

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS DE GRADO

TEMA:

**CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN
AUTOTRANSFORMADOR DE HASTA 600 VOLTIOS PARA
PRUEBA DE TRANSFORMADORES HASTA 15 KV.**

Tesis previa La obtención del título de Ingeniero Eléctrico.

POSTULANTES:

RENGIFO HERRERA LUIS PATRICIO

ALVAREZ GUANOLUISA DIEGO

DIRECTOR:

ING. MARCELO BARRERA

LATACUNGA-ECUADOR

AUTORÍA

Los postulantes, somos responsables del presente trabajo de investigación aquí descrito, además que este trabajo no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal, y que se ha consultado en dichas bibliografías que se vinculan a este manuscrito.

.....

LUIS PATRICIO RENGIFO HERRERA
C.I. 050160166-0

.....

DIEGO JAVIER ÁLVAREZ GUANOLUISA
C.I. 050324648-0

AVAL

En mi calidad de director de tesis sobre el tema de investigación **“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN AUTOTRANSFORMADOR DE HASTA 600 VOLTIOS PARA PRUEBA DE TRANSFORMADORES.”** de Luis Patricio Rengifo Herrera y Diego Javier Álvarez Guanoluisa postulantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica, tengo a bien en certificar que los mencionados señores, desarrollaron dicho trabajo investigativo, el cual fue dirigido y revisado en cada uno de sus capítulos.

Latacunga 2011

Ing. Marcelo Barrera
DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Nuestra eterna gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirnos asimilar los conocimientos de vital importancia para nuestro desarrollo en el campo profesional y el servicio a nuestra sociedad.

Nuestro más sincero agradecimiento al Máster Hugo Armas por su guía en la realización de nuestro tema de tesis.

De manera especial al Ing. Marcelo Barrera por su ardua labor para la consecución del desarrollo integral de éste proyecto de tesis.

Al Ing. Kléver Mayorga por su ayuda incondicional en la conformación de este trabajo investigativo.

A mi compañero y amigo Agustín Constante Paredes, quién en vida fue como un Hermano al que compartíamos nuestras penas y alegrías diarias.

DEDICATORIA

Agradezco a DIOS por darme la vida y permitirme alcanzar éste sueño anhelado.

A mi esposa Vilmita, mis hijas Talía y Solange; por su apoyo a costa de su propio sacrificio, para permitir alcanzar la meta propuesta.

A mis padres Luis y Beatriz por su ejemplo de humildad, honradez y perseverancia que han sido los pilares permanentes durante mi vida estudiantil.

A mi hermana Jeannette por ser la gestora para conseguir un peldaño más como profesional.

A mi hermano Iván por sus buenos consejos.

LUIS RENGIFO

ÍNDICE

I.- CAPITULO:

| | |
|--|----|
| 1.GENERALIDADES..... | 8 |
| 1.1TRANSFORMADORES..... | 8 |
| 1.1.1.- APLICACIONES DEL TRANSFORMADOR..... | 9 |
| 1.1.2.- PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO..... | 10 |
| 1.2.- AUTOTRANSFORMADORES..... | 11 |
| 1.2.1.- FUNCIONAMIENTO..... | 12 |
| 1.2.2 TIPOS DE CONSTRUCCION..... | 13 |
| 1.2.3 APLICACIONES..... | 14 |
| 1.3.- AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE (VARIAC)..... | 15 |
| 1.3.1.- CARACTERÍSTICAS DE LOS VARIAC..... | 16 |
| 1.3.2.- APLICACIONES DEL VARIAC..... | 17 |
| 1.4.- ANALIZADORES DE ENERGÍA..... | 18 |
| 1.8.- NORMAS DE SEGURIDAD Y MANEJO..... | 19 |
| II.-CAPITULO: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | 21 |
| 2.1.- INTRODUCCION..... | 22 |
| 2.2.- METODOLOGÍA UTILIZADA..... | 25 |
| 2.3.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA A LOS INGENIEROS DE LA EMPRESA INEDYC, Y A LOS TÉCNICOS DE LOS LABORATORIOS DE LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS AMBATO Y COTOPAXI. | 29 |
| 2.4.- VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS..... | 38 |
| 2.5.- CONCLUSIONES..... | 42 |
| 2.6.- RECOMENDACIONES..... | 43 |
| III.- CAPITULO: DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS..... | 45 |
| 3.1.- ESPECIFICACIONES DE LA FUENTE..... | 47 |
| 3.2.- SELECCIÓN DEL AUTOTRANSFORMADO..... | 49 |

| | |
|---|----|
| 3.3.- DISEÑO DEL TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO..... | 51 |
| 3.4.- DETERMINACIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS..... | 53 |
| 3.5.- SELECCIÓN DEL SISTEMA PARA ANÁLISIS DE ENERGÍA..... | 56 |
| 3.6.- PARÁMTEROS DE DISEÑO..... | 57 |
| 3.7.- BIBLIOGRAFÍA..... | 58 |
| IV.- ANEXOS | |

I.- CAPITULO: GENERALIDADES

1.1.- TRANSFORMADORES

El transformador (trafo) está fundamentado en los fenómenos de inducción electromagnética. Consta de un núcleo de chapas magnéticas, al que rodean dos devanados, denominados primarios y secundarios. (Figura 1.1) Al conectar el devanado primario a una red de corriente alterna (c.a.) se establece un flujo alterno en el circuito magnético que, a su vez, inducirá las fuerzas electromotriz (f.e.m.) en él o los devanados secundarios.

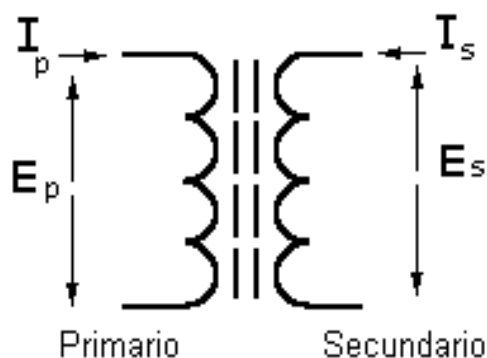


Figura 1.1 – Configuración del transformador

El primario recibe la potencia de la red, por lo tanto se debe considerar como un receptor o consumidor. Por el contrario, el secundario se une al circuito de utilización, pudiéndose considerar, por lo tanto, como un generador. En resumen el transformador, es un aparato estático de inducción electromagnética destinado a transformar un sistema de corrientes variables en otro o varios sistemas de corrientes, cuyas tensiones e intensidades son generalmente diferentes, aunque de la misma frecuencia.

1.1.1.- APLICACIONES DEL TRANSFORMADOR

Usos industriales:

- Amplitud y frecuencia de entrada fijas.
- No hay ganancia en potencia (sino pérdidas Ej. corrientes parásitas). Lo que puede haber es ganancia en tensión.
- Uso para grandes potencias.
- Teniendo su principal aplicación como variador de tensión, es en las líneas de transporte de energía eléctrica donde su aplicación es fundamental, debido a su doble función tanto como elevador como reductor. Elemento de circuito:
 - Sistemas para acoplo magnético (P. Ej. Circuitos magnéticos)
 - En sistemas electrónicosDebido a la propiedad del transformador de reflejar impedancias se utiliza como:
 - Adaptador de impedancias.
 - Separador (Aislador de cargas de fuente).
 - Elementos de medida. A la vez se necesitan como elementos de adaptador para la instrumentación, como es el caso de los transformadores de potencial.

1.1.2.- PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

El principio de funcionamiento de un transformador se basa en una de las leyes universales del electromagnetismo, este dice lo siguiente “todo flujo magnético variable en el tiempo que atraviese una espira o una bobina de alambre va inducir un voltaje en la misma”.

Sea un circuito magnético formado por chapas magnéticas (núcleo de material ferro magnético), y rodeado por dos bobinas B1 y B2; se conecta la bobina B1 a los terminales de un generador de corriente alterna, esta

bobina se llama bobina primaria la que actúa como una inductancia y al ser atravesada por una corriente variable, produce un flujo. Este flujo variable, abrazado por la bobina B2, llamada bobina secundaria, determina en esta la producción de una f.e.m. inducida de la misma frecuencia, si se conecta un receptor Z a los terminales de B2 la corriente alterna recorre el circuito llamado secundario; en consecuencia por imantación mutua, una potencia eléctrica alterna pasa de un circuito llamado primario a otro llamado secundario. Así pues, un transformador puede ser considerado como el grupo de dos arrollamientos o grupo de arrollamientos, eléctricamente independientes y acoplados entre sí por medio de un circuito magnético. (Figura 1.2)

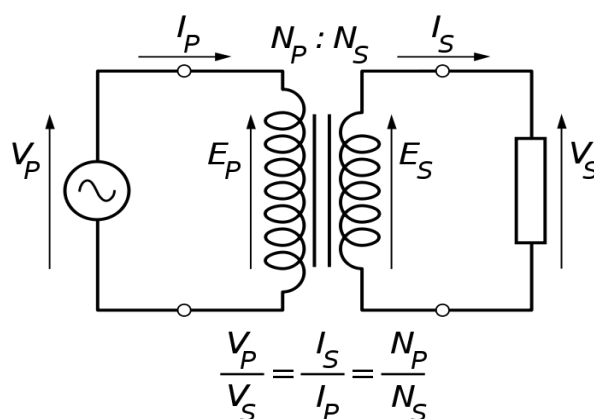


Figura 1.2 – Circuito magnético del transformador.

Como se pretende que sea máximo el flujo que proporcionado por un arrollamiento atraviese a los demás, el circuito magnético suele ser de baja reluctancia.

Dónde:

Φ = Flujo magnético

fem= Fuerza magneto motriz

R= Reluctancia

N= Número de espiras

I= Corriente de magnetización

μ_0 = Permeabilidad magnética del núcleo en el vacío

μ = Permeabilidad magnética del núcleo

L = Longitud del circuito magnético

S = Sección del circuito magnético

Se entiende por reluctancia la resistencia que opone un material al paso del flujo magnético por él. Por analogía se puede considerar la anterior fórmula como la ley de ohm aplicada a circuitos magnéticos. Las dos propiedades más importantes del transformador son: La relación entre las tensiones del primario y secundario es sensiblemente igual a la relación entre el número de espiras de los arrollamientos primario y secundario (Ecuación 1.2)

- $N_1 = V_1 \cdot 10^8 / 4,44 \cdot F \cdot B \cdot S$ (Ecuación 1.2)

Donde:

N_1 = Número de espiras circuito primario.

V_1 = Voltaje del circuito.

F = Frecuencia.

B = Densidad de flujo.

S = Sección del núcleo.

10^8 = Constante

La relación entre las corrientes del primario y el secundario es sensiblemente igual a la inversa de la relación de transformación con signo menos.

$$N_p / N_s = I_s / I_p \text{ (Ecuación 1.3)}$$

Dónde:

N_p = Número de espiras circuito primario

N_s = Número de espiras circuito secundario

I_p = Corriente del circuito primario

I_s =Corriente del circuito secundario

1.2.- AUTOTRANSFORMADORES

Un autotransformador es una máquina eléctrica de construcción y características similares a las de un transformador, pero que a diferencia de éste, sólo posee un único devanado alrededor del núcleo. Dicho devanado debe tener al menos tres puntos de conexión eléctrica, la de tensión y la carga se conectan a dos de las tomas, mientras que una toma (la del extremo del devanado) es una conexión común a ambos circuitos eléctricos (fuente y carga). Cada toma corresponde a una tensión diferente de la fuente (o de la carga, dependiendo del caso).

Teóricamente, un autotransformador se define como un transformador que tiene sólo un arrollamiento. Así, un transformador con varios arrollamientos que tenga arrollamientos aislados puede considerarse un autotransformador si todos sus arrollamientos están conectados en serie aditiva (o sustractiva) para formar un arrollamiento único. Se muestran tales conexiones de autotransformador. A primera vista, puede parecer que el transformador reductor no es más que un divisor de tensión. Pero fijándonos en el sentido de la corriente de la parte del autotransformador común a ambos circuitos, primario y secundario, le puede verse que dicho sentido es inverso comparado a un divisor de tensión ordinario. Además, en un divisor de tensión ordinario, I_1 mayor que I_2 . Pero el autotransformador debe obedecer a una ecuación en la que $V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2$. Como V_2 es más pequeño que V_1 , I_2 debe ser mayor que I_1 . Así, para el circuito que muestra, como autotransformador reductor.

$$I_2 = I_1$$

También se prueba sin ningún género de dudas que el autotransformador cuando se usa como elevador no tiene la posibilidad de ser un divisor de tensión. Nuevamente, como $V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2$ y $V_2 > V_1$, entonces $I_1 > I_2$. Así, para el circuito, como autotransformador elevador.

$$I_1 = I_2 + I_c$$

El autotransformador también puede hacerse regulable, de manera muy parecida a como un potenciómetro se convierte en un divisor de tensión regulable. Los autotransformadores regulables constan de un único arrollamiento o devanado sobre un núcleo de hierro toroidal. Tales autotransformadores regulables, denominados “powerstars” o “variacs”, tienen un contacto deslizante de carbón sobre un eje giratorio que hace contacto con espiras expuestas del arrollamiento del transformador. Aunque la construcción permite su uso sólo como transformador reductor, sino, que permite ambos usos, reductor y elevador (lo que es imposible en un potenciómetro). Obsérvese que en ambos casos, sin embargo, sólo se emplea un único arrollamiento. Los autotransformadores regulables son extremadamente útiles en el laboratorio o en situaciones experimentales en las que se requiere una amplia gama de ajuste de tensiones con poca pérdida de potencia. Se describe la aplicación del autotransformador variable como un dispositivo de control de velocidad de un motor monofásico.

Debe observarse que la corriente instantánea en la parte común del autotransformador, I_c , indica que puede tener cualquier sentido. Hacia arriba (alejándose) o hacia abajo (acercándose) respecto a la conexión común, dependiendo de si se usa el transformador como dispositivo reductor o como elevador. Veremos, también, que el sentido de la corriente instantánea es también función de si el arrollamiento común usa polaridad aditiva o subtractiva respecto a la parte del arrollamiento no común a ambos circuitos (primario y secundario). Así, la única manera de determinar el sentido de la corriente en el arrollamiento común consiste en dibujar los sentidos instantáneos de la intensidad en el primario, I_1 , y la intensidad en el secundario, I_2 . La diferencia entre estas corrientes es I_c .

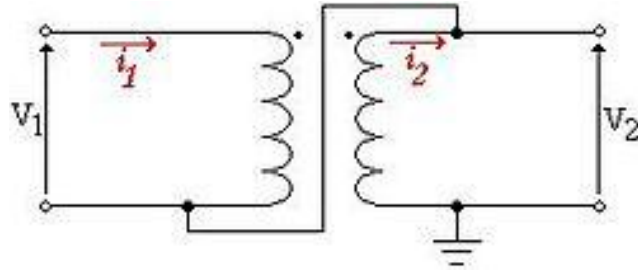
Cualquier transformador ordinario con aislamiento entre los dos devanados puede convertirse en autotransformador. En esta figura puede verse el transformador con su aislamiento original, con su polaridad marcada. El transformador seleccionado es un transformador con

aislamiento de 5kVA y 440/120 V. Se desea convertir este transformador en un autotransformador, conservando la polaridad aditiva entre los lados de alta tensión y de baja tensión. Este circuito con el terminal común del autotransformador en la parte superior y está dibujado con el terminal común en la parte inferior. Como la polaridad es aditiva la tensión en el secundario $V_2 = 600\text{v}$, mientras que la tensión en el primario, V_1 es 120v. Aunque la potencia original del transformador con aislamiento es 5 kVA, la disposición que muestra resulta tener un aumento notable de potencia. También se observa que la parte de baja tensión tiene una corriente superior ($I_1 > I_2$) y que I_c debe circular hacia el terminal común.

El enorme incremento de potencia en kVA, producido al conectar un transformador como autotransformador es lo que permite que los autotransformadores sean de tamaño mucho menor que los transformadores. Sin embargo, debe hacerse notar que solo cuando la relación entre las tensiones del primario y del secundario se acerca a la unidad, existe un aumento notable de capacidad. Si la relación entre las tensiones del primario y secundario es elevada, el incremento de potencia no es tan notable.

En un autotransformador, la porción común (llamada por ello "devanado común") del devanado único actúa como parte tanto del devanado "primario" como del "secundario". La porción restante del devanado recibe el nombre de "devanado serie" y es la que proporciona la diferencia de tensión entre ambos circuitos, mediante la adición en serie (de allí su nombre) con la tensión del devanado común.

Operación

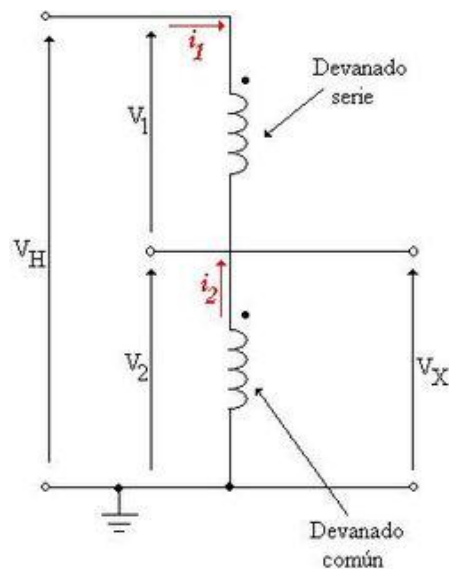


Construcción de un autotransformador a partir de un transformador.

En un transformador, las definiciones de primario y secundario son:

- V_1 : Tensión en el devanado primario
- i_1 : Corriente en el devanado primario
- V_2 : Tensión en el devanado secundario
- i_2 : Corriente en el devanado secundario

Al conectarlo como autotransformador, hay que redefinir primario y secundario como:



- V_H : Tensión en el primario (devanado serie + común)
- V_X : Tensión en el secundario (devanado común)

- i_H : Corriente en el primario (devanado serie + común)
- i_X : Corriente en el secundario (devanado común)

Comparando ambas posibilidades de conexión, se observa que se cumplen las siguientes relaciones:

$$V_H = V_1 + V_2$$

$$V_X = V_2$$

$$i_H = i_1$$

$$i_X = i_1 + i_2$$

Pero:

$$V_1 = \left(\frac{N_1}{N_2}\right) * V_2$$

$$V_H = \left(\frac{N_1}{N_2} + 1\right) * V_2$$

$$V_H = \left(\frac{N_1 + N_2}{N_2}\right) * V_X$$

Despreciando la rama en paralelo:

$$i_H = i_1$$

$$i_X = i_H + i_2 = \left(\frac{N_1}{N_2} + 1\right)$$

$$i_H = \left(\frac{N_2}{N_1 + N_2}\right) * i_X$$

Con respecto a la potencia, para el transformador se cumple que:

$$S = V_1 * i_1$$

o bien, despreciando las pérdidas,

$$S = V_2 * i_2$$

La potencia al conectarlo como autotransformador es:

$$S' = V_H * i_H$$

o bien, despreciando las pérdidas,

$$S' = V_X * i_X$$

si se sustituyen los valores y se agrupa correctamente, se obtiene:

$$S' = \left(\frac{N_2}{N_1} + 1 \right) * S$$

Por lo tanto, al conectar un transformador como autotransformador, este aumenta su capacidad para transferir potencia en una proporción determinada por la relación de transformación de la conexión como transformador. La implicación directa de esta deducción matemática es que para transferir la misma cantidad de potencia entre dos circuitos, un autotransformador es de menor tamaño que un transformador equivalente.

1.2.1.- FUNCIONAMIENTO

Al igual que los transformadores, los autotransformadores funcionan basados en el principio de campos magnéticos variantes en el tiempo, por lo que tampoco pueden ser utilizados en circuitos de corriente continua.

La transferencia de potencia entre dos circuitos conectados a un autotransformador ocurre a través de dos fenómenos: el acoplamiento magnético (como en un transformador común) y la conexión galvánica entre los dos circuitos (a través de la toma común). Por esta razón, un autotransformador resulta en un aparato más compacto (y a menudo más económico) que un transformador de la misma potencia y voltajes nominales. De igual manera, un transformador incrementa su capacidad de transferir potencia al ser conectado como autotransformador.

La relación de transformación de un autotransformador es la relación entre el número de vueltas del devanado completo (serie + común) y el número de vueltas del devanado común. Por ejemplo, con una toma en la mitad del devanado se puede obtener un voltaje de salida (en el devanado "común") igual a la mitad del de la fuente (o viceversa). Dependiendo de la aplicación, la porción del devanado que se utiliza sólo para el circuito de alta tensión se puede fabricar con alambre de menor calibre (puesto que requiere menos corriente) que la porción del devanado común a ambos circuitos; de esta manera la máquina resultante es aún más económica.

1.2.2 TIPOS DE CONSTRUCCIÓN

Existen autotransformadores con varias tomas en el secundario y por lo tanto, con varias relaciones de transformación. De la misma manera que los transformadores, los autotransformadores también pueden equiparse con cambiadores de toma automáticos y utilizarlos en sistemas de transmisión y distribución para regular la tensión de la red eléctrica.

Con la incorporación de varias tomas, es posible obtener más de un valor para el voltaje secundario e incluso es posible obtener voltajes ligeramente mayores a los de la fuente -para ello, el devanado debe construirse para que su voltaje nominal sea ligeramente mayor que el del

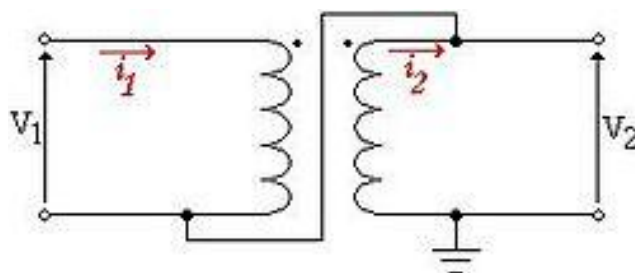
lado fijo o primario-. También existen autotransformadores en los que la toma secundaria se logra a través de una escobilla deslizante, permitiendo una gama continua de voltajes secundarios que van desde cero hasta el voltaje de la fuente. Este último diseño se comercializó en Estados Unidos bajo el nombre genérico de Variac y en la práctica funciona como una fuente de corriente alterna regulable en voltaje.

Autotransformador reductor

Si se aplica una tensión alterna entre los puntos A y B, y se mide la tensión de salida entre los puntos C y D, se dice que el autotransformador es reductor de tensión.

Autotransformador elevador

Si se aplica una tensión alterna entre los puntos C y D, y se mide la tensión de salida entre los puntos A y B, se dice que el autotransformador es elevador de tensión.



1.2.3.- APLICACIONES

Los autotransformadores se utilizan a menudo en sistemas eléctricos de potencia, para interconectar circuitos que funcionan a voltajes diferentes, pero en una relación cercana a 2:1 (por ejemplo, 400 kV / 230 kV ó 138 kV / 66 kV). En la industria, se utilizan para conectar maquinaria fabricada para tensiones nominales diferentes a la de la fuente de alimentación (por

ejemplo, motores de 480 V conectados a una alimentación de 600 V). Se utilizan también para conectar aparatos, electrodomésticos y cargas menores en cualquiera de las dos alimentaciones más comunes a nivel mundial (100-130 V a 200-250 V).

1.3.- AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE (VARIAC)

El VARIAC es un autotransformador en el cual uno de los terminales no es fijo sino que se mueve mediante un cursor. Esto permite variar la relación de transformación del autotransformador, y por lo tanto, obtener una tensión secundaria variable a voluntad. En ellos el circuito magnético de cada fase suele tener forma de toro alrededor del cual se bobina el arrollamiento que hace de primario y de secundario a la vez.

La variación de posición del terminal variable del autotransformador se hace mediante un elemento electromecánico que consta de un motor eléctrico, el cual comandado por una tarjeta electrónica posiciona el terminal en los puntos exactos del bobinado donde se desea obtener la tensión deseada.

1.3.1.- CARACTERÍSTICAS DE LOS VARIAC

- Eficiente: Transforma la potencia más eficientemente que los reóstatos
- Durable: Funciona en frío
- Capacidad de sobrecarga: Hasta 1000% en cortocircuito
- Independiente del tamaño de la carga y del factor de potencia
- Estable: No produce sonido ni inserta ruido en la línea
- Confiable

1.3.2.- APLICACIONES DEL VARIAC

Si el voltaje de línea disponible es solo la mitad del requerido por la carga, un Variac puede doblar el voltaje mientras provee un control completo del voltaje de salida, algunas de las aplicaciones son las siguientes:

APLICACIONES TÍPICAS PARA AUTOTRANSFORMADORES VARIAC

- Lámparas Incandescentes
- Brillantez y Temperatura del color
- Lámparas Fluorescentes
- Brillantez
- Dispositivos Calentadores (Calentadores Resistivos y lámparas infrarrojas)
- Temperatura
- Motores AC Motores DC
- Uso únicamente en cargas de ventilación o donde el torque es proporcional a la velocidad
- Rectificadores
- Uso con rectificador para control de velocidad de motores
- Solenoides
- Fuerza
- Cargas de Prueba
- Voltaje de prueba en alta y baja tensión, pruebas de cortocircuito

1.5.- NORMAS DE SEGURIDAD Y MANEJO

Para crear un ambiente de trabajo seguro se requieren prácticas de seguridad en el trabajo y la identificación de peligros comunes. Los siguientes procedimientos brindan una forma efectiva de reducir accidentes relacionados con la electricidad:

- Use procedimientos de cierre/etiquetado antes de comenzar a trabajar en circuitos u equipos eléctricos

- Evite trabajar cerca de fuentes eléctricas cuando usted, sus alrededores, sus herramientas o su ropa estén mojadas
- Suspnda cualquier trabajo de electricidad al aire libre cuando comience a llover
- Ventile el área de trabajo para reducir peligros atmosféricos como polvo, vapores inflamables o exceso de oxígeno
- Mantenga un ambiente limpio y ordenado, libre de peligros
- Disponga ordenadamente las herramientas y equipos, colocando todo en su debido lugar después de cada uso
- Mantenga el área de trabajo libre de trapos, basura y otros escombros o desechos
- Limpie puntualmente los líquidos que se hayan derramado y mantenga los pisos completamente secos
- Use cables que son a prueba de agua al aire libre
- Asegúrese de que las tres patillas del enchufe estén intactas en todos los cables de extensión
- Proteja todos los cables eléctricos cuando los utilice en o alrededor de los pasillos
- Evite usar cables eléctricos cerca de calor, agua y materiales inflamables o explosivos
- Nunca use un cable de extensión con el aislante dañado
- Inspeccione los cables eléctricos e interruptores para determinar si tienen cortes, el aislante desgastado, terminales expuestos y conexiones sueltas
- Asegúrese de que las herramientas estén limpias, secas y libres de partículas grasosas o depósitos de carbón
- No cargue, almacene o cuelgue las herramientas eléctricas por el cable
- No sobrecargue los enchufes de las paredes o los cables de extensión
- Nunca quite la pata de tierra del enchufe de tres patas para colocarla en un Enchufe de pared para dos patas

- Use un buen par de zapatos de seguridad resistentes al aceite con suelas y Tacones anti resbalantes
- No use ropa que le restrinja el movimiento
- Use cascos protectores clase B cuando trabaje cerca de cables eléctricos elevados
- Evite los cinturones con hebillas grandes de metal.

II. CAPITULO

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

2.1.- Introducción

En el desarrollo del presente capítulo, se procede a realizar el análisis partiendo de los datos obtenidos en las empresas eléctricas de Ambato y Cotopaxi las diferentes empresas distribuidoras de energía y de la empresa constructora de redes de distribución, con el cual se espera corroborar nuestra hipótesis de trabajo y determinar la factibilidad de diseñar e implementar un banco de pruebas de rutina para transformadores monofásicos y trifásicos para el laboratorio de la “Universidad Técnica de Cotopaxi”.

El mismo que se utilizara como elemento de aprendizaje entre el alumno y el docente, para la adquisición de nuevos conocimientos prácticos, generando destreza y aptitudes en los alumnos, obteniendo profesionales de calidad.

Se describe de manera detallada con un manual la utilización correcta y su aplicación de los diferentes equipos a utilizarse para las diferentes pruebas en los transformadores en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Llegamos a este punto del estudio en el que se presenta la incertidumbre acerca de cómo presentar los resultados de nuestra investigación: ¿Es

conveniente representar gráficamente los resultados con una descripción detallada? Es evidente la utilidad de poder comparar los datos, puesto que nuestro estudio se compone de varios resultados de análisis, con la consecuencia de que estos conllevan en cuanto a similitudes y diferencias en el resultado que nos arroje la encuesta ya que las preguntas tienen un propósito específico mismo que es el objeto de nuestro estudio. Sin embargo, a pesar de que el estudio permitirá observar y determinar las causas del problema y cual será nuestro principal objetivo con la presente investigación, nos permitirá la verificación o refutación de la hipótesis planteada. El hecho de incluir como parte integrante de nuestra investigación a la encuesta como una herramienta y a la estadística descriptiva nos garantizara la obtención de datos reales de las empresas eléctricas de Ambato, Cotopaxi y de la empresa constructora de redes eléctricas de Cotopaxi, ya que con ello se podrá conocer las el tipo de pruebas que han realizado y los equipos que han utilizado, aplicaciones y elementos más utilizados en las empresas del medio, el cual abarca la carrera de Ingeniería Eléctrica.

En cualquier caso, se ha optado en la presente investigación en dedicar un solo capítulo al análisis e interpretación de resultados de modo general, en el transcurso del cual podrán observarse diferencias en lo que a resultados se trata. Así el presente capítulo se divide en cinco bloques principales:

- a) El primer bloque (literal 2.2) contiene la metodología utilizada como es el método científico con la técnica de investigación de campo y aplicando la encuesta como herramienta para la recolección de datos para nuestro proyecto de estudio con la respectiva caracterización de las empresas encuestadas.

- b) El segundo bloque (literal 2.3) está relacionado con el análisis concreto y especificado de los datos que arrojen los estudios concernientes a nuestra hipótesis de trabajo, entendiendo por datos preliminares cuestiones estadísticas tales como la contestaciones de las preguntas, forma que se entiende la pregunta, enfoque directo hacia el área correspondiente, lugar de la encuesta y tipos de personas a las cuales se realiza la encuesta y el número total de preguntas aplicando la alternativa adecuada con la utilización de la escala de Likert.

- c) El tercer bloque (literal 2.4) abarca la comprobación de la hipótesis con los datos finales del estudio que previamente hemos obtenido, este tercer bloque nos arrojará una respuesta favorable o negativa a nuestras premisas. Los datos procedentes del segundo bloque contribuirán a la interpretación de resultados de este bloque.

- d) El cuarto bloque (literal 2.5) acoge las conclusiones finales del estudio relacionado con la hipótesis y las variables favorables de la tesis.

- e) El quinto bloque (literal 2.6) interrelaciona las recomendaciones finales del estudio que nos facilitó los resultados para la aplicación o la adecuación de los beneficios que implica el desarrollo de la hipótesis en dicho proyecto y datos reales previamente justificados.

En el análisis e interpretación de datos de nuestro proyecto se aplicó con la ayuda de Microsoft Excel la interpretación gráfica de los resultados y una mejor ilustración y explicación en el contenido del proyecto de tesis.

2.2.- Metodología utilizada

En este capítulo se describe el desarrollo del proyecto de tesis, por ende se procedió a utilizar el método científico el cual describe que es el conjunto de actividades sistemáticas que el investigador utiliza para descubrir la verdad y enriquecer la ciencia.

En la aplicación de esta investigación el método científico sirvió para detectar errores, llenar vacíos del conocimiento, realizar aplicaciones y descartar errores; para ello, se utilizó los siguientes procedimientos:

- Se partió de una necesidad sentida.
- Se formuló un problema
- Se planteó una hipótesis
- Se recolecto los datos
- Se extrajo conclusiones

Para poder precisar el trabajo de obtención de datos se decidió aplicar la técnica de investigación de campo la cual nos permite estar en el lugar en que se desarrolla o producen los acontecimientos, en contacto directo con quien o quienes son los gestores del problema que se investiga. Aquí se obtiene la información de primera mano en forma directa, con la ayuda de la herramienta estadística llamada encuesta la cual fue aplicada a las diferentes empresas, mediante el uso del cuestionario que se encuentra en el **ANEXO 1**, con esta información se contribuirá a obtener pautas e información de los problemas y necesidades que tienen los profesionales de dicha carrera en el área de pruebas y mantenimiento de transformadores en un banco de pruebas de rutina buscar las posibles soluciones.

Una vez que se tiene definido los datos con la aplicación de la escala de Likert en la encuesta se precede a diseñarlos y representarlos gráficamente con la ayuda del programa Microsoft Excel de acuerdo con el proceso diseñado, obteniendo así la validación de la hipótesis planteada aplicando así las variables de dicho proyecto.

CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO.

INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN:

➤ ORIGEN.

La EEASA, fue fundada como compañía anónima en el año 1959. Comenzó sus operaciones arrendando un local en el sector central de la ciudad de Ambato y con la participación de ciento diez trabajadores que atendían a seis mil clientes, con serias limitaciones en su infraestructura básica y muy escasos recursos, que fueron superados exitosamente para llegar al nivel actual de desarrollo. Su única fuente de generación fue la Central Hidroeléctrica Miraflores que producía 1450 KW.

CARACTERIZACIÓN EMPRESA ELECTRICA PROVINCIAL COTOPAXI.

INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN:

➤ ORIGEN.

El día domingo 11 de abril de 1909 el Coronel Justiniano Viteri, Presidente del Consejo Municipal de Latacunga, inauguró en forma oficial el servicio de Alumbrado Eléctrico de esta ciudad, conformándose lo que se llamó los Servicios Eléctricos Municipales, entidad que desde aquella fecha fue la encargada de administrar la energía eléctrica producida por una pequeña planta hidráulica de 30 KW. Localizada en el barrio Miraflores, el servicio que se brindaba era

exclusivamente de alumbrado de domicilios y de las calles céntricas de la ciudad. Al transcurrir los años y al incrementarse la utilización del servicio eléctrico fue necesario que en 1925 se inaugure otra Central Hidráulica de 300 KW. En el Río Yanayacu. El voltaje al cual se generaba era el mismo al que se distribuía y se consumía, es decir 110/220 V. con la primera central y luego con la segunda distribuida a 2.400 V.

El día 2 de mayo de 1975 el Instituto Ecuatoriano de Electrificación INECEL se hace cargo de la administración de la energía eléctrica de Cotopaxi y funda el Sistema Eléctrico Latacunga (S.E.L.), inmediatamente inicia sus labores, sus primeras obras fueron la reparación de las Centrales Hidráulicas y el revestimiento de 15 Km. del canal de Aducción. Luego desde 1976 se inicia una remodelación integral y ampliación de las redes de distribución de las zonas rurales de la provincia.

Las redes de distribución se constituyeron exclusivamente en postes de madera tratada y de hormigón con conductores de aluminio y con un voltaje de 13.800 V. en el año de 1983, este programa de remodelación fue concluido.

Ante el notario segundo del cantón Latacunga el 25 de noviembre de 1983 se otorga la escritura pública de constitución de la compañía anónima denominada

"EMPRESA ELECTRICA PROVINCIAL DE COTOPAXI S.A., ELEPCO S.A."

El 1ro de febrero de 1984 entra en funcionamiento la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., siendo sus Accionistas INECEL y los Ilustres Municipios de Latacunga, Saquisilí, Salcedo y Pujilí.

En el mes de marzo de 1987 se realiza la construcción de la ampliación de las Centrales Hidráulicas Illuchi N° 2, con el financiamiento de INECEL y de fondos propios de la Empresa. Esta ampliación tiene 5200 Kw divididos en dos grupos, inició su funcionamiento en el mes de diciembre de 1987.

CARACTERIZACIÓN EMPRESA INEDYC.

INFORMACIÓN DE LA INSTITUCIÓN

➤ ORIGEN

INEDYC CIA. LTDA, es una empresa con su oficina matriz en la ciudad de Ambato. Nace con la ideología de ser una empresa que brinde un servicio integrado en las áreas de diseño y construcción Eléctrica y Electromecánica.

Nuestros trabajos se han visto reflejados por el cumplimiento de plazos con una optimización de recursos, es por ello que la empresa ha tenido un crecimiento y confianza a nivel regional y nacional dentro de Empresas Eléctricas, Empresas privadas, Petroleras, Manufactureras, Metalúrgicas; etc. Poseemos el personal técnico y de ingeniería con conocimiento y experiencia para la realización de los distintos trabajos. Contamos con equipo y herramientas propias y en óptimas condiciones.

Con el afán de poder servir a nuestros clientes de la manera más acertada posible, se pone a su conocimiento la presente carta de presentación que amplía las nuestro horizonte de trabajo.

2.3.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA A LOS INGENIEROS DE LA EMPRESA INEDYC, Y A LOS TÉCNICOS DE LOS LABORATORIOS DE LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS AMBATO Y COTOPAXI.

Pregunta 1.

1. ¿Ha visto Ud. Un Autotransformador?

- a) Si b) No

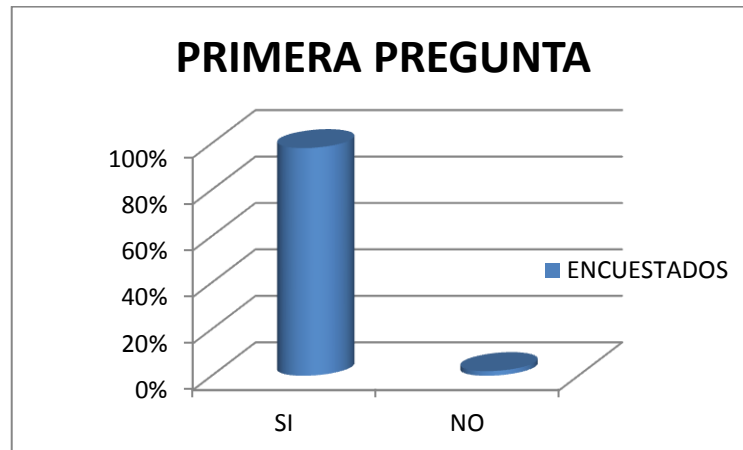
Tabla #7. Tabla de datos de la 1^{ra} pregunta de la encuesta.

| EMPRESAS | OPCIONES | | ENCUESTADOS |
|------------|----------|----|-------------|
| | SI | NO | |
| EEASA | 4 | 0 | 4 |
| ELEPCO | 3 | 1 | 4 |
| INEDYC | 1 | 1 | 2 |
| TOTAL | 8 | 2 | 10 |
| Porcentaje | 98% | 2% | 100% |

Fuente: Encuesta aplicada a trabajadores en 2011-09- 12.

Elaboración: Grupo investigador

Representación gráfica de la 1^{ra} pregunta.



Elaborado por: Grupo investigador

Análisis

De 10 encuestados, el 98% (8 personas) manifiestan que si han visto un autotransformador y sus aplicaciones, el 2% (2 personas) dicen que no conocen o no han visto un autotransformador.

Pregunta 2.

¿Ha escuchado de las pruebas de rutina aplicables a los autotransformadores?

a) Si b) No

Cuales:.....

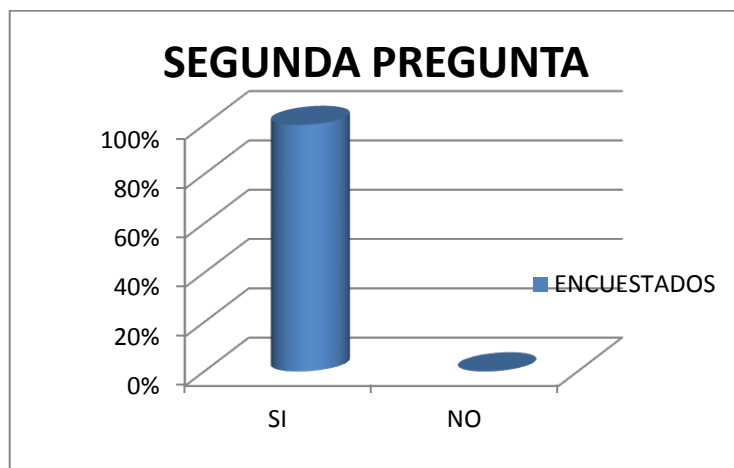
Tabla #8. Tabla de datos de la 2^{da} pregunta de la encuesta.

| EMPRESAS | OPCIONES | | ENCUESTADOS |
|------------|----------|----|-------------|
| | SI | NO | |
| EEASA | 4 | 0 | 4 |
| ELEPCO | 4 | 0 | 4 |
| INEDYC | 1 | 1 | 2 |
| TOTAL | 9 | 1 | 10 |
| Porcentaje | 99% | 1% | 100% |

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes y trabajadores en 2011-09- 12.

Elaboración: Grupo investigador.

Representación gráfica de la 2^{da} pregunta.



Elaborado por: Grupo investigador

Análisis

De 10 encuestados, el 99% (9 personas) opinan que si ha escuchado de las pruebas de rutina aplicables a los autotransformadores, dentro de las empresas, el 1% (1 personas) dicen que no ha escuchado de los beneficios de las pruebas de rutina, las pruebas que han escuchado son: Relación de transformación, impulsos, índice de polaridad y pruebas dieléctricas.

Pregunta 3.

¿Ha usado Ud. algún equipo para realizar pruebas en los autotransformadores?

a) Si b) No

Cuales:.....

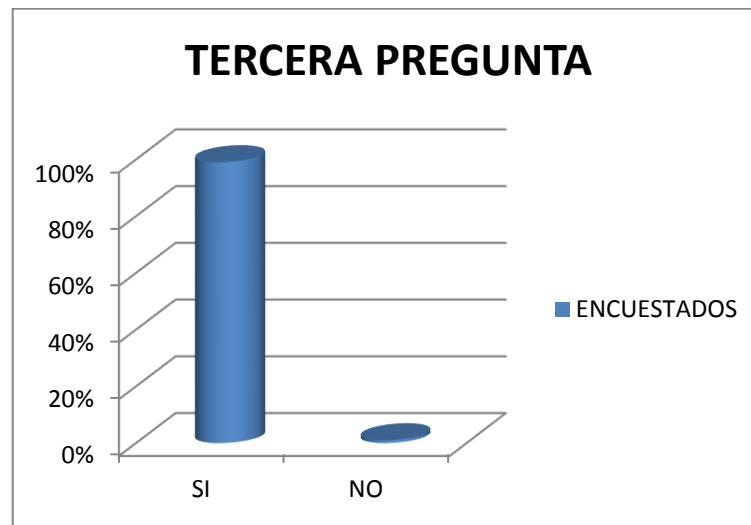
Tabla #9. Tabla de datos de la 3^{ra} pregunta de la encuesta.

| EMPRESAS | OPCIONES | | ENCUESTADOS |
|------------|----------|----|-------------|
| | SI | NO | |
| EEASA | 4 | 0 | 4 |
| ELEPCO | 4 | 0 | 4 |
| INEDYC | 2 | 0 | 2 |
| TOTAL | 10 | 0 | 10 |
| Porcentaje | 100% | 0% | 100% |

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes y trabajadores en 2011-09- 12.

Elaboración: Grupo investigador.

Representación gráfica de la 3^{ra} pregunta.



Elaborado por: Grupo investigador.

Análisis

De 10 encuestados, el 100% (10 personas) opinan que si han visto o han manipulado equipos para realizar pruebas en los autotransformadores utilizando los siguientes equipos: Meeger, TTR y Micrómetro.

Pregunta 4.

¿Sabe ud. realizar pruebas de rutina en transformadores?

a) Si b) No

Cuales:.....

Tabla #10. Tabla de datos de la 4^{ta} pregunta de la encuesta

| EMPRESAS | OPCIONES | | ENCUESTADOS |
|------------|----------|----|-------------|
| | SI | NO | |
| EEASA | 4 | 0 | 4 |
| ELEPCO | 4 | 0 | 4 |
| INEDYC | 2 | 0 | 2 |
| TOTAL | 10 | 0 | 10 |
| Porcentaje | 100% | 0% | 100% |

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes y trabajadores en 2011-09- 12.

Elaboración: Grupo investigador.

Representación gráfica de la 4^{ta} pregunta.



Elaborado por: Grupo investigador.

Análisis

De 10 encuestados, el 100% (10 personas) opinan que si ha realizado pruebas de rutina en transformadores en las empresas encuestadas, las pruebas realizadas son de dieléctrico, TTR y Termografía.

Pregunta 5.

¿Cree Ud. que las pruebas a autotransformadores son importantes?

a) Si b) No

Porque:.....

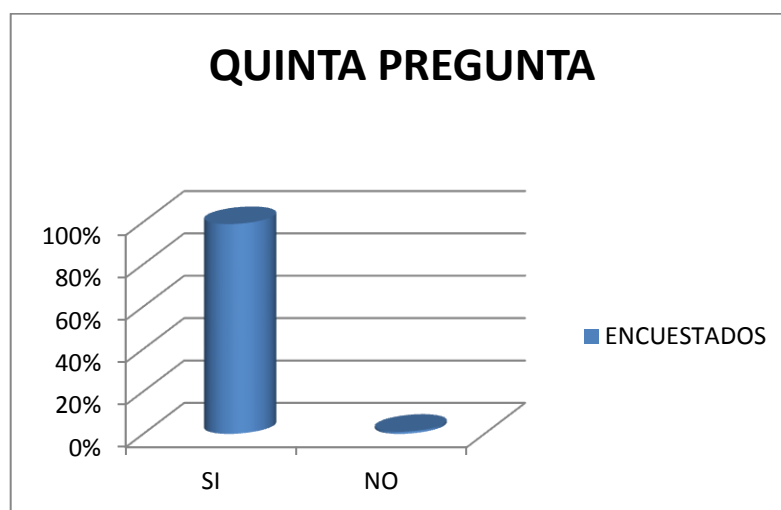
Tabla #11. Tabla de datos de la 5^{ta} pregunta de la encuesta.

| EMPRESAS | OPCIONES | | ENCUESTADOS |
|------------|----------|----|-------------|
| | SI | NO | |
| EEASA | 4 | 0 | 4 |
| ELEPCO | 4 | 0 | 4 |
| INEDYC | 2 | 0 | 2 |
| TOTAL | 10 | 0 | 10 |
| Porcentaje | 100% | 0% | 100% |

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes y trabajadores en 2011-09- 12.

Elaboración: Grupo investigador.

Representación gráfica de la 5^{ta} pregunta.



Elaborado por: Grupo investigador.

Análisis

De 10 encuestados, el 100% (10 personas) opinan que si es importante las pruebas a los transformadores porque así se puede cautelar la vida del autotransformador y permitir determinar perdidas.

Pregunta 6.

¿Conoce algún peligro al realizar las pruebas de rutina para transformadores?

a) Si b) No

Cual:.....

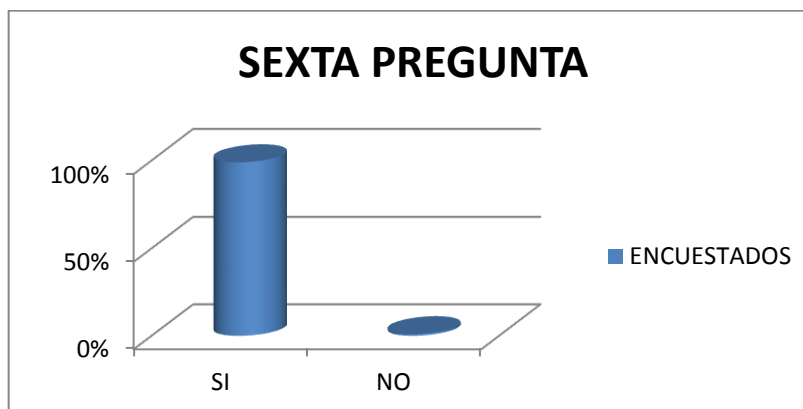
Tabla #12. Tabla de datos de la 6^{ta} pregunta de la encuesta.

| EMPRESAS | OPCIONES | | ENCUESTADOS |
|------------|----------|----|-------------|
| | SI | NO | |
| EEASA | 4 | 0 | 4 |
| ELEPCO | 4 | 0 | 4 |
| INEDYC | 2 | 0 | 2 |
| TOTAL | 10 | 0 | 10 |
| Porcentaje | 100% | 0% | 100% |

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes y trabajadores en 2011-09- 12.

Elaboración: Grupo investigador.

Representación gráfica de la 6^{ta} pregunta.



Elaborado por: Grupo investigador.

Análisis

De 10 encuestados, el 100% (10 personas) opinan que si conocen de algún peligro al realizar pruebas en autotransformadores, como descargas eléctricas.

Pregunta 7.

¿Ha realizado la prueba de medición del devanado de un autotransformador?

- a) Si b) No

Equipo utilizado:.....

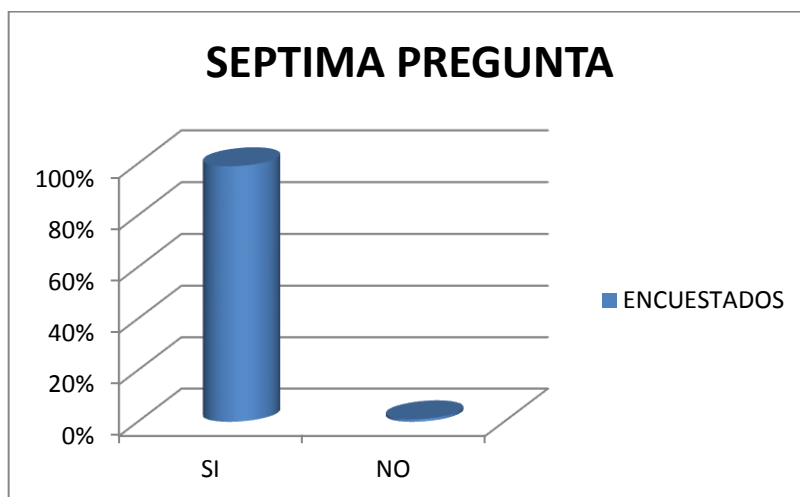
Tabla #13. Tabla de datos de la 7^{ma} pregunta de la encuesta.

| EMPRESAS | OPCIONES | | ENCUESTADOS |
|------------|----------|----|-------------|
| | SI | NO | |
| EEASA | 4 | 0 | 4 |
| ELEPCO | 4 | 0 | 4 |
| INEDYC | 1 | 1 | 2 |
| TOTAL | 10 | 1 | 10 |
| Porcentaje | 99% | 1% | 100% |

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes y trabajadores en 2011-09- 12.

Elaboración: Grupo investigador.

Representación gráfica de la 7^{ma} pregunta.



Elaborado por: Grupo investigador.

Análisis

De 10 encuestados, el 99% (10 personas) opinan que si están en la capacidad de realizar pruebas en el devanado del autotransformador, utilizando los equipos: Micrómetro, TTR, mientras que el 1% (1 personas) dicen que no ha realizado mediciones en los devanados.

Pregunta 8.

¿Ha realizado pruebas de corto circuito del un transformador?

a) Si b) No

Con que equipo.....

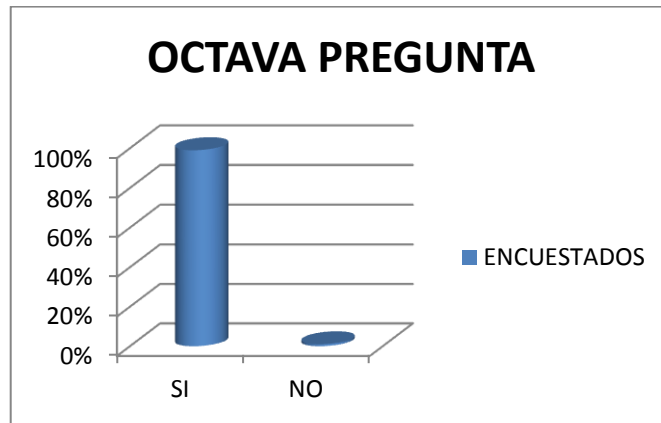
Tabla #14. Tabla de datos de la 8^{va} pregunta de la encuesta.

| EMPRESAS | OPCIONES | | ENCUESTADOS |
|------------|----------|----|-------------|
| | SI | NO | |
| EEASA | 4 | 0 | 4 |
| ELEPCO | 4 | 0 | 4 |
| INEDYC | 2 | 0 | 2 |
| TOTAL | 10 | 0 | 10 |
| Porcentaje | 100% | 0% | 100% |

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes y trabajadores en 2011-09- 12.

Elaboración: Grupo investigador.

Representación gráfica de la 8^{va} pregunta.



Elaborado por el grupo de investigación.

Análisis

De 10 encuestados, el 100% (10 personas) opinan que si han realizado pruebas de cortocircuito en autotransformadores utilizando equipos como: Hitvolt y Dielectric test seis.

Pregunta 9.

¿Cree Ud. que es necesario utilizar un manual para realizar las pruebas de rutina siguiendo una secuencia?

- a) Si b) No

Porque:.....

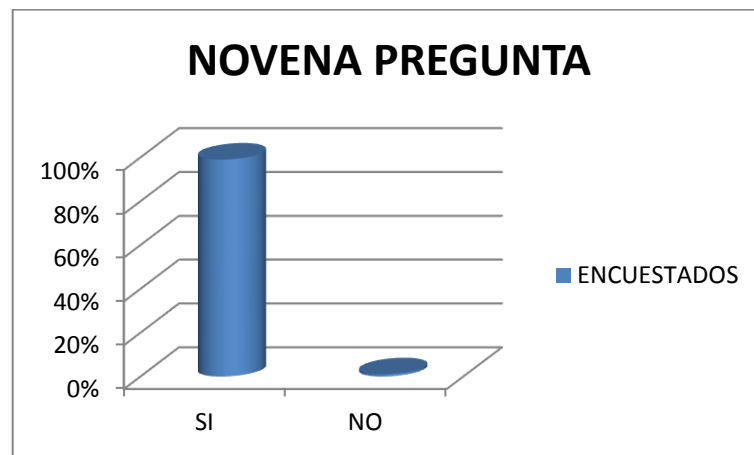
Tabla #15. Tabla de datos de la 9^{na} pregunta de la encuesta.

| EMPRESAS | OPCIONES | | ENCUESTADOS |
|------------|----------|----|-------------|
| | SI | NO | |
| EEASA | 4 | 0 | 4 |
| ELEPCO | 4 | 0 | 4 |
| INEDYC | 2 | 0 | 2 |
| TOTAL | 10 | 0 | 10 |
| Porcentaje | 100% | 0% | 100% |

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes y trabajadores en 2011-09- 12.

Elaboración: Grupo investigador.

Representación gráfica de la 9^{na} pregunta.



Elaborado por: Grupo investigador.

Análisis:

De 10 encuestados, el 100% (10 personas) opinan que si es necesario utilizar un manual para pruebas a los autotransformadores, para poder así evitar diferentes fallas y mantener el funcionamiento correcto del equipo.

La interpretación de las preguntas de la encuesta se describe en el **ANEXO 2**

2.4.- Verificación de la hipótesis.

Al construir e implementar un autotransformadores monofásicos hasta 15 kV en la Universidad Técnica de Cotopaxi, el mismo podrá ser utilizado para utilizado de forma particular para las empresas privadas y así realizar análisis en los transformadores.

Resultados de la verificación

Para la verificación de Hipótesis, se utilizó la técnica de investigación de campo y la herramienta estadística la encuesta las cuales fueron de gran ayuda para desarrollar la presente investigación.

Además los empleados de las Empresas eléctricas tanto de Cotopaxi como Ambato, en un número que se detalla a continuación:

Tabla #16. Tabla de población y muestra.

| EMPRESAS | POBLACION | MUESTRA |
|----------|-----------|---------|
| EEASA | 10 | 4 |
| ELEPCO | 10 | 4 |
| INEDYC | 8 | 2 |
| TOTAL | 28 | 10 |

Elaboración: Grupo investigador

Decisión

A través de los resultados obtenidos en los diferentes sectores donde se aplicó las encuestas, se puede concluir que, la construcción y la implementación de un autotransformador para pruebas de rutina para transformadores monofásicos y trifásicos hasta 15 kV, si es factible ya que servirá como una ayuda a las industrias públicas y privadas que deseen realizar las pruebas de rutina a sus máquinas eléctricas, logrando así un aporte a la provincia de Cotopaxi y a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tomando en cuenta que la mayoría de encuestados manifiestan que las pruebas de rutina son muy importantes para la prevención de averías totales o parciales de estas máquinas elementales en un circuito eléctrico de potencia., entonces se concluye que este laboratorio equipado logrará una gran ayuda tanto a la Provincia como a la Universidad, por lo cual el grupo investigador manifiesta que la ejecución de este proyecto será de gran utilidad.

2.5.- Conclusiones.

Al graficar los resultados de las encuestas muestran una gran falta de conocimientos prácticos al realizar pruebas de rutina a los autotransformadores, los mismos que son base fundamental en la carrera de Ingeniería en Eléctrica.

Al implementar un autotransformador para realizar pruebas en el laboratorio de eléctrica, de tendrá la facilidad de entender y manipular los procedimientos de los autotransformadores para poder aplicarlos en sus actividades profesionales.

Al diseñar y construir un transformador se tomara de base las propuestas planteadas para mejorar en completo su diseño en beneficio de los estudiantes ya que se podrá utilizar como material didáctico.

Para mejorar la propuesta planteada se evaluó correctamente los procesos y diseños del sistema que se utilizara para la construcción y prueba del banco de pruebas de rutina de transformadores.

2.6.- Recomendaciones.

Es fundamental utilizar una adecuada técnica de investigación al momento de ejecutar un estudio pues de esta dependerán los resultados y la correcta verificación de la problemática planteada y dar factibilidad a una solución posible.

Se plantea que la auto preparación por parte de los profesionales es necesaria día a día pues todos los conocimientos no se los adquiere dentro del aula de clase, además que la tecnología es renovada constantemente en el ámbito eléctrico.

Debe existir mayor interés por parte de las autoridades en cuanto al equipamiento de los laboratorios técnicos y buscar los medios necesarios para que el docente y sus alumnos puedan desenvolverse correctamente en estas ramas.

Realizar una continua capacitación a los docentes para que transmitan conocimientos actuales de acuerdo a las necesidades sentidas en el las diferentes empresas, con lo cual se obtendrá profesionales de calidad que cumplan con las expectativas requeridas por la sociedad.

Al plantear correctamente una encuesta podemos obtener datos precisos y reales de los requerimientos y necesidades por lo cual las preguntas deberán ser objetivas para la recolección de datos y confirmación de resultados.

Se debe despertar el interés a los estudiantes para la realización de investigaciones en los diferentes aspectos técnicos, con lo cual se podrá desarrollar nuevas técnicas y conocimientos dentro del área profesional en la que se desenvuelvan.

III.- CAPITULO: DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS

3.1.- ESPECIFICACIONES Y REQUISITOS DE LA FUENTE

El propósito de este proyecto es diseñar e implementar una fuente fija variable de voltaje que permita la obtención de voltajes de 0 – 440 V con una capacidad de 5 KVA en todo el rango de voltajes, con el objetivo de realizar varios tipos de pruebas eléctricas tales como: energización en vacío, variación de rangos de voltaje respecto al nominal, obtención de corrientes altas para la verificación de protecciones, lo que no es posible con la fuente actual por la corta capacidad de la misma, llegando a actuar frecuentemente la protección de sobrecorriente principal del equipo.

Además este proyecto incluirá un sistema de mando del voltaje y monitoreo de variables eléctricas de forma local por medio de un panel de control así como también incluirá el control y monitoreo remoto de la fuente para lo cual se dispondrá de una interfaz hombre máquina con el fin de realizar las pruebas eléctricas que requieran niveles altos de seguridad guardando cierta distancia del objeto de prueba y de la fuente.

Por lo tanto la fuente variable de voltaje debe cumplir con las siguientes especificaciones: Tener configuración monofásica con alimentación de 110 VAC; proporcionar una capacidad en potencia aparente de 5 KVA; proporcionar voltaje de salida variable desde: 0 V hasta 440 V; disponer de un transformador elevador con el objetivo de duplicar la tensión y mantener aislamiento por cuestiones de seguridad entre el equipo de prueba y el operador; proporcionar de un sistema eficiente de variación de voltaje con un mando electromecánico que lo ejecute de forma automática; proveer de protecciones eléctricas de sobrecorriente; proveer de la instrumentación necesaria para la medición de potencia, voltaje y corriente; proveerse un interruptor principal para energización de la misma; proveer de un panel para mando local; proveer de una interface

para mando remoto de voltaje; proveer de un paro de emergencia en casos de seguridad.

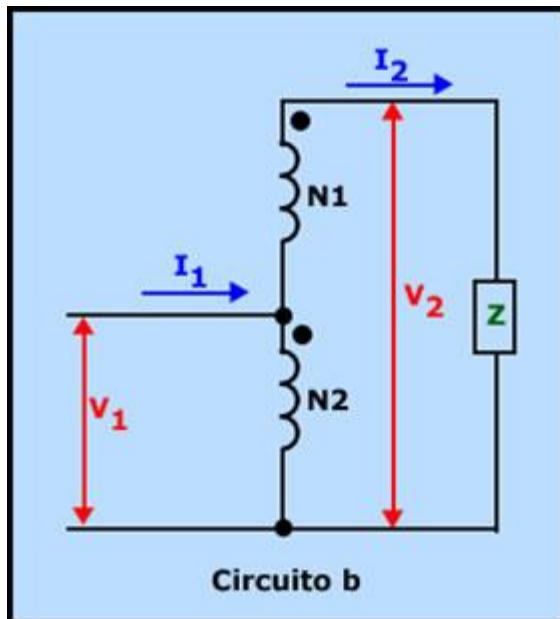
3.2.- SELECCIÓN DEL AUTOTRANSFORMADOR

En la selección del autotransformador partimos del diagrama de conexión del autotransformador hacia el transformador de aislamiento (Figura 2.1)

PRIMER CASO



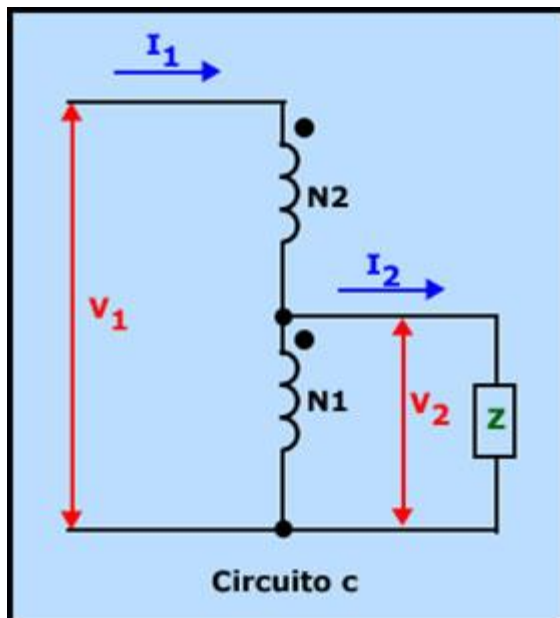
SEGUNDO CASO



$$\frac{V_2}{V_1 + V_2}$$

Autotransformador elevador

TERCER CASO



$$\frac{V_1 + V_2}{V_1}$$

Autotransformador reductor

CUARTO CASO

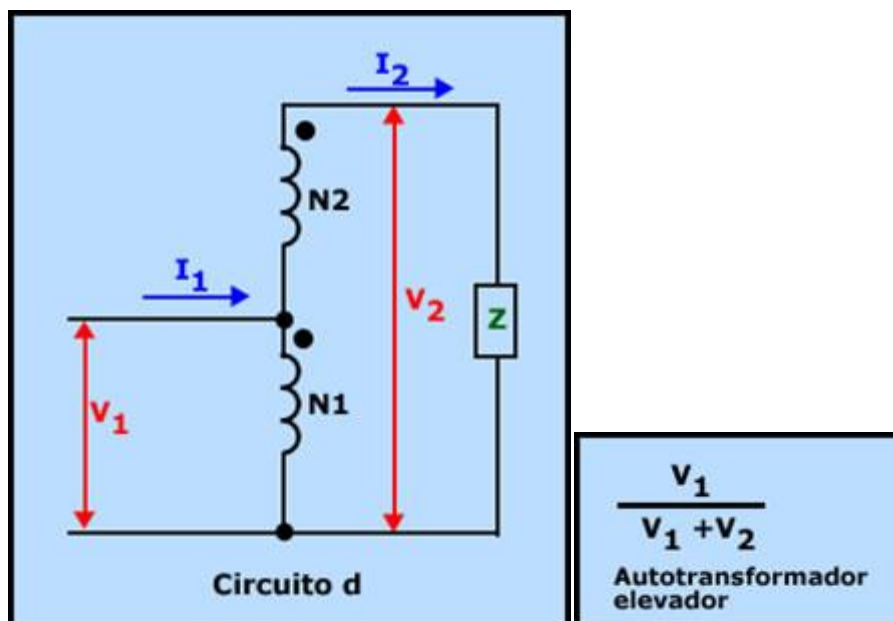


Figura 2.1 – Diagrama de conexión Autotransformador - Transformador

El voltaje requerido en la carga es de 0 a 440 V, el disponible en la red eléctrica es de 220 V por lo tanto de primera instancia se requiere un transformador con relación 1:2 que eleve la tensión de 220 V a 440 V y un autotransformador para conexión a 220V, por lo tanto: $V_{\text{formador}} V_{\text{autotrans}} = 220 \times 2 = 440$ La corriente calculada máxima en la carga es de 14 Amp es decir la corriente en el bobinado secundario del transformador, al usar un transformador con relación de transformación 1:2 calculamos la corriente en el primario la cual será la corriente del autotransformador utilizando la ecuación 1.3 1

Por lo tanto: El autotransformador seleccionado de acuerdo a los cálculos realizados es: Ventrada: 220V Vsalida: 0 - 240 V Marca: POWERSTAT Modelo: 1256D Corriente: 28 Amp.

3.4.- DETERMINACIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS

La fuente variable de voltaje debe disponer de tres tipos de protecciones eléctricas:

1. Un fusible de acción rápida que estará provisto en el VARIAC
2. Un relé de estado sólido en el que se puede calibrar tanto la corriente de actuación como el tiempo de respuesta, esto permite proteger de mejor manera al VARIAC; Sus características son:
3. Programada en el módulo de control, el cual realiza una comparación de la medida de salida de corriente a la carga con el Set Point, permitiendo limitar los valores de corriente de acuerdo a la prueba que se solicita; el transformador usado para la medición de corriente en la unidad de control es de relación 50/5 Amp

3.5.- SELECCIÓN DEL SISTEMA PARA ANÁLISIS DE ENERGÍA

Las variables a ser medidas por el analizador de energía son las siguientes: Voltaje: 0 – 440 VAC Corriente: 0 – 28 AC Frecuencia: 60 Hz Por lo tanto se selecciona el analizador marca VIP396 (Figura 2.3) el cual cuenta con las siguientes características: Voltaje de alimentación: 220 VAC Entrada voltimétrica: hasta 750 V Entrada amperimétrica: TC = 50/5 Amp Frecuencia: 35 – 400 Hz

Las señales de corriente y voltaje necesarias para el funcionamiento del analizador de energía son las siguientes: Alimentación: 220 V tomado de la línea principal por medio de dos fusibles F5 y F6 de características 1A, 500V Corriente: Mediante un transformador de corriente TC2 de las siguientes características: Relación de transformación: 50/5A Marca ELCONTROL Modelo MCT3

3.6.- PARÁMETROS DE DISEÑO

Parámetros de cálculo para el diseño del auto transformador

Potencia= 5KVA

Voltaje primario= 220 V

Voltaje secundario= 440 V

Calculo

Sección del núcleo tipo acorazado

- Sección= $1,2\sqrt{Potencia}$
- Sección= $1,2\sqrt{5KVA}$
- Sección= 84,85 cm²

Numero de espiras

- $N_1 = V_1 * 10^8 / 4,44 * F * B * S$
- $N_1 = 220V * 10^8 / 4,44 * 60 * 10^4 * 84,85$
- $N_1 = 97,32 = 97$ espiras

Relación de voltaje

- $a = 220V / 440V$
- $a = 0,5$

Numero de espiras secundario

- $N_2 = N_1 / a$
- $N_2 = 97 / 0,5$
- $N_2 = 194$ espiras

Calculo de la corriente

- $I_1 = P / V_1$
- $I_1 = 5KVA / 220V = 22,72$ A. calibre del conductor es # 9 AWG
- $I_2 = I_1 * a$
- $I_2 = 22,72 * 0,5 = 11,36$ A. calibre de conductor # 12 AWG

Calculo de espiras por voltio

- Espiras/Voltio= $32 / \sqrt{5KVA} = 0,45$ espiras por voltio

3.1.- MONTAJE DEL VARIAC

En este capítulo nos referiremos al plano del diagrama de fuerza de la fuente variable donde se indica la forma de conexión de los diferentes elementos a ser montados.

Como se puede observar en el plano la forma de conexión del VARIAC es a continuación del Contactor principal de entrada K1, una de las líneas de potencia que sale de K1 hacia el VARIAC pasa por medio de un transformador de Corriente TC1. El Contactor K1 de entrada protege al VARIAC sus especificaciones son las siguientes: Contactor 2Px50A / 220 VAC.

En el VARIAC se usa los terminales 1 y 2 para la conexión lo cual corresponde a la entrada de: 240 V 60 Hz; la conexión se lo hace desde los cables marcados como R2 y S2 los cuales vienen de la salida del Contactor K1 al cual los mismos ingresan como R1 y S1; Los cables de salida del VARIAC se conectan a los terminales 1 y 3, que corresponden a la salida variable de 0 a 280 V, esta salida se la nombra como R3 y S3 respectivamente; En la figura 3.2 se explica de manera gráfica el montaje del VARIAC:

Como se puede observar en la figura 3.3 la entrada se conecta a los terminales 1 y 2 mientras que la salida a los terminales 1 y 3, la alimentación para la fuente es de 220V y no de 240V como se especifica en las entradas, es por esa razón que se usa la entrada 1 y 2 para que entregue una salida de 0 a 240 V en los terminales 1 y 3.

3.2.- MONTAJE DEL SISTEMA PARA CONTROL DEL VARIAC

El sistema de variación de voltaje está constituido por un sistema electromecánico en el cual un motor de 12Vdc acoplado al VARIAC por medio de engranajes, permite el movimiento del mismo dando así un voltaje variable de 0 a 480V. Se ha utilizado un motor de corriente continua debido a las características de torque constante y la sencilla

conexión para inversión de giro; el motor usa una fuente independiente de voltaje de 12 y 5 VDC, la cual tiene un voltaje de alimentación de corriente alterna y la convierte a corriente continua; este motor es comandado por la tarjeta de control de la fuente de voltaje variable, permitiendo así el incremento o la disminución de voltaje, así como el control de la rampa media o alta de incremento de velocidad

A continuación se detalla el plano del diagrama de conexiones al motor de CC en la figura 3.4 Inversión de giro Velocidades Figura 3.4 – Diagrama de conexión del sistema de variación de voltaje Fuente de alimentación AC/DC Esta fuente además de alimentar al motor se utiliza para alimentar a la unidad de control y también es usada para la alimentación de entrada a las señales digitales.

3.3.- MONTAJE DEL TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO

El transformador (Figura 3.6) se encuentra conectado a continuación de la salida del VARIAC la cual se identifica con los cables R3 y S3. En paralelo antes de la entrada al transformador salen dos líneas con la identificación R31 y S31 las cuales se conectan a un transformador de potencial para medir voltaje en la unidad de control, dicho TP tiene las siguientes características: 240/24 VAC

El transformador tiene cuatro terminales de conexión, dos para la fase R de entrada y salida y dos para la fase S de entrada y salida, a los terminales de entrada se conectan las fases R3 y S3, y a los terminales de salida se conectan las fases identificadas como R4 y S4 (Figura 3.7)

3.4.- MONTAJE DEL ANALIZADOR DE ENERGÍA

El analizador de energía VIP396 se encuentra conectado a la salida del transformador relación 2 a 1 del lado de la carga, de tal manera que

pueda manejar los parámetros directos; la señal de voltaje es directa tomada de la línea identificada como R41 y S41, esta pasa por dos fusibles de protección F5 y F6 de 1A 500V; la señal de corriente es tomada de un transformador de corriente TC2 (Figura 3.8) conectado a la línea identificada como S4, dicho transformador posee las siguientes características: Relación: 50/5 A Marca: El Control MCT3 Las líneas de salida del TC2 hacia el analizador de energía se identifican como I3 y I4 respectivamente

La alimentación para el analizador de energía es de 220 V, tomados de la línea principal R1 y S1, a través de dos fusibles F1 y F2 de 5A 250 V, la salida de las líneas a través de los fusibles se identifica como R11 y S11.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La fuente de voltaje cumple con el requerimiento de proporcionar un voltaje variable desde 0V hasta 440V, con ajustes finos dentro del rango especificado, y proporcionando la potencia necesaria para cumplir con los objetivos establecidos en el proyecto de tesis, dentro de los cuales la empresa INEDYC realizará pruebas en su laboratorio en transformadores monofásicos con potencias sobre los 100 KVA, lo cual no era factible con la anterior fuente variable de voltaje que disponía la empresa.

El panel de control instalado en la fuente variable de voltaje es de gran ayuda para el operador, ya que dispone de una interface amigable tanto en control como monitoreo, permitiendo al operador configurar en poco tiempo la actuación de la fuente en forma automática o manual, y la fácil detección de errores mediante la visualización de las alarmas emitidas en la misma.

Todas las pruebas realizadas con la fuente pueden ser ejecutadas a una distancia segura del objeto de prueba, protegiendo así al operador de

cualquier evento no programado, esto es logrado mediante la interface HMI que dispone la fuente, la que conectada a la una computadora permite el control y monitoreo de las variables en forma remota.

El transformador instalado en la fuente variable de voltaje, a más de ser elevador de tensión, sirve como aislante de la carga con el operador, pues por medidas de seguridad si alguna falla ocurriese en la carga, la persona que está manejando el equipo de manera local estará protegida ya que se encuentra hacia el lado primario del transformador. Es por esta razón que no se usó directamente un Variac de 440 V

RECOMENDACIONES

En todas las pruebas eléctricas que se realicen con la fuente variable de voltaje se recomienda seguir las normas de seguridad y manejo especificadas en la sección 1.8, con el objetivo de proteger al operador y al equipo, se debe estar completamente seguro del funcionamiento del objeto de prueba y de la fuente, así como sus correctas formas de conexión antes de realizar cualquier tipo de prueba.

En lo que se refiere al montaje de los elementos de la fuente variable de voltaje es altamente recomendado identificar todos los cables de conexión entre los mismos, con las marcas detalladas en los planos eléctricos, esto ayuda para posteriormente identificar cualquier posible falla que ocurra con la fuente, y para dar acceso a un fácil mantenimiento de la misma.

En la conexión de la fuente variable de voltaje con la computadora para la operación en mando remoto es recomendado usar un ordenador con el sistema operativo Windows XP, y configurar cualquier antivirus que este instalado para deshabilitar la protección de red, ya que esto podría crear conflictos al momento de la comunicación y no permitimos hacer uso de la misma.

BIBLIOGRAFIA

- D. José Ramírez Vázquez. “Medidas Eléctricas” primera edición 1984.
- Donald G. Fink / H. Wayne Beaty. “Manual de Ingeniería Eléctrica” Décimo Tercera edición 1995
- Gilberto Enríquez Harper. “Transformadores y Motores trifásicos de Inducción” Segunda Edición 1980
- Gilberto Enríquez Harper. “Curso de Transformadores y Motores de Inducción”.
- Gilberto Enríquez Harper. “Fundamentos de protección de sistemas eléctricos por relevadores” Primera Edición 1981
- Superior Electric. “Manual de funcionamiento del Variac”
- Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Gijón – Universidad de Oviedo. “Instrumentación Electrónica”
- I.L.Kosow. “Máquinas Eléctricas y Transformadores”
- A.E. Fitzgerald, Charles kingsley. “Máquinas Eléctricas” Quinta edición 1992
- Stephen J. Chapman. “Máquinas Eléctricas” Cuarta edición 2005
- ROSENBERG, Robert (2003); Reparación de Motores Eléctricos; 7º Edición; 1970 by Holt, Rinehart and Windston, Inc. (EE.UU).
- <http://www.aislo.com/aislamiento-electrico/>
- <http://www.pentax-pumps.it/es-ES/website/areaInfo.aspx?idc=158>
- <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-Metas-0601Aislamiento-Electrico.pdf>
- <http://www.labplan.ufsc.br/congressos/XIII%20Eriac/A2/A2-110.pdf>
- <http://www.pemex.com/files/content/PROY-NRF-144-05.pdf>
- <http://www.pemex.com/files/content/NRF-095-PEMEX-2005-06-firmado.pdf>
- <http://confiabilidad.net/articulos/prueba-de-aislamiento-de-motor-electrico-a-tierra/>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Diel%C3%A9ctrico>