UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

Diseño y Construcción de Módulos con Fuentes de Alimentación para el Laboratorio de Ingeniería Eléctrica

PROYECTO DE TESIS

Qué Para Obtener el Titulo de

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTA

Sergio Erik Pérez Rodríguez

ASESOR DE TESIS

Ing. Víctor Quintero Rojas

Morelia, Michoacán

MARZO 2010

CONTENIDO

Dedicatorias y Agradecimientos……ii

Resumen……iii

Lista de Figuras……**iv**

Lista de Símbolos y Abreviaciones……**vii**

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes……..1

1.2. Objetivo.……....5

1.3. Justificación……...6

1.4. Descripción de los capítulos……..……7

1.5. Metodología……...8

CAPITULO II ANTECEDENTES HISTORICOS

2.1. Fuentes de alimentación…….....9

2.1.1. Plantas generadoras Hidroeléctricas……9

2.1.2. Plantas generadoras Termoeléctricas…….....9

2.1.3. Plantas generadoras Eólicas……....9

2.1.4. Plantas generadoras Solares……....9

2.1.5. Plantas generadoras Nucleares……...……....9

2.2. Tipos de Fuentes……..……10
2.3. Generación de un voltaje alterno……...12
2.4. Medidas Angulares…….……14
2.5. Frecuencia y periodo……..……14
2.6. Valores característicos del voltaje y la corriente…..…….……...15
2.7. Fuentes de corriente directa……...17
2.7.1. Transformador de entrada……..20
2.7.2. Rectificador a diodos…….22
2.8 Rectificador básico de media onda……24
2.9. Rectificador de onda completa…….……..26
2.10. Rectificador en puente…….……...30
2.11. Filtrado……..…….……..32
2.11.1. Filtrado por capacitancia…….34
2.11.2. Filtrado por Inductancia……..35

CAPITULO III DESARROLLO Y CONSTRUCCION DE LA FUENTE

3.1. Diseño de la fuente de C.A.……..……..38
3.2. Protecciones………41
3.3. Simulación en software.....43
3.4. Diseño de la fuente de CD……..45
3.5. Simulación en software……...49
3.6. Materiales.....54
3.6.1 Autotransformador……..…….54
3.6.2 Rectificadores de Potencia……61
3.6.3 Protección Termomagnética……..62
3.6.4 Interruptores Termomagnéticos de 2 amp…….64
3.6.5 Capacitores……65
3.6.6 Módulo Metálico……...67

3.7 Pruebas……68

CAPITULO IV CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones……...……...75
4.2. Trabajos Futuros……76
4.3. Datos Técnicos……78
4.4. Bibliografía y Referencias……...81

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

Primeramente doy gracias a dios por haberme dado salud y haberme permitido terminar un objetivo muy importante en mi vida profesional, el cual será un pilar para poder desarrollarme en el ámbito profesional y laboral dentro de mi vida futura.

Dedico este trabajo a mi madre: Felicitas Rodríguez González, la cual siempre soñó con darme una educación sin importar los sacrificios que hiciera. Su único deseo es poder dejarme un estudio para poder defenderme en el futuro y con gusto le digo hoy que su sueño se esta convirtiendo en una realidad, te doy gracias por todo, espero no defraudarte y espero que puedas sentirte orgulloso de mi.

A mi padre: Jesús Pérez Quiroz, por enseñarme a ser un hombre de bien y a defender lo que quiero, espero con este pequeño regalo pueda agradecerte lo mucho que significas para mi.

A mis hermanos y en especial a mi hermana laura, por ser mi apoyo, mi alegría, mis compañeros y amigos, para ellos también dedico este trabajo, y espero también se sientan orgullosos de mi como yo me siento de ustedes.

Un agradecimiento en especial para mi asesor: Ing. Víctor Quintero Rojas. A la Ing. Ana María Maldonado Arceo por no perderme la paciencia, sobre todo cuando cometí fallas y por apoyarme durante el desarrollo de este trabajo de tesis.

A mis profesores: Por enseñarme y darme las herramientas necesarias para poder enfrentarme al mundo laboral, por haberme brindado su apoyo y amistad.

RESUMEN

Las fuentes de alimentación son dispositivos electrónicos y de potencia no son equipos de reciente diseño, desde hace tiempo se han realizado esfuerzos por parte de ingenieros relacionados con el tema, para poder diseñar fuentes de alimentación cada vez más eficientes y de distintos tipos.

En el presente trabajo no se pretende hacer el descubrimiento de una fuente de alimentación, si no el de basar el diseño en las ya existentes para lograr un prototipo adecuado que satisfaga las necesidades requeridas de suministro de energía eléctrica a los dispositivos y equipos, tanto eléctricos como electrónicos que se emplean actualmente en el laboratorio de ingeniería eléctrica.

La implementación de este trabajo se da por la creciente demanda de este tipo de equipos debido a la apertura de nuevas materias que utilizan el laboratorio dentro de la carrera de ingeniería eléctrica, y además tratando de evitar grandes costos por la compra de este tipo de equipos eléctricos. Se pretende que estas fuentes de alimentación sean fabricadas dentro del laboratorio de ingeniería eléctrica, ya que el alumno cuenta con el conocimiento y herramientas necesarias para desarrollar este tipo de trabajos.

El presente trabajo consta de dos partes un módulo que emplea una fuente de alimentación de corriente alterna y otro módulo que contendrá una fuente de alimentación de corriente directa, se crearan los diseños tanto de los módulos como los diagramas eléctricos de cada fuente.

Otra parte del trabajo es la de emplear un programa de simulación de circuitos eléctricos, para estudiar el comportamiento que tendrá la fuente y así poderse dar una visión más amplia de lo que se quiere construir, y por otro lado ubicar posibles errores dentro del diseño eléctrico.

Lista de Figuras

Figura 2.1. Forma de onda de voltaje generada por una fuente de C.A……..……...10
Figura 2.2. Ondas de voltaje y corriente de C.A. ……..……..11
Figura 2.3. Eje del tiempo de las abscisas o eje cero……..…….12
Figura 2.4 La rotación de una espira en un campo magnético
produce voltaje de C.A…….…….12
Figura 2.5. Dos ciclos de voltaje alterno generado por la espira giratoria……..….13
Figura 2.6. Comparación de las frecuencias…….……...14
Figura 2.7. Relación entre los grados…….…….15
Figura 2.8. Eléctricos y el tiempo…….……...15
Figura 2.9. Valores de la amplitud de una onda de C.A. senoidal…….…….16
Figura 2.10a. Forma de onda de corriente y voltaje C.C. constantes (+)…….…...18
Figura 2.10b. Forma de onda de corriente y voltaje C.C. constantes (-)…….……18
Figura 2.11. Conversión de C.A. a C.C…….…19
Figura 2.12. Diagrama de bloques de una fuente de CD…….……..20
Figura 2.13. Esquema básico de un transformador……..……..20
Figura 2.14. Conducción y apertura de un diodo…….…….23
Figura 2.15. El rectificador se conecta al secundario del transformador……..….23
Figura 2.16. Tensión de voltaje de entrada……....24
Figura 2.17. El voltaje rectificado de salida que se desarrolla en el resistor
R es una C.C. fluctuante…….…...25
Figura 2.18. En un rectificador de media onda, el voltaje de salida solo
tiene un valor de 0.318 veces el voltaje pico de entrada…….……..26
Figura 2.19. Rectificador de onda completa…….…….27
Figura 2.20a. D_1 conduce para una polaridad del voltaje……..……..28
Figura 2.20b. D_2 conduce para la otra polaridad del voltaje……..……..29
Figura 2.20c. En el rectificador de onda completa, la corriente que atraviesa
la resistencia de carga R fluye en la misma dirección durante
los dos semiciclos de la entrada de C.A……....29

Figura 2.21. El voltaje medio de salida de un rectificador de onda completa es 0.637 veces el valor pico……..….29
Figura 2.22. Un rectificador en puente emplea cuatro diodos…….……..30
Figura 2.23a. Un rectificador en puente, las conexiones de C.A. de entrada y de salida rectificada se encuentran en las esquinas opuestas del circuito C.A. puente……..…...31
Figura 2.23b. Los diodos 2 y 4 conducen con la otra polaridad del voltaje……....31
Figura 2.23c. En el rectificador de puente, la corriente que atraviesa el resistor de carga R fluye en la misma dirección……..…..32
Figura 2.24. El voltaje rectificado medio esta representado por una línea que divide la onda de tal manera que el área A es igual al área B……..…...33
Figura 2.25. El condensador de filtro se descarga más entre los pulsos de salida de un rectificador de onda completa…….…..34
Figura 2.26. El filtrado por inductancia se logra, cuando el inductor se opone a los cambios de corriente de salida del rectificador…….….36
Figura 2.27. El inductor impide que la corriente de carga aumente o disminuya…….……..……36
Figura 3.1. Diagrama esquemático de la fuente de C.A…….…….38
Figura 3.2. Voltaje entre fase y neutro de un sistema trifásico……..……..……39
Figura 3.3. Voltaje entre fases de un sistema trifásico……..……..….40
Figura 3.4. Vista lateral de un autotransformador monofásico……..……..41
Figura 3.5. Protección mediante interruptores termomagnéticos …….…….……42
Figura 3.6. Protección secundaria de la fuente de alimentación de C.A…….……...43
Figura 3.7. Simulación de la fuente de corriente alterna…….……44
Figura 3.8 Señal trifásica de salida de una fuente de C.A…….…..…...45
Figura 3.9. Diagrama de la fuente de corriente directa…….……..…..……46
Figura 3.10. Rectificadores de potencia empleados en la Fuente de CD……..……47
Figura 3.11. Señal de entrada y salida de la etapa rectificadora……..…..….47
Figura 3.12. Señal de corriente directa pulsante……...….48
Figura 3.13a. Simulación de la etapa rectificadora……..……49

Figura 3.13b. Grafica obtenida a la salida de la etapa rectificadora……..…..50
Figura 3.14. Formas de señal de entrada y salida de la etapa de filtro…….….52
Figura 3.14a Simulación de la etapa de filtro……...…..53
Figura 3.14b. Señal de C.C. obtenida a la salida del filtro……..……53
Figura 3.15. Autotransformador variable monofásico de 120 V de entrada y 0 – 120 V de salida…….……..……..55
Figura 3.16. Se montan tres autotransformadores sobre un eje común para tener una fuente trifásica……...……..……..56
Figura 3.17. Distribución de corrientes en un autotransformador…….…57
Figura 3.18. Resultado de un corto circuito a tierra en el arrollamiento de alta tensión de un autotransformador…….…..59
Figura 3.19. Rectificadores de potencia empleados en la fuente de alimentación……....62
Figura 3.20 Interruptor Termomagnético 1 X 3 de 15 amp. ……....62
Figura 3.21. Interruptor Termomagnético de 2 amp. …….……..64
Figura 3.22. Capacitores de cerámica……65
Figura 3.23. Capacitor electrolítico…….……..65
Figura 3.24. Base metálica……..…...67
Figura 3.25. Vista lateral del prototipo terminado……. ……...68
Figura 3.26. Vista Superior del prototipo…….…….69
Figura 3.27. Vista frontal del prototipo…….……69
Figura 3.28. Prueba de voltaje de C.A. de salida del prototipo…….…70
Figura 3.29. Voltaje de 120 V de ca de salida del prototipo…….……71
Figura 3.30. Señal de salida vista en el osciloscopio……..……..71
Figura 3.31. Voltaje de CD. de salida ……..…72
Figura 3.32. Voltaje de 120 V de cd de salida del prototipo……..…..73
Figura 3.33. Señal de salida vista en el osciloscopio……..…..73

LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

V	Voltaje.
A	Amper.
R	Resistencia.
P	Potencia Real.
t	Tiempo.
rpm	Revoluciones por minuto.
rms	Raíz Media Cuadrática.
seg	Segundos.
C.A.	Corriente Alterna.
C.D.	Corriente Directa.
C.C.	Corriente Continua.
Vp.	Voltaje Pico.
Vp-p	Voltaje Pico a Pico.
Vmax	Voltaje Máximo.
Cps.	Ciclos por segundo
Hz	Hertz.

CAPITULO 1
INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Se sabe que las fuentes de alimentación nos proporcionan tensión eléctrica a distintos valores de energía según lo requiera el equipo que se pondrá en funcionamiento. Las fuentes de alimentación son de varios tipos, las hay de voltaje alterno que pueden ser de tensión fija o las hay de tensión variable, también hay fuentes de alimentación de voltaje directo que pueden suministrar un voltaje fijo y por consiguiente las hay de voltaje variable. Estas fuentes de alimentación se diseñan para alimentar grandes cargas o cargas pequeñas. En el capítulo 2 ampliamos más la descripción sobre los antecedentes de las fuentes de alimentación.

En nuestro proyecto se propone el diseño de estos dos tipos de fuentes, ya que dentro del laboratorio de ingeniería eléctrica el equipo y material con que se trabaja es tanto de potencia como de baja potencia. Primeramente se diseñara la fuente de corriente alterna que nos va a servir para alimentar motores y transformadores a esta fuente se le denomina de potencia por los niveles altos de energía que maneja, se pretende que se utilice en las prácticas del laboratorio de ingeniería eléctrica, para la alimentación de equipo eléctrico de potencia como ya se mencionó anteriormente, motores y transformadores trifásicos, y por otro lado el diseño de fuentes de corriente directa para la implementación de las prácticas de electrónica que es donde se utilizan componentes de bajo consumo de

energía. De lo anterior se propone que el diseño de las fuentes sea independiente en funcionamiento uno de otro, aun que cada tipo de fuente quede aislada una de otra, estas se ubicarán en un mismo módulo ya que esto permitirá, que se pueda trabajar con ambas fuentes a la vez cuando así se requiera en la implementación de las prácticas, ya que las fuentes que actualmente se utilizan en el laboratorio vienen dentro de un mismo módulo, tanto la de corriente alterna como la de corriente directa y esto en algunas ocasiones suele presentar conflictos, por ejemplo cuando se requiere un valor de tensión de voltaje de alterna diferente al de línea, entonces se tiene que variar el voltaje pero que el mismo circuito se requiera de un valor diferente a 120 v de voltaje directo, entonces si variamos la tensión para ajustar a este nuevo valor de directa sacamos del valor establecido el voltaje de alterna y viceversa. Por lo que con la nueva disposición de los módulos se podrá tener servicio de voltaje alterno y voltaje directo al mismo tiempo sin importar el valor al cual se establezcan ambas fuentes.

El diseño implementado para la fuente de corriente alterna que es la primera parte de nuestro proyecto es relativamente sencillo ya que por causas de tiempo no se puede implementar un diseño más complejo ya que se requiere de un mayor estudio de los componentes que se implementarían, pero con el diseño propuesto en esta tesis cumple con las características necesarias para cumplir su propósito, ya que en él se tiene la flexibilidad de poder manejar diferentes valores de voltaje y corriente.

Como hemos mencionado anteriormente, la fuente consta de dos salidas una que corresponde a la salida fija de voltaje y una salida variable de voltaje.

La fuente fija de voltaje prácticamente es la misma línea de entrada, por lo que a la salida de la fuente tenemos el mismo valor de tensión que a la entrada y por lo tanto la señal de voltaje no sufre ninguna alteración. Los valores de voltaje que podemos obtener en esta configuración son los siguientes:

208 V entre fase y fase

120 V entre fase y neutro

Ya se ha mencionado anteriormente que esta fuente contiene sus debidas protecciones contra corto circuito y sobrecorriente, que se realiza mediante interruptores termomagnéticos.

La segunda etapa de esta fuente es la variable, con la que podemos obtener diferentes valores de tensión que van desde:

0 – 208 V
0 – 120 V

Estos rangos de tensión los podemos obtener manipulando la tensión de entrada, esta variación se logra mediante el empleo de autotransformadores, que son elementos que por su construcción nos permiten variar el voltaje ya que mediante un mecanismo, podemos reducir o incrementar el contacto con las espiras de los devanados del autotransformador y de esta manera aumentar o reducir el voltaje. También como podemos observar el diagrama, esta configuración cuenta con sus respectivas protecciones que al igual son interruptores termomagnéticos.

La segunda parte del proyecto consiste en el diseño y construcción de una fuente de corriente directa de potencia, la cual se pretende de alimentación a las máquinas de cd y al equipo eléctrico del laboratorio según sea el caso. Para la implementación de esta fuente se necesitaran más componentes electrónicos, ya que se tendrá la necesidad de transformar la señal de entrada senoidal en una señal continua lo mas lisa posible, a este proceso se le denomina rectificación y los dispositivos empleados son diodos semiconductores que tienen la propiedad de conducir corriente eléctrica en un solo sentido. Además de utilizar una etapa de filtrado que es la que se encarga de alisar la señal rectificada en lo más posible. Esto se hace a través de dispositivos electrónicos llamados condensadores y en combinación con otros dispositivos electrónicos se puede obtener una señal lisa de corriente continua. En el capítulo siguiente se dará la explicación de cómo se logran las etapas de rectificación y de filtrado.

Los valores de voltaje que podemos obtener en esta configuración son los siguientes:

120 V de cc entre fase y neutro.

La segunda etapa de esta fuente es la variable, con la que podemos obtener diferentes valores de tensión que van desde:

0 – 120 V. de cc.

Estos rangos de tensión los podemos obtener manipulando la tensión de entrada, esta variación se logra mediante el empleo de autotransformadores, como ya se mencionó anteriormente, son elementos que por su construcción nos permiten variar el voltaje mediante un mecanismo giratorio, podemos reducir o incrementar el contacto con el devanado secundario del autotransformador y de esta manera aumentar o reducir el voltaje.

1.2 OBJETIVO:

El objetivo primordial de este proyecto es, que dentro del Laboratorio de Ingeniería Eléctrica se pueda seguir autoequipando con la construcción de fuentes de C.A. y C.D. fijas y variables, por lo que se reducirían significativamente los costos en comparación de la compra de estos equipos.

- Conocer el comportamiento de los dispositivos eléctricos sencillos, y señalar los principios y leyes físicas que los fundamentan.

- Seleccionar y conectar correctamente distintos componentes para formar un circuito que responda a una finalidad predeterminada.

- Calcular el valor de las principales magnitudes de un circuito eléctrico compuesto por elementos resistivos y reactivos en régimen permanente.

- Analizar e interpretar esquemas y planos de instalaciones y equipos eléctricos característicos, e identificar la función de un elemento o grupo funcional de elementos en el conjunto.

- Calcular y hacer el análisis de protecciones del circuito eléctrico, para que responda a las condiciones requeridas.

1.3 JUSTIFICACION

En la actualidad existe gran número de modelos de fuentes de alimentación y muchas compañías que se dedican a la construcción de dichos dispositivos eléctricos, pero todos estos equipos disponibles para su uso tienen o van encaminados a un cierto tipo de aplicación para el cual fueron diseñados. Por lo que no podríamos utilizar estas fuentes ya construidas para alimentar otros equipos, si no que solamente para los que fueron diseñados. Por otra parte hay pocas compañías que se dedican a la construcción de equipos eléctricos para experimentación, por lo tanto la adquisición de estos equipos resulta ser muy costoso y por consiguiente resulta difícil obtener este tipo de fuentes. Entonces es ahí donde entra el presente trabajo de tesis que tiene la finalidad de apoyar también, en un sentido económico al Laboratorio de Ingeniería Eléctrica esto mediante la construcción de las fuentes de alimentación en el mismo laboratorio. Se pretende también que el estudiante se involucre en estas actividades de apoyo en la construcción de dichos dispositivos eléctricos, esto a través de los programas de servicio social y prácticas profesionales de manera que el estudiante retribuya a la facultad este tipo de servicio ya que el practicante cuenta con las herramientas y conocimientos necesarios para llevar a cabo este tipo de trabajos así como para realizar las pruebas necesarias para asegurar el correcto funcionamiento del equipo que ahí se construya.

Este trabajo como ya se mencionó tiene la finalidad de apoyar y reducir costos por la adquisición de fuentes de alimentación, esto debido a la creciente demanda en el laboratorio de ingeniería eléctrica, ya que hubo un crecimiento en el número de alumnos que reciben clase en dicho laboratorio y por lo tanto el equipo disponible no es suficiente para satisfacer la demanda del alumnado. Otro de los motivos para llevar a cabo este trabajo es el de disponer de estas fuentes en configuraciones separadas, esto quiere decir que se tengan módulos de fuentes de corriente directa y módulos de fuentes corriente alterna. Ya que los módulos que se encuentran actualmente en servicio albergan a los dos tipos de

fuentes en un solo módulo lo cual en ocasiones resulta inconveniente, por que con un mismo control se varia la señal de voltaje de salida, tanto de voltaje alterno como de voltaje

directo y esto presenta conflictos a la hora de que se necesita un nivel de voltaje de corriente alterna y a su vez se necesita otro nivel de voltaje de corriente directa en el mismo circuito, por ejemplo a alimentar el campo de una máquina de cd.

1.4 Descripción de los capítulos

- CAPITULO I.- Introducción.- En este capítulo se presenta una pequeña introducción, de lo que son las fuentes de alimentación así como la descripción de lo que es el proyecto a elaborar. Se mencionan los objetivos a cumplir con este trabajo

- CAPITULO II.- Antecedentes.- En este capítulo se presenta una descripción de componentes eléctricos como lo que es una fuente de corriente alterna, fuente de corriente directa, rectificador y filtro. También se da la descripción del funcionamiento de cada uno de ellos.

- CAPITULO III.- Desarrollo.- En este capítulo se muestra el desarrollo de la circuitería y componentes necesarios para el acondicionamiento del proyecto. Así como el desarrollo de lo que es la simulación en software de la fuente de alimentación.

- CAPITULO IV.- Conclusiones y trabajos futuros.- En este capítulo se resumen las conclusiones obtenidas una vez realizado y aplicado el prototipo describiendo las ventajas y desventajas del mismo. También se incluye una breve descripción de los trabajos futuros basados en este trabajo que se presenta.

1.5 METODOLOGIA

La metodología a seguir para llevar a cabo la realización de los módulos con fuentes de alimentación fue la siguiente:

Primeramente se tomó en cuenta que tipo de cargas o equipos se tendrían que alimentar así como la potencia que demandaran dichos equipos, esto quiere decir que se tomo en cuenta la corriente y voltaje nominal de cada dispositivo o carga a alimentar. Ya teniendo las necesidades de carga, se continúo con el diseño del circuito eléctrico de las fuentes, se hicieron dos diseños, uno para la fuente de corriente directa y otro para la fuente de corriente alterna, ya con el diseño de ambas fuentes se procedió a la realización o implementación de los circuitos en su fase de prueba.

Posteriormente, ya hecho el estudio del diagrama eléctrico y de los componentes se procedió a la compra del material a utilizar.

Ya con el material completo se decidió donde se tendría que montar, por lo tanto se tuvo que diseñar también el módulo que albergaría todos los componentes de la fuente de alimentación. Estos módulos se decidió que fueran en acero de 2 mm de espesor para que pudiera soportar el peso de todos los componentes y que no se deformara con el transcurso del tiempo, además de soportar el uso rudo que se le pudiera dar tras su manipulación dentro del laboratorio.

CAPITULO 2
ANTECEDENTES HISTORICOS

2.1.- Fuentes de alimentación

Todo equipo eléctrico y electrónico para que pueda funcionar requiere de energía eléctrica, esta energía es creada en plantas generadoras mediante distintos procesos y estas se clasifican según el proceso que utilizan para la generación de la energía eléctrica. A continuación se mencionan las más comunes:

2.1.1.- Plantas generadoras Hidroeléctricas: Este tipo de plantas generadoras utilizan la fuerza del agua para producir la energía eléctrica.

2.1.2.- Plantas generadoras Termoeléctricas: En este tipo de plantas la generación de energía eléctrica se hace mediante el proceso de la vaporización del agua.

2.1.3.- Plantas generadoras Eolicas: En estas plantas la generación de energía eléctrica se hace aprovechando la fuerza del viento.

2.1.4.- Plantas generadoras Solares: Como sabemos el sol irradia enormes cantidades de energía, esta energía es captada por dispositivos electrónicos llamados celdas solares que en grandes conjuntos generan gran cantidad de energía eléctrica.

2.1.5.- Plantas generadoras Nucleares: Este tipo de plantas que aunque son las más peligrosas, pero si son bien controladas generan energía eléctrica mediante el proceso de la fisión o fusión de los átomos del material radiactivo uranio.

Como vemos hay distintas maneras de producir energía eléctrica, por lo que estas plantas se les denomina “Fuentes de Alimentación“. Por que nos están proporcionando energía eléctrica. Pero esta energía producida por estas plantas generadoras no puede utilizarse directamente en nuestros equipos eléctricos y electrónicos, por que es una energía muy grande. Entonces se requiere de otros dispositivos eléctricos (transformadores) que nos sirvan para reducir esta energía eléctrica y así poderla utilizar en nuestros equipos.

2.2.- Tipos de fuentes

Por el tipo de componentes a utilizar y el voltaje que utilizan los equipos eléctricos y electrónicos, se requiere de dos tipos principales de fuentes de voltaje:

Fuentes de Voltaje de Corriente Alterna

Fuentes de voltaje de Corriente Directa

Las fuentes de Voltaje de Corriente Alterna son aquellas en las que la señal producida por las plantas generadoras va sufriendo variaciones en el tiempo, o sea que no permanece constante, esto lo podemos ver en la siguiente figura 2.1.

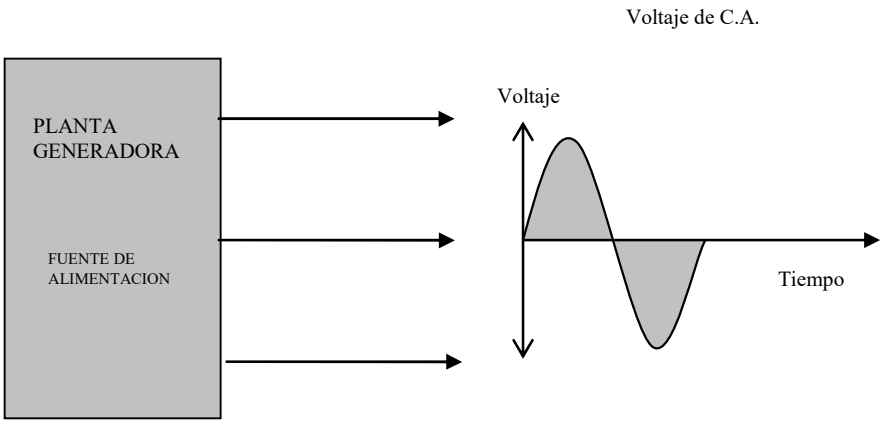


Figura 2.1 forma de onda de Voltaje generada por una fuente de C.A.

Como podemos ver una fuente de voltaje de corriente alterna (c.a.) invierte o alterna periódicamente su polaridad. Por consiguiente, la corriente alterna resultante también invierte periódicamente su dirección (figura 2.2). Con base en el flujo convencional, la corriente parte de la terminal positiva de la fuente de voltaje, recorre el circuito y regresa a la terminal negativa; pero cuando el generador invierte su polaridad, la corriente debe invertir su dirección. El suministro de energía eléctrica de c.a. que se usa en las casas es un ejemplo común. En estos sistemas, el voltaje y la dirección de la corriente tienen un gran número de inversiones en cada segundo. A esta variación respecto del tiempo se le conoce como frecuencia y se define con la siguiente fórmula:

$$F = \frac{1}{T} \tag{2.1}$$

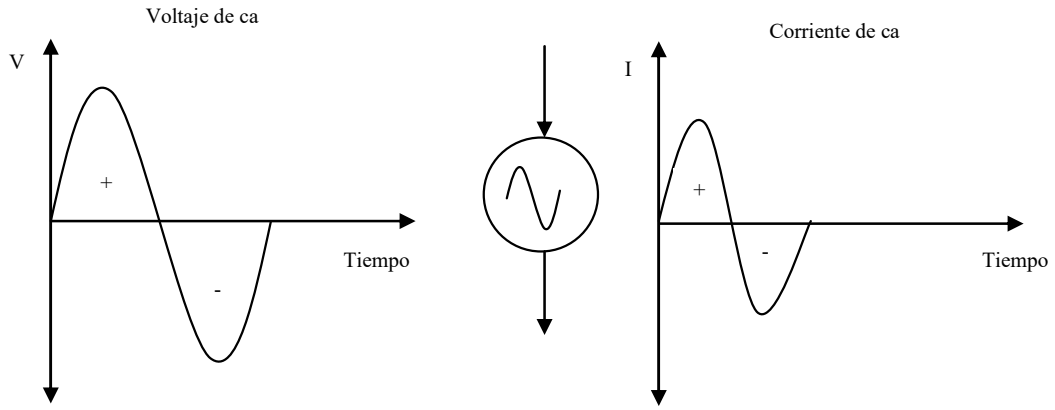
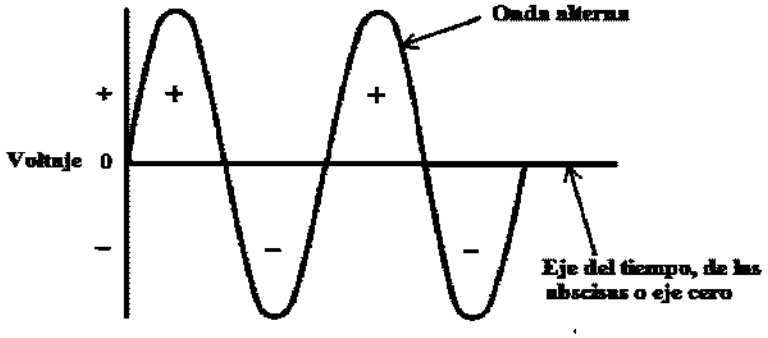


Figura 2.2 Formas de onda de voltaje y corriente de ca

2.3.- Generación de un voltaje alterno

Un voltaje de ca cambia continuamente en magnitud y periódicamente invierte su polaridad (Figura. 2.3). El eje del cero es una una línea horizontal que pasa por el centro. Las variaciones verticales de la onda de voltaje muestran los cambios en su magnitud. Los voltajes por arriba del eje horizontal tienen polaridad positiva (+), mientras que los voltajes por abajo del eje tienen polaridad negativa (-).



2.3 Forma de onda de un voltaje de ca

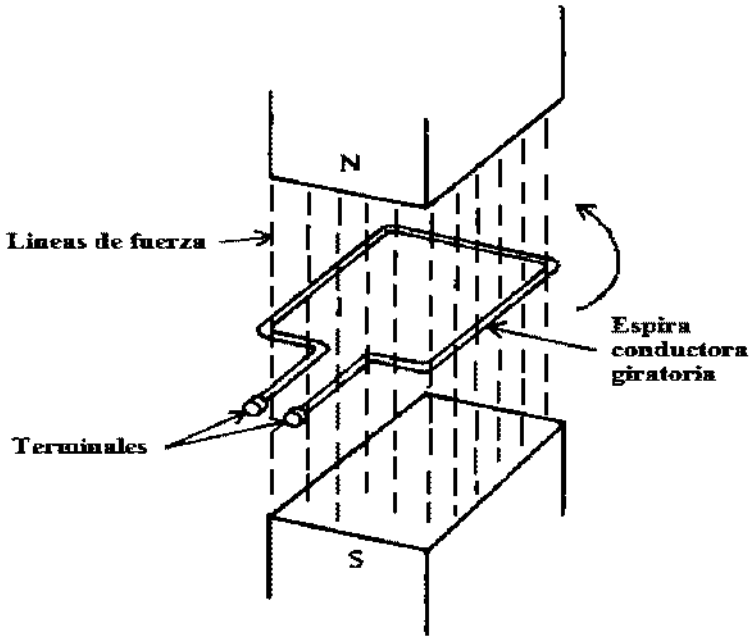


Figura 2.4 La rotación de una espira en un campo magnético produce voltaje de ca

Un voltaje de ca puede ser producido por un generador llamado *alternador* (Figura 2.4). En el generador simplificado que se muestra, la espira conductora gira en el campo magnético y corta las líneas de fuerza para generar un voltaje inducido de ca entre sus terminales. Una revolución completa de la espira es un *ciclo.* Considérese la posición de la espira a cada cuarto de vuelta durante un ciclo (Figura 2.5). En la posición *A,* la espira se mueve paralela al flujo magnético y por consiguiente no corta líneas de fuerza; el voltaje inducido es cero. En la posición *B* de la parte superior del círculo, la espira corta el campo a 90° para producir un voltaje máximo. Cuando llega a C, el conductor se mueve otra vez paralelo al campo y no corta al flujo. La onda de ca desde *A* hasta C es medio ciclo de la revolución y se llama *alternación.* En *D* la espira corta otra vez al flujo para producir voltaje máximo, pero ahora el flujo se corta en la dirección opuesta (de izquierda a derecha) que en *B* (de derecha a izquierda); por consiguiente, la polaridad en *D* es negativa. La espira completa la última cuarta parte de la vuelta en el ciclo al regresar a la posición *A,* el punto de partida. El ciclo de los valores del voltaje se repite en las posiciones *A 'B 'C 'D' A* al continuar girando la espira (Figura 2.5). Un ciclo incluye las variaciones entre dos puntos sucesivos que tienen el mismo valor y que varían en la misma dirección. Por ejemplo, se puede considerar también un ciclo entre *B* y *B'* (Fig. 2.5).

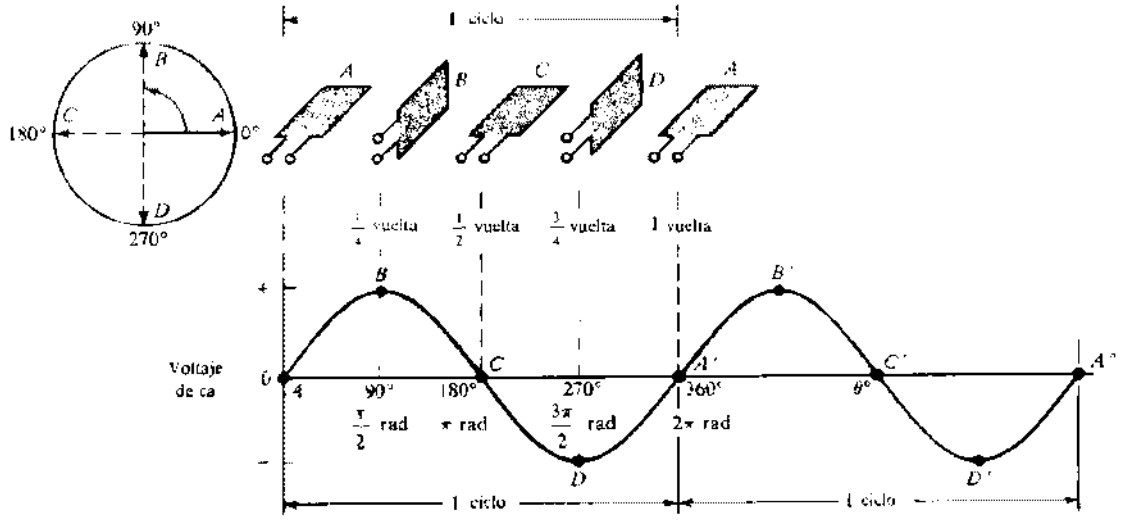


Figura 2.5 Dos ciclos de voltaje alterno generado por la espira giratoria

2.4.- MEDIDAS ANGULARES

Como los ciclos de voltaje corresponden a una rotación de la espira describiendo un circuito, las partes del circuito se expresan como ángulos. El círculo completo es 360°. Medio ciclo, o una alternación, es 180° un cuarto de vuelta es 90°. Los ángulos se expresan también en *radianes* (rad). Un radián es igual a 57.3°. Un círculo completo tiene $2\,\pi\ rad$; por consiguiente,

$$360°=2\,\pi \text{ rad} \tag{2.2}$$

Entonces

$$1° = \frac{\pi}{180} rad \tag{2.3}$$

o bien

$$1\,rad = \frac{180°}{\pi} \tag{2.4}$$

En un generador de dos polos (Figura 2.4), la rotación de la bobina de la armadura en 360 grados geométricos (1 revolución) siempre generará un Ciclo (360°) de voltaje de ca. Pero en un generador de 4 polos, la rotación de la armadura en 180 grados geométricos únicamente generará 1 ciclo de "ca" o bien 180° eléctricos. En consecuencia, la escala de los grados a lo largo del eje horizontal del voltaje o de la corriente de ca se refiere a los grados *eléctricos* y no a grados *geométricos.*

2.5.- FRECUENCIA Y PERIODO

El número de ciclos por segundo se llama *frecuencia,* se indica con el símbolo f y se expresa en hertz (Hz). Un ciclo por segundo es igual a un hertz. Por tanto, 60 ciclos por segundo (abreviado a veces cps) es igual a 60 Hz. Una frecuencia de 2 Hz (Figura 2.*6b)* es el doble de la frecuencia de 1 Hz (Figura 2.*6a).*

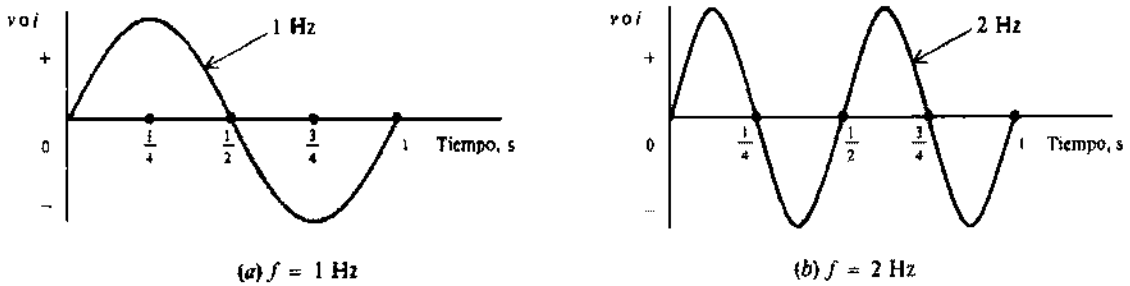


Figura 2.6 Comparación de las frecuencias

El tiempo que se requiere para completar un ciclo se llama *periodo.* Se indica por el símbolo T (por tiempo) y se expresa en segundos (s). La frecuencia y el periodo son recíprocos.

$$f = \frac{1}{T} \tag{2.1}$$

$$T = \frac{1}{F} \tag{2.5}$$

Cuanto mayor sea la frecuencia, menor será el periodo.

El ángulo de 360° representa el tiempo de 1 ciclo, o sea, el periodo *T.* Por lo tanto, podemos indicar en el eje horizontal de la onda senoidal unidades de grados eléctricos o de segundos (Figura. 2.7 y Figura 2.8).

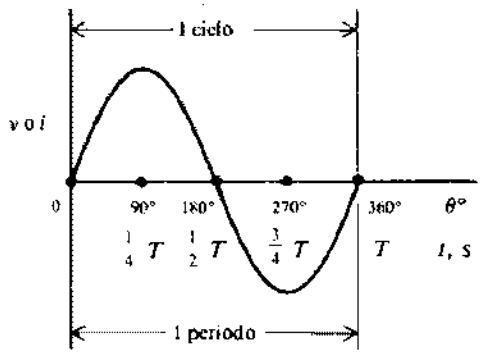


Figura 2.7 Relación entre los grados Eléctricos y el tiempo

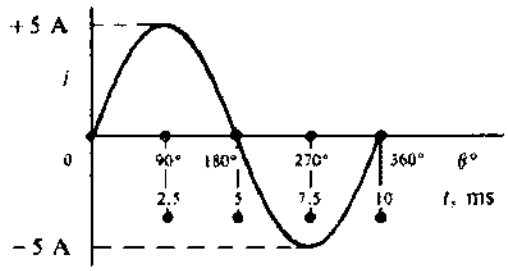


Figura 2.8 Relación entre los grados Eléctricos y el tiempo

2.6.- VALORES CARACTERISTICOS DEL VOLTAJE Y LA CORRIENTE

Como una señal senoidal de voltaje o de corriente alterna tiene muchos valores instantáneos a lo largo del ciclo, es conveniente especificar las magnitudes con las que se

pueda comparar una onda con otra. Se pueden especificar los valores pico. Promedio o raíz cuadrática media (rms) (Figura 2.9). Estos valores se aplican a la corriente o al voltaje.

El *valor pico* es el valor máximo V_M o I_M ,Se aplica tanto al pico positivo como al negativo. Se puede especificar el *valor pico a pico* (p-p), que es el doble del valor pico cuando los picos positivos y los negativos son simétricos.

El *valor promedio* es el promedio aritmético de todos los valores de una onda senoidal durante medio ciclo. El medio ciclo se utiliza para obtener el promedio porque el valor promedio durante un ciclo completo es cero.

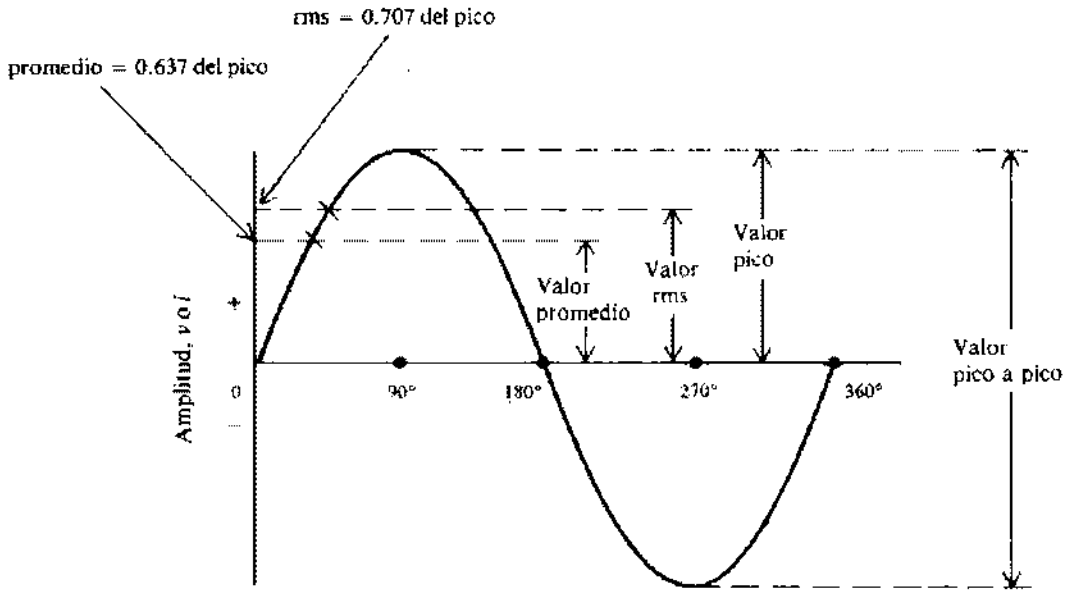


Figura 2.9 Valores de la amplitud de una onda de ca senoidal

Valor promedio = 0.637 x valor pico

o bien

$$V_{av} = 0.637\, V_M$$
$$I_{av} = 0.637\, I_M \qquad (2.6)$$

La *raíz cuadrática media* (rms) o *valor efectivo* es 0.707 veces el valor pico.
Valor rms = 0.707 x valor pico

O bien

$$V_{rms} = 0.707\, V_M$$
$$I_{rms} = 0.707\, I_M \qquad (2.7)$$

El valor rms de una onda senoidal alterna corresponde a la misma cantidad de corriente o voltaje continuos en potencia de calentamiento. Por ejemplo, un voltaje alterno con un valor rms de 115V es igualmente efectivo para calentar el filamento de un foco que 115V de una fuente estacionaria o estable de voltaje de cc. Por esta razón, el valor rms se llama también el valor efectivo.

A menos que se indique lo contrario, todas las mediciones de ondas de ca senoidales están dadas en valor rms. Las letras *V e I* se usan para indicar el voltaje y la corriente rms. Por ejemplo, *V* = 220 V (un voltaje de línea de alimentación de ca) se entiende que significa 220 V rms.

2.7.- FUENTES DE CORRIENTE DIRECTA

La corriente continua (cc), a veces también llamada corriente directa (cd) es la corriente que se mueve en un circuito o conductor únicamente en una dirección (Figura 2.10a). La razón de que la corriente sea unidireccional es que las fuentes de voltaje tales como celdas y baterías mantienen la misma polaridad en su voltaje de salida (Figura 2.10b). El voltaje que proporcionan estas fuentes se llama voltaje de corriente continua o directa. Una fuente de voltaje de de corriente directa puede cambiar la magnitud de su voltaje de salida, pero siempre se mantiene la misma polaridad y por lo tanto la corriente fluirá solamente en una dirección.

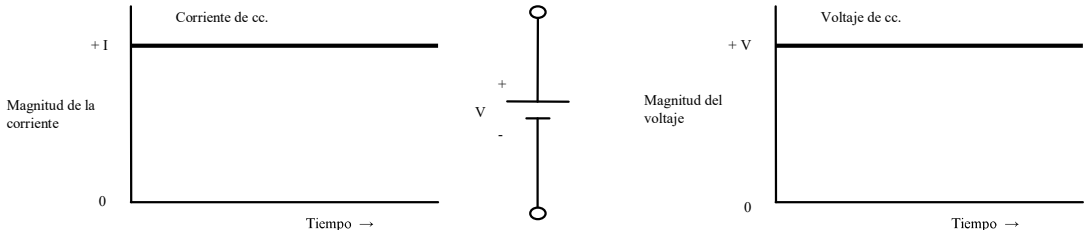


Figura 2.10a

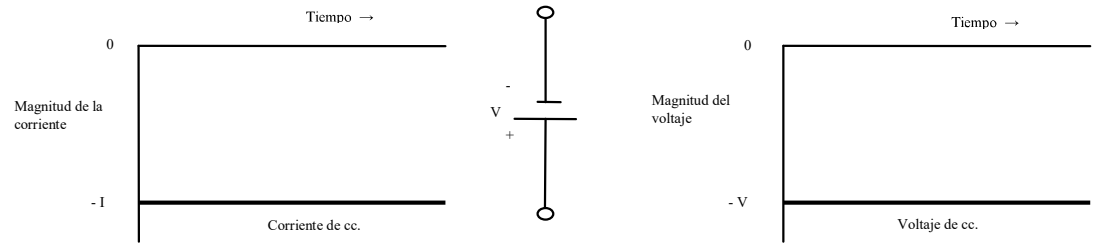


Figura 2.10b Forma de onda de corriente y voltaje de cc constantes

Para asegurar el funcionamiento correcto de los circuitos integrados y transistores utilizados en el equipo electrónico, es necesario aplicarles determinados voltajes de operación. Por lo general dichos voltajes se obtienen de una fuente de alimentación que proporciona la corriente con las características adecuadas que deben de ser voltajes de operación de una cc prácticamente pura. Algunos aparatos tienen baterías para proporcionar estos voltajes, pero en la mayor parte del equipo electrónico se usa alguna de las fuentes de alimentación electrónicas. Tales fuentes convierten la potencia de entrada de ca, generalmente obtenida de las líneas de transmisión, en uno o varios voltajes de cc. Como se muestra en la figura 2.11.

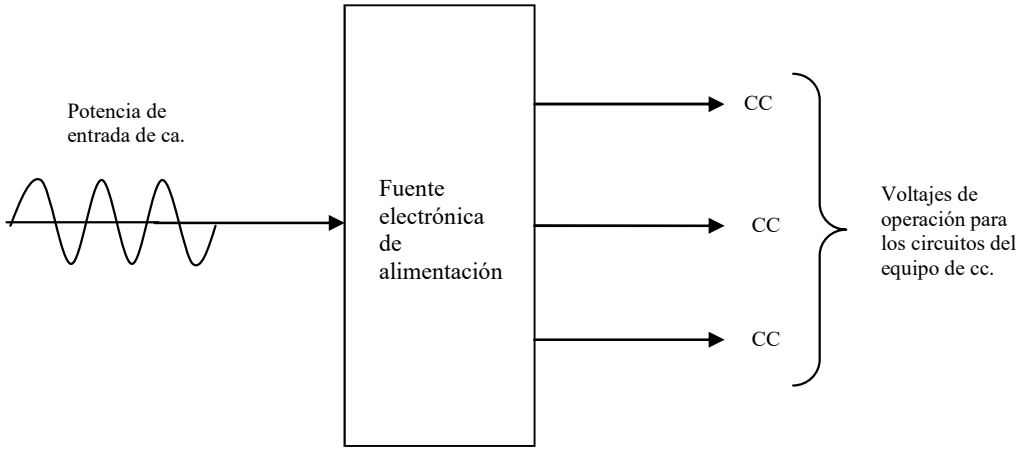


Figura 2.11 Conversión de C.A. a C.C

La función de una fuente de alimentación consiste en:

- Rectificar la potencia de entrada de ca.
- Alisar o filtrar la cc obtenida, ya que es fluctuante.

Componentes de una fuente de alimentación:

La función de una fuente de alimentación es convertir la tensión alterna en una tensión continua y lo más estable posible, figura 2.12. Para ello se usan los siguientes componentes:

1.-Transformador de entrada;

2.- Rectificador a diodos;

3.- Filtro para el rizado;

4.- Regulador (o estabilizador) lineal. Este último no es imprescindible.

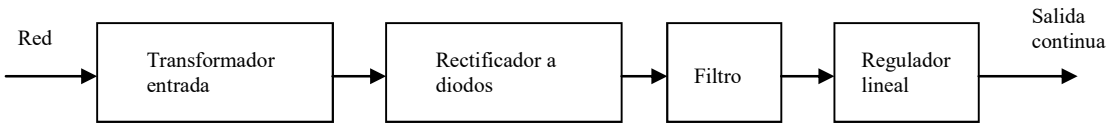


Figura 2.12 Bloques de una fuente de alimentación de CD.

2.7.1.- Transformador de entrada:

El trasformador de entrada reduce la tensión de red (generalmente 220 o 120 V) a otra tensión más adecuada para ser tratada. Solo es capaz de trabajar con corrientes alternas, esto quiere decir que la tensión de entrada será alterna y la de salida también, consta de dos arroyamientos sobre un mismo núcleo de hierro, ambos arrollamientos, primario y secundario, son completamente independientes y la energía eléctrica se transmite del primario al secundario en forma de energía magnética a través del núcleo. El esquema de un transformador simplificado es el siguiente (figura 2.13):

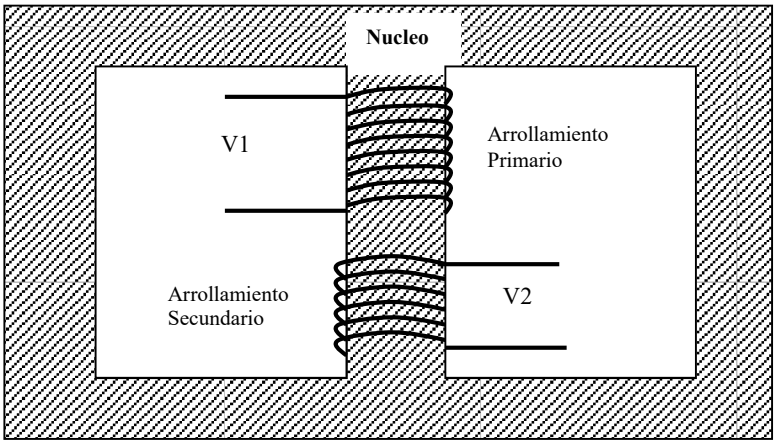


Figura 2.13 Esquema básico de un transformador

La corriente que circula por el arrollamiento primario (el cual esta conectado a la red) genera una circulación de corriente magnética por el núcleo del transformador. Esta corriente magnética será más fuerte cuantas más espiras (vueltas) tenga el arrollamiento primario. Si se acerca un imán a un transformador en funcionamiento se podrá percibir que

el imán vibra, esto es debido a que la corriente magnética del núcleo es alterna, igual que la corriente por los arrollamientos del transformador.

En el arrollamiento secundario ocurre el proceso inverso, la corriente magnética que circula por el núcleo genera una tensión que será tanto mayor cuanto mayor sea el número de espiras del secundario y cuanto mayor sea la corriente magnética que circula por el núcleo (la cual depende del número de espiras del primario). Por lo tanto, la tensión de salida depende de la tensión de entrada y del número de espiras de primario y secundario. Como fórmula general se dice que:

$$V1 = V2 * \left(\frac{N1}{N2} \right) \tag{2.8}$$

Donde N1 y N2 son el número de espiras del primario y el del secundario respectivamente.

Así por ejemplo podemos tener un transformador con una relación de transformación de 220V a 12V, no podemos saber cuantas espiras tiene el primario y cuantas el secundario pero si podemos conocer su relación de espiras:

$$\frac{N1}{N2} = \frac{V1}{V2}$$
$$\frac{N1}{N2} = \frac{220}{12} = 18.33$$

Este dato es útil si queremos saber que tensión nos dará este mismo transformador si lo conectamos a 120V en lugar de 220V, la tensión V2 que dará a 120V será:

$$120 = V2 * 18.33$$
$$V2 = \frac{120}{18.33} = 6.5\,V$$

Por el primario y el secundario pasan corrientes distintas, la relación de corrientes también depende de la relación de espiras pero al revés, de la siguiente forma:

$$I2 = I1\left(\frac{N1}{N2}\right) \tag{2.9}$$

Donde I_1 e I_2 son las corrientes de primario y secundario respectivamente. Esto nos sirve para saber que corriente tiene que soportar el fusible que pongamos a la entrada del transformador, por ejemplo, supongamos que el transformador anterior es de 0.4 Amperios. Esta corriente es la corriente máxima del secundario I_2, pero nosotros queremos saber que corriente habrá en el primario I_1 para poner allí el fusible. Entonces aplicamos la fórmula (1.7):

$$I_2 = I_1\left(\frac{N1}{N2}\right)$$
$$0.4 = I_1 * 18.33$$
$$I_1 = \frac{0.4}{18.33} = 21.8\, mA$$

Para asegurarnos de que el fusible no se dispare cuando no debe, se tomará un valor mayor que este, por lo menos un 30% mayor.

2.7.2.- RECTIFICADOR A DIODOS

El rectificador es el que se encarga de convertir la tensión alterna que sale del transformador en tensión continua. Para ello se utilizan diodos. Un diodo conduce cuando

la tensión de su ánodo es mayor que la de su cátodo. Es como un interruptor que se abre y se cierra según la tensión de sus terminales:

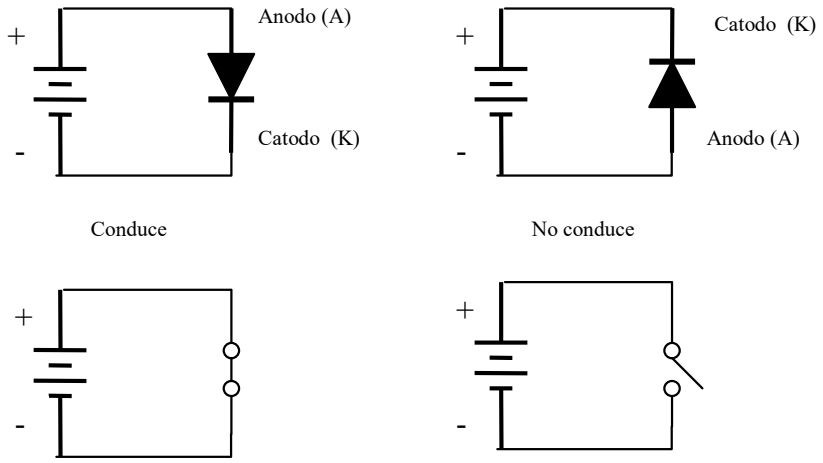


Figura 2.14 Conducción y apertura de un diodo

El rectificador se conecta después del transformador figura 2.15. Por lo tanto rectifica la tensión alterna en tensión continua, es decir, un polo positivo y otro negativo:

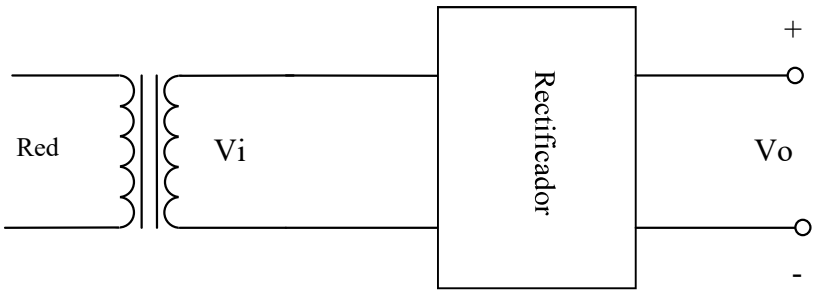


Figura 2.15 El rectificador se conecta al secundario del transformador

La tensión Vi es alterna y senoidal, esto quiere decir que a veces es positiva y otras negativa. En un osciloscopio veríamos esto:

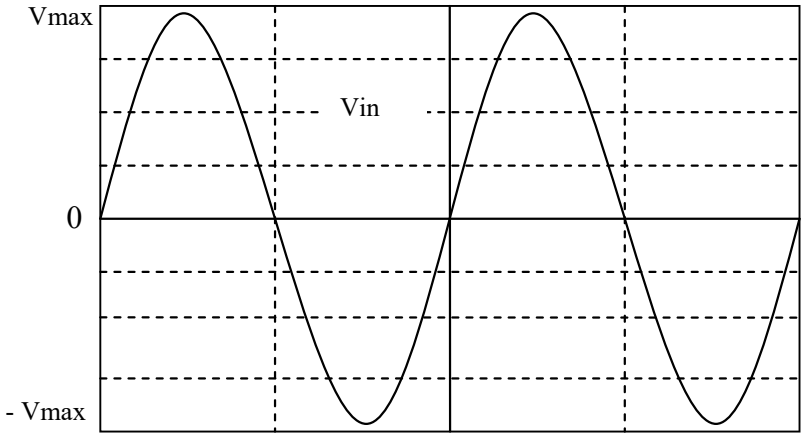


Figura 2.16 Tensión de voltaje de entrada

La tensión máxima a la que llega Vi se le llama tensión de pico y en la gráfica (figura 2-16) la señal se llama de pico a pico. Como Vmax. la tensión de pico no es lo mismo que la tensión eficaz pero están relacionadas, Por ejemplo, si compramos un transformador de 6 voltios son 6 voltios eficaces, estamos hablando de Vi. Pero la tensión de pico Vmax vendrá dada por la ecuación:

$$V\max = Vi * 1.4142$$
$$V\max = 6 * 1.4142 = 8.48\,V \qquad (2.10)$$

2,8.- RECTIFICADOR BASICO DE MEDIA ONDA

Según se ha descrito, la rectificación consiste en eliminar la mitad de una onda simétrica, ya sea senoidal o de otro tipo. El dispositivo que más se usa para efectuar la rectificación es el diodo semiconductor, aprovechando su característica de conducción unidireccional. El diodo solo conduce únicamente durante los semiciclos alternados (+). La figura (2.17) muestra el circuito básico de un rectificador de media onda. En el diodo,

durante los semiciclos positivos, el voltaje de ca de entrada hace que el ánodo del diodo sea más positivo respecto al cátodo. Como resultado el diodo conduce y la corriente fluye a través del resistor R, produciendo en el una caída de voltaje. La forma de onda de dicha caída es igual a la del semiciclo del voltaje de ca de entrada que originó la conducción del diodo.

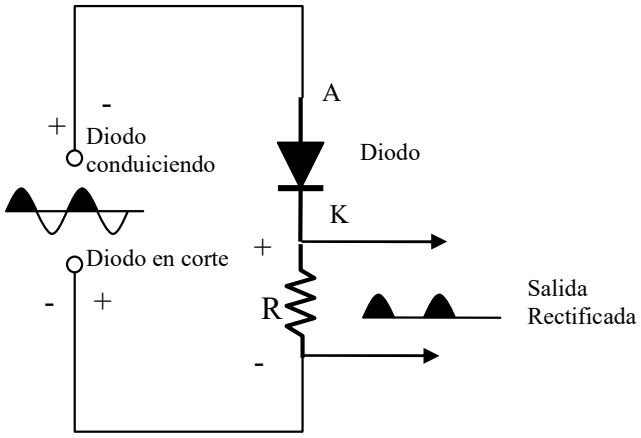


Figura 2.17 El voltaje rectificado de salida que se desarrolla en el resistor de carga R es una cc fluctuante.

Durante los semiciclos negativos del voltaje de ca de entrada, el ánodo del diodo es negativo con respecto al cátodo y, en tales condiciones, no hay conducción ni puede haber caídas de voltaje en el resistor R. por consiguiente la salida del diodo es el voltaje creado en R y consiste en una serie de pulsos que corresponden a los semiciclos positivos de la ca de entrada. A un diodo de este tipo se le llama rectificador de media onda, ya que produce una salida solo durante los semiciclos alternados del voltaje de entrada.

El rectificador de media onda toma potencia de la fuente de alimentación solo durante la mitad del ciclo de entrada. Por lo tanto es limitada la cantidad de corriente que a su vez puede suministrar a una carga. Por esta razón el rectificador de media onda se usa solo en aplicaciones que requieren una corriente relativamente pequeña, figura (2.18).

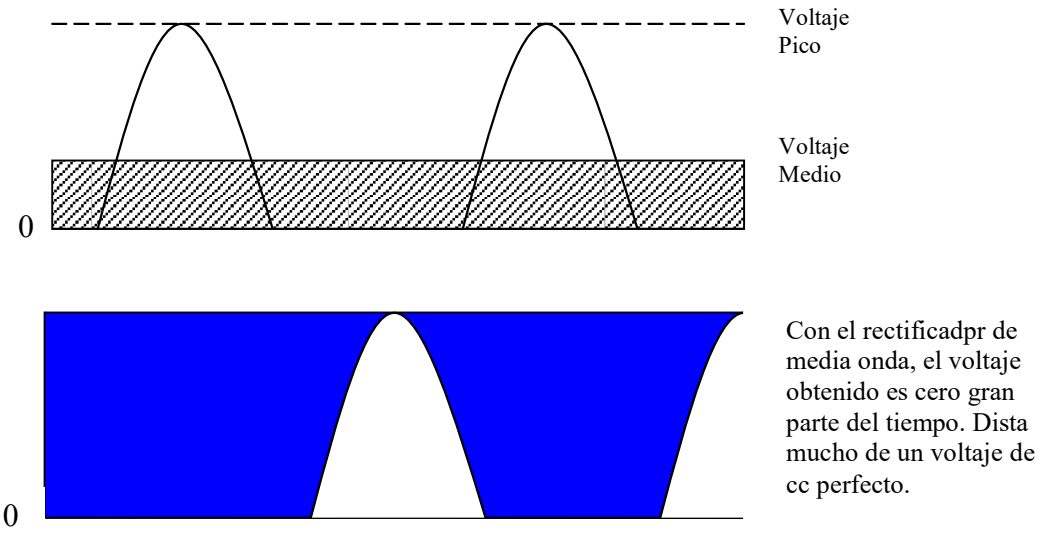


Figura 2.18 En un rectificador de media onda, el voltaje de salida solo tiene un valor de 0.318 veces el voltaje pico de entrada.

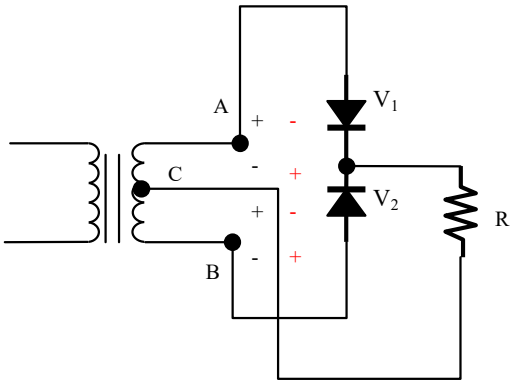
Otra desventaja del rectificador de media onda es que el flujo de corriente en el secundario del transformador siempre se efectúa en la misma dirección. Debido a ello se produce una elevada saturación en el núcleo de hierro del transformador con lo cual se reduce la eficiencia en éste.

Probablemente la mayor desventaja que tiene el rectificador de media onda consiste en que su salida dista mucho de ser un voltaje de cc perfecto. Esto se debe a que los pulsos de salida están separados por periodos relativamente largos en el que el voltaje es igual a cero. Por lo tanto, en aplicaciones que requieren un voltaje de cc invariable, no se recomienda usar el rectificador de media onda.

2.9.- RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA

Las desventajas que tiene el rectificador de media onda se pueden superar utilizando un dispositivo llamado rectificador de onda completa. En este tipo de rectificador hay dos diodos, conectados de tal manera que cada uno de ellos conduzca durante los semiciclos

alternados de la ca de entrada. Los dos diodos tienen una carga común y a través de ella el flujo de corriente siempre tiene la misma dirección.



El punto C siempre esta al mismo potencial pero con respecto a A y B esta a dos potenciales diferentes. Cuando A es positivo con respecto a B, C es negativo con respecto a A y positivo con respecto a B. Lo opuesto se verifica cuando A es negativo con respecto a B.

Figura 2.19 Rectificador de onda completa

La figura (2.19) muestra el circuito básico de un rectificador de onda completa. Los ánodos de los diodos están conectados a los extremos opuestos del secundario del transformador. El resistor de cátodo común, R, se conecta entre los dos cátodos y una terminal que constituye la toma central del arrollamiento secundario. C es el punto medio eléctrico del devanado secundario, de modo que a una mitad del voltaje inducido esta entre los puntos A y C, mientras que la otra queda entre B y C. Sin embargo, los dos voltajes están desfasados 180 grados entre si, ya que se miden con respecto al punto de referencia común, C. El voltaje obtenido entre A y C se aplica entre el ánodo y el cátodo del diodo V_1, mientras que el voltaje generado entre B y C se aplica a V_2.

Se ha mencionado que los voltajes inducidos en el secundario con toma central están desfasados 180° entre si y esto hace que los dos diodos del rectificador de onda completa conduzcan durante los semiciclos del voltaje de ca de entrada. Esto se muestra en la siguiente figura (2.20 A) se observa que durante cada semiciclo negativo de la ca de entrada, el extremo del devanado secundario conectado al diodo D_1 es positivo, mientras que el extremo conectado a D_2 es negativo. Por consiguiente, el punto C resulta negativo con respecto al punto A y positivo con respecto al punto B. Esto significa que el ánodo de

D_1 es positivo con respecto a su cátodo y el ánodo de D_2 es negativo, con respecto a su cátodo. Como resultado el diodo D_1 conduce y el diodo D_2 esta en corte. La trayectoria de la corriente aplicada a D_1 es: del punto C, a través del resistor de carga R, y a través de D_1, después de lo cual regresa al punto A del transformador. El voltaje que se genera en el resistor R tiene una forma de onda similar al semiciclo de la ca de entrada y una polaridad positiva.

Durante cada semiciclo positivo de la entrada se invierte la polaridad del voltaje inducido en el secundario del transformador. Ahora el ánodo de D_2 es positivo con respecto a su cátodo y el ánodo de D_1 es negativo con respecto a su cátodo; D_2 conduce y D_1 esta en corte. En el diagrama de la figura (2.20 B) se muestra la trayectoria que recorre la corriente, cuando conduce D_2. Se observa que el pulso de salida generado en el resistor de carga tiene la misma polaridad que el pulso mostrado en A y producido por el semiciclo negativo de la ca de entrada.. Entonces, cada semiciclo de la ca de entrada produce un pulso de salida en R y todos los pulsos son de la misma polaridad, según se aprecia en la figura (2.20 C).

De esta manera el rectificador de onda completa produce una salida rectificada por cada semiciclo de la ca de entrada, mientras que el rectificador de media onda únicamente lo hace por uno de los dos semiciclos. El valor medio del voltaje de salida es igual al que tiene el voltaje de una onda senoidal, o sea 0.637 veces el voltaje pico y el voltaje medio es igual 0.707 del voltaje pico (figura 2.21).

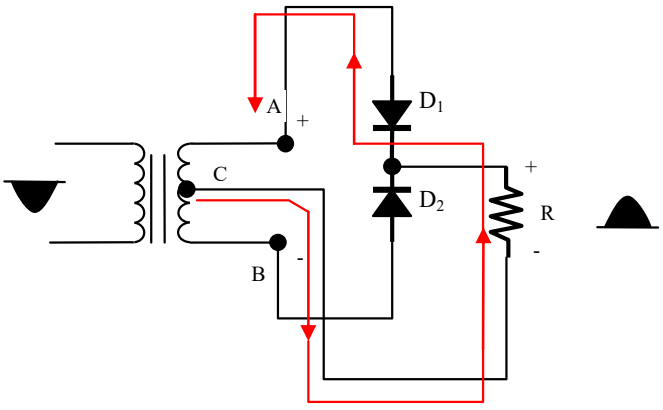


Figura 2.20 (A) D_1 conduce para una polaridad del voltaje.

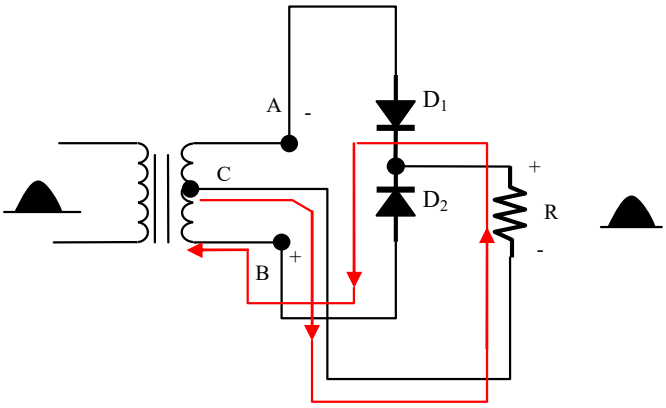


Figura 2.20 (B) D_2 conduce para la otra polaridad de voltaje

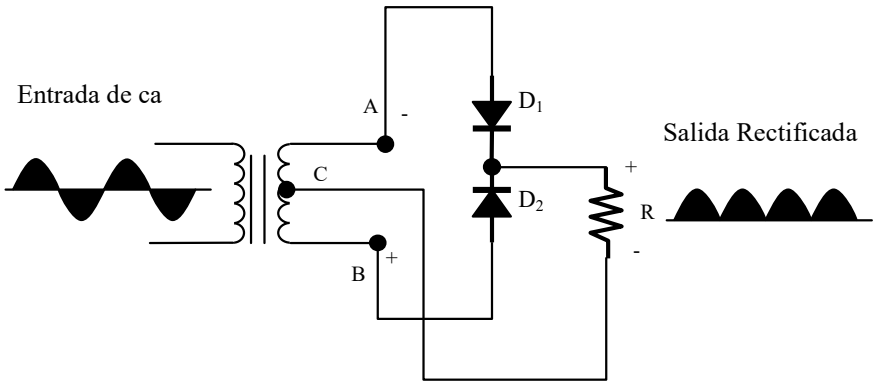


Figura 2.20 (C) En el rectificador de onda completa, la corriente que atraviesa la resistencia de carga R fluye en la misma dirección durante los dos semiciclos de la entrada de ca.

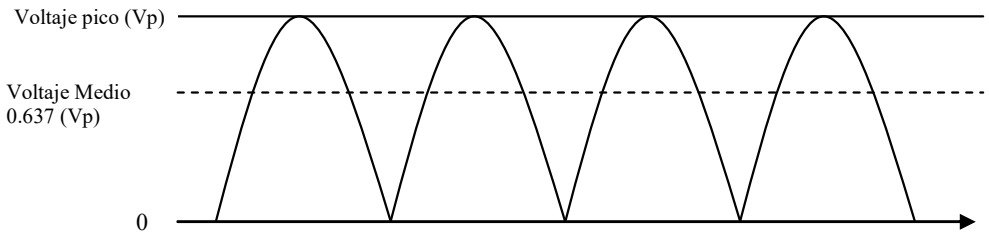


Figura 2.21 El voltaje medio de salida de un rectificador de onda completa es 0.637 veces el valor pico

2.10.- RECTIFICADOR PUENTE

La figura (2.22) muestra un tipo especial de rectificador de onda completa cuyo circuito muestra una red de cuatro diodos y que se conoce como rectificador en puente. La ca de entrada se aplica en dos esquinas diagonalmente opuestas de la red y la salida rectificada se toma entre las otras dos. Durante los semiperiodos de la entrada de ca que hacen positiva la parte superior del secundario del transformador y, negativa la parte inferior, la red funciona como si si el voltaje voltaje del secundario se aplicará a un divisor de voltaje compuesto del diodo 1, el resistor de carga R y el diodo 3. Por tanto la corriente fluye, de la parte inferior del secundario a través de los diodos 1 y 3 y del resistor R, para regresar a la parte superior del transformador esto puede verse en la figura (2.23 A).

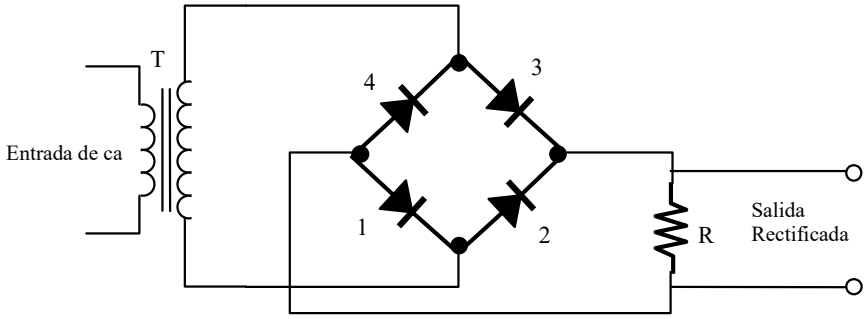


Figura 2.22 Un rectificador en puente emplea cuatro diodos, las conexiones de entrada de ca y de salida rectificada se encuentran en las esquinas opuestas del circuito en puente.

Durante los otros semiciclos, el secundario del transformador es positivo en su parte inferior y negativo en la superior. Los diodos 1 y 3 no pueden conducir por que la polaridad del voltaje hace que estén en corte; sin embargo pueden hacerlo los diodos 2 y 4. Ahora la trayectoria de corriente es: de la parte superior del transformador al diodo 4; luego, a través del resistor de carga y del diodo 2 para regresar a la parte inferior del secundario del transformador. Esto se puede ver en la figura (2.23 B). Durante el semiciclo positivo de la entrada de ca, así como el negativo, el flujo de corriente a través del resistor R, se efectúa

en el mismo sentido. Por lo tanto el voltaje de salida generado en R constituye una versión rectificada de la entrada de ca figura (2.23 C)

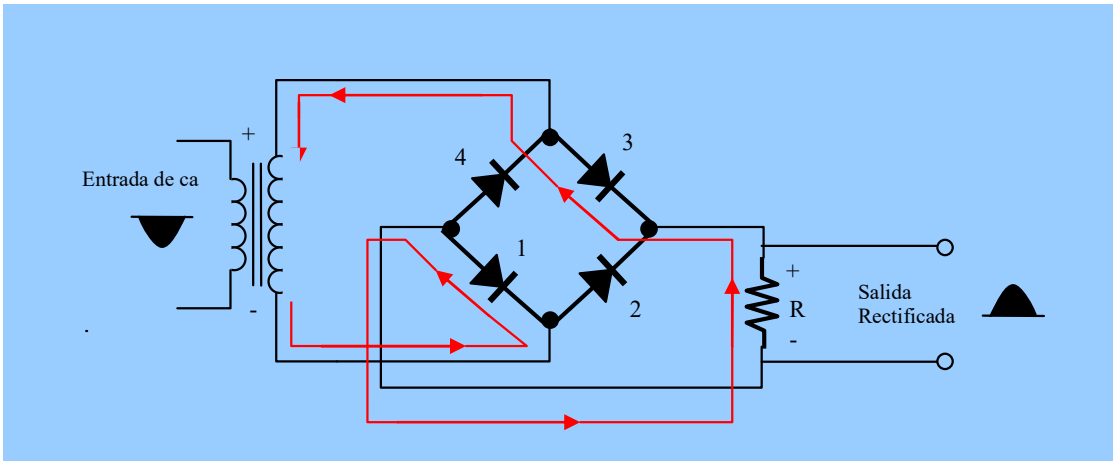


Figura (2.23 A) Un rectificador en puente emplea cuatro diodos; las conexiones de ca de entrada y de salida rectificada se encuentran en las esquinas opuestas del circuito en puente.

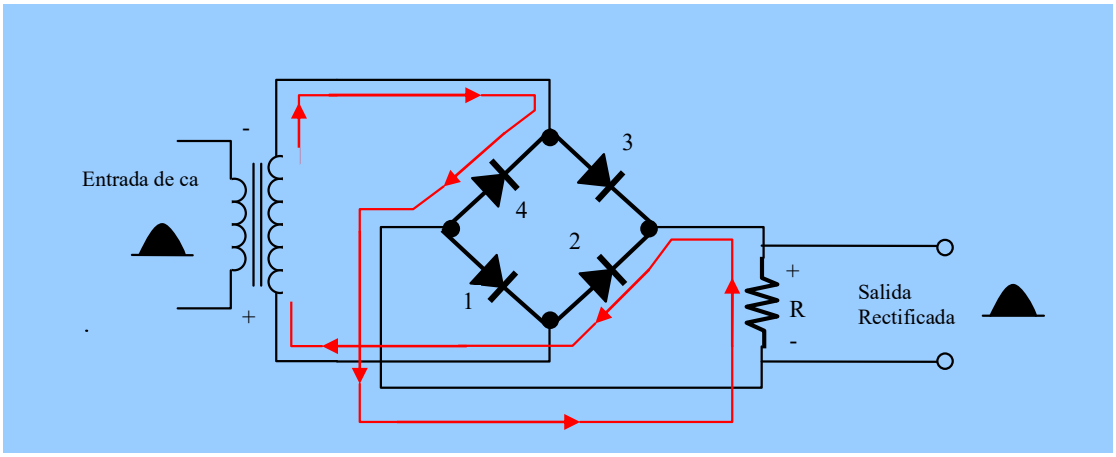


Figura (2.23 B) En tanto los diodos 2 y 4 conducen con la otra polaridad del voltaje

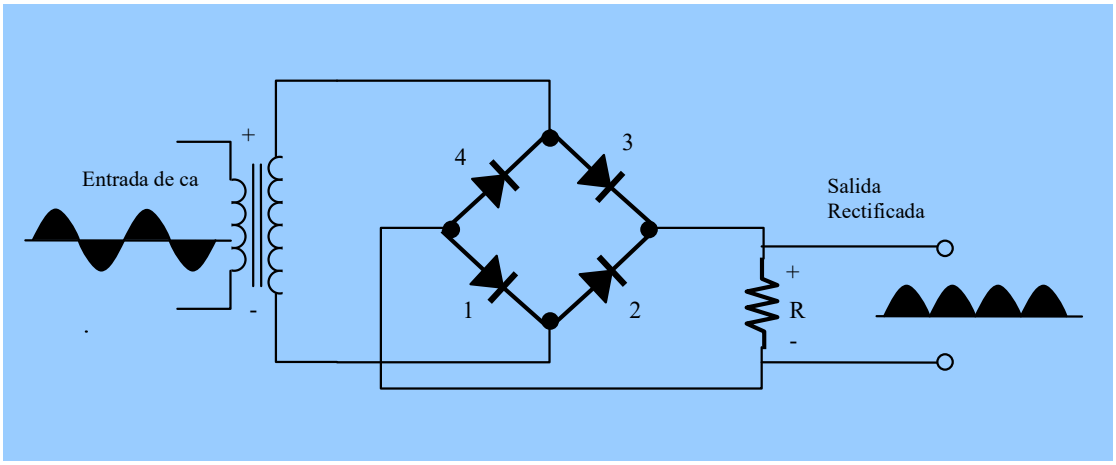


Figura (2.23 C) En el rectificador de puente, dos de los cuatro diodos conducen durante los semiciclos positivos de la entrada de ca y los otros dos diodos durante los semiciclos negativos. Durante ambos semiciclos, la corriente que atraviesa el resistor de carga R fluye en la misma dirección.

2.11.- FILTRADO

Ya se ha mencionado como los diferentes tipos de rectificadores convierten una entrada de ca en una salida de cc fluctuante. La fluctuación del voltaje de cc, arriba y debajo de su valor medio se llama ondulación. En un rectificador de media onda la frecuencia de la ondulación es la misma que la frecuencia de la entrada de "ca" debido a que produce un ciclo por pulso. En un rectificador de onda completa la frecuencia de ondulación es el doble de dicha entrada, ya que se producen dos pulsos por ciclo. Así pues, si la entrada es de una fuente de 60 ciclos por segundo (cps) la salida de un rectificador de media onda tiene una frecuencia de ondulación de 60 cps, mientras que la de un rectificador de onda completa tiene una frecuencia de ondulación de 120 cps.

La mayor parte de los aparatos electrónicos deben trabajar con voltajes de cc esencialmente lisos. Debido a ello, la salida de un rectificador no se puede aplicar directamente a estos aparatos, sino que antes hay que eliminar la ondulación figura (2.24). A los circuitos utilizados para alisar dicha salida se le llama filtros.

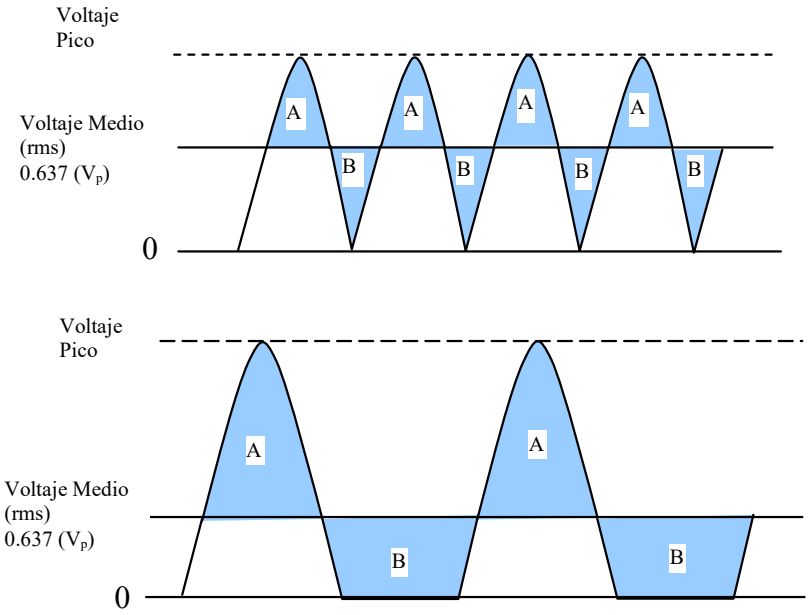


Figura (2.24) El voltaje rectificado medio esta representado por una línea que divide la onda de tal manera que el área A es igual al área B

En principio, los circuitos de filtro comprimen los picos de los pulsos individuales de la cc fluctuante y llenan los valles que están entre los pulsos, obteniéndose así un voltaje de cc prácticamente liso. Mientras más complejos sean dichos circuitos, más se parecerá su salida a la cc perfecta suministrada por una batería.

2.11.1- FILTRADO POR CAPACITANCIA

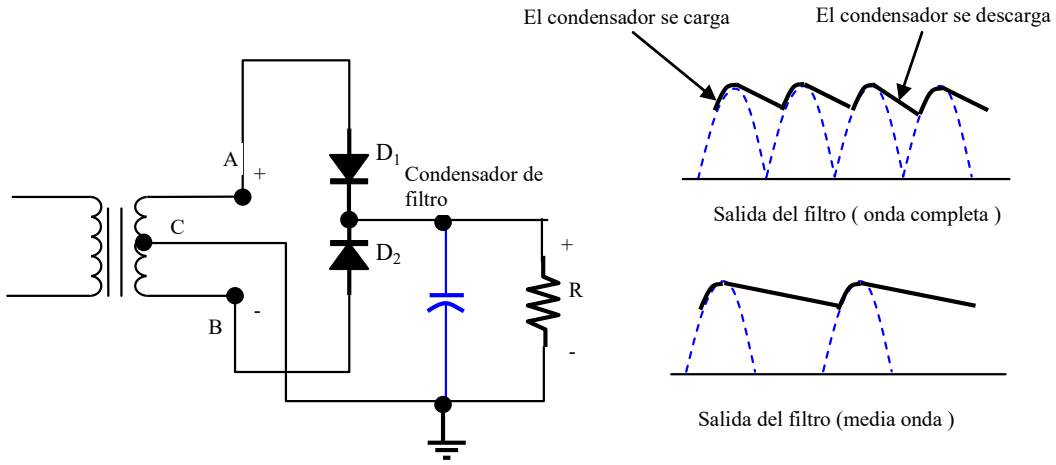


Figura 2-25 El condensador de filtro se descarga más entre los pulsos de salida de un rectificador de onda completa. Esto significa que en un filtro que trabaja con el rectificador de media onda la regulación de voltaje es deficiente ya que la salida del filtro disminuye en cada intervalo entre dos pulsos rectificados.

La salida de un rectificador se caracteriza por sus ondulaciones, por que la energía aplicada a la carga se suministra a esta en pulsos. Tales ondulaciones se podrían atenuar considerablemente, si se almacenara una parte de la salida producida durante los pulsos, a fin de liberarla y suministrarla a la carga en los intervalos que hay entre los pulsos. En este principio se basa el funcionamiento de un circuito de filtro sencillo en que se utiliza un tipo especial de condensador, llamado condensador de filtro.

Según se aprecia en la figura (2.25), este circuito consta de un condensador de filtro conectado en derivación a la salida del rectificador. El condensador se carga rápidamente, por lo regular en unos cuantos ciclos, alcanza un valor igual al voltaje pico del rectificador. Cuando la salida de éste se reduce a cero en los intervalos que separan los pulsos, el condensador suministra el voltaje a la carga, con lo cual comienza a descargarse. Sin embargo su ritmo de descarga es lento en comparación con lo que dura un intervalo entre dos pulsos de salida. Por lo tanto, el voltaje del condensador no se reduce a cero, después de cada intervalo, y el dispositivo sigue aplicándolo a la carga, aun que a un valor cada vez

más bajo. Además después de cada intervalo, el rectificador le proporciona un nuevo pulso al condensador, de modo que vuelve a cargarse al valor de voltaje de pico y otra vez esta listo para aplicar el voltaje a la carga, cuando se reduce la salida del rectificador.

La rapidez con que se descarga el condensador y por lo tanto el valor medio al que se mantiene el voltaje de salida, depende de la constante de tiempo RC del condensador y la resistencia de carga. Para valores bajos de la resistencia de carga la descarga es relativamente rápida, de manera que el voltaje de salida se reduce bruscamente entre los pulsos del rectificador. Esta condición conocida como regulación deficiente es muy indeseable, razón por la cual este sistema de filtro no se usa con los rectificadores que deben suministrar una considerable corriente de carga o, en otras palabras, con los que tienen resistencias de carga de valor bajo.

Por lo general, para este propósito se utilizan los condensadores electrolíticos, es decir, condensadores especiales que están polarizados. Así, el lado positivo del condensador esta marcado para que pueda conectarse correctamente; si se conecta al revés, estallaría y se perdería.

2.11.2.- FILTRADO POR INDUCTANCIA

El inductor o bobina de inducción es otro dispositivo que puede almacenar y liberar alternadamente, energía eléctrica. Cuando aumenta la corriente que fluye a través de la bobina, esta le extrae energía y la almacena en un campo magnético. Posteriormente, cuando la corriente comienza a disminuir, la bobina libera la energía almacenada, a fin de mantener el flujo de la corriente a un valor constante. La propiedad de almacenar y liberar energía que tienen los inductores se puede aprovechar para evitar los cambios abruptos en la salida de un rectificador. Para lograrlo se inserta el inductor en el circuito rectificador, conectándolo en serie con la carga, según se muestra en la figura (2.26). El inductor tiende a evitar que la corriente de salida aumente o disminuya; por otra parte, el efecto que tiene en la onda de salida se puede observar en la figura (2.27).

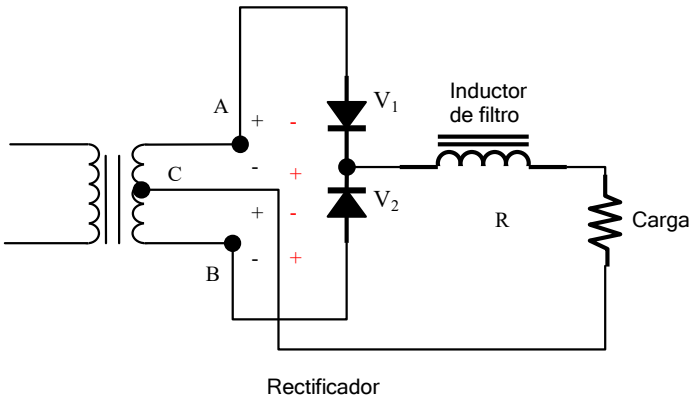


Figura 2.26 El filtrado por inductancia se logra, cuando el inductor se opone a los cambios de la corriente de salida del rectificador.

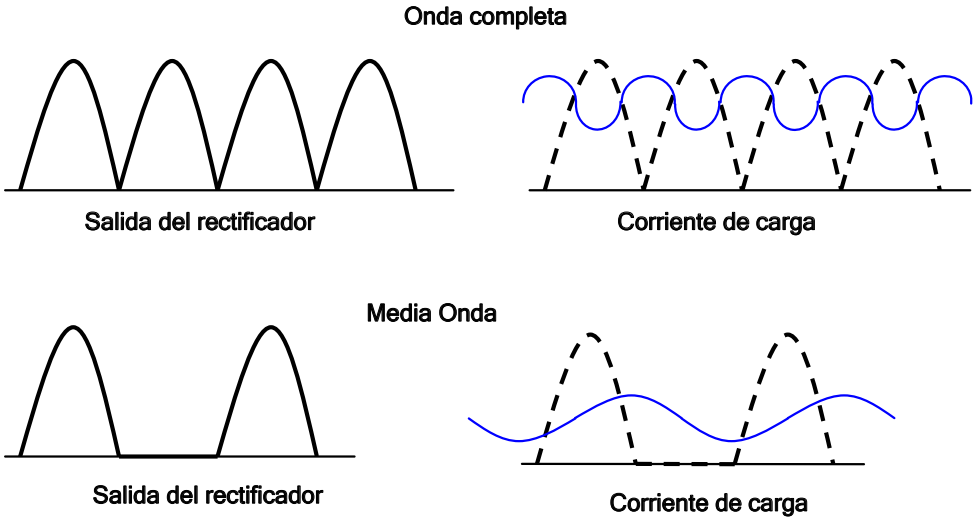


Figura 2.27 El inductor impide que la corriente de carga aumente o disminuya

Un filtro con inductor evita que la corriente y en consecuencia el voltaje de salida lleguen al valor de pico que se obtendría si no estuviese el inductor en el circuito. Por lo tanto un rectificador con filtro de inductor no producirá un voltaje tan alto como el que tenga un filtro a base de capacitancia. Por otra parte, del primero se puede tomar una corriente de carga mayor, sin que varié mucho el voltaje de salida.

Ya se han visto los diferentes tipos de circuito que pueden constituir una fuente electrónica de alimentación. El tipo de circuito o combinación de circuitos que se seleccione para una fuente de alimentación dada, depende de los requisitos de servicio específicos.

CAPITULO 3
DESARROLLO Y CONSTRUCCION DE LA FUENTE

3.1. DISEÑO DE LA FUENTE DE C.A.

Para el diseño de la fuente de corriente alterna se tomaron las siguientes consideraciones: tipo de cargas a alimentar; niveles de tensión requeridos y equipos eléctricos y electrónicos que se conectarán con la fuente. En base a estas consideraciones se implementó el diseño que se muestra en la figura (3.1).

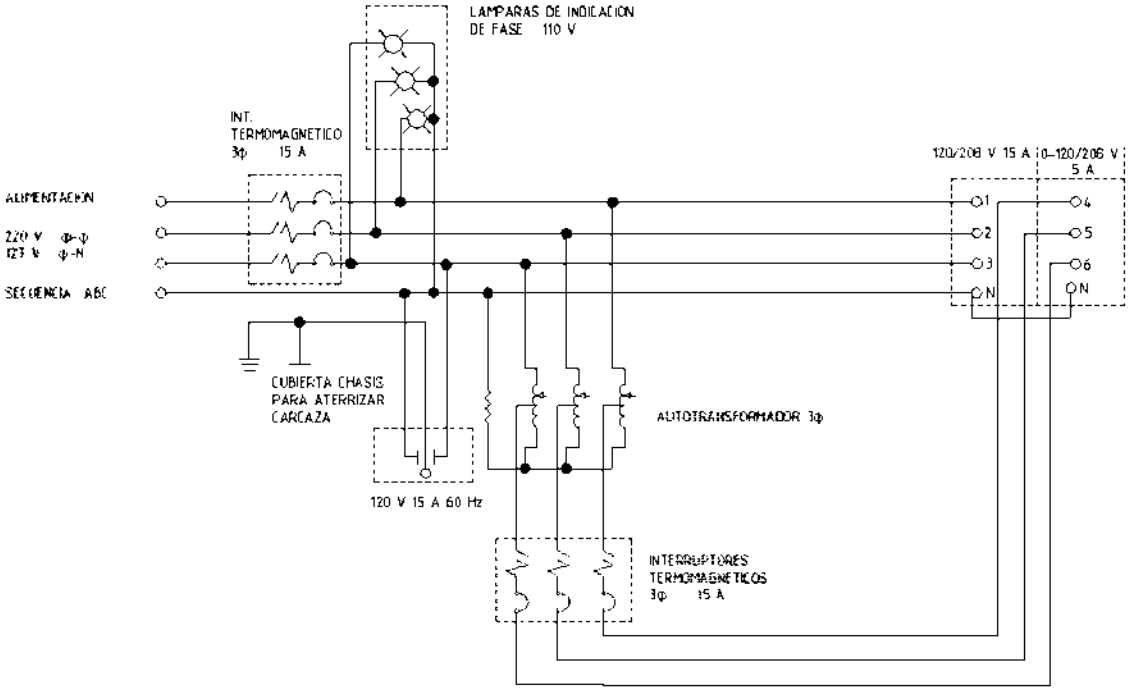


Figura (3.1) Diagrama esquemático de la fuente de corriente alterna

Como podemos observar en el diagrama de la figura (3.1) el diseño para esta fuente de corriente alterna es relativamente sencillo, consta de dos etapas. Una etapa será de tensión fija y la otra tendrá un rango de operación variable. El funcionamiento de la etapa fija se basa en la siguiente descripción.

Haciendo uso de las líneas de tensión que llegan al laboratorio de ingeniería eléctrica, que son en configuración trifásica a cuatro hilos (tres fases y un neutro). Aprovechamos estas líneas para alimentar cargas o equipo eléctrico que requiera de una tensión fija de 120 VCA que podemos obtener entre una de las tres fases y el neutro de nuestro sistema trifásico figura (3.2).

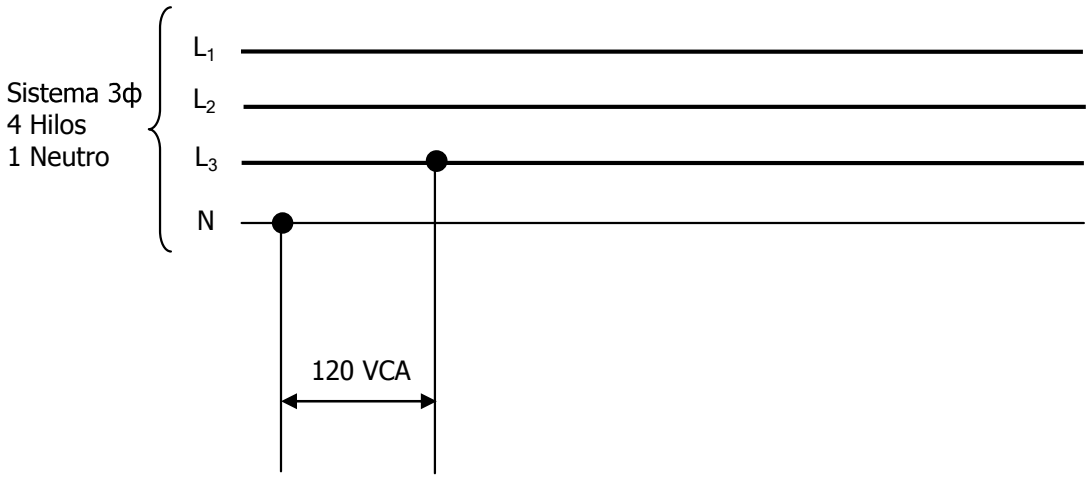


Figura (3.2) Voltaje entre fase y neutro de un sistema 3ϕ

También podemos obtener un voltaje de 208 VCA fijos para cargas o equipos que necesiten de más energía para su funcionamiento, este voltaje lo podemos obtener igual que en el caso anterior, pero ahora en vez de utilizar el neutro utilizamos dos de las tres fases figura (3.3).

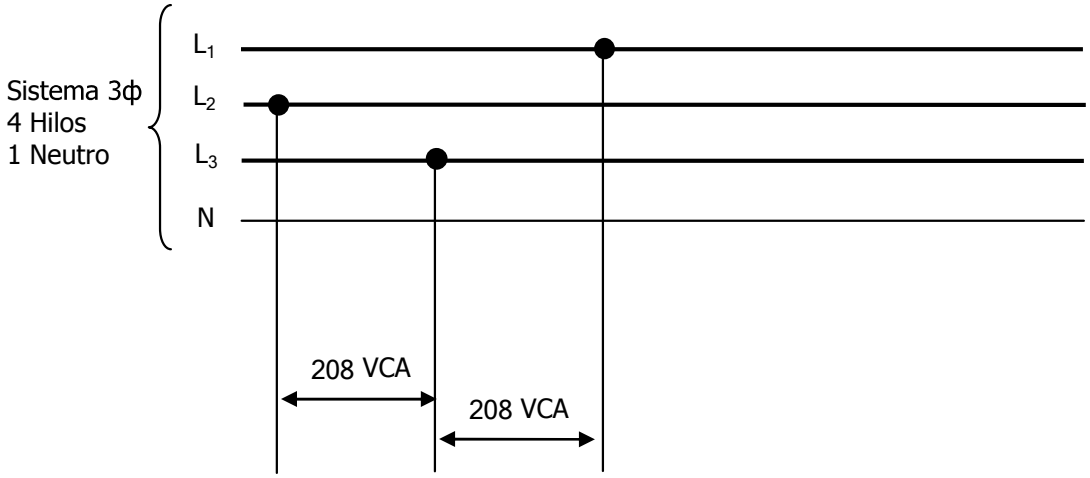


Figura (3.3) Voltaje entre fases de un sistema 3ϕ

Ahora bien para la implementación de la etapa variable, se necesitó del uso de tres autotransformadores monofásicos (uno por fase), para así poder hacer la variación del voltaje y tener distintos valores a la salida de la fuente, esto se hace debido a la construcción de los autotransformadores, y por medio de un disco giratorio que contienen en el costado del devanado, el contacto con las espiras del devanado se logra a través de un carbón unido al disco giratorio y de esta manera se logra la variación de la tensión, esto lo podemos ver en la figura (3.4).

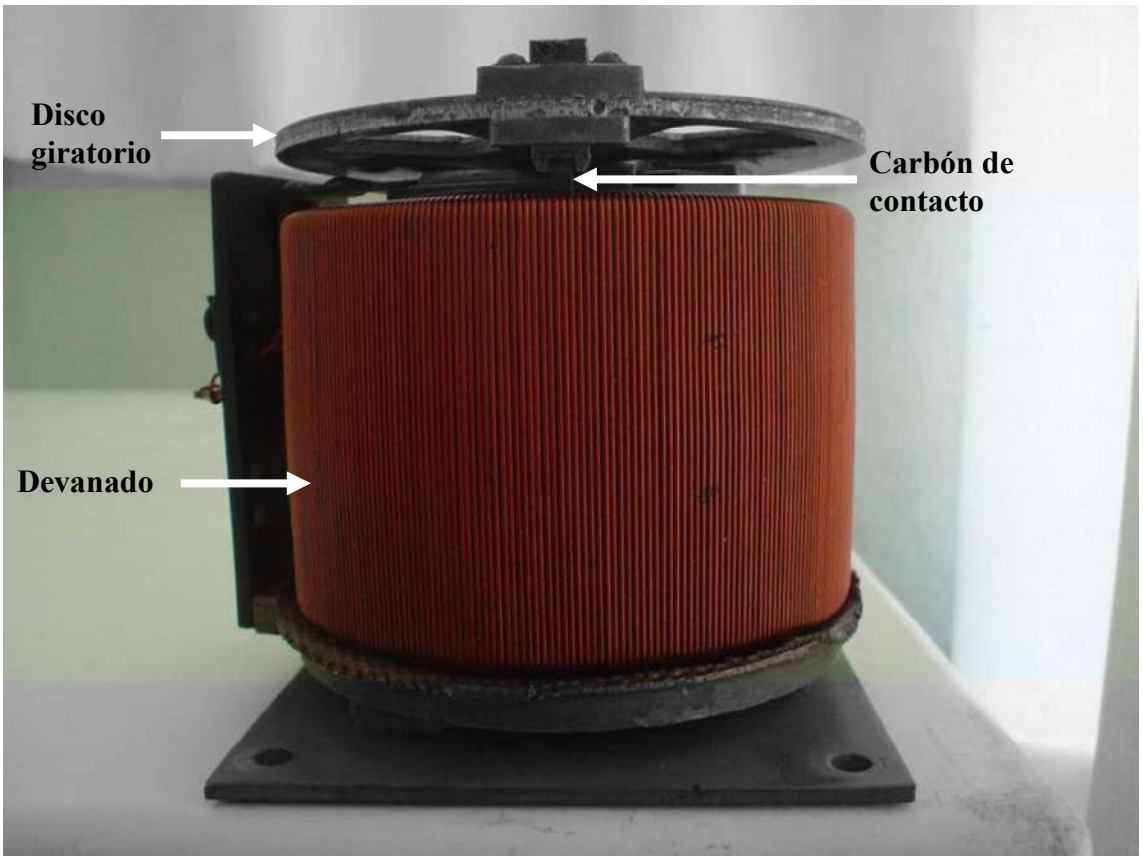


Figura (3.4) Vista lateral de un autotransformador monofásico.

De esta manera tenemos una fuente de alimentación de corriente alterna económica y que además cumple con los requerimientos que se necesitan para la alimentación de equipo eléctrico dentro del laboratorio de ingeniería eléctrica.

3.2. PROTECCIONES

Como todo equipo eléctrico y electrónico debe de tener algún tipo de protección para evitar que sus componentes sufran algún tipo de daño o queden dañados permanentemente debido a una posible sobrecarga del sistema eléctrico o la posibilidad de

un corto circuito en el cual circula una gran corriente de aproximadamente 10 000 amp. Entonces nuestro equipo eléctrico en este caso la fuente de alimentación debe de estar

protegida contra estas contingencias físicas en el sistema eléctrico. En este caso se decide poner una protección termomagnética a la entrada de la fuente para proteger a los autotransformadores de los factores antes mencionados esto lo podemos ver en la figura (3.5) del diagrama esquemático.

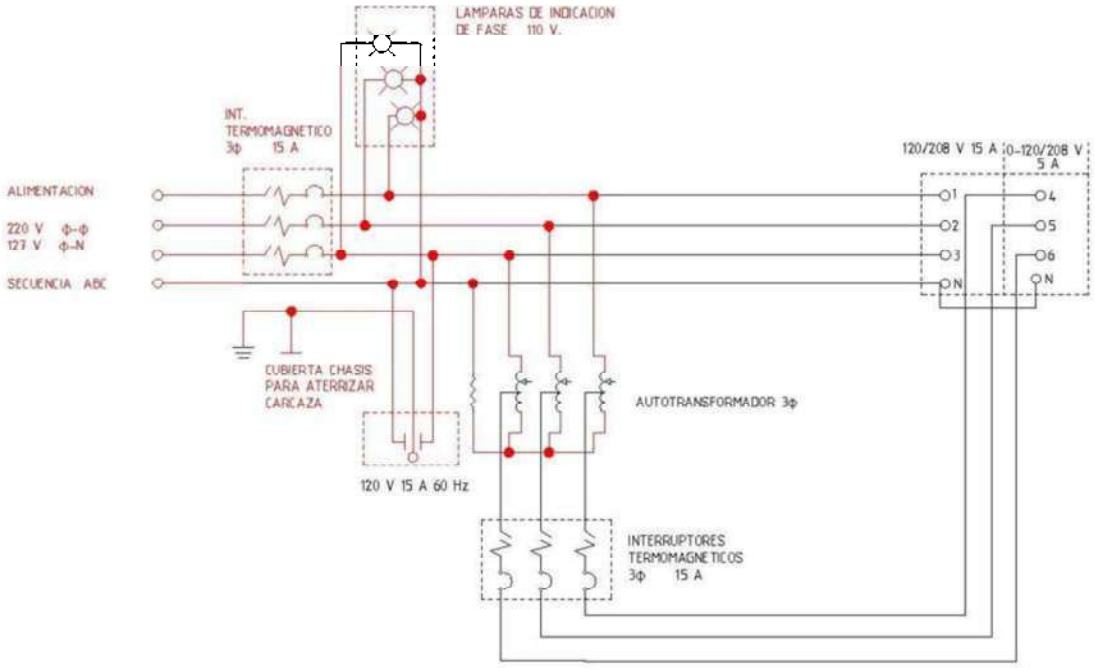


Figura (3.5) Protección mediante interruptores termomagnéticos.

Como podemos ver en la figura anterior las líneas en color rojo nos indican las zonas protegidas por los interruptores termomagnéticos, que es la etapa de potencia.

Después de los autotransformadores tenemos otra serie de interruptores termomagnéticos estos son de menor capacidad que los anteriores ya que en esta parte la potencia entregada depende de los autotransformadores y no de la potencia del sistema

eléctrico. Por lo tanto debemos proteger los componentes eléctricos de la misma fuente en el caso de la fuente de corriente directa y en la de alterna el equipo que se conecta en sus salidas figura (3.6).

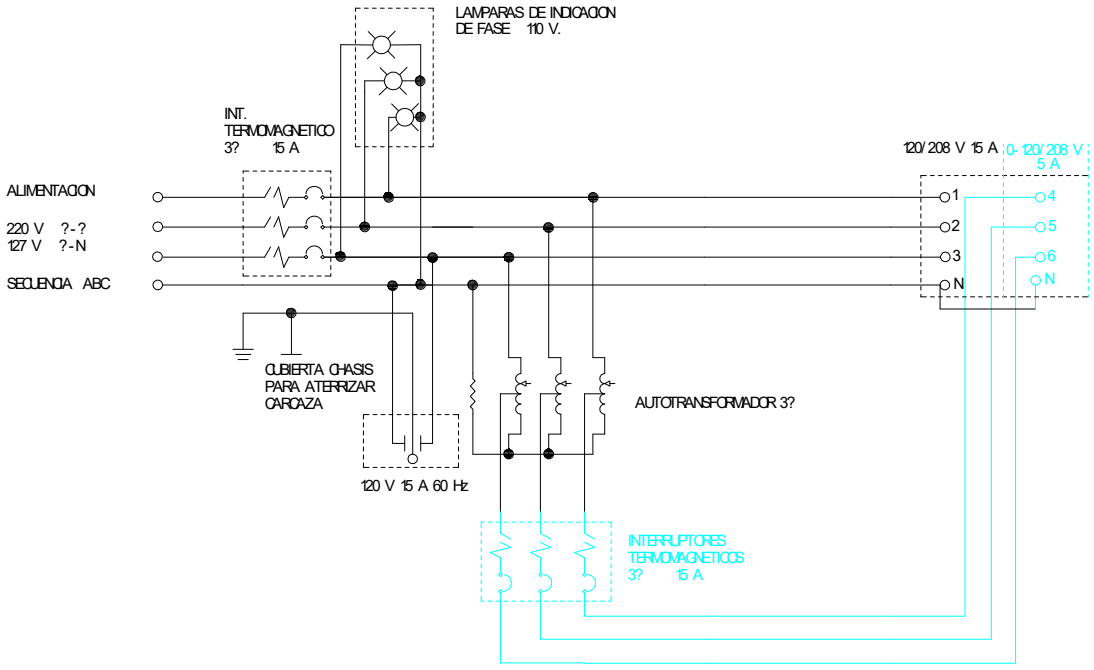


Figura (3.6) Protección secundaria de la fuente de alimentación de CA.

Como podemos ver en la figura (3.6) las zonas en color azul son las protegidas por los interruptores termomagnéticos en este caso el lado de baja potencia que es a la salida de la fuente de alimentación de CA.

3.3. SIMULACIÓN EN SOFTWARE

Para verificar que los resultados del diseño de la fuente sean los correctos, se empleo la ayuda de un software de simulación de circuitos como apoyo para tener más certeza de lo que se iba a construir. El programa utilizado MULTISIM v 10.

Con esta herramienta de simulación nos damos una idea más clara de lo que esperamos en la construcción del circuito eléctrico. Al simular la fuente de corriente alterna obtenemos la siguiente figura (3.7).

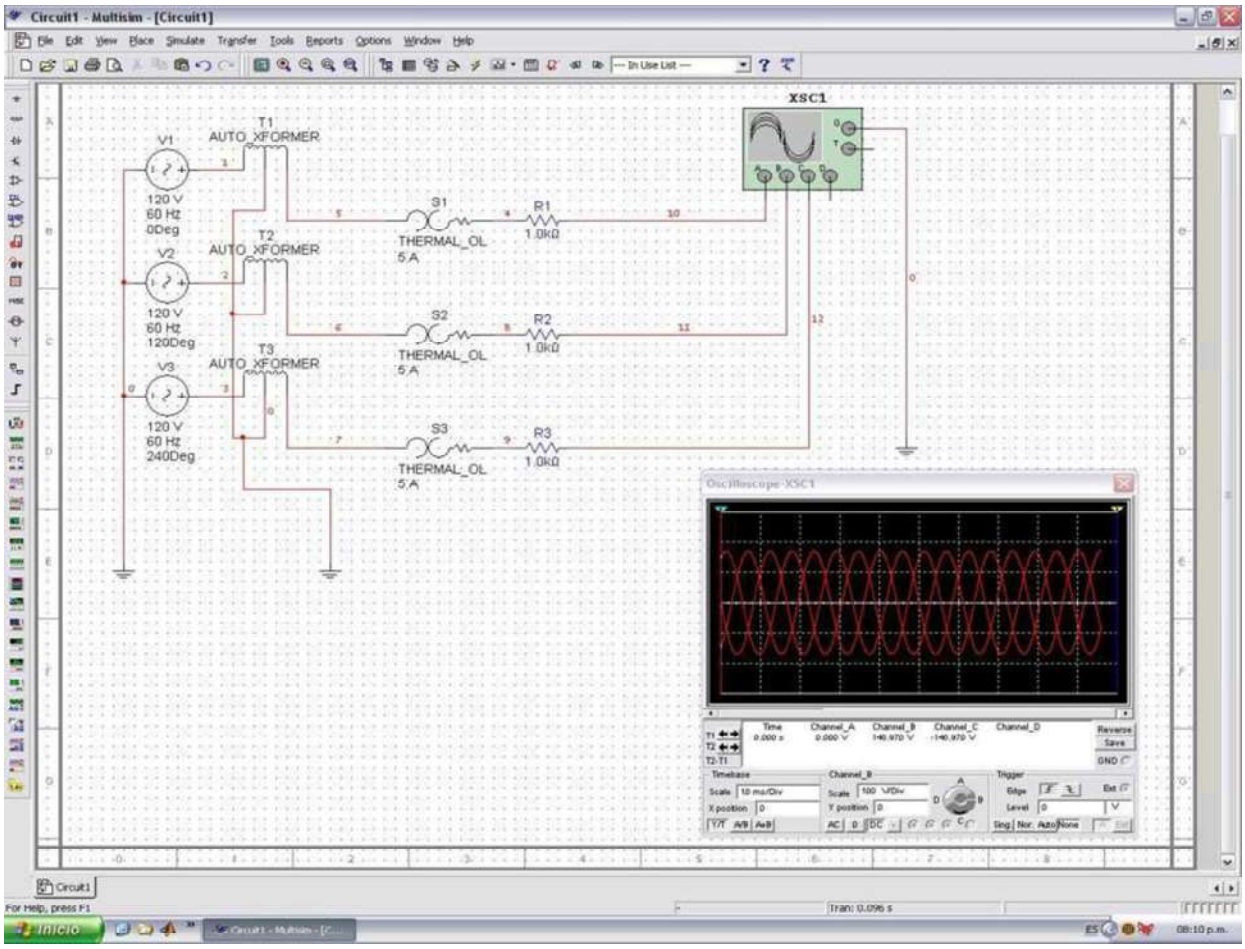


Figura (3.7) Simulación de la fuente de corriente alterna

Al observar en la figura anterior la simulación de lo que es la fuente de corriente alterna vemos que se simulan todos los componentes empleados en esta fuente y como podemos observar la gráfica obtenemos el resultado esperado que es una señal trifásica.

Como podemos apreciar en la figura (3.7) la simulación nos indica que el circuito eléctrico funciona adecuadamente por lo tanto podemos implementar prácticamente el circuito eléctrico. En la figura (3.8) podemos apreciar con más detalle la señal de salida trifásica de la fuente:

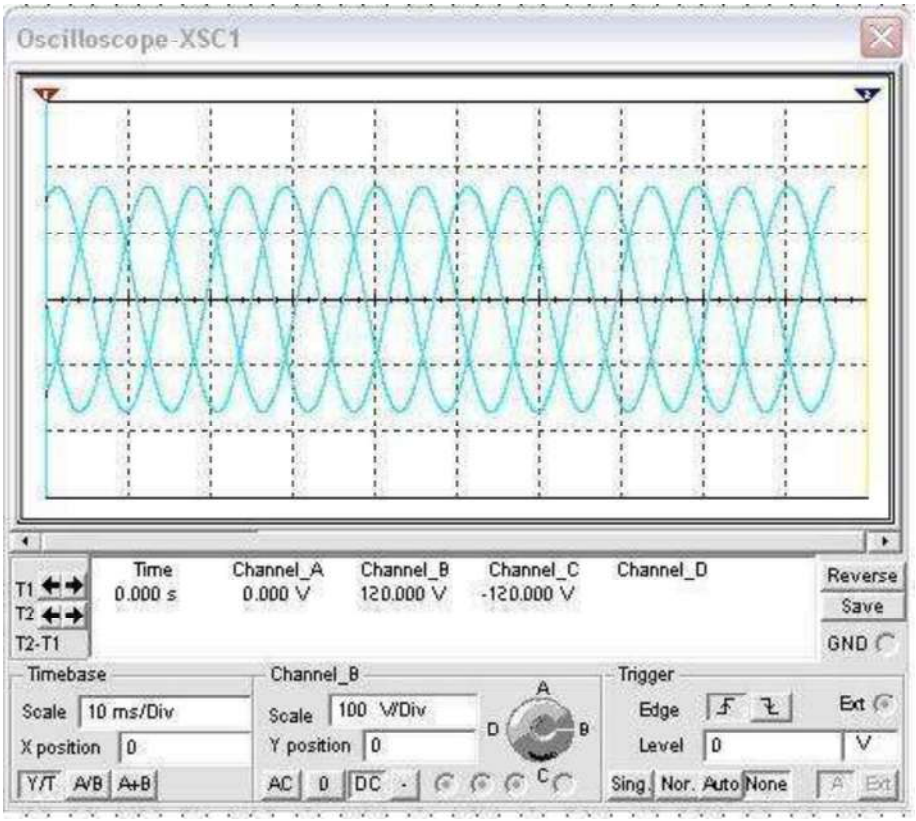


Figura (3.8) Señal trifásica de salida de una fuente de C.A.

Esta señal aparece de esta forma ya que es una señal trifásica donde cada línea va desfasada con un ángulo de 120°.

3.4. DISEÑO DE LA FUENTE DE CD.

Al igual que al diseñar la fuente de C.A. debemos tomar en cuenta el nivel de potencia que necesitamos para alimentar los equipos que se conectarán a la fuente.

Prácticamente para el diseño de la fuente de CD. Vamos a usar el diagrama anterior de la fuente de C.A. únicamente le agregaremos una etapa rectificadora, que ya se explicó su funcionamiento en el capítulo 2 y otra etapa de filtrado ya explicada anteriormente. Entonces al hacer el diseño obtenemos el siguiente diagrama eléctrico figura (3.9).

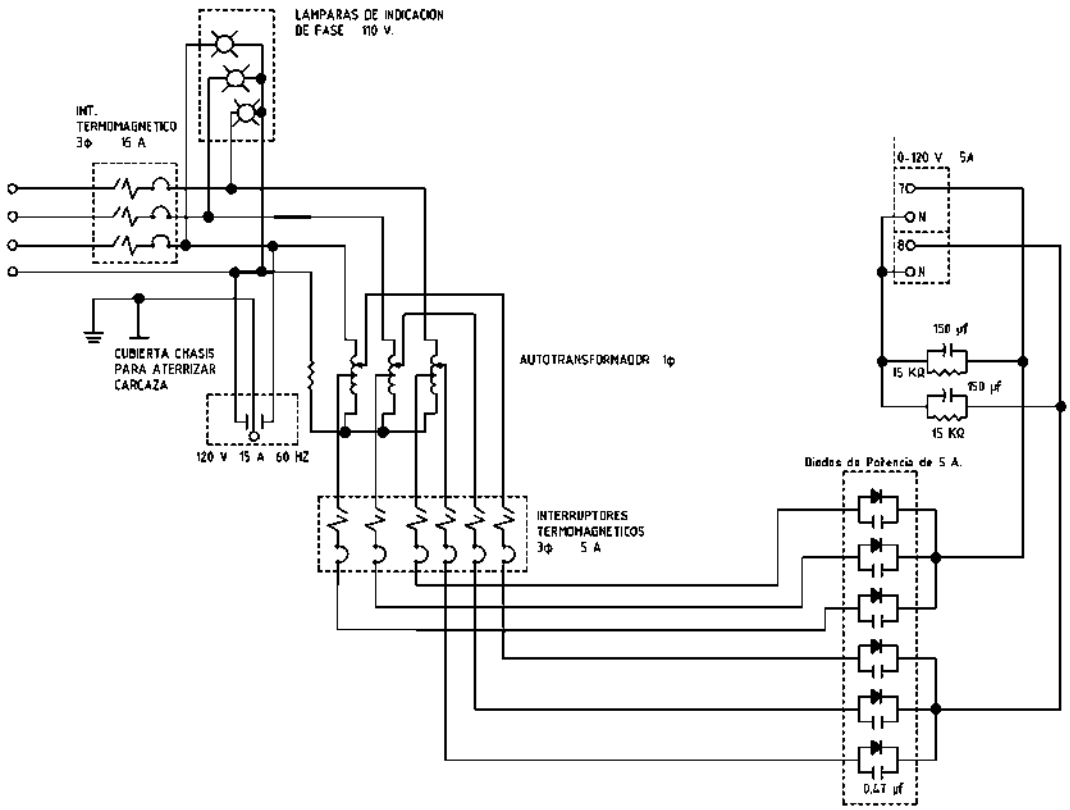


Figura (3.9) Diagrama de la Fuente de corriente directa

Al observar el diagrama de la figura anterior vemos que ahora sean agregado las etapas de rectificación y de filtrado esto se hace mediante el empleo de semiconductores y de capacitares que en conjunto hacen esa función.

La segunda etapa de nuestra fuente de alimentación es la que queda constituida por la etapa rectificadora como ya se menciono, en este punto, la señal inducida al secundario, será nuevamente inducida pero ahora a una señal directa.

Figura (3.10) Rectificadores de potencia empleados en la fuente de alimentación

Nuestra fuente que es nuestro tema de estudio, en este caso posee una etapa de rectificación a base de 3 diodos conectados en un arreglo en estrella, por lo que su rectificación será de onda completa y la señal que esperamos obtener a la salida de esta etapa es la que se muestra en la siguiente figura (3.11).

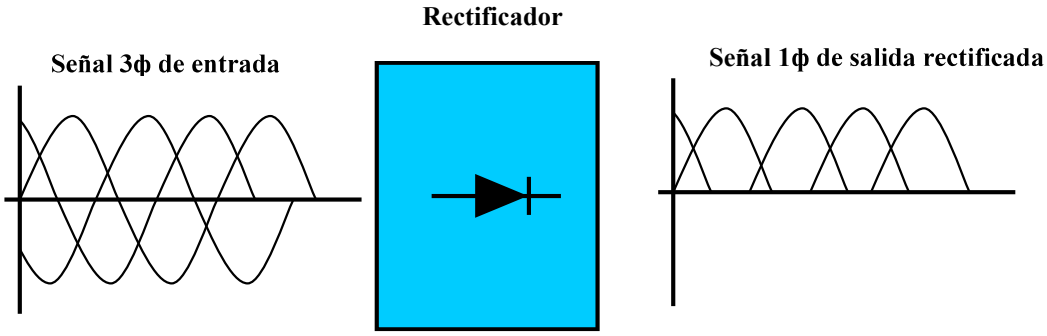


Figura (3.11) Señal de entrada y salida de la etapa rectificadora

El funcionamiento de este rectificador es el siguiente:

Vemos que cuando la tensión V es positiva quedan polarizados en directa los diodos y por lo tanto tenemos una circulación de corriente a través de ellos, en el próximo semiciclo se abren los diodos, esto provocará que deje de circular corriente y por lo tanto, los semiciclos de la corriente alterna se induzcan para formar una onda muy similar a la de la figura (3.12), lo que provoca que nuestra C.A de entrada quede más parecida a la de C.D. pulsante.

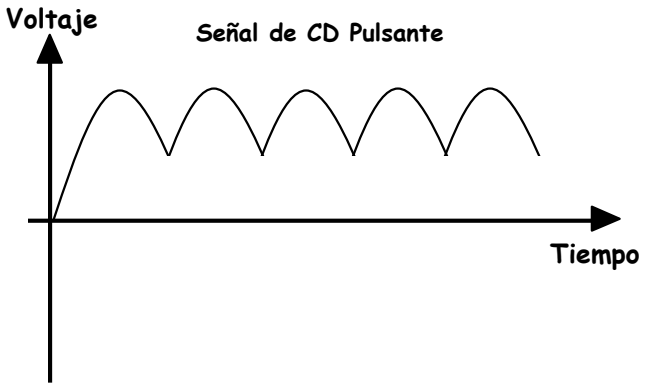


Figura (3.12) Señal de corriente directa pulsante

Ahora bien, la corriente proporcionada no es la requerida para alimentar un dispositivo eléctrico, puesto que aún es pulsante. Para ello existe la tercera etapa de la fuente la cual nos alisará más las crestas de la señal para dejar una señal de corriente lo más cercana a una línea recta y así poder utilizar esta corriente.

3.5. SIMULACIÓN EN SOFTWARE

Al hacer la simulación de la etapa rectificadora se obtuvo la gráfica que se muestra en la figura (3.13 b):

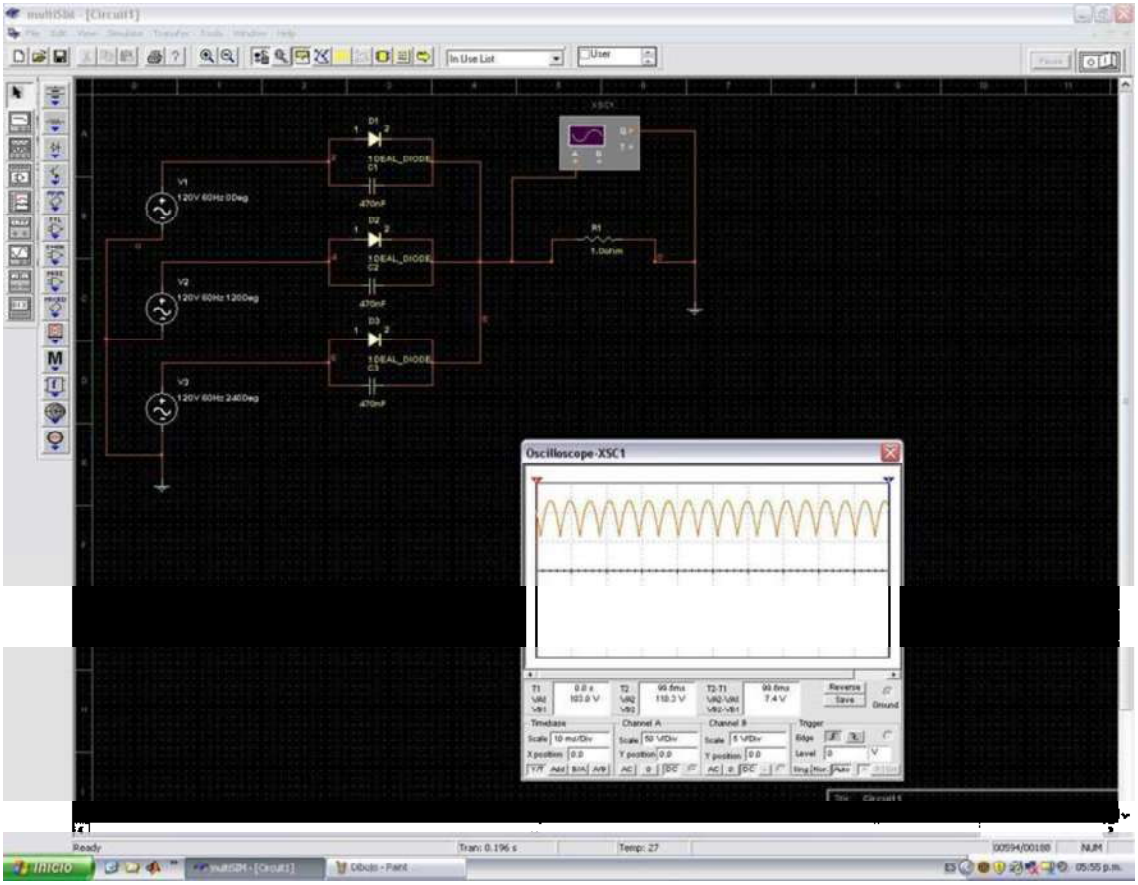


Figura (3.13 a) Simulación de la etapa Rectificadora

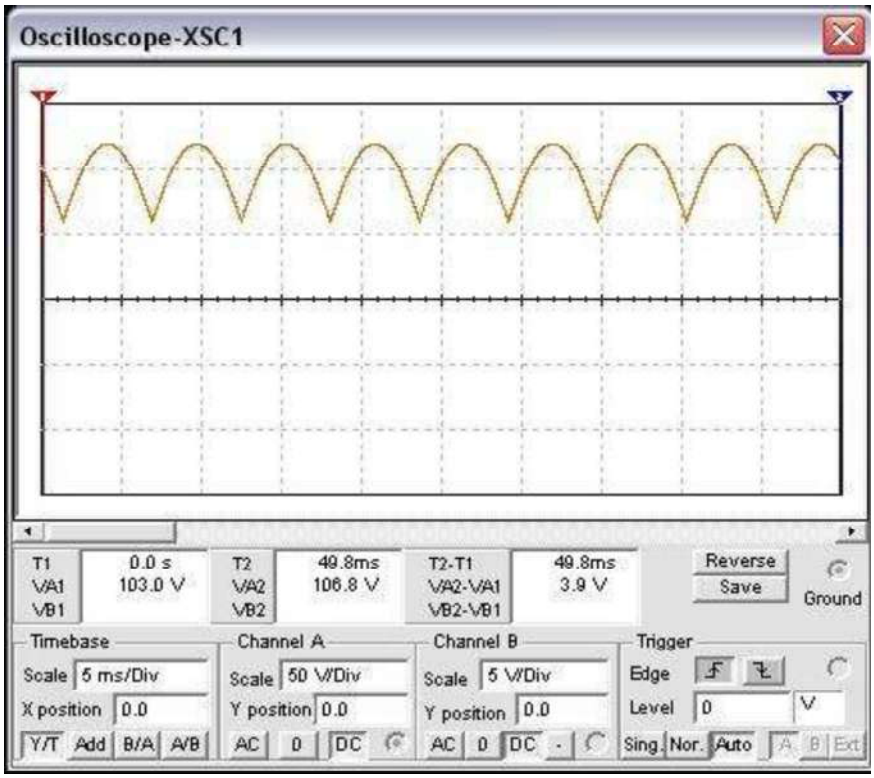


Fig (3.13 b) Gráfica obtenida a la salida de la etapa Rectificadora

La primera gráfica describe el alambrado del circuito hasta la etapa de rectificación. En este diagrama los autotransformadores si observamos son representados por fuentes de voltaje de corriente alterna, ya que cumplen con la misma función de los autotransformadores de suministrar voltaje que en este caso es de 120 V de C.A. a 60 Hz que es la capacidad máxima de suministro de voltaje en secuencia a b c lo cual quiere decir que cada fase tiene un retrazo de 120° una respecto de otra. Posteriormente en la segunda etapa vemos el arreglo de rectificadores que en nuestro caso son de potencia ya que a través de ellos circulan corrientes relativamente altas. En paralelo con cada rectificador se conecta un capacitor que tiene como función la de amortiguar los cambios repentinos de corriente y de esta manera evitar que se dañen los rectificadores.

En la segunda gráfica podemos ver el tipo de señal que sale de la etapa de rectificación, que como lo esperábamos es del tipo de C.D. pulsante. Por lo cual podemos deducir que el diseño de la fuente hasta esta etapa es correcto.

Filtro: Esta etapa, tiene como función, "suavizar" o "alizar" o "reducir" a un mínimo la componente de rizo y elevar el valor promedio de tensión directa. El que a continuación describiremos es el ocupado por la fuente causa de nuestro estudio, y es a base precisamente de elementos pasivos como es el capacitor. Nuestra fuente tiene un capacitor de 150 μF a 385 V, el cual tendrá dicha función. Este tipo de red de filtro, es el más utilizado por ser el más sencillo y económico.

El funcionamiento es el siguiente:

Por cada ciclo de la señal rectificada, el capacitor, se carga al valor pico, cuando la amplitud del voltaje rectificado comienza a disminuir, el capacitor empieza a descargarse.

Su eficiencia depende de la constante de tiempo, puesto que una carga de bajo valor demanda más corriente haciendo que el capacitor se descargue más rápidamente y el filtraje sea menor.

El capacitor es utilizado como filtraje, puesto que tiene de su lado la característica de carga de 5 tiempos permitiéndonos que sea eficiente para esta etapa de la fuente.

La señal que esperamos obtener después del filtrado es la que se muestra en la figura (3.14).

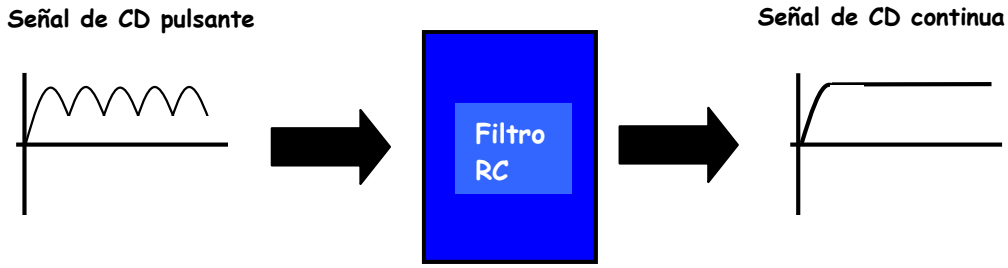


Figura (3.14) Formas de Señal de entrada y salida de la etapa del Filtro

Como podemos ver la señal de salida ahora es una de corriente de CD continua, ya que se a eliminado el rizado de la señal de directa, por lo tanto ahora ya podemos alimentar cualquier equipo eléctrico que requiera de corriente continua.

Al utilizar el Programa MULTISIM para hacer la simulación del diagrama de la fuente de nuestro estudio incluyendo ahora la etapa de filtrado se obtuvo la siguiente gráfica figura (3-14 a) y (3.14 b).

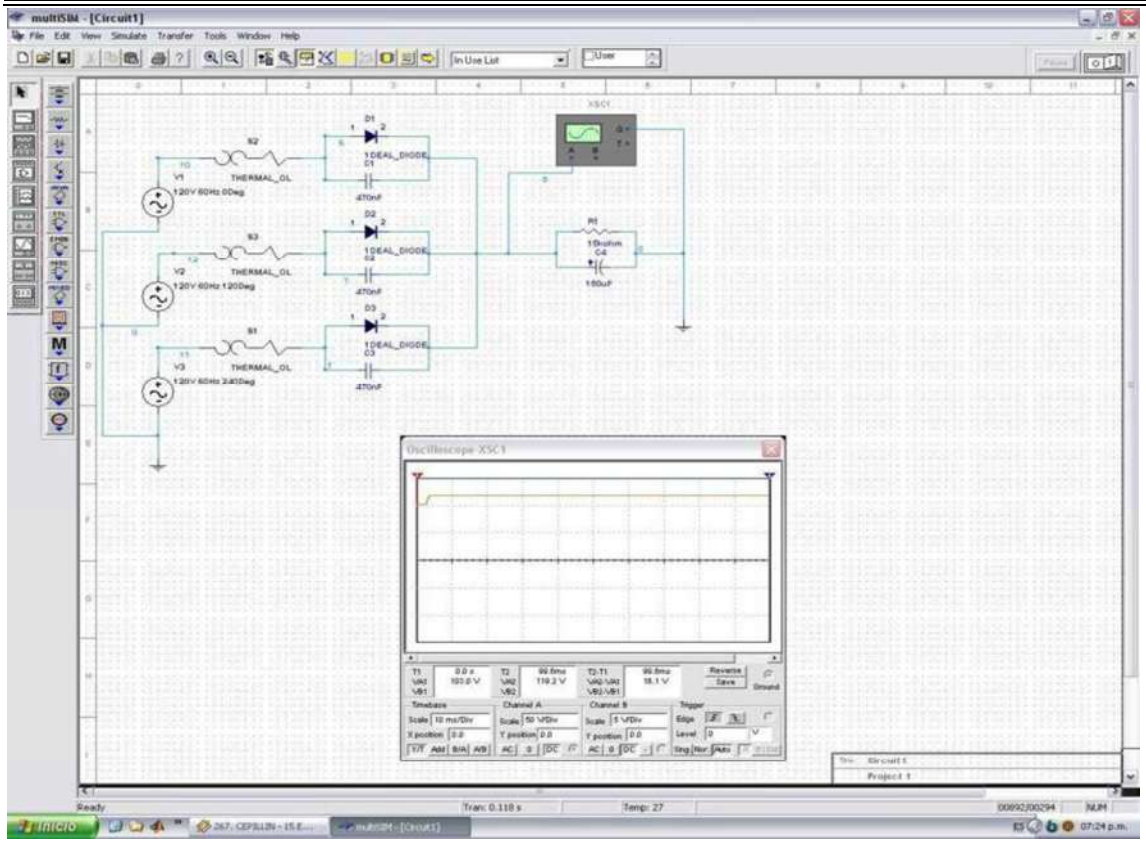


Figura (3.14 a) Simulación de la etapa de filtro

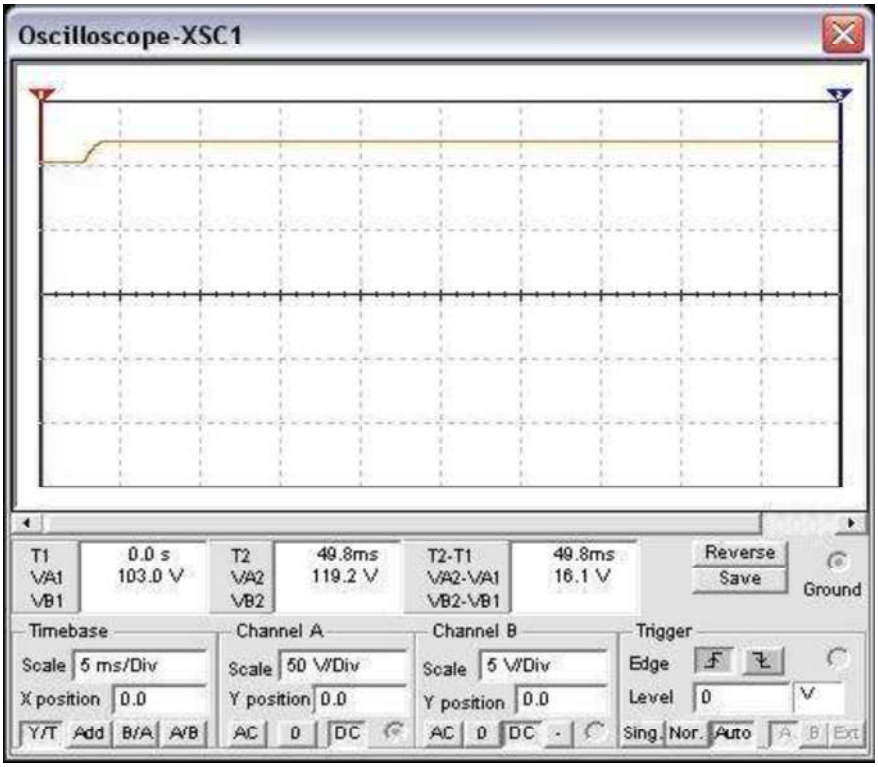


Figura (3.14 b) Señal de CC obtenida a la salida del filtro

3.6. MATERIALES

Para la construcción de las fuentes de alimentación de corriente alterna y corriente directa utilizamos los siguientes componentes eléctricos:

3.6.1.- Autotransformador: Se eligió este dispositivo eléctrico debido a su capacidad de manejar potencias altas, además de que el diseño de la fuente también cuenta con una etapa variable y el empleo del autotransformador resulta ideal para este propósito, ya que en ocasiones según se requiera se tendrá que variar el voltaje en pequeños niveles. Por ejemplo se puede tener la necesidad de cambiar el nivel de tensión de 110 V. a un nivel de 120 V. o de 50 V a 60 V. por mencionar algunos. Estos cambios de voltaje son pequeños y suelen ser necesarios debido a las caídas de voltaje que ocurren al conectar a la fuente de alimentación cargas que consumen relativamente una gran potencia.

Las características eléctricas del autotransformador a emplear son las que se presentan en la siguiente tabla:

120 V Single Phase															
Line Connection									Boost Connection						
Input Voltage			120						120						
Output Voltaje			0-120						0-140						
	Constant Current Load		Constant Impedance Load		Terminals & Rotation					Constant Current Load		Terminals & Rotation			
Freq. (Hz)	Max. Amps	Max KVA	Max. Amps	Max KVA	Input CW CCW	Output CW CCW	Junper CW CCW		Freq (Hz)	Max. Amps	Max KVA	Input CW CCW	Output CW CCW	Jumper CW CCW	
50/60	5	0.6	7	0.84	1-4 1-4	1-3 3-4			50/60	5	0.7	1-2 4-5	1-3 3-4		

Tabla 3.1 Datos de placa del autotransformador variable

Estas Características son de un solo autotransformador por fase.

Utilizamos este autotransformador por las características eléctricas que tiene, esto lo hace muy útil y adecuado a las necesidades que se presentan para la alimentación de los diferentes equipos eléctricos. Este autotransformador como vemos es 1ϕ figura (3.15), por

lo tanto tiene un voltaje de entrada de 120 V. y este voltaje lo podemos variar para que a la salida se pueda obtener un voltaje entre 0 V a 120 V. Por lo tanto para poder obtener un voltaje de salida de corriente directa se hace necesario tener un grupo de tres autotransformadores, uno por cada fase y conectados en estrella en secuencia a b c. Figura (3.16).

El Autotransformador utilizado es el que se muestra en la figura (3.15).

Figura (3-15) Autotransformador variable monofásico de 120 v de entrada y de 0 – 120 V de salida.

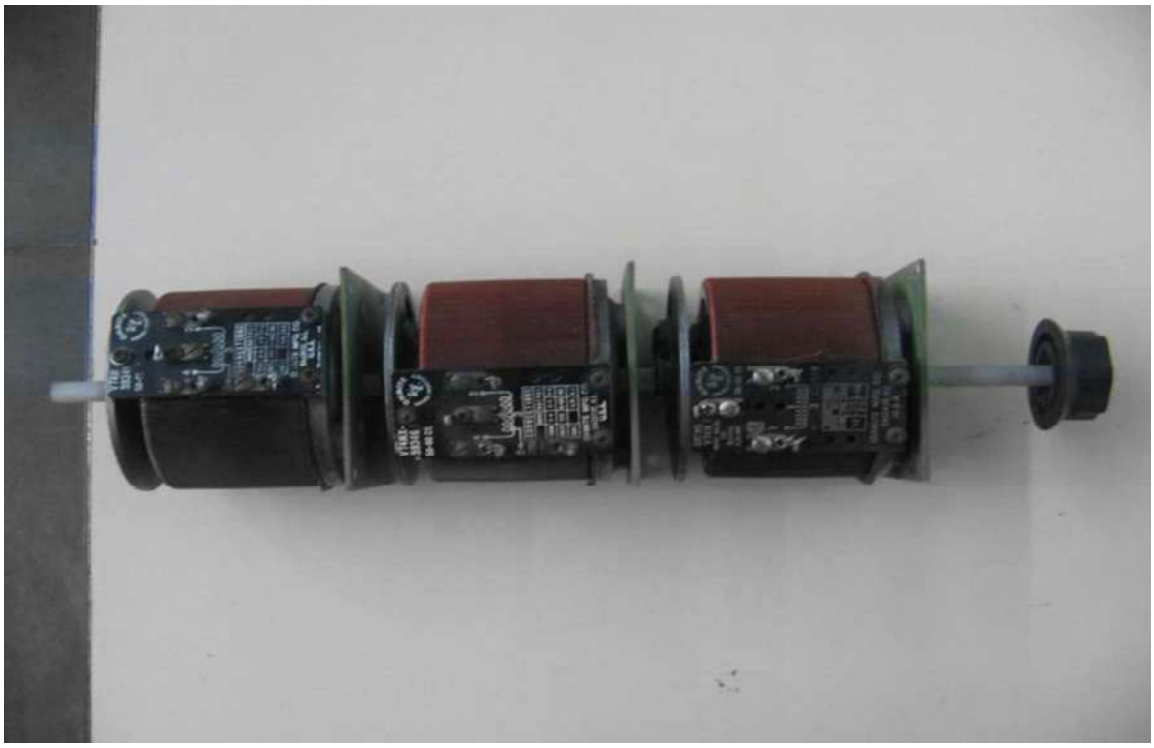


Figura (3.16) Se montan tres autotransformadores sobre un eje común para tener una fuente trifásica.

Para hacer la variación del voltaje se agrupan los autotransformadores, las unidades agrupadas pueden ser conectadas de tal manera que las unidades operen eléctricamente en forma independiente en un eje común, en el cual se montan unos aros conectores que mediante un carbón hacen contacto con el devanado del autotransformador, para de esta manera incrementar o decrementar el nivel de tensión de salida de la fuente.

En la figura (3.17) se muestra como se distribuyen las corrientes en un autotransformador monofásico.

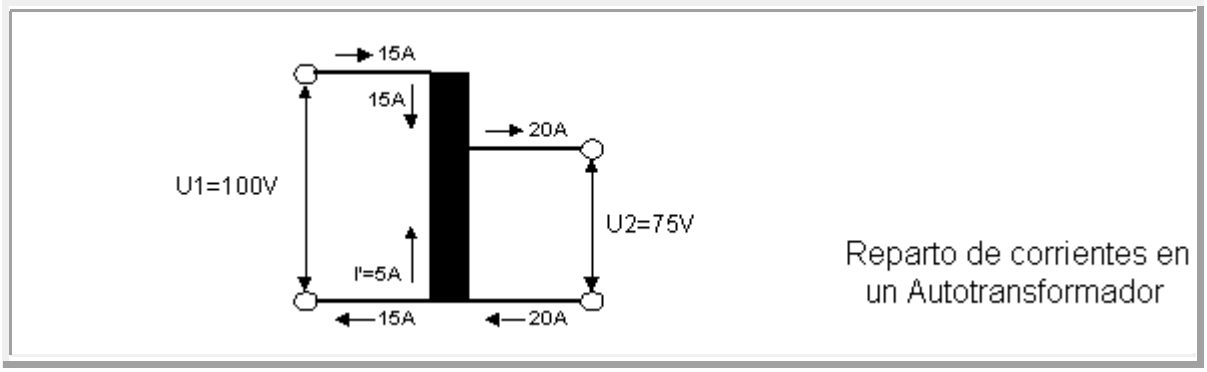


Figura (3.17) Distribución de corrientes en un autotransformador

Suponiendo un transformador reductor como el que se muestra, cuya relación de transformación es:

$$rt = \frac{Num.\,espiras\ del\ arrollamiento\ común}{Num.\,espiras\ del\ arrollamiento\ serie} = \frac{4}{3} \tag{3.1}$$

Si la tensión primaria V_1 es de 100 V, la tensión secundaria será:

$$V_2 = V_1 \frac{1}{rt} = 100 \frac{3}{4} = 75\,V \tag{3.2}$$

Si la potencia es de 1500 VA, la corriente primaria es:

$$I_1 = \frac{P}{V_1} = \frac{1500}{100} = 15\,A \tag{3.3}$$

y la corriente secundaria:

$$I_2 = \frac{P}{V_2} = \frac{1500}{75} = 20\,A \tag{3.4}$$

Por lo tanto, siguiendo la figura, por le arrollamiento común pasará una corriente igual a:

$$I' = I_2 - I_1 = 20\,A - 15\,A = 5\,A \tag{3.5}$$

En dicho arrollamiento, a igualdad de densidad de corriente, se podrá reducir la sección del conductor en la proporción:

$$\frac{I_2 + I_1}{I_2 - I_1} \tag{3.6}$$

de donde se deduce una economía de material bastante considerable, principal ventaja que justifica el empleo de los autotransformadores.

Además, al ser menor la longitud y la sección requerida de conductor, también será menor la cantidad de aislamiento entre espiras y entre arrollamientos.

Todas estas causas producen el efecto de necesitar menor cantidad de hierro en el circuito magnético. Por lo tanto, disminuyen las pérdidas en el hierro y la corriente magnetizante; aumentando al mismo tiempo el valor del factor de potencia. También disminuyen las pérdidas en los conductores por efecto Joule, ya que la corriente que atraviesa una parte de los arrollamientos es menor que la corriente de un transformador de las mismas características.

Si disminuyen las pérdidas en el hierro y las pérdidas en el cobre, resulta un rendimiento más elevado que el de un transformador de las mismas características.

Otra ventaja muy interesante de los autotransformadores frente a los transformadores de parecidas características es que el flujo de dispersión, es decir el flujo que no concatena a ambos arrollamientos, es casi nulo debido a que los dos arrollamientos están reunidos en uno solo y el flujo es común a ambos. Al ser el flujo de dispersión muy pequeño, la caída de tensión por reactancia también lo será, lo que implica que la regulación de tensión será fácil de realizar.

Frente a todas las ventajas citadas, el mayor inconveniente que limita las aplicaciones del autotransformador es que los circuitos primario y secundario están eléctricamente unidos. Suponiendo un autotransformador de elevada relación de transformación; si se produce un cortocircuito a tierra en el arrollamiento de alta tensión y el arrollamiento de baja tensión no dispone de suficiente protección, la tensión respecto a tierra de este arrollamiento puede resultar inadmisiblemente elevada. En el ejemplo de la figura (3-18) , si el arrollamiento de baja tensión queda sometido respecto a tierra a una tensión:

$$Vt = 10000 - 1000 = 9000\ V$$

y si el aislamiento de dicho arrollamiento no está preparado para esta tensión, puede perforarse averiando seriamente al autotransformador.

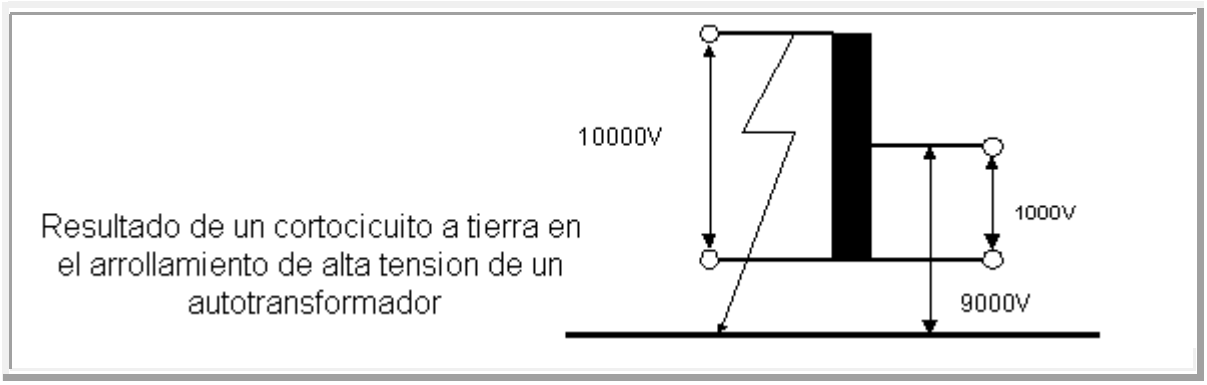


Figura (3-18)

En Resumen, un autotransformador tiene las siguientes ventajas sobre un transformador de las mismas características:

1.- Menor tamaño.

2.- Menor costo.

3.- Mejor rendimiento.

4.- Menor corriente magnetizante.

5.- Mejor Factor de Potencia.

6.- Mejor regulación de tensión.

y, por el contrario, los siguientes inconvenientes:

1.- Conexión eléctrica directa entre los circuitos de alta y baja tensión. (no existe protección)

2.- Más elevadas corrientes de cortocircuito.

CAPACIDAD DE LOS AUTOTRANSFORMADORES

Para determinar la capacidad de los transformadores a utilizar en la fuente de alimentación se tomo en cuenta las características eléctricas del equipo al cual se le suministrara la energía eléctrica.

Características del equipo eléctrico:

- Motores $\frac{1}{4}$ H.P. $\Rightarrow$ 186.25 W $\Rightarrow$ 206.9 VA
- Generadores 175 W, 120 W $\Rightarrow$ 194 VA, 133 VA
- Electrodinamómetro 175 W, 120 W.
- Inductores 252 VARS $\Rightarrow$ 252 VA
- Capacitores 252 VARS $\Rightarrow$ 252 VA
- Resistencias 252 W $\Rightarrow$ 280 VA
- Transformadores 60 VA

En condiciones de máxima carga generador y carga 3ϕ, inductores, capacitores y resistencias, se necesitan 904 VA. Y la capacidad del autotransformador es de 1 KVA.

$$1\ Generador \Rightarrow 120\ W$$

$$3\ Módulos\ de\ Inductores \Rightarrow 252\ VA$$

$$3\ Módulos\ de\ Capacitores \Rightarrow 252\ VA$$

$$3\ Módulos\ de\ Resistencias \Rightarrow \underline{280\ VA}$$

$$904\ VA \approx 1\ KVA$$

En condiciones de carga con transformador en sistema trifásico la carga máxima que se puede instalar es de 964 VA, aproximadamente 1 KVA. Por lo tanto la capacidad que se ocupa del autotransformador para condiciones máximas de carga será de 1 KVA.

$$3\ Transformadores \Rightarrow 180\ W$$

$$3\ Módulos\ de\ Inductores \Rightarrow 252\ VA$$

$$3\ Módulos\ de\ Capacitores \Rightarrow 252\ VA$$

$$3\ Módulos\ de\ Resistencias \Rightarrow \underline{280\ VA}$$

$$964\ VA \approx 1\ KVA$$

3.6.2.- Rectificadores de Potencia: Se utilizan de este tipo debido a la potencia que circula en el devanado secundario del autotransformador cuando este opera a su máxima capacidad. Como ya sabemos el rectificador únicamente opera cuando la tensión en el ánodo es mayor a la del cátodo, es como un interruptor que se abre o se cierra según la tensión de sus terminales, entonces permite la circulación de corriente a través de él dejando pasar el semiciclo positivo de una onda senoidal.

Figura (3.19) Rectificadores de potencia empleados en la fuente de alimentación

3.6.3. PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA

Figura (3.20) Interruptor Termomagnético 1 X 3 de 15 Amp.

Se eligió el tipo de interruptores termomagnéticos debido a que es la solución más adecuada para dar protección ante sobrecarga y cortocircuito a las carga derivadas en la fuente de alimentación son los interruptores termomagnéticos QO.

El nombre QO se deriva de “Quick Open” (apertura rápida), debido a un original y exclusivo mecanismo de resortes y levas que acelera la apertura del interruptor. Este interruptor fue el primero en el mercado en una envolvente de ¾ de pulgada de ancho, por polo, con montaje enchufable y con bandera de disparo. Actualmente el QO es ya comúnmente usado en el mercado en donde también se le identifica como “pastilla” o “breaker”

Las principales características de estos interruptores son:

· Corriente nominal de 10 a 125 A
· Tensión máxima 240V.
· Capacidad interruptiva de 10,000A
· Montaje enchufable: Equipos QO
· Montaje atornillable: Equipos QOB
· Bandera indicadora de disparo VISI-TRIP

Aplicaciones

Los interruptores QO dan protección a las cargas generales en casas, negocios, museos, universidades, oficinas, plazas comerciales, industrias, etc. Por lo que son de gran confiabilidad para la protección del equipo eléctrico con el que cuenta nuestra fuente de alimentación

3.6.4. Interruptores Termomagnéticos de 2 amp.

Figura (3.21) Interruptor termomágnetico de 2 amp.

Este tipo de interruptores son usados donde circula una corriente relativamente baja, son utilizados para operar cuando ocurre una sobre-carga o cuando la corriente rebasa el límite establecido. En nuestra fuente de corriente directa son los encargados de proteger a los rectificadores y capacitores figura (3.21).

3.6.5 CAPACITORES

Figura (3.22) Capacitores de cerámica

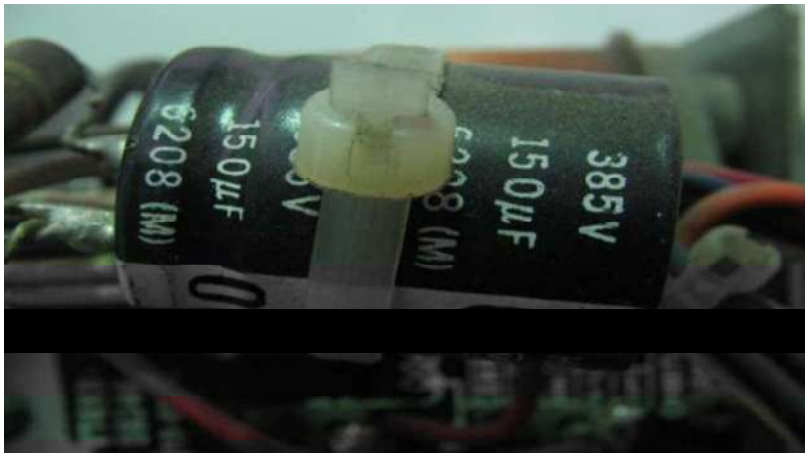


Figura (3.23) Capacitor Electrolítico

Los capacitores de la figura (3.22) nos sirven como protecciones para los diodos al evitar que se dañen cuando ocurren cambios bruscos de voltaje y los de la figura (3.23) son los encargados de filtrar la señal pulsante de CD.

Valores recomendables para el condensador en el filtro del rectificador:

Si se requiere ajustar el valor del condensador al menor posible esta fórmula dará el valor del condensador para que el rizado sea de un 10% de Vo (regla del 10%):

$$\mathbf{C = (5 * I) / (}f\mathbf{ * Vmax)}$$

donde:

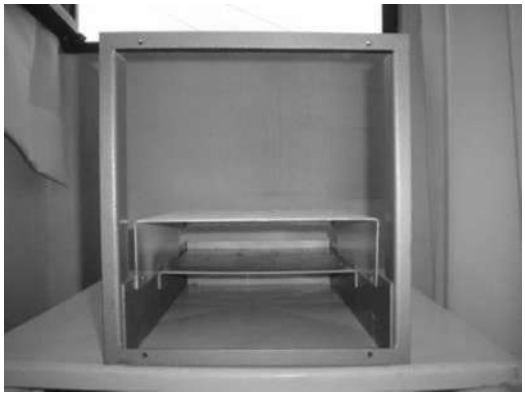
C: Capacidad del condensador del filtro en faradios
I: Corriente que suministrará la fuente
***f*: frecuencia del rectificador**
Vmax: tensión de pico de salida del puente (aproximadamente Vo)

Por lo tanto el valor del capacitor será:

$$C = {}^{5\ (1)}\!\!\diagup\!\!_{(180)\ (169)}$$
$$C = 164.36\ \mu f$$

Como en el mercado no hay valores de ese valor de capacitores, se opto por incluir un capacitor de $C = 150\ \mu f$ que es el valor más cercano al obtenido.

3.6.6. MODULO METÁLICO



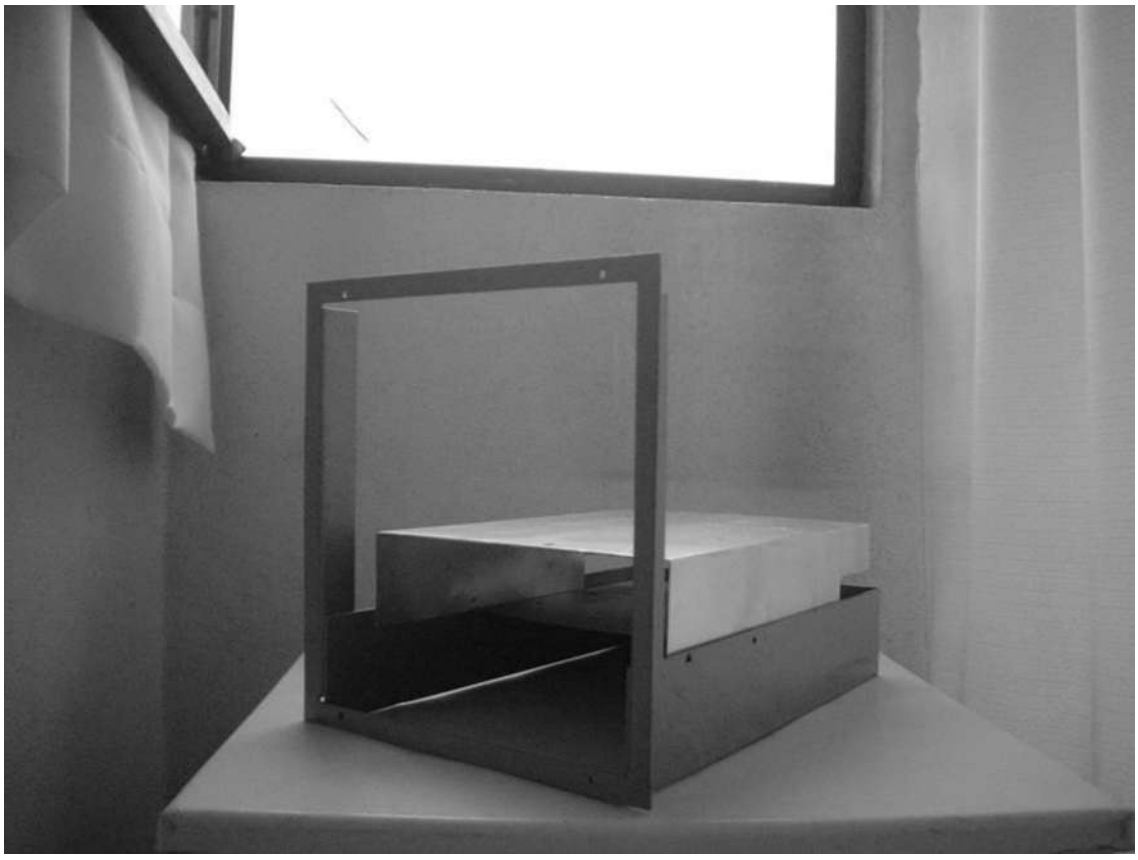


Figura (3.24) Base Metálica que soporta todos los componentes

En esta base figura (3.24) queda el montaje final de todos los elementos, se fabricó en acero de 2 mm de espesor para que pueda soportar el peso de los componentes eléctricos y no tienda a deformarse con el tiempo y el uso que se le dará en el laboratorio.

3.7. PRUEBAS

Ya con todos los componentes dispuestos en su lugar el módulo de la fuente terminada se muestra en las figuras (3.25), (3.26) y (3.27).

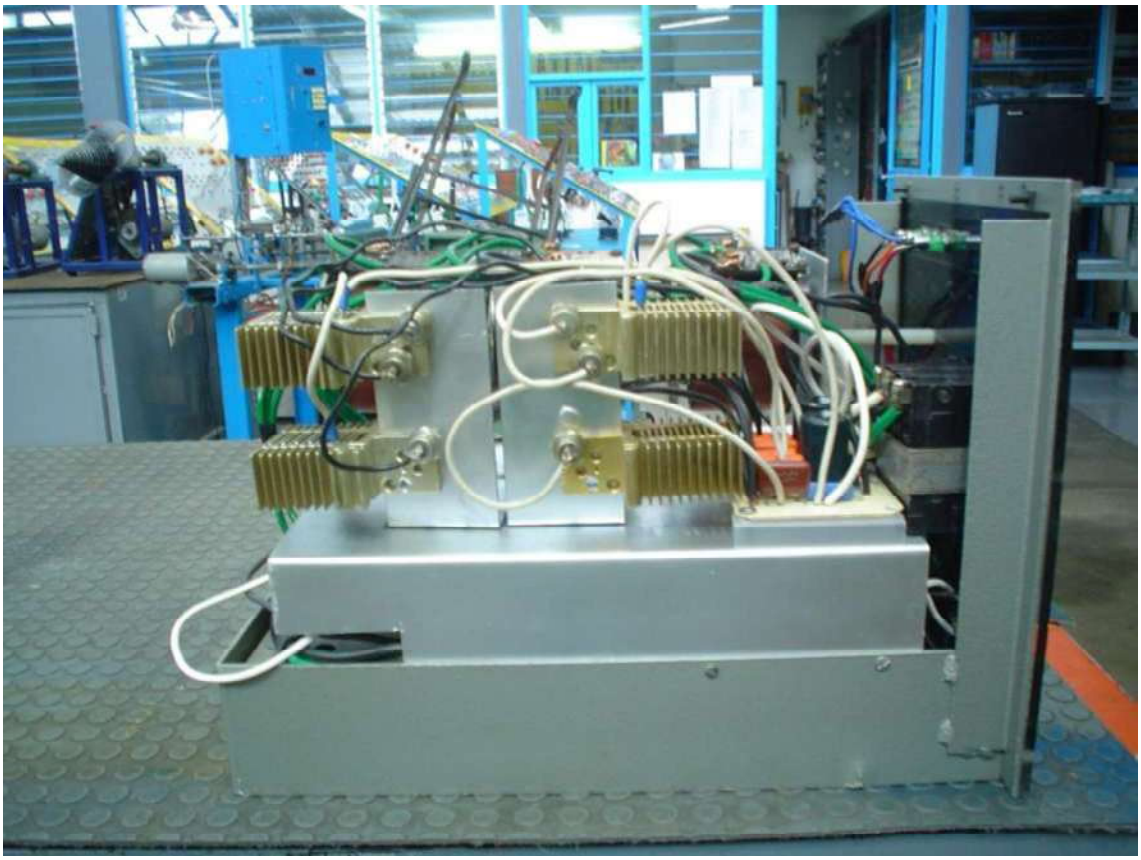


Figura (3.25) Vista lateral del prototipo terminado

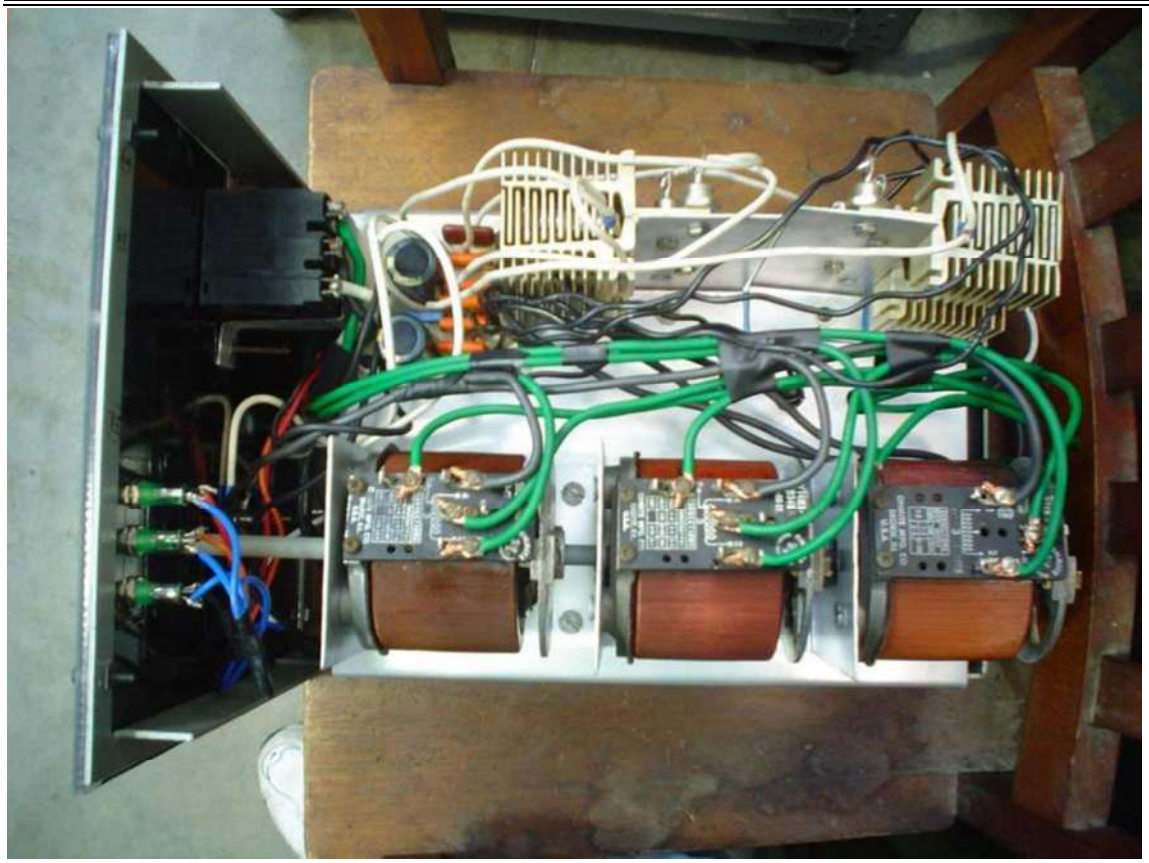


Figura (3.26) Vista superior del prototipo terminado

Figura (3.27) Vista frontal del prototipo

A continuación se muestran las pruebas hechas al prototipo estas consistieron en energizar la fuente en el modo de corriente alterna. Se comprobó que funcionara tanto en voltaje variable como el fijo y el resultado de ambas pruebas fueron satisfactorios, como lo podemos constatar en la imagen presentada en las figuras (3.28), (3.29) y (3.30).

Figura (3.28) Prueba de voltaje de C.A de salida del prototipo

Figura (3.29) Voltaje de 120 V C.A. de salida del prototipo

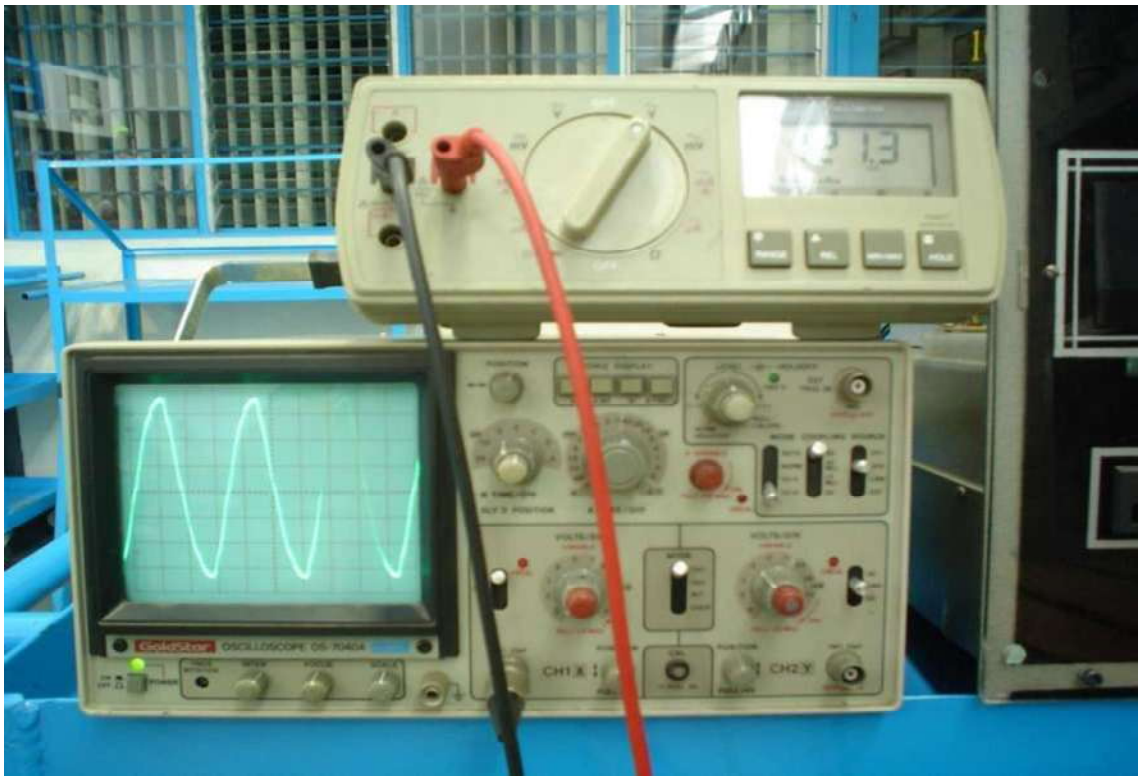


Figura (3.30) Señal de salida en el osciloscopio

Las pruebas en el modo de CD. También consistieron en la medición del voltaje de salida de la fuente, al realizar estas pruebas se obtuvieron los siguientes resultados que podemos ver en las figuras (3.31), (3.32) y (3.33)

Figura (3.31) Voltaje de CD. de salida del prototipo.

Figura (3.32) Voltaje de 120 V de C.D. de salida del prototipo

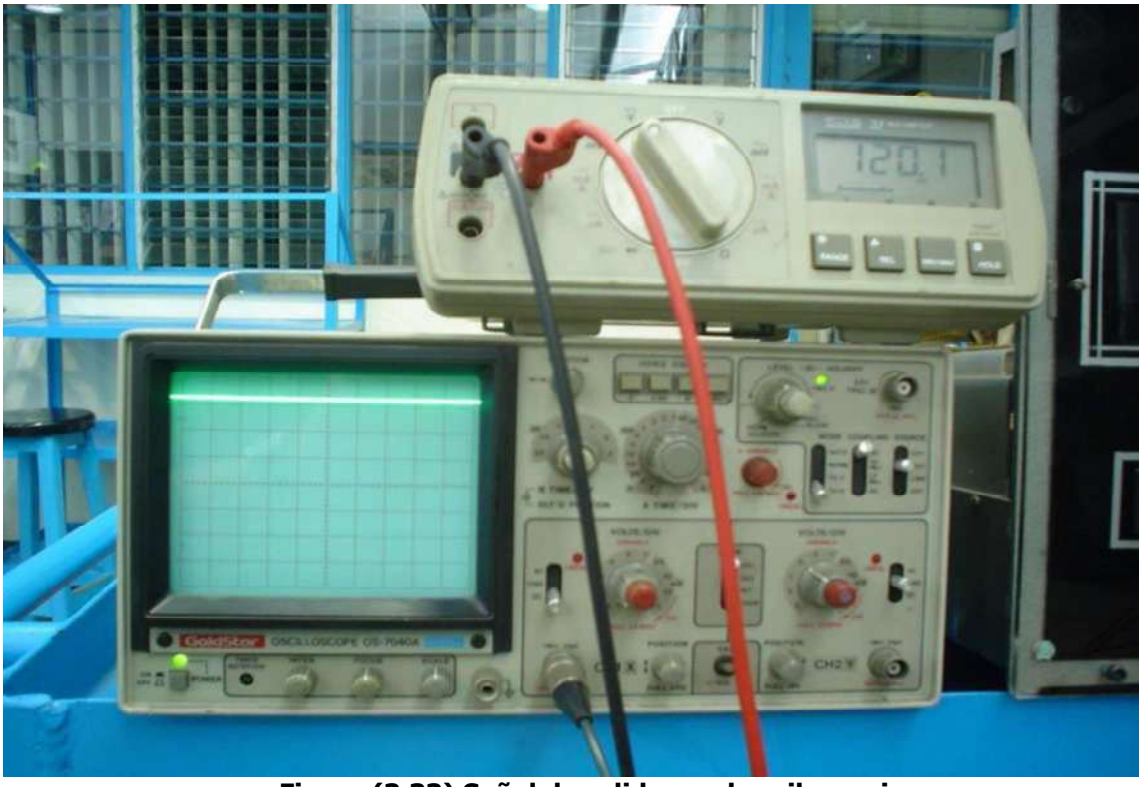


Figura (3.33) Señal de salida en el osciloscopio

Con estas pruebas realizadas que fueron satisfactorias se da por concluido el proyecto, ya que al hacer la comparación con las simulaciones en el software vemos que los resultados para ambas fuentes son prácticamente los mismos.

CAPITULO 4

CONCLUSIONES

4.1.- CONCLUSIONES

En el presente trabajo de tesis se realizó un estudio sobre las fuentes de alimentación, tanto de corriente alterna como de corriente directa y su entorno, es decir, los conceptos fundamentales en los cuales se basa su funcionamiento, además de realizar la simulación de funcionamiento en un ambiente gráfico de programación como es MULTISIM.

Como ya se ha mencionado las fuentes de alimentación son de suma importancia, ya que son las que proveen de energía tanto a circuitos eléctricos, circuitos electrónicos o aparatos eléctricos tanto industriales como domésticos. Se explicó que se dividen en dos grupos principales de corriente directa CD. y corriente alterna CA. Existen distintos tipos de configuraciones o topologías de una fuente de alimentación.

Resulta laborioso la construcción de una fuente de alimentación ya sea fija, regulada o variable (ajustable). El juego de palabras regulada, fija y ajustable, responde a tres conceptos bien diferenciados en la práctica, ya que la parte de regulada, se refiere a la operación interna que se encarga de realizar las auto-correcciones necesarias para que a la salida entregue la tensión establecida como tal, el término de fija, responde al hecho que representa en sí misma que la tensión de salida no varía en más o menos lo previsto en las especificaciones que queden establecidas y por último el término de ajustable evidencia que el usuario puede ajustar la tensión de salida al nivel que en cada momento que necesite.

Cuando necesitamos disponer de una fuente de alimentación con ciertas características, es buena práctica tomarse un tiempo meditando las necesidades que queremos abarcar, es decir, hemos de considerar los márgenes de tensión entre los que podemos vernos obligados a utilizar, entre los cuales es muy conveniente disponer siempre de una tensión mínima de 0 Volts hasta lo que se requiera para alimentar ciertos dispositivos en este caso la fuente a describir llegará hasta 120 volts, en corriente directa y 208 volts en corriente alterna puesto que estos rangos de tensión son muy usados dentro del laboratorio de ingeniería eléctrica o bien lo que nos permita la economía si es de uso particular.

La topología con la que cuenta nuestra fuente motivo de estudio vemos que es un diseño particularmente sencillo, con esto podemos concluir que con un diseño como éste se tiene funcionalidad y economía, por lo tanto al no tener demasiados componentes eléctricos, se tiene un gran ahorro en la construcción de este tipo de fuentes de alimentación, ya que este diseño cumple con las características requeridas de niveles de energía para la implementación de las prácticas que se realizan dentro del laboratorio de ingeniería eléctrica, además de que se requería que fuera un diseño económico pero funcional, esto debido a que el trabajo desarrollado en esta tesis cumplió con el objetivo de que en el laboratorio de ingeniería eléctrica se elaboren o fabriquen este tipo de equipos, para así evitar grandes costos destinados a la compra de estos equipos eléctricos.

4.2.- TRABAJOS FUTUROS

Para trabajos futuros que se puedan realizar a este trabajo de tesis, es la implementación de circuitos compensadores que mantengan un nivel de salida constante independientemente de las cargas que se conecten a la fuente, ya que la fuente realizada tiene la desventaja o inconveniente de que al conectar cargas relativamente grandes como pudieran ser los motores de inducción o de rotor devanado utilizados en el laboratorio de ingeniería eléctrica, el voltaje a la salida de la fuente tiende a caer un poco y por consiguiente

hay que ajustar la perilla de la fuente nuevamente al valor requerido, al implementar este tipo de circuitos compensadores, de esta manera se podría mejorar la eficiencia de la fuente y los resultados en las prácticas realizadas serían más exactos.

Otras trabajos podrían ser la implementación de un amperímetro y un voltímetro en la fuente, que nos de una lectura real y visible del nivel de corriente y voltaje que nos esta entregando la fuente a través de un display lcd y de esta manera tener una lectura exacta y no poner en riesgo el equipo conectado a la fuente, ya que accidentalmente se pudiera accionar la fuente con un voltaje que no sea apropiado para algún equipo y aparte tener la lectura visible en el caso de que la nomenclatura especificada en la parte frontal de la fuente no sea muy clara y de esta manera se tendría mas control sobre el voltaje y corriente entregados por la fuente.

4.3 DATOS TECNICOS

TRANSFORMADOR															
120 V Single Phase															
Line Connection									**Boost Connection**						
Input Voltage			120						120						
Output Voltaje			0-120						0-140						
	Constant Current Load		**Constant Impedance Load**		**Terminals & Rotation**					**Constant Current Load**		**Terminals & Rotation**			
Freq. (Hz)	Max. Amps	Max KVA	Max. Amps	Max KVA	Input CW CCW	Output CW CCW	Junper CW CCW		Freq (Hz)	Max. Amps	Max KVA	Input CW CCW	Output CW CCW	Jumper CW CCW	
50/60	5	0.6	7	0.84	1-4 1-4	1-3 3-4			50/60	5	0.7	1-2 4-5	1-3 3-4		

CAPACITOR :		
TIPO	**CAPACIDAD**	**VOLTAJE**
ELECTROLITICO	150 µf	350 v.
CERAMICA	.47 µf	400 v.

RESISTENCIA:		
TIPO	**WATTS**	**VALOR**
PORCELANA	2 w	15 KΩ

SKN 60F

Stud diode

Fast Recovery Rectifier Diode

SKN 60F

SKR 60F

Features

- Small recovered charge
- Soft recovery
- Up to 1500 V reverse voltage
- Hermetic metal case with glass insulator
- Threaded studs ISO M6 and M8
- SKN: anode to stud; SKR: cathode to stud

Typical Applications

- Inverse diodes for power transistors, GTO thyristors, asymmetric thyristors
- SMPS, inverters, choppers
- A.C. motor control, uninterruptible power supplies (UPS)

V_{RSM} V	V_{RRM} V	I_{FRMS} = 120 A (maximum value for continuous operation) I_{FAV} = 60 A (sin. 180; 1000 Hz; T_c = 100 °C)		
1200	1200	SKN 60F12	SKR 60F12	
1400	1400	SKN 60F14	SKR 60F14	
1500	1500	SKN 60F15	SKR 60F15	
1700	1700	SKN 60F17	SKR 60F17	

Symbol	Conditions	Values	Units
I_{FAV}	sin. 180; T_c = 85 (100) °C	75 (60)	A
I_{FAV}	K3; T_a = 45 °C; sin. 180; 1000 Hz	21,5	A
I_{FSM}	T_{vj} = 25 °C; 10 ms	1400	A
	T_{vj} = 150 °C; 10 ms	1200	A
i^2t	T_{vj} = 25 °C; 8,3 ... 10 ms	9800	A²s
	T_{vj} = 150 °C; 8,3 ... 10 ms	7200	A²s
V_F	T_{vj} = 25 °C; I_F = 150 A	max. 1,75	V
$V_{(TO)}$	T_{vj} = 150 °C	max. 1	V
r_T	T_{vj} = 150 °C	max. 4	mΩ
I_{RD}	T_{vj} = 25 °C; V_{RD} = V_{RRM}	max. 0,4	mA
I_{RD}	T_{vj} = 150 °C; V_{RD} = V_{RRM}	max. 60	mA
Q_{rr}	T_{vj} = 150 °C, I_F = 100 A,	75	µC
I_{RM}	-di/dt = 100 A/µs, V_R = 30 V	70	A
t_{rr}		2100	ns
E_{rr}		-	mJ
$R_{th(j-c)}$		0,5	K/W
$R_{th(c-s)}$		0,25	K/W
T_{vj}		- 40 ... + 150	°C
T_{stg}		- 55 ... + 150	°C
V_{isol}		-	V~
M_s	to heatsink	2,5	Nm
a		5 * 9,81	m/s²
m	approx.	20	g
Case		E 10	

SKN SKR

© by SEMIKRON

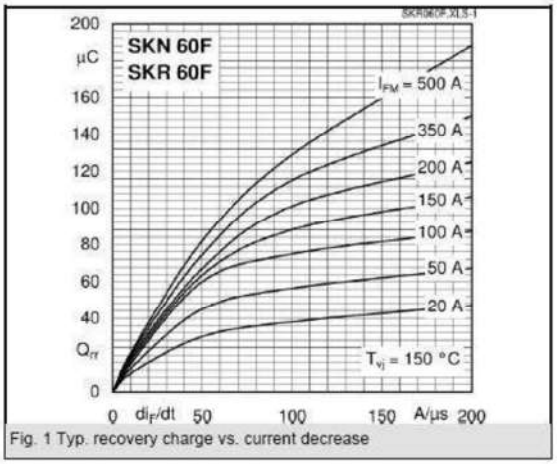


Fig. 1 Typ. recovery charge vs. current decrease

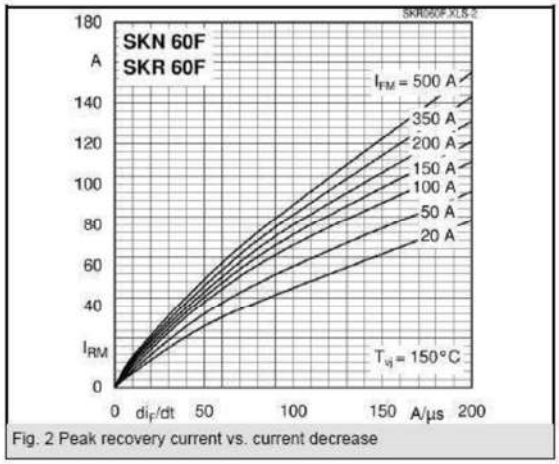


Fig. 2 Peak recovery current vs. current decrease

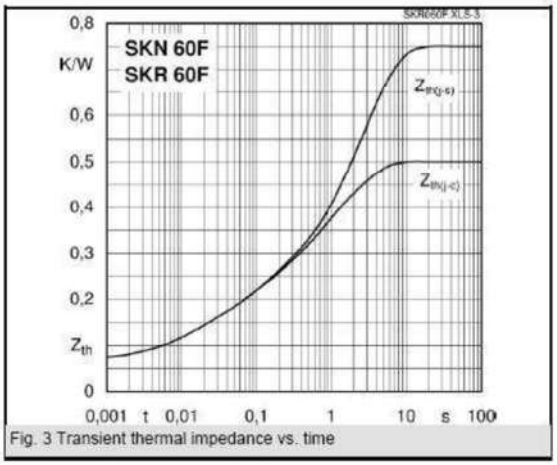


Fig. 3 Transient thermal impedance vs. time

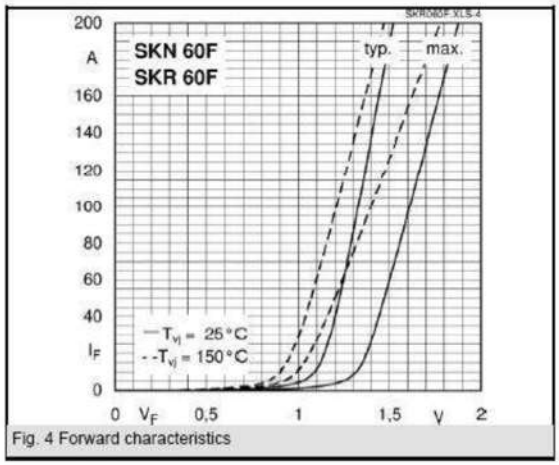


Fig. 4 Forward characteristics

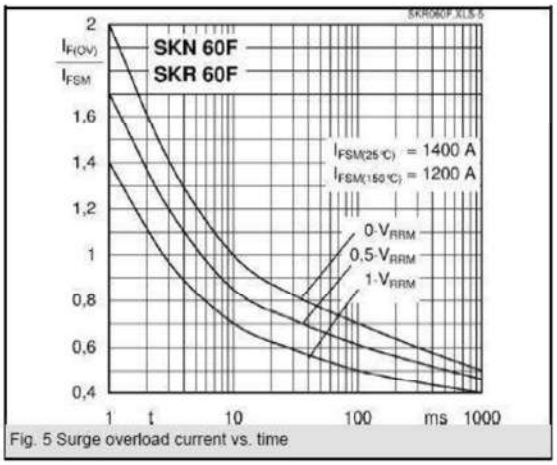


Fig. 5 Surge overload current vs. time

4.4.- BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

Libro:

[BOYLESTAD 1997]

R. L. Boylestad, Electrónica Teoría de Circuitos, México: Prentice Hall, 1997.

Libro:

[GUSSOW 1986]

M. Gussow, Fundamentos de Electricidad, México: McGraw-Hill, 1986.

Libro:

[MILEAF 1987]

H. Mileaf, Curso Practico de Electrónica, México: Editorial Limusa S.A. de C.V. 1987.

Libro:

[CHAPMAN 2000]

S. Chapman, Maquinas Eléctricas, Colombia: McGraw-Hill, 2000.

Libro:

[KEMMERLY – HAYT 2001]

J. Kemmerly – W. Hayt, Análisis de Circuitos en Ingeniería, México: McGraw-Hill, 2001.