





### TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

# INGENIERÍA ELÉCTRICA INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

#### TEMA:

RECONSTRUCCIÓN DE UNA FUENTE TRIFÁSICA VARIABLE PARA USO DIDÁCTICO, A PARTIR DE UN CONTROL MECÁNICO

#### **LUGAR DE REALIZACIÓN:**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ CARR. PANAMERICANA 1080, BOULEVARES, 29050 TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS.

#### **ASESOR INTERNO:**

ING. JULIO ENRIQUE MEGCHUN VÁZQUEZ

#### **PRESENTA:**

LUIS DANIEL AGUILAR VIZA

NO. CONTROL

15270493

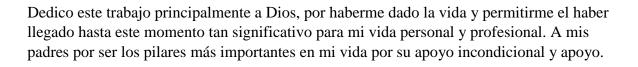
PERIODO DE REALIZACIÓN

**AGOSTO-DICIEMBRE 2019** 

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

ENERO DE 2020

#### **Dedicatoria**



Luis Daniel Aguilar Viza

## Índice

Capitulo I Generalidades	8
1.1 Antecedentes históricos	8
1.2 Valores, misión y visión	9
1.3 Ubicación	9
1.4 Organigrama	10
Capítulo 2 Introducción	11
2.1 Introducción	11
2.2 Antecedentes	11
2.3 Estado del arte	11
2.4 Objetivos	12
2.4.1 Objetivo general	12
2.4.2 Objetivos específicos	12
2.5 Metodología	13
2.6 Justificación	14
Capítulo 3 Fundamento teórico	15
3.1 Teoría de operación de los autotransformadores monofásicos y trifásicos	15
3.1.1 Principio de funcionamiento autotransformador monofásico	15
3.1.2 Autotransformador trifásico a partir de un arreglo con 3 monofásicos	16
3.2 Tipos de autotransformadores	17
3.2.1 Autotransformador reductor	17
3.2.2 Autotransformador elevador	17
3.3 Aplicaciones de los autotransformadores	17
3.3.1 Transformaciones de energía eléctrica	18
3.3.2 Arranque de motores síncronos y asíncronos de mediana y gran potencia	18
3.4 Características de operación e implementación de los materiales aislantes	18
3.4.1 Conductores eléctricos	18
3.4.2 La temperatura y los materiales aislantes	19
3.4.3 Clase de aislamiento norma NEMA e IEC de máquinas eléctricas	19
3.5 Instrumentación para el sistema de rectificación	23
3.5.1 Rectificador trifásico de onda completa	23
3.6 Relación de transformación	25
3.6.1 Relaciones entre el voltaje y la corriente en un autotransformador	26
3.7 Circuito equivalente de los autotransformadores	27

Capítulo 4 Desarrollo e implementación del sistema de control manual para el voltaje variable	28
4.1 Sistemas de control	28
4.1.1 Sistema de control de lazo abierto	28
4.1.2 Sistema de control de lazo cerrado	28
4.3 Componentes del sistema de control manual	28
4.3.1 Control manual	
4.4 Dispositivos mecánicos de acoplamiento al sistema de control manual	30
4.4.1 Engrane de carbones	30
4.4.2 Eje o barra de mando	30
4.4.3 Perilla	31
4.5 Puentes rectificadores	32
4.5.1 Rectificador monofásico de onda completa	32
4.5.2 Rectificador trifásico de onda completa	33
4.6 Sensores y actuadores	34
4.6.1 Bobina Rogowski	34
4.7 Interfaz digital	36
4.8 Aproximación del desarrollo del sistema trifásico de V <sub>CA</sub> al sistema de control	
4.9 Rectificación del voltaje CA a CD variable de 0-120 VCD	41
4.9.1 Dispositivo MDS150A1600V	42
Capítulo 5 Pruebas y ajustes del sistema de medición	44
5.1 Implementación de medidor e indicador de VCA (PZEM-061)	44
5.1.2 Conexión del dispositivo PZEM-061	45
5.2 Implementación del sistema de rectificación de V <sub>CA</sub> a V <sub>CD</sub> en base al KBPC5010	)47
5.3 Descripción del funcionamiento de la fuente	49
5.4 Protecciones para la fuente de V <sub>CA</sub> variable	51
5.4.1 Interruptor termomagnetico trifásico	51
5.4.2 Fusible tipo europeo encapsulado vidrio	
5.5 Protecciones para la fuente de V <sub>CD</sub> variable	53
Capítulo 6 Implementación y ajustes de la fuente trifásica variable	54
6.1 Implementación de la fuente variable para uso didáctico	
6.2 Características del funcionamiento de la fuente trifásica variable	
6.3 Medidas preventivas para el uso eficiente de la fuente trifásica variable	56
6.4 Recomendaciones para el funcionamiento eficiente de la fuente variable	
Resultados	58

Conclusión	61
Anexos	62
Anexo A: Ficha técnica MDS150A1600V	62
Anexo B: Ficha técnica KBPC5010	64
Anexo C: Ficha técnica Interruptor Térmico 125 / 250V <sub>AC</sub> 50V <sub>DC</sub>	66
Anexo D: Ficha técnico PZEM-061 80-260V 100A	67
Bibliografía	68

## Índice de figuras

Figura	1 Ubicación del ITTG	9
Figura	2 Organigrama ITTG 2019	. 10
	3 Diagrama a bloques	
Figura	4 Operación del Autotransformador	. 15
Figura	5 Autotransformador Monofásico	. 16
Figura	6 Autotransformador trifásico a partir de un arreglo con 3 monofásicos	. 16
	7 Autotransformador Reductor	
Figura	8 Autotransformador Elevador	. 17
Figura	9 Autotransformador Para Arranque de Motores	. 18
Figura	10 Sistema de Aislamiento de una Maquina Eléctrica	. 20
	11 Tipo de Aislamiento en una Placa de Datos	
Figura	12 Clase de Aislamiento norma NEMA e IEC	. 22
	13 Rectificador Trifásico de Onda Completa	
Figura	14 Conexionado Trifásico en Estrella	. 23
Figura	15 Grafica de Rectificador Trifásico de Onda Completa sin Rectificar	. 24
Figura	16 Grafica de Rectificador Trifásico de Onda Completa	. 24
Figura	17 Relación de Transformación	. 25
Figura	18 Circuito Equivalente del Autotransformador	. 27
Figura	19 Eje de Mando Acoplado a 3 autotransformadores Monofásicos	. 29
Figura	20 Incremento y decremento de Voltaje 0-120V	. 29
Figura	21 Tapa Engranaje de Carbones	. 30
Figura	22 Eje de los Autransformadores	. 30
	23 Perilla	
	24 Montaje de un Puente de Diodos	
Figura	25 Circuito Eléctrico de un Puente de Diodos	. 32
	26 Conexión con un Puente de Diodos Integrado	
Figura	27 Rectificador Trifásico de Onda Completa	. 33
_	28 Sensores y Actuadores	
_	29 Bobina Rogowski	
	30 Interfaz Digital: Pantallas Táctil	
	31 Mantenimiento: Barniz Aislante a Autotransformadores	
Figura	32 Mantenimiento: Limpieza con WD-40	. 37
	33 Mantenimiento: Cambio de Carbones	
Figura	34 Mantenimiento: Cambio de Caratula Frontal	. 38
Figura	35 Identificador de Fases por Color	. 39
	36 Aproximación del Cableado	
	37 Configuración de Terminales en Autotransformador	
Figura	38 Terminales Físicas en Autotransformador	. 40
Figura	39 Salida Variable 0-120Vca, Terminal 3	.41
	40 MDS150A1600V	
Figura	41 MDS150A1600V Empleado	. 42
	42 MDS150A1600V Montado como Sistema de Rectificación	
Figura	43 Caratula: Salida de 120Vcd	. 43
Figura	44 PZEM-061	. 44

Figura	45 Conexión del dispositivo PZEM-061	45
Figura	46 Conexión del PZEM-061	46
Figura	47 PZEM-061 Montado en Caratula	46
Figura	49 Vistas del KBPC5010	47
Figura	50 Dispositivo KBPC5010 Empleado	47
Figura	51 KBPC5010 Instalado	48
Figura	52 Interfaz: Salida de 120Vcd	48
Figura	53 Prueba a dispositivo KBPC5010	49
Figura	54 Placa de Acrílico como Aislante	49
Figura	55 Fuente de Alimentación	50
Figura	56 Interruptor Termomagnetico	51
Figura	58 Fusible Implementado	52
Figura	59 Fusibles con Porta Fusibles implementados como Protecciones	52
Figura	61 Reset Implementado como Protección del Sistema	53
Figura	66 Anexo A	62
Figura	67 Anexo A: Forma de Onda	63
Figura	68 Anexo A: Forma Esquemática	64
Figura	69 Anexo B	64
	70 Anexo B: Forma de Onda	
Figura	71 Anexo C	66
Figura	72 Anexo D	67

#### Capítulo 1 Generalidades

#### 1.1 Antecedentes históricos

En la década de los 70's, se incorpora el estado de Chiapas al movimiento educativo nacional extensión educativa, por intervención del Gobierno del Estado de Chiapas ante la federación.

Esta gestión dio origen a la creación del Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG) hoy Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).

El día 23 de agosto de 1971 el Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, colocó la primera piedra de lo que muy pronto sería el Centro Educativo de nivel medio superior más importante de la entidad.

El día 22 de octubre de 1972, con una infraestructura de 2 edificios con 8 aulas, 2 laboratorios y un edificio para talleres abre sus puertas el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez con las carreras de Técnico en Máquinas de Combustión Interna, Electricidad, Laboratorista Químico y Máquinas y Herramientas.

En el año 1974 dio inicio la modalidad en el nivel superior, ofreciendo las carreras de Ingeniería Industrial en Producción y Bioquímica en Productos Naturales.

En 1980 se amplió la oferta educativa al incorporarse las carreras de Ingeniería Industrial Eléctrica e Ingeniería Industrial Química.

En 1987 se abre la carrera de Ingeniería en Electrónica y se liquidan en 1989 las carreras del sistema abierto del nivel medio superior y en el nivel superior se reorientó la oferta en la carrera de Ingeniería Industrial Eléctrica y se inicia también Ingeniería Mecánica.

En 1991 surge la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Desde 1997 el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ofrece la Especialización en Ingeniería Ambiental como primer programa de postgrado.

En 1998 se estableció el programa interinstitucional de postgrado con la Universidad Autónoma de Chiapas para impartir en el Instituto Tecnológico la Maestría en Biotecnología.

En el año 1999 se inició el programa de Maestría en Administración como respuesta a la demanda del sector industrial y de servicios de la región.

A partir de 2000 se abrió también la Especialización en Biotecnología Vegetal y un año después dio inicio el programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y la Licenciatura en Informática.

#### 1.2 Valores, misión y visión

#### > Valores

El Ser Humano

El Espíritu de Servicio

El Liderazgo

El Trabajo en Equipo

La Calidad

El Alto Desempeño

Respeto al Medio Ambiente

#### Misión

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

#### Visión

Ser una Institución de Excelencia en la Educación Superior Tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

#### 1.3 Ubicación



Figura 1 Ubicación del ITTG

**Dirección:** Carretera Panamericana K.M. 1080, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

**Teléfono:** (961) 61 5 04 61 **Fax:** (961)61 5 16 87

Correo electrónico: contacto@ittg.edu.mx

RFC: TNM140723GFA

#### 1.4 Organigrama

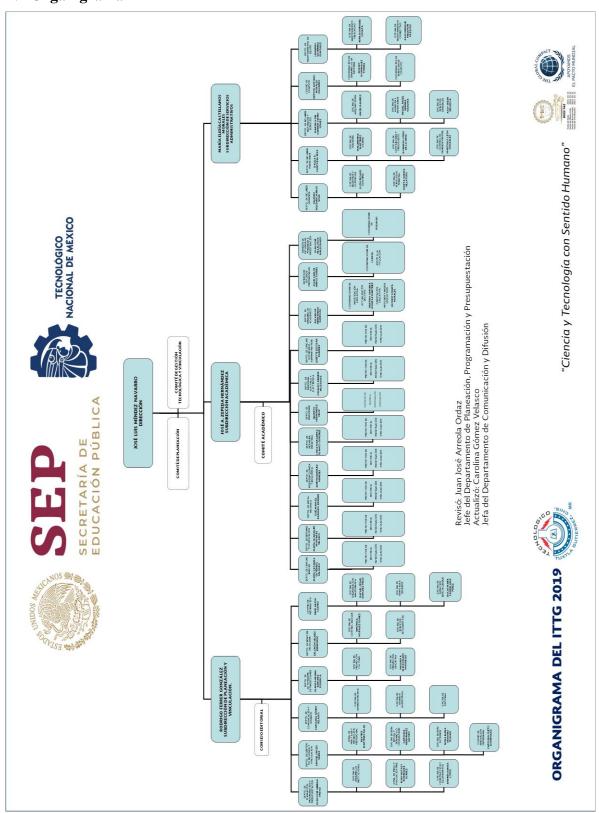


Figura 2 Organigrama ITTG 2019

#### Capítulo 2 Introducción

#### 2.1 Introducción

En este trabajo se encuentra la información requerida para conocer como fue reconstruida la fuente de alimentación trifásica variable, así como también sus características eléctricas, todo esto se encuentra distribuido en el trabajo en 6 capítulos, donde en el primer capítulo hablamos acerca de la institución donde se realizó el proyecto, en el segundo capítulo presentamos el objetivo principal del proyecto y su metodología de cómo se va a ir desarrollando, ya en el tercer capítulo conoceremos los fundamentos teóricos para tener una idea más amplia de cómo funcionan las partes que conforman la fuente de alimentación, para el cuarto capítulo tendremos los primeros desarrollos en la fuente, prácticamente en este capítulo se da inicio a la reconstrucción de la fuente, acoplando los dispositivos mecánicos y eléctricos también en este apartado se concreta rectificar la corriente alterna variable para tener una salida de corriente directa variable, el quinto capítulo es donde se termina de acoplar los dispositivos mecánicos y eléctricos, así mismo de concretar la rectificación de la corriente alterna fija para contar con una salida de corriente directa fija, aquí también colocaremos todos los dispositivos de protecciones tanto para CA y CD, además de terminar la colocación de todos los dispositivos en la caratula frontal, para el sexto y último capítulo abordaremos las características, medidas preventivas y recomendaciones hacer del uso y operación de la fuente de alimentación.

#### 2.2 Antecedentes

Durante los últimos 50 años, Festo Didactic ha obtenido reconocimiento a nivel mundial por el desarrollo de sistemas de Capacitación intuitivos de alta calidad para la educación técnica. Festo Didactic continuó reforzando su posición de líder como proveedor a nivel mundial de soluciones de educación técnica mediante la adquisición del fabricante de EE.UU. y Canadá Lab-Volt Systems, en junio de 2014. El catálogo de productos de Lab-Volt es ahora parte de la oferta global de Festo Didactic y se denomina «serie LabVolt»

#### 2.3 Estado del arte

En 1933, General Radio anunció el lanzamiento de un nuevo producto, un autotransformador ajustable llamado "Vari`c" (abreviatura de AC variable). Eduard Karplus, graduado del Instituto de Tecnología de Viena, fue su creador. La primera unidad, el tipo 200-C tenía una clasificación de corriente de 5 amperios y se utilizó para proporcionar un voltaje ajustable desde una fuente de alimentación de 115V o 230V. El rango de voltaje de salida era de cero a algo por encima del voltaje de línea y era prácticamente continuo. En la década de 1960, la Superior Electric Company produjo grandes cantidades de transformadores variables bajo los nombres comerciales de "Luxtrol" o "Powerstat" para aplicaciones de teatro y televisión en los Estados Unidos y Canadá. Mientras tanto, se habían encontrado otros usos para el transformador variable y otra aplicación popular para el consumidor era el control de la velocidad de los juegos de trenes modelo, especialmente en los años 50 y 60. Estos

transformadores eran esencialmente unidades reductoras, el voltaje más alto que se puede obtener del devanado secundario es sustancialmente menor que el voltaje primario de 110 a 120 voltios de CA. El contacto de barrido variable proporcionó un medio simple de control de voltaje con poca energía desperdiciada; mucho más eficiente que el control con una resistencia variable. También hubo aplicaciones industriales y durante esta era se utilizaron transformadores variables para controlar motores de CC más grandes utilizados en grandes líneas de impresión y textiles. [1]

Desde 1934 hasta 2002, Variac fue una marca comercial estadounidense de General Radio para un autotransformador variable destinado a variar convenientemente el voltaje de salida para un voltaje de entrada de CA constante. En 2004, Instrument Service Equipment solicitó y obtuvo la marca registrada Variac para el mismo tipo de producto. Instrument Service & Equipment se reserva todos los derechos de uso de la marca VARIAC para transformadores variables y dispositivos relacionados. [2]

De esta manera planteamos dar una utilidad a los autotransformadores que poseemos, todo con la finalidad de poder acoplarlos trifásicamente para tener una fuente trifásica variable, así logrando dar un paso a otra aplicación de los autotransformadores.

#### 2.4 Objetivos

#### 2.4.1 Objetivo general

Implementar un sistema de control manual que permita identificar y variar, la aplicación de la variabilidad del voltaje y el uso eficiente del proyecto.

#### 2.4.2 Objetivos específicos

- Reconstruir las partes faltantes de la fuente trifásica variable para su correcto funcionamiento.
- Dar mantenimiento a las partes funcionales de la fuente trifásica variable para obtener su óptimo desempeño.
- ➤ Proveer de una fuente trifásica variable segura y eficaz para el aprendizaje de la variabilidad del voltaje de forma didáctica.
- ➤ Obtener una fuente trifásica variable que nos permita realizar prácticas con los estudiantes de forma didáctica.

#### 2.5 Metodología

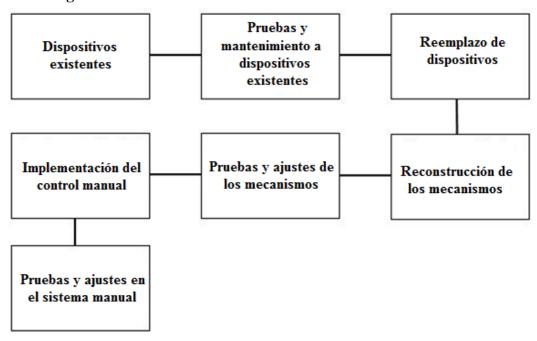


Figura 3 Diagrama a bloques

**Dispositivos existentes:** Se procede a buscar las partes que conformaban la fuente trifásica variable original.

**Pruebas y mantenimiento a dispositivos existentes:** De las partes aun existentes de la fuente trifásica variable, se realizan pruebas eléctricas comprobando que aun funcionen correctamente.

**Reemplazo de dispositivos:** De las pruebas realizadas a los dispositivos aun existentes, se procede a reemplazar los que ya no tienen un correcto funcionamiento o mecánicamente ya no son seguros ni eficientes.

**Reconstrucción de los mecanismos:** En esta parte solo abordamos la reconstrucción mecánica como los soportes y caratula de la fuente trifásica variable.

**Pruebas y ajustes de los mecanismos:** Aquí tenemos el montaje de los dispositivos eléctricos a los mecanismos, así como de las conexiones necesarias. Realizando las pruebas pertinentes para su correcto acoplamiento.

Implementación del control manual: Teniendo la mayor parte de la fuente trifásica variable terminada se procede a controlar los voltajes de salida tanto de VCA y VCD.

**Pruebas y ajustes en el sistema manual:** Se prueba que los voltajes de VCA y VCD sean variables y se ajustan los dispositivos del control mecánico para su máxima eficiencia.

#### 2.6 Justificación

La importancia de este proyecto donde se llevará a cabo la reconstrucción de una fuente trifásica variable para uso didáctico, a partir de un control que permita establecer los voltajes y aplicaciones que se requieran, es por ello que, al poner en operación la fuente trifásica variable, pueda cumplir con su objetivo dentro de la institución como apoyo didáctico de los docentes para enseñar la variabilidad del voltaje.

#### Capítulo 3 Fundamento teórico

#### 3.1 Teoría de operación de los autotransformadores monofásicos y trifásicos

El principio de funcionamiento es el mismo que el del transformador común, entonces la relación de transformación entre las tensiones y las corrientes y el número devueltas se mantiene.

Las corrientes primaria y secundaria están en oposición y la corriente total que circula por las espiras en común es igual a la diferencia de la corriente del devanado de baja tensión y el devanado de alta tensión. Para que un autotransformador funcione adecuadamente los dos devanados deben tener el mismo sentido de bobinado.

#### 3.1.1 Principio de funcionamiento autotransformador monofásico

Tiene un solo bobinado arrollado sobre el núcleo, pero dispone de cuatro bornes, dos para cada circuito, y por ello presenta puntos en común con el transformador

Consta de un bobinado de extremos A y D, al cual se le ha hecho una derivación en el punto intermedio B. Por ahora llamaremos primario a la sección completa A D y secundario a la porción B D, pero en la práctica puede ser a la inversa, cuando se desea elevar la tensión primaria.

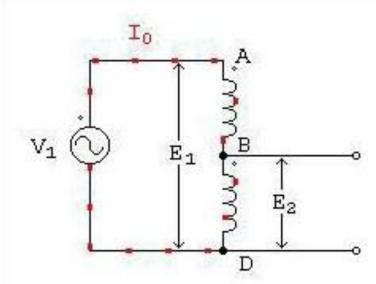


Figura 4 Operación del Autotransformador

La tensión de la red primaria, a la cual se conectará el autotransformador, es V1, aplicada a los puntos A y D. mostrados en la fig. 3 Como toda bobina con núcleo de hierro, en cuanto se aplica esa tensión circula una corriente que hemos llamado de vacío. Sabemos también, que esa corriente de vacío está formada por dos componentes; una parte es la corriente magnetízante, que está atrasada 90° respecto de la tensión, y otra parte que está en fase, y es la que cubre las pérdidas en el hierro, cuyo monto se encuentra multiplicando esa parte de la corriente de vacío, por la tensión aplicada. [3]

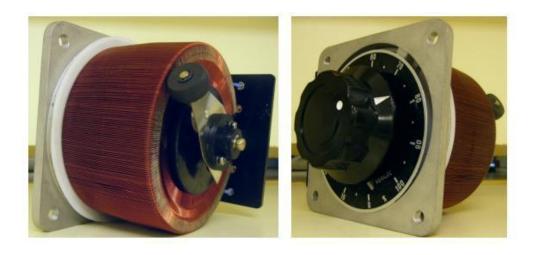


Figura 5 Autotransformador Monofásico

#### 3.1.2 Autotransformador trifásico a partir de un arreglo con 3 monofásicos

En un arreglo con 3 autotransformadores monofásico tendremos un autotransformador trifásico cada fase está constituida por un bobinado ejecutado como el que se ha expuesto para el autotransformador monofásico. El autotransformador trifásico es un arreglo con 3 autotransformadores monofásico conectados en estrella. Los bornes de voltaje o potencial de entrada, son los extremos libres de las bobinas serie, mientras que los bornes de voltaje o potencial de salida salen de los puentes de conexión de las bobinas serie y común. En un autotransformador trifásico se puede disponer de conductor neutro si fuera necesario. [4]



Figura 6 Autotransformador trifásico a partir de un arreglo con 3 monofásicos

#### 3.2 Tipos de autotransformadores

#### 3.2.1 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.

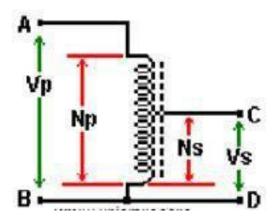


Figura 7 Autotransformador Reductor

Relación de vueltas Ns / Np < 1

#### 3.2.2 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. [3]

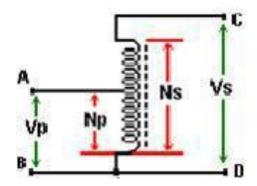


Figura 8 Autotransformador Elevador

Relación de vueltas Ns / Np > 1

#### 3.3 Aplicaciones de los autotransformadores

El examen de las ventajas e inconvenientes de los autotransformadores permite deducir sus posibilidades prácticas de utilización estas máquinas son adecuadas en los siguientes casos:

#### 3.3.1 Transformaciones de energía eléctrica

Cuando son aproximados los valores de, las tensiones primaria y secundaria. Tal sucede en interconexiones de dos redes de alta tensión.

Desde el punto de vista de esta clase de aplicaciones se puede afirmar que las ventajas del autotransformador sobre el transformador quedan superadas por los inconvenientes cuando la alta tensión es de valor doble que la baja.

#### 3.3.2 Arranque de motores síncronos y asíncronos de mediana y gran potencia

En un autotransformador de arranque se ejecutan dos o más derivaciones en las bobinas serie, las cuales permiten someter al motor a tensiones progresivamente crecientes al objeto de conseguir el arranque del motor en las condiciones deseadas.

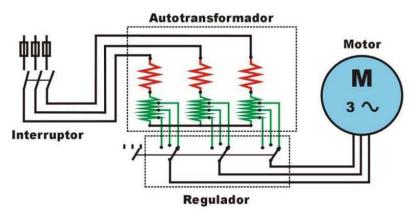


Figura 9 Autotransformador Para Arranque de Motores

#### 3.4 Características de operación e implementación de los materiales aislantes

#### 3.4.1 Conductores eléctricos

Los materiales usados como conductores en los Transformadores, al igual que los usados en otras máquinas eléctricas, deben ser de alta conductividad, ya que con ellos se fabrican las bobinas. Los requisitos fundamentales que deben cumplir los materiales conductores, son los siguientes:

- La más alta conductividad posible
- El menor coeficiente posible de temperatura por resistencia eléctrica
- Una adecuada resistencia mecánica
- Deben ser dúctiles y maleables Deben ser fácilmente soldables
- Tener una adecuada resistencia a la corrosión

#### 3.4.2 La temperatura y los materiales aislantes

Uno de los factores que más afectan la vida de los aislamientos, es la temperatura de operación de las máquinas eléctricas, esta temperatura está producida principalmente por las pérdidas y en el caso específico de los transformadores, durante su operación, estas pérdidas están localizadas en los siguientes elementos principales:

- ➤ El núcleo o circuito magnético, aquí las pérdidas son producidas por el efecto de histéresis y las corrientes circulantes en las laminaciones, estas, son dependientes de la inducción, es decir, que aquí influye el voltaje de operación
- ➤ Los devanados, aquí las pérdidas se deben principalmente al efecto joule y en menos medida por corrientes de Foucault, estas pérdidas en los devanados son dependientes de la carga en el transformador
- > Se presentan también pérdidas en las uniones o conexiones que se conocen también como "puntos calientes" así como en los cambiadores de derivaciones

Todas estas pérdidas producen calentamiento en los transformadores, y se debe eliminar este calentamiento a valores que no resultan peligrosos para los aislamientos, por medio de la aplicación de distintos medios de enfriamiento.

Con el propósito de mantener en forma confiable y satisfactoria la operación de Los transformadores, el calentamiento de cada una de sus partes, se debe controlar dentro de ciertos límites previamente definidos. Las pérdidas en un transformador son importantes no tanto porque constituyan una fuente de ineficiencia, sino porque pueden representar una fuente importante de elevación de temperatura para los devanados, esta elevación de temperatura puede producir efectos en los aislamientos de los propios devanados, o bien en los aislamientos entre devanados y el núcleo, por esta razón, es siempre importante que todos los aislamientos entre devanados y el núcleo, se mantengan dentro de los límites de temperatura que garanticen su correcta operación, sin perder su efectividad.

Como la elevación en la temperatura depende también de la carga en las máquinas dentro de sus límites de carga o "cargabilidad" establecidos, para así respetar los límites de temperatura de sus aislamientos. En su régimen nominal de operación, un transformador tiene estrechamente, ligado su voltaje y potencia a los límites impuestos por los aislamientos usados y en menor grado por las pérdidas por efecto joule. [6]

#### 3.4.3 Clase de aislamiento norma NEMA e IEC de máquinas eléctricas

Las máquinas eléctricas incluyen materiales aislantes que buscan:

- ✓ Aislar las bobinas entre sí.
- ✓ Aislar las bobinas de diferentes fases.
- ✓ Aislar las bobinas de la carcasa de la máquina (Se conoce como aislamiento a tierra o masa).

- ✓ Aislar las láminas del núcleo magnético.
- ✓ Ayudar en la transferencia de calor al exterior.
- ✓ Proveer soporte mecánico al bobinado.

La figura 11 se muestra un detalle de un estator que puede ser parte de un motor o generador, en lo que se conoce como el Sistema de Aislamiento (Aislación) de la máquina.

En general, se acepta como material aislante aquellos cuya resistividad (La resistividad es la condición intrínseca cada material para oponerse al paso de una corriente eléctrica) está en rango superior a  $1010~\Omega$  m.

Esto significa que son malos conductores eléctricos. Como comparación, un material conductor tiene una resistividad de 10-5  $\Omega$  m, o 0.00001  $\Omega$  m.

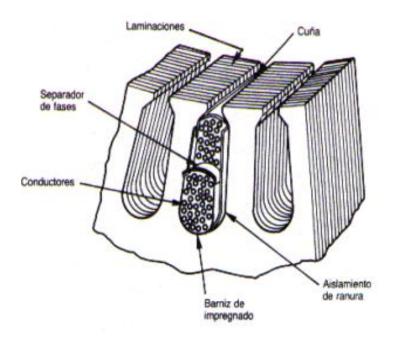


Figura 10 Sistema de Aislamiento de una Maquina Eléctrica

Muchas de las aplicaciones de los materiales aislantes sólidos quedan definidos por la temperatura máxima que soporta, por lo tanto, es importante conocer la clasificación térmica de los mismos, de forma que no se exponga a una temperatura superior a su capacidad. En este sentido, las dos principales normas de fabricación de máquinas eléctricas clasifican los aislantes, aunque no son completamente coincidentes en sus denominaciones. Sin embargo, algunas de las clases de aislamiento son iguales según el estándar NEMA MG-1 e IEC85. La clase de aislamiento debe indicarse en la placa del motor o generador, según lo muestra la figura siguiente, tanto para equipos construidos según normas NEMA e IEC.

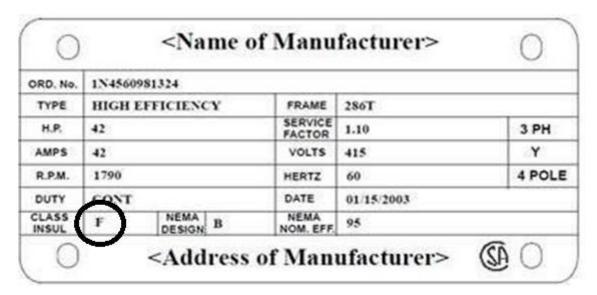


Figura 11 Tipo de Aislamiento en una Placa de Datos

En 1898 en Estados Unidos aparece la primera clasificación térmica de los materiales aislantes en motores, generadores y transformadores. Se clasificó el sistema de aislamiento de las máquinas eléctricas por su habilidad de proveer adecuada resistencia a la temperatura, ya que el principal agente que produce envejecimiento prematuro del aislante es el calor.

Dentro de los materiales aislantes utilizados en máquinas eléctricas, hay dos grandes grupos, estos son:

- 1. Materiales Aislantes Inorgánicos: No tienen presencia de carbono. Los principales son:
  - Naturales: Mica, asbesto.
  - > Derivados: Vidrio, cerámica.
- 2. Materiales Aislantes Orgánicos: Tienen presencia de carbono y son derivados principalmente del petróleo. Los principales son:
  - Resinas y barnices.
  - > Aceites naturales.
  - > Aceites sintéticos.

La siguiente tabla muestra las cuatro principales clases de aislamiento, y que son coincidentes en las normas NEMA e IEC. Además, describe los materiales aislantes usados, el impregnante o barniz, así como aplicaciones más comunes en máquinas eléctricas rotativas (Motores y Generadores).

Clase Aislamiento	Material Aislante	Impregnante o Barniz	Aplicaciones
A (105°C)	Algodón, seda, rayón.  Poliamida, acetato de celulosa.  Esmaltes de resinas de poliéster	Barnices naturales y sintéticos.	Recubrimiento conductores y ranuras Tubos flexibles (Spaguetis). Recubrimiento de conductores
B (130°C)	Tejidos fibra de vidrio y amianto. Mica, sola o con soporte de papel.	Barnices y resinas a base de: Epóxicos, melamina, poliester reticulado.	Aislamiento de ranuras y bobinas. Separadores de delgas de colectores.
	Esmaltes a base de: Poliuretano y polivinilos. Caucho etileno-propileno. Cintas fibra de vidrio y mica.		Recubrimiento de conductores e impregnación de bobinados.
F (155°C)	Tejidos fibra de vidrio barnizados. Papeles de mica y amianto. Compuestos a base de poliamida.	Poliéster, poliuretano, epóxicas.	Recubrimiento de conductores y ranuras. Tubos flexibles. Sujeción de armaduras.
	Esmaltes y barnices a base de: Poliéster modificado, polietileno, poliuretano, poliamida. Resinas Epoxi.		Recubrimiento de conductores e impregnación de bobinados.
H (180°C)	Tejidos de fibra de vidrio, amianto, mica, impregnados con silicona.	Resinas de silicona.	Recubrimiento de conductores y ranuras. Tubos flexibles.
	Fibras de vidrio y caucho silicona. Esmaltes de silicona, poliéster, poliuretano y poliesterimida.		Recubrimiento de conductores e impregnación de bobinados.

Figura 12 Clase de Aislamiento norma NEMA e IEC

#### 3.5 Instrumentación para el sistema de rectificación

#### 3.5.1 Rectificador trifásico de onda completa

Si ahora disponemos de un puente hexadiodo, de manera que podamos rectificar el semiperiodo negativo, que antes quedaba anulado, la tensión producida será aún más continua que en los casos anteriores.

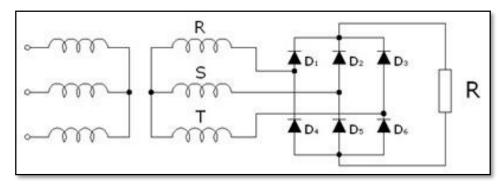


Figura 13 Rectificador Trifásico de Onda Completa

Podemos observar como ahora, nuestro transformador, tiene a la salida de cada bobina dos diodos, de manera que se rectificará la onda completa. Para aclarar más aún el funcionamiento, vamos a representar las bobinas R, S y T desfasadas en el espacio 120°, pues constructivamente es como se encuentran. Imaginemos que la producción de corriente comienza en la bobina R-S (onda roja), siendo el semiperiodo positivo el que se produce a la salida de R. La corriente por tanto circulará hasta  $D_1$  que, por ser positiva, lo atravesará hasta la carga R y retornará por  $D_5$  hasta la bobina S. 180° después, se producirá el semiperiodo negativo, por lo que, al haber cambiado el sentido de la corriente, el positivo estará a la salida de la bobina S, atravesará el diodo  $D_2$  en dirección a la carga, retornando por  $D_4$  hasta la bobina R.

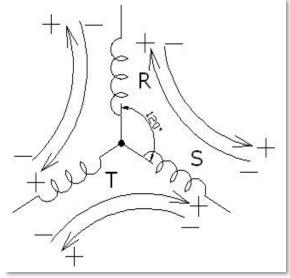


Figura 14 Conexionado Trifásico en Estrella

Esta secuencia la repetimos para las bobinas S-T (onda verde), actuando  $D_2$  y  $D_6$  para el semiperiodo positivo y  $D_3$  y  $D_5$  para el semiperiodo negativo; y para las bobinas T-R (onda azul), en cuyo caso la secuencia será  $D_3$  y  $D_4$  para la semionda positiva y  $D_1$  y  $D_6$  para la semionda negativa.

Ya sólo queda hacer un matiz, y es que el desfase entre el semiperiodo positivo y negativo es de 180°, mientras que el desfase entre arrollamientos es de 120°, por lo que antes de que el semiciclo de una de las bobinas haya finalizado, se estará produciendo la siguiente onda en otro arrollamiento. Esto queda de manifiesto si en la representación senoidal de un transformador trifásico, se solapan los semiciclos positivos y negativos.

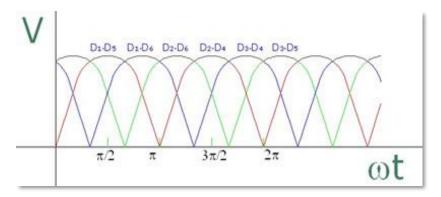


Figura 15 Grafica de Rectificador Trifásico de Onda Completa sin Rectificar

Puede apreciarse como ahora el aporte de tensión es cada 1/6 del periodo, resultando una tensión aún más continua que en los casos anteriores. Si depuramos las partes de la onda que no afectan a la alimentación de la carga, resultará una señal como la que muestra la imagen inferior:

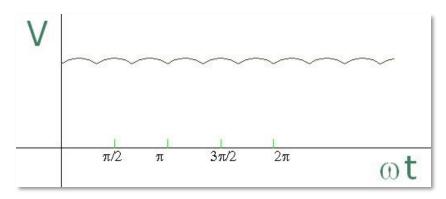


Figura 16 Grafica de Rectificador Trifásico de Onda Completa

#### 3.6 Relación de transformación

Las relaciones entre el voltaje de entrada y el de salida, y entre la corriente de entrada y la de salida, se describen en dos sencillas ecuaciones. La figura 10 muestra un transformador ideal. La figura 10 muestra un transformador con NP vueltas de alambre en su lado primario y NS vueltas de alambre en su lado secundario. La relación entre el voltaje vP(t) aplicado al lado primario del transformador y el voltaje vS(t) producido en el lado secundario es:

$$\frac{v_p(t)}{v_S(t)} = \frac{N_p}{N_S} = a$$

donde a se define como la relación de transformación del transformador:

$$a = \frac{N_p}{N_S}$$

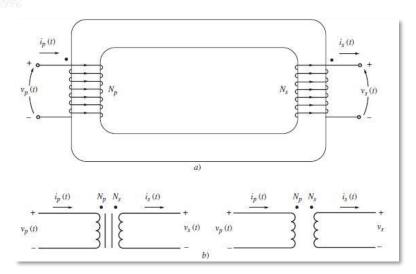


Figura 17 Relación de Transformación

La relación entre la corriente iP(t) que fluye del lado primario del transformador y la corriente iS(t) que sale del lado secundario del transformador es:

25

$$N_p i_p(t) = N_S i_S(t)$$

$$\frac{i_p(t)}{i_S(t)} = \frac{1}{a}$$

En términos de cantidades fasoriales, estas ecuaciones son

$$\frac{\mathbf{V}_P}{\mathbf{V}_S} = a \qquad \frac{\mathbf{I}_P}{\mathbf{I}_S} = \frac{1}{a}$$

Nótese que el ángulo de fase de **V**P es el mismo que el ángulo de **V**S y el ángulo fasorial de **I**P es el mismo que el ángulo fasorial de **I**S. La relación de vueltas del transformador ideal afecta las *magnitudes* de los voltajes y corrientes, pero no sus *ángulos*.

Las ecuaciones describen las relaciones entre las magnitudes y ángulos de los voltajes y corrientes en los lados primarios y secundarios del transformador, pero dejan una pregunta sin respuesta: puesto que el voltaje del circuito primario es positivo en un lado especifico de la bobina, ¿cuál será la polaridad del voltaje del circuito secundario? En un transformador real sería posible saber la polaridad secundaria solo si se lo abriera y se examinaran sus devanados. Para evitar esto, los transformadores utilizan la *convención de puntos*. Los puntos que aparecen en un extremo de cada devanado en la figura 10 muestran la polaridad del voltaje y de la corriente en el lado secundario del transformador.

#### La relación es la siguiente:

- 1. Si el *voltaje* primario es positivo en el extremo del devanado marcado con punto con respecto al extremo que no tiene marca, entonces el voltaje secundario también es positivo en el extremo marcado con punto. Las polaridades de voltaje son las mismas con respecto a los puntos en cada lado del núcleo.
- 2. Si la *corriente* primaria del transformador fluye *hacia dentro* en el extremo marcado con punto del devanado primario, la corriente secundaria fluirá *hacia fuera* en el extremo marcado con punto del devanado secundario. [7]

#### 3.6.1 Relaciones entre el voltaje y la corriente en un autotransformador

¿Cuál es la relación de voltajes entre los dos lados de un autotransformador? Es muy fácil determinar la relación entre VH y VB. El voltaje en el lado de alto voltaje del autotransformador está dado por: [7]

$$\mathbf{V}_H = \mathbf{V}_C + \mathbf{V}_{SE}$$

Pero  $V_C/V_{SE} = N_C/N_{SE}$ , entonces

0

$$\mathbf{V}_H = \mathbf{V}_C + \frac{N_{SE}}{N_C} \mathbf{V}_C$$

Finalmente, si se tiene en cuenta que  $V_L = V_C$ , se tiene

$$\mathbf{V}_{H} = \mathbf{V}_{B} + \frac{N_{\text{SE}}}{N_{C}} \mathbf{V}_{L}$$
$$= \frac{N_{\text{SE}} + N_{C}}{N_{C}} \mathbf{V}_{L}$$

$$\frac{\mathbf{V}_L}{\mathbf{V}_A} = \frac{N_C}{N_{\mathrm{SE}} + N_C}$$

Se puede encontrar la relación de corriente entre los dos lados del transformador si se tiene en cuenta que

De la ecuación (2-70), 
$$I_C = (N_{SE}/N_C)I_{SE}$$
. Entonces

$$\mathbf{I}_L = \frac{N_{\text{SE}}}{N_C} \mathbf{I}_{\text{SE}} + \mathbf{I}_{\text{SE}}$$

Finalmente, tomando en cuenta que  $I_H = I_{SE}$ , se llega a

$$\mathbf{I}_L = \frac{N_{\text{SE}}}{N_C} \, \mathbf{I}_A + \mathbf{I}_H$$
$$= \frac{N_{\text{SE}} + N_C}{N_C} \, \mathbf{I}_H$$

$$\frac{\mathbf{I}_L}{\mathbf{I}_H} = \frac{N_{\text{SE}} + N_C}{N_C}$$

0

#### 3.7 Circuito equivalente de los autotransformadores

El autotransformador puede ser considerado simultáneamente como un caso particular del transformador o del bobinado con núcleo de hierro. Tiene un solo bobinado arrollado sobre el núcleo, pero dispone de cuatro bornes, dos para cada circuito, y por ello presenta puntos en común con el transformador. En realidad, lo que conviene es estudiarlo independientemente, pero utilizando las leyes que ya vimos para los otros dos casos, pues así se simplifica notablemente el proceso teórico.

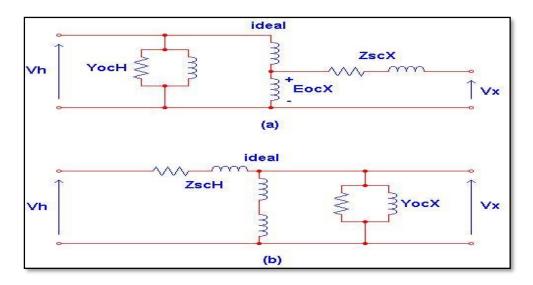


Figura 18 Circuito Equivalente del Autotransformador

## Capítulo 4 Desarrollo e implementación del sistema de control manual para el voltaje variable

#### 4.1 Sistemas de control

#### 4.1.1 Sistema de control de lazo abierto

Es aquel sistema en el cual la salida no tiene efecto sobre el sistema de control, esto significa que no hay realimentación de dicha salida hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control.

Estos sistemas se caracterizan por:

- Ser sencillos y de fácil mantenimiento.
- La salida no se compara con la entrada.
- Ser afectado por las perturbaciones. Estas pueden ser tangibles o intangibles.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema

#### 4.1.2 Sistema de control de lazo cerrado

Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida; es decir, en los sistemas de control de lazo cerrado o sistemas de control con realimentación, la salida que se desea controlar se realimenta para compararla con la entrada (valor deseado) y así generar un error que recibe el controlador para decidir la acción a tomar sobre el proceso, con el fin de disminuir dicho error y por tanto, llevar la salida del sistema al valor deseado.

Sus características son:

- Ser complejos y amplios en cantidad de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y para realizar el control del sistema.
- Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.

#### 4.3 Componentes del sistema de control manual

Derivado de que la fuente maneja voltaje trifásico 220Vca, acoplarlo a un sistema de control electrónico se torna difícil, debido a que los sistemas electrónicos funcionan con niveles de voltaje relativamente muy pequeños, por otro lado, para la visualización en la pantalla LCD se necesitaría de varias etapas de acondicionamiento de la señal para lograr proyectarlo. En base a estas complicaciones de acoplamiento por los niveles de voltaje, se optó por implementar un sistema de control manual esta en base a un eje de mando que permite conmutar a cada uno de los autotransformadores monofásicos, que se encuentran conectados a esta barra, esto permite tener la misma magnitud de tensión o potencial de salida en cada una de las fases, esto nos arroja directamente la variación del voltaje en la pantalla indicadora que es apta para los niveles de voltaje que maneja la fuente.



Figura 19 Eje de Mando Acoplado a 3 autotransformadores Monofásicos

#### 4.3.1 Control manual

En nuestra fuente de alimentación usaremos el control manual para manipular el eje de mando, a continuación, tenemos una descripción del funcionamiento de la fuente y en la siguiente figura podremos observar cómo se manipula el eje de mando haciendo girar la perilla.

El control manual lo usaremos para manipular el voltaje variable en la salida de 0-120v CA y 0-120v CD variable, esto al debido al giro que se llevara a cabo en la perilla que esta acoplada a la barra del eje de mando, donde el alumno al ir dando vuelta a la perilla en un movimiento de rotación, el voltaje ira incrementado o disminuyendo según sea el caso, al dar vuelta a la perilla de derecha a izquierda el voltaje incrementa de 0-120v variable por fase y en el movimiento contrario de izquierda a derecha ira disminuyendo de 120-0v variable por fase. Todo esto para ir observando como varia el voltaje gradualmente en las salidas ya dispuestas en la caratula frontal de la fuente de alimentación.



Figura 20 Incremento y decremento de Voltaje 0-120V

#### 4.4 Dispositivos mecánicos de acoplamiento al sistema de control manual

Los sistemas manuales son aquellos sistemas constituidos fundamentalmente por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función específica transformar o transmitir el movimiento desde las fuentes que lo generan.

#### 4.4.1 Engrane de carbones

Es una rueda dotada de una base para ser fijada en el eje de mando y con una base pequeña una de sus caras para que ser colocado el carbón que hará contacto con el autransformadores en todo su perímetro.





Figura 21 Tapa Engranaje de Carbones

#### 4.4.2 Eje o barra de mando

Un eje de mando es un elemento constructivo destinado a guiar el movimiento de rotación a una pieza o a un conjunto de piezas, como una rueda o un engranaje. El eje de mando puede bien ser solidario a la rueda. Las ruedas tienen un agujero central que acoge un dispositivo conocido buje o cubo en el que el eje tiene un determinado tipo de ajuste, generalmente mediante la introducción de un vástago o muñón en un rodamiento en el interior del cubo.

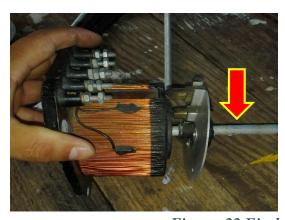




Figura 22 Eje de los Autransformadores

#### 4.4.3 Perilla

La perilla de es el mecanismo mediante el que se acciona o gradúa un dispositivo mecánico o eléctrico, en este caso en particular la perilla nos permitirá ir girando gradualmente el eje de mando que mueve los engranes que a su vez contienen los carbones que hacen contacto los autotransformadores.





Figura 23 Perilla

#### 4.5 Puentes rectificadores

#### 4.5.1 Rectificador monofásico de onda completa

Este rectificador es uno de los más usados en las fuentes de alimentación, tanto si está formado por cuatro diodos individuales como en su versión integrada. Estos últimos son más fáciles de manejar, puesto que disponen de cuatro patillas, dos para su conexión al transformador, y otras dos para la conexión hacia la carga.

La figura muestra cómo se puede montar un puente de diodos y la señal que se obtiene a su salida, así como el esquema eléctrico del puente. La forma de la onda es igual a la que se obtiene en el rectificador con transformador de toma intermedia.

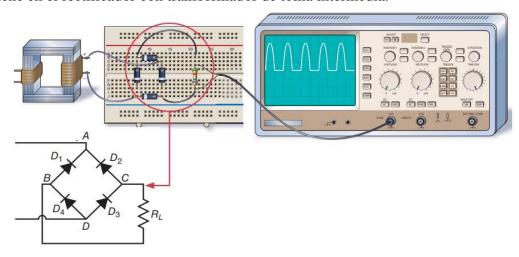


Figura 24 Montaje de un Puente de Diodos

En este tipo de rectificadores, al igual que hemos podido ver qué ocurre con los de media onda, debemos considerar una serie de parámetros importantes a la hora de ponernos a trabajar con ellos. Los más destacables son los que vemos a continuación en la figura.

Analizando el funcionamiento de un rectificador alimentado por un transformador el esquema eléctrico es el siguiente:

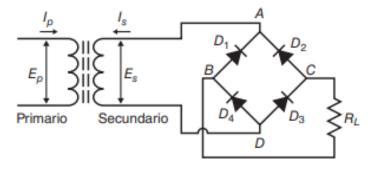


Figura 25 Circuito Eléctrico de un Puente de Diodos

#### Conexión con un puente de diodos integrado

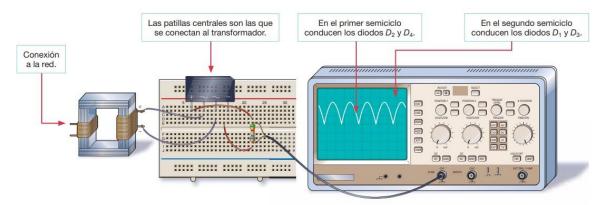


Figura 26 Conexión con un Puente de Diodos Integrado

#### 4.5.2 Rectificador trifásico de onda completa

El rectificador tipo puente es un rectificador trifásico de seis pulsos, su funcionamiento es análogo al puente rectificador monofásico estudiado con anterioridad, ya que se utilizan ambas polaridades de la señal alterna a rectificar, aunque ahora se trate de una red trifásica. La ventaja de esta configuración consiste en un voltaje de salida con un valor medio elevado, bajo rizado y corriente alterna en la entrada del rectificador.

A continuación, se muestra el diagrama del rectificador.

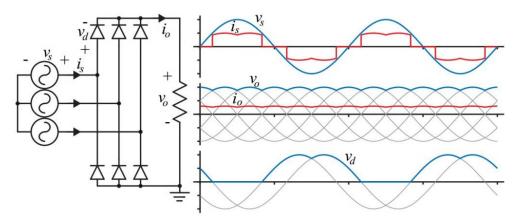


Figura 27 Rectificador Trifásico de Onda Completa

Con esta configuración, el voltaje que se refleja en la carga será el de la fuente de voltaje que posee mayor magnitud, sea positiva o negativa, la fuente de mayor magnitud polarizará sus diodos correspondientes para formar una trayectoria cerrada. En la figura 63 se han graficado las tensiones de línea, tanto para los valores positivos y negativos de la señal, así se visualiza de forma más convincente que el voltaje de salida del rectificador es la tensión entre líneas de la red.

#### 4.6 Sensores y actuadores

Los sensores son dispositivos que recogen información de una muestra y la entregan al sistema de control de forma que el sistema de control 'entienda' y pueda procesar y tomar decisiones. Por ejemplo, un sensor de temperatura, de estado de puerta (abierta / cerrada), de humedad, de velocidad del aire, de nivel de CO2, etc.

Su función es la determinación y la magnitud de cada variable censando la comparación de su estado físico del entorno que nos rodea en una información traducida a señales eléctricas que proporcionaremos al sistema de control.

El sistema de control recibe información del entorno sobre el que queremos realizar algún tipo de acción por medio de los sensores, esa información aporta datos para que el 'controlador' decida si hay que realizar alguna acción, si es así, esta acción se lleva a cabo por un actuador que tiene capacidad para operar o funcionar.

Los actuadores son dispositivos que, siguiendo las órdenes del sistema de control, realizan acciones que repercuten en el mundo 'real', por ejemplo: motores, relés, pistones, válvulas, indicadores luminosos, etc. Es conveniente aclarar que en muchos casos el actuador es un dispositivo que determina el estado físico para poner en marcha alguno de estos equipos.

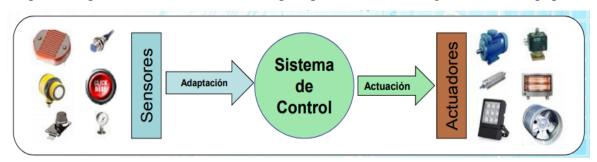


Figura 28 Sensores y Actuadores

#### 4.6.1 Bobina Rogowski

Una bobina Rogowski es un embobinado de área transversal constante que se construye sobre un material diamagnético.



Figura 29 Bobina Rogowski

#### > Principio de funcionamiento

Consiste en una bobina de cable en forma de hélice, alrededor de una circunferencia, como un toroide, pero con núcleo de aire, y las dos terminales están cercanas entre sí. Una vez que se tiene esta, la bobina se cierra alrededor del cable conductor que transporta la corriente que se quiere medir. Dado que el voltaje inducido en la bobina es proporcional a la velocidad con la que varía la corriente que se mide en el cable, o a su derivada temporal, la salida obtenida en la bobina de Rogowski es usualmente conectada a un dispositivo integrador para obtener la señal proporcional a la corriente.

#### > Aplicación

La bobina Rogowski o dona, tiene su aplicación dentro de la fuente de alimentación para transformar la corriente que circula por la fase C (conductor color rojo), esto lo hace sacando una proporción de la corriente que circula para que puede ser medida e indicada por el dispositivo (PZEM-061).

A continuación, podremos observar cómo fue instalada en la fuente siendo colocada en la parte posterior a la caratula frontal. Los conductores de la bobina irán conectados a los dos primeros orificios del dispositivo (**PZEM-061**).



#### 4.7 Interfaz digital

Aparte de los sensores y actuadores, existen otros elementos importantes que forman parte de los sistemas de control, a continuación, vamos a describir los más importantes.

Se podrían describir como los elementos que permiten a los usuarios entregar y recibir información del sistema de control, es decir que hacen de 'enlace' entre el usuario y el sistema para: informar, configurar, establecer parámetros, dar avisos, etc.

Existen muy simples y más complejos, normalmente dependiendo de la complejidad de la instalación. En sistemas más complejos, los interfaces tienen que cubrir diversas necesidades y se recurre frecuentemente a pantallas táctiles especializadas.



Figura 30 Interfaz Digital: Pantallas Táctil

Con el crecimiento de las plataformas móviles, cada vez se desarrollan más interfaces mediante 'apps' en dispositivos Tablet o Smartphone.

La constituyen todos los elementos que dan soporte a la instalación y permiten su despliegue:

- ✓ Cableado de comunicaciones (bus de datos).
- ✓ Cableado de alimentación.
- ✓ Canalizaciones.
- ✓ Cuadros y armarios eléctricos.
- ✓ Fuentes de alimentación equipos.
- ✓ S.A.I. si son necesarios.
- ✓ Protecciones eléctricas.
- ✓ Equipos de soporte.
- ✓ Protocolo de comunicaciones. (\*)

En el proyecto que se llevó a cabo no se usó ninguna interfaz digital, como se indica en la figura 32 pero si cuenta con una interfaz que muestra las variables voltaje, corriente, potencia y energía consumida como se muestra en la figura 74, debido a que no se usó ningún sistema de control electrónico, por lo tanto, no es posible transmitir los datos de manera que puedan ser presentados a través de una pantalla electrónica.

Para este caso solo se está utilizando para, indicar las condiciones y la demanda de la carga, mas no para transmitir datos como normalmente se utiliza una interfaz digital.

### 4.8 Aproximación del desarrollo del sistema trifásico de V<sub>CA</sub> al sistema de control

Para tener la aproximación deseada en el sistema de control fue necesario y de gran utilidad dar mantenimiento a los dispositivos mecánicos y eléctricos que conforman el sistema de control mecánico. Todo esto derivado de que ya se contaban con algunas piezas de dicha fuente de alimentación que serían ocupadas nuevamente en la reconstrucción de la misma y del sistema de control.

**Autransformadores:** rejuvenecimiento al aislamiento del alambre magneto (bobinas o devanados), se les recubrió nuevamente con una resina o barniz aislante a cada uno de los tres autotransformadores en sus espiras.



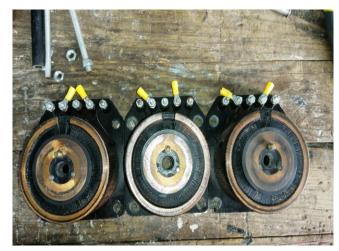


Figura 31 Mantenimiento: Barniz Aislante a Autotransformadores

**Autransformadores:** El contorno de los autotransformadores que hace contacto con los carbones y así mismo la parte rotativa donde se deslizan los carbones para obtener el voltaje variable, fue limpiada con WD-40, y una estopa para remover e exceso de carbón en esas áreas.





Figura 32 Mantenimiento: Limpieza con WD-40

**Carbones:** Se cambiaron los carbones, debido a que los que tenían ya no eran utilizables por su deterioro, se colocaron nuevos en las bases correspondientes.



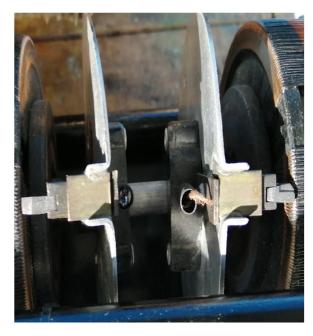


Figura 33 Mantenimiento: Cambio de Carbones

**Presentación de la parte frontal de la fuente variable:** La caratula del sistema de control estaba quebrada, dañada y sin estética, se hizo una nueva caratula, cabe mencionar que este fue un cambio total mas no un mantenimiento en sí.





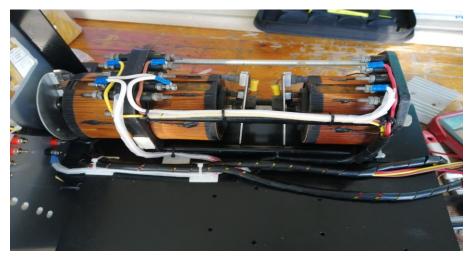
Figura 34 Mantenimiento: Cambio de Caratula Frontal

# A. Aproximación de cableado

De acuerdo a la necesidad de su alimentación de la fuente el sistema de alimentación debe de ser trifásico ya que alimentaba a cada uno de los autotransformadores debe de tener un sistema trifásico, las tres fases serán distribuidas en cada uno de los autotransformadores para tener el sistema trifásico que deseamos, derivado de esta circunstancia el cableado de cada una de estas fases se identifica por medio de colores en los conductores.

Fases	Tensión	Color de cable
A	120 V <sub>CA</sub>	Amarillo
В	120 V <sub>CA</sub>	Café
С	120 V <sub>CA</sub>	Rojo
NEUTRO	-	Blanco

Figura 35 Identificador de Fases por Color



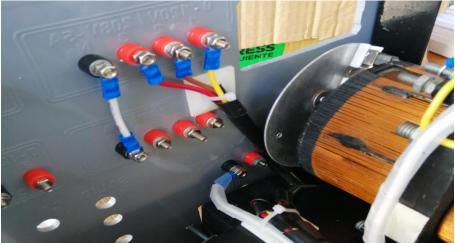


Figura 36 Aproximación del Cableado

De acuerdo a cada una de las fases de la alimentación, la identificación de las fases en cada fase de los autotransformadores queda indicada según las terminales del mismo.

Cada autotransformador tiene 5 terminales con 120vca y, donde identifica la alimentación con 120Vca, y cuál de ellas es la salida variable, además de otras salidas fijas de voltaje. Observando la siguiente tabla.

No. Terminal	Tensión de entrada	Tensión de salida
1	-	19 V <sub>CA</sub>
2	NEUTRO	NEUTRO
3	-	0-120 V <sub>CA</sub>
4	120 V <sub>CA</sub>	-
5	-	100 V <sub>CA</sub>

Figura 37 Configuración de Terminales en Autotransformador

En la figura 40 se puede observar claramente el número de las terminales y en este caso donde están las entradas y salidas de tensión o potencial. Es importante destacar que en la terminal número 3 es donde se tiene la salida variable de 0-120Vca.



Figura 38 Terminales Físicas en Autotransformador

### 4.9 Rectificación del voltaje CA a CD variable de 0-120 VCD

En esta etapa se pretende instalar un sistema de rectificación que permita rectificar la señal alterna en señal directa.

Los autotransformadores conectados, ya identificada la entrada de tensión o potencial, así como las salidas de tensión nos enfocaremos, que en los tres autransformadores que forman el sistema trifásico, la terminal numero 3 nos entrega el voltaje variable de cada uno de ellos.

Para llevar a cabo la rectificación del voltaje variable 0-120 Vca, con respecto a las terminales del autotransformador la terminal numero 3, voltaje de salida variable, la cual es conveniente instalar aquí el dispositivo **MDS150A1600V**, que es un puente de diodos rectificador trifásico de onda completa, el cual nos permitirá rectificar automáticamente el voltaje variable de 0-120Vca a 0-120Vcd.

Ahora en las siguientes figuras podremos observar lo antes descrito.



Figura 39 Salida Variable 0-120Vca, Terminal 3

Para las salidas de voltaje variable en la terminal 3, se ocupa la misma nomenclatura de color para la fase A, B, C y el Neutro (amarillo, café, rojo y blanco). Para continuar conoceremos el dispositivo **MDS150A1600V**, el cual empleamos para llevar a cabo la rectificación.

# 4.9.1 Dispositivo MDS150A1600V

Por sus características propias de funcionamiento es importante instalar este dispositivo ya que permite tener ventajas tanto en lo económico como en su funcionalidad una de ellas es que es práctico y a la vez duradero, además de ser portátil su estructura es compacta. Una de las características importantes es que maneja un rango de voltaje de 1600Vca la cual para esta fuente solo se requiere 120Vcd a una temperatura de trabajo 150 °c y sus dimensiones son Tamaño: largo x ancho x alto 80 x 40 x 33 mm 3,14 x 1,57 x 1,29 mm



Figura 40 MDS150A1600V



Figura 41 MDS150A1600V Empleado

En la siguiente figura 42, se puede observar cómo fue instalado el dispositivo MDS150A1600V, fijado a través de tornillos a la base con una placa de acrílico entre la base y el dispositivo para que exista una separación sirve de aislante entre las dos superficies, de igual manera se obersva en la imagen que del lado derecho entra la alimentación trifásica variable de Vca, 0-120Vca por cada fase provenientes de la terminal número 3 de cada uno de los autotransformadores monofásicos, del lado izquierdo donde solo encontramos dos terminales tenemos la salida ya rectificada de 0-120Vcd.

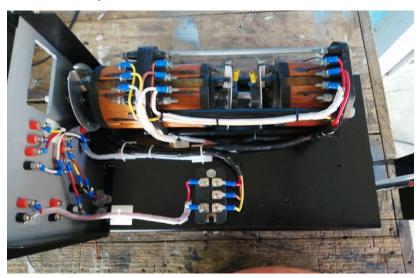


Figura 42 MDS150A1600V Montado como Sistema de Rectificación

Instalado a la fuente variable se observa a través del terminal número 7 para el positivo y neutro para el negativo (rojo y negro). El control de estas salidas lo tenemos a través del switch (push botton) número 7 de salida de CD en la caratula frontal podemos observar tanta la salida como su switch.



Figura 43 Caratula: Salida de 120Vcd

# Capítulo 5 Pruebas y ajustes del sistema de medición

### 5.1 Implementación de medidor e indicador de VCA (PZEM-061)

En ocasiones se requiere medir la corriente y su consumo de la carga y medir el voltaje que se le aplica a la carga. Es por ello que se implementa del sistema de medición que permite conocer estas variables. Para ser funcional la fuente variable y sea más eficiente se está implementado un indicador de voltaje, corriente, potencia y energía, esto se realiza a través del dispositivo PZEM-061, que dentro de sus características más importantes son: que maneja un rango de tensión o potencial de 0-260Vca, tiene la capacidad de medir de 0-100 amperes para esto viene integrado de una dona para hacer la medición, la potencia activa que logra medir este dispositivo es de 0-22kw, todo esto lo hace a una frecuencia de 60Hz. Estas características lo hacen ideal para implementarlo en la fuente, ya que en el laboratorio de la institución no se cuenta con ningún equipo que puede realizar este tipo de mediciones.



Figura 44 PZEM-061

# 5.1.2 Conexión del dispositivo PZEM-061

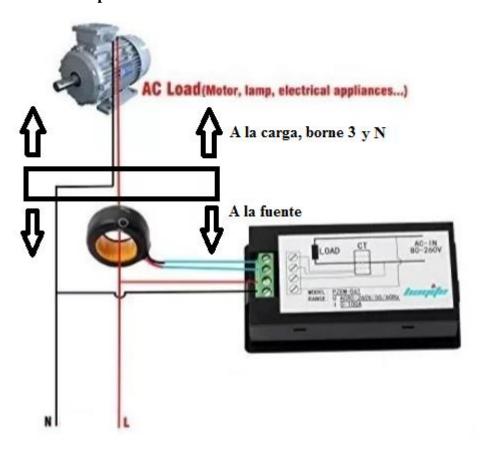


Figura 45 Conexión del dispositivo PZEM-061

Como se muestra en la figura 45 si la carga requiere medir la corriente que consume se debe instalar en el borne número 3, donde se encuentra instalada la bobina Rogowski.

En la figura 46 se observa las conexiones físicas que se llevaron a cabo en este sistema, colocando la dona de medición de corriente eléctrica a la fase "C" de voltaje variable 0-120Vca, esta fase se identifica con el cable color rojo, esta bobina Rogowski es el sensor de corriente del sistema.



Figura 46 Conexión del PZEM-061

En la cara frontal lo podemos observar montado en la parte superior izquierda



Figura 47 PZEM-061 Montado en Caratula

#### 5.2 Implementación del sistema de rectificación de V<sub>CA</sub> a V<sub>CD</sub> en base al KBPC5010

La fuente de alimentación también cuenta con un módulo de rectificación monofásica, esto quiere decir que el voltaje de rectificación es fijo por tanto se rectifica 120Vca para obtener en la salida del módulo de rectificación 120Vcd, con un capacitor electrolítico de 220 mf a 250Vcd.

Esto se llevó a cabo con un puente rectificador de onda completa monofásico. La señal de entrada viene directamente de la alimentación principal no es necesaria que pase por los autransformadores ya que es una alimentación fija.

Para lograr el sistema de rectificación monofásico empleamos el sistema **KBPC5010**, permite obtener una señal de onda completa.

Este dispositivo tiene como referencia los pines donde entra la alimentación 120Vca, y así mismo nos indica en que pin se tiene la salida el electrodo positivo del voltaje ya rectificado, por ser un puente de onda completa monofásico consta de cuatro diodos, por lo tanto, los pines para la entrada como de la salida su complemento se encuentra de manera cruzada. Todo esto se aprecia de mejor manera en la ficha técnica que está en el anexo B.



Figura 49 Dispositivo KBPC5010 Empleado

La figura 51 muestra de como quedo montado sobre la base y las conexiones físicas que se llevaron a cabo, además que se le implemento un disipador de calor para evitar futuros calentamientos por el uso y desgaste, como ya se mencionó antes fue alimentado directamente con la fase "C" y el neutro del sistema. Observemos.

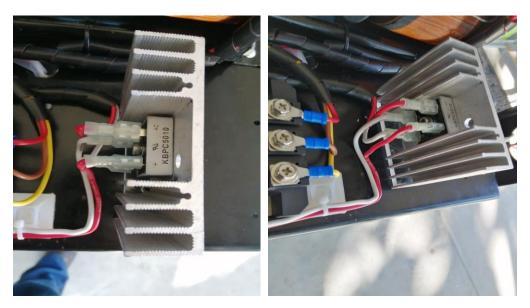


Figura 50 KBPC5010 Instalado

Llevado acabo el sistema de rectificación tendremos la salida en la interfaz, tanto la salida en sus bornes correspondientes como su switch de control. Esto lo apreciaremos en la figura 120, donde el switch controla el ON-OFF de la salida de 120Vcd identificado con el switch número 8, sus bornes también identificados con el número 8 para el positivo y su respectivo neutro lo encontramos en la parte central derecha.



Figura 51 Interfaz: Salida de 120Vcd

# 5.3 Descripción del funcionamiento de la fuente

Se le realizo pruebas al dispositivo KBPC5010 donde se trató de corroborar que no existiera una pérdida de mayor importancia en la salida del Vcd rectificado, teniendo como resultado una perdida menor. Las pruebas fueron realizadas con un voltaje de menor a mayor intensidad todo con la finalidad de evitar accidentes.

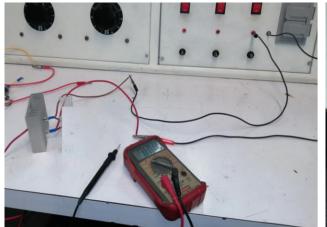




Figura 52 Prueba a dispositivo KBPC5010

Como medida de ajuste se colocó un corte de acrílico para separar la base del dispositivo MDS150A1600V con respecto a la base de la fuente de alimentación, esto para que no hubiere contacto entre ellas, para evitar algún posible corto o descarga a tierra por ese medio. Esto también se realizó en los cables conductores, aunque este fue hecho con manguera de alta resistencia al calor generado por los cables y por el medio ambiente.



Figura 53 Placa de Acrílico como Aislante

En la siguiente imagen se puede apreciar los resultados más específicos en el sistema de control mecánico que tenemos en la interfaz de la fuente de alimentación.

- 1. Pantalla LCD indicadora de voltaje, corriente, potencia activa y energía consumida.
- 2. Las terminales de salida 1, 2 y 3 son las salidas de voltaje en corriente alterna trifásica variable (0-120Vca).
- 3. Las terminales de salida 4, 5 y 6 son las salidas de voltaje en corriente alterna trifásica fija (120Vca).
- 4. La terminal de salida 7 es la salida de voltaje en corriente continua trifásica variable (0-120Vcd).
- 5. La terminal 8 es la salida de voltaje en corriente continua monofásica fija (120Vcd).
- 6. Tenemos la perilla fundamental en el control mecánico, ya que a través del barrido de ella incrementa o decrementa el voltaje variable, tanto en corriente alterna como en continua.
- 7. En la parte inferior izquierda tenemos los reset estas son las protecciones principales ante cualquier eventualidad negativa en el desarrollo del funcionamiento de la fuente
- 8. En la parte inferior central tenemos el ON-OFF de la fuente de alimentación, este es el interruptor principal.
- 9. La parte inferior derecha tenemos la botonera que controla las salidas tanto fijas en corriente alterna como de la variable y fija en corriente directa.
- 10. Por ultimo en la parte casi central de la fuente de alimentación tenemos una salida monofásica de 120Vca.



Figura 54 Fuente de Alimentación

### 5.4 Protecciones para la fuente de $V_{CA}$ variable

En ocasiones el flujo de la corriente eléctrica o la conducción de la corriente eléctrica a través de conductores eléctricos tales como cables pueden presentar algún tipo de siniestro es por ello que para esta fuente debemos de proteger tanto a la fuente como a los alimentadores que proveen de energía para el buen funcionamiento de esta, en consecuencia, se diseña un sistema de protección que integra una parte térmica y magnética tal es el caso del interruptor termomagnetico, esto nos permite que al sobrepasar la corriente con que opera la fuente el interruptor se desactivara dejando sin alimentación a la fuente evitando daños irreversibles en la fuente como en la carga.

### 5.4.1 Interruptor termomagnetico trifásico

Los interruptores termomagnéticos están diseñados para interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. El dispositivo consta de dos partes: un electroimán y una lámina bimetálica. Ambas conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga. Los interruptores termomagnéticos protegen la instalación eléctrica contra sobrecorrientes (sobrecargas y cortocircuitos).



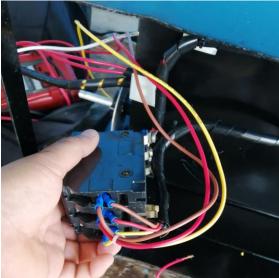


Figura 55 Interruptor Termomagnetico

# 5.4.2 Fusible tipo europeo encapsulado vidrio

El fusible implementado tipo europeo encapsulado vidrio, para la mayor parte de sistema eléctrico de la fuente de alimentación fue el fusible encapsulado de vidrio que se trata de los fusibles que son construidos con alambre metálico o con una lámina, los cuales son cubiertos con un tubo de vidrio. Este se instala entre la fuente de alimentación y del circuito. Una vez detecta una corriente superior a sus valores admitidos se llega a derretir rompiendo el paso de corriente.



Figura 56 Fusible Implementado

Además de los fisibles fue necesario colocarlos dentro de un Porta fusible de tipo bayoneta para fusible europeo encapsulado vidrio 5A/250V

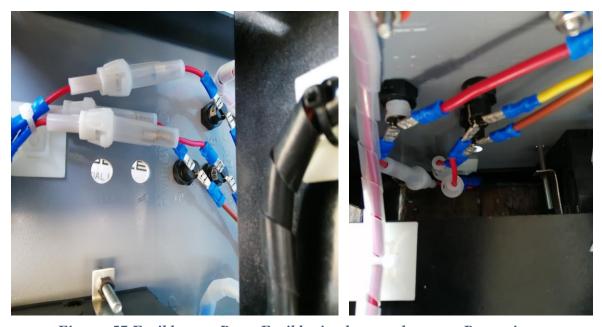


Figura 57 Fusibles con Porta Fusibles implementados como Protecciones

#### 5.5 Protecciones para la fuente de $V_{CD}$ variable

Los dispositivos de protección son los interruptores termomagnéticos, interruptores de falla a tierra y los fusibles o una combinación de ellos, los cuales tienen como propósitos fundamentales:

Proteger los conductores y el equipo instalado contra efectos excesivos de temperatura. Proteger de una sobrecorriente (cualquier corriente eléctrica en exceso, la cual puede ser causada por una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra). Interrumpir la energía eléctrica en caso de falla en el sistema eléctrico.

Por lo tanto, para proteger nuestro sistema de corriente directa emplearemos un reset térmico, de montaje en la caratula frontal, para reestablecer el reset térmico se debe de pulsar el interruptor de disparo.

Dentro de la fuente de alimentación tenemos 6 reset térmicos, 3 de ellos para la corriente directa que se encuentran en la parte inferior como se indica en la figura 61.

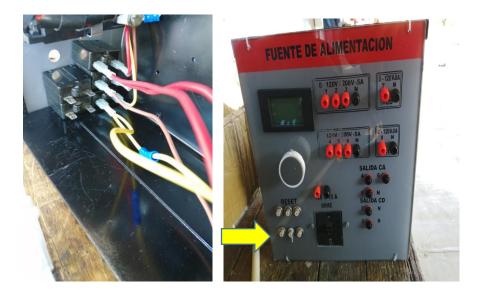
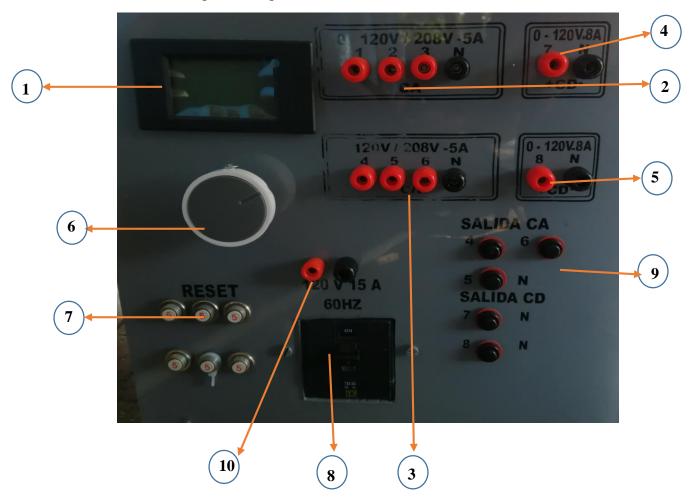


Figura 58 Reset Implementado como Protección del Sistema

# Capítulo 6 Implementación y ajustes de la fuente trifásica variable

# 6.1 Implementación de la fuente variable para uso didáctico

En la caratula frontal están instaladas las terminales de corriente alterna, fija y variable, también para corriente continua rectificada, fija y variable, las terminales de salida cuentan con su switch correspondiente para ser activadas.



- 1. Pantalla LCD indicadora de voltaje, corriente, potencia y energía consumida.
- 2. Las terminales 1, 2 y 3 son las salidas de voltaje en corriente alterna trifásica variable (0-120Vca).
- 3. Los bornes 4, 5 y 6 son las salidas de voltaje en corriente alterna trifásica fija (120Vca).
- 4. La terminal 7 es la salida de voltaje en corriente continua trifásica variable (0-120Vcd).
- 5. La terminal 8 es la salida de voltaje en corriente continua monofásica fija (120Vcd).

- 6. Tenemos la perilla fundamental en el control mecánico, ya que a través del barrido de ella incrementa o decrementa el voltaje variable, tanto en corriente alterna como en continua.
- 7. En la parte inferior izquierda tenemos los reset térmicos estas son las protecciones principales ante cualquier eventualidad negativa en el desarrollo del funcionamiento de la fuente
- 8. En la parte inferior central tenemos el ON-OFF de la fuente de alimentación, este es el interruptor principal.
- 9. La parte inferior derecha tenemos la botonera que controla las salidas tanto fijas en corriente alterna como de la variable y fija en corriente directa.
- 10. Por ultimo en la parte casi central de la fuente de alimentación tenemos una salida monofásica de 120Vca.

#### 6.2 Características del funcionamiento de la fuente trifásica variable

La fuente de alimentación trifásica variable proporciona una tensión de salida variable de 0 a 120 V, con una corriente máxima de 5 Amper. Todas las salidas están totalmente protegidas contra cortocircuito. La fuente dispone de un visualizador digital que le permite lecturas simultáneas de tensión y corriente. En la fuente de alimentación se han agrupado tres tensiones fijas y tres variables, para hacerla más eficiente en la conexión de varias cargas. El valor de las tensiones fijas se ha escogido para que permitan alimentar cargas monofásicas y trifásicas. Por ello está especialmente indicada su aplicación en laboratorios, talleres de mantenimiento y centros de estudios para su uso didáctico.

Numero de borne de salida	Tensión fija CA	Tensión variable CA	Tensión fija CD	Tensión variable de CD
1	-	0-120	-	-
2	-	0-120	-	-
3	-	0-120	-	-
4	120	-	-	-
5	120	-	-	-
6	120	-	-	-
7	-		120	-
8	-		-	0-120

#### Alimentación tensión de red

 $110 \sim 127 \text{ V AC} \pm 10\%$ 

 $220 \sim 240 \text{ V AC} \pm 10\% \text{ (conmutable)}$ 

### Precisión de los indicadores de medida

Tensión  $\pm$  (1,0 % lectura + 3 dígitos)

Corriente  $\pm$  (1,0 % lectura + 3 dígitos)

#### 6.3 Medidas preventivas para el uso eficiente de la fuente trifásica variable

Para garantizar el funcionamiento de la fuente y eliminar el peligro de daños serios causados por cortocircuitos (arcos eléctricos), se deben respetar las siguientes medidas preventivas.

- No use este instrumento para alimentar instalaciones industriales de gran energía.
- Antes de conectar la fuente a la alimentación, compruebe que la tensión de red corresponde con la tensión establecida para la fuente.
- El enchufe de alimentación debe de tener una conexión a tierra.
- No coloque la fuente en superficies húmedas o mojadas.
- Antes de conectar la fuente, revise los conductores para prevenir un aislamiento defectuoso o cables pelados.
- Sustituya el fusible defectuoso solamente por un fusible del mismo valor del original. Nunca cortocircuite el fusible ni el soporte del mismo.
- No inserte objetos de metal dentro de la fuente.
- No coloque recipientes con agua sobre el dispositivo (riesgo de cortocircuito en caso de derrame del recipiente).
- Para evitar descargas eléctricas, no trabaje con la fuente en condiciones de humedad o mojado.
- La operación de esta fuente de alimentación trifásica solo se debe realizar con la ropa y calzado adecuados.
- Nunca toque las puntas de las terminales energizadas.
- No exponga el equipo a golpes o vibraciones fuertes.
- La apertura de la fuente, su uso y reparación solo se deben llevar a cabo por personal cualificado.
- ➤ No coloque la fuente bocabajo en ninguna mesa o banco de trabajo para prevenir cualquier daño.

#### 6.4 Recomendaciones para el funcionamiento eficiente de la fuente variable

Se debe de contar con un sistema eléctrico trifásico que proporcione 120/220 Vca, 60 Hz. Esta fuente no podrá usarse con equipos que su carga este compuesta con circuitos electrónicos que apliquen variadores de velocidad basados en control PWM ó SCR.

Es conveniente disponer de lo siguiente:

Disponer de un contacto trifásico que provea de 120-220Vca a 60Hz y 20 Amper, y un sistema de tierra para aterrizar el equipo.

Que los usuarios de la misma tengan conocimiento básico de medición y de análisis de circuitos y de seguridad en los laboratorios esto va a permitir el uso adecuado de la fuente variable.

El aparato solo debe emplearse dentro de los datos técnicos especificados. La fuente de alimentación trifásica está formada por módulos de corriente fija y variable, cada una de ellas tienen leyendas que indica el voltaje máximo que entrega, así como, de la corriente no deben de conectarse equipos o circuitos que rebasen estos límites de lo contrario existirá una sobre carga en la fuente de alimentación.

Solo personal cualificado con la formación correspondiente deberán encargarse de la instalación, puesta en servicio y del mantenimiento del equipo. Los instaladores eléctricos tienen que haber leído y entendido el informe.

Los aparatos electrónicos, eléctricos o sus componentes, se deberán eliminar a través de los centros de reciclaje o empresas de eliminación de desechos autorizados para tal fin.

Los que desarrollan este proyecto, tienen firme la responsabilidad de la protección al medio ambiente, ya que se está rehabilitando la fuente, algunas partes aún son funcionales, por este motivo se da a la tarea de hacerla funcional.

Se entiende que los equipos que no tienen su funcionamiento correcto, quedan como desperdicios o causan baja. Se puede considerar que esta fuente protege al medio ambiente ya que sus dispositivos se pueden reciclar y da un segundo uso, si se requiere

# Resultados



Caso 1: Voltaje variable v fijo monofásico

Para obtener el voltaje monofásico variable, se debe en primer lugar poner en operación la fuente variable a través del interruptor termomagnetico principal, el siguiente paso es dirigirnos al terminal número 1, para cerrar el circuito monofásico usaremos la terminal del neutro ubicada en el mismo módulo de la etiqueta 0-120V/208V-5A, de esta manera estaremos obteniendo tensión o potencial monofásico variable, para hacer variar el voltaje monofásico 0-120Vca se tiene que hacer un barrido en la perrilla.

Para tener voltaje monofásico fijo, la fuente cuenta por default con una terminal para tal caso, ella se encuentra en la parte superior del interruptor termomagnetico general, por otra parte también se puede disponer de voltaje monofásico fijo en el módulo con la leyenda 120V/208V-5A, para este caso en particular se debe activar la terminal número 4 con el switch número 4, que se encuentra en la parte central derecha con la leyenda SALIDA CA, para cerrar el circuito tomaremos el neutro del mismo módulo de la terminal 4.

Las protecciones de estos sistemas lo tenemos en los reset térmicos, que se encuentran en la parte inferior izquierda, los que corresponden a la protección de CA son los primeros 3 reset térmicos, además de esto cuenta con fusibles tipo europeo encapsulado vidrio en la salida de las terminales.

# Caso 2: Voltaje variable y fijo trifásico

Para obtener el voltaje trifásico variable, se debe en primer lugar poner en operación la fuente variable a través del interruptor termomagnetico principal, el siguiente paso es dirigirnos al terminal número 1, 2 y 3 es en muy importante mencionar que para obtener el voltaje trifásico variable se debe de conmutar las terminales ya sea 1 y 2, 1 y 3 o 2 y 3, esto recordando que el sistema trifásico está compuesto por un arreglo de 3 autotransformadores monofásico, habiendo conmutado las terminales se hace un barrido en la perilla para variar la tensión o el potencial de 0-220VCA, la variación de voltaje se podrá observar a través de la pantalla del indicador digital.

Para tener el voltaje trifásico fijo, se tiene que ubicar la etiqueta SALIDA CA, ahí encontraremos los switch para las terminales 4, 5 y 6, se deben activar los tres switch, con esto en las terminales 4, 5 y 6 ya se dispone de tensión o potencial, para obtener el voltaje trifásico se debe de conmutar las terminales 4 y 5, 4 y 6 o 5 y 6.

Las protecciones de estos sistemas lo tenemos en los reset térmicos, que se encuentran en la parte inferior izquierda, los que corresponden a la protección de CA son los primeros 3 reset térmicos, además de esto cuenta con fusibles tipo europeo encapsulado vidrio en la salida de las terminales.

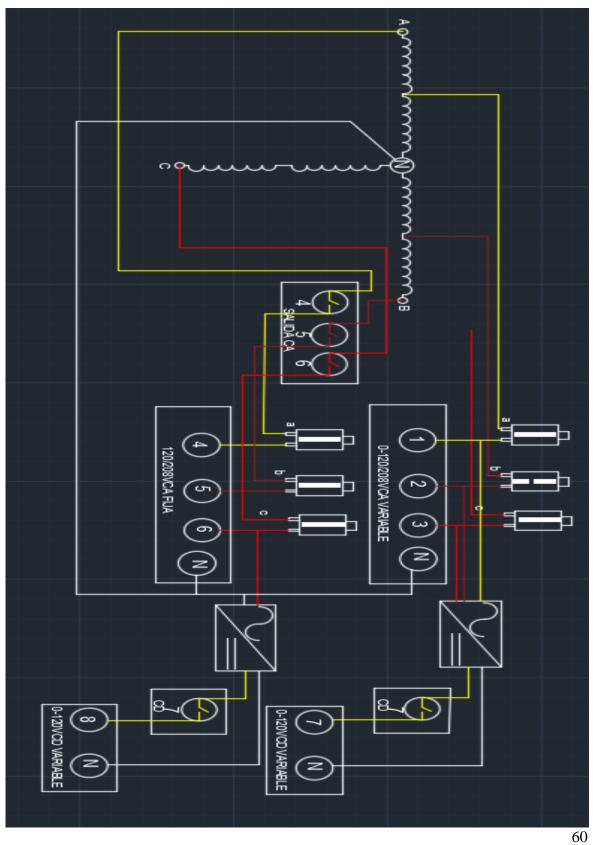
#### Caso 3: voltaje variable y fijo de CD

Para activar las terminales de salida de Vcd, ubicaremos la etiqueta SALIDA CD en la parte inferior derecha, en ella tenemos los switch de activación de las terminales 7 y 8, el switch 7 corresponde a la salida de voltaje de corriente directa variable, activado el switch 7 tendremos que barrer la perilla para tener voltaje directo variable 0-120Vcd e en el terminal número 7, para cerrar el circuito se debe usar el neutro que se encuentra en el mismo modulo.

Activado el switch 8, se dispone de voltaje en corriente directa fija 120Vcd en el terminal número 8, para cerrar este circuito se debe usar únicamente el neutro del mismo modulo ubicado a la derecha de la terminal 8.

Las protecciones de estos sistemas lo tenemos en los reset térmicos, que se encuentran en la parte inferior izquierda, los que corresponden a la protección de CD son los inferiores, además de esto cuenta con fusibles tipo europeo encapsulado vidrio.

# **DIAGRAMA DE CONEXIONES**



### Conclusión

Este proyecto fue de gran importancia para mí, ya que aplique los conocimientos adquiridos durante toda la carrera, fue un trabajo en el que utilice todas mis experiencias anteriores con circuitos eléctricos y electrónicos. Fue muy interesante, a través de la investigación, conocer cómo funcionaba una fuente de alimentación con sus diferentes etapas (alimentación, rectificación, y regulación). Comprendí que cada una de estas etapas es muy importante para poder transformar la corriente alterna en directa y poderla utilizar en forma variable y fija.

Las recomendaciones de nuestro asesor fueron de fundamental importancia para lograr una mejor estética y funcionamiento del equipo, para no errar al conectar los puentes rectificadores y otros dispositivos eléctricos y mecánicos.

Finalmente podemos decir que este fue un proyecto, en el que aprendí de mis errores en el diseño o armado pero que gracias a las recomendaciones que se me fueron hechas logre concretar de mejor manera mis ideas, por consiguiente, me siento satisfecho por mi desempeño y espero de seguir aprendiendo en todo el ámbito profesional.

La fuente de alimentación sirve para diversas aplicaciones dentro del ámbito estudiantil, para hacer pruebas, prácticas y estudios, de manera personal espero que esta fuente de alimentación ayude en gran manera en la formación académica y profesional de muchos compañeros que harán uso de ella, pues una fuente de alimentación en el área de ingeniería eléctrica es de gran ayuda e importancia.

# **Anexos**

# Anexo A: Ficha técnica MDS150A1600V

# MDS150 Three Phases Rectification Bridge Modules



#### Features:

- Isolated mounting base 2500V~
- Pressure contact technology with Increased power cycling capability
- Space and weight savings

#### **Typical Applications**

- Inverter
- Inductive heating
- Chopper

V <sub>RSM</sub>	V <sub>RRM</sub>	Type & Outline
900 V	800 V	MD\$150-08-221H5
1300 V	1200 V	MD\$150-12-221H5
1500 V	1400 V	MD\$150-14-221H5
1700 V	1600 V	MD\$150-16-221H5

SYMBOL	CHARACTERISTIC	TEST CONDITIONS	T <sub>/</sub> (°C)	VALUE			UNIT
STWEE	CHARGEERISTIC	1EST CONDITIONS	1)( 0)	Min	Туре	Max	ONIT
lo	DC output current	Three-phase full wave rectifying circuit, $T_{\rm C}$ =100°C	150			150	Α
I <sub>RRM</sub>	Repetitive peak current	at V <sub>RRM</sub>	150			12	mA
I <sub>FSM</sub>	Surge forward current	urrent 10ms half sine wave				1.3	KA
l²t	I <sup>2</sup> T for fusing coordination	V <sub>R</sub> =0	100			8.6	A <sup>2</sup> s*10 <sup>3</sup>
V <sub>FO</sub>	Threshold voltage		150			0.75	v
ΓF	Forward slop resistance					2.4	mΩ
V <sub>FM</sub>	Peak forward voltage	I <sub>FM</sub> =150A	25			1.30	V
R <sub>th(j-c)</sub>	Thermal resistance Junction to case	Single side ∞oled				0.14	°C/W
R <sub>th(c-h)</sub>	Thermal resistance case to heatsink	Single side cooled				0.07	°C/W
V <sub>iso</sub>	Isolation voltage	50Hz,R.M.S,t=1min,I <sub>lso</sub> :1mA(max)		2500			V
F <sub>m</sub>	Terminal connection torque(M5)				4		N·m
r <sub>m</sub>	Mounting torque(M6)				6		N·m
Tvj	junction temperature			-40		150	°C
T <sub>stg</sub>	Stored temperature			-40		125	°C
Wt	Weight				300		g
Outline		221H5					

Figura 59 Anexo A

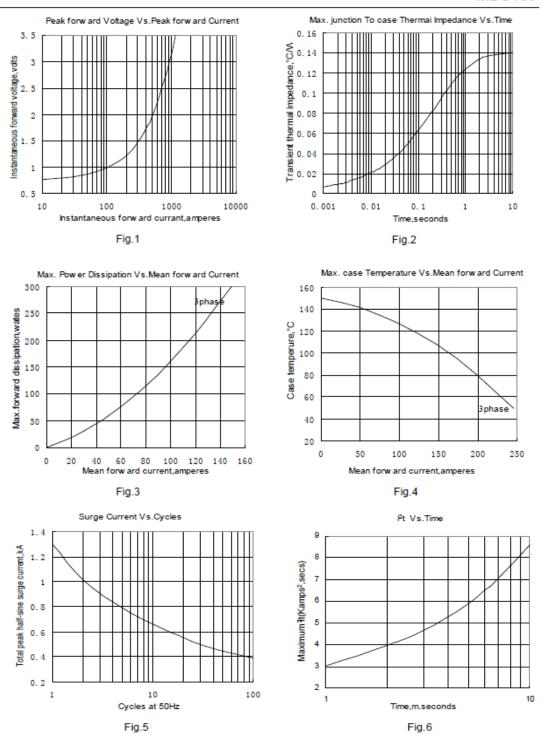


Figura 60 Anexo A: Forma de Onda

#### Outline:

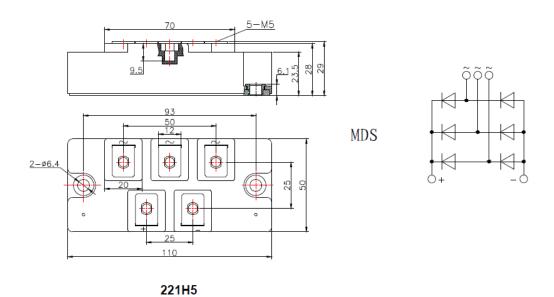


Figura 61 Anexo A: Forma Esquemática

#### Anexo B: Ficha técnica KBPC5010

# KBPC5000 - KBPC5010

PRV : 50 - 1000 Volts Io : 50 Amperes

### **FEATURES:**

- \* High case dielectric strength
- \* High surge current capability
- \* High reliability
- \* High efficiency
- \* Low reverse current
- \* Low forward voltage drop
- \* Pb / RoHS Free

#### MECHANICAL DATA:

- \* Case : Metal Case
- \* Epoxy : UL94V-0 rate flame retardant
- \* Terminals : plated .25" (6.35 mm). Faston
- \* Polarity : Polarity symbols marked on case
- Mounting position: Bolt down on heat-sink with silicone thermal compound between bridge and mounting surface for maximum heat transfer efficiency.
- \* Weight : 17.1 grams

# SILICON BRIDGE RECTIFIERS

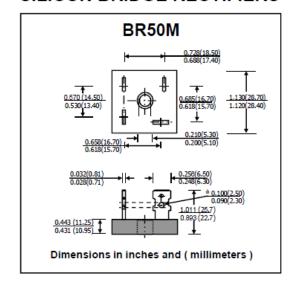


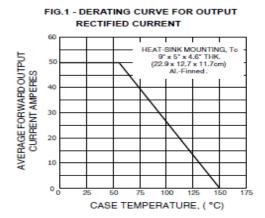
Figura 62 Anexo B

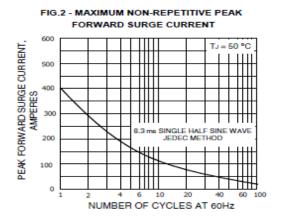
### MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

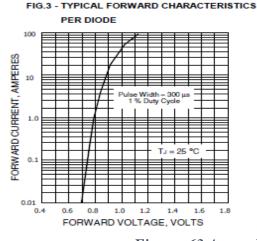
Ratino at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified. Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load. For capacitive load, derate current by 20%.

RATING	SYMBOL	KBPC 5000	KBPC 5001	KBPC 5002	KBPC 5004	KBPC 5006	KBPC 5008	KBPC 5010	UNIT
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	VRRM	50	100	200	400	600	800	1000	٧
Maximum RMS Voltage	VRMS	35	70	140	280	420	560	700	٧
Maximum DC Blocking Voltage	Vpc	50	100	200	400	600	800	1000	٧
Maximum Average Forward Current Tc = 55°C	IF(AV)				50				Α
Peak Forward Surge Current Single half sine wave Superimposed on rated load (JEDEC Method)	IFSM				400				Α
Current Squared Time at t < 8.3 ms.	I <sup>2</sup> t				660				A <sup>2</sup> S
Maximum Forward Voltage per Diode at IF=25 A	VF				1.1				٧
Maximum DC Reverse Current Ta = 25 °C	lR				10				μΑ
at Rated DC Blocking Voltage Ta = 100 °C	IR(H)				500				μΑ
Typical Thermal Resistance (Note 1)	RθJC				2.0				°C/W

#### RATING AND CHARACTERISTIC CURVES (KBPC5000 - KBPC5010)







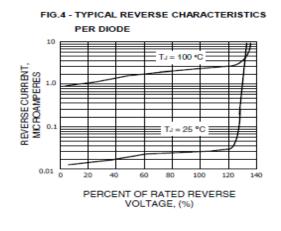


Figura 63 Anexo B: Forma de Onda

# Anexo C: Ficha técnica Interruptor Térmico 125 / 250 $V_{AC}$ 50 $V_{DC}$



# sobrecarga Protector eléctrico automático disyuntor detalles

_			
Corriente nominal	A-80A		
Tensión nominal	125/250 V AC 50VDC 50-60Hz		
Aislamiento de prensa prueba	1 500//		
de resistencia	1, 500Vac/minuto.		
Restablecer sobre carga	0 veces corriente		
Reiniciar el tiempo	En 60 segundo		
Resistencia de aislamiento	Más de $500$ Vdc × $100$ M $Ω$		
Póngase en contacto con	1500/ v 500		
prueba de vida	150% vac × 500 prueba de corriente más de veces		

Figura 64 Anexo C

# Anexo D: Ficha técnico PZEM-061 80-260V 100A



Figura 65 Anexo D

Tipo	Medidor eléctrico de CA PZEM-061
Función	1. Función de medición de parámetros eléctricos (voltaje, corriente, potencia activa, energía)
	2. Función de alarma de sobrecarga (umbral de alarma de sobrecarga, luz de fondo y encendido de la alarma).
	3. Función preestablecida del umbral de alarma de energía (puede establecer el umbral de alarma de energía).
	4. La función de reinicio de la tecla de energía.
	5. Almacenar datos cuando se apaga.
	6. LCD de pantalla grande (voltaje de pantalla, corriente, potencia activa, energía al mismo tiempo)
	7. Función de luz de fondo.
	1. Voltaje: 80 ~ 260V
Rango de parámetros de prueba	2. Corriente: 0 ~ 100A
	3. Potencia: 0 ~ 22000W
	4. Energía: 0 ~ 9999kWh

# Bibliografía

- [1] T. C. y. W. Summers, Manual de electricistas estadounidenses 11ed, Nueva York: McGraw Hill, 1987.
- [2] Desconocido, «REO,» [En línea]. Available: http://www.reo.co.uk/the\_history\_of\_power\_regulation. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [3] A. C. Smith, Control automatico de procesos, Limusa, 1997.
- [4] Ogata, Ingeniería de control moderna, 2018.
- [5] J. Pillco, «Sector Eléctricidad,» 15 Enero 2015. [En línea]. Available: http://www.sectorelectricidad.com/11001/el-autotransformador-ventajas-y-desventajas/. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [6] Desconocido, «Recursos Conceptuales,» [En línea]. Available: http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0029/File/Objetos\_Didacticos/ELE\_06/Recursos %20Conceptuales/Transformadores.pdf. [Último acceso: 2019 Septiembre].
- [7] Desconocido, «RTE,» Febrero 2014. [En línea]. Available: https://rte.mx/materiales-usados-en-transformadores-rte. . [Último acceso: Septiembre 2019].
- [8] S. J. Chapman, Máquinas Eléctricas 5ed, México: McGraw-Hill, 2012.