



**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES
ESPECIALES DE TIPO SCOTT.**

TRABAJO DE GRADUACION
PREPARADO PARA LA FACULTAD
DE ESTUDIOS TECNOLOGICOS



PARA OPTAR AL GRADO DE:

TECNICO EN ELECTRICIDAD.

POR

GARAY, JUAN MARCELO.

RODRIGUEZ DIAZ, CARLOS VLADIMIR.

OCTUBRE, 1998.

SOYAPANGO - EL SALVADOR - CENTRO AMERICA.

UNIVERSIDAD DON BOSCO.

RECTOR

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA.

SECRETARIO GENERAL

PBRO. PEDRO JOSE GARCIA CASTRO. S. D.B.

DECANO DE LA FACULTAD DE ESTUDIOS TECNOLOGICOS

ING. OSCAR VILLALTA

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACION

ING. RICARDO BEZALEL GONZALEZ NAJERA

JURADO EXAMINADOR

ING. EDWIN OSWALDO MARTINEZ VALLADARES

ING. ANSELMO VALDIZON

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE ESTUDIOS TECNOLOGICOS

**JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACION
"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES ESPECIALES DE
TIPO SCOTT"**



ING. EDWIN MARTINEZ
JURADO



ING. ANSELMO VALDIZON
JURADO



ING. RICARDO GONZALEZ.
ASESOR

AGRADECIMIENTOS.

AL ING. RICARDO BEZALEL GONZALEZ NAJERA, POR HABERNOS BRINDADO UNA ACERTADA ASESORIA DURANTE EL TRANCURSO DEL DESARROLLO DE NUESTRO PROTECTO DE GRADUACION.

AL DEPARTAMENTO DE ELECTRICADAD Y AL C.I.T.T. POR PERMITIRNOS DESARROLLAR LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO EN SUS LABORATORIOS.

A LA UNIVERSIDAD DON BOSCO, POR FUNDAR EN NOSOTROS LAS BASES SOLIDAS DE NUESTROS CONOCIMIENTOS, LOS CUALES HEMOS PUESTO EN PRACTICA EN EL PRESENTE TRABAJO.

DEDICO ESTE TRABAJO DE GRADUACION A:

DIOS TODOPODEROSO , POR HABER PERMITIDO TERMINAR MIS ESTUDIOS TECNICOS.

A MI MADRE : POR INCULCARM E VALORES MORALES BRINDANDOME SIEMPRE TODO SU APOYO INCONDICIONAL DURANTE EL DESARROLLO DE MI CARRERA.

A MI HERMANO: POR SU COMPRENCION DURANTE EL PERIODO EN EL QUE REALICE MIS ESTUDIOS TECNICOS.

A MI HIJO CON AMOR.

A FEPADE: POR BRINDARME LA OPRTUNIDAD DE SUPERARME , GRACIAS A SU PROGRAMA DE BECAS.

CARLOS VLADIMIR RODRIGUEZ.

DEDICO ESTE TRABAJO DE GRADUACIÓN A:

A DIOS POR PERMITIRME LLEGAR HASTA ESTA ETAPA DE MI VIDA, Y POR DARMER LA SABIDURIA NECESARIA.

A MI MADRE POR DARMER ESE APOYO INCONDICIONAL Y DARMER ESE AMOR Y CONSEJOS, QUE HAN SIDO TAN IMPORTANTES EN MI VIDA.

A MI ESPOSA POR COMPARTIR A MI LADO LOS BUENOS Y MALOS RATOS DURANTE MIS ESTUDIOS.

A MIS HERMANAS Y SOBRINOS POR AYUDARME EN ALGUNA FORMA A LOGRAR EL TRIUNFO QUE E OBTENIDO.

A MI FAMILIA POR APOYARME.

JUAN MARCELO GARAY.

INDICE

CAPITULO I	
1.1 INTRODUCCION.....	2.
1.2 OBJETIVOS.....	3.
1.2.1 OBJETIVOS GENERALES.....	3.
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3.
1.3 LIMITACIONES Y ALCANCES.....	4.
1.3.1 LIMITACIONES.....	4.
1.3.2 ALCANCES.....	4.
1.4 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	5.
CAPITULO II	
DESARROLLO DEL PROYECTO.	
2. INTRODUCCION.....	7
2.1 DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO.....	8.
2.2 CARACTERISTICAS TECNICAS.....	8.
CAPITULO III	
MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCION.	
3. INTRODUCCION.....	10
3.1 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	11
3.2 DISEÑO DEL NÚCLEO.....	11
3.2.1 ADQUISICION DE MATERIAL MAGNETICO.....	11
3.2.2 DISEÑO DEL NUCLEO DEL TRANSFORMADOR.....	12
3.2.3 DIMENSIONES DE CHAPAS NORMALIZADAS.....	13
3.2.4 CALCULO DEL NÚCLEO SEGÚN ABACO # 1.....	14
3.2.5 ABACO # 1.....	15
3.2.6 DIMENCIONAMIENTO DEL NÚCLEO.....	16
3.2.7 CARACTERÍSTICAS DE CHAPAS MAGNETICAS.....	16
3.3 DISEÑO DE LOS DEVANADOS.....	17
3.3.1 TIPO DE DEVANDOS.....	17
3.3.2 DEVANADO UTILIZADO.....	18.
3.3.3 ESPIRAS POR VOLTIO.....	18.
3.3.3.1 ABACO # 2.	18
3.3.3.2 NUMERO DE ESPIRAS POR VOLTIO.....	19.
3.3.4 TOTAL DE ESPIRAS POR FASE.....	19.
3.3.4.1 DEVANADO PRIMARIO.....	19.
3.3.4.2 DEVANADO SECUNDARIO.....	19.
3.3.5 CALCULO DE CORRIENTES Y SECCION DE LOS CONDUCTORES.....	20.
3.3.5.1 CALCULO DE SECCION DEL CONDUCTOR DEL DEVANADO PRIMARIO.....	20.
3.3.5.2 CALCULO DE SECCION DEL CONDUCTOR DEL DEVANADO SECUNDARIO.....	20.
3.3.6 DIMENCIONAMIENTO DE LAS BOBINAS EN EL NUCLEO.....	21.
3.3.6.1 NUMERO DE ESPIRAS POR CAPA DEL DEVANADO PRIMARIO.....	21
3.3.6.2 NUMERO DE ESPIRAS POR CAPA DEL DEVANADO SECUNDARIO.....	21
3.3.7 NUMERO DE CAPAS POR DEVANADO.....	22
3.3.7.1 NUMERO DE CAPAS DEL DEVANADO PRIMARIO.....	22
3.3.7.2 NUMERO DE CAPAS DEL DEVANADO SECUNDARIO.....	22
3.3.8 TIPO DE AISLANTE.....	23

3.3.9	CAPACIDAD TERMICA DEL CONDUCTOR.....	23
3.3.10	SEPARACION ENTRE DEVANADOS Y NUCLEO.....	23
3.4	CONSTRUCCIÓN DE LAS BOBINAS.....	24
3.4.1	LISTA DE MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO.....	24
3.4.1.1	MATERIALES POR TRANSFORMADOR.....	24
3.4.1.2	EQUIPO Y HERRAMIENTAS.....	24
3.4.2	ELABORACION DE LAS BOBINAS.....	25
3.4.2.1	CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE PARA BOBINA.....	25
3.4.2.2	CONSTRUCCIÓN DE LOS DEVANADOS.....	25
3.4.2.2.1	DESCRIPCION GRAFICA DE LA BOBINADORA.....	26
3.4.2.3	ENSAMBLE DE LAS BOBINAS EN EL NÚCLEO.....	27
CAPITULO IV		
ANALISIS DE RESULTADOS		
4.	INTRODUCCION.....	29
4.1	PRUEBA DE POLARIDAD.....	30
4.2	PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.....	31
4.2.1	RESULTADOS OBTENIDOS.....	31
4.3	PRUEBA DE CORTOCIRCUITO.....	32
4.3.1	RESULTADOS OBTENIDOS.....	32
4.3.2	DESCRIPCION GRAFICA.....	32
4.4	PRUEBA DE VACIO O DE CIRCUITO ABIERTO.....	33
4.4.1	RESULTADOS OBTENIDOS.....	33
4.4.2	DESCRIPCION GRAFICA.....	33
CAPITULO V		
GUIAS DEL USUARIO		
5.	INTRODUCCION.....	35
5.1	GUIA # 1.....	36
5.2	GUIA # 2.....	41
5.3	GUIA # 3.....	46
5.4	GUIA # 4.....	50
CAPITULO VI		
6.1	GLOSARIO TECNICO.....	56
6.2	TABLA DE SIMBOLOGIA.....	57
6.3	CONCLUSIONES.....	58
6.4	HOJA DE RESULTADOS DE LAS GUIAS DEL USUARIO.....	59
6.5	BIBLIOGRAFIA.....	61

1.1 INTRODUCCION

El trabajo de graduación se denomina " DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES ESPECIALES DEL TIPO SCOTT ".

Con este trabajo se pretende dejar precedente tanto en material teórico como practico. El material teórico esta formado por una memoria del proceso de construcción y diseño (manual de diseño y construcción) en el cual esta detallado todos los pasos y cálculos a seguir en la elaboración de un transformador. También en este material estar incluido el resultado de las pruebas realizadas al transformador y el proceso para realizarlos.

El material practico esta compuesto por cuatro transformadores del tipo "SCOTT" los cuales han sido Elaborados según los datos enunciados en el manual de diseño y construcción, permitiendo con esto la comprobación del método aplicado.

Este equipo ésta respaldado por unas guías las cuales servirán para dar un mayor aprovechamiento del mismo. Permitiendo así tener un marco de referencia al usuario de cómo debe utilizarse correctamente el equipo.

Se puede señalar que también se efectúa un análisis de costos, cuyo propósito es dar a conocer la factibilidad de producción.

Se pretende quedar claro que el llevar a realidad una idea, un calculo, es un proceso por el cual surgen varias alternativas, en criterios de diseño aceptables.

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 OBJETIVOS GENERALES.

- 1- Ampliar los recursos de equipo didáctico en un laboratorio del área de electricidad.
- 2- Incrementar la utilización del equipo didáctico de otros talleres del área.
- 3- Mejorar la calidad de las practicas en el laboratorio de maquinas eléctricas a través de la implementación de los transformadores SCOTT.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- 1- Diseñar y construir transformadores especiales del tipo SCOTT
- 2- Implementar los transformadores que se construyan al laboratorio de maquinas eléctricas
- 3- Elaborar un procedimiento practico para el diseño y calculo para la fabricación de transformadores del tipo SCOTT.
- 4- Elaborar un manual de operación del equipo a construir para su mantenimiento y requerimientos para su correcta operación.

1.3 JUSTIFICACIONES Y ALCANCES.

1.3.1 JUSTIFICACIONES.

- Numero de mesas de trabajo que no cuentan con este tipo de transformadores, en el laboratorio de maquinas eléctricas.
- Números de núcleos ferromagnéticos existentes en la bodega del edificio de Eléctrica.

1.3.2 ALCANCES.

- Implementación de los transformadores del tipo SCOTT, en sus respectivos módulos, al laboratorio de maquinas eléctricas.
- Elaboración de un memoria de calculo, diseño y proceso de construcción del transformador SCOTT.
- Elaboración de material didáctico (guías de laboratorio), para el desarrollo de practicas usando el equipo que fue implementado.

1.4 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.

La metodología que se siguió en el proyecto de diseño y construcción de transformadores especiales del tipo "SCOTT", se efectuó los siguientes pasos:

- Diseño: en esta parte se realizaron los cálculos para determinar el número de espiras que tiene el devanado primario y secundario. También se determinó la potencia aparente del transformador..
- Presupuesto: Una vez realizado los cálculos de los diseños, de los bobinas y de los módulos se procedió a la realización del presupuesto respectivo.
- Compra de materiales: En este paso se procedió a la adquisición de los materiales necesarios para la elaboración de los transformadores.
- Construcción de los transformadores: Este fue el proceso en donde se llevó a cabo la construcción de los transformadores y los respectivos módulos.
- Realización de pruebas a los transformadores: Ya construido los transformadores se procedieron a realizar las siguientes pruebas:
 - a. Prueba de polaridad.
 - b. Prueba de corto circuito.
 - c. Prueba de vacío.
 - d. Prueba de rendimiento.
- Implementación: Una vez montados los transformadores en sus respectivos módulos, se procedió a la implementación de estos en el laboratorio de máquinas eléctricas.

CAPITULO II
DESARROLLO
DEL
PROYECTO.

2. INTRODUCCION.

En este capitulo se describe en forma general, el funcionamiento básico de la conexión scott.

También se encontrara una de las aplicaciones principales de este tipo de transformadores, y sus características principales.

Finalmente se presentan las características eléctricas de los transformadores construidos

2.1 DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO.

El transformador “SCOTT”, denominado así por C.F. SCOTT; es uno de los transformadores utilizados en tiempos en los cuales era común pasar de un sistema de voltaje trifásico a un sistema bifásico, y poder suministrar potencia trifásica.

La conexión “SCOTT” es la manera de obtener dos fases separadas 90 grados de una fuente de alimentación trifásica. En los comienzos de la transmisión de corriente alterna los sistemas de potencia trifásicos y bifásicos eran bastantes comunes. Por aquellos días, era una necesidad necesaria la interconexión de sistemas de dos y tres fases, la conexión “SCOTT” se desarrollo para lograr dicho propósito.

El transformador “SCOTT” se utiliza en sistemas donde es necesario conectar maquinas monofasicas de gran potencia, cuando solo se dispone de un servicio de suministro de varios hilos, evitando así el desbalance del sistema, ya que si se conecta la maquina directamente sólo se estaría utilizando dos de las tres fases, provocando , el defecto antes mencionado.

Este transformador se caracteriza por tener derivaciones al 50 y al 86.6 % del voltaje nominal (debido al factor raíz cuadrada de 3 entre 2), tanto para el devanado primario como para el secundario.

2.2 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL TRANSFORMADOR “ SCOTT”

VOLTAJE PRIMARIO: 380 V DE LINEA A LINEA.

VOLTAJE SECUNDARIO: 266 V

CORRIENTE PRIMARIA: 1 AMP.

CORRIENTE SECUNDARIA: 5 AMP.

POTENCIA APARENTE: 1 KVA.

CAPITULO III

MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCION.

3. INTRODUCCION

El manual de diseño y construcción del transformador SCOTT, consiste en un método a seguir para la fabricación de estos, mostrando en forma clara y sencilla, los pasos a seguir tanto para la obtención de materiales, como la obtención de los carteristas eléctricos deseadas.

Es así que mediante que el uso de un ejemplo determinado se ira mostrando el proceso de diseño construcción y tipo de conexión del transformador SCOTT.

También podemos encontrar el uso de herramientas y equipo para la construcción de transformadores del tipo SCOTT.

3.1 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO.

Para ilustrar en forma clara los pasos del proceso se tomaran las características siguientes:

Potencia	-----	1 kva.
Fases	-----	3 - 2.
Voltaje	-----	380 / 266 v.
Conexión	-----	SCOTT.
Frecuencia	-----	60 Hz.
Núcleo	-----	3 columnas.
Tipo	-----	seco.

3.2 DISEÑO DEL NUCLEO

3.2.1 ADQUISICION DE MATERIALES MAGNETICOS.

Existen dos alternativas para la fabricación del núcleo para los transformadores :

- Lamina nueva.
- A partir de otro núcleo de transformador.
- Núcleo nuevo.

La política económica del país no permite el ingreso de material magnético en bruto (sin troquelar).

Por cuanto en este proyecto se opto por la tercera opción siendo esta la más factible, ya que la universidad posee núcleos nuevos.

En caso de no contar con un núcleo nuevo o que este no cumpla con las dimensiones que demandan las características eléctricas de diseño, se deberá conseguir un núcleo usado o uno nuevo de mayor tamaño del que se ha dispuesto a utilizar.

Núcleo usado: cuando se cuente con un núcleo usado, se deberá hacer el siguiente proceso:

- Someterla a ensayo de laboratorio, para realizarle las pruebas siguientes:
 - Químicas (obtención de concentraciones de acero y silicio).
 - Análisis de características magnéticas (densidad de flujo, intensidad de campo magnético, pérdidas específicas y permeabilidad magnética).
- Trazado de las medidas del núcleo con una tolerancia de ± 1 mm
- Maquinado: proceso de corte y cepillado para la obtención de las medidas deseadas.
- Secado: proceso para eliminar cualquier indicio de humedad provocado por en medio ambiente
- Barnizado : se efectúa para crear un aislamiento entre chapas y evitar la corrosión.

Núcleo nuevo: En el caso de contar con un núcleo nuevo cuyas dimensiones no sean las adecuadas para las características eléctricas de diseño del transformador, el proceso anterior se ve reducido simplemente a dos pasos los cuales son:

- Trazado.
- Maquinado

3.2.2 DISEÑO DEL NÚCLEO DEL TRANSFORMADOR.

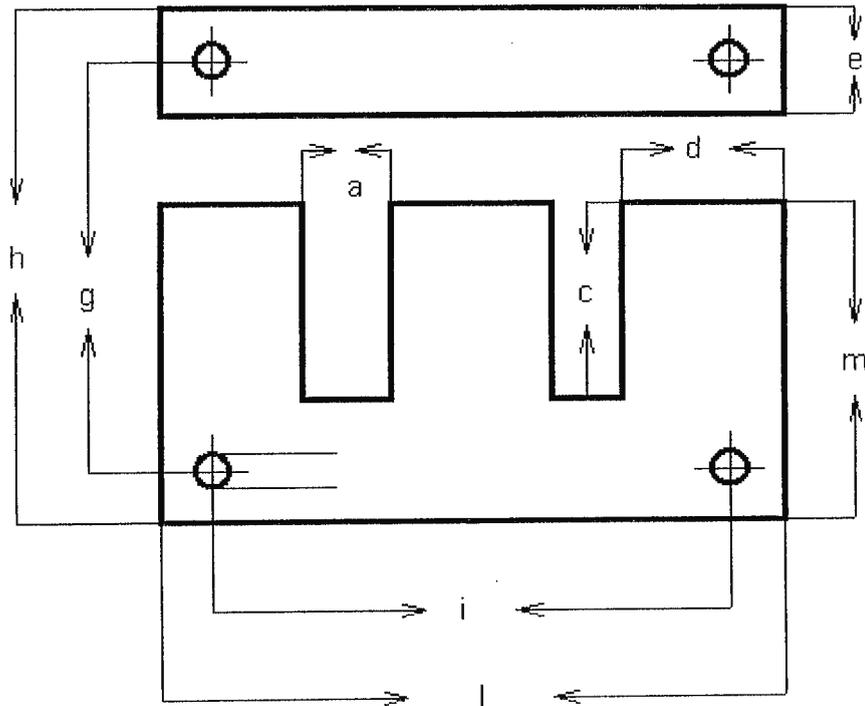
Para calcular la sección del núcleo magnético del transformador se necesita conocer la tensión y la intensidad que debe proporcionar el secundario, con ambos datos se obtendrá la potencia en vatios (voltamperios).

Con tales datos y el ábaco (anexo 1) se solucionará la primera incógnita. Este ábaco en su eje vertical y de abajo hacia arriba que da indicado el valor de la potencia en voltamperios, mientras que en el eje horizontal y de izquierda a derecha están los centímetros cuadrados de la sección del núcleo. Situadas en diagonal aparecen siete inclinadas que relacionan la potencia y la sección del núcleo según la frecuencia de la corriente aplicada al transformador.

Se puede observar que la recta corresponde a los 50 ciclos por segundo se destaca por su mayor pureza.

3.2.3 DIMENSIONES PARA CHAPAS NORMALIZADAS EN E/I DIN E 41-302

Chapa del núcleo	Símbolo	42	54	60	78	84	92	106	130	150	170	195	unidad
Altura chapa impar	h	3.5	4.5	5.0	6.5	7.0	7.4	8.5	10.5	12.0	14.0	18.0	Cm
Longitud de chapa	l	4.2	5.4	6.0	7.8	8.4	9.2	10.6	13.0	15.0	17.0	19.5	Cm
Ancho culata	e	0.7	0.9	1.0	1.3	1.4	1.2	1.45	1.75	2.0	2.25	2.75	Cm
Altura chapa par	m	2.8	3.6	4.0	5.2	5.6	6.1	7.05	8.75	10.0	11.7	15.2	Cm
Altura ventana	c	2.1	2.7	3.0	3.9	4.2	4.9	5.6	7.0	8.0	9.5	12.5	Cm
Ancho del núcleo	d	1.4	1.8	2.0	2.6	2.8	2.5	2.9	3.5	4.0	4.5	5.5	Cm
Ancho ventana	a	0.7	0.9	1.0	1.3	1.4	2.1	2.4	3.0	3.5	4.0	4.25	Cm
	Ø f	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.55	0.66	0.66	0.78	1.08	Cm
Medidas de sujeción	g	2.8	3.6	4.0	5.2	5.6	6.1	7.05	8.75	10.0	11.7	15.2	Cm
	i	3.5	4.5	5.0	6.5	7.0	8.0	9.4	11.5	13.5	15.0	17.0	Cm



3.2.4 CALCULO DEL NUCLEO DEL TRANSFORMADOR SCOTT SEGUN EL ABACO # 1.

La tensión en el secundario en el transformador SCOTT es de 190 volts. Con una intensidad de 5 amperios. Como es normal la frecuencia de 60 Hz, siendo la potencia de $190 \times 5 = 950$ Vatios, se buscara en el eje vertical del gráfico el punto que corresponde a una potencia de 950 watts. Partiendo de este punto se trazara una horizontal hasta cortar el diagonal de los 60 Hz. A partir de este punto de intersección se bajara una vertical que, al cortar el eje horizontal indicativo de la sección de núcleo que indicara el valor deseado.

En el ábaco se puede comprobar que para una potencia de salida en el secundario de 950 watts se necesita Una sección del núcleo de 28 cm^2

Una vez que se ha obtenido la superficie de la sección del núcleo se tendrá que proporcionar las dimensiones que tendrá (ancho y alto) para que su sección sea realmente de 28 cm^2 .

El núcleo estará formado por un empalado de chapas magnéticas y rodeando a este núcleo estarán las bobinas del primario y del secundario.

La forma de las chapas responde a los distintos tipos de transformadores y sus dimensiones están normalizadas la forma de chapa mas empleadas en pequeños transformadores es la E/I, denominación derivada de su forma.

Las chapas E/I pueden cortarse también en forma de F en cuyo caso desaparece la I, y el empalado se forma yuxtaponiendo chapas iguales en forma de F.

Las chapas se denominan por un numero que expresa su longitud máxima en milímetros; la que, junto con sus demás medidas, queda especificada en la norma DIN E 41-302, que se resume en la tabla que se proporciona posteriormente .

En el transformador antes mencionado se ha dicho que la sección del núcleo es de 28 cm^2 . Si se desea trabajar con una chapa E/I (ver tabla) se tendrá una anchura del núcleo de 5,5 cm.

Puesto que la superficie de la sección deberes esta anchura multiplicada por la altura ($s = d \times h$), para que sea $S = 28 \text{ cm}^2$, la altura deberá ser :

$$S = d \times h ; \quad h = S / d = 28 / 5,5 = 5 \text{ cm.}$$

Se dispone de una chapa de grueso normal (4/10 mm). El numero de chapas necesarias seria :

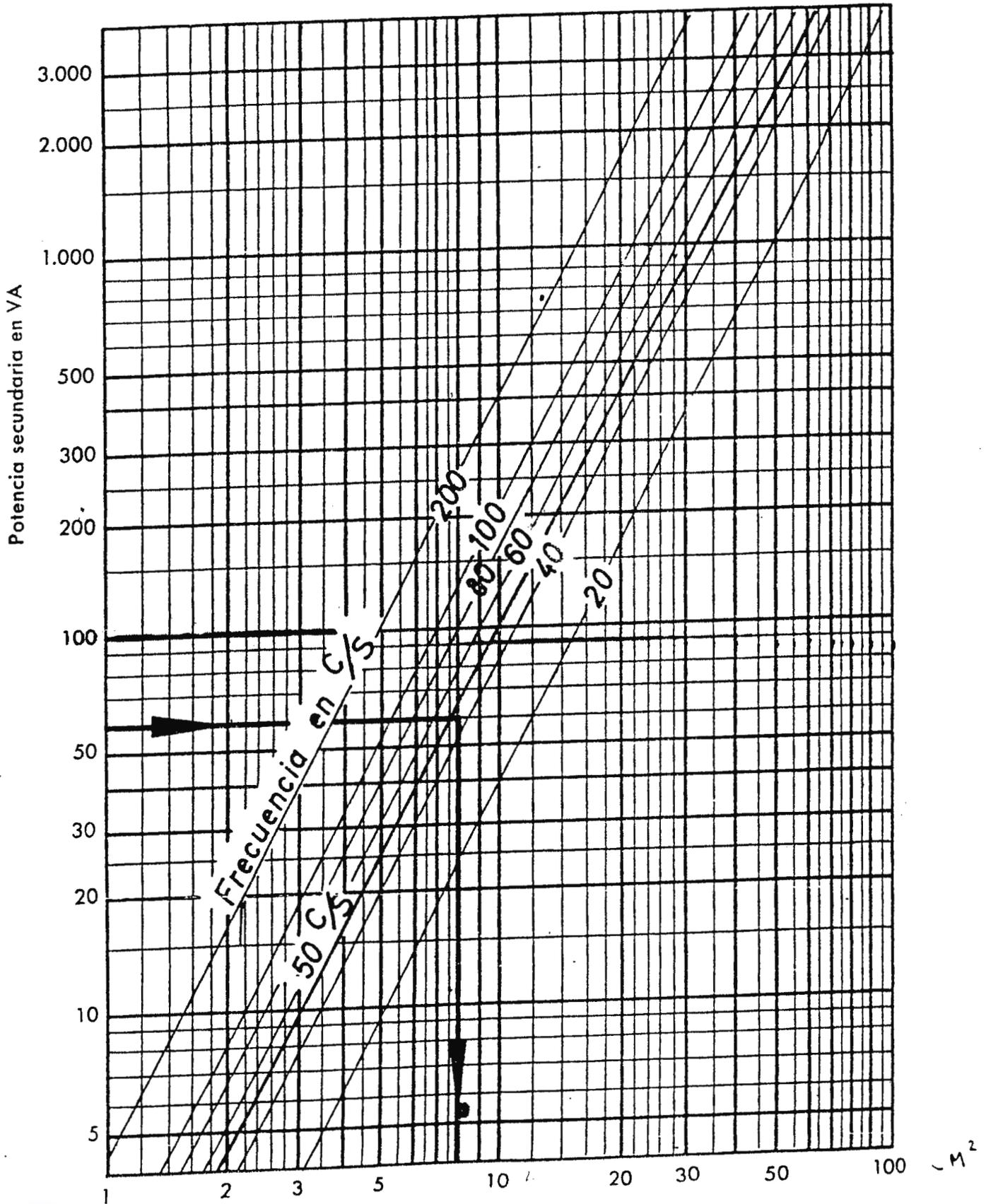
Altura del núcleo (h) = 5 cm = 50 mm.

Numero de chapas : $50 / 0.4 = 125$.

Grueso de una chapa = 0.4 mm.

El núcleo estaría formado por 125 chapas E/I 195 (Según tabla DIN 41- 302) de 4 / 10 mm.

3.2.5 ABACO #1



3.2.6 DIMENCIONES DEL NUCLEO.

altura chapa impar	=	18,0 cm
longitud de chapa	=	19,5 cm
ancho de culata	=	2,75 cm
altura chapa par	=	15,25 cm
altura ventana	=	12,5 cm
ancho de núcleo	=	5,5 cm
ancho de ventana	=	4,25 cm

3.2.7 CARACTERISTICAS DE LAS CHAPAS MAGNETICAS

MATERIAL : ACERO

CONCENTRACION DE SILICIO : 4.5 %

ESPESOR : 0.4 mm

INDUCCION : 10000 GAUSS

PERMEABILIDAD : 1050 H/m

INTENSIDAD DE CAMPO : 10 A/v

NOTA: de preferencia se recomienda usar acero al silicio, ya que el hierro dulce posee una induccion inferior a los 8000 gauss. Incrementando asi el uso de cobre, ya que este es inversamente proporcional a la induccion.

3.3 DISEÑO DE LOS DEVANADOS

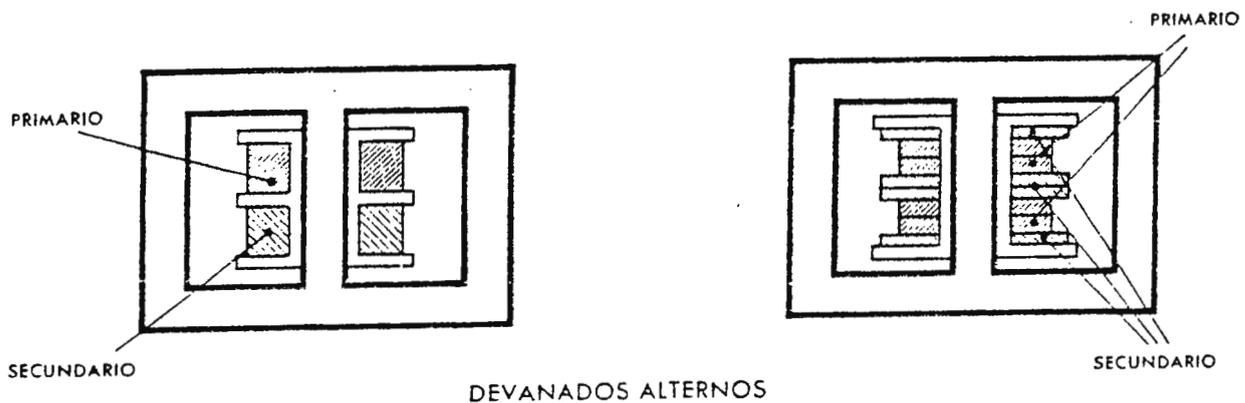
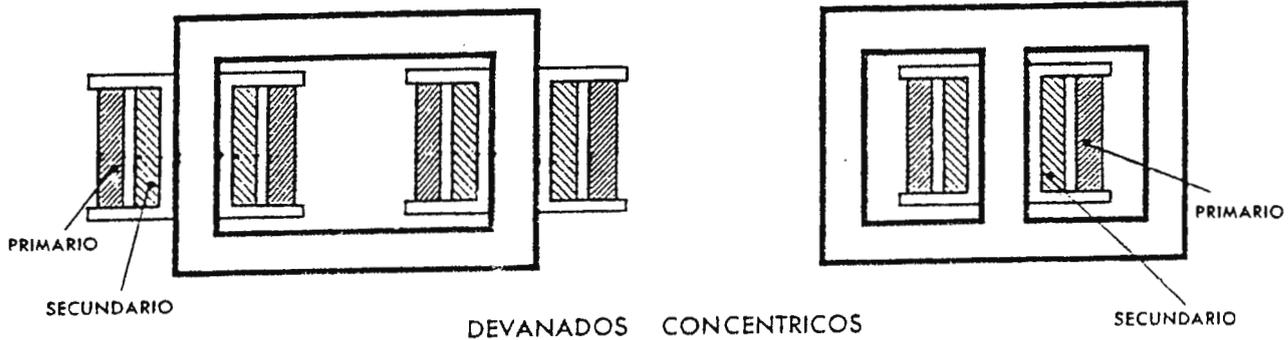
Existen dos tipos de devanados:

- a) Devanado concentricos.
- b) Devanados separados o alternos.

El uso de uno u otro dependera del criterio del fabricante, a continuacion se muestran en forma grafica los dos tipos de devanados.

3.3.1 TIPO DE DEVANADOS

DISPOSICION DE LOS DEVANADOS



3.3.2. TIPO DE DEVANADO UTILIZADO: concéntrico.

3.3.3 ESPIRAS POR VOLTIO.

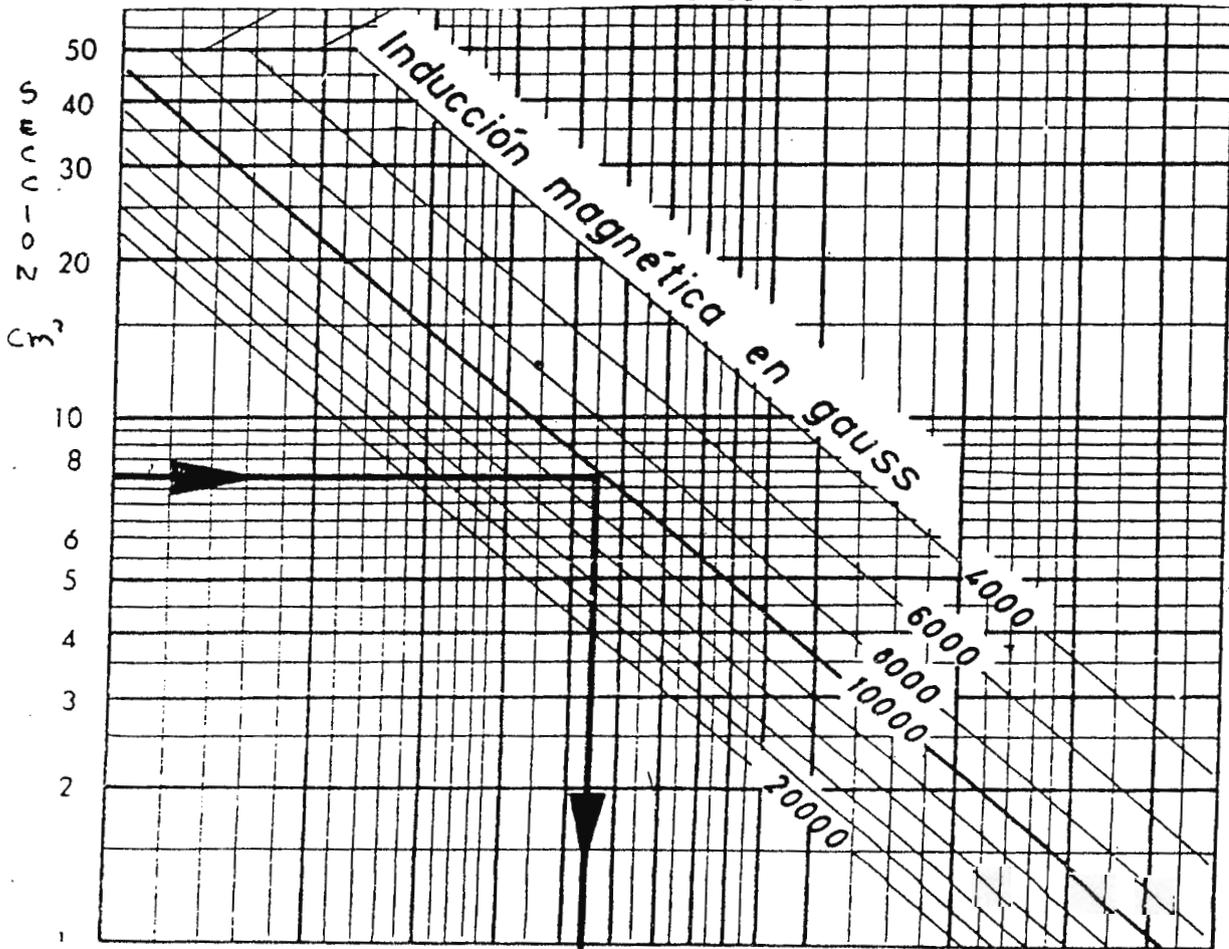
Una vez calculado la sección del núcleo magnético (dependiendo de las características requeridas para el transformador) se procederá a realizar el cálculo del número de espiras o vueltas por cada voltio inducido. Utilizando el abaco número 2.

En este abaco encontraremos en el eje vertical, se muestra el área del núcleo en centímetros cuadrados, y en el eje horizontal el número de espiras necesarias para inducir un voltio. Aparecen 9 inclinadas las cuales corresponden a distintos valores de inducción magnética en gauss.

Por tanto se sabe que la sección de nuestro núcleo es de 28 cm^2 , con una inducción magnética de 10000 gauss, trazaremos una línea paralela al eje horizontal partiendo del valor de nuestra sección hasta cortar con la inclinada que corresponda al valor de inducción antes mencionado, una vez encontrado esta intersección se trazará una línea paralela al eje vertical la cual nos indicará el número de espiras por voltio que necesitaremos para nuestro transformador.

A continuación se muestra el abaco utilizado:

3.3.3.1 ABACO # 2



3.3.3.2 Numero de espiras por voltio (e.v) necesarias según abaco 2 es:

$$e.v = 1.6 \text{ vueltas.}$$

3.3.4 TOTAL DE ESPIRAS POR FASE

3.3.4.1 DEVANADO PRIMARIO.

Para calcular el numero de espiras en el devanado primario utilizaremos la siguiente formula :

$$N_p = e.v \times V_p$$

DONDE :

N_p = numero de espiras en el devanado primario.

V_p = valor del voltaje primario por fase. (voltios).

$$N_p = 1.60 \times 190$$

$$N_p = 304 \text{ vueltas por fase}$$

3.3.4.2 DEVANADO SECUNDARIO.

la formula a aplicar es :

$$N_s = e.v \times V_s$$

DONDE :

N_s = numero de espiras en el devanado secundario.

V_s = valor de voltaje secundario por fase. (voltios).

POR TANTO :

$$N_s = 1.60 \times 190$$

$$N_s = 304 \text{ vueltas por fase.}$$

3.3.5 CALCULO DE LAS CORRIENTES Y DE LAS SECCIONES DE LOS CONDUCTORES.

3.3.5.1 CALCULO DE SECCION DEL CONDUCTOR DEL DEVANADO PRIMARIO.

Para obtener el valor de la sección del conductor a utilizar en el devanado primario se emplea la fórmula, teniendo en cuenta que la corriente primaria será de 1 amperio.

$$\varnothing_p = 0.8 \times (I_p)^{1/2} \quad \text{mm}$$

DONDE :

\varnothing_p = diámetro del conductor del devanado primario en mm.

0.8 = constante de diseño.

I_p = corriente primaria. (amperios)

POR TANTO :

$$\begin{aligned} \varnothing_p &= 0.8 \times (1)^{1/2} \\ \varnothing_p &= 0.8 \text{ mm} = \text{alambre esmaltado \# 20.} \end{aligned}$$

3.3.5.2 CALCULO DE LA SECCION DEL CONDUCTOR DEL DEVANADO SECUNDARIO.

La fórmula a utilizar es, teniendo en cuenta que la corriente del secundario es de 5 amperios :

$$\varnothing_s = 0.8 \times (I_s)^{1/2} \quad \text{mm}$$

DONDE :

\varnothing_s = diámetro del conductor del devanado secundario en mm.

I_s = corriente secundaria. (amperios)

$$\begin{aligned} \varnothing_s &= 0.8 \times (5)^{1/2} \\ \varnothing_s &= 1.78 \text{ mm} = \text{alambre esmaltado \# 13.} \end{aligned}$$

3.3.6 DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOBINAS EN EL NUCLEO.

3.3.6.1 NUMERO DE ESPIRAS POR CAPA DEL PRIMARIO.

La formula a utilizar es :

$$NCP = C / \varnothing_p$$

DONDE :

NCP = numero de espiras por capa del primario.

C = Altura de la ventana en milímetros.

\varnothing_p = diámetro del conductor del devanado primario en mm.

POR TANTO :

$$NCP = 125 / 0.8$$

$$NCP = 156.2 \text{ espiras por capa .}$$

3.3.6.2 NUMERO DE ESPIRAS POR CAPA DEL SECUNDARIO.

La formula a utilizar es :

$$NCS = C / \varnothing_s$$

DONDE :

NCS = Numero de espiras por capa del secundario.

\varnothing_s = diámetro del conductor del devanado secundario en mm.

POR TANTO :

$$NCS = 125 / 1.78$$

$$NCS = 70.2 \text{ espiras por capa.}$$

3.3.7 NUMERO DE CAPAS POR DEVANADOS.

3.3.7.1 NUMERO DE CAPAS DEL DEVANADO PRIMARIO.

La formula a utilizar es :

$$\# \text{ CP} = N_p / \text{NCP}$$

DONDE :

CP = Numero de capas del devanado primario.

N_p = Numero de espiras del devanado primario.

NCP = numero de espiras por capa del devanado primario.

POR TANTO :

$$\# \text{ CP} = 304 / 156.2$$

$$\# \text{ CP} = 1.95 \text{ capas}$$

3.3.7.2 NUMERO DE CAPAS DEL DEVANADO SECUNDARIO.

La formula a utilizar es :

$$\# \text{ CS} = N_s / \text{NCS} .$$

DONDE :

#CS = Numero de capas del devanado secundario.

N_s = Numero de espiras del devanado secundario.

NCS = Numero de espiras por capa del devanado secundario.

POR TANTO :

$$\# \text{ CS} = 304 / 70.2$$

$$\# \text{ CS} = 4.33 \text{ capas.}$$

3.3.8 TIPO DE AISLANTE.

A : barniz.

B : Papel aislante compuesto y copaco.

3.3.9 CAPACIDAD TERMICA DEL CONDUCTOR.

Alambre de magneto de alto calor (200 ° C).

3.3.10 SEPARACION ENTRE DEVANADOS Y NUCLEO

2.5 mm de fibra sintética de alta rigidez dieléctrica + 0.5 mm de papel copaco para el revestimiento del cuerpo del carrete.

3.4 CONSTRUCCION DE LAS BOBINAS.

3.4.1 LISTA DE MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO .

3.4.1.1 MATERIALES POR TRANSFORMADOR.

Nº	DESCRIPCION DE MATERIALES	CANTIDAD	USO
1	Alambre de cobre esmaltado # 14	12 lbs.	Bobinas de baja tensión
2	Alambre de cobre esmaltado # 20	3 ½ lbs.	Bobinas de alta tensión
3	Papel compuesto	1 pliego	Aislamiento
4	Papel copaco	1 pliego	Aislamiento
5	Barniz	½ Galón	Aislamiento
6	Fibra cobertora # 10	10 Yardas	Aislamiento de salidas
7	Madera	3 Moldes	Para reforzar carretes.
8	Estaño	10 Yardas	Soldar terminales de bobinas.

3.4.1.2 EQUIPO Y HERRAMIENTAS.

Nº	EQUIPO Y HERRAMIENTA	CANTIDAD	USO
1	Maquina bobinadora	1	Elaboración de bobinas
2	Horno	1	Secado
3	Regulador de inducción	1	Variar voltaje de fuente
4	Aparatos de medición		
	-voltímetro	3	Medir tensiones
	-amperímetro	2	Medir corrientes
	-vatímetro	4	Medir potencias
	-megger	1	Medir aislamiento
5	Tenazas de electricista	2	Sujeción
6	Martillo de goma	1	Acondicionamiento de bobinas
7	Cortadora de alambre	1	Cortar alambre
8	Navaja de electricista	1	Remover esmalte de las terminales de bobinas
9	cautin y pistola	1	Soldar
10	Destornilladores	1 juego	Varios
11	Taladro de mesa	1	Para : agujero central del molde de madera

3.4.2 ELABORACION DE LAS BOBINAS

Cada bobina consta de tre arrollamientos de cobre esmaltado de sección redonda.

El primero, es un arrollamiento primario completo, el segundo es un devanado primario compartido y el tercero, es el devanado secundario compartido.

Por la disposición que estos tienen en las columnas los arrollamientos son de tipo concéntricos.

Cada arrollamiento esta formado por capas que requieren un aislamiento entre ellas.

3.4.2.1 CONSTRUCCION DEL MOLDE PARA LAS BOBINAS.

Con el objeto de lograr una bobina simétrica y ordenada se requiere un molde de madera sobre el cual se montaran los carretes para garantizar una sólida construcción que permitirá soportar la presión que sobre estos ejerzan los conductores.

3.4.2.2 CONSTRUCCION DE LOS DEVANADOS.

En esta etapa se procedera a la ejecucion de los devanados, siguiendo los pasos que a continuacion se detallan.:

1º- colocacion del molde de madera a los carretes.

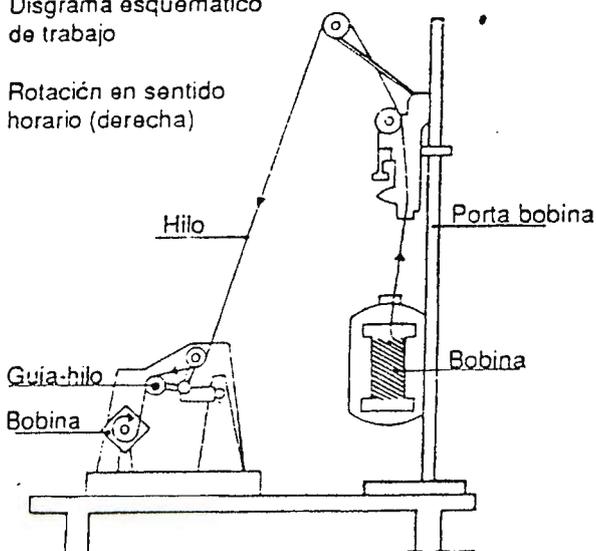
2º- Se recubren los carretes con una camisa de papel copaco para un mayor aislamiento entre la primer capa de conductores y el nucleo.

3º- Se sujeta el carrete con el molde de madera firmemente en el eje de la bobinadora o arbol arrollador (D), mediante los dos conos, uno de los conos esta fijado al arbol mediante un tornillo.

Para sacar el arbol arrollador (D) de su sede, es necesario destornillar la manopla (E) y traer hacia fuera la contrapunta (F), luego se colocara la bobina surtidora como se muestra en la siguiente figura:

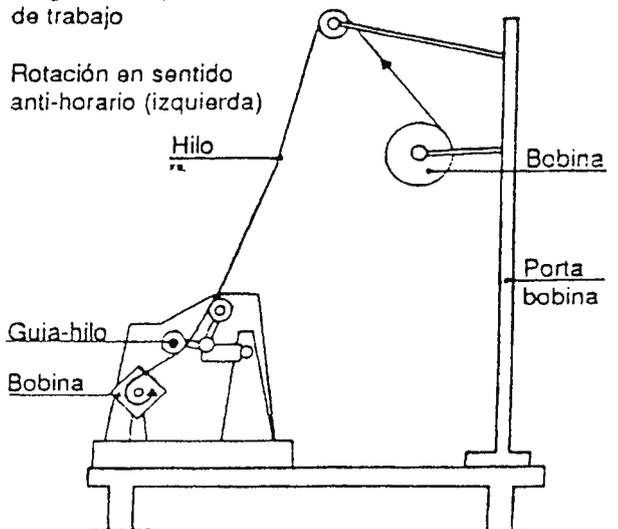
Disgrama esquemático de trabajo

Rotación en sentido horario (derecha)



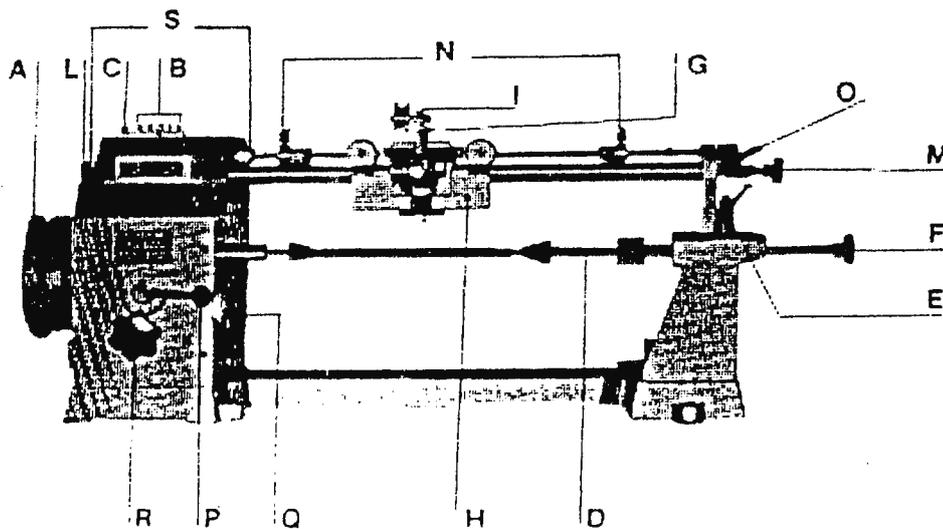
Disgrama esquemático de trabajo

Rotación en sentido anti-horario (izquierda)



- 4°- Para colocar el carro guiahilos (H) se tiene que destornillar con medio giro la tuerca granada (G) asi se puede mover el carro guiahilos hacia la derecha y la izquierda ya que el caracol ha sido desengranado del tornillo fileteado. Se consigue de esta manera una primera aproximativa regulacion de las poleas guiahilos (I).
- 5°- Luego se tiene que llevar de nuevo la tuerca granada (G) a la posicion inicial.
- 6°- Para alinear perfectamente el guia hilos es necesario girar hacia el obrador de la manopla de desenganche (L), puesta a la izquierda y obrar sobre la manopla (M) puesta a la derecha de la maquina se conseguira asi el alejamiento micrometrico del carro guiahilos (H) y por eso se necesita poner los arostos fin de estratos (N) obrando sobre la palanca de resorte (O).
- 7°- Para fijar el arresto de izquierda se aleja hacia la derecha la palanca de resorte. si el primer estrato tendra que empezar desde la izquierda hacia la derecha, luego se pone el arresto de fin de estrato (N) y se apreta la manija. Para fijar el arresto de derecha se apreta la palanca de resorte hacia la izquierda y luego se pone el arresto de fin de estrato (N) y se apreta la manija..
- asi quedara la maquina regulada para dispararse automaticamente a cada fin de estrato invirtiendo su carrera.
- 8°- Una vez sujetado el carrete en el arbol arrollador (D) y fijado los finales de estrato (N) se procedera a ajustar la velocidad deseada con la palanca de acambio (P) y se fijara el diametro de hilo a utilizar con el variador de pasos (Q) en el cual estan indicados los distintos diametros de hilos a utilizar. Verificsndo que el contometro este reseteado (cero vueltas).
- 9°- Si el arrollamiento resultase con espiras sobre puestas o con espacios anchos entre espiras, se regulara utilirando la manopla (R) hasta quwe el arrollamiento resulte perfecto, aunque el valor del diametro del hilo sea distinto en el variador de pasos (Q).
- 10°- Entre cada una de las capas es necesario colocar una camisa de papel copaco para un mejor aislamiento y orden entre capa de un mismo devenado y entre devenados.
- 11°- Los pasos 8° y 9° se repetiran para cada uno de los devenados a construirse, en caso de utilizar el mismo diametro de hilos para ambos devanados no sera necesario repetir los pasos mencionados anteriormente.

3.4.2.2.1 DESCRIPCION GRAFICA DE LA BOBINADORA USADA



3.4.2.3 ENSAMBLE DE LAS BOBINAS EN EL NUCLEO.

Las bobinas se ensamblan al núcleo y se implementan los circuitos eléctricos de prueba por pierna y fase del núcleo:

- a) Relación de transformación
- b) Pruebas de polaridad.
- c) Prueba de aislamiento.

CAPITULO IV

ANALISIS
DE
RESULTADOS.

4. INTRODUCCION

Las pruebas se hacen en los transformadores y sus accesorios por distintas razones, durante su fabricación, para verificar la condición de sus componentes, durante su operación como parte del mantenimiento, durante la entrega para demostrar su buen funcionamiento, después de alguna reparación, etc.

Las pruebas realizadas a los transformadores que se han fabricado, son pruebas que servirán para demostrar el buen funcionamiento de estos, así como pruebas que servirán para determinar algunas de las características importantes para la utilización de estos.

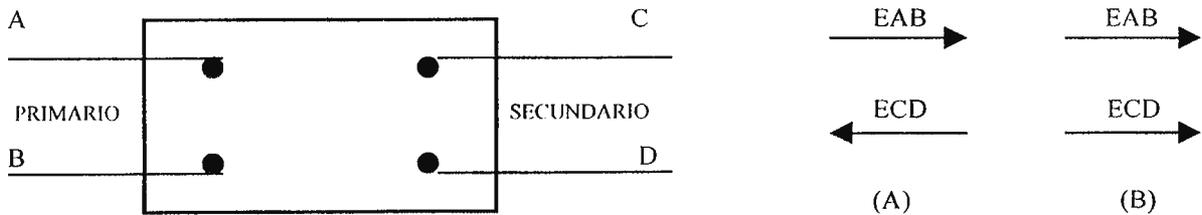
4.1 PRUEBA DE POLARIDAD

A diferencia de la corriente directa no hay una polaridad fija en la corriente alterna, de aquí que los transformadores no pueden tener una polaridad fija en sus terminales (+,-).

La dirección relativa en la cual los devanados primarios, y secundarios de un transformador se devanan alrededor del núcleo determina la dirección relativa del voltaje a través de los devanados, esta puede ser:

- a) Polaridad aditiva.
- b) Polaridad sustractiva.

Dado que es importante, cuando dos o más transformadores se conectan juntos, conocer la dirección relativa del voltaje de cada transformador, se han designado ciertas convenciones para designar la llamada polaridad de un transformador. De esta definición de polaridad se puede obtener la figura siguiente:



Si una de las terminales del devanado primario se conecta al lado adyacente opuesto del devanado secundario, (de A a C), el voltaje en las terminales restantes (B y D), es o la suma o la diferencia de los voltajes primario y secundario, dependiendo de las direcciones relativas de los devanados.

Si el voltaje de B a D es la suma se dice que el transformador de polaridad aditiva, y si es la diferencia entonces se dice que tiene polaridad sustractiva.

Resultados de las pruebas de polaridad realizadas en cada pierna del transformador “ SCOTT “.

Pierna derecha	-----	polaridad sustractiva.
Pierna central	-----	polaridad sustractiva.
Pierna izquierda	-----	polaridad sustractiva.

4.2 PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

La prueba de resistencia de aislamiento en transformadores sirve para verificar la calidad del aislamiento, que estos poseen.

La resistencia de aislamiento se mide por medio de un aparato conocido por "MEGGER". El megger consiste de una fuente de alimentación en corriente directa y un sistema de medición. La fuente es un pequeño generador que se puede accionar en forma manual o eléctricamente. El voltaje en las terminales de un MEGGER varía de acuerdo al fabricante y a sí, se trata de accionamiento manual o eléctrico, pero en general se pueden encontrar en forma comercial MEGGER de 250 V, 1000 V y 2500 VOLTS.

La escala del instrumento está graduada para leer resistencias de aislamiento en el rango de 0 a 1 KV.

4.2.1 RESULTADOS OBTENIDOS.

Bobina primaria 1 / Bobina primaria 2	-----	$\infty \Omega$
Bobina primaria 1 / Bobina primaria 3	-----	$\infty \Omega$
Bobina primaria 2 / Bobina primaria 3	-----	$\infty \Omega$
Bobina primaria 1 / Bobina primaria 1	-----	0 Ω
Bobina primaria 2 / Bobina primaria 2	-----	0 Ω
Bobina primaria 3 / Bobina primaria 3	-----	0 Ω
Bobina primaria 1 / carcasa	-----	$\infty \Omega$
Bobina primaria 2 / carcasa	-----	$\infty \Omega$
Bobina primaria 3 / carcasa	-----	$\infty \Omega$

Bobina secundaria 1 / Bobina secundaria 2	-----	$\infty \Omega$
Bobina secundaria 1 / Bobina secundaria 1	-----	0 Ω
Bobina secundaria 2 / Bobina secundaria 2	-----	0 Ω
Bobina secundaria 1 / carcasa	-----	$\infty \Omega$
Bobina secundaria 2 / carcasa	-----	$\infty \Omega$

Bobina primaria 1 / bobina secundaria 1	-----	$\infty \Omega$
Bobina primaria 1 / Bobina secundaria 2	-----	$\infty \Omega$
Bobina primaria 2 / Bobina secundaria 1	-----	$\infty \Omega$
Bobina primaria 2 / Bobina secundaria 2	-----	$\infty \Omega$
Bobina primaria 3 / Bobina secundaria 1	-----	$\infty \Omega$
Bobina primaria 3 / Bobina secundaria 2	-----	$\infty \Omega$

4.3 PRUEBA DE CORTOCIRCUITO.

La prueba de cortocircuito consiste en cerrar o poner en cortocircuito, es decir, una conexión de resistencia despreciable, las terminales de uno de los devanados y alimentar el otro con un voltaje reducido (aplicado en forma regulada), de un valor reducido de valor que representa un pequeño porcentaje del voltaje del devanado por alimentar, de tal forma, que en los devanados circule las corrientes nominales. En estas condiciones se miden las corrientes nominales y la potencia absorbida.

4.3.1 RESULTADOS OBTENIDOS :

P : 225.16 W

V_p : 40 V

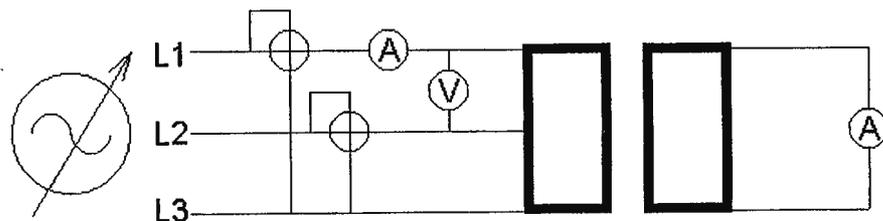
I_p : 1 A

I_s : 5 A

V_s : 0 V

Q : 173.2 VAR

4.3.2 DESCRIPCION GRAFICA DE LA PRUEBA DE CORTOCIRCUITO



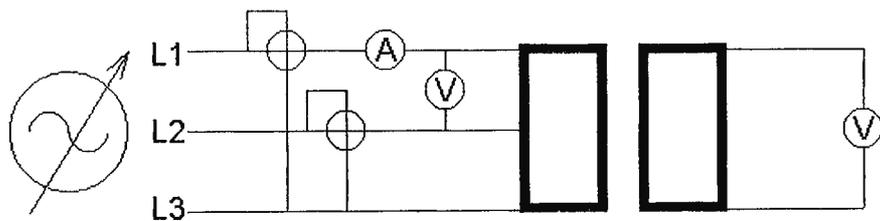
4.4 PRUEBA DE VACIO O DE CIRCUITO ABIERTO.

Durante la prueba de vacío del transformador o de circuito abierto, se aplica el voltaje nominal del transformador por el devanado del alto voltaje y se miden los voltajes V_s , la corriente de vacío I_o , y la potencia P_o , que representa las pérdidas de vacío o en el núcleo del transformador. Se mide también el voltaje en el devanado primario V_p , del transformador.

4.4.1 RESULTADOS OBTENIDOS :

P : 103.92 W
V_p : 380 V
I_p : 1 A
I_s : 0 A
V_s : 268 V
Q : 259.8 VAR

4.4.2 DESCRIPCION GRAFICA DE LA PREUBA DE VACIO O CIRCUITO ABIERTO



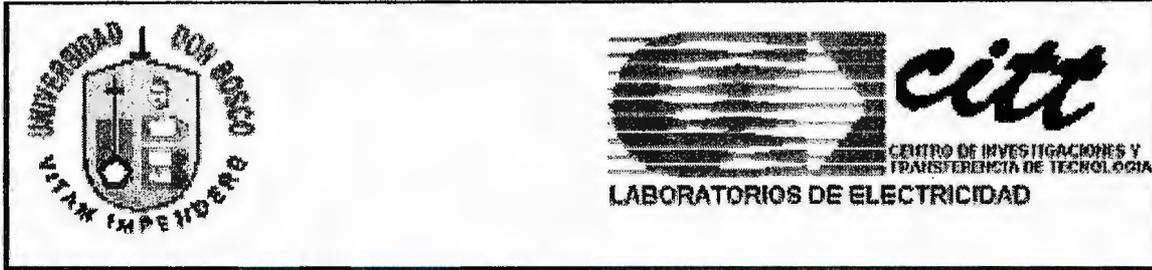
CAPITULO V

GUIAS DEL USUARIO.

5. INTRODUCCION.

En este capítulo se encontrarán alternativas para la utilización de los transformadores especiales del tipo SCOTT. Estas alternativas han sido propuestas para que el usuario le de un aprovechamiento eficiente a los transformadores. Estas constan de una guías que han sido elaboradas para verificar la capacidad, rendimiento, estado y funcionamiento correcto del transformador.

El desarrollo de estas guías esta propuesta para llevarse a cabo en los laboratorios de maquinas eléctricas y en el de sistemas de potencia, ya que en estos se encuentra el equipo necesario para su desarrollo.



Práctica No. :1

Departamento : Electricidad

Nivel : Tecnológico.

Título : Generalidades.
Prueba de polaridad y aislamiento del transformador "SCOTT".

Profesor :

Instructor :

Lugar de ejecución : Edif. Electricidad. Taller de Máquinas Eléctricas. Citt

Tiempo de ejecución :

Fecha :

Prerrequisitos de guía :

I. OBJETIVOS.

Verificar las partes y construcción física del transformador "SCOTT".

Determinar la polaridad del transformador "SCOTT", utilizando dos métodos prácticos, el de corriente directa y el de corriente alterna.

Comprobar la continuidad entre devanados y el tipo de aislamiento que posee el transformador.

INTRODUCCION.

El transformador es una maquina estática que transforma energía eléctrica de corriente alterna de un nivel de voltaje a otro nivel de voltaje, que se basa en el principio de la acción transformadora. “ En una espira conductora que se somete a una variación del flujo magnético (líneas de inducción) que varia con el tiempo; se induce una tensión entre sus terminales en proporción directa al numero de espiras”.

El transformador “SCOTT” , es uno de los transformadores utilizados en los tiempos en los cuales era común pasar de un sistema trifásico de voltajes a un sistema bifásico, y poder suministrar potencia trifásica.

El transformador “SCOTT” se utiliza mucho en sistemas donde era necesario conectar maquinas monofásicas de gran potencia, cuando solo se dispone de un sistema de suministro de varios hilos.

Este transformador se caracteriza por tener derivaciones al 50 y al 86.66 % del voltaje nominal, tanto para el devanado primario como para el devanado secundario.

PRUEBA DE POLARIDAD:

La polaridad de un transformador, es el sentido relativo de la corriente del devanado secundario con respecto a la corriente del devanado primario. Esta puede ser aditiva o sustractiva.

Esta prueba es esencial para realizar un paralelaje de transformadores, ya sea monofásicos o del tipo especial “SCOTT”.

PRUEBA DE AISLAMIENTO:

Esta prueba se realiza para verificar la continuidad entre los devanados comunes y para determinar el tipo de aislamiento que posee el transformador.

La resistencia de aislamiento se mide por medio de un aparato conocido como MEGGER el cual consiste en una fuente de corriente directa y un sistema de medicion (ohmetro) .

En general el voltaje que puede suministrar la fuente del MEGGER oscila entre los 250 volts, y 2500 volts., su sistema de medicion esta graduado para leer resistencia de aislamiento en el rango de cero a 10, 000 M Ω .

III . MATERIALES/EQUIPO.

No.	Cantidad	Descripción
1	1	TRANSFORMADOR SCOTT.
2	1	PANEL DE EJERCICIOS ALTERNATIVO.
3	1	VATIMETRO ELECTRONICO.
4	2	MEDIDORES DE BOBINA MOVIL.
5	15	CABLES DE TODA MEDIDA.
6	1	FUENTE DE D.C REGULABLE.
7	1	OHMETRO.
8	1	INTERRUPTOR DE 4 POLOS.
9	1	MEDIDOR DE AISLAMIENTO (MEGGER)
10	1	MEDIDOR DEL VALOR EFECTIVO (RMS).

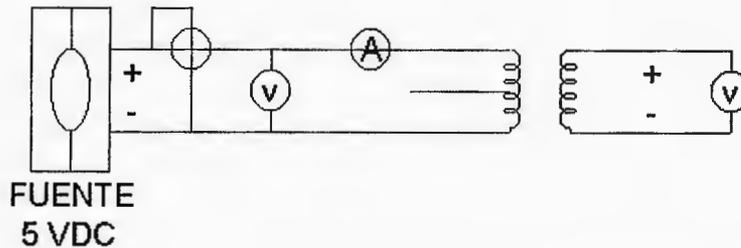
PROCEDIMIENTO.

PARTE I

PUEBA DE POLARIDAD.

UTILIZANDO CORRIENTE DIRECTA.

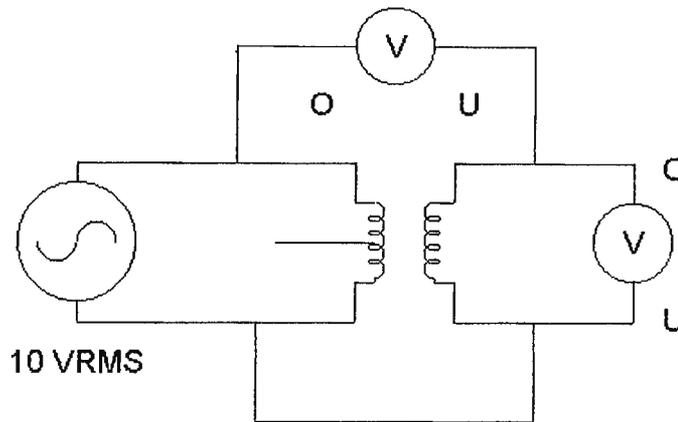
- Identifique la fuente de alimentación de corriente directa regulable, ajústala para una salida de 5 vdc, para alimentar el transformador.
- Calibre las agujas de los medidores en el caso de estar desajustados, a través del tornillo de ajuste correspondiente e implemente el circuito de la siguiente figura:



- utilizando el medidor RMS ajustar a un voltaje de 5 VDC cuando el interruptor sw1 esta abierto.
 - Utilizando un medidor de bobina móvil observar el sentido de giro de la aguja del dispositivo 'D' Arsonval sobre el dial, cuando se cierra el interruptor sw1 momentáneamente, y luego regresa a su posición original
 - ¿ Que polaridad indica, aditiva o sustractiva?. Explique su respuesta.
SUCTRACTIVA. Ya que la polaridad del voltmetro es igual al de la alimentación.
- f. Ahora invierta los terminales del medidor de bobina móvil. ¿ en que sentido defleca la aguja?. Explique .

PARTE II .
 PRUEBA DE POLARIDAD
 UTILIZANDO CORRIENTE ALTERNA.

a. Desconecte el circuito de la parte 1 desarrolle el siguiente circuito..



b. Ajuste la fuente de alimentación , para una salida de 10 VRMS, y conecte adecuadamente los medidores de manera de no dañar su fusible por sobrecarga.

c. ¿ Que polaridad indica la prueba anterior, aditiva o sustractiva?. Explique

La polaridad del transformador es sustractiva, por que el voltaje medido es menor que el voltaje de entrada.

PARTE III
 PRUEBA DE AISLAMIENTO.

Para un transformador de tres devanados se deben tomar las siguientes medidas:

- | | |
|---|-------------------|
| a. Entre devanado Primario y carcasa. | $\infty \Omega$ |
| b. Entre devanado secundario y carcasa | $\infty \Omega$ |
| c. Entre devanado primario y secundario | $\infty \Omega$. |
| d. Entre devanado primario y primario | 0Ω |
| e. Entre devanado secundario y secundario | 0Ω . |

V. DISCUSION DE RESULTADOS

- a. Para que sirve la marca de polaridad en los transformadores.
- b. Que sucedería al existir continuidad entre devanado primario y el secundario.
- c. Que falla se encuentra al realizar la prueba de aislamiento.

VI. BIBLIOGRAFIA

GENERAL ELECTRIC, “ Manual de conexión de transformadores” .

VASQUEZ, José Ramírez. “ transformadores convertidores”

Enciclopedia CEAC de electricidad.

Barcelona. España .

HUBBERT, Charles. “ Maquinas eléctricas”.



Práctica No. :2
Departamento : Electricidad

Nivel : Tecnológico.

Título : DETERMINACION DE LAS PERDIDAS DEL COBRE Y DEL NUCLEO.

Profesor :

Instructor :

Lugar de ejecución : Edif. Electricidad. Taller de Máquinas Eléctricas. CITT

Tiempo de ejecución :

Fecha :

Prerrequisitos
De guía :

I. OBJETIVOS.

Determinar las características de vacío y cortocircuito del transformador "SCOTT.

Determinar los parámetros y construcción del circuito equivalente referido al primario.

II. INTRODUCCION.

En los grandes sistemas de transmisión, se hace, necesario transportar la energía Eléctrica a grandes distancias, por lo que se eleva la tensión y reduce las corrientes de trabajo lo que implica menos pérdidas y hace el sistema más eficiente.

En términos ideales en un transformador la potencia de entrada es igual a la potencia de salida, sin embargo esto no es cierto en la realidad, dado que internamente se dan dos tipos básicos de pérdidas : las de vacío y de corto circuito .

PERDIDAS DE VACIO

Cuando entre los terminales de uno de los lados del transformador se conecta un potencial y lo el otro lado está en circuito abierto, existe una única corriente denominada de magnetización la cual en términos matemáticos, tiene dos componentes, una real y una imaginaria. La componente real, es la que se asume que pasa por una resistencia de núcleo (R_m), dado que también el núcleo es conductor y se inducen corrientes dentro de él (corrientes de eddy) , y que únicamente pueden manifestarse por el efecto de irradiar calor , esto se conoce como pérdidas en el núcleo .

Existen también las pérdidas debidas a la componentes imaginarias y que se denominan pérdidas por histéresis debido a que el material del núcleo está sometido a ciclos repetitivos de magnetización y desmagnetización, internamente unas estructuras cristalinas denominadas dominios , se orientan y desorientan, algunos en sentidos aleatorios pues no alcanzan un estado de reordenamiento pues dependen de la frecuencia o velocidad con que ocurre los ciclos de magnetización.

PERDIDAS ELÉCTRICAS

Las pérdidas eléctricas son las que se dan por el efecto de joule, es decir que se produce por calor debido a la resistencia de los arrollamientos, tanto en el de baja como en el lado de alta tensión. Siendo muchas veces despreciable los valores de lado de alta con respecto al lado de alta tensión.

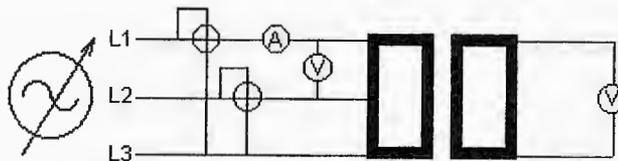
III . MATERIALES/EQUIPO.

No.	Cantidad	Descripción
1	1	TRANSFORMADOR SCOTT.
2	1	PANEL DE EJERCICIOS ALTERNATIVO.
3	1	VATIMETRO ELECTRONICO.
4	2	MEDIDORES DE BOBINA MOVIL.
5	15	CABLES DE TODA MEDIDA.
6	1	FUENTE DE D.C REGULABLE.
7	1	OHMETRO.
8	1	MEDIDOR DEL VALOR EFECTIVO (RMS).

PROCEDIMIENTO

PARTE I DETERMINACION DE LAS PERDIDAS DE VACIO.

a. Implemente el circuito de la figura siguiente:



b. Mida la resistencia ohmica de los devanados primarios y secundarios:

R_1 3.2 Ω R_2 2.4 Ω

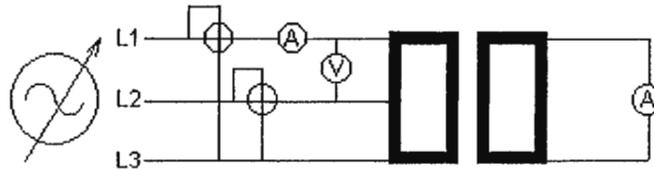
c. Incremente el voltaje de la fuente iniciando desde cero, y midiendo V_1 e I_1 , hasta un máximo de $V_1 = 240$ V LL y anote los datos obtenidos en la siguiente tabla:

V_1 (V)	30	40	60	90	120	200	380
V_2 (V)	22	30	46	69	90	150	266
I_1 (A)	0.05	0.08	0.18	0.125	0.15	0.18	0.22
P (W)	0.3	0.8	1.2	2.2	3.2	7.6	12

d. Reduzca lentamente el voltaje y luego apague la fuente.

PARTE II
DETERMINACION DE LAS PERDIDAS DE CORTOCIRCUITO.

a. Implemente el circuito de la figura siguiente y verifique que la fuente se encuentre a cero voltios:



b. Incremente el voltaje suavemente hasta que la corriente en el primario sea de 1 amp. Y complemente la tabla siguiente:

V1 (V)	20	28	38	60	100
V2 (V)	0	0	0	0	0
I1 (A)	0.2	0.4	0.6	0.8	1
I2 (A)	0.8	1.84	2.6	3.5	4.4
P (W)	17	58	146	258	404

C. Anote los datos de los medidores para la condición a plena carga (1 amp).

NOTA : este tipo de prueba debe llevarse con el mayor cuidado y rapidez posible, dado que en cortocircuito se eleva la temperatura del transformador

Reduzca la tensión a cero y apague la fuente de energía.

V. DISCUSION DE RESULTADOS.

En que forma se manifiestan las perdidas en el transformador.

Determinar las perdidas totales del transformador.

En que forma se pueden disminuir las perdidas en el núcleo.

VI. BIBLIOGRAFIA

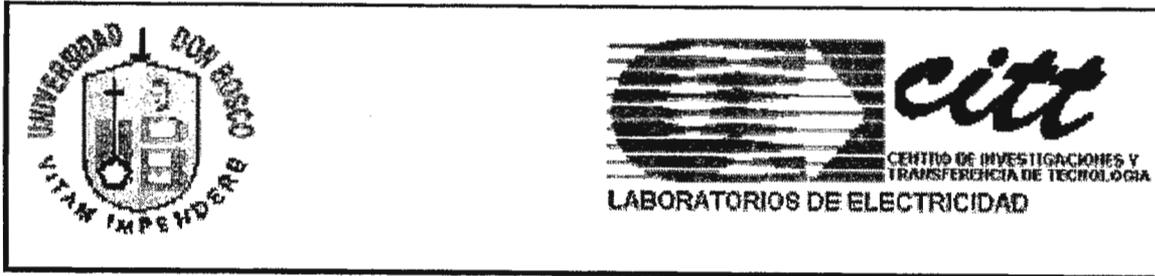
GENERAL ELECTRIC, “ Manual de conexión de transformadores” .

VASQUEZ, José Ramírez. “ transformadores convertidores”

Enciclopedia CEAC de electricidad.

Barcelona. España .

HUBBERT, Charles. “ Maquinas eléctricas”.



Práctica No. : 3
Departamento : Electricidad

Nivel : Tecnológico.

Título : PRUEBA DINAMICA DE TENSION
Profesor :

Instructor :

Lugar de ejecución : Edif. Electricidad. Taller de Máquinas Eléctricas. CITT

Tiempo de ejecución :

Fecha :

Prerrequisitos de guía :

I. OBJETIVOS

Encontrar adecuadamente el voltaje a utilizar a la salida del transformador SCOTT..

Conocer los voltajes de salida regulando en proporción al voltaje de entrada.

Determinar la relación de transformación del transformador SCOTT.

II INTRODUCCION.

El transformador SCOTT nos permite transformar una señal trifasica a una señal bifasica teniendo esta ultima una separacion de 90 grados entre fase..

Sabemos que la reduccion o aumento de tensioci que se encuentra en el secundario depende de la relación entre el numero de espiras que posea dicho devanado. No obstante este valor de tensión se puede cambiar variando en voltaje de entrada, sin variar la corriente.

Es asi como para valores debajo de la tension nominal de entrada podemos obtener a la salida tensión debajo de lo nominal.

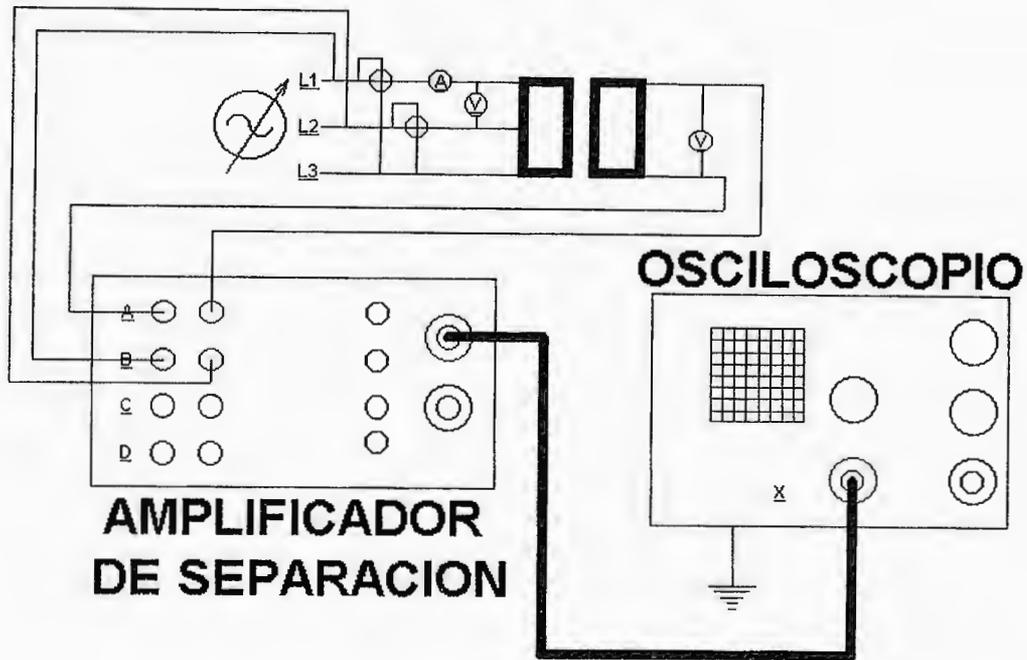
Una de las aplicaciones , para este caso es la de alimentar cargas menores a la potencia que demanda el transformador.

III . MATERIALES/EQUIPO.

No.	Cantidad	Descripción
1	1	TRANSORMADOR SCOTT.
2	2	MEDIDORES DE BOBINA MOVIL.
3	15	CABLES DE TODA MEDIDA.
4	1	FUENTE DE VOLTAJE REGULABLE,
5	1	OSCILOSCOPIO
6	1	AMPLIFICADOR DE SEPARACION
7	1	AMPERIMETRO
8	2	VATIMETRO

PROCEDIMIENTO.

- a. Implemente el circuito de la figura siguiente
- b. Identifique el equipo a utilizar.



- c. Encender la fuente de alimentación verificando que se encuentre en cero voltios
- d. Varie el voltaje de entrada de acuerdo a los valores indicados en la tabla siguiente, y tome los valores de la corriente de entrada, voltaje de salida, para complementar dicha tabla.

V IN	0 V	60 V	120 V	180 V	240 V	380V
V OUT		46	69	90	150	260
P		1.2	2.2	3.2	7.6	12
I IN		0.08	0.01	0.0125	0.015	0.018

- e. Redusca el voltaje hasta cero voltios y apague la fuente.

V. DISCUSION DE RESULTADOS.

- a. Determine la relación de transformación del transformador SCOTT.
- b. Dibuje las formas de ondas que se observaron en el osciloscopio.
- c. Que sucede con las formas de ondas cuando se varia el voltaje.

VI. BIBLIOGRAFIA.

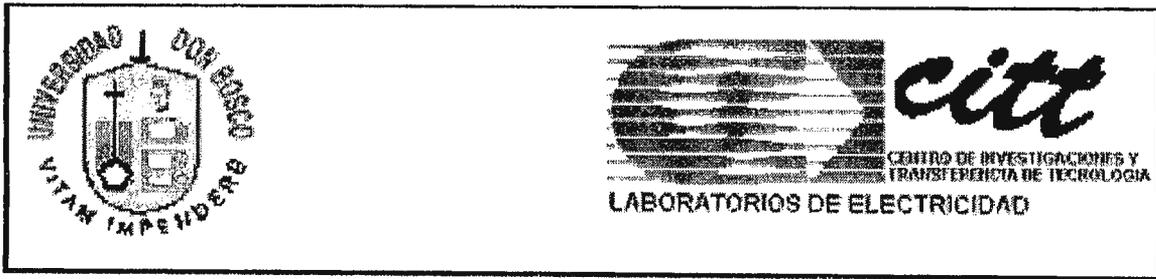
GENERAL ELECTRIC, “ Manual de conexión de transformadores” .

VASQUEZ, José Ramírez. “ transformadores convertidores”

Enciclopedia CEAC de electricidad.

Barcelona. España .

HUBBERT, Charles. “ Maquinas eléctricas”.



Práctica No. : 4

Departamento : Electricidad

Nivel : Tecnológico.

Título : ESTUDIO DEL TRANSFORMADOR SCOTT CON CARGA R-L-C.

Profesor :

Instructor :

Lugar de ejecución : Edif. Electricidad. Taller de Máquinas Eléctricas. CITT

Tiempo de ejecución :

Fecha :

Prerrequisitos de guía :

I. OBJETIVOS.

Determinar el comportamiento del transformador SCOTT bajo carga resistiva, inductiva y capacitiva

Determinar el rendimiento del transformador.

Realizar graficas con los resultados obtenidos.

INTRODUCCION.

En general la eficiencia de cualquier máquina eléctrica se calcula como:
Eficiencia = Pot. De salida/Pot. Entrada.

La eficiencia de un transformador es más grande que otras máquinas eléctricas. Las pérdidas en él son pocas y son producidas en el cobre y el hierro, siendo estas últimas producidas por las corrientes de EDDY, y de histeresis.
Matemáticamente se define por la relación

$$\eta (\%) = \frac{P_{\text{salida}}}{P_{\text{entrada}}} \cdot 100 \%$$

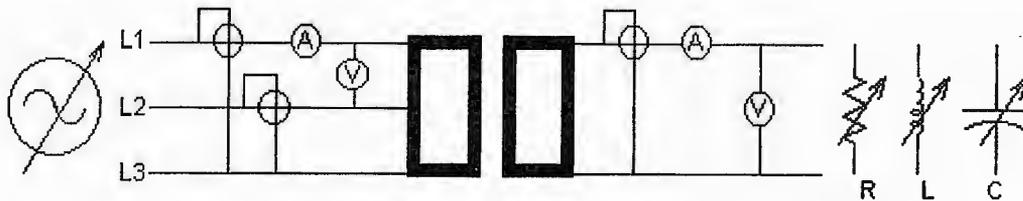
$P_{\text{entrada}} = P_{\text{potencia de salida}} + \text{pérdidas en el núcleo} + \text{pérdidas en el devanado.}$

III . MATERIALES/EQUIPO.

No.	Cantidad	Descripción
1	1	TRANSFORMADOR SCOTT.
2	2	VATIMETRO ELECTRONICO.
3	2	MEDIDORES DE BOBINA MOVIL.
4	15	CABLES DE TODA MEDIDA.
5	1	FUENTE DE VOLTAJE REGULABLE,
6	1	OHMETRO.
7	1	PANEL DE CARGA RESISTIVA.
8	1	PANEL DE CARGA CAPACITIVA.
	1	PANEL DE CARGA INDUCTIVA.

PROCEDIMIENTO

- f. Identifique el equipo a utilizar.
- g. Implemente el circuito de la figura siguiente, con un voltaje de entrada de 380 VLL :



- h. Conexione el circuito anterior con la resistencia variable solamente.
- i. Mida los valores de potencia de entrada y salida y complete la siguiente tabla.

RESISTENCIA	400 Ω	200 Ω	100 Ω	50 Ω
V IN	390	390	390	390
V OUT	270	270	270	270
P ENT	310	580	810	860
P OUT	240	370	420	480
I IN	0.06	0.18	0.4	0.9
I OUT	0.7	1.4	2.2	3

- j. Desconecte la resistencia variable y conecte el panel de capacitores y complete la siguiente tabla.

CAPACITANCIA	18 μ f	12 μ f	9 μ f	3 μ f
V IN	390	390	390	390
V OUT	285	285	285	285
P ENT	200	140	125	100
P OUT	50	75	83	87
I IN	1.1	0.65	0.5	0,1
I OUT	2	1.4	1	0.5

- k. desconecte el panel de capacitores, y conecte el panel de inductancias, Complete la tabla siguiente:

INDUCTANCIA	8.4 H	4.8 H	2.4 H	1.2 H
V IN	390	390	390	390
V OUT	270	270	285	285
P ENT	57	62	66	70
P OUT	40	48	51	53
I IN	0.08	0.1	0.33	0.5
I OUT	0.028	0.08	0.125	0.25

- g. Apague la fuente y desconecte el circuito.

V. DISCUSION DE RESULTADOS.

- a. Determine el rendimiento del transformador para cada tipo de carga en su valor máximo.
- b. Compara los valores de rendimiento del transformador y dedusca cual es el mejor.
- c. Dibuje las formas de ondas para cada tipo de carga.

VI. BIBLIOGRAFIA

GENERAL ELECTRIC, “ Manual de conexión de transformadores” .

VASQUEZ, José Ramírez. “ transformadores convertidores”

Enciclopedia CEAC de electricidad.

Barcelona. España .

HUBBERT, Charles. “ Maquinas eléctricas”.

CAPITULO VI

6.1 GLOSARIO TECNICO

AMPERIMETRO : aparato para medir la intensidad de una corriente eléctrica.

AUTOINDUCCION : tensión de inducción en las espiras de una bobina causada por la variación del campo magnético propio, provocado por la corriente de la Bobina..

CAMPO MAGNÉTICO : espacio con líneas magnéticas en el cual actúa fuerza magnética.

CARRETE: pieza moldeada de material aislante no ferromagnético, a la cual se bobina las espiras.

COEFICIENTE DE PERDIDAS : valor de las pérdidas en las chapas de hierro.

PIERNA : parte del núcleo de hierro principalmente envuelta por el arrollamiento.

CORRIENTE TRIFASICA: corriente alterna de tres fases.

CORRIENTES DE FOUCAULT : corriente en un cuerpo conductor que es inducida por un campo alterno que calienta el cuerpo y esto conduce a pérdidas de energía.

ENERGÍA MAGNETICA : capacidad de trabajo almacenada en un campo magnético. Puede ser transformada en energía eléctrica o en calor.

FERROMAGNETICO: magnético como el hierro.

FLUJO MAGNÉTICO : número total de las líneas de campo magnético.

FRECUENCIA : número de oscilaciones por unidad de tiempo.

INDUCIR : generar una tensión eléctrica en una espira que abraza un flujo magnético variable respecto al tiempo.

INDUCCIÓN : densidad del campo magnético

MAGNETIZACIÓN : proceso para magnetizar el núcleo del hierro con auxilio de la corriente eléctrica.

MEGGER : aparato para medir la resistencia eléctrica y aislamiento de los devanados .

NÚCLEO DE LA BOBINA : cuerpo de material ferromagnético en el campo magnético de la bobina.

NUMERO DE VUELTAS: cantidad de espiras que tiene el arrollamiento de un lado de tensión.

PERMEABILIDAD : conductividad magnética.

RESISTENCIA : oposición de un material al paso de la corriente eléctrica a través de él.

RESISTENCIA DE LA BOBINA : resistencia óhmica del bobinado y los conductores.

TRANSFORMACION : modificación, cambio, transmisión, o variación de tensión.

TRANSFORMADOR : máquina eléctrica en reposo para modificar la tensión de corrientes eléctricas

WATIMETRO : aparato para medir la potencia eléctrica.

VOLTIMETRO : aparato para medir la tensión de una corriente eléctrica.

6.2 TABLA DE SIMBOLOGIA.

SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA
S	SECCION DEL NÚCLEO	Cm ²
d	ANCHO DEL NÚCLEO	Mm
h	ALTURA DEL NÚCLEO	Mm
e. V.	ESPIRAS POR VOLTIO	
N _p	NUMERO DE ESPIRAS EN EL DEVANADO PRIMARIO	
V _p	VOLTAJE PRIMARIO	VOLTIOS
N _s	NUMERO DE ESPIRAS EN EL DEVANADO SECUNDARIO	
Ø _p	DIAMETRO DE CONDUCTOR DEL DEVANADO PRIMARIO	mm
Ø _s	DIAMETRO DEL CONDUCTOR DEL DEVANADO SECUNDARIO	mm
I _p	CORRIENTE PRIMARIA	AMPERIOS
V _s	VOLTAJE SECUNDARIO	VOLTIOS
I _s	CORRIENTE SECUNDARIA	AMPERIOS
NCP	NUMERO DE ESPIRAS POR CAPA DEL DEVANADO PRIMARIO	
C	ALTURA DE LA VENTANA DEL NÚCLEO	
NCS	NUMERO DE ESPIRAS POR CAPA DEL DEVANADO SECUNDARIO	
# CP	NUMERO DE CAPAS DEL DEVANADO PRIMARIO	
# CS	NUMERO DE CAPAS DEL DEVANADO SECUNDARIO	
P	POTENCIA	WATT
Q	POTENCIA REACTIVA	VARS

6.3 CONCLUSIONES.

- Todo proceso de construcción de puede realizar se forma precisa y sencilla, al contar con un esquema de trabajo ordenado , con una secuencia logica de los pasos a seguir.
- La coneccion SCOTT se puede realizar internamente en un mismo núcleo permitiendo asi obtener la transformacion bifasica deseada en un mismo transformador.
- La eficiencia de los transformadores SCOTT es considerablemente buena ya que se puede obtener de una potencia trifasica una señal bifasica.
- Por medio de las pruebas realizadas al trnsformador se logro determinar que las perdidas que este presenta, se encuentran en los limites aceptables.

BIBLIOGRAFIA

CONVERSIÓN DE ENERGIA ELECTROMECHANICA
VEMBU GOURISHANCAR
1990 EDICIONES ALFA OMEGA, S.A DE C.V.
MEXICO DF

MAQUINAS ELÉCTRICAS
STEPHEN J. CHAPMAN
1993 EDICIONES Mc GRAW-HILL INTERAMERICANA S.A.
COLOMBIA

MANUAL DE TRANSFORMADORES MONOFASICOS
LUCAS NULLE
ALEMANIA 1995

EL ABC DE LAS MAQUINAS ELÉCTRICAS.
I TRANSFORMADORES.
EDITORIAL LIMUSA, S.A. de C.V.
MEXICO, D.F. 1987.

ELECTRICIDAD TEORICO PRACTICA.
TOMO IV.
AFHA INTERNACIONAL, S.A.
BARCELONA, ESPAÑA 1979.

6.4 HOJA DE RESULTADOS DE LAS GUIAS DEL USUARIO.

GUIA # 1

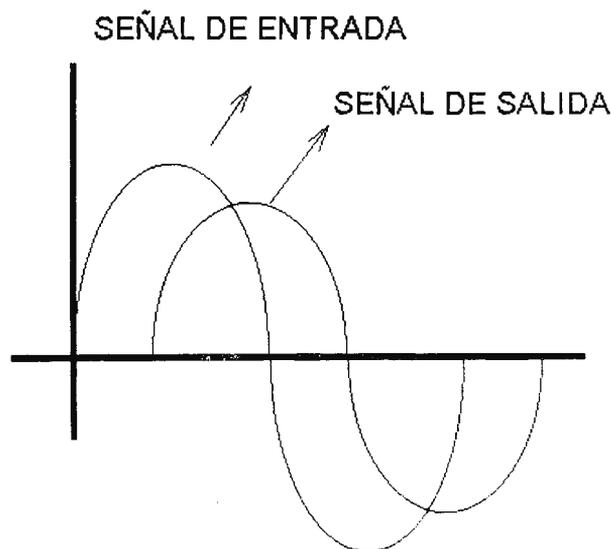
- Para determinar el sentido relativo de la corriente, esto es necesario conocerlo para poder realizar conexiones al transformador.
- El transformador tendria cortocircuitado los devanados y se comportaria como un autotransformador.
- Falta de aislamiento, cortocircuito entre devanados, contacto al núcleo, clase de aislamiento que posee el transformador.

GUIA # 2

- Se manifiestan en forma de calor para ambas pruebas.
- Las perdidas totales son :
Perdidas totales = Perdidas en el cobre + Perdidas en el núcleo.
Perdidas totales = 404 w + 12 w
Perdidas totales = 416 watt.
- El metodo utilizado para disminuir las perdidas en el núcleo es : utilizar un núcleo de cristal orientado del tipo laminado.

GUIA # 3.

- Relación de transformación = voltaje de entrada / voltaje de salida = $\frac{380 \text{ V}}{266 \text{ V}} = 1.42$
-



- Disminuye el valor pico de estas.

GUIA # 4

- a. los rendimientos obtenidos son :
resistivo : 77 %
inductivo : 70 %
capacitivo : 25 %
- b. Resistivo ya que este posee una mayor eficiencia.
- c. las señales encontradas son las siguientes:

