



XVII Simposio Internacional de Ingeniería Eléctrica "SIE 2017"

Análisis de las principales fallas en los transformadores de distribución marca "LATINOS"

Analysis of the main failures in the brand distribution transformers "LATINOS"

Agustín González Rodríguez¹, Leonardo Rodríguez Jiménez², Victor Rolando Jara González³

^{1, 2, 3} Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Carretera a Camajuaní Km 5 ½.

Santa Clara, Cuba. Teléfono: (53) (42) 281055

¹e-mail: agustingd@uclv.cu, ²e-mail: leonardo@uclv.edu.cu,

³e-mail: jara@uclv.cu, victorjara91@yahoo.com

Resumen

Los transformadores de distribución marca "LATINOS", componentes fundamentales dentro del sistema eléctrico cubano, contribuyen de manera relevante a garantizar el cumplimiento de la premisa de todo sistema eléctrico: asegurar el servicio a los consumidores con la mayor estabilidad y eficiencia posible. A pesar de la gran utilización de este tipo de transformador, se debe tener en cuenta que son fuentes de un gran número de fallas y salidas de servicio debido a numerosas causas de las cuales muchas pueden ser evitables, por lo que se puede afirmar que estos dispositivos no están siendo operados eficazmente por la Unión Eléctrica, independientemente de la mediana calidad del equipo al salir de la fábrica. Siguiendo la observación anterior se hace un exhaustivo análisis de las principales fallas de los transformadores de distribución marca "LATINOS", en donde se emplean los siguientes métodos de nivel teórico y métodos de nivel empírico: la observación, la entrevista y el criterio de especialistas. En el análisis de las principales fallas, se realizan inspecciones internas y externas a los transformadores teniendo en cuenta las particularidades técnicas y criterios teóricos en cada una, con el objetivo de definir síntomas característicos que conllevan a proponer medidas para la prevención de las mismas. A partir del diagnóstico realizado, se toma la decisión de mantener al transformador brindando servicio después de hacerle algunas reparaciones, o retirarlo para que a nivel de taller se le recupere. En caso de no poder repararlo, se deben tomar medidas para hacer un uso eficiente de los componentes sin afectaciones, contribuyendo en su conjunto a un considerable ahorro por concepto de importación y fabricación de piezas de repuesto, política económica esencial en el presente y futuro de nuestro país.





Palabras claves

Fallas, transformador, servicio, medidas, ahorro.

Abstract

Distribution transformers brand "LATINOS", fundamental components within the Cuban electrical system, contribute in a relevant way to guarantee the fulfillment of the premise of any electrical system: ensure the service to consumers with the highest possible stability and efficiency. In spite of the great use of this type of transformer, it should be borne in mind that they are sources of a large number of failures and departures from service due to numerous causes of which many can be avoided, so it can be said that these devices are not being operated effectively by the Electrical Union, regardless of the medium quality of the equipment when leaving the factory. Following the previous observation, an exhaustive analysis is made of the main faults of the distribution transformers brand "LATINOS", are used the following methods of theoretical level and methods of empirical level: observation, interview and expert judgment. In the analysis of the main faults, internal and external inspections are performed to the transformers taking into account the technical peculiarities and theoretical criteria in each one, with the aim of defining the characteristic symptoms that lead to propose measures for its prevention. From the diagnosis made, the decision is made to keep the transformer providing service after making some repairs, or withdraw it so that at the workshop level it recovers. If it cannot be repaired, measures should be taken to make efficient use of the components without damage, contributing as a whole to considerable savings for the import and manufacture of spare parts, essential economic policy in the present and the future of our country.

Keywords

Failures, transformer, service, measurements, saving.

1. Introducción

El transformador de distribución monofásico es un dispositivo eléctrico que convierte corriente alterna con un nivel de tensión a otro nivel de tensión según la aplicación que lo está requiriendo, esto se logra por un fenómeno de inducción electromagnético que se produce en el interior del transformador. [1] Estos niveles de tensión pueden variar dependiendo de su carga, ya sea residencial, comercial y pequeñas industrias. Actualmente los voltajes más usados en la distribución secundaria son los de 480Volts, 240Volts y 120Volts, lo que quiere decir, que sin los transformadores se tendría que generar





la corriente a esos voltajes para usarla directamente, solución totalmente ineficiente en la práctica debido a las pérdidas por efecto Joule. Se puede afirmar que aunque en la etapa de distribución primaria la transferencia de potencia analizando circuitos separados no sea comparable con la de un sistema de transmisión, los transformadores juegan un papel fundamental en este sentido.

Hoy en día, y particularmente en el sistema eléctrico cubano, el suministro de energía se realiza a través de distribución aérea, lo que hace de los transformadores de distribución un elemento fundamental para el desarrollo de las redes eléctricas. Estos transformadores son utilizados para alimentar cargas residenciales, comerciales e industriales de baja tensión, como: zonas urbanas, pequeñas industrias, comercio y zonas rurales. [5]

Actualmente dentro del sistema de distribución en la provincia Villa Clara la mayor parte de los transformadores instalados son del tipo "LATINOS", producidos en nuestro país en la fábrica de transformadores de igual nombre ubicada en La Habana, en el municipio Boyeros. Dicha fábrica se fundó con el objetivo de dar solución a los problemas de electrificación nacional y sustituir importaciones para generar ahorros a la economía del país. Se estima que la producción de transformadores es de 12000 al año, cifra con la cual se pretende satisfacer todas las demandas a nivel nacional puesto que la fábrica es la única existente en la isla.

Los transformadores monofásicos confeccionados por la fábrica "LATINOS" están diseñados para capacidades de 10 hasta 100 KVA con niveles de voltaje como se muestra en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Especificaciones de voltaje en la producción de transformadores "LATINOS".

Niveles de voltaje por primario (V)	Niveles de voltaje por secundario (V)
7620	120/240
	240/480
19100	120/240
	240/480

Aunque este tipo de transformador tiene una amplia aplicación dentro del sistema de distribución en la provincia estos tienen un alto índice de salidas de servicio debido a factores internos y externos; por ejemplo, durante el año 2016 se reportaron como fallados un total de 959 transformadores.



En la tabla 1.2 se muestra la distribución mensual de entrada de transformadores dañados al taller perteneciente a la Empresa Eléctrica durante el pasado año.

Tabla 1.2. Entrada mensual de transformadores dañados al taller.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
20	61	93	101	120	117	131	92	77	0	84	63

Teniendo en cuenta la problemática existente debido a las fallas comunes en los transformadores "LATINOS", y retomando la vital importancia que tiene la solución de las mismas para lograr en conjunto un mejor sistema eléctrico, se realiza este trabajo partiendo de la siguiente **situación problemática**:

¿Cuáles son las principales fallas que se producen en los transformadores de distribución LATINOS?

A partir de esta situación problemática, se trazó como objetivo general:

Analizar las fallas que se producen en los transformadores de distribución marca "LATINOS".

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se emplearon los métodos de nivel teórico: histórico-lógico, analítico-sintético, inductivo-deductivo y abstracto-concreto. Además también se utilizaron métodos de nivel empírico como: la observación, la entrevista y el criterio de especialistas.

Resultados y discusión

2. Análisis de las principales fallas en los transformadores de distribución marca "LATINOS". [2]

2.1 Clasificación de las principales fallas que se presentan en los transformadores de distribución.

Existe una clasificación de los tipos de fallas que presentan los transformadores de distribución las cuales se indican a continuación:

Térmicas: Ocurren cuando la temperatura de trabajo sobrepasa la establecida por el fabricante, ocasionando degradación del aceite dieléctrico de manera progresiva, lo que trae como consecuencia a mediano plazo, el deterioro del equipo, por efecto de una sobrecarga.

Arco eléctrico: Tienen lugar cuando fallan las protecciones del transformador, lo que trae como consecuencia cortocircuitos externos que dañan internamente el equipo, dejando esa parte de la red eléctrica fuera de servicio en forma imprevista.





Descargas Parciales: Son pequeñas descargas eléctricas que se producen en el seno de cavidades con gas presente en un medio aislante sólido o líquido. En los transformadores de distribución están asociadas a condiciones de sobretensión ocasionando daños en el aislamiento.

2.2 Principales fallas que se presentan en los transformadores de distribución marca "LATINOS".

Los transformadores de distribución se ven involucrados a diferentes escenarios sobrellevándolos a un fallo. En el momento de desarmar un transformador, en este caso "LATINOS" y hacer un análisis interno del mismo, se puede llegar a determinar características según la evidencia encontrada concluyendo en la identificación de algunos tipos de fallas producidas por los siguientes escenarios:

- Sobrecarga.
- Sobretensiones.
- Cortocircuitos externos.
- Problemas internos.
- Mala manipulación.
- Protección inadecuada.
- Falsos contactos por el devanado de bajo voltaje.
- Otras causas.

Para cada una de estas posibles causas ya se tiene un criterio establecido, con el objetivo de determinar con mayor facilidad la posible causa de falla del transformador.

Fallas por sobrecarga

La sobrecarga en los transformadores de distribución, sucede al momento de sobrepasarse el valor de la potencia nominal exhibido en la placa característica, ya sea por una carga adicional o un mal dimensionamiento por suplir la demanda requerida. Otra causa que conllevan al fenómeno de la sobrecarga, es debido a la temperatura ambiental no adecuada para el cual fue diseñado el transformador, así como el desbalance entre las distintas fases.

Cuando se realiza la inspección exterior ante este tipo de fallas se presentan los siguientes síntomas:

- Decoloración en los terminales de baja tensión.
- Color amarillento ennegrecido en los busching de baja tensión.
- Deterioro de la pintura interna del tanque, aunque en el exterior no presente daño aparente. Este fenómeno se puede observar en la figura 2.1.

De igual manera se realiza la inspección interior dando lugar a resultados como:





- Aceite: Presenta una degradación acelerada, con residuos de carbón y un olor a quemado, además de una disminución en el nivel del mismo. Este se torna enrojecido y con formación de lodo.
- Núcleo: Puede presentar carbón en su laminación.
- Devanados: Presentan envejecimiento acelerado en el aislamiento, ya sea recalentado o quemado y decoloración en los terminales de baja tensión. Además ocurren deslizamientos en las bobinas de alta tensión, así como devanados de baja y alta tensión cortocircuitados entre alguna de sus capas.

Estas evidencias por sobrecarga son debido a:

- Expansiones futuras no programadas.
- La mala selectividad en la elección de la capacidad del transformador.
- Mala coordinación de los fusibles.
- Recalentamiento en las fases por mala distribución.

A pesar de todos los inconvenientes antes mencionados, se puede evitar este tipo de falla de manera predictiva, realizando acciones como:

1. Realizar lecturas de carga y voltaje a los transformadores.
Derivado del análisis de los resultados de dichas lecturas corregir:
 - Desbalanceo entre fases.
 - Sobrecarga de fases.
2. Revisar las solicitudes de servicios para comprobar, si existe capacidad disponible en el transformador.
3. Evitar secundarios mayores de 100 metros y emplear conductores de calibres adecuados.
4. Seleccionar adecuadamente el fusible de protección primario.
5. Vigilar y eliminar acometidas de servicios fraudulentos. En áreas donde predomine este tipo de ilícitos, si es posible, tratar emplear protección secundaria.
6. Eliminar falsos contactos.

Resumiendo: Se deben realizar acomodo de cargas, balanceo y división de circuitos. En caso de ser posible y necesario, aumentar la capacidad del transformador.



Figura 2.1. Pintura interna del tanque deteriorado debido a sobrecargas.

Fallas por sobretensiones

Las sobretensiones en los transformadores de distribución se originan de manera mayoritaria en el momento de una descarga atmosférica. El campo electromagnético provocado por dicha descarga se expande a lo ancho del tendido eléctrico, afectando todos los componentes instalados en el mismo. Entre los componentes instalados dentro del tendido eléctrico se encuentra el transformador de distribución, que de no contar con las protecciones pertinentes, en el momento de una sobretensión puede sufrir daños severos.

Cuando ocurre una falla debido a sobretensión de origen atmosférico en los transformadores de distribución, se presentan algunas irregularidades que se mencionan a continuación:

- Aislador de alta tensión ennegrecido, como se observa en la figura 2.2.
- Evidencia de explosión en el núcleo o tanque.
- Evidencia de explosión entre los devanados de alta y baja tensión.
- Ruptura del devanado de alta tensión.
- Aceite de color ennegrecido.
- Cambio de derivaciones fundido.
- Perforación de la bobina de baja tensión.
- Cortocircuito entre las bobinas pertenecientes a las primeras o últimas capas de alta tensión.

Se pueden apreciar los siguientes resultados:

- Relación de transformación (TTR): Normalmente marca "abierto", pero cuando el daño es muy severo puede marcar "cortocircuito" entre capas.
- Resistencia de aislamiento (MEGGER): Puede dar un valor bajo debido a la carbonización del aceite.

- Rigidez dieléctrica del aceite: Da un valor bajo que depende del grado de carbonización del aceite.

La principal medida para revertir este tipo de fallas es la prevención. A continuación se muestran un grupo de acciones para disminuir la incidencia de este tipo de fenómenos:

1. Instalar pararrayos a todos los transformadores, teniendo en cuenta una correcta selección y conexión de los mismos.
2. Interconectar el bajante a tierra de los pararrayos, con el neutro y tanque del transformador.
3. Reemplazar pararrayos de manera que el transformador tenga siempre su protección completa.
4. Concientizar al personal que efectúa las revisiones en los circuitos sobre la importancia que tiene el reportar: pararrayos dañados, faltantes, bajantes de tierra rotos, pararrayos desconectados y mal conectados.
5. En base al punto anterior programar los trabajos de mantenimiento necesarios.
6. Si se tiene duda sobre pararrayos que no estén operando correctamente efectuar las pruebas correspondientes.
7. Realizar la medición de resistencia de tierra con el telurómetro y comprobar que esta se encuentre dentro de los límites permisibles.



Figura 2.2. Devanado de alto voltaje dañado por descarga atmosférica.

Fallas por cortocircuitos externos

- **Cortocircuitos en el secundario**

Este tipo de fenómeno se presenta de manera considerable en la distribución secundaria, donde ocurre con más frecuencia en el caso de los transformadores marca "LATINOS" de 10, 15 y 25 kVA, debido a las condiciones de diseño del devanado secundario. Después de 25 kVA se confecciona el devanado con folios los cuales no se desplazan, en cambio, cuando la capacidad del transformador es menor

que 25 kVA se usan pletinas, las cuales tienden a desplazarse y chocar con el núcleo provocando la falla. Para evitar este tipo de fenómeno en primera instancia, es necesario mejorar la resistencia mecánica de las bobinas del transformador. El daño que se presenta en el transformador por esta posible causa se debe al paso de una corriente excesiva a través de los devanados, los cuales ofrecen un camino de baja impedancia para la circulación de la misma.

Los cortocircuitos en distribución secundaria puede aparecer debido a causas externas como:

- Cortocircuito en acometidas.
- Conductores colgados.
- Conductores rotos.
- Vientos.
- Mala calidad de fusibles primarios.

Al hacerse la inspección exterior e interior al transformador se observa lo siguiente:

Inspección exterior:

- Tanque: Puede presentar abombamiento o ruptura.
- Busching de baja tensión: Se observan daños evidentes.

Inspección interior:

- Núcleo: No presenta daño.
- Devanados: Se presenta un desplazamiento en los devanados de alta y baja tensión destacando en ellos el aislamiento carbonizado, como se aprecia en la figura 2.3. También el aceite (carbonizado) se ve afectado con residuos de conductores.



Figura 2.3. Devanados dañados producto de un cortocircuito externo.

Acciones para disminuir los cortocircuitos en el secundario:

1. Reducir la longitud de los secundarios, evitando distancias excesivamente prolongadas.
2. Utilizar donde se justifique protección secundaria.
3. Instalar conductores adecuados a la carga.



4. Revisar y aplicar debidamente las prácticas actuales de selección del fusible primario que protege al transformador.
5. Tensionar conductores "colgados", o si se justifica instalar separadores. Reemplazarlos si se encuentran dañados.
6. En áreas arboladas cuando se instalen secundarios nuevos, utilizar conductores forrados y para los que están en operación se deberá cumplir con el programa de poda.
7. Retirar objetos extraños de las líneas.
8. Eliminar falsos contactos en las líneas y en la conexión de las acometidas, así como concientizar al personal (linieros e instaladores) de la importancia que tiene el efectuar las conexiones y los puentes correctamente.
9. Si se tiene duda sobre fusibles que no estén operando satisfactoriamente, efectuar las pruebas correspondientes.

- **Cortocircuitos en el primario**

Este fenómeno en los transformadores de distribución marca ``LATINOS`` está dado principalmente por la falla del aislamiento del mismo. Generalmente ocurre cuando el cierre del transformador no se realiza de forma hermética y entra agua provocando daños en el aislante líquido lo cual trae consigo la presencia de cortocircuitos por el devanado de alta del transformador. Este fenómeno se puede evitar mejorando el aislamiento del transformador y también asegurando el correcto cierre del mismo para garantizar su hermeticidad.

Problemas internos

Las secuelas de una falla interna no son claramente evidentes en el exterior del transformador. El detectar la presencia de un fallo interno es de crucial importancia, debido a que los riesgos aumentan significativamente a medida que evoluciona el fallo. La falla interna se presenta tanto por el lado de alta tensión como en el de baja tensión, y principalmente por:

- La presencia de humedad en el interior del equipo.
- Los falsos contactos.
- Terminales de salida partidos.
- Bajo nivel de aceite.

La mayoría de las fallas internas en los transformadores de distribución se deben al mal estado en los devanados, los cuales se ven afectados especialmente por la falta de aislamiento provocada en

numerosos casos, por la no hermeticidad del tanque generando humedad y corrosión en su interior. Este fenómeno se puede evidenciar en la figura 2.4.



Figura 2.4. Presencia de óxido en los devanados debido a la falta de hermeticidad.

Cuando se realizan los ensayos pertinentes de rutina a un transformador afectado por este tipo de falla se obtienen los siguientes resultados:

- Relación de transformación (TTR): Cortocircuito o abierto.
- Resistencia de aislamiento (MEGGER): Valores muy bajos y en casos extremos da un valor cero.
- Rigidez dieléctrica del aceite: Valores demasiado bajos.

Acciones para disminuir los problemas internos:

1. Instruir al personal que hace maniobras en transformadores, que las efectúen adecuadamente, ya que de no hacerlo pueden deformar el tanque y/o provocar problemas en la hermeticidad del mismo.
2. Mantenimiento preventivo al transformador, cuando en inspecciones rutinarias se detecten fugas de aceite.
3. Es necesario que todos los transformadores de distribución, nuevos y reparados, se les realice la prueba de hermeticidad.

Manipulación inadecuada

Este tipo de falla sucede por mala manipulación del equipo, por los métodos rápidos de dar solución a los problemas de interrupción de la energía eléctrica. Estas soluciones, no se enfocan en la causa



principal del por qué ocurrió dicha falla, solo actúan de acuerdo a la necesidad del momento y pasan por alto observaciones, las cuales traen consecuencias más adelante como el deterioro de la vida útil del transformador. Al momento de una falla por mala manipulación, se presentan algunas características en el transformador como:

- Terminales de bajas tensiones flojas y/o fundidas.
- Ruptura de los aisladores.
- Ruptura de conmutadores.

Protección inadecuada

En este grupo se clasifican los transformadores que se dañan por protección inadecuada y pueden presentar características de una segunda causa, ya que el equipo está expuesto a dañarse por no contar con protección. Para definir que un equipo se averió por esta causa únicamente será conociendo el estado real del sistema de protección.

Causas externas:

- Fusible de capacidad inadecuada.
- Sistemas de tierra inadecuados, rotos, con falsos contactos u omisión de los mismos.
- Pararrayos inapropiados o dañados.

Acciones a tener en cuenta para evitar daños debido a la protección inadecuada de los transformadores:

1. Seleccionar adecuadamente el fusible de acuerdo a la capacidad del transformador.
2. Realizar la inspección periódica de los pararrayos.
3. Concientizar al personal de la importancia que tiene que el equipo de protección quede instalado correctamente.

Falsos contactos por el devanado de bajo voltaje

Las características de este tipo de falla son muy parecidas a la falla por sobrecarga. Este tipo de fenómeno puede ser generado por la combinación de cobre con aluminio. En los transformadores donde ocurre este tipo de falla puede apreciarse claramente la acumulación de lodo (o bien óxido metálico). La principal característica para identificarla es que los consumidores se quejan por la intermitencia del servicio eléctrico.

Otras causas

En esta clasificación se registran todas aquellas causas que no se pueden incluir en ninguna otro grupo. Siendo estas las más comunes, se producen generalmente por las siguientes causas:





- Falla en cambiador de derivaciones.
- Falsos contactos.
- Poste podrido o dañado.
- Cortocircuito en alta tensión.
- Voltaje de alimentación incorrecto.
- Corrosión por contaminación.

Luego de realizar una inspección exterior se puede apreciar lo siguiente:

- Tanque: Puede presentar daños como abolladuras, corrosiones y abombamiento.
- Busching de baja tensión: Pueden presentar porcelanas quebradas o sin daño aparente y además contaminadas.

De igual forma realizando la inspección interior se observa que:

- Aceite: Puede encontrarse con residuos de carbón, coloración oscura y un olor anormal.
- Núcleo: Puede presentar residuos de carbón
- Devanados: Pueden presentar líneas reventadas o recalentamiento en las terminales del devanado de baja tensión.

Consideraciones para prevenir este tipo de fallas:

1. Cumplir con los programas de mantenimiento preventivos en las redes de distribución.
2. Obtener la mayor información que permita analizar con detalle el origen de la falla, a fin de identificar la causa y poder aplicar las medidas correctivas procedentes.
3. Verificar que se mantengan las separaciones y espaciamiento eléctricos en los secundarios, especialmente bajo condiciones de viento máximo.
4. En las inspecciones detalladas, verificar cuidadosamente si hay objetos no fácilmente visibles que hagan contacto eventual con la línea; contaminantes u otro tipo de material sobre los aisladores, que con una mayor humedad ocasional favorezcan el flameo del aislamiento.

En base a todos los datos registrados con anterioridad en los transformadores de distribución marca "LATINOS" se pueden obtener los datos necesarios que se requieren, para que cuando se detecte alguna falla en un transformador se pueda iniciar de manera inmediata el seguimiento a este equipo hasta su reparación o en el peor de los casos su baja definitiva.

Las principales causas posibles de falla que se pueden presentar son aquellas de origen externo que resulten obvias al realizar una primera inspección (como pudieran ser actos vandálicos, objetos extraños, averías por descargas atmosféricas o conductores de la red secundaria en cortocircuito) en el lugar de instalación de este, sin embargo es necesario continuar con todo el procedimiento, para llevar





a cabo un diagnóstico exitoso del transformador de distribución. El ingeniero de distribución, responsable del área donde se detectó el transformador dañado, debe asignar el trabajo de reemplazo o mantenimiento del equipo al personal capacitado y con experiencia para que reúna toda la información solicitada en el reporte y proporcione a la vez toda la información adicional que considere conveniente para así poder efectuar un dictamen apropiado de la posible falla del transformador .

Para que el diagnóstico de este transformador sea de una manera correcta se debe llenar un reporte de en el cual se asentarán todos los datos relativos al transformador que presenta la falla. [4]

Si se decide que el transformador puede seguir en el sistema, se realiza la reparación de los aspectos anormales externos que pueden ocurrir en: la tapa principal y sus tornillos de sujeción, los busching de alta y baja tensión, los conectores de baja y alta tensión, y los conectores a tierra, con el objetivo que el transformador pueda seguir en operación.

Si el transformador es retirado del sistema, el mismo debe ser trasladado al taller de reparación para realizarle las inspecciones (externas e internas) y las pruebas eléctricas pertinentes [7]; todo esto con el fin de observar si hay síntomas de humedad interna, anomalías en los valores de ruptura dieléctrica, presencia de lodo y bobinas cortocircuitadas. Luego, se clasifica el transformador como servible (reparación) o inservible (chatarra).

Una vez identificadas todas estas fallas mencionadas con anterioridad, y en dependencia de la magnitud del daño ocasionado al transformador se procede a realizar el proceso de recuperación del equipo en caso que sea posible; se realiza el cambio de aceite del mismo y de ser posible se vuelven a enrollar sus devanados. Los aisladores en caso de no dañarse se mantienen, al igual que el núcleo y el tanque. [6]

Actualmente el proceso de recuperación no se está realizando en el taller de transformadores perteneciente a la Empresa Eléctrica de Villa Clara, sino que se está realizando en La Habana en la fábrica de transformadores "LATINOS", a la cual se envían los núcleos, tanques, aisladores y otros accesorios de los transformadores averiados para confeccionar transformadores nuevamente y ahorrar al país grandes sumas de dinero, pues todos estos elementos poseen precios que a simple vista no parecen muy costosos pero si se multiplican por el gran número de transformadores que suelen salir de servicio en el país anualmente, entonces se puede afirmar que significa un ahorro considerable.



3. Conclusiones

Una vez realizado el análisis de fallas comunes en los transformadores de distribución marca "LATINOS", se arriban a conclusiones que demuestran que las mismas son de carácter interno y externo, y en la mayoría de los casos son evitables si se mantiene un plan de trabajo adecuado.

Se hace una explicación de cada falla, teniendo en cuenta la inspección interior y exterior al transformador, identificando los síntomas que la caracterizan y medidas a tomar para prevenirlas. Si se aplican fielmente las medidas establecidas en este estudio se alarga la vida útil de los transformadores y tiene una repercusión económica considerable. A partir del diagnóstico realizado se decide si el transformador se mantiene en el sistema haciéndole las reparaciones necesarias o en caso de retirarlo, se lleva al taller para su recuperación y en la medida de lo posible contribuir a la sustitución de importaciones con las partes no dañadas. A ciencia cierta no se ha podido determinar la cantidad exacta de aparición de fallas y específicamente en cada tipo las causas que las han provocado, debido a que no se cuenta con registros estadísticos de las mismas.

Referencias bibliográficas

- [1] A.I.Voldek, "Máquinas eléctricas."
- [2] A. C. M. J. S. G. MURCIA, "DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICOS PARA LA EMPRESA EMCARTAGO" p. 139, 2014.
- [3] F. E. R. Gutiérrez, "Sistema de Diagnostico de Fallas en Aislamientos de Transformadores " p. 86, 2012.
- [4] L. A. C. ARENAS, "PRUEBAS APLICABLES A TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN TIPO PEDESTAL HASTA 2500 KVA "p. 87, 2012.
- [5] I. M. d. l. Osa., " Ingeniería de Distribución(Transformadores) ETD. Habana,," 2011. " p. 139, 2014.
- [6] P. A. A. Cabra, "Pruebas eléctricas de rutina a transformadores de distribución," 2003.
- [7] E. C. D. D. L. VEGA, "DIAGNÓSTICO DE FALLAS DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN." p. 64, 2013.