplen con las especificaciones solicitadas y las cuales generalmente se indican en los reportes de prueba y montaje proporcionados por los fabricantes.

TIEMPO DE APERTURA.

Es el tiempo medido desde el instante en que se energiza la bobina de disparo, hasta el instante en que los contactos de disparo se han separado en todos los polos.

TIEMPO DE CIERRE.

Es el intervalo de tiempo medido desde que se energiza la bobina de cierre, hasta el instante en que se tocan los contactos principales en todos los polos.

TIEMPO DE ARQUEO EN UN POLO.

Es el intervalo de tiempo entre el instante en que se inicia el primer arco y el instante de la extinción final del arco en todos los polos.

Estas pruebas son de primordial importancia, fundamentalmente en lo que se refiere a los tiempos de apertura, ya que es necesario que esta operación se realice en el menor tiempo posible, para que en condiciones de falla el circuito en cuestión sea aislado del sistema lo más rápido, de acuerdo con la operación de las protecciones.

En general en todos los interruptores de potencia, al aumentar la tensión nominal de trabajo se incrementa la capacidad interruptiva y en consecuencia se procura que se tengan tiempos de apertura y cierre mucho menores con relación a los tiempos que se utilizan con los interruptores de menor calidad.

Es importante analizar el tiempo empleado al efectuar el cierre de los interruptores, que en algunos casos estos interruptores tienen que formar parte de los sistemas de sincronización manual ó automática en tales casos también se requieren tiempos de cierre no muy grandes, para la coordinación de tiempos entre la orden de cierre y el cierre mismo del interruptor.

Así, en coordinación con las pruebas de los tiempos de cierre y apertura es necesario analizar si dichas funciones se realizan sin

sincronismo entre las fases. Una coordinación de asincronismo fuera de los límites establecidos por cada fabricante, origina daño en los interruptores; tanto en la apertura bajo condiciones de falla, como para el cierre, en donde sí existe asincronismo de operación entre las fases, esto origina que las protecciones propias del interruptor ordenen la desconexión inmediata del mismo, dicha operación se denomina "disparo por asincronismo de fases", la cuál además de ordenar la apertura del interruptor, también manda señal de alarma de alerta, para que de esta manera se ordene la revisión y corrección de las causas de dicha falla.

EQUIPO DE PRUEBA.

PARA LOS TIEMPOS DE APERTURA Y CIERRE DEL INTERRUPTOR.

Equipos principales de prueba:

- 1.- **El Milligraph.**- Consiste en 6 y 8 pistas para poder graficar simultáneamente el papel metálico.
- 2.- **El FAVA G.**- Que utiliza solamente 4 pistas con papel encuadrado.
- 3.- **El analizador TRI-A.**- Que utiliza 8 y 12 pistas simultáneamente graficando además de los tiempos de apertura y cierre el comportamiento y amortiguamiento de cada uno de los polos. Este equipo utiliza galvanómetro de tipo y papel foto sensible a la luz.

FAVA G" el equipo más utilizado, el cual es de operación electromecánica y esta diseñado para registrar los tiempos de operación de las tres fases y la operación de la bobina de cierre y apertura simultánea así como para registrar el sincronismo existente, entre los diferentes contactos de un mismo interruptor de alta tensión los cuales constan de varias cámaras interruptivas por polo, por mecanismos diferentes.

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A INTERRUPTORES.

Esta prueba es muy importante, sobre todo en interruptores de gran volumen de aceite.

En interruptores de gran volúmen de aceite se tienen elementos aislantes higroscópicos, como son el aceite, la barra de operación y algunos otros que intervienen en el soporte de las cámaras de arqueo; también la carbonización causada por las operaciones del interruptor ocasiona contaminación de estos elementos y por consiguiente una reducción en la resistencia de aislamiento.

Para realizar la prueba se debe liberar el interruptor completamente, asegurandose de que se encuentren abiertas las cuchillas seccionadas correspondientes y desconectar todas las terminales de boquillas, asegurarse de que el tanque del interruptor esté sólidamente aterrizado.

REGENERACION DE ACEITE EN INTERRUPTORES.

Dentro de la secuela de operaciones de mantenimiento reviste capital importancia el definir si el aceite está en buenas condiciones para cumplir con su cometido de dieléctrico y medio refrigerante.

A continuación damos a conocer un seguimiento para el muestreo del aceite, valores característicos del mismo y cómo lograr su regeneración.

Operación de muestreo y características principales de un buen aceite.

Utilizar un recipiente de vidrio ó metal a fin de recibir el aceite de muestra.

Límpiese el recipiente con tetracloruro de carbono y séquese de preferencia en hornos con temperatura de 105°C, por una hora, a fin de eliminar toda la humedad de su atmósfera húmeda y afectar sus propiedades aislantes.

De preferencia la humedad relativa del ambiente no debe exceder de 75% y nunca se debe tomar una muestra bajo la lluvia.

Abraze la válvula de muestreo, dejando escurrir una cantidad adecuada, a fin de que se limpie la válvula de cualquier impureza que haya adquirido con el tiempo, ésta válvula se encuentra situada en la

parte inferior del tanque del interruptor, pues ahí es donde se encuentra el aceite más contaminado.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE UN BUEN ACEITE.

- + Acidez 0.04 mg. KOH/g. de valor máximo.
- + Tensión interfacial 36 dinas de valor máximo.
- + Rigidez dieléctrica de 26 kv de valor máximo.
- + Factor de potencia a 25°C, 0.1% de valor máximo.

En aceite con valores diferentes a los arriba mencionados, se recomienda regeneración.

Para aceites con valores tales como:

- + Acidez igual ó mayor que 0.2 mg KOH/g.
- + Tensión interfacial menor ó igual a 16 dinas/cm.
- + Rigidez dieléctrica menor ó igual a 22 kv.
- + Contenido de humedad igual ó mayor que 80 ppm.

Se recomienda sustitución.

El proceso de regeneración de aceite hay que efectuarlo en varios pasos de filtrado, centrifugado y desgasificado y todo ello bajo un precalentamiento del aceite.

La realización de regeneración se realiza con un filtro prensa ó filtro centrifugo, dando éste equipo buen resultado si se siguen las siguientes instrucciones.

La carga de papel filtro para utilizar, debe ser previamente secado en horno a temperatura de 105°C y por un periodo de 8 horas, a fin de eliminar la humedad del papel y asegurar asegurar un secado efectivo del aceite.

El proceso de filtrado consistirá en pasar por el filtro prensa ó centrifugo tres veces, la cantidad total del aceite del interruptor. Efectuando lo anterior, tomaremos una muestra de aceite y la analizaremos: Si las condiciones del aceite son adecuadas, no se repetirá el proceso, pero si no son las adecuadas entonces se repetirá hasta obtener la regeneración del aceite.

En ningún caso es recomendable hacer éste proceso de refiltrado estando energizado el interruptor.

NIVEL DE ACEITE.

El interruptor se llena hasta su nivel normal y a una temperatura de 25°C antes de ponerlo en servicio, la aguja del instrumento ligeramente debe ó marcará arriba ó abajo del nivel de 25°C, según la temperatura del lugar de instalación.

Cuando el aparato entre en servicio, la temperatura del aceite aumentará y por supuesto aumentará su volumen; entonces la aguja indicará un nivel superior al inicial.

La expansión del aceite se calcula en fábrica y el instrumento la indicará adecuadamente, así como cuando haya bajado el nivel.

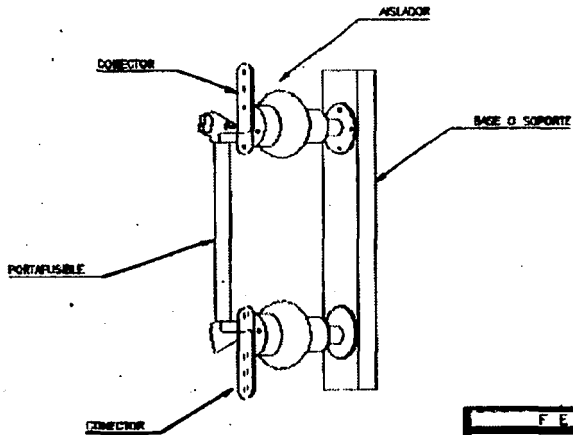
CORTA CIRCUITOS FUSIBLE.

Desde el punto de vista del reglamento de obras e instalaciones eléctricas los fusibles que operan con tensiones superiores a los 600 volts., son considerados como de alta tensión encontrándose dos formas o tipos para su aplicación en las redes de distribución ó áreas, una de estas formas es la que se denomina corta circuitos y la otra los fusibles de potencia.

Me refiero a el elemento fusible que es el que se usa en subestaciones eléctricas.

FUSIBLES DE POTENCIA.

Los fusibles de potencia constituyen otro de los elementos de protección contra sobre corrientes en las redes de distribución y su aplicación en cierto modo es semejante a la de los corta circuitos sólo que está más orientado hacia las subestaciones eléctricas convencionales (no tipo poste) pudiendose usar en interiores ó a la intemperie, está constituido por un soporte, una estructura del fusible y una unidad fusible. Figura 4-1.

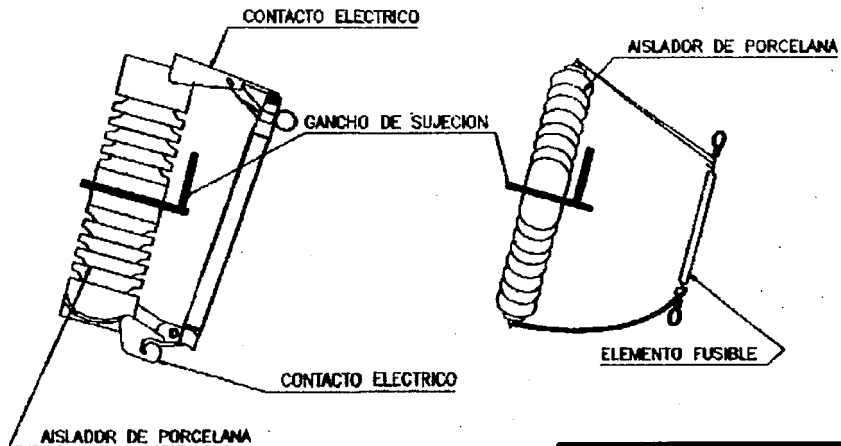


ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

F E S C - U N A M		
<i>I M E</i>		
ELEMENTOS PRINCIPALES DE UN FUSIBLE DE POTENCIA		
ADOL.: S/C	ENC.: S/E	FECHA: Jun/94
ELABOR.: DANIEL LOPEZ CORNEJO	LAMINA 4-1	

CORTACIRCUITO CON TUBO DE
FIBRA DE VIDRIO

ELEMENTO FUSIBLE ABIERTO



F E S C - U N A M

IME

ELEMENTO FUSIBLE ABIERTO

ACOR.: S/C

ERA.: S/E

FECHA: JUN/94

ELABOR.: DANIEL LOPEZ CORNEJO

LAMIN.: 4-3

Para la aplicación se requiere de la determinación de los llamados parámetros de selección que básicamente son los mismos que para los corta circuitos fusible y que básicamente son los siguientes:

- Tensión nominal.
- Tipo de conexión a tierra del sistema a que se conectará el fusible ó corta circuito.
- Relación X/R y valor máximo del corta circuito en el punto de su instalación.
- Corriente de carga.

La serie de valores de corrientes nominales preferidos para fusibles de potencia es:

0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 7.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0, 30.0, 40.0, 50.0, 65.0, 80.0, 100.0, 125.0, 150.0, 200.0, 250.0, 300.0, y 400.0.

En la tabla siguiente se dan algunos datos de valores de corriente de corto circuitos para corta circuitos de expulsión y elementos de fusible tipo T y K dados por las normas.

TENSION MAXIMA DE DISEÑO KV.	TIPO	CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN AMPERES SIMETRICOS.
5.2	Encerrado.	1600 - 12500
7.8	Encerrado.	1400 - 8000
7.8	Eslabón abierto.	7200
7.8/13.5	Abierto.	3600 - 12500
15	Eslabón abierto.	12000
15	Abierto.	2800 - 10000
15/26	Abierto.	2800 - 5600
18	Eslabón abierto.	750
27	Abierto.	1100 - 8000
38	Abierto.	1300 - 5000

FUSIBLES.

Como se sabe, en cualquier tipo de instalación eléctrica ya sea residencial, industrial ó comercial así como en las redes de distribución se requiere protección contra sobrecargas ó corto circuito, como una forma de hacerlo es instalando en el circuito un punto débil que responda a las condiciones de exceso de temperatura y esto constituye el principio de funcionamiento del fusible y cuya función en las instalaciones eléctricas es:

Abrir el circuito eléctrico el cuál se encuentra conectado cuando existe una sobre carga o corto circuito, protegiendo de esta manera a la instalación y al equipo mismo.

Proporcionar seguridad de funcionamiento al quedar instalado en el circuito eléctrico al cual va a proteger.

De acuerdo con estas funciones los elementos fusibles deben cumplir con los siguientes requerimientos de diseño.

Limitar los efectos de las sobrecorrientes en las instalaciones eléctricas a un mínimo grado.

En condiciones normales al no permitir sobre corrientes en las instalaciones, no permiten sobre calentamientos y consecuentemente prolongan la vida de la instalación.

Deben satisfacer las condiciones técnicas y económicas que lo justifiquen como elemento de protección.

Deben operar en periodos de tiempo relativamente cortos cuando se presenten las sobre corrientes.

Desde el punto de vista de la velocidad de fusión de un fusible que en realidad da una idea de la rapidez con que responde el elemento fusible a la magnitud de la sobrecorriente que se presente, se puede definir esta velocidad de fusión como la relación que existe entre la corriente mínima de fusión a 0.1 seg., y la corriente mínima de fusión a 300 ó 600 seg.

De acuerdo con esto los elementos (eslabones) fusible, se acostumbra clasificarlos como:

Elemento fusible T (lento).

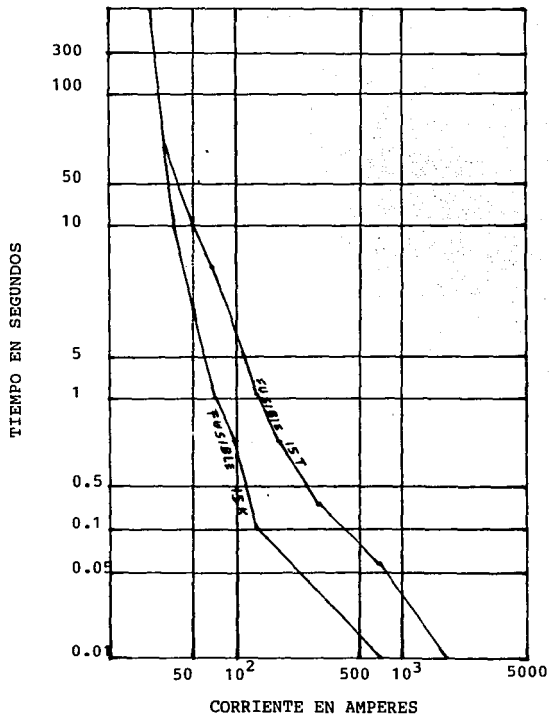
Las características que establecen la diferencia entre un tipo fusible y otro son su velocidad de fusión y su corriente nominal, los llamados eslabones fusibles lentos (T), son aquellos cuya velocidad de fusión se encuentra en el rango de 10 a 13 y su capacidad de conducción de corriente nominal va de 6 hasta 200 A en valor eficaz.

Elemento fusible K (rápido).

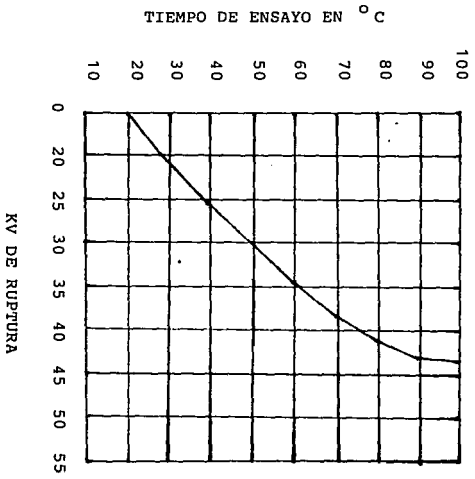
A estos elementos fusibles se les conoce como rápidos porque tienen una velocidad de fusión que va de 6 a 8.1 teniendo una capacidad de conducción de corriente nominal que está comprendida en el rango de 6 a 200 A en valor eficaz. El valor de corriente nominal de un fusible se refiere a valores de corriente eficaz expresada en amperes que conduce el fusible sin que se presente ninguna elevación de temperatura en alguna de las partes que los constituye. En la figura 4-j., se muestran las diferencias entre la respuesta de los fusibles tipo K y tipo T.

CORRIENTE DE FUSION PARA ELEMENTO FUSIBLE TIPO "K".

CORRIENTE NOMINAL DEL ELEMENTO FUSIBLE EN AMPERES.	CORRIENTE DE FUSION EN AMPERES.						RELACION DE VELOCIDAD.
	300 - 600 seg.		10 seg.		0.1 seg.		
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
6	12	14.4	13.5	20.5	72	86.0	6
10	19.5	23.4	22.5	34	128	154	6.6
15	31	37.2	37	55	215	258	6.9
25	50	60	60	90	350	420	7.0
40	80	96.0	98	146	565	680	7.1
65	128	153	159	237	918	1100	7.2
100	200	240	258	388	1520	1820	7.6
140	310	372	430	650	2470	2970	8.0
200	480	576	760	1150	3880	4650	8.1
8	15	18	18	27	97	116	6.5
12	25	30	29.5	44	166	199	6.6.
20	39	47	48	71	273	328	7.0
30	63	76	77.5	115	447	546	7.1
50	101	121	126	188	719	862	7.1
80	160	192	205	307	1180	1420	7.4
1	2	2.4	---	10	---	58	-
2	4	4.8	--	10	---	58	-
3	6	7.2	---	10	---	58	-



E I N O G R A M	
1 1 1	
LABORATORIO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE ENERGIA	
PAIS: S. P.	FECHA: 11/1/54
PROYECTO: 1000	TOMO: 1



E I E M	
/ /	
ELEMENS. PRINC. DE UN FUS. DE POT	
NUMERO	FECHA
TIPO	CANTIDAD
FOLIO 4-j	

La filosofía básica usada en la selección de fusibles de potencia en el lado de alto voltaje de los transformadores involucra varias consideraciones entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

a 1.- La capacidad de interrupción de los fusibles se encuentra arriba de la corriente de corto circuito.

a 2.- El transformador a plena carga (en condiciones normales) debe encontrar dentro de sus valores no nominales de sobre carga del transformador y también del fusible, así como dentro de la capacidad de sobre carga del tiempo corto del fusible.

3.- La coordinación de fusibles en los dispositivos de protección de bajo voltaje debe tomar en consideración el valor de la precarga, temperatura ambiente y factores de ajuste en los cierres.

Ya que estos factores pueden reducir el tiempo de fusión del fusible con relación a las curvas de tiempo corriente que proporciona el fabricante.

4.- Revisión de la llamada "relación de velocidad" de los fusibles con el objeto de obtener la máxima sensibilidad y suficiente tiempo de retardo para prevenir las corrientes magnetizantes inserción (inrush - cawent).

FACTOR DE POTENCIA APARTARRAYOS.

El objeto de esta prueba es describir en los apartarrayos, los defectos producidos por la contaminación en el explosor ó suciedad en los elementos autovalvulares, humedad, sales metálicas, así como corrosión en los explosores, porcelanas despostilladas o porosas, etc., a través de los valores de pérdida de mv.

Para efectuar la prueba es necesario librar completamente el apartarrayo, es decir, desconectarlo y limpiarlo perfectamente.

Algunos defectos más comunes en los apartarrayos cuando las pérdidas son más altas que lo normal son:

Contaminación por humedad, suciedad o polvo depositado dentro de la porcelana, o bien, una contaminación de la superficie exterior del

sello del explosor dentro de la porcelana, explosores corroídos, porcelana rota y depósito de sales de aluminio, aparentemente producidos por la interacción entre humedad y productos resultantes por efecto corona; dichas pérdidas pueden ser corregidas a valores normales con la limpieza de las superficies contaminadas.

Cualquier apartarrayos de las marcas más conocidas ya sea de estación o de línea, está constituido por explosores (gaps) o elementos de válvula, los cuales están alojados en una porcelana; de hecho cada unidad es un apartarrayos independiente. Todos emplean los elementos explosores en serie con resistencias en derivaciones para proteger los explosores y proporcionar voltajes uniformes. Los elementos de válvula utilizan materiales con características no lineales tales como sodios, carburos y silicios, de tal manera que reducen la resistencia eléctrica cuando el voltaje y la corriente aumentan.

El análisis de las pruebas de apartarrayos se basa normalmente en los valores de las pérdidas en MW.

Debido a la gran variedad de elementos en la construcción que presenta cada uno de los fabricantes se dificulta la normalización de los valores de aceptación.

No obstante lo anterior, se han podido analizar algunos resultados de las pruebas, obteniendo que los tipos de defectos más comunes en los apartarrayos cuando las pérdidas son más altas que lo normal son:

Contaminación por humedad, suciedad o polvo depositado dentro de la superficie exterior del sello del gap dentro de la porcelana, gaps corroídos, depósito de sales de aluminio aparentemente causadas por la interacción entre humedad y productos resultantes por efecto corona y porcelana quebrada.

Estas causas son las responsables del incremento más alto que lo normal en las pérdidas, las cuales pueden ser restauradas a valores normales con la limpieza de las superficies contaminadas.

Pérdidas más bajas que lo normal se han obtenido en los casos de unidades que tienen rotos los resistores shurt, así como en apartarrayos

cuyo circuito está desconectado, causado por ruptura de los elementos de preionización.

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

Esta prueba es para determinar mediante pruebas dieléctricas el posible deterioro o contaminación en apartarrayos de una sección en varias.

Se efectúan las pruebas en megger, éstas aunadas a otras pruebas dieléctricas nos darán elementos para determinar las condiciones de los apartarrayos en prueba.

ELEMENTOS MAS COMUNES DETECTADOS CON EL MEGGER.

- a).- Contaminación por humedad y/o suciedad en las superficies internas de la porcelana.
- b).- Entre hierros corroidos.
- c).- Depósito de sales de aluminio aparentemente causados por interacción entre la humedad y los productos resultantes de la corona.
- d).- Porcelana rota.

CRITERIO DE INTERPRETACION DE LAS PRUEBAS.

Los valores de resistencia de aislamiento en apartarrayos son variables y dependiendo de la marca y tipo, hay variación desde 500 a 50,000 Megahoms. Esto hace necesario la comparación entre apartarrayos de la misma marca, tipo y voltaje, cualquier desviación notoria en los valores será necesario efectuar una investigación.

Es importante hacer notar que para la comparación de los valores del megger, estos deben ser los resultados de prueba de las unidades individuales, aunque estas se encuentren agrupadas en varias secciones de un mismo apartarrayos.

PRUEBA DIELECTRICA.

Las pruebas dieléctricas consisten en la aplicación de una tensión de prueba establecida y por un tiempo especificado y son llevadas a cabo con el fin de verificar que los materiales aislantes los cuales han sido probados previamente para su voltaje de operación, cumplen con este valor así como verificar que los espaciamientos entre fases y distancias de apertura son los adecuados y de tal manera que brinden una operación satisfactoria y segura libre de descargas eléctricas hacia el soporte entre fases.

Las pruebas dieléctricas pueden efectuarse a cualquier temperatura existente en el lugar de la prueba y el apartarrayo ha probar debe ser nuevo y físicamente en buenas condiciones, además, la base del apartarrayo debe estar conectado a tierra o montado sobre una estructura metálica conectada a tierra.

CUCHILLAS DESCONECTORAS. TIPO ALDUTY.

MECANISMO DE OPERACION.

La cuchilla desconectadora es un elemento que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico.

Por lo general se operan sin carga, pero con algunos adimentos que pueden operar con carga, hasta ciertos límites.

Clasificación de las cuchillas desconectadoras.

Por su operación:

- A) Con carga (con tensión nominal).
- B) Sin carga (con tensión nominal)

Por su tipo de accionamiento:

MANUAL.

AUTOMATICA.

Por su forma de desconexión:

Existen varias, como por ejemplo:

- + Con tres aisladores, dos fijos y un giratorio al centro (horizontal).
- + Con dos aisladores (accionados con pertiga), operación vertical.

Por su forma en que se instalan reciben el nombre de:

Vertical ZCD.

Horizontal Standard.

Me refiero a la siguiente porque es la que tenemos en la subestación:

Cuchillas de operación horizontal con un aislador giratorio al centro, tipo intemperie para operación en grupo.

Voltaje nominal. 7.5, 15, 23, 34.5, 46, 69, 84 KV.

Corriente continuada. 600, 600, 600, 600, 600, 600, 600 Amp.

Frecuencia. 50 - 60 HZ.

Apertura. 90.

También se fabrican para los mismos voltajes y corrientes, de 1200 Amperes.

ALGUNAS RECOMENDACIONES PARA EL EMPLEO DE LOS DIFERENTES

TIPOS DE CUCHILLAS.

Cuchillas con tres aisladores, dos fijos y giratorio el del centro.

Estas cuchillas se emplean sobre todo en subestaciones tipo intemperie con corrientes elevadas y tensiones del orden de 34.5 KV. Son generalmente operadas en grupo, por mando desde el piso. No representan peligro para el operario, ya que es grande la separación entre polos.

ESPECIFICACIONES:

Los datos que se deben proporcionar para el pedido de cuchillas desconectoras son básicamente las siguientes:

- 1.- Tensión nominal de operación.
- 2.- Corriente nominal.
- 3.- Corriente de corto circuito simétrica.
- 4.- Corriente de corto circuito asimétrica.
- 5.- Tipo de montaje (horizontal ó vertical) y forma de mando.

ARRANQUE POR RESISTENCIA DE LOS MOTORES DE ANILLOS ROSANTES.

La resistencia o reactancia tienen una función de reductor de potencial, dicho empleo de resistencias, ó reactancias, intercaladas entre el motor y la línea, tiene algunas características muy especiales, principalmente si el motor es de ALTA POTENCIA.

Si se trata de una resistencia actua como un disipador de energía.

En el caso de una reactancia actua como un reductor de potencial.

El par se reduce con el cuadrado de la tensión útil como en un compensador, pero la corriente es tan grande en el motor como en la línea, de manera que en proporción se reduce mucho más el par que la corriente.

Sus ventajas son su costo menor y el hecho de que se puede conseguir una aceleración suave poniendo los contactos sucesivamente en corto circuito, de modo que el circuito del motor no queda abierto.

De las consideraciones anteriores se deduce que entre la resistencia y la reactancia hay diferentes características que producen diferentes resultados al combinarse con la corriente del motor, muy atrasada al arrancar y poco atrasada en marcha.

Como se señaló en el párrafo anterior en algunas instalaciones la resistencia o reactancia de arranque está dividida en varias fracciones que son alimentadas progresivamente del circuito por medio de contadores operados por un reloj. Al dar la orden de cerrar el circuito todas las fracciones están en serie, pero el motor no echa a andar por que la corriente es insuficiente. Uno o dos segundos después, es eliminada una de las fracciones, pero el motor aún no se mueve., otro instante después es eliminada la segunda fracción y el motor arranca y acelera con velocidad. Después de algunos segundos son eliminadas las fracciones restantes, hasta quedar el motor conectado directamente a la línea. Así de esta forma se hace insensible la variación de potencial que podría ser intolerable si de un golpe se

tomara de la línea la corriente de arranque necesaria. Especialmente si la regulación de potencial del sistema se obtiene por medio de reguladores de tipo rápido a los que se da tiempo de actuar y corregir la variación conforme van siendo eliminadas las fracciones de resistencia o reactancia.

Un caso del arranque por resistencia es el arranque de un motor trifásico de inducción con arrancador automático primario del tipo resistencia en el cual se siguen los pasos ya indicados como el circuito siguiente. (ver figuras 4-k).

En el circuito se ven los siguientes componentes:

M son los contactores de la línea de alimentación.

M_D es la bobina de retención de los contactores **M** y **M_a**

M_a los contactores de sello.

A son los contactores que ponen en corto circuito las resistencias reductoras del voltaje.

A_D es la bobina de retención de los contactos **A**.

TR son los contactos de tiempo diferido que, junto con la **M_D** constituyen un revelador de tiempo definido.

OL es el dispositivo de seguridad de sobrecorriente.

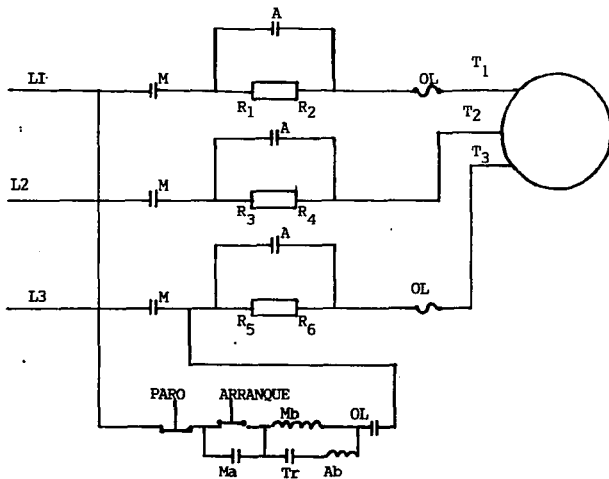
Los contactores **M**, **M_a**, **A** y **Tr** se abren cuando:

- a) Se oprime el botón de paro.
- b) Hay sobrecorriente.
- c) Hay bajo voltaje.

Las resistencias empleadas con los motores de anillos deslizantes para su arranque y para controlar su velocidad desarrollan a veces conexiones flojas o de alta resistencia que producen dificultades en el arranque o en el funcionamiento del motor. Se muestran a continuación.

AVERIAS EN LOS MOTORES DE LOS MOTORES DE ANILLOS DESLIZANTES.

Los motores con anillos deslizantes tienen devanados en el rotor del tipo de fase devanada, con el mismo número de polos que el devanado



ELECTRICAL			
1111			
APROBADO EN EL NOMBRE DEL SEÑOR DE LOS ANGELES			
CONSEJO DE INGENIEROS ELECTRICOS DE LOS ANGELES			
PROYECTO	FECHA	PLANO	NO. DE PLANO
REVISADO	FECHA	PLANO	NO. DE PLANO

des estator. Tanto si esos rotores son del tipo de devanado con alambre como con barras, están sujetos a las mismas averías que los devanados del estator. Las averías más comunes son defectos en el aislamiento, corto circuitos, tierras o masas, conexiones cortadas ó abiertas y conexiones flojas.

A veces se producen fallas en el aislamiento o las conexiones de los tres conductores que van desde el devanado del rotor a los anillos deslizantes, o en el mismo aislamiento de los propios anillos deslizantes.

La fuga de aceite de los cojinetes puede ser causa de la falla de aislamiento entre los anillos deslizantes y el eje ó entre los tres anillos deslizantes. Estos pueden dar lugar a que los anillos se aflojen o hagan masa con el eje, o se pongan en corto circuito unos con otros.

En algunos casos, puede corregirse ese defecto limpiando y sacando el aislamiento ó aumentándolo ligeramente para que los anillos se ajusten exactamente al eje y en otros casos, quizá sea necesario poner anillos aislantes nuevos debajo de los anillos deslizantes metálicos.

Las pequeñas quemaduras en el aislamiento producidas por una masa, ó tierra, o un corto circuito, pueden a menudo rasparse y taponarse con fibra ó compuesto aislante para hacer reparaciones provisionales o incluso para hacer reparaciones más ó menos permanentes.

Las quemaduras en la superficie del aislamiento pueden rasparse y limpiarse y después de sacar bien el aceite o la humedad, puede recubrirse el aislamiento con varias capas de goma laca para impedir que en el futuro penetre la humedad o el aceite y se conserven las cualidades aislantes.

El aceite dará lugar, a veces, a una acumulación de polvo y suciedad sobre las escobillas o los porta escobillas y puede hacer que los primeros se peguen a los segundos o que se produzca en los puntos de contacto de las escobillas una película de grasa y suciedad de una resistencia elevada.

En este caso, pueden limpiarse las escobillas sumergiéndolas en gasolina o recina y limpiándolas después bien. Los porta escobillas deben mantenerse bien apretados y en la posición correcta para impedir que las escobillas rocen sobre los bordes de los anillos y hagan falso contacto.

Los anillos deslizantes en que se observen ranuras o que se hayan desgastado mucho tendrán que tornearse o rectificarse para obtener de nuevo una superficie de contacto lisa y brillante.

AVERIAS EN LAS RESISTENCIAS SECUNDARIAS.

Las resistencias empleadas en los motores de anillos deslizantes para su arranque y para controlar su velocidad desarrollan, a veces, conexiones flojas o de alta resistencia que producen dificultades en el arranque o en el funcionamiento del motor.

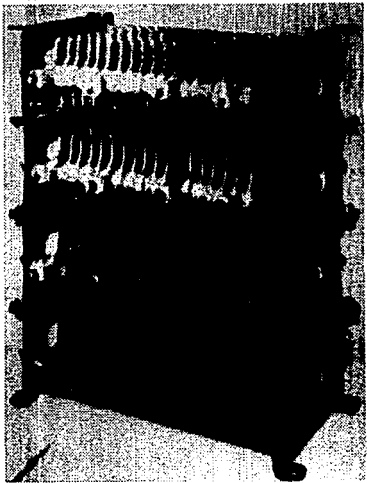
Una conexión floja o de elevada resistencia en una fase de una resistencia impedirá que pase por esa fase del motor de la máquina la intensidad adecuada de corriente y reducirá considerablemente el par de arranque y de marcha del motor.

En esos reóstatos suelen emplearse rejillas de fundición como resistencias y la fragilidad. (Figura 4-L).

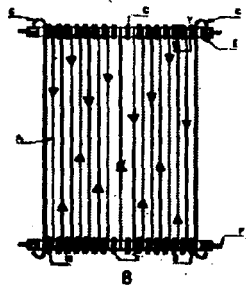
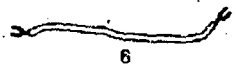
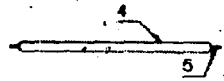
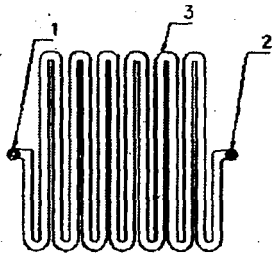
PORTA CARBONES O ESCOBILLAS EN BUEN ESTADO.

Ya que influyen en la resistencia de las escobillas y la resistencia de contacto de las escobillas para un buen funcionamiento del motor por lo siguiente:

La resistencia de las escobillas es la resistencia de la escobilla misma y, evidentemente, varía con el tamaño y la forma de la escobilla, en la misma forma que la resistencia de cualquier conductor. La resistencia de contacto de las escobillas es la resistencia que existe en el plano de contacto entre las escobillas y el segmento. La caída de tensión debida a los efectos combinados de la resistencia de las escobillas y de la resistencia de contacto de las escobillas puede



1150 PHAM		
1111		
INVENTORY OF THE PROPERTY OF THE		
DATE	BY	FOR
11/11/11	J. M. P.	11/11/11
PROPERTY OF THE		11/11/11



FESC - UNAM		
<i>I M E</i>		
<small>INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS Y TECNOLOGIA</small>		
<small>CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS</small>		
ACOR.: S/C	DOC.: S/E	FECHA: JUN/84
ELABORO: DANIEL LOPEZ CORNEJO		LAMINA: 4-B

ser de 1 a 2 volts en las máquinas corrientes con carga normal.

Ejemplo: La experiencia indica que la resistencia de las escobillas y la resistencia de contacto de las escobillas combinadas variarán de 1.2 a 2.5 ohms por centímetro cuadrado de cada superficie de contacto de las escobillas. La resistencia varía con la densidad de la corriente que fluye por la escobilla y el contacto y con la velocidad periférica del colector.

RODAMIENTOS.

CHUMACERAS.

Las chumaceras de la mayoría de las máquinas modernas son del tipo de anillo de lubricación. Las chumaceras de material especial denominado babbitt es para motores grandes.

Las chumaceras que se utilizan son las chumaceras de manguito, este diseño de chumacera se ofrece en construcción bipartida, en atención a la ventaja que se tiene en esta construcción y que permite la inspección y el recambio sin que sea necesario desacoplar el motor de la máquina accionada.

Diseñados también para una larga vida, incluyen un anillo elevador de aceite hacia las partes internas del motor. Se dispone además de una mirilla para la inspección del anillo elevador de aceite, así como indicadores de nivel de aceite.

METAL BABBITT.

En la elaboración de los Metales Babbitt fundamentalmente se emplean plomo y estaño aleados con relativamente pequeñas cantidades de: antimonio, cobre, arsénico, níquel, cromo, titanio, paladio, calcio, aluminio y plata.

De la proporción en que se alean dichos elementos dependen las características físicas que tiene el Metal Babbitt, obteniéndose los mejores, si la proporción es adecuada.

La industria necesita actualmente metales elaborados con técnica moderna, para que tengan las mejores características físicas y el menor precio.

El Metal Babbitt STANNUM 5, de características físicas muy superiores a los que designan XXXX (un simple nombre) y han logrado mejorar las aleaciones al obtener en ella estructura cristalina de super redes que las hace cien por ciento homogéneas.

Las características físicas de STANNUM 5 son:

Densidad 9.94496 gms/cm³.

Temperatura de fusión 248°C.

Temperatura de licuefacción	281°C.	20°C.	100°C.
Límite elástico aparente		570	330 kg/cm ² .
Ultimo esfuerzo a la comprensión		784.1	708.6 kg/cm ² .
Dureza Brinell		11.95	
Temperatura de vaciado	350°C.		

El STANNUM 5 permite una mayor temperatura de trabajo y un descuido en la vigilancia de la lubricación se hace menos crítico, precisamente por permitir una más alta temperatura de operación en el aceite lubricante.

El STANNUM 5 permite una más alta velocidad de operación como consecuencia de su homogeneidad y cristalización de super redes.

Debe fundirse en crisoles o cucharones bien limpios, hasta alcanzar la temperatura de vaciado de 350°C y deberá vaciarse a chorros continuo, hasta llenar la chumacera; interrumpir su vaciado o hacer varios vaciados no se recomienda.

CONCLUSIONES.

En la industria de la laminación es de suma importancia concientizar a las nuevas generaciones de que una mayor producción va a depender del mantenimiento preventivo que se le da al equipo.

Es por ello que en la presente detectamos, que los puntos más sobresalientes en que consiste éste mantenimiento preventivo, son el cuidado primordial a los transformadores, los cuales nos alimentan de corriente eléctrica para el manejo total del equipo de la planta; de igual forma los motores de inducción que mueven a los dos molinos de laminación se deben de encontrar en condiciones favorables de trabajo y así evitar fallas que reduzcan la producción en forma notoria.

Tomando en cuenta estas consideraciones, lograremos una producción constante a un menor costo invertido en la reparación de posibles fallas que puedan surgir en la jornada de trabajo.

BIBLIOGRAFIA.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SUBESTACIONES.

111- 26
003 - 90

SUBESTACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES.

111 - 26
009 - 80

MANTENIMIENTO A MOTORES DE INDUCCION DE 350 a 600 HP Y TENSIONES INTERMEDIAS.

111 - 26
002 - 86

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION Y DISEÑO DE UN TIPO COLUMNNA.

111 - 26
003 - 82

PROYECTO DE AMPLIACION DE SUBESTACION ELECTRICA INDUSTRIAL.

111 - 26
008 - 80

FUESTA EN SERVICIO DE UNA SUBESTACION INTERCONEXION DE LA RED DE ALTA TENSION DE 230 KV.

111 - 26
012 - 88

PRUEBAS AL EQUIPO ELECTRICO NECESARIAS PARA EL MONTAJE DE SUBESTACION DE DISTRIBUCION.

111 - 26
039 - 84.

PRUEBAS DE IMPULSO A TRANSFORMADORES.

111 - 26
004 - 84.

MAQUINAS DE C.A.

MICHAEL LIWSCHITZ - GARIK

CLY C. WHIPPLE.

CECSA.

TK2712

1515

CUR 102761.

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES.

PEDRO CAMARENA M.

TK 3271

C33

1979

CST/I.1818.

FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE UN MOTOR ELECTRICO DE INDUCCION
44/85.

MAQUINAS ELECTRICAS Y TRANSFORMADORES.

KOSOW

TK 2181

K66

93252

LAMINACION.

TRADUCCION DEL ING. RODRIGUEZ GAMAZO.

COMPENDIO DE LAMINACION.

DIRECTORIO Y GERENTE GENERAL DEL PRESIDENTE DE ELAW - KNOW COMPANY
PITTSBURGH, PA.