

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS MONOFÁSICOS DE TRANSFORMACIÓN DIDÁCTICOS QUE PERMITAN ANALIZAR LA UTILIDAD Y APLICACIÓN DE LOS DIFERENTES GRUPOS DE CONEXIÓN TRIFÁSICA”

Jaime David Yucato Checa

Gabriela Marcel Revelo Erazo

Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

bisbal_yucato1515@hotmail.com

gabysvalentina@hotmail.com

Resumen— El presente proyecto indica la implementación de tres módulos didácticos para el análisis de grupos de conexión de transformadores trifásicos, pruebas de vacío y de corto circuito, polaridad y regulación de voltaje. En una primera parte se describe toda la información necesaria para el adiestramiento de los estudiantes, tal como las generalidades del transformador, prueba de vacío, prueba de corto circuito, y los diferentes grupos de conexión. En una segunda parte se describe el diseño y construcción de los tres módulos monofásicos de transformación didácticos que permitan analizar la utilidad y aplicación de los diferentes grupos de conexión trifásica. Para finalizar se menciona las recomendaciones y conclusiones del proyecto.

I. INTRODUCCIÓN

Los experimentos de Faraday iniciaron en 1831, es decir medio siglo antes de la invención del transformador. Si nos preguntamos a que se debe este retraso en su aparición la respuesta es relativamente sencilla: en los comienzos de la

electricidad, esta se producía en su forma continua y en ese caso el transformador no resultaba necesario.

No fue hasta más adelante como cuando empezaron a aparecer los problemas relativos al transporte de la electricidad y a las pérdidas energéticas que se producían en forma de calor, cuando el transformador se presenta como un dispositivo sumamente útil. El transformador eléctrico fue la respuesta con que la tecnología de entonces resolvió el problema, lo cual permitió que continuara el impetuoso desarrollo de lo que hoy se conoce como progreso. El transformador es un dispositivo que basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre si eléctricamente. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que establece en el núcleo. El núcleo generalmente es fabricado de un material ferromagnético que facilita la circulación del campo magnético.

En la elaboración de este proyecto se pretende construir una herramienta, para los estudiantes de ingeniería eléctrica a fin de alcanzar conocimientos prácticos, y obtener un desarrollo más eficiente para el campo profesional.

II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

Los contenidos en este proyecto quedan estructurados de forma tal que en una primera parte se expliquen las generalidades de los autómatas programables para seguidamente, aplicar los parámetros de selección y realizar la construcción e implementación del módulo didáctico.

A. Generalidades

Un transformador es un dispositivo que cambia la potencia eléctrica alterna con un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna con otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético. “Ver [1]”

B. Funcionamiento del transformador

Un transformador opera con el principio de inducción electromagnética, dos bobinas son ensambladas inductivamente, el flujo magnético pasa por una de ellas. También por la otra en forma parcial o en su totalidad dando como resultado que las dos bobinas tengan un circuito magnético común. “Ver [1]”

C. Tipos de transformadores

- Transformador monofásico de columnas. tiene forma rectangular y consta de dos columnas donde se arrollan los devanados, todos de igual sección.
- Transformador monofásico acorazado que consta de un núcleo magnético de tres columnas, siendo la central del doble de sección en comparación con las laterales. Los dos devanados se bobinan sobre la columna central, unos sobre el otro y con una capa aislante intermedia. “Ver [7]”

D. Regulación de voltaje en un transformador

La regulación de voltaje a plena carga es una cantidad que compara el voltaje de salida de un transformador sin carga (vacío) con el voltaje de salida a plena carga. “Ver [1]”

E. Pruebas de los transformadores

1) prueba de circuito abierto.

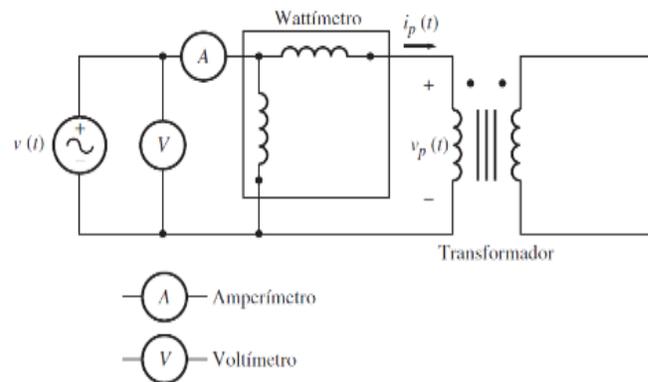


Fig. 1 Prueba de circuito abierto

En la prueba de circuito abierto se deja abierto el circuito del devanado secundario del transformador y su devanado primario se conecta a una línea de voltaje pleno.

2) Prueba de cortocircuito

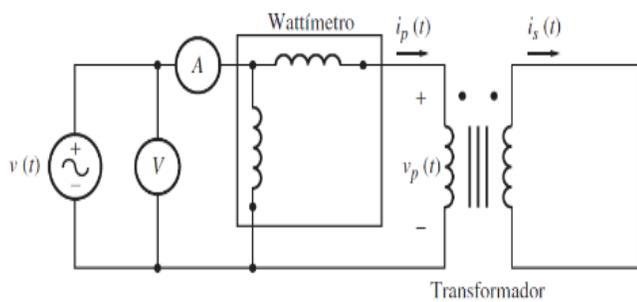


Fig. 2 prueba de corto circuito

Esta prueba se efectúa colocando el devanado secundario en cortocircuito y alimentando el primario con una tensión regulable, partiendo desde cero y aumentando hasta alcanzar la corriente nominal en el mismo.

Estas dos pruebas sirven para realizar el circuito equivalente a su mínima expresión. “Ver [1], [7]”

F. Polaridades de los transformadores

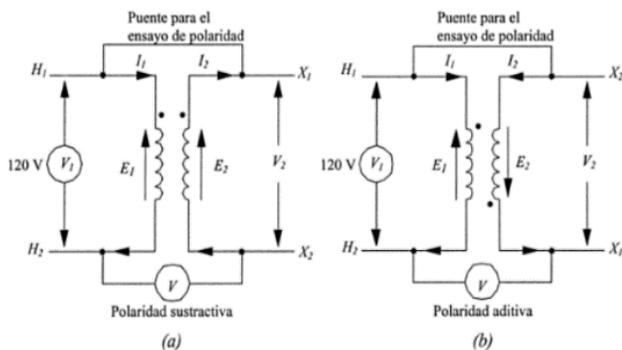


Fig. 3 Polaridad del transformador

El procedimiento para una prueba de polaridad consiste en conectar las dos terminales aledañas, de alta y baja tensión, intercalar un voltímetro V entre los dos terminales restantes y aplicar una tensión alterna V1, de valor conveniente,

generalmente 120V, al arrollamiento de alta tensión. Si la indicación del voltímetro es $V=V1-V2$, se indica que la polaridad es sustractiva. Pero si $V=V1+V2$, se indica que la polaridad es aditiva. “Ver [2]”.

G. Transformadores trifásicos.

Las compañías generadoras de energía eléctrica generan y transmiten potencias en forma trifásica. Dentro de las redes de distribución algunas cargas son trifásicas, mientras el resto son cargas monofásicas con conexiones distribuidas entre las fases para formar una carga trifásica casi balanceada

TABLA I

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL TRANSFORMADOR

Ventajas y desventajas del transformador de núcleo 3φ sobre los grupos monofásicos	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Ocupan menos espacio. • Son más livianos. • Son más baratos. • 4. Hay solo una unidad que conectar y proteger. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor peso unitario. • Cualquier falla inutiliza toda la transformación 3φ lo que obliga a tener una unidad o potencia de reserva mayor

H. Conexiones trifásicas

Un transformador trifásico consta de tres transformadores, ya sea separados o combinados sobre un solo núcleo. Los primarios y secundarios de cualquier transformador trifásico se pueden conectar independientemente en ye (Y) o en delta (D). Esto nos da un total de cuatro conexiones posibles en el banco de un transformador trifásico. “Ver [1]”

1) Conexión estrella-estrella

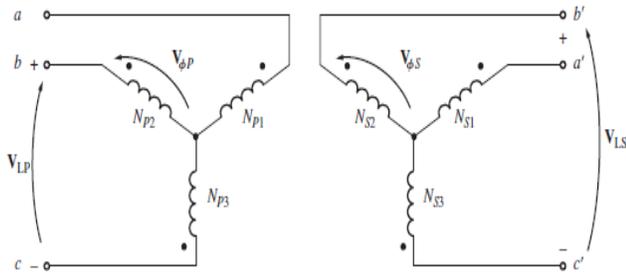


Fig. 4 conexión Y-Y

Empleada cuando se desee disponer de neutro en baja y cuando no se prevean grandes corrientes de desequilibrio (fase neutro). Útil para transformadores con potencias pequeñas o moderadas a tensiones elevadas. "Ver [1]"

TABLA II

RELACIÓN DE TRANSFORMADOR Y-Y

Relación	$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{\sqrt{3} * V_{FP}}{\sqrt{3} * V_{FS}} = a$
----------	---------------------------------------------------------------------------

2) Conexión estrella-delta

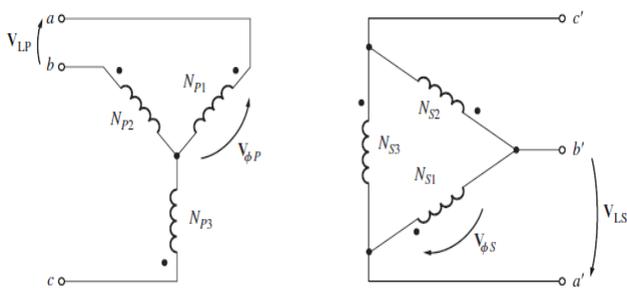


Fig. 5 conexión Y-D

Adecuado como transformador reductor (cuando no se requiere puesta a tierra en el secundario). No genera

armónicas de tensión. Se recomienda mayormente para tensiones secundarias relativamente bajas que motivan corrientes elevadas. "Ver [1]"

TABLA III

RELACIÓN DE TRANSFORMADOR Y-D

Relación	$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{\sqrt{3} * V_{FP}}{V_{FS}} = \sqrt{3} * a$
----------	---------------------------------------------------------------------------

3) Conexión delta-estrella

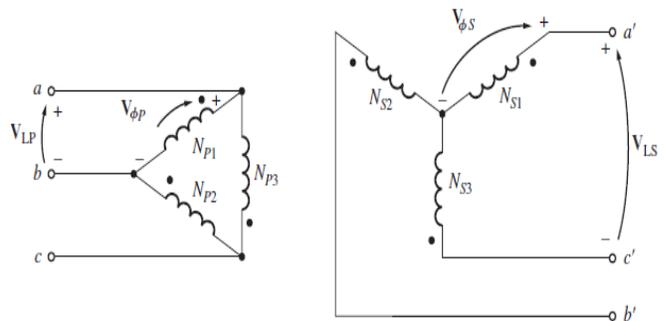


Fig. 6 Conexión D-Y

Empleado como transformador elevador. No es generador de terceras armónicas de tensión. No motiva flujos por el aire en caso de cargas desequilibradas (c.c.) ni traslados de neutros (sobretensiones). Admite cargas desequilibradas y posibilidad de sacar neutro en baja tensión. "Ver [1]"

TABLA IV

RELACIÓN DE TRANSFORMADOR D-Y

Relación	$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{FP}}{\sqrt{3} * V_{FS}}$
	$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{a}{\sqrt{3}}$

4) Conexión delta-delta

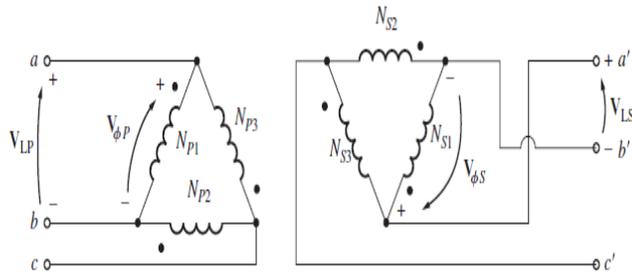


Fig. 7 conexión D-D

Este tipo de conexiones se utiliza mucho en autotransformadores, cuando se quiere recuperar la caída de tensión por longitud de los alimentadores, debido a cierta distancia del circuito alimentador se tiene una caída en el voltaje de suministro por lo que es necesario transformar esa energía para recuperar de alguna manera esas pérdidas para lo cual se utilizan estos transformadores con conexión delta-delta. “Ver [1]”

TABLA V

RELACIÓN DE TRANSFORMADOR D-D

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{FP}}{V_{FS}} = a$$

De acuerdo a las anteriores conexiones existen otras combinaciones de conexiones trifásicas.

TABLA VI

GRUPOS DE CONEXIONES TRIFÁSICAS

Grupo	Conexiones		
0	Yy0	Dd0	Dz0
6	Yy6	Dd6	Dz6
5	Yd5	Dy5	Yz5
11	Yd11	Dy11	Dz11

III. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Aquí se explica la construcción de los módulos didácticos: los materiales que se utilizaron con criterio de selección, el diseño de los módulos, así como también las prácticas a realizar.

A. Selección del transformador

El tipo de transformador a seleccionar debe contar con características idóneas para las aplicaciones de los módulos en el laboratorio de máquinas eléctricas, estos pueden ser seleccionados de acuerdo a las funciones para las que se los requieran. Entre algunas de las características generales de los módulos están:

- Fácil manipulación
- Alimentación eléctrica conveniente
- Espacio físico compacto



Fig. 8 transformador monofásico marca LAYRTON 120V-12V

B. Características del transformador

Voltaje en el Primario	120V
Voltaje en el Secundarioz	12V
Potencia Aparente	250 VA
Frecuencia	50-60 Hz
Corriente (Primario)	3.15 A

C. Diseño de los módulos

Los módulos cuentan con un diseño basado en criterios técnicos de ingeniería en los cuales se toma en cuenta la protección de los diferentes dispositivos y la seguridad de las personas; sin aminorar la eficiencia.

1) Parte externa

Es el perfil frontal de los módulos didácticos, con la que el personal podrá operar al equipo en las diferentes prácticas a realizar; por tal razón es necesaria la respectiva señalización e identificación en cada una de sus partes.

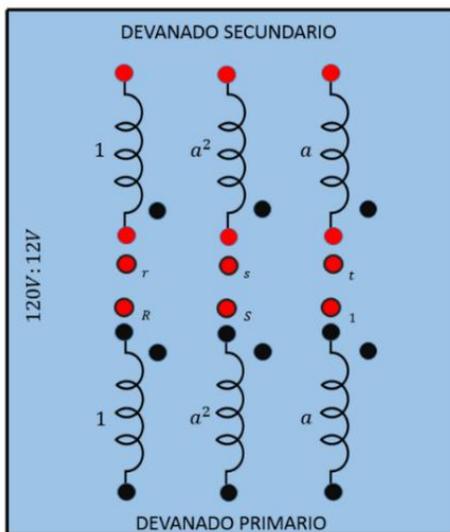


Fig. 9 parte externa del modulo

En la parte exterior se representa la configuración de los elementos conectados interiormente:

- Devanados primarios
- Devanados secundarios
- Voltaje de entrada
- Voltaje de salida
- “Jack bananas”, para hacer diversas conexiones

- Alimentación trifásica “R, S, T”
- Su polaridad positiva

2) Parte interna

Es la cubierta del gabinete metálico, en donde constan los diferentes elementos de trabajo, ensamblados de la forma más conveniente para ahorrar la mayor cantidad de espacio físico posible.

La facilidad en la manipulación de los módulos didácticos se debe a la correcta estructura interna tanto en los puntos de conexión como en el cableado.

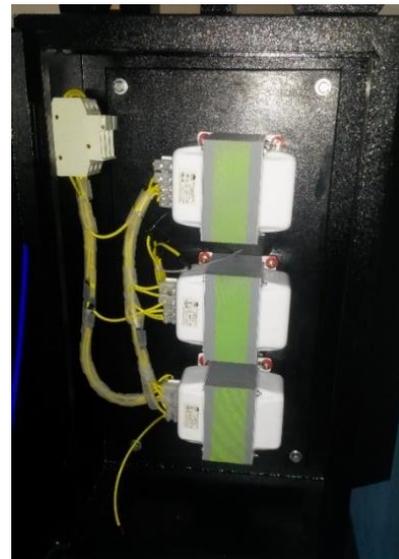


Fig. 10 parte interna del modulo

D. Construcción de los módulos

Los módulos constan con estandarizaciones locales a fin de que el modulo didáctico tenga una presentación estética, acorde a otros tableros existentes en el laboratorio de Educación técnica.

3) Construcción de los gabinetes

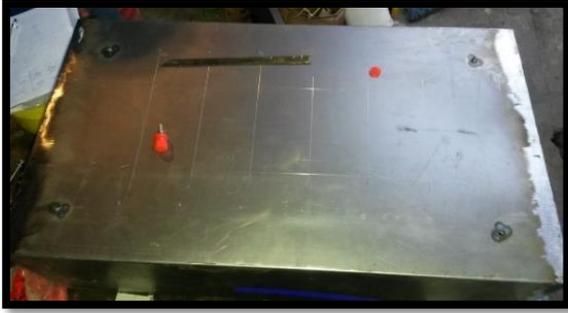


Fig. 11 Construcción de los módulos

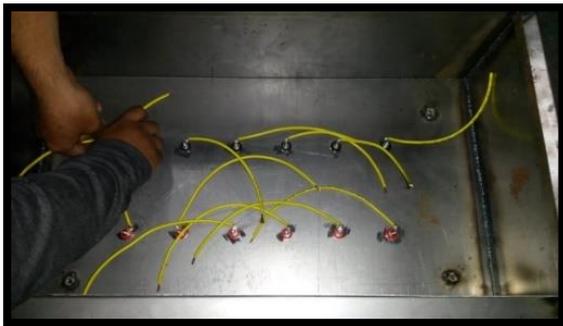


Fig. 12 huecos y colocación de Jack bananas



Fig. 13 cableado del modulo



Fig. 14 montaje de los transformadores



Fig. 15 construcción de pedestales y ensamblaje de los módulos



Fig. 16 pruebas de funcionamiento

RECONOCIMIENTOS

Un agradecimiento muy especial A Dios, el ser supremo y creador de todas las cosas, a nuestros Padres, un infinito agradecimiento al Ing. Hernán Pérez director de carrera y de este trabajo investigativo. Muchas gracias para cada uno de los ingenieros participantes, con la información, formación necesaria.

REFERENCIAS

- [1] CHAPMAN S. J. (2012). *Maquinas Eléctricas 5ED*. En S. Chapman, Maquinas Eléctricas (págs. 49-103). Mexico: McGraw-Hill.
- [2] AVELINO PÉREZ (2001). *Transformadores de distribución*. segunda edición Printed Mexico.
- [3] NORBERTO A. LEMOZY (2015) *transformadores trifásicos*

- [4] CASTRO J., GARCIA D. (2011) (*Tesis de ingeniería en electromecánica*). Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.
- [5] RECALDE S. (2012), *Didáctica general*. Cotacachi, Ecuador.
- [6] YANES SALAZAR (2010). (*Tesis de escuela de formación tecnológica*). Escuela Politécnica Nacional. Quito. Ecuador.
- [7] RODRÍGUEZ MIGUEL ÁNGEL. *Transformadores trifásicos*. Universidad Nacional Del Santa. Chimbote. Perú