



Reporte Final de Estadía

Moserrath Díaz Figueroa

Procedimiento de actividades de
mantenimiento y reparación de
transformadores de taller eléctrico de
unidad de negocio Veracruz



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo

Ingeniería en mantenimiento industrial.

Reporte para obtener título de ingeniero en mantenimiento industrial.

Proyecto de estadía realizado en la empresa
Comisión federal de electricidad área distribución.

Nombre del proyecto

“Procedimiento de actividades de mantenimiento y reparación de transformadores de taller eléctrico de unidad de negocio Veracruz.”

Presenta

Monserrath Díaz Figueroa.

Cuitláhuac, Ver., a 10 Abril de 2017.



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo

Ingeniería En Mantenimiento Industrial

Nombre del Asesor Industrial

Miguel Ángel Fernández Morales

Nombre del Asesor Académico

Víctor Iván Domínguez

Jefe de Carrera

Gonzalo Malagón Gonzales

Nombre del Alumno

Monserath Díaz Figueroa

DEDICATORIA.

Agradezco a Dios por haberme brindado la oportunidad de seguir estudiando, por guiarme en mi trabajo, por darme la comprensión y el entendimiento para lograr mis metas profesionales y valentía para no bajar guardia día con día.

Le agradezco a mi familia por el apoyo necesario e incondicional que me han brindado a lo largo de este proceso de formación.

Gracias a todos mis maestros, amigos, por el apoyo que me brindaron en los momentos más necesarios de mi carrera profesional.

Gracias a cada uno de los ingenieros (docentes) que son base fundamental de mi formación adquirida en mi carrera profesional.

RESUMEN.

El presente formato pretende ser una guía para el mantenimiento de transformadores, dentro de este formato se realizan diferentes procedimientos y procesos de medición para reiterar si el transformador se le podrá hacer su mantenimiento y/o reparación o el transformador se determina como no competente, al no pasar las pruebas de aislamiento, pruebas de color, humedad, rigidez dieléctrica, tensión y gravedad, la empresa de distribución Comisión Federal de Electricidad (CEF) carece de una falta de organización al realizar las actividades de mantenimiento, como también desconocer cuales son los puntos para la determinación del aislamiento, en el manual se mostrara el conocimiento para establecer el mantenimiento en pasos avilés que el operador o usuario podrá utilizar y realizar a lo largo de este proceso, se utilizó como referencia 3 transformadores de electricidad y se comprobó la viabilidad del manual, no se recomienda este manual para transformadores que rebasen la capacidad en cuestión, como también algunas marcas que la bobina la lleva sellada en la tapa, puesto que el desarmado es distinto, se recomienda antes de hacer las actividades, contar con tu equipo de seguridad dentro del taller como también al hacer el procedimiento de mantenimiento.

Las actividades que se realizaron para lograr este manual fueron en taller y subestaciones fuera de la empresa de distribución, se llevaba un control de registros de transformador dentro del estado de Veracruz, al hacer el mantenimiento a transformadores se logró recaudar información y evidencia para el manual de mantenimiento que muestra el Mantto diario, semanal y mensual de un transformador tomando como referencia un transformador de distribución entre otros, de 15KVA, 150KVA, 300KVA etc. como también los más comunes que son los YT a los que se les llama rurales por su capacidad.

Contenido

DEDICATORIA.....	1
RESUMEN.	2
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Estado del arte	5
1.2 Planteamiento del Problema	6
1.3 Objetivo.....	6
1.4 Definición de variables.....	6
1.5 Hipótesis	7
1.6 Justificación del Proyecto.....	7
1.7 Limitaciones y Alcances	7
1.8 La Empresa Comisión Federal de Electricidad (CFE).....	8
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	13
2.1 ¿Qué es un transformador y su funcionamiento? (Arturo Tronco , 2018).....	13
2.2 Tipos de transformadores y su capacidad. (concha).....	14
2.3 Bobina y transformador. (robles, 2008).....	20
2.4 Fórmulas para cálculo de voltajes con número de vueltas y corriente.	22
2.5 Norma oficial mexicana NOM-002-SEDE/ENER-2014, requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución. (federacion, 2014).....	24
2.6 norma oficial mexicana nom-002-sede/ener-2014, requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución.....	27
2.7 Factores que afectan al deterioro del sistema de aislamiento de un transformador aislado en aceite. (republica, 2006).....	35
2.8 Mantenimiento del transformador.	37
2.9 ¿QUE SON LOS PCB's? (dieléctrica.).....	38
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO	46
3.1 Tabla de manual de mantenimiento y reparación de transformadores, 150kva marca YT.....	46
3.2 Tabla de manual Prueba de resistencia de aislamiento a un transformador de distribución.....	48
3.3 Tabla de manual de Prueba dieléctrica para aceite con Los PCB's (Bifenilos Policlorados).....	50
3.4 Tabla de manual de Mantenimiento semanal-mensual a un transformador de potencia.....	51

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	53
4.1 Resultados.....	53
4.1.1 Gráfica y tabla de determinación.....	53
4.2 Trabajos Futuros.....	55
4.3 Recomendaciones	55
ANEXOS	56
Bibliografía	59

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Estado del arte

Manuales (manuales diaelectricos, 2014)

Según el informe de dieléctrica en un manual de procedimientos es un instrumento administrativo que apoya el quehacer cotidiano de las diferentes áreas de una empresa. En los manuales de procedimientos son consignados, metódicamente tanto las acciones como las operaciones que deben seguirse para llevar a cabo las funciones generales de la empresa. Además, con los manuales puede hacerse un seguimiento adecuado y secuencial de las actividades anteriormente programadas en orden lógico y en un tiempo definido. Los procedimientos, en cambio, son una sucesión cronológica y secuencial de un conjunto de labores concatenadas que constituyen la manera de efectuar un trabajo dentro de un ámbito predeterminado de aplicación.

Control de temperatura (Copyright, 2007)

Según ABB el dispositivo controlador de temperatura se instala en los transformadores para obtener datos reales en el tiempo sobre la temperatura de las bobinas. Es muy importante conocer estos valores para poder asegurar que el transformador está funcionando a un nivel adecuado, y así evitar que el aislamiento no se dañe.

1.2 Planteamiento del Problema

En la empresa de Comisión Federal de Electricidad CFE en el área de Mantto no se cuenta con un documento que muestre el procedimiento y desarrollo de un mantenimiento a un transformador, como también no se tienen claras los pasos al realizar el trabajo de mantenimiento a transformadores en los talleres de mantenimiento y reparación del estado de Veracruz, los técnicos nuevos sugieren un manual de mantenimiento y reparación para ahorrar tiempos y tener un mejor manejo de la maniobra, se desconoce como en realidad se hace correctamente una prueba de aislamiento como también al aceite.

1.3 Objetivo.

Se propone un manual de mantenimiento en trasformadores como también un manual a pruebas de medición para la implementación del mismo, que el usuario tenga el conocimiento para hacer la maniobra con estrategia para el ahorro de tiempos como también hacer correctamente un mantenimiento y reparación de un transformador.

1.4 Definición de variables

- Desarmado completo de un transformador y conocimiento teórico para el conocimiento del mismo.
- Realizar pruebas de aislamiento y PCB's a transformador y tomar nota de cada paso para evidenciar posteriormente.
- Visualizar que transformador es el más factible para la referencia del manual de actividades.

- Mantenimiento y reparación a transformadores para la readaptación de su manual general.

1.5 Hipótesis

En la presente tesis hace referencia del estudio de un manual de mantenimiento y reparación de transformadores teniendo en cuenta que el taller eléctrico carece de organización para seguir el mantenimiento y reparación, se realiza un manual para un procedimiento más claro estratégico.

1.6 Justificación del Proyecto

Las razones por las cuales este proyecto se eligió es por el impacto que tendrá en la empresa de distribución en los talleres del estado de Veracruz, ya que no se cuenta con manuales en los talleres del estado, se tiene confianza de que este manual es un formato que el usuario o el técnico podrá utilizar sin ningún problema y tendrá el conocimiento.

1.7 Limitaciones y Alcances

Este manual aplica a transformadores desde 10 KVA a 1200 KVA no es aplicable para transformadores con más capacidad puesto que su relación es diferente como también a transformadores que tienen sellado la bobina en la tapadera de la carcasa puesto que no es el mismo desarmado.

1.8 La Empresa Comisión Federal de Electricidad (CFE).

La generación de energía eléctrica inició en México a fines del siglo XIX. La primera planta generadora que se instaló en el país (1879) estuvo en León, Guanajuato, y era utilizada por la fábrica textil "La Americana". Casi inmediatamente se extendió esta forma de generar electricidad dentro de la producción minera y escasamente para la iluminación residencial y pública.

En 1889 operaba la primera planta hidroeléctrica en Batopilas (Chihuahua) y extendió sus redes de distribución hacia mercados urbanos y comerciales donde la población era de mayor capacidad económica.

Durante el régimen de Porfirio Díaz se otorgó al sector eléctrico el carácter de servicio público, colocándose las primeras 40 lámparas "de arco" en la Plaza de la Constitución, cien más en la Alameda Central y comenzó la iluminación de la entonces calle de Reforma y de algunas otras vías de la Ciudad de México.

En 1937 México tenía 18.3 millones de habitantes, de los cuales únicamente siete millones contaban con electricidad, proporcionada con serias dificultades por tres empresas privadas.

Estas empresas eran The Mexican Light and Power Company, con el primer gran proyecto hidroeléctrico: la planta Necaxa, en Puebla. Las tres compañías eléctricas tenían las concesiones e instalaciones de la mayor parte de las pequeñas plantas que sólo funcionaban en sus regiones. En ese momento las interrupciones de luz eran constantes y las tarifas muy elevadas.

Para resolver esa situación que no permitía el desarrollo del país, el gobierno federal creó, el 14 de agosto de 1937, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que tendría por objeto organizar y dirigir un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, basado en principios técnicos y económicos, sin propósitos de lucro y con la finalidad de obtener con un costo mínimo, el mayor rendimiento posible en beneficio de los intereses generales. (Ley promulgada en la Ciudad de Mérida, Yucatán el 14 de agosto de 1937 y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de agosto de 1937).

El primer gran proyecto hidroeléctrico se inició en 1938 con la construcción de los canales, caminos y carreteras de lo que después se convirtió en el Sistema Hidroeléctrico Ixtapantongo, en el Estado de México, que posteriormente fue nombrado Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán.

En 1938 CFE tenía apenas una capacidad de 64 kW, misma que, en ocho años, aumentó hasta alcanzar 45,594 kW. Hacia 1960 la CFE aportaba ya el 54% de los 2,308 MW de capacidad instalada, la empresa Mexican Light el 25%, la American and Foreign el 12%, y el resto de las compañías 9%.

El 27 de septiembre de 1960, el presidente Adolfo López Mateos nacionalizó la industria eléctrica, a fin de aumentar el nivel de electrificación, ya que en ese año era del 44%.

En esa década la inversión pública se destinó en más de 50% a obras de infraestructura. Se construyeron importantes centros generadores, entre ellos los de

Infiernillo y Temascal, y se instalaron otras plantas generadoras alcanzando, en 1971, una capacidad instalada de 7,874 MW.

Al finalizar esa década, se superó el reto de sostener el ritmo de crecimiento al instalarse, entre 1970 y 1980, centrales generadoras que dieron una capacidad instalada de 17,360 MW.

En los años 80 el crecimiento de la infraestructura eléctrica fue menor que en la década anterior. En 1991 la capacidad instalada ascendió a 26,797 MW.

A inicios del año 2000, se tenía ya una capacidad instalada de generación de 35,385 MW, cobertura del servicio eléctrico del 94.70% a nivel nacional, una red de transmisión y distribución de 614,653 kms, lo que equivale a más de 15 vueltas completas a la Tierra y más de 18.6 millones de usuarios, incorporando casi un millón cada año.

A partir octubre de 2009, CFE es la encargada de brindar el servicio eléctrico en todo el país.

CFE es reconocida como una de las mayores empresas eléctricas del mundo.

Objetivo

La Comisión Federal de Electricidad tiene como fin el desarrollo de actividades empresariales, económicas, industriales y comerciales en términos de su objeto, generando valor económico y rentabilidad para el Estado Mexicano como su propietario.

En la ejecución de su objeto, la Comisión Federal de Electricidad debe actuar de manera transparente, honesta, eficiente, con sentido de equidad, y responsabilidad social y ambiental, procurando el mejoramiento de la productividad con sustentabilidad para minimizar los costos de la industria eléctrica en beneficio de la población y contribuir con ello al desarrollo nacional.

Así mismo, la Comisión Federal de Electricidad garantizará el acceso abierto a la Red Nacional de Transmisión y a las Redes Generales de Distribución, la operación eficiente del sector eléctrico y la competencia.

La Comisión Federal de Electricidad, Empresa Productiva del Estado

Actualmente, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) es una Empresa Productiva del Estado, propiedad exclusiva del Gobierno Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propio, que goza de autonomía técnica, operativa y de gestión, conforme a lo dispuesto en la Ley de la Comisión Federal de Electricidad.

CFE Distribución tiene por objeto realizar las actividades necesarias para prestar el servicio público de distribución de energía eléctrica, así como para llevar a cabo, entre otras actividades, el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión, operación y ampliación de la infraestructura necesaria para prestar el servicio público de distribución.

Roberto Vidal León,

Director General de la **Subsidiaria de Distribución**

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1 ¿Qué es un transformador y su funcionamiento? (Arturo Tronco , 2018)

Descripción:

Se utilizan para subtransmisión y transmisión de energía eléctrica en alta y media tensión. Son de aplicación en subestaciones transformadoras, centrales de generación y en grandes usuarios.

Transformador eléctrico: es una máquina electromagnética que se usa para aumentar o disminuir una fuerza electromotriz (Potencial, tensión eléctrica o voltaje); también se puede usar para aislar eléctricamente un circuito.

Funcionamiento

Su principio de funcionamiento es la inducción electromagnética, ocurre solamente cuando el conductor se mueve en ángulo recto con respecto a la dirección del campo magnético. Este movimiento es necesario para que se produzca la inducción, pero es un movimiento relativo entre el conductor y el campo magnético. De esta forma, un campo magnético en expansión y compresión puede crearse con una corriente a través de un cable o un electroimán. Dado que la corriente del electroimán aumenta y se reduce, su campo magnético se expande y se comprime (las líneas de fuerza se mueven hacia adelante y hacia atrás). El campo en movimiento puede inducir una corriente en un hilo fijo cercano. Esta inducción sin movimiento mecánico es la base de los transformadores eléctricos.

2.2 Tipos de transformadores y su capacidad. (concha)

TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION.

Se denomina inferiores a 500 kVA y de tensiones iguales o inferiores a 67 000 V, tanto monofásicos como trifásicos. Aunque transformadores de distribución, generalmente los transformadores de potencias iguales o la mayoría de tales unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de los tamaños de potencia superiores, por encima de las clases de 18 kV, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas. Las aplicaciones típicas son para alimentar a granjas, residencias, edificios o almacenes públicos, talleres y centros comerciales.

La siguiente figura se muestra un transformador de transformador de distribución.



Figura 1

Descripción:

Se utilizan en intemperie o interior para distribución de energía eléctrica en media tensión. Son de aplicación en zonas urbanas, industrias, minería, explotaciones petroleras, grandes centros comerciales y toda actividad que requiera la utilización intensiva de energía eléctrica.

Características Generales:

Se fabrican en potencias normalizadas desde 25 hasta 1000 kVA y tensiones primarias de 13.2, 15, 25, 33 y 35 kV. Se construyen en otras tensiones primarias según especificaciones particulares del cliente. Se proveen en frecuencias de 50-60 Hz. La variación de tensión se realiza mediante un conmutador exterior de accionamiento sin carga.

TRANSFORMADORES RURALES.

La siguiente figura muestra un transformador rural.



Figura 2

Descripción:

Están diseñados para instalación mono poste en redes de electrificación suburbanas monofilares, bifilares y trifilares, de 7.6, 13.2 y 15 kV.

En redes trifilares se pueden utilizar transformadores trifásicos o como alternativa 3 monofásicos.

Transformadores Subterráneos.

En la siguiente figura se muestra un transformador subterráneo.



Figura 3

Descripción: Transformador de construcción adecuada para ser instalado en cámaras, en cualquier nivel, pudiendo ser utilizado donde haya posibilidad de inmersión de cualquier naturaleza.

Características:

Potencia: 150 a 2000KVA

Alta Tensión: 15 o 24,2KV

Baja Tensión: 216,5/125; 220/127; 380/220; 400/231V

TRANSFORMADORES AUTO PROTEGIDOS.

En la siguiente figura se muestra un transformador Auto Protegido.



Figura 4

Descripción:

El transformador incorpora componentes para protección del sistema de distribución contra sobrecargas, cortocircuitos en la red secundaria y fallas internas en el transformador, para esto posee fusibles de alta tensión y disyuntor de baja tensión, montados internamente en el tanque, fusibles de alta tensión y disyuntor de baja tensión. Para protección contra sobretensiones el transformador está provisto de dispositivo para fijación de pararrayos externos en el tanque.

Características:

Potencia: 45 a 150KVA

Alta Tensión: 15 o 24,2KV

Baja Tensión: 380/220 o 220/127V

TRANSFORMADORES MÓVILES.

Transformadores móviles y subestaciones móviles. Los transformadores o autotransformadores móviles están montados normalmente sobre semirremolques y llevan incorporados pararrayos y seccionadores separadores. Una subestación móvil tiene, además, a paramenta y equipo de medida y de protección. La unidad se desplaza por carretera arrastrada por tractores. Los reglamentos estatales y federales sobre transporte por carretera limitan el peso y tamaño máximos. Las unidades móviles se usan para restablecer el servicio eléctrico en emergencias, para permitir el mantenimiento sin interrupción de servicio, para proporcionar servicio durante las construcciones importantes y para reducir las inversiones en el sistema.

TRANSFORMADORES PARA HORNOS.

Los transformadores para hornos suministran potencia a hornos eléctricos de los tipos de inducción, resistencia, arco abierto y arco sumergido. Las tensiones secundarias son bajas, ocasionalmente menores de 100 V, pero generalmente de varios centenares de Volts. La gama de tamaños varía desde algunos kVA a más de 50 MVA, con corrientes en el secundario superiores a 60 000 A. Las corrientes elevadas se obtienen conectando en paralelo muchas secciones de devanado. La corriente es

recogida por barras internas y llevada a través de la tapa del transformador mediante barras o mediante bornes de gran corriente.

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE CONSTANTE.

Un transformador de corriente constante es un transformador que automáticamente mantiene una corriente aproximadamente constante en su circuito secundario, bajo condiciones variables de impedancia de carga, cuando su primario se alimenta de una fuente de tensión aproximadamente constante. El tipo más usual, la disposición de «bobina móvil», tiene separadas las bobinas del primario y secundario, que tienen libertad para moverse entre sí, variando por tanto la reactancia de dispersión magnética del transformador.

Existen disponibles tipos para subestación que proporcionan unos modelos compactos integrales, que llevan incluidas los accesorios necesarios para el control y protección del transformador. Los accesorios normales comprenden un interruptor a solenoide primario, una protección. Contra apertura del circuito, fusibles o cortacircuitos con fusibles en el primario y descargadores de sobretensiones en el primario y en el secundario.

Los transformadores de corriente constante de tipo estático no tienen partes móviles y funcionan según el principio de una red resonante. Esta red normalmente consta de dos reactancias inductivas y dos capacitivas, cada una de igual reactancia para la frecuencia de alimentación. Con tal red, la corriente secundaria es independiente de la impedancia de la carga conectada, pero es directamente proporcional a la tensión del primario.

AUTOTRANSFORMADORES.

En la siguiente figura se muestra un autotransformador.



Figura 5

Fotoautotrafo1.jpg (32649 bytes) Los autotransformadores se usan normalmente para conectar dos sistemas de transmisión de tensiones diferentes, frecuentemente con un devanado terciario en triángulo. De manera parecida, los autotransformadores son adecuados como transformadores elevadores de centrales cuando se desea alimentar dos sistemas de transporte diferentes. En este caso el devanado terciario en triángulo es un devanado de plena capacidad conectado al generador y los dos sistemas de transporte se conectan al devanado, autotransformador. El autotransformador no sólo presenta menores pérdidas que el transformador normal, sino que su menor tamaño y peso permiten el transporte de potencias superiores.

2.3 Bobina y transformador. (robles, 2008)

Un transformador hace uso de la ley de Faraday¹ y de propiedades ferromagnéticas de un núcleo de hierro para subir o bajar eficientemente el voltaje de corriente alterna

(AC). Por supuesto no puede incrementar la potencia de modo que, si se incrementa el voltaje.

La siguiente figura muestra que la corriente es proporcionalmente reducida, y viceversa.

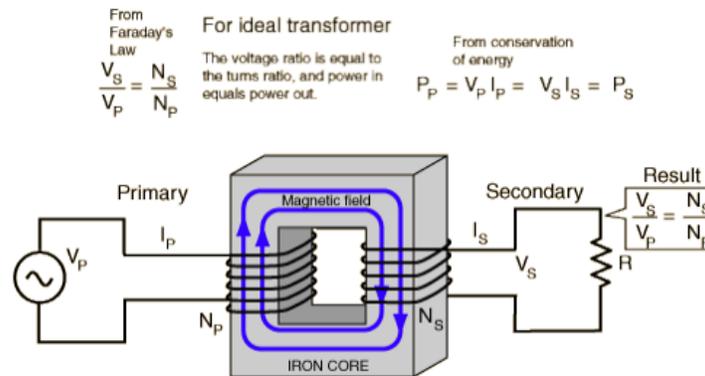


Figura 6

El transformador es un dispositivo que se encarga de "transformar" el voltaje de corriente alterna que tiene a su entrada en otro de diferente amplitud, que entrega a su salida. Se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han arrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor. Este conjunto de vueltas se llaman bobinas y se denominan:

- Bobina primaria o "primario" a aquella que recibe el voltaje de entrada y salida.
- Bobina secundaria o "secundario" a aquella que entrega el voltaje transformado.

En la siguiente figura se muestra una bobina primaria.

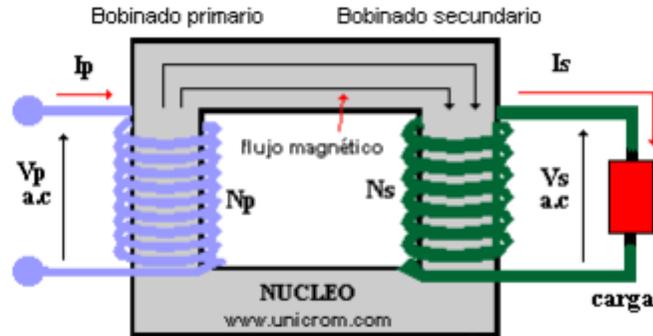


Figura 7

La bobina primaria recibe un voltaje alterno que hará circular, por ella, una corriente alterna. Esta corriente inducirá un flujo magnético en el núcleo de hierro. Como el bobinado secundario está arrollado sobre el mismo núcleo de hierro, el flujo magnético circulará a través de las espiras de éste. Al haber un flujo magnético que atraviesa las espiras del "Secundario", se generará por el alambre del secundario un voltaje (ley de Faraday). En este bobinado secundario habría una corriente si hay una carga conectada (por ejemplo, a una resistencia, una bombilla, un motor, etc.) La relación de transformación del voltaje entre el bobinado "Primario" y el "Secundario" depende del número de vueltas que tenga cada uno. Si el número de vueltas del secundario es el triple del primario, en el secundario habrá el triple de voltaje.

2.4 Fórmulas para cálculo de voltajes con número de vueltas y corriente.

La fórmula que relaciona voltajes con número de vueltas es:

$$\frac{\text{numero de espiras del primario } N_p}{\text{numero de espiras del secundario } N_s} = \frac{\text{tension de primario } V_p}{\text{tension del secundario } V_s}$$

$$\text{Entonces } V_s = V_p \cdot N_s / N_p$$

A la relación N_s/N_p se la conoce como relación de transformación. Si es menor que la unidad se trata de un transformador reductor; si es mayor que la unidad se trata de uno elevador. Un transformador puede ser "elevador o reductor" dependiendo del número de espiras de cada bobinado. Si se supone que el transformador es ideal. (La potencia que se le entrega es igual a la que se obtiene de él, se desprecian las pérdidas por calor y otras), entonces:

$$\text{Potencia de entrada (} P_i \text{)} = \text{Potencia de salida (} P_s \text{)}. P_i = P_s$$

Si tenemos los datos de corriente y voltaje de un dispositivo, se puede averiguar su potencia usando la siguiente fórmula.

$$\text{Potencia} = \text{voltaje} \times \text{corriente. } V \cdot I \text{ Voltio} \cdot \text{amperio} = \text{watt}$$

Aplicando este concepto al transformador y como P (bobinado primario) = P (bobinado secundario)

La única manera de mantener la misma potencia en los dos bobinados es que cuando el voltaje se eleve, la corriente se disminuya en la misma proporción y viceversa.

Relación entre corrientes en un transformador, entonces:

$$\frac{\text{numero de espiras del primario } N_p}{\text{numero de espiras del secundario } N_s} = \frac{\text{tension de primario } V_p}{\text{tension del secundario } V_s}$$

Así, para conocer la corriente en el secundario (I_s) cuando tengo:

- I_p (la corriente en el primario),
- N_p (espiras en el primario) y
- N_s (espiras en el secundario)

Se utiliza siguiente fórmula: $I_s = N_p \cdot I_p / N_s$

2.5 Norma oficial mexicana NOM-002-SEDE/ENER-2014, requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución. (federacion, 2014)

CONSIDERANDOS

Primero. - Que el 28 de noviembre de 2011, mediante acuerdo del CCNNIE se aprobó la inscripción en el Programa Nacional de Normalización de la modificación de la NOM-002-SEDE-2010, Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución para desarrollarse de manera conjunta por la SENER y la CONUEE, a través del CCNNIE y el CCNNPURRE.

Segundo. - Que de conformidad con el artículo 46, fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el 22 de agosto de 2012 se presentó al CCNNIE el Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEDE/ENER-2012, Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución, acompañado de la Manifestación de Impacto Regulatorio.

Tercero. - Que de conformidad con el artículo 46, fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el 2 de octubre de 2012 se presentó al CCNNPURRE el Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEDE/ENER-2012, Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución, acompañado de la Manifestación de Impacto Regulatorio.

Cuarto. - Que con fecha 16 de octubre de 2012 se envió a la Comisión Federal de Mejora Regulatoria la Manifestación de Impacto Regulatorio del Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEDE/ENER-2012, Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución.

Quinto. - Que el 23 de octubre de 2012, por acuerdo del CCNNIE se aprobó el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEDE/ENER-2012, Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución, para su posterior publicación en el Diario Oficial de la Federación para consulta pública.

Sexto. - Que el 23 de noviembre de 2012, por acuerdo del CCNNPURRE se aprobó el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEDE/ENER-2012, Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución, para su posterior publicación en el Diario Oficial de la Federación para consulta pública.

Séptimo. - Que en términos del artículo 47, fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó íntegramente en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEDE/ENER-2012, Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución, el día 20 de febrero de 2013 a efecto de que dentro de los siguientes 60 días naturales los interesados.

Presentarán sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas.

Octavo. - Que de conformidad con el artículo 47, fracción III, el CCNNIE en su sesión extraordinaria 01/2014 celebrada el 11 de marzo de 2014, aprobó las respuestas fundadas y motivadas a los comentarios recibidos en la consulta pública, dando cumplimiento a lo establecido en el artículo 8, fracción IV de las Reglas de Operación del mencionado Comité Consultivo y 33 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Noveno. - Que el CCNNPURRE en su sesión ordinaria XLVI celebrada el 29 de mayo de 2014, aprobó las respuestas fundadas y motivadas a los comentarios recibidos en la consulta pública, dando cumplimiento a lo establecido en los artículos 3, 4, 7 y 15 de las Reglas de Operación del mencionado Comité Consultivo y 33 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Décimo. - Que de conformidad con el artículo 47, fracción III, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Presidencia del Comité ordenó la publicación en el

Diario Oficial de la Federación de las respuestas a los comentarios recibidos en la consulta pública.

Décimo Primero. - Que de conformidad con el artículo 47, fracción IV, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización ambos Comités Consultivos aprobaron la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEDE/ENER-2014, Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución.

Décimo Segundo. - Que de conformidad con los considerandos anteriores se concluye que se ha cumplido con el procedimiento para la modificación de la presente Norma Oficial Mexicana.

Décimo Tercero. - Que con la finalidad de mantener actualizado el instrumento normativo y técnico que regule los requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución y en cumplimiento con la obligación de revisar las normas oficiales mexicanas, se tiene a bien expedir la siguiente:

2.6 norma oficial mexicana nom-002-sede/ener-2014, requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución.

1. Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos mínimos de seguridad y eficiencia energética que deben cumplir los transformadores de distribución, además establece los métodos de prueba que deben utilizarse para evaluar estos requisitos.

Esta Norma aplica a los transformadores de distribución de fabricación nacional e importados, tipo: poste, subestación, pedestal y sumergible (de acuerdo con las definiciones establecidas en el capítulo 3 de esta Norma), auto enfriados en líquido aislante, destinados al consumidor final, cuando sean comercializados en los Estados Unidos Mexicanos.

Asimismo, la presente Norma Oficial Mexicana aplica cuando el transformador de distribución sea objeto de reparación, reconstrucción o reinstalación con el propósito de comercializarse en territorio nacional.

2. Referencias

Para la correcta aplicación de esta Norma Oficial Mexicana se deben consultar las siguientes Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX) vigentes:

NOM-008-SCFI-2002 Sistema general de unidades de medida.

NOM-024-SCFI-1998 Información comercial para empaques, instructivos y garantías de los productos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos.

NMX-J-116-ANCE-2005 Transformadores de distribución tipo poste y tipo subestación-Especificaciones. Referencia parcial. (Los numerales aplicables son: 5.7.7 relativo a "Placa de datos"; 5.7.8 relativo a "Marcado externo del transformador" y 5.8 relativo a "Especificaciones de cortocircuito").

NMX-J-169-ANCE-2004 Transformadores y autotransformadores de distribución y potencia-Métodos de prueba. Referencia parcial. (Los capítulos aplicables son: 7 relativo a "Pérdidas en vacío y corriente de excitación"; 8 relativo a "Pérdidas debidas a la carga e impedancia"; 11 relativo a "Prueba de hermeticidad" y 17 relativo a "Pruebas de cortocircuito").

NMX-J-285-ANCE-2013 Transformadores tipo pedestal, monofásicos y trifásicos para distribución subterránea-Especificaciones (Los numerales aplicables son: 5.7.10 relativo a "Placa de datos"; 5.7.11 relativo a "Dato de la capacidad" y 5.9 relativo a "Especificaciones de cortocircuito").

NMX-J-287-ANCE-1998 Productos eléctricos-Transformadores de distribución tipo sumergible monofásico y trifásico para distribución subterránea-Especificaciones (Los numerales aplicables son: 5.7.10 relativo a "Placa de datos"; 5.7.11 relativo a "Dato de la capacidad" y 5.9 relativo a "Especificaciones de cortocircuito").

3. Definiciones

Para el propósito de esta Norma se definen los siguientes términos:

3.1 Capacidad nominal: La capacidad nominal en un transformador es la potencia en kilovoltsamper (kVA) que entrega en el devanado secundario cuando está operando a sus valores nominales de tensión, frecuencia y corriente eléctricas.

3.2 Corriente nominal: La corriente nominal se obtiene de dividir la capacidad nominal en kVA entre la tensión eléctrica nominal en kV en el caso de transformadores monofásicos; para transformadores trifásicos se requiere dividir este cociente entre.

3.3 Eficiencia: La eficiencia expresada en por ciento, es la relación que existe entre la potencia real de salida con respecto a la potencia real de entrada, donde la potencia real de salida es igual a la capacidad nominal del transformador.

3.4 Evaluación de la conformidad: La determinación del grado de cumplimiento con las normas oficiales mexicanas o la conformidad con las normas mexicanas, las normas internacionales u otras especificaciones, prescripciones o características. Comprende, entre otros, los procedimientos de muestreo, prueba, calibración, certificación y verificación.

3.5 Pérdidas

3.5.1 Pérdidas en vacío (pérdidas del núcleo): Son las pérdidas que se tienen en el transformador cuando está energizado a tensión y frecuencia eléctricas nominales y sin ninguna carga externa.

3.5.2 Pérdidas debidas a la carga: Son las pérdidas que se tienen en un transformador cuando está operando a corriente y frecuencia nominal alimentándolo a la tensión eléctrica de impedancia.

3.5.3 Pérdidas totales: Es la suma de las pérdidas en vacío más las pérdidas debidas a la carga (corregidas a 75 °C u 85 °C, según corresponda el diseño).

3.6 Tensión eléctrica de impedancia: Es la tensión eléctrica a frecuencia nominal que se debe aplicar a las terminales de un devanado del transformador para que a través del mismo circule la corriente nominal cuando las terminales del otro devanado están en cortocircuito (corregida a 75°C u 85°C según corresponda el diseño).

3.7 Tensión eléctrica nominal: Es la que permite que el transformador entregue su capacidad nominal en condiciones normales de operación.

3.8 Transformador: Dispositivo eléctrico que por inducción electromagnética transfiere energía eléctrica de uno o más circuitos, a uno o más circuitos a la misma frecuencia, usualmente aumentando o disminuyendo los valores de tensión y corriente eléctricas.

3.9 Transformador de distribución: Es aquel transformador que tiene una capacidad nominal desde 10 hasta 500 kVA y una tensión eléctrica nominal de hasta 34 500 V en el lado primario y hasta 15 000 V nominales en el lado secundario.

3.10 Transformador de distribución tipo pedestal: Conjunto formado por un transformador de distribución con un gabinete integrado en el cual se incluyen accesorios para conectarse en sistemas de distribución subterránea, este conjunto está destinado para instalarse en un pedestal y para servicio en intemperie.

3.11 Transformador de distribución tipo poste: Es aquel transformador de distribución que por su configuración externa está dispuesto en forma adecuada para sujetarse o instalarse en un poste o en alguna estructura similar.

3.12 Transformador de distribución tipo subestación: Es aquel transformador de distribución que por su configuración externa está dispuesto en forma adecuada para ser instalado en una plataforma, cimentación o estructura similar y su acceso está limitado por un área restrictiva.

Si hablas de pérdidas por que pones transformadores

3.13 Transformador de distribución tipo sumergible: Es aquel transformador de distribución que por su configuración externa está dispuesto en forma adecuada para ser instalado en un pozo o bóveda y que está expuesto a sufrir inundaciones.

Nota: Los términos no definidos tendrán su acepción ordinariamente aceptada dentro del contexto en el que son usados, o bien, están definidos en otras normas y publicaciones con carácter oficial.

4. Clasificación

Los transformadores sujetos a esta Norma se clasifican por su tipo de alimentación eléctrica, capacidad nominal y clase de aislamiento:

4.1 De acuerdo con su tipo de alimentación eléctrica:

- a) Monofásico.
- b) Trifásico.

4.2 De acuerdo con su capacidad nominal:

- a) De 10 a 167 kVA para monofásicos.
- b) De 15 a 500 kVA para trifásicos.

4.3 De acuerdo con su nivel básico de aislamiento:

- a) Hasta 95 kV (Clase 15 kV).
- b) Hasta 150 kV (Clase 18 y 25 kV).
- c) Hasta 200 kV (Clase 34.5 kV).

5. Especificaciones

5.1 Especificaciones de seguridad

Los transformadores objeto de esta Norma deben cumplir con las siguientes especificaciones de seguridad:

5.1.1 Condiciones de cortocircuito

Los transformadores tipo pedestal a los que refiere la NMX-J-285-ANCE-2013, los transformadores tipo sumergible a los que se refiere la norma NMX-J-287-ANCE-1998 y los transformadores tipo poste a los que se refiere la NMX-J-116-ANCE-2005, deben cumplir con las especificaciones de cortocircuito establecidas en el numeral 5.8 relativo a "Especificaciones de cortocircuito" de la Norma Mexicana NMX-J-116-ANCE-2005; para efectos de pruebas de cortocircuito de los transformadores auto protegidos tipo pedestal, sumergible y poste deben puentearse los medios de interrupción en el lado primario o secundario. Estas condiciones serán determinadas con el método de prueba establecido en el inciso 6.1 de la presente Norma.

5.1.2 Preservación del líquido aislante (Hermeticidad)

El transformador debe ser construido con un tanque hermético con objeto de preservar el líquido aislante. Esta condición debe determinarse con el método de prueba establecido en el numeral 6.1 de la presente Norma.

5.2 Especificaciones de eficiencia energética

5.2.1 Eficiencia

Los transformadores de distribución, objeto de esta Norma, deben cumplir con los valores de eficiencia especificados como en la siguiente tabla, y se demuestra con lo indicado en 6.2.

La siguiente figura muestra las eficiencias mínimas permitidas referidas a un factor de carga del 80 % para los transformadores de distribución (Eficiencia en %)

TIPO DE ALIMENTACIÓN	CAPACIDAD EN KVA	NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO		
		Hasta 95 (clase 15 kV)	Hasta 150 (Clase 18 y 25 kV)	Hasta 200 (clase 34.5 kV)
M o n o f á s i c o	10	98.61 %	98.49 %	98.28 %
	15	98.75 %	98.63 %	98.43 %
	25	98.90 %	98.79 %	98.63 %
	37.5	98.99 %	98.90 %	98.75 %
	50	99.08 %	98.99 %	98.86 %
	75	99.21 %	99.12 %	99.00 %
	100	99.26 %	99.16 %	99.06 %
	167	99.30 %	99.21 %	99.13 %
T r i f á s i c o	15	98.32 %	98.18 %	98.03 %
	30	98.62 %	98.50 %	98.35 %
	45	98.72 %	98.60 %	98.48 %
	75	98.86 %	98.75 %	98.64 %
	112.5	98.95 %	98.85 %	98.76 %
	150	99.03 %	98.94 %	98.86 %
	225	99.06 %	98.96 %	98.87 %
	300	99.11 %	99.02 %	98.92 %
500	99.20 %	99.11 %	99.03 %	

Figura 8

2.7 Factores que afectan al deterioro del sistema de aislamiento de un transformador aislado en aceite. (republica, 2006)

Como se sabe, un transformador es una maquina eléctrica que se encuentra constituida por varias partes (núcleo, devanados, pasatapas, válvulas, radiadores, etc.). Dentro de estos elementos constitutivos, el sistema de aislamiento (aceite y papel) es el componente más importante y es al que se le debe cuidar en mayor grado.

Existen cuatro factores que afectan al sistema de aislamiento de un transformador en aceite: la humedad, el oxígeno, el calor y la contaminación externa.

La humedad puede presentarse en el interior del transformador de las siguientes maneras:

- De forma disuelta
- En forma de una emulsión agua/aceite
- En estado libre en el fondo del tanque
- En forma de hielo en el fondo del tanque (si la gravedad específica del aceite es mayor a 0.9, el hielo puede flotar)

El efecto de la humedad en las propiedades aislantes del aceite depende de la forma en que esta exista. Una pequeña cantidad de agua en forma de emulsión agua/aceite tiene una marcada influencia al reducir la rigidez dieléctrica del aceite. En cambio, hasta cierto punto, el agua disuelta en el aceite tiene poco o ningún efecto sobre la rigidez dieléctrica del mismo.

El oxígeno es otro de los potenciales enemigos del aislamiento de un transformador, ya que, este reacciona con el aceite para formar ácidos orgánicos, agua y lodo. El oxígeno proviene de la atmósfera o es liberado por la celulosa como resultado de aplicarle calor, además no es posible eliminar todo el oxígeno existente en un transformador inclusive si el llenado del mismo se lo realiza con vacío.

Se sabe que el 90% del deterioro de la celulosa es de origen térmico. La degradación térmica del aislamiento es función del tiempo, de la temperatura y de cuan seco está el aislamiento. Las elevadas temperaturas causan un envejecimiento acelerado de la celulosa empleada como aislamiento, reduciéndose la rigidez mecánica y eléctrica de la misma, produciéndose la de-polimerización o destrucción del papel; otros efectos debidos a las elevadas temperaturas son la generación de agua, materiales ácidos y gases (CO₂, CO).

Los contaminantes externos pueden presentarse en forma de “caspa”, provenientes del proceso de manufactura del transformador y que no han sido propiamente eliminados en el proceso de llenado del transformador con aceite. Partículas diminutas pueden desprenderse de la celulosa cuando el transformador está en servicio. Otro contaminante es el policlorhidrato de bifenilo, el cual reduce la capacidad del aceite de soportar sobre voltajes.

2.8 Mantenimiento del transformador.

Cuando el mantenimiento preventivo del transformador muestra que posee problemas de humedad, gases combustibles y/o productos de la oxidación, fugas de aceite, puntos de oxidación, ente otros, ciertos trabajos de mantenimiento correctivo deben ser realizados.

Dentro de las actividades existentes en el mantenimiento correctivo del transformador podemos encontrar:

- Deshidratación del transformador

- Desgasificación del transformador
- Remoción de sedimentos (desenlodar el transformador)

Para realizar el mantenimiento, se deben efectuar inspecciones de rutina a las partes del equipo que puedan estar sujetas a rupturas, desgastes, desalinización, deterioración o daños a todo el equipo al que se le deben efectuar pruebas periódicas o ajustes para comprobar que se encuentran trabajando en condiciones adecuadas y seguras.

La apropiada programación de las inspecciones de mantenimiento tiene por objeto evitar frecuentes inspecciones inútiles y a la vez garantizar que todos los daños sean localizados y corroídos, antes de que ocasionen una interrupción del servicio, y daños graves en el equipo.

Para programar el mantenimiento a transformadores de potencia es importante verificar en su historial, en su calidad, y buen diseño obteniéndose un buen mantenimiento; por lo tanto cada transformador debe revisarse cuidadosamente en su relación y durante su instalación, la mayoría de los fabricantes indica la frecuencia con que debe revisarse cada equipo y los puntos importantes en cada revisión, estas pueden ser de acuerdo con las formas de trabajo efectivo o tomando en consideración determinados lapsos de tiempo.

2.9 ¿QUE SON LOS PCB's? (dielectrica.)

Los PCB's (Bifenilos Policlorados), son fluidos viscosos, incombustibles, no biodegradables, muy estables, no son volátiles a temperatura ambiente, son solubles en grasa y muy buenos Aislantes.

Técnicamente los Bifenilos Policlorados son compuestos orgánicos clasificados como hidrocarburos clorados no polares basados en un núcleo bifenilo (dos anillos bencénicos unidos) con sustitución múltiple de átomos de cloro en uno o en ambos anillos aromáticos, formados por la unión de carbón, hidrógeno y cloro; su molécula consiste en dos radicales de fenilos (anillos difenólicos) ligados, con dos átomos de hidrógeno reemplazados por átomos de cloro.

MARCO REGULATORIO NACIONAL

En México, los PCB's están regulados por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Residuos Peligrosos en los Artículos 38 y 39.

Artículo 38: El manejo de los Bifenilos Policlorados deberá sujetarse a lo expuesto en el Reglamento y las Normas Técnicas Ecológicas que al efecto se expiden.

Artículo 39: Se prohíbe la disposición final de Bifenilos Policlorados o de Residuos que los contengan, en confinamientos controlados y en cualquier otro sitio.

La Legislación en México considera a los PCB's, como Residuos Peligrosos, por lo que todas las obligaciones de los generadores de Residuos Peligrosos aplican para los generadores de PCB's, con la diferencia de que prohíbe su disposición final en confinamientos controlados o en cualquier otro sitio.

Por sus características térmicas, dieléctricas, de no inflamabilidad, su principal utilización fue como líquido Aislante en Transformadores, capacitores y equipos para transferencia de calor; sin embargo, su capacidad de resistencia al fuego hizo que su uso se extendiera más allá de su propósito inicial, abarcando aplicaciones tales como fluidos hidráulicos, pigmentos para pinturas, tintas para impresión, balastros, ceras de pisos, plastificadores en resinas y hule.

Art. 158 LEY AMBIENTAL DEL DISTRITO FEDERAL: De los Laboratorios Ambientales. Se presume que cuentan con los recursos humanos y materiales necesarios, los Laboratorios especializados acreditados en el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas de conformidad con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

CONCENTRACIONES LIMITE DE PCB's

Medidas preventivas y de Control que adoptamos para proteger a sus Transformadores de una posible Contaminación o en su caso, la posibilidad de aumentar la misma.

A raíz de la integración a nuestros Paquetes de Laboratorio de la Prueba de Cromatografía para determinar el contenido de PCB's en los Aceites de Transformadores, se ha venido detectando que existen en México muchos Transformadores contaminados con PCB's (Bifenilos Policlorados) y esta situación nos obliga a tomar medidas INMEDIATAS para prevenir una posible Contaminación o incluso aumentar la misma en los casos donde pudiera existir esta. Estas medidas constan de lo siguiente:

Iniciamos los Servicios de PURIFICACION, estando nuestras máquinas totalmente vacías en todos sus diversos sistemas (Calentadores, Centrifuga, Sistema de Filtración, Cámara de Vacío, Bombas, etc.). Nuestras Máquinas deberán de llegar a su empresa totalmente vacía y esto deberá de ser verificado por nuestros propios Clientes antes de iniciar cualquier operación.

Nuestra Máquina de Purificación se carga con Aceite NUEVO, en presencia del Jefe de Mantenimiento o persona encargada de atendernos.

Si el Transformador por el cual iniciemos nuestro Servicio o algún otro se encontrará bajo de nivel, se requerirá de más Aceite Nuevo y lo anterior deberá ser previamente informado al Jefe de Mantenimiento, para su conocimiento.

Una vez concluido nuestro Servicio de PURIFICACION en todos los Transformadores, se procederá a vaciar totalmente nuestra máquina, de tal forma que la misma vuelva a quedar tan vacía como llegó; el Aceite procedente de nuestra máquina se deberá de colocar en un recipiente que el Jefe de Mantenimiento nos proporcione y este Aceite se quedara en su propia empresa. Al envase utilizado para este propósito, se le deberá adherir una etiqueta que indique que se tratará de un Aceite Aislante Mineral de Transformador y se le deberá de agregar una anotación que indique lo siguiente: SE IGNORA EL CONTENIDO DE PCB's. Cuando se obtengan los Resultados de Laboratorio sabremos si ese Aceite contiene o no contiene PCB's, a fin de que se pueda conocer el destino final que debe tener ese Aceite desechado.

Que es la potencia aparente S (kVA) (electricapicada, 2008)

KVA es la unidad de la potencia aparente: Es la cantidad total de potencia que consume un equipo eléctrico. Con este artículo aclarare el significado de este concepto en la electricidad, transformadores y demás equipos.

Esta potencia aparente kVA, designada comúnmente con la letra “S” no es realmente la “útil”, salvo cuando el factor de potencia es la unidad ($F. P=1$), y significa que la red de alimentación eléctrica no solo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha de satisfacer la que “almacenan” las bobinas y condensadores.

Dicho en otras palabras, S (kVA) es la suma de la potencia en P (kW) (Potencia útil) que disipan los equipos en calor o trabajo más la potencia en Q (kVAR) (Potencia campos) utilizada para la formación de los campos eléctrico y magnético de sus componentes.

Los equipos que presentan la potencia en kVA son los que tienen componentes como transformadores, motores y equipos electrónicos, tales como: televisores, computadores, bombas hidráulicas, neveras, Aires acondicionados etc.

Mantenimiento en transformadores, subestaciones y plantas eléctricas (emergencia) (conductores y equipo electrico, 2007)

En alta, media y/o baja tensión los daños por falla o avería en un transformador eléctrico, subestación o planta eléctrica pueden llegar a ser catastróficos. La continuidad en la operación de estos equipos es fundamental para evitar pérdidas económicas por el paro de producción y por reparaciones costosas que pudieron haberse prevenido. Por lo anterior, es importante el mantenimiento preventivo con la frecuencia establecida por los fabricantes y también en los proyectos de instalación.

Actualmente el servicio de manutención se realiza bajo el tipo "servicio completo". El proveedor toma la total responsabilidad del mantenimiento, de esta manera existe una estrecha colaboración entre el área de producción del cliente y la de mantenimiento del proveedor. El proveedor aplica buenas técnicas de mantenimiento y utiliza las mejores prácticas durante su trabajo, permitiendo mejorar los resultados de la operación del cliente.

Buenas prácticas

Las prácticas adecuadas para mantenimiento de transformadores eléctricos, subestaciones y plantas de emergencia (generadores eléctricos) son: realizar una buena especificación, lograr una correcta regulación de las protecciones y ejecutar la puesta en marcha supervisada por personal calificado. Es fundamental llevar a cabo un monitoreo continuo del comportamiento térmico y eléctrico, además del análisis cromatográfico y fisicoquímico al aceite dieléctrico. Esto sin menospreciar la verificación de los auxiliares del transformador, la limpieza general de todos los accesorios y el estado de las conexiones eléctricas.

Es necesario definir qué tipo de mantenimiento conviene utilizar, tomando en cuenta las características en equipos e instalación, años de trabajo y presupuesto disponible. Se puede escoger entre tipos preventivo, predictivo y correctivo, basados en las condiciones de funcionamiento.

Inspecciones y componentes

Junto con los análisis a los que se deben someter los transformadores eléctricos (subestaciones y grupos electrógenos) es importante ejecutar una inspección visual para buscar rastros de fugas de aceite que hayan afectado la hermeticidad del tanque, conexiones defectuosas primarias y secundarias, suciedad acumulada u otros daños. Esta inspección debe realizarse semestral o anualmente. Se recomienda realizar inspecciones de limpieza y funcionamiento de accesorios, pruebas de aislamiento (Megger) y relación de transformación (TTR). También hay que monitorear el estado del aislamiento, envejecimiento y daños internos.

La periodicidad de las inspecciones se determina de acuerdo con el comportamiento del equipo y tendencias de resultados en las pruebas, aunque como base se pueden tomar las recomendaciones que se encuentran en el manual de mantenimiento de los equipos.

Los servicios de mantenimiento dictan las futuras inspecciones necesarias en el sistema eléctrico. Respecto a los componentes críticos a revisar los puntos clave que deben considerarse son: bushings, niveles de aceite, filtraciones, puntos calientes, condición de la aislación sólida, juntas y diafragmas que aseguren la hermeticidad del

transformador, conexiones primarias y secundarias que produzcan puntos calientes o descargas eléctrica

CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

Objetivo: tener el conocimiento de mantenimiento y reparación de transformadores mediante un manual que especifique paso a paso con estrategia la maniobra en cuestión.

Reporte del técnico: se tomó como referencia un transformador de 150KVA marca YT de 2 fases, el posterior manual es aplicable para transformadores de 10 KVA a 500 KVA.

3.1 Tabla de manual de mantenimiento y reparación de transformadores, 150kva marca YT.

Pasos	Grupo de trabajo	Descripción de pasos de la maniobra
1	Muestra de aceite.	El técnico responsable debe toma muestra de aceite de aproximadamente 500ml sin ser contaminada o cruzada
2	Se realizan las pruebas de color, humedad, rigidez dieléctrica.	Posterior mente se realiza la prueba de aceite, el técnico encargado visualizara el color del aceite mientras se apoya con el MEGGER para determinar la humedad, rigidez y tención del aceite,
3	Pruebas de resistencia de aislamiento.	Se realiza la prueba de TTR para saber la perdida de cobre o hierro para determinar en qué estado se encuentra el transformador.
4	Desarmar transformador.	Se retira la tapa del transformador y se procede a retirar el aceite y se almacena para su regeneración.

5	Se retiran los sujetadores de la bobina.	Se retiran los sujetadores de la bobina para poder sacarla con ayuda de la grúa móvil.
6	Se desarma la baja tensión.	Se desarman las boquillas y se verifica que tengan buen estado, se decide si se cambia por fuga de aceite
7	Se saca la bobina de la carcasa del transformador.	Se desarma el conmutador de posiciones y con ayuda de la grúa se retira la bobina del transformador.
8	Se revisa la carcasa del transformador.	El técnico notara el estado de la carcasa del transformador y se mandara a reparar, se le aplicara pintura externa color gris anticorrosiva y en el interior pintura roja dieléctrica.
9	Cambio de piezas.	Se realiza inspección de piezas, limpiar y cambiar las que están en mal estado.
10	Horno	Por las siguientes 24 horas se coloca a la bobina dentro del horno para retirar la humedad.
11	Armado	Se coloca la bobina dentro del transformador y se asegura armando sus seguros de los costados.
12	Cubrir la bobina de aceite	Se procede a cubrir la bobina de aceite para evitar la humedad al estar en contacto con el medio ambiente.
13	Armado de baja tensión y aisladores.	Se asegura el TAP y se arman las boquillas al igual que se arman los aisladores con la tapa del transformador.
14	Llenado completo de aceite.	Con el aceite listo se procede al llenado completo del transformador para su sellado.
15	Sellar la cuba.	Se pondrá silicón para un mejor sellado de la tapa al transformador y se conecta la alta tensión.

16	Pintura y marcación	Una vez teniendo la verificación de las pruebas, en este último paso del mantenimiento del transformador se le pinta su serie de estación y su número de ubicación, así como su capacidad.
----	------------------------	--

Tabla de mantenimiento No.1 de 6 de descripción de la maniobra.

3.2 Tabla de manual Prueba de resistencia de aislamiento a un transformador de distribución.

Reporte del técnico; se utilizó Megger MIT520/2.

Pasos.	Grupo de trabajo.	Descripción de la maniobra.
1	Conectar.	El encargado debe conectar las puntas del cable rojo (positivo), negro (negativo) y el general del MEGGER (azul).
2	Cortocircuitar.	Cortocircuitar las boquillas de alta tensión con el alambre de cobre de manera que tengan contacto.
3	Cortocircuitar.	Cortocircuitar las boquillas de baja tensión con alambre de cobre de igual manera tienen que tener contacto.
4	Colocación de terminal.	Colocar la terminal azul a la boquilla de alta tensión.
5	Colocación de terminal.	Colocar la terminal negra que es negativa a tierra.
6	Calibración.	Encender el Megger y esperar a que se calibre.
7	Voltaje.	Determinar el valor del voltaje a 500V.
8	Inicio.	La prueba se inicia al presionar el botón "TEST"
9	Tiempos de registro	Iniciando la prueba se toma lectura en los tiempos de 15, 30, 45, 60 segundos, 1 minuto y así cada minuto hasta llegara los 10 minutos.
10	Resultados.	Se registran los resultados.

11	PRUEBA A TIERRA.	PRUEBA ALTA TENSION TIERRA
12	Colocación de terminal.	Se coloca la terminal roja que es positiva a la alta tensión.
13	Colocación de terminal.	Se coloca la terminal azul que es general a la baja tensión.
14	Colocación de terminal.	Se coloca la terminal negra que es negativa a tierra.
15	Voltaje.	Determinar el valor de voltaje a 2500V.
16	Se repite prueba a 2500V.	Repetir la prueba.
17	Resultados.	Registrar los resultados.
18	PRUEBA MEDIA TENSION.	PRUEVA ALTA TENCION – MEDIA TENSION.
19	Colocación de terminal.	Se coloca la terminal roja que es positiva a alta tensión.
20	Colocación de terminal.	Se coloca la terminal azul que es general a tierra.
21	Colocación de terminal.	Se coloca la terminal negra que es negativa a baja tensión.
22	Se repite prueba de 2500V.	Repetir la prueba a 2500V
23	Determinación si se encuentra en buen estado.	Determine si están dentro de la condición.

Tabla No. 2 de 6 de descripción de la maniobra.

3.3 Tabla de manual de Prueba dieléctrica para aceite con Los PCB's (Bifenilos Policlorados)

Reporte técnico; para el diagnóstico para determinar el aceite tiene menos de 49 partes por millos de PCB's, el técnico requirió la regeneración y ayudando al medio ambiente.

Pasos.	Descripción de la maniobra.
1	Se revisa que el kit este completo, un tubo con tapa blanca, que ninguna ampolla está quebrada y una ampolla inhibidora.
2	Procedemos a tomar la muestra, debemos tomar 5ml de aceite, la pipeta no tiene que introducirse en la muestra completamente
3	Serramos la muestra con su respectiva tapa.
4	Procedemos a quedar primero la ampolla que tiene un punto azul y se agita durante 10 segundos
5	Se procede a quebrar la ampolla de color gris y se agita durante 1 minuto
6	Se abre la muestra de tapa negra y se traslada el líquido de la muestra tapa blanca a la de la muestra tapa negra.
7	Tapamos y agitamos 10 segundos.
8	Liberamos la presión lejos de la cara y nuevamente agitamos 10 segundos y se vuelve a liberar la presión.
9	Se deja en reposo durante 2 minutos.
10	Si el aceite se visualiza arriba y debajo de la muestra, esta puede continuar con la prueba, pero si el aceite esta debajo de la sustancia se determina que es escabel puro y ahí deberíamos de terminar la prueba.

11	Se pasan los 5ml de la tapa negra a la prueba de la tapa blanca esto se hace por media de la boquilla.
12	Se quiebra la ampolla blanca que tiene un punto verde y se agita por 10 segundos
13	Se quiebra la ampolla de arriba de color ámbar, y se agita por 10 segundos
14	La sustancia tomara un color morado, eso quiere decir que tiene menos de 49 partes por millón si la sustancia es color amarillo tiene más de 50 partes por millón y se procede a llevar a un laboratorio.
15	Una vez finalizado la prueba y estemos seguros se introduce la ampolla inhibidora dentro del tubo se quiebra y se agita durante 5 segundos y listo ya se le puede dar un destino final al kid.

Tabla No. 3 de 6 de descripción de la maniobra.

3.4 Tabla de manual de Mantenimiento semanal-mensual a un transformador de potencia.

Intervalo.	Actividades a realizar.
Mantenimiento semanal.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Inspección visual de fugas, limpieza, libre paso y corrosión. 2) Tome lectura de las corrientes y de los voltajes de carga. 3) Tome lectura de temperatura. 4) Observe sonidos inusuales. 5) Fugas, especialmente con PCB. 6) Nivel de aceite en los tanques y los pasatapas. 7) Inspeccione los medidores que posee un transformador junto como los pasatapas de alta como de baja tensión.

	8) Revise la existencia de fuga de aceite del tanque, uniones y tuberías.
Mantenimiento mensual.	<ol style="list-style-type: none">1) Realice las 3 pruebas de aceite dieléctrico y tome lectura.2) Realice la prueba de aislamiento y tome lectura (corriente de excitación en todos los TAPS).3) Revise el sistema de puesta a tierra y revise malos contactos conexiones rotas o corroídas.4) Realice inspección a carcasa de transformador por fuga y humedad.5) Revise boquillas y cambie sellos si se encuentran en mal estado.6) Revise si el TAP hace su función correctamente.

Tabla No. 4 de 6 de descripción de la maniobra.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Una vez realizadas y estudiadas las pruebas y los manuales de mantenimiento se pueden concluir que para un mantenimiento o reparación de transformadores es una herramienta poderosa a la hora de emitir un diagnóstico del estado del transformador, pasando a ser esta prueba la más importante dentro del mantenimiento de un transformador.

Se recomienda que al empezar las actividades el usuario o técnico lleve portado su equipo de seguridad, como también realizar las actividades semanales y mensuales para un mejor control de transformadores.

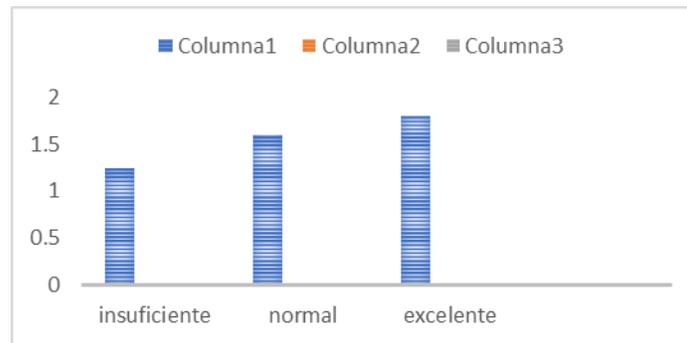
Se logró el objetivo de realizar paso a paso con actividades claras y estratégicas un manual de mantenimiento que mostrara el desarrollo del mismo, como también tener el conocimiento de pruebas a transformadores que detonaran el futuro de este y así tener un mejor control al hacer el mantenimiento en el taller de reparación de CFE contando con este manual de mantenimiento y reparación.

4.1 Resultados

4.1.1 Gráfica y tabla de determinación.

La lectura de las resistencias de aislamiento a los 30 y a los 60 segundos pueden ser suficientes para calificar el aislamiento, en la tabla siguiente se demuestra cual es el dato que puede definir si es insuficiente o se encuentra en buen estado como también excelente.

La siguiente grafica es de determinación del transformador de prueba de aislamiento.



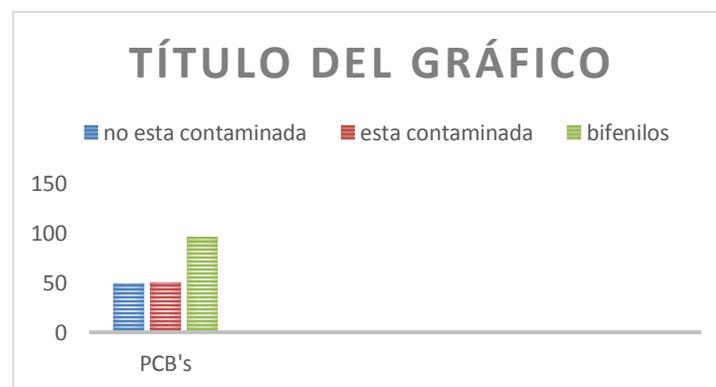
Grafica No. 1 de 2 de determinación de un transformador.

Tabla de determinación de transformadores de prueba de aislamiento.

VALOR	CONDICION DE AISLAMIENTO
< 1.25	INSUFICIENTE
< 1.6	NORMAL
>1.8	EXCELENTE

Tabla No. 5 DE 6 de determinación de un transformador.

Tabla de viabilidad de aceite



Grafica No. 2 de 2 de determinación de un transformador.

Tabla de determinación de partes por millón de PCB's

Pates por millón de PCB's	Es viable o no es viable
Concentraciones de 0-49 partes por millón de PCB's se consideran como.	NO Contaminados.
Concentraciones de 50-499 partes por millón de PCB's se consideran como	Contaminados.
Concentraciones de más de 500 partes por millón de PCB's se consideran como	Bifenilos

Tabla No. 6 de 6 de determinación de un transformador.

4.2 Trabajos Futuros

Realizar un formato con las indicaciones de seguridad y su porcentaje de riesgo dentro del miso manual y agregarla a cada actividad requerida dentro del proceso para el conocimiento del técnico.

4.3 Recomendaciones

Este manual es recomendado para trasformadores de tensión media tales como 15kv a 500 kVA, se recomienda tener el conocimiento de la herramienta utilizada como también el uso del equipo de seguridad para las pruebas de viabilidad.

ANEXOS

Las siguientes figuras muestran componentes de un transformador a la hora de un mantenimiento.



Figura A1



Figura A2



Figura A3



Figura A4



Figura A5



Figura A6

Bibliografía

- Arturo Tronco . (14 de abril de 2018). *EcuRed*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Transformador_el%C3%A9ctrico#Funcionamiento
- Concha, p. (s.f.). constitucion y funcionamiento de los transformadores . *electronica de potencia*.
- Conductores y equipo electrico*. (17 de abril de 2007). Obtenido de transformadores y control: <http://www.transformadoresycontrol.com/mantenimientos.html>
- Dialectrica., t. (s.f.). *tecnica dialectrica*. Obtenido de CONCENTRACIONES LIMITE DE PCB's: <http://www.tecnicadielectrica.com.mx/pcb.html>
- Electricapicada. (2008). KVA aparente. *convert free*.
- Federacion, d. o. (2014). Mexico d.f: norma TECA.
- (2014). *manuales dialectricos*. mexico d.f.: transformadores de potencia .
- republica, I. E. (2006). *industria electrica*. mexico, d.f: publicaciones electrica diacontacto.
- Robles, M. (2008). *calculo de bobina de trasnformador*. mexico: Publicaciones pontencia de transformador.