



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE
MEDICIÓN PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES ELÉCTRICAS
APLICADAS AL CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN DE
RODAMIENTOS PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA
DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

**EDWIN SANTIAGO TACOAMÁN RIVERA
WILLIAN ALFREDO MARTÍNEZ JIMÉNEZ**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-12-19

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

WILLIAN ALFREDO MARTÍNEZ JIMÉNEZ

Titulada:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES ELÉCTRICAS APLICADAS AL CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Marco Santillán G.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Santillán G.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. German Llamuca M.
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-12-19

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

EDWIN SANTIAGO TACOAMÁN RIVERA

Titulada:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES ELÉCTRICAS APLICADAS AL CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Marco Santillán G.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Santillán G.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. German Llamuca M.
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: WILLIAN ALFREDO MARTÍNEZ JIMÉNEZ

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES ELÉCTRICAS APLICADAS AL CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA.”

Fecha de Examinación: 2014-10-21

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Fernando Gonzales P. PRESIDENTE(A) TRIB. DEFENSA			
Ing. Marco Santillán G. DIRECTOR(A) DE TESIS			
Ing. German Llamuca M. ASESOR(A)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El (La) Presidente (a) del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Fernando González.

PRESIDENTE (A) DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: EDWIN SANTIAGO TACOAMÁN RIVERA

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEDICIÓN PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES ELÉCTRICAS APLICADAS AL CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA.”

Fecha de Examinación: 2014-10-21

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Fernando Gonzales P. PRESIDENTE(A) TRIB. DEFENSA			
Ing. Marco Santillán G. DIRECTOR(A) DE TESIS			
Ing. German Llamuca M. ASESOR(A)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El (La) Presidente (a) del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Fernando González.

PRESIDENTE (A) DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Edwin Santiago Tacoamán Rivera

f) Willian Alfredo Martínez Jiménez

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios quien me dio la oportunidad de educarme en esta prodigiosa politécnica y a mi familia que son mi sostén en todos los ámbitos de la vida.

A mi madre que cuando estuvo junto a nosotros siempre fue esa mujer única quien supo guiarme por el sendero del bien, sé que desde el cielo siempre me cuidas.

A mi padre quien es el motor que me impulsa a seguir adelante quien me apoya y me da fuerzas día a día para lograr mi sueño.

A mi hermano con quien compartí historias que no se borrarán nunca de mi mente.

A mi hermana y su familia quienes están ahí cuando la vida me da oportunidades de aprender, sé que siempre cuento con todos ustedes.

Edwin Santiago Tacoamán Rivera

Con mucho amor a mis padres por ser mi pilar fundamental que día a día me brindan el apoyo y la fuerza necesaria para conseguir mis metas y objetivos planteados.

A mis hermanos que siempre estuvieron para ofrecerme una palabra de aliento y esperanza.

A mi querida y amada esposa por ser la persona que llena y complementa mi vida y felicidad.

A mi hijita por ser el motivo y luz de mis ojos, que me llevo a culminar con éxito mi carrera profesional.

A toda mi familia por incentivar y motivarme a cumplir mis sueños.

Willian Alfredo Martínez Jiménez

AGRADECIMIENTO

Nuestra gratitud, principalmente a Dios por habernos dado la vida y permitirnos llegar al final de nuestra carrera profesional.

El más sincero agradecimiento a la **Escuela Superior Politécnica del Chimborazo**, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarnos la oportunidad de obtener un título académico-profesional y ser personas útiles a la sociedad.

A todas y todos quienes de una u otra manera han colocado un granito de arena para el logro de este trabajo de graduación, agradecemos de forma sincera su valiosa colaboración.

Agradecemos sincera e inmensamente hoy y siempre a nuestras queridas familias por el esfuerzo realizado. A nuestros padres y demás familiares que nos animan con su alegría y nos brindan fortaleza y sabiduría para seguir adelante.

A nuestro director y nuestro asesor de Tesis, **Ing. Marco Santillán G.** e **Ing. Germán Llamuca M.**, por su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para nuestra formación como INGENIEROS.

Y en especial a todos los amigos, compañeros y personas que nos ayudaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Willian Alfredo Martínez Jiménez
Edwin Santiago Tacoamán Rivera

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación técnico – económica.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Introducción.....	4
2.2 Tipos de señales.....	5
2.2.1 <i>Señales analógicas</i>	6
2.2.2 <i>Señales digitales</i>	6
2.3 Importancia del análisis de señales.....	7
2.4 Osciloscopio y generador de funciones.....	7
2.4.1 <i>Introducción al osciloscopio</i>	7
2.4.2 <i>El osciloscopio</i>	8
2.4.3 <i>Funciones del osciloscopio</i>	8
2.4.4 <i>Tipos de osciloscopios</i>	9
2.4.5 <i>Funcionamiento del osciloscopio</i>	9
2.4.6 <i>El generador de funciones</i>	12
2.5 Dispositivos de electrónica de potencia.....	15
2.5.1 <i>Dispositivos semiconductores de potencia</i>	16
2.6 Calentamiento por inducción.....	18
2.6.1 <i>Principio de funcionamiento</i>	19
2.6.2 <i>Generación del calor en la carga</i>	21
2.6.2 <i>Aplicaciones más utilizadas del calentamiento inductivo</i>	24
2.6.3 <i>Elementos utilizados en el equipo calentador de rodamientos</i>	26
2.6.4 <i>Variación de los rangos de temperatura</i>	29

3.	DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE SEÑALES ELÉCTRICAS.....	30
3.1	Requerimientos para implementación de la estación de medición.....	30
3.2	Descripción de los equipos que integran la estación de trabajo.....	31
3.2.1	<i>Fuente de poder AC/DC.....</i>	31
3.2.2	<i>Pinza amperimétrica.....</i>	39
3.2.3	<i>Multímetro digital.....</i>	40
3.3	Montaje de los equipos a implementarse en la estación de medición.....	40
3.4	Pruebas de funcionamiento de la estación de medición.....	44
3.5	Diseño y construcción del calentador de rodamientos por inducción.....	45
3.6	Toma de mediciones en los dispositivos del calentador de rodamientos activado por medio del termómetro digital con pantalla LCD.....	50
4.	CÁLCULO DE CIRCUITOS Y ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO POR INDUCCIÓN.....	57
4.1	Cálculo y selección de los componentes del circuito electromagnético.....	57
4.1.1	<i>Cálculo del núcleo Fe-Si.....</i>	57
4.1.2	<i>Intensidad del primario.....</i>	57
4.1.3	<i>Potencia del primario.....</i>	58
4.1.4	<i>Sección del núcleo.....</i>	58
4.1.5	<i>Número de espiras por voltio.....</i>	58
4.1.6	<i>Número de espiras.....</i>	59
4.1.7	<i>Relación de transformación.....</i>	59
4.1.8	<i>Voltaje del secundario.....</i>	59
4.1.9	<i>Calculo de intensidad en el secundario.....</i>	59
4.1.10	<i>Número de espiras en el secundario.....</i>	60
4.1.11	<i>Sección del primario.....</i>	60
4.1.12	<i>Diámetro del conductor de la bobina del primario.....</i>	61
4.2	Selección de los elementos del circuito electromagnético y de automatización.....	61

5.	MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y GUÍAS DE LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA	66
5.1	Manual de operación.....	66
5.1.1	<i>Manual de operación del osciloscopio.....</i>	68
5.1.2	<i>Manual de operación del generador de funciones.....</i>	70
5.2	Manual de mantenimiento.....	74
5.2.1	<i>Cuidados generales y limpieza.....</i>	78
5.3	Guías de laboratorio.....	78
5.3.1	<i>Guía de laboratorio N.- 1.....</i>	79
5.3.2	<i>Guía de laboratorio N.- 2.....</i>	92
5.3.3	<i>Guía de laboratorio N.- 3.....</i>	100
5.3.4	<i>Guía de laboratorio N.- 4.....</i>	103
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
6.1	Conclusiones.....	106
6.2	Recomendaciones.....	107
	BIBLIOGRAFÍA.....	108
	ANEXOS.....	110

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Propiedades de los núcleos.....	26
2	Elementos necesarios para la estación de trabajo.....	30
3	Características de la fuente de poder de 24V DC.....	32
4	Características de la lámpara piloto.....	33
5	Características del Variac.....	34
6	Característica de los breakers termomagnético.....	34
7	Características del borne tipo banana.....	35
8	Características del fusible y porta fusible.....	35
9	Características del potenciómetro.....	36
10	Características del interruptor selector de 2P.....	36
11	Características del interruptor panel.....	37
12	Características del conector macho y hembra.....	38
13	Características del cable concéntrico.....	38
14	Características del cable flexible.....	39
15	Características de la pinza amperimétrica.....	39
16	Característica del multímetro digital.....	40
17	Parámetros de las señales en la carga.....	51
18	Parámetros de las señales en la resistencia de 10K Ω	52
19	Parámetros de las señales en el condensador de 22 μ F.....	53
20	Parámetros de las señales en el cristal de 4 MHz.....	54
21	Parámetros de las señales en el pin 33 del PIC 16F877A.....	55
22	Parámetros de las señales medidas en el pin 37 del PIC 16F877A.....	56
23	Características del fusible.....	61
24	Selección de tiempos del Timmer.....	62
25	Características del sensor LM35.....	64
26	Características del condensador.....	65

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Clasificación de las señales eléctricas.....	5
2	Señales analógicas a) senoidales de frecuencia constante b) continua.....	6
3	Señal digital.....	6
4	Onda rectificada.....	7
5	Osciloscopio.....	8
6	Tipos de tensiones.....	10
7	Correa conductora a tierra.....	10
8	Botón de encendido.....	11
9	Conectores.....	11
10	Controles verticales.....	12
11	Generador de funciones.....	13
12	Partes del generador de funciones.....	13
13	Formas de onda.....	14
14	Relación de la electrónica de potencia con la energía, la electrónica y el control.....	16
15	Transistores NPN.....	17
16	Principio de funcionamiento del calentamiento inductivo.....	20
17	Circuito equivalente del inductor-carga.....	21
18	Núcleo de Fe-Si.....	26
19	Termómetro digital.....	27
20	Pantalla de cristal líquido.....	27
21	Microcontrolador 16F877A.....	28
22	Diagrama del sensor de temperatura.....	28
23	Botones de control de temperatura máxima y mínima.....	29
24	Selección de rangos de temperatura.....	29
25	Fuente de poder de AC/DC.....	31
26	Estructura para el montaje de la fuente de poder de AC y DC.....	32
27	Fuente de poder de 24V DC.....	32
28	Lámpara piloto.....	33

29	Variac.....	33
30	Breakers termomagnéticos.....	34
31	Borne tipo banana.....	35
32	Fusibles de protección.....	35
33	Potenciómetro.....	36
34	Interruptor selector de 2P.....	36
35	Interruptor panel de 2P.....	37
36	Conector macho y hembra.....	37
37	Cable concéntrico.....	38
38	Cable flexible.....	39
39	Pinza amperimétrica.....	39
40	Multímetro digital.....	40
41	Diseño eléctrico y estructural de la fuente AC/DC.....	41
42	Diseño de la fuente de poder AC/DC.....	42
43	Corte del tool negro.....	42
44	Soldada de la fuente de poder.....	42
45	Montaje de elementos y conexiones eléctricas.....	43
46	Señalización del equipo.....	43
47	Verificación de la fuente de poder de AC/DC.....	44
48	Caja plástica para conexiones.....	45
49	Perforación de la caja plástica.....	45
50	Núcleo bobinado.....	46
51	Núcleo protegido.....	46
52	Montaje del núcleo.....	46
53	Sujeción del núcleo.....	47
54	Diagrama de conexiones.....	47
55	Luz piloto.....	47
56	Pulsador de arranque.....	48
57	Pulsador de paro.....	48
58	Montaje de riel.....	48
59	Bases del relé y del timmer.....	49
60	Breaker.....	49
61	Conexiones del calentador.....	49

62	Montaje del prensaestopas.....	50
63	Toma de medidas en la carga.....	50
64	Onda senoidal medida en la carga.....	51
65	Toma de medidas en la resistencia de 10K Ω	52
66	Onda senoidal medida en la resistencia de 10 K Ω	52
67	Toma de medidas en el condensador de 22 μ F.....	53
68	Onda senoidal medida en el condensador de 22 μ F.....	53
69	Toma de medidas en el cristal de 4 MHz.....	54
70	Onda senoidal medida en el cristal de 4MHz.....	54
71	Toma de medidas en el pin 33 del PIC 16F877A.....	55
72	Onda senoidal medida en el pin 33 del PIC 16F877A.....	55
73	Toma de medidas en el pin 37 del PIC 16F877A.....	56
74	Onda senoidal medida en el pin 37 del PIC 16F877A.....	56
75	Área del núcleo.....	57
76	Timmer.....	62
77	Relé.....	63
78	Pulsadores de arranque y parada.....	63
79	Sensor de temperatura LM35.....	63
80	Resistencias.....	64
81	Condensador cerámico.....	65
82	Triac.....	65
83	Botón de encendido.....	68
84	Configuración predeterminada.....	69
85	Probe Comp.....	69
86	Gráfica de la autoconfiguración.....	69
87	Protección de los dedos.....	70
88	Alimentación del generador.....	70
89	Botón de encendido.....	71
90	Conexión entre el generador de funciones y el osciloscopio.....	71
91	Botón Sine.....	71
92	Botón continuo.....	72
93	Botón on/off.....	72
94	Botones de acceso directo.....	73

95	Parámetro de la frecuencia.....	73
96	Habilidades del equipo de mantenimiento autónomo.....	74
97	Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica.....	81
98	Esquema de un osciloscopio de dos canales.....	84
99	Esquema simple de un osciloscopio de dos canales.....	85
100	Observación de señales en un circuito serie.....	85
101	Ondas de corriente.....	87
102	Medición de voltaje en un circuito de electrónica utilizando un instrumento a tierra con un osciloscopio.....	90
103	Circuito SCR.....	95
104	Ángulo de conducción.....	96
105	Disparo del SCR.....	97
106	Relación de Erms/Epico.....	99
107	Circuito con DIAC.....	102

LISTA DE ABREVIACIONES

N	Número de espiras del inductor
i	Corriente que lo atraviesa
H	Campo magnético
l	Longitud del circuito
\mathcal{E}	Fuerza electromotriz inducida
Φ	Flujo del campo magnético
P	Potencia disipada en la resistencia equivalente de la pieza a calentar
R_{eq}	Resistencia por la que circula la corriente inducida (iF)
W_e	Pérdidas por corrientes de Foucault
K	Constante de proporcionalidad
f	Frecuencia
B_m	Densidad de flujo máxima
W	Pérdidas por histéresis
B	Densidad de flujo magnético
δ	Profundidad de penetración de la corriente en la carga
ρ	Resistividad del material
μ_r	Permeabilidad relativa del material
β	Valor de la inducción
S	Sección del núcleo
m	Relación de transformación
N_s	Número de espiras
D	Densidad máxima de corriente
S_p	Sección del primario

LISTA DE ANEXOS

- A** Especificaciones de dispositivos semiconductores de potencia
- B** Características y símbolos de algunos dispositivos de potencia
- C** Valor de la densidad máxima de corriente para el cálculo de la sección del conductor
- D** Tablas AWG para la selección del conductor del bobinado primario
- E** Datos técnicos del osciloscopio digital
- F** Datos técnicos del generador de funciones
- G** Programación del osciloscopio digital
- H** Programación del generador de funciones
- I** Manual de rodamientos
- J** Resistividad de materiales
- K** Dilatación y variación de temperatura
- L** Identificación de las partes del osciloscopio y generador de funciones
- M** Microcontrolador 16F877A y programación en lenguaje PIC BASIC.

RESUMEN

El trabajo de graduación consiste en el diseño e implementación de una estación de medición para el análisis de señales eléctricas aplicadas al calentamiento por inducción de rodamientos para el laboratorio de electrónica de la Facultad de Mecánica.

Se implementó la estación de medición y análisis de señales eléctricas con equipos y herramientas actuales complementándolo con su respectivo manual de operación y mantenimiento, asimismo se elaboró guías de laboratorio de electrónica de potencia.

Además se indica los controles básicos, principio de funcionamiento, montaje, instalación y programación de los diferentes equipos adquiridos, ayudándonos a complementar los conceptos teóricos recibidos en las diferentes cátedras.

Por otro lado en los calentadores de rodamientos que funcionan por el método de inducción magnética, la corriente que circula a través de una bobina genera un campo magnético variable que induce una corriente en el rodamiento, y debido a la resistencia eléctrica de éste se generan pérdidas en forma de calor, con lo cual se produce una expansión de sus dimensiones. Con este equipo, el proceso de montaje se hace más fácil, menos peligroso, más limpio y no daña al rodamiento, dándole un mayor rendimiento y aumentando su vida útil.

El equipo está integrado con el termómetro de temperatura digital con pantalla LCD que cumple la función de controlar al calentador de rodamientos para que no exceda la temperatura del calentamiento y así el rodamiento no sufra daños en su estructura y superficie, este mencionado equipo funciona mediante la programación de un microcontrolador 16F877A mediante el software Pic Basic

ABSTRACT

The current graduation work is about the design and implementation of a measure station for the analysis of electrical signals applied to the heating induction for the laboratory of Electronics of the Faculty of Mechanics.

It was implemented a station for measurement and analysis of electric signals with modern equipment and tools including its corresponding operative and maintenance manual; additionally, some laboratory guides for electronics and power were elaborated.

Additionally, it is described the basic control, working principles, assembling, installation and programming of the different purchased equipment, helping so to complement the theoretical concepts acquired through the different subjects.

On the other hand, the bearing heaters working by the magnetic induction method, the current flowing through the coil generates a variable magnetic field which causes some current in the bearing, and due to the electrical resistance of it, it generated loss as heat and thus, an expansion on its dimensions. With this equipment, the assembling process is easier, less dangerous, cleaner and does not affect the bearing, causing higher performance and increasing its lifetime.

The equipment is integrated with the digital thermometer with LCD screen, which controls the bearing heater so that it does not exceed the warming temperature and this way the bearing is not affected on its structure and surface. This equipment Works through the programming of a 16F877A microcontroller by means of the Pic Basic software.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el laboratorio de Electrónica perteneciente a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica, existen equipos de medición y análisis de señales, que se encuentran desactualizados y que ya han cumplido su vida útil.

Es importante la implementación de una estación de medición y análisis de señales porque ayuda en la formación profesional. Sin dejar de lado la intervención del ser humano ya que se encarga del diseño, desarrollo y control de los procesos dentro de la industria.

La implementación del laboratorio de electrónica tiene como finalidad que los estudiantes realicen prácticas de laboratorio de una forma confiable, eficiente y segura permitiendo así que los estudiantes se involucren con las nuevas tecnologías.

Todos los materiales conductores de electricidad ofrecen una resistencia al flujo de las cargas eléctricas, dicha resistencia produce la transformación de la energía eléctrica en energía térmica, ocasionando así un incremento de temperatura en el material conductor, esta transferencia de energía es descrita por la Ley de Joule. El calentamiento por inducción electromagnética es una aplicación directa de la Ley de Faraday-Maxwell.

1.2 Justificación técnico – económica

La implementación de una estación de medición y análisis de señales eléctricas en el laboratorio de electrónica sirven de complemento para la formación profesional de los estudiantes de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, que se benefician con el uso de los laboratorios existentes. El laboratorio de Electrónica de la Facultad de

Mecánica actualmente dispone de equipos obsoletos, con lo cual se ha visto la necesidad de implementar seis osciloscopios, cuatro generadores de funciones o señales, seis pinzas amperimétricas y seis multímetros así como la elaboración del manual de prácticas de electrónica de potencia para representar y constatar el proceso completo de los diferentes sistemas electrónicos, haciéndolos más didácticos para las distintas prácticas que se realizan en el laboratorio y desarrollar de mejor manera las destrezas y habilidades de los estudiantes.

Dado que la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento no cuenta con los suficientes recursos para la renovación de los módulos y adquisición de los equipos para el laboratorio de electrónica, resulta conveniente que por medio de trabajos de investigación desarrollado por los estudiantes, se logren mejorar y adquirir los equipos para los laboratorios como aporte a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, la Facultad de Mecánica y por ende a la ESPOCH.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.*

Diseñar e implementar una estación de medición para el análisis de señales eléctricas aplicadas al calentamiento por inducción de rodamientos para el laboratorio de Electrónica de la Facultad de Mecánica.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Diseñar el circuito de mando y potencia del calentador de rodamientos por inducción.

Elaborar la programación y el circuito del termómetro digital en el Pic 16F877A mediante la aplicación del programa Microcode estudio.

Seleccionar los elementos y dispositivos adecuados para la construcción del termómetro digital con pantalla LCD para el mando y control del calentador de rodamientos.

Construir la estación de medición de corriente alterna y corriente continua variables aplicando elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos.

Desarrollar las pruebas de funcionamiento y mediciones del calentador de rodamientos.

Realizar guías de prácticas con el empleo de electrónica de potencia.

Implementar la estación de medición de señales eléctricas y el calentador de rodamientos por inducción en el Laboratorio de Electrónica de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

Debido a la fuerza que se necesita durante el montaje de rodamientos para aplicaciones industriales, se hace imprescindible un método que facilite dicho proceso. Por tal motivo, se ha utilizado a través del tiempo distintos sistemas que cumplen el objetivo, como por ejemplo el montaje por presión o montaje por calor. Este último ha sido el que ha cumplido de mejor forma los requerimientos del proceso ya que a través de la variación de temperatura en el rodamiento se produce una expansión de las dimensiones de éste con lo cual se hace más fácil su ubicación sobre el eje.

Dentro del montaje por calor existen distintas alternativas, como sistemas de llama abierta, hornos industriales, baños de aceite, etc. Sin embargo el método con mayores ventajas con respecto a los anteriormente mencionados es el calentamiento inductivo.

El calentamiento por inducción magnética es la mejor manera de montar un rodamiento y la mayor ventaja con respecto a otros métodos de calentamiento es que el calentador no daña al rodamiento, dándole un mayor rendimiento.

La vida útil del rodamiento es afectada por muchos factores externos. Por lo tanto, el ingeniero y los técnicos encargados del mantenimiento deben tener estos factores en mente y estudiar maneras de reducir sus efectos a los rodamientos.

Todos los sistemas de calentamiento inductivo son desarrollados usando el principio de inducción electromagnética, el cual fue descubierto por Michael Faraday y Joseph Henry en 1831. La inducción electromagnética refiere al fenómeno por el cual la corriente eléctrica es generada en un circuito cerrado por la fluctuación de corriente en otro circuito cercano. La magnitud de tensión inducida es proporcional a la variación del flujo magnético. (KRETZMANN, 2012)

En los métodos de calefacción más comunes, una antorcha o llama abierta se aplica directamente a la parte de metal. Pero con el calentamiento por inducción, el calor está realmente "inducido" dentro de la propia parte por circulación de las corrientes eléctricas.

Desde que el calor es transmitido al elemento a calentar vía ondas electromagnéticas, el elemento nunca entra en contacto directo con cualquier llama, la bobina misma no se calienta, y no hay una producción de contaminación.

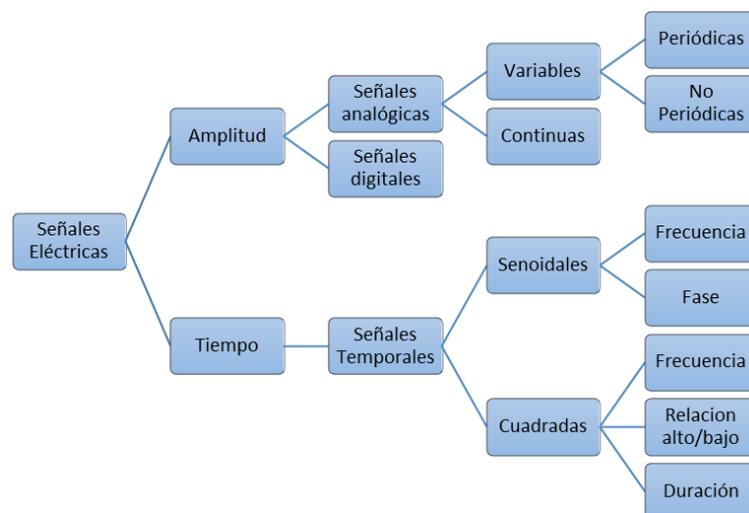
Cuando realmente el proceso se ha puesto en marcha, éste se vuelve un proceso repetitivo y controlable.

2.2 Tipos de señales

Una señal es una alteración que se introduce o que aparece en el valor de una magnitud cualquiera y que sirve para transmitir información.

Una señal eléctrica es una alteración en una tensión, corriente, potencia u otra magnitud eléctrica empleada para transmitir información. La tensión entre dos puntos de un circuito o la corriente a través de un elemento puede variar a lo largo del tiempo y representar una información.

Figura 1: Clasificación de las señales eléctricas



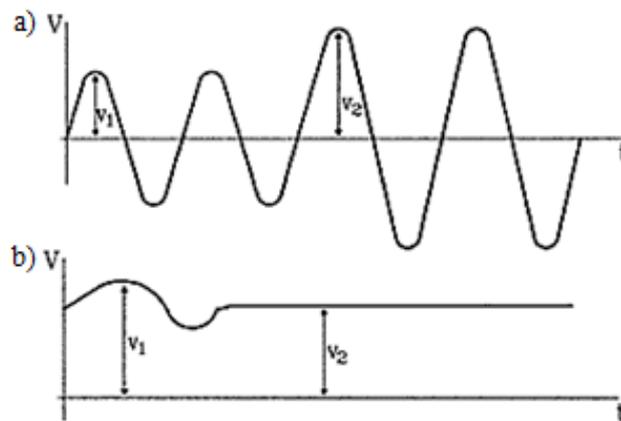
Fuente: Autores

2.2.1 Señales analógicas. Las señales analógicas son aquellas que pueden tomar cualquier valor dentro de unos determinados márgenes y que llevan la información en su amplitud.

Un caso típico son las señales senoidales de frecuencia constante que representan la información mediante su amplitud (Figura 2 a), y constituyen un ejemplo de señal analógica periódica.

Las señales analógicas continuas son aquellas que se pueden descomponer en una suma de senoides cuya frecuencia mínima es cero (Figura 2 b), y que representan también la información mediante su amplitud.

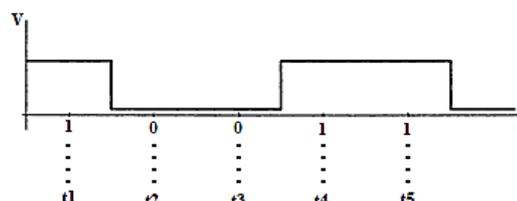
Figura 2. Señales analógicas a) senoidales de frecuencia constante b) continua



Fuente: (HART, 2005)

2.2.2 Señales digitales. Las señales digitales son aquellas que sólo toman un número finito de niveles o estados entre un máximo y un mínimo. Las más utilizadas son las binarias que solo pueden tener dos niveles que se asignan a los números binarios 0 y 1. Una variable binaria recibe el nombre de bit.

Figura 3. Señal digital

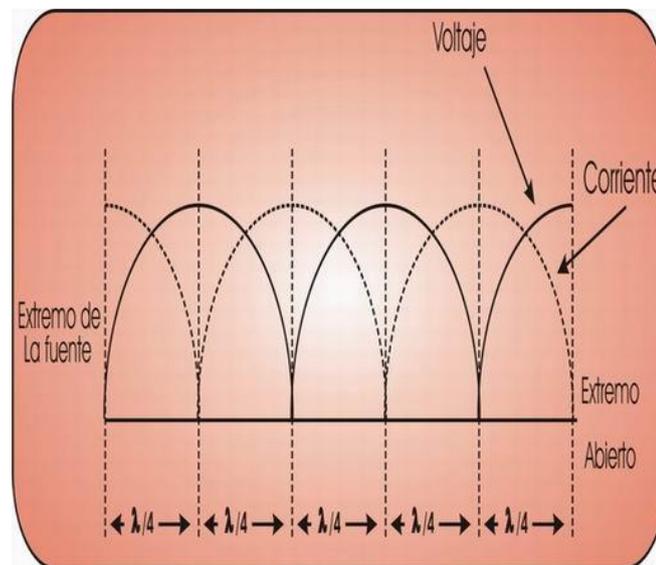


Fuente: (HART, 2005)

2.3 Importancia del análisis de señales

Lo más importante en el análisis de las señales eléctricas y en sus formas de ondas al observar en el instrumento de medida en este caso el osciloscopio es que claramente se puede observar la eficiencia y buen rendimiento de un rectificador al tratar de que la onda no pase hacia debajo del gráfico en donde se encuentran los valores negativos y al observar este fenómeno se notara que existe una reducción de voltaje a la salida del circuito, mediante la utilización de los convertidores se puede mantener el voltaje de salida y este se lo puede comprobar observando la señal en el osciloscopio ya que se mantendría en la parte superior.

Figura 4. Onda rectificada



Fuente: (WILLIAMS, 2008)

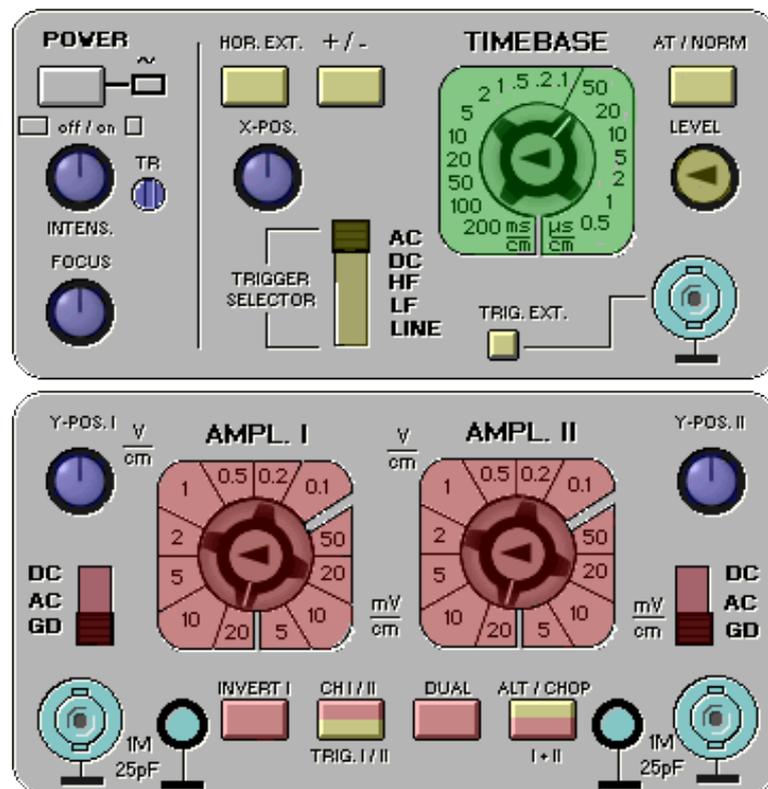
2.4 Osciloscopio y generador de funciones

2.4.1 Introducción al osciloscopio. El funcionamiento del osciloscopio está basado en la posibilidad de desviar un haz de electrones por medio de la creación de campos eléctricos y magnéticos. En la mayoría de osciloscopios, la desviación electrónica, llamada deflexión, se consigue mediante campos eléctricos. Ello constituye la deflexión electrostática. Una minoría de aparatos de osciloscopía especializados en la visualización de curvas de respuesta, emplean el sistema de deflexión electromagnética. El proceso de deflexión del haz electrónico se lleva a cabo en el vacío creado en el

interior del llamado tubo de rayos catódicos (TRC). En la pantalla de éste es donde se visualiza la información aplicada. (GÓMEZ, 2010)

2.4.2 El osciloscopio. Es básicamente un dispositivo de visualización gráfica que muestra señales eléctricas variables en el tiempo. El eje vertical, a partir de ahora denominado y, representa el voltaje; mientras que el eje horizontal, denominado x, representa el tiempo.

Figura 5. Osciloscopio



Fuente: (TEKTRONIX)

2.4.3 Funciones del osciloscopio. Básicamente con un osciloscopio se puede realizar varias funciones como las que se describen a continuación.

- ❖ Determinar directamente el periodo y el voltaje de una señal.
- ❖ Determinar indirectamente la frecuencia de una señal.
- ❖ Determinar que parte de la señal es DC y cual AC.
- ❖ Localizar averías en un circuito.
- ❖ Medir la fase entre dos señales.
- ❖ Determinar que parte de la señal es ruido y como varia este en el tiempo.

Un osciloscopio puede medir un gran número de fenómenos, provisto del transductor adecuado (un elemento que convierte una magnitud física en señal eléctrica) será capaz de darnos el valor de una presión, ritmo cardiaco, potencia de sonido, nivel de vibraciones en un coche, etc.

2.4.4 Tipos de osciloscopios. Los equipos electrónicos se dividen en dos tipos: analógicos y digitales. Los primeros trabajan con variables continuas mientras que los segundos lo hacen con variables discretas. Por ejemplo un tocadiscos es un equipo analógico y un disco compacto es un equipo digital.

Los osciloscopios analógicos trabajan directamente con la señal aplicada, ésta una vez amplificada desvía un haz de electrones en sentido vertical proporcionalmente a su valor. En contraste los osciloscopios digitales utilizan previamente un conversor analógico-digital (A/D) para almacenar digitalmente la señal de entrada, reconstruyendo posteriormente esta información en la pantalla.

Ambos tipos tienen sus ventajas e inconvenientes. Los analógicos son preferibles cuando es prioritario visualizar variaciones rápidas de la señal de entrada en tiempo real. Los osciloscopios digitales se utilizan cuando se desea visualizar y estudiar eventos no repetitivos (picos de tensión que se producen aleatoriamente).

2.4.5 Funcionamiento del osciloscopio. Esta sección describe cuales son los pasos a seguir para el correcto manejo del osciloscopio.

❖ Colocar a tierra el osciloscopio: Por seguridad es obligatorio colocar a tierra el osciloscopio. Si se produce un contacto entre un alto voltaje y la carcasa de un osciloscopio no puesto a tierra, cualquier parte de la carcasa incluidos los mandos, puede producirle un peligro de shock. Mientras que un osciloscopio bien colocado a tierra, la corriente que en el anterior caso se atravesaría, se desvía a la conexión de tierra.

Para conectar a tierra un osciloscopio se necesita unir el chasis del osciloscopio con el punto de referencia neutro de tensión (comúnmente llamado tierra).

Figura 8. Botón de encendido



Fuente: (TEKTRONIX)

Es necesario familiarizarse con el panel frontal del osciloscopio. Todos los osciloscopios disponen de tres secciones básicas que llamaremos: vertical, horizontal, y disparo. Dependiendo del tipo de osciloscopio empleado en particular, podemos disponer de otras secciones. Existen unos conectores BNC, donde se colocan las sondas de medida.

Figura 9. Conectores



Fuente: (TEKTRONIX)

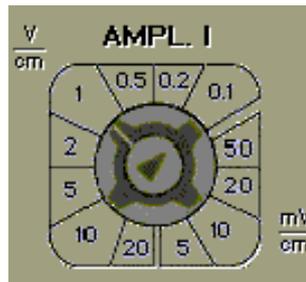
La mayoría de los osciloscopios actuales disponen de dos canales etiquetados normalmente como I y II o (A y B). El disponer de dos canales nos permite comparar señales de forma muy cómoda. Algunos osciloscopios avanzados poseen un interruptor etiquetado como AUTOSET, que ajustan los controles en un solo paso para ajustar perfectamente la señal a la pantalla.

Si un osciloscopio no posee esta característica, es importante ajustar los diferentes controles del aparato a su posición estándar antes de proceder a medir. (TEKTRONIX)

A continuación se describen los pasos de mayor importancia que se deberá tomar en consideración.

- ❖ Ajustar el osciloscopio para visualizar el canal I. (al mismo tiempo se colocará como canal de disparo el I). Ajustar a una posición intermedia la escala voltios/división del canal I (por ejemplo 1V/cm).

Figura 10. Controles verticales



Fuente: (TEKTRONIX)

- ❖ Colocar en posición calibrada el mando variable de voltios/división (potenciómetro central).
- ❖ Desactivar cualquier tipo de multiplicadores verticales.
- ❖ Colocar el conmutador de entrada para el canal I en acoplamiento DC.
- ❖ Colocar el modo de disparo en automático.
- ❖ Desactivar el disparo retardado al mínimo o desactivado.
- ❖ Situar el control de intensidad al mínimo que permita apreciar el trazo en la pantalla, y el trazo de focus ajustado para una visualización lo más nítida posible (generalmente los mandos quedarán con la señalización cercana a la posición vertical).
- ❖ Sondas de medida: Con los pasos detallados anteriormente, se podrá conectar la sonda de medida al conector de entrada del canal I.

Es muy importante utilizar las sondas diseñadas para trabajar específicamente con el osciloscopio. Una sonda no es, ni mucho menos, un cable con una pinza, sino que es un conector específicamente diseñado para evitar ruidos que puedan perturbar la medida.

Además, las sondas se construyen para que tengan un efecto mínimo sobre el circuito de medida.

Esta facultad de las sondas recibe el nombre de efecto de carga, para minimizarla se utiliza un atenuador pasivo, generalmente de x10. (TEKTRONIX)

2.4.6 El generador de funciones. El generador de funciones es un equipo capaz de generar señales variables en el dominio del tiempo para ser aplicadas posteriormente sobre el circuito bajo prueba.

Figura 11. Generador de funciones



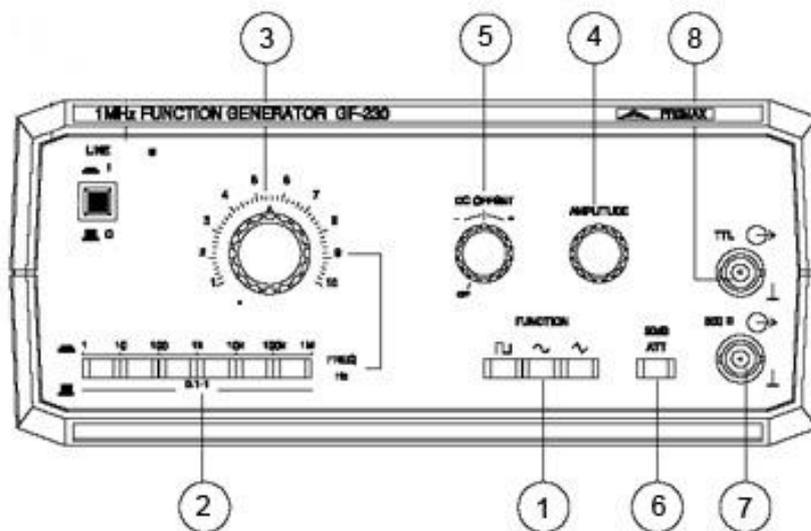
Fuente: (TEKTRONIX)

Las formas de onda típicas son las triangulares, cuadradas y senoidales. También son muy utilizadas las señales TTL que pueden ser utilizadas como señal de prueba o referencia en circuitos digitales.

Otras aplicaciones del generador de funciones pueden ser las de calibración de equipos, rampas de alimentación de osciloscopios, etc.

❖ Descripción. Aunque existen multitud de generadores de funciones de mayor o menor complejidad todos incorporan ciertas funciones y controles básicos que se describen a continuación.

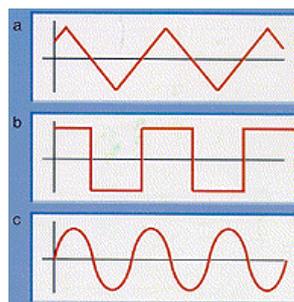
Figura 12. Partes del generador de funciones



Fuente: (TEKTRONIX)

- 1.- Selector de funciones. Controla la forma de onda de la señal de salida, puede ser triangular, cuadrada o senoidal.
 - 2.- Selector de rango. Selecciona el rango o margen de frecuencias de trabajo de la señal de salida. Su valor va determinado en décadas, es decir, de 1 a 10 Hz, de 10 a 100, etc.
 - 3.- Control de frecuencia. Regula la frecuencia de salida dentro del margen seleccionado mediante el selector de rango.
 - 4.- Control de amplitud. Mando que regula la amplitud de la señal de salida.
 - 5.- DC offset. Regula la tensión continua de salida que se superpone a la señal variable en el tiempo de salida.
 - 6.- Atenuador de 20 dB. Ofrece la posibilidad de atenuar la señal de salida 20 dB (100 veces)
 - 7.- Salida 600 Ohm. Conector de salida que entrega la señal elegida con una impedancia de 600 ohmios.
 - 8.- Salida TTL. Entrega una consecución de pulsos TTL (0 - 5V) con la misma frecuencia que la señal de salida.
- ❖ Utilización. Lo primero que se debe realizar es seleccionar el tipo de señal de salida que necesitamos (triangular, cuadrada o senoidal).

Figura 13. Formas de onda



Fuente: (TEKTRONIX)

A continuación se debe fijar la frecuencia de trabajo utilizando los selectores de rango y mando de ajuste. Muchos generadores de funciones modernos incorporan contadores de frecuencia que permiten un ajuste preciso, no obstante y en caso de ser necesario se pueden utilizar contadores de frecuencia externos, osciloscopios o incluso analizadores de espectros para determinar la frecuencia con mayor precisión.

El siguiente paso será cargar la salida y fijar la amplitud de la señal así como la tensión de continua de offset siempre que sea necesaria, como en el caso del ajuste de frecuencia podemos utilizar distintos equipos de medida para ajustar el valor de amplitud. Para niveles de potencia bajos será necesario activar el atenuador interno del generador. Para evitar deformaciones en las señales de alta frecuencia es indispensable cuidar la carga de salida, evitar capacidades parásitas elevadas y cuidar las características de los cables. (TEKTRONIX)

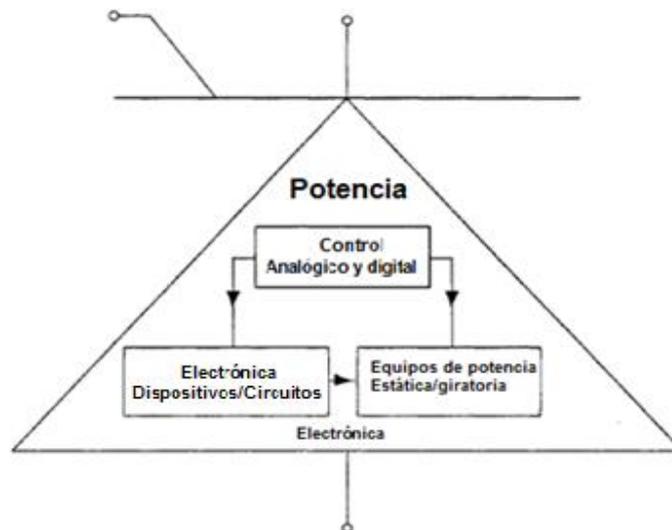
2.5 Dispositivos de Electrónica de Potencia.

Durante muchos años ha existido la necesidad de controlar la Potencia Eléctrica de los sistemas de tracción y de los controles industriales impulsados por motores eléctricos, esto ha llevado a un temprano desarrollo del sistema Ward-Leonard con el objeto de obtener un voltaje de corriente directa variable para el control de los motores e impulsores.

La Electrónica de Potencia ha revolucionado la idea del control para la conversión de potencia y para el control de los motores eléctricos.

La Electrónica de Potencia combina la energía, la Electrónica y el control. El control se encarga del régimen permanente y de las características dinámicas de los sistemas de lazo cerrado. La energía tiene que ver con el equipo de potencia estática y rotativa o giratoria para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. La Electrónica se ocupa de los dispositivos y circuitos de estado sólido requeridos en el procesamiento de señales para cumplir con los objetivos de control deseados. La Electrónica de Potencia se puede definir como la aplicación de la electrónica de estado sólido para el control y la conversión de la energía eléctrica. (RASHID, 1993)

Figura 14. Relación de la electrónica de potencia con la energía, la electrónica y el control.



Fuente: (RASHID, 1993)

En la figura 14 se muestra la interrelación de la electrónica de potencia con la energía, la electrónica y el control.

La electrónica de potencia se basa, en primer término, en la conmutación de dispositivos semiconductores de potencia. Con el desarrollo de la tecnología de los semiconductores de potencia las capacidades del manejo de la energía y la velocidad de conmutación de los dispositivos de potencia han mejorado tremendamente.

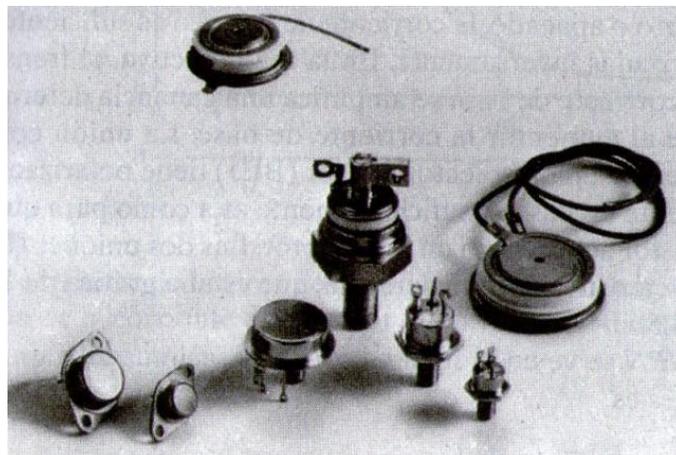
La electrónica de potencia ha alcanzado ya un lugar importante en la tecnología moderna y se utiliza ahora en una gran diversidad de productos de alta potencia, que incluyen controles de calor, controles de iluminación, controles de motores, fuentes de alimentación, sistemas de propulsión de vehículos y sistemas de corriente directa de alto voltaje (HVDC por sus siglas en inglés). (RASHID, 1993)

2.6.1 Dispositivos semiconductores de potencia. Desde que se desarrolló el primer tiristor de rectificador controlado de silicio (SCR), ha habido grandes adelantos en los dispositivos semiconductores de potencia, los tiristores convencionales se habían utilizado en forma exclusiva para el control de la energía en aplicaciones industriales. A partir de 1970, se desarrollaron varios tipos de dispositivos semiconductores de potencia. Estos se pueden dividir en: (1) diodos de potencia, (2) tiristores, (3) transistores bipolares de juntura de potencia. (RASHID, 1993)

Los diodos de potencia son de tres tipos: de uso general, de alta velocidad (o de recuperación rápida). Los diodos de uso general están disponibles hasta 3000 V, 3500 A, y la especificación de los diodos de recuperación rápida puede llegar hasta 3000 V, 1000 A. El tiempo de recuperación inversa varía entre 0,1 y 5 μ s los diodos de recuperación rápida son esenciales para la interrupción de los convertidores de potencia a altas frecuencias. Un diodo tiene dos terminales: un cátodo y un ánodo. La corriente de fuga aumenta con el voltaje y sus especificaciones se limitan a 100 V, 300 A. Un diodo conduce cuando el voltaje de su ánodo es más alto que el de su cátodo; siendo la caída de voltaje directa de un diodo de potencia muy baja, típicamente 0,5 y 1,2 V. Si el voltaje de cátodo es más alto que el voltaje de ánodo, se dice que el diodo está en modo de bloqueo. (RASHID, 1993)

Los transistores bipolares de alta potencia son comunes en los convertidores de energía a frecuencias menores que 10 kHz y su aplicación es eficaz en las especificaciones de potencia de hasta 1200 V, 400 A. Las diferentes configuraciones de los transistores bipolares de potencia aparecen en la figura 15. (RASHID, 1993)

Figura 15. Transistores NPN



Fuente: (RASHID, 1993)

Un transistor bipolar tiene tres (terminales: base, emisor y colector. Por lo general, se opera en forma de interruptor en la configuración de emisor común. Mientras que la base de un transistor NPN está un potencial más alto que el emisor, y la corriente de base sea lo suficientemente grande como para excitar al transistor en la región de saturación, el transistor se conservará activado, siempre que la unión del colector al emisor esté correctamente polarizada.

Las especificaciones de los dispositivos semiconductores de potencia se muestra en el Anexo A. Donde explica los tipos de dispositivos, capacidad, frecuencia máxima, mientras que en el Anexo B, indica las características y símbolos de algunos dispositivos de electrónica de potencia.

2.6 Calentamiento por inducción

El calentamiento inductivo es un proceso basado en el principio de la inducción de un campo magnético variable en un material conductor. Inicialmente, se observó este fenómeno de calentamiento como un efecto indeseable en equipos tales como motores, generadores y transformadores, siendo desarrolladas técnicas constructivas para minimizar su manifestación.

Mediante el estudio de este fenómeno y de sus propiedades, se verificó que las características peculiares presentadas en la generación de calor utilizando este principio, volvían al calentamiento inductivo un importante método, hoy en día esencial en muchos procesos productivos de la industria. El desarrollo en las últimas décadas de la electrónica de potencia y de los semiconductores ha permitido un importante avance en los sistemas de calentamiento inductivo, principalmente en lo que se refiere al desarrollo de equipos de menor costo, más compactos, con mayor eficiencia y con mayor control del proceso, tornando el calentamiento inductivo aún más competitivo frente a otros métodos.

Algunas de las principales características presentadas por el método de calentamiento inductivo son descritas a continuación:

- ❖ Rapidez en el ciclo de calentamiento, el calor es generado en el rodamiento.
- ❖ Elevada productividad resultante del rápido ciclo de calentamiento.
- ❖ Mejora en las condiciones de trabajo y del medio ambiente, es un proceso no contaminante, evita la emisión de gases, partículas y ruido, como ocurre con otros procesos de calentamiento.

2.6.1 Principio de funcionamiento. El calentamiento por inducción es una aplicación muy directa de la conjunción de las leyes de la inducción (ley de Faraday y Ampere) y del efecto joule. Sí en un dispositivo apropiado llamado inductor, que normalmente es el arrollamiento bobinado de un conductor, se hace pasar una determinada corriente eléctrica, se genera un campo magnético cuya amplitud y distribución viene dada por la ley de Ampere.

$$Ni = \oint Hdl = Hl \quad (1)$$

Dónde:

N: Número de espiras del inductor.

i: Corriente que lo atraviesa.

H: Campo magnético.

l: Longitud del circuito.

Si la corriente inducida en el inductor es alterna se conseguirá crear un campo magnético variable en el tiempo que en la sección especificada generará un flujo magnético también alterno.

Según la ley de Faraday en toda sustancia conductora que se encuentra en el interior de un campo magnético variable se genera una fuerza electromotriz cuyo valor es:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (2)$$

Dónde:

ε : Fuerza electromotriz inducida.

N: Número de espiras del inductor.

ϕ : Flujo del campo magnético.

A las corrientes provocadas por esta fem (ε) en el interior de la sustancia conductora le llamaremos corrientes inducidas o corrientes de Foucault i_F y son las responsables del calentamiento por efecto Joule cuya ley es:

$$P = i_F^2 R_{eq} \quad (3)$$

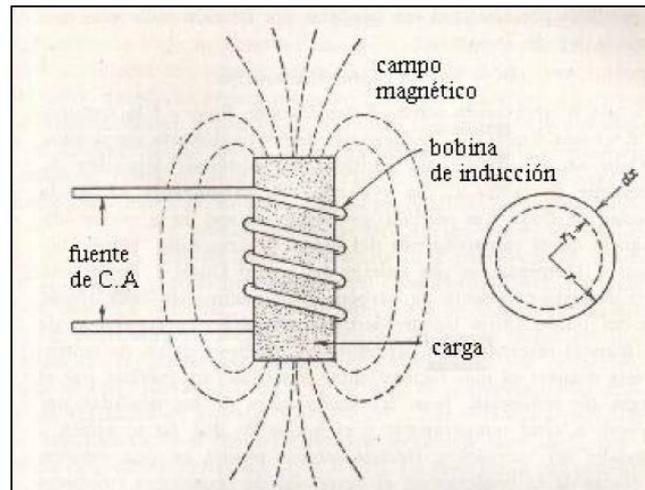
Dónde:

P: Potencia disipada en la resistencia equivalente de la pieza a calentar.

R_{eq} : Resistencia por la que circula la corriente inducida i_F .

i_F : Corriente de Foucault

Figura 16. Principio de funcionamiento del calentamiento inductivo

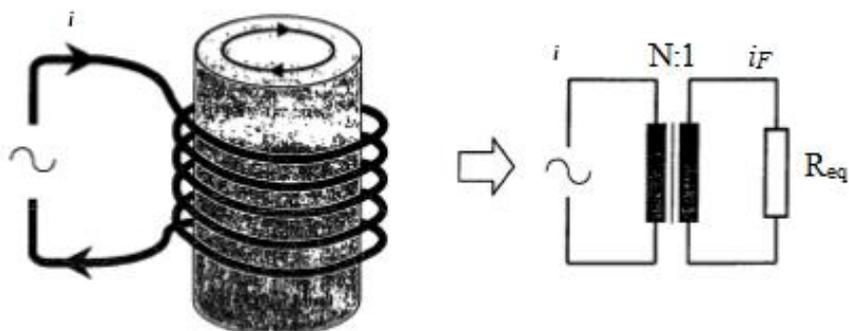


Fuente: (BERMÚDEZ, 2003)

El proceso de transferencia de energía entre el inductor y el material a calentar es similar por su principio al de un transformador en el que el primario está constituido por el arrollamiento del inductor y la superficie de la pieza representa un secundario de una sola espira.

La resistencia equivalente de la pieza es de valor muy pequeño por lo que para generar pérdidas apreciables por efecto Joule (i^2R) son necesarias grandes corrientes inducidas.

Figura 17. Circuito equivalente del inductor-carga.



Fuente: (BERMÚDEZ, 2003)

La disipación de calor por efecto Joule se realiza en el interior mismo de la bobina, donde han sido creadas las corrientes inducidas, con lo que el calentamiento por inducción se convierte en un método de calentamiento de materiales conductores en el que no hay transferencia de calor desde una fuente externa de modo que no hay pérdidas de energía “electromagnética” que se convierte en energía “calorífica” directamente al material a calentar. (BERMÚDEZ, 2003)

Por lo tanto, en el calentamiento del material no hay piezas de la fuente de energía en contacto con la pieza a tratar térmicamente, ni gases de combustión, ni cualquier otro elemento que limite la posición o forma del material a calentar que puede estar en un entorno aislado de la fuente, sumergido en un líquido, cubierto por sustancias aislantes, en atmósferas gaseosas o incluso en el vacío. (BERMÚDEZ, 2003)

2.6.2 Generación del calor en la carga. En los sistemas de calentamiento inductivo, el calor es generado debido a tres principios básicos conocidos como pérdidas por corrientes parásitas o corrientes de Foucault, pérdidas por efecto Joule y pérdidas por histéresis. (BERMÚDEZ, 2003)

❖ Pérdidas por corrientes parásitas y pérdidas por efecto Joule.

Este principio se manifiesta cuando el bobinado de inducción es recorrido por una corriente alterna, induciendo en la pieza conductora un flujo magnético variable, que a su vez, genera una corriente alterna en la pieza.

Debido a la resistencia eléctrica del material en cuestión, la circulación de esta corriente inducida es transformada en calor por efecto Joule. Siendo el secundario considerado como una única espira, la corriente inducida es elevada con relación a la corriente del bobinado de inducción, generando elevadas pérdidas en el material.

La teoría de la producción de corrientes de Foucault está indicada en la figura 16 donde la vista derecha es una sección transversal del cilindro de carga. Si se considera un anillo conductor elemental de espesor dx que tenga un radio interior r_1 y un radio exterior r . El flujo variable corta este anillo elemental e induce en él mismo una F_{em} , cuyo valor es: (BERMÚDEZ, 2003)

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (4)$$

Esta Fem, origina una corriente de circulación en forma de torbellino como la corriente que pasa por el secundario de un transformador. Esta corriente elevada al cuadrado y multiplicada por la resistencia del circuito que recorre representa los Watts que se transforman en calor dentro del anillo. Se puede considerar el anillo dividido en un número infinito de anillos conductores que toman parte en el proceso de calentamiento por corrientes de Foucault, las pérdidas por corrientes de Foucault pueden expresarse por la siguiente ecuación:

$$W_e = Kf^2 B_m^2 \quad (5)$$

Dónde:

W_e : pérdidas por corrientes de Foucault en (W).

K : constante de proporcionalidad y depende de los parámetros empleados.

f : frecuencia de operación.

B_m : densidad de flujo máxima.

❖ Pérdidas por Histéresis.

Este fenómeno envuelto en el proceso de calentamiento inductivo se manifiesta solamente cuando se utiliza materiales ferromagnéticos.

El ciclo de histéresis recorrido debido a las variaciones en el campo magnetizante, genera una potencia disipada proporcional a la superficie de este ciclo.

Las pérdidas por histéresis tienen un efecto pronunciado hasta que la pieza alcanza el Punto Curie, o sea, la temperatura en la cual se pierden las propiedades magnéticas del material debido a los cambios en su estructura molecular.

Las pérdidas por histéresis son pérdidas por fricción molecular que siguen la ley de Steinmetz:

$$W = KB^{1.6} \cdot f \quad (6)$$

Dónde:

W: pérdidas por histéresis.

B: densidad de flujo magnético.

K: constante de proporcionalidad que depende de los parámetros empleados.

f: frecuencia de operación.

❖ Efecto Skin

El efecto “Skin” representa la disminución de la densidad de corriente desde la periferia hacia el centro del conductor por el cual circula una corriente alterna.

Una propiedad importante en el calentamiento inductivo es que la distribución de las corrientes inducidas en el interior de la pieza no ocurre de forma uniforme. Este efecto es conocido como “efecto Skin” o “efecto pelicular” y depende fundamentalmente de la frecuencia de operación, de la forma y del tipo de material a ser calentado.

Este fenómeno puede ser entendido utilizándose el principio de la inducción electromagnética.

La corriente inducida en la pieza siempre genera un campo magnético que se opone al campo magnético que lo creó. Se puede dividir la pieza en capas imaginarias, donde la corriente inducida en las capas más externas de la pieza, tiende a reducir el campo magnético de inducción de las capas más internas de la pieza resultando en una densidad de corriente mayor en la superficie, reduciéndose en dirección al centro de forma exponencial.

Además existe un desplazamiento de fase del campo magnético en el interior del conductor, con relación al campo en la superficie para una frecuencia determinada. (BERMÚDEZ, 2003)

❖ Profundidad de penetración de la corriente en la carga:

La distribución de la corriente en la pieza puede ser determinada por un parámetro conocido como profundidad de penetración (δ), calculado por la expresión:

$$\delta = 5.03 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}} \quad (7)$$

Dónde:

δ : profundidad de penetración de la corriente en la carga (cm).

ρ : resistividad del material ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$).

μ_r : permeabilidad relativa del material.

f: frecuencia de operación.

Este parámetro define la espesura de una camada en la cual la corriente se distribuye de forma uniforme. Se puede observar en la ecuación (9) que a medida que ocurre una elevación de la frecuencia de operación, la densidad de corriente y consecuentemente el calor generado, tiende a concentrarse en la superficie de la pieza.

Esta propiedad es muy utilizada en el tratamiento térmico de superficies metálicas, donde es adoptada una frecuencia de operación que permita el rápido calentamiento de la superficie. Por lo tanto, si se mantiene la inducción del campo magnético por un período prolongado, el calor generado en la superficie se distribuye por toda la pieza en función de la conductividad térmica del material. (BERMÚDEZ, 2003)

2.6.2 Aplicaciones más utilizadas del calentamiento inductivo. El calentamiento inductivo fue inicialmente utilizado en la industria en la fundición de metales, pero con su desarrollo, el campo de aplicaciones se tornó muy amplio.

Básicamente en todo proceso el cual envuelve el calentamiento de piezas metálicas se puede emplear, de forma eficiente, el calentamiento inductivo. Algunas de las aplicaciones típicas donde se utiliza este método son las siguientes:

- ❖ Fusión: Los materiales son llevados a su temperatura de fusión en el interior de un crisol.
- ❖ Forja: Se consigue un calentamiento homogéneo del material para un posterior proceso de conformado mecánico.

- ❖ Tratamiento térmico: Los más comunes temple, revenidos, y normalizados de piezas de acero. En el temple la superficie de la pieza es sometida a un calentamiento rápido y a un posterior enfriamiento, con lo que se consigue una transformación de la estructura y composición del material con objeto de aumentar su dureza. En los revenidos y normalizados un calentamiento controlado de la pieza reduce tensiones mecánicas o defectos de estructura del acero.

- ❖ Soldadura: La soldadura por inducción es un tipo de soldadura que se produce al aprovechar el calor generado por la resistencia al flujo de la corriente eléctrica inducida que se tiene en las piezas a unir. Por lo regular esta soldadura se logra también con presión

- ❖ Sellado de envases: La embocadura de algunos envases de material plástico se consiguen sellar añadiendo una fina cubierta metálica que se caliente por inducción consiguiéndose un posterior pegado debido a la fusión del envase que está en contacto con la lámina metálica.

- ❖ Curado de adhesivos y pastas sellantes (bonding): En el sector automotriz se suelen usar pastas especiales para asegurar el perfecto sellado y unión de diversas piezas sobretodo de la carrocería de los vehículos. Mediante el calentamiento por inducción de las superficies metálicas donde han sido depositadas estas pastas se obtienen una gran mejora del curado de éstas, optimizando su distribución y acelerando su fraguado.

- ❖ Cocinas de inducción: Mediante la inducción es posible construir cocinas con las que se consigue calentar ciertos utensilios metálicos de cocina con gran rapidez, seguridad y rendimiento.

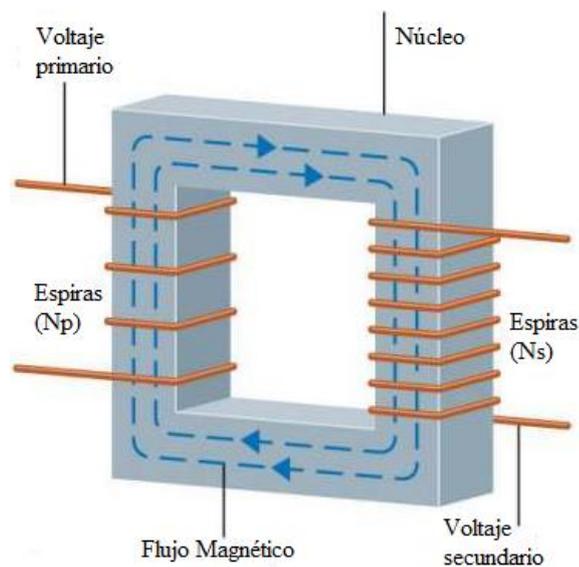
- ❖ Fabricación de semiconductores: El calentamiento por inducción se utiliza también en procesos de crecimiento de cristales de germanio y silicio, dopaje y deposición epitaxial.

- ❖ Sobrecalentamiento de gases ionizados: En la generación de plasmas gaseosos de alta temperatura es posible, mediante la inducción, aumentar aún más la temperatura del gas ya que éste, en forma de plasma es conductor.

2.6.3 Principales elementos utilizados en el calentador de rodamientos

❖ Núcleo Fe-Si: El núcleo magnético está formado por laminaciones de acero que tienen pequeños porcentajes de Si (alrededor del 4%) y que se denominan “laminaciones magnéticas”, estas laminaciones tienen la propiedad de tener pérdidas relativamente bajas por efecto de histéresis y de corriente circulantes. Las laminaciones se disponen o colocan en la dirección del flujo magnético, de manera que los núcleos para transformadores están formados por un conjunto de laminaciones.

Figura 18. Núcleo de Fe-Si



Fuente: (MANZANO, 2004)

Tabla 1. Propiedades de los núcleos.

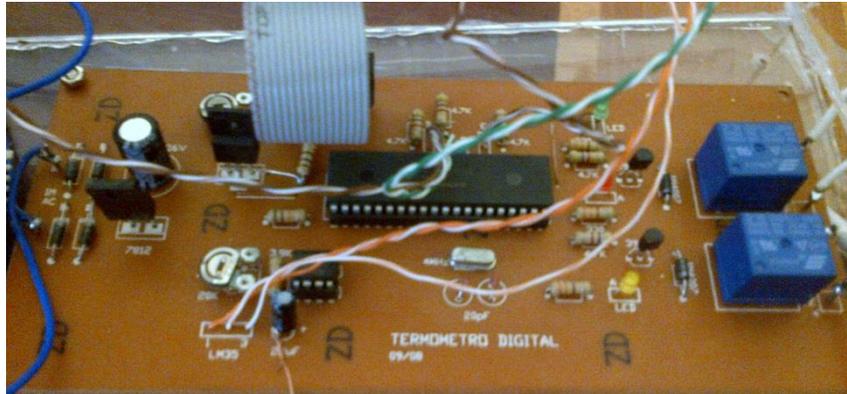
Contenido de Si en %	Espesor en mm	Perdidas en Watts/Kg	Peso Kg/m ³
3,8 – 4,0	0,35	1,3	7550
4,0 - 4,5	0,35	1,1 – 1,0	7500
4,0 - 4,5	0,35	1,7 – 0,6	7500

Fuente: (MANZANO, 2004)

❖ Termómetro digital: El circuito se basa en componentes principales como son el LM358, el PIC 16F877A y el LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C y un rango que abarca desde -55°C - 150°C. Esto quiere decir, que por cada 1°C en la variación de la temperatura, el sensor en su salida obtendrá una variación

de 10 mV. Este voltaje es el que se inserta al LM358 que cumple la función de un amplificador no inversor el cual a través de su conversor A/D mostrará los datos en la pantalla LCD.

Figura 19. Termómetro Digital



Fuente: Autores

❖ Pantalla de cristal Líquido (LCD): estas pantallas son utilizadas para mostrar mensajes que son entendibles por los usuarios, hoy en día son muy utilizadas, y dependiendo del programa que las controle permiten mostrar casi cualquier función, indicando así mensajes mucho más claros. En este caso nos mostrara la temperatura actual en grados centígrados con un rango mínimo y máximo que se pueden fijar, esto nos quiere decir que cuando el termómetro nos muestre la temperatura debe estar entre los dos rangos.

Figura 20. Pantalla de cristal líquido.

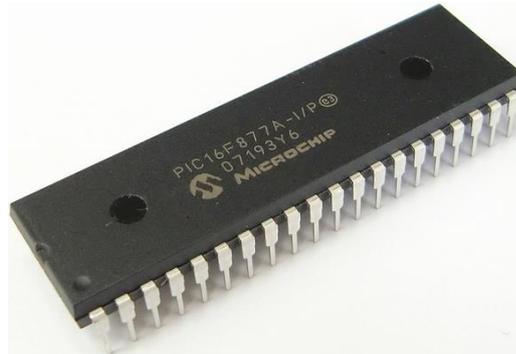


Fuente: Autores

❖ Microcontrolador PIC 16F877A: Es el encargado de enviar la información enviada al módulo de LCD con sus propios microcontroladores. El módulo que utilizaremos poseen dos microcontroladores internos que son los encargados de

procesar la información recibida y mutiplexar (combinar dos o más canales de información en un solo medio de transmisión) los datos, de tal manera que la podamos ver y entender.

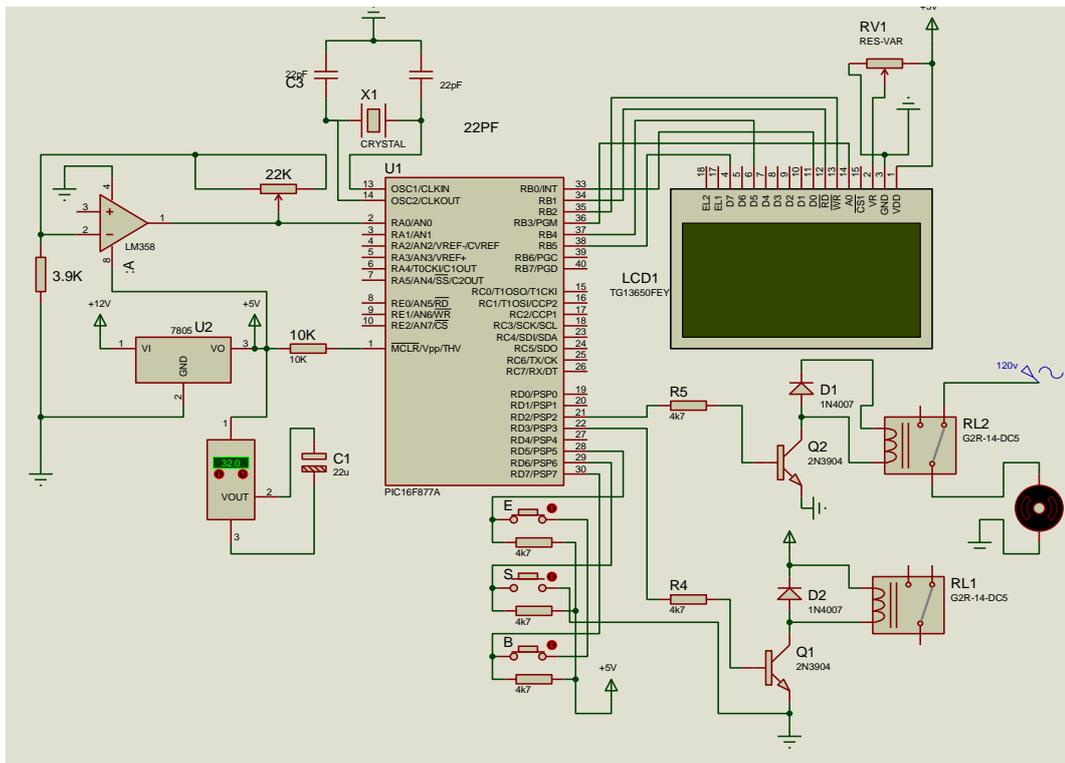
Figura 21. Microcontrolador 16F877A



Fuente: Autores

En el diagrama siguiente podemos ver los diferentes elementos que estamos usando, encontramos el microcontrolador, como una de las partes principales más importantes, por que, gracias al programa gracias a la programación realizada y cargada, nos permite observar la temperatura del medio ambiente.

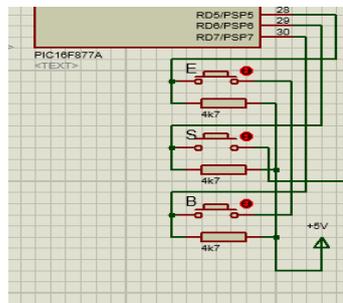
Figura 22. Diagrama del sensor de temperatura.



Fuente: Autores

Además por medio de los botones B, S, E podemos variar los rangos de temperatura, dichos rangos son máximos y mínimos los cuales nos permiten controlar relés para poder encender y apagar el calentador de rodamientos.

Figura 23. Botones de control de temperatura máxima y mínima



Fuente: Autores

Los elementos que conforman nuestro sensor de temperatura ayudan al microcontrolador a pasar la información requerida a la pantalla para que se muestre, pero todo esto gracias al programa el mismo que se encuentra en lenguaje PIC BASIC que se muestra en el Anexo M.

2.6.4 Variación de los rangos de temperatura: Para variar los rangos de temperatura presionamos el pulsador E, y con los pulsadores B y S bajamos o subimos el rango de temperatura, y cuando encontramos el punto que se desea presionamos la tecla E nuevamente para guardar y ejecutar ese rango, cuando se haya terminado el proceso de selección del rango de temperatura el led verde parpadeara tres veces confirmando que los nuevos rangos fueron aceptados.

Figura 24. Selección de rangos de temperatura



Fuente: Autores

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DE LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE SEÑALES ELÉCTRICAS

Para el diseño de la estación de medición y análisis de señales eléctricas utilizando electrónica de potencia, primeramente se llevó a cabo una investigación de campo dentro del laboratorio de electrónica de la Facultad de Mecánica, sobresaliendo la necesidad de implementar y contribuir al aprendizaje de los estudiantes.

Gracias a esta implementación se podrá ayudar a diseñar, analizar y comprobar en circuitos básicos el funcionamiento de los diferentes elementos aplicados en electrónica ya que la estación de medición proporcionara voltajes de AC y DC.

3.1 Requerimientos para implementación de la estación de medición.

Se ha visto la necesidad de implementar fuentes variables de AC y DC para las cuales se necesitan los siguientes elementos y/o dispositivos.

Tabla 2. Elementos necesarios para la estación de trabajo.

ELEMENTOS	CANTIDAD
Estructura para el montaje de la fuente de poder de AC/DC	1
Fuente de poder de 24V DC	1
Variac de 1kVA	1
Lámparas piloto	3
Breakers termomagnéticos (16A)	2
Bornes tipo banana	5
Fusibles y porta fusibles	5
Potenciómetro 10K	1
Perilla limitadora de corriente	1
Cable flexible #14	15 m
Cable concéntrico #14 *	36 m

Prensaestopas	2
Conector macho y hembra	4
Interruptor panel 2P	1
Interruptor selector	2
Osciloscopio de almacenamiento digital	1
Generador de funciones arbitrario	1
Pinza amperimétrica	1
Multímetro	1

Fuente: Autores

3.2 Descripción de los equipos que integran la estación de trabajo

3.2.1 Fuente de poder AC/DC. Para el diseño y construcción de la fuente de poder, fue tomado como referencia el banco autónomo para medidas eléctricas modelo DL1007. Cuya fuente eroga tensiones en AC y DC monofásicas estabilizadas, necesarias para el desarrollo de las prácticas en las diferentes cátedras que se imparten en la Facultad de Mecánica

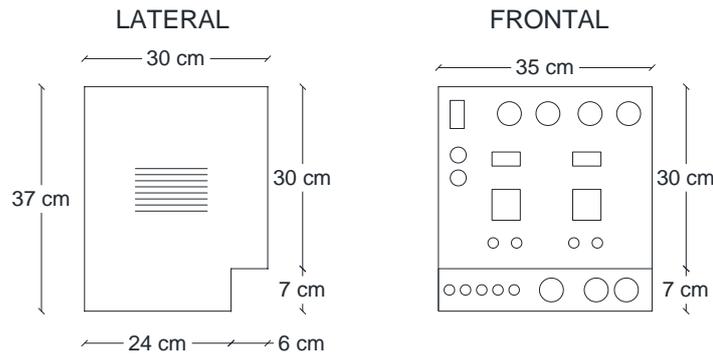
Figura 25. Fuente de poder de AC/DC



Fuente: Autores

❖ Estructura para el montaje de la fuente de poder AC/DC. Es una caja cerrada hecha de tol negro de 2 mm de espesor, que sirve para proteger, mantener agrupado y organizado los diferentes controles básicos para alimentar los circuitos con la fuente de AC y DC.

Figura 26. Estructura para el montaje de la fuente de poder de AC y DC.



Fuente: Autores

- ❖ Fuente de poder de 24V DC. La fuente de poder tiene incorporado un circuito de protección, regulador y amplificador de voltaje, además es el encargado de suministrar la energía necesaria para la alimentación de corriente directa de 0V a 24V y 6.5A de los componentes electrónicos que conformen el circuito de una práctica de laboratorio.

Figura 27. Fuente de poder de 24V DC.



Fuente: Autores

Tabla 3. Características de la fuente de poder de 24V DC

Fabricante	Chino
Modelo	S-150-24
Corriente	6.5 ^a
Potencia	150W
Voltaje de salida	24V DC
Voltaje de entrada	110-220V AC
Corriente de entrada	Arranque en frio, 20A a 110V AC, 40A a 220V AC
Ajuste de salida	+16% - 12%
Protección de sobrecarga	105% ~ 150 limitación de corriente constante
Estructura	Un circuito de protección Un circuito regulador y amplificador de voltaje Una fuente de poder de 24 VDC

Fuente: Autores

- ❖ Lámpara piloto. Son luces que indican condiciones normales de funcionamiento.

Figura 28. Lámpara piloto



Fuente: Autores.

Tabla 4. Características de la lámpara piloto

Color	Verde
Tensión de frecuencia de trabajo	205 KV
Continuo de trabajo de vida	3000 h
Brillo	60 DC/m ²
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	6~380V
Diámetro	22 mm

- ❖ Variac. Es un autotransformador monofásico, es decir un regulador de voltaje alterno con entrada de 220 voltios de AC y salida de cero a 250 V de 4 A especial para laboratorios industriales y educativos.

Figura 29. Variac.



Fuente: Autores

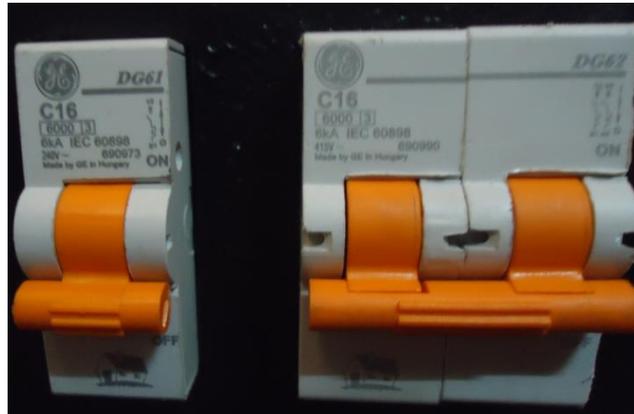
Tabla 5. Características del Variac.

Modelo	TDGC -1
Fase	1
Voltaje	220 V
Voltaje limite	0 ~250 V
Capacidad	1 kVA
Frecuencia	60 Hz

Fuente: Autores.

❖ Breaker Termomagnético. Es un aparato capaz de cerrar o abrir un circuito eléctrico cuando exista un exceso de intensidad de corriente eléctrica o cortocircuito, protegiendo al equipo de daños.

Figura 30. Breakers termomagnéticos



Fuente: Autores

Tabla 6. Característica de los Breakers termomagnético

Breaker Monopolar	
Marca	General Electric
Numero de polos	1
Voltaje máximo	230~400V
Amperaje Nominal	16 A
Frecuencia	60 Hz
Breaker Bipolar	
Marca	General Electric
Numero de polos	2
Voltaje máximo	400V
Amperaje Nominal	16A
Frecuencia	60 Hz

Fuente: Autores

❖ Bornes tipo banana. Son conectores que brindan seguridad entre la fuente de poder y el circuito a ser alimentado al momento de realizar una práctica de laboratorio.

Figura 31. Borne tipo banana



Fuente: Autores

Tabla 7. Características del borne tipo banana

Color	Negro y rojo
Material	Aislante plástico A.B.S
Intensidad máxima	20 A
Dimensiones	38 mm de largo x 13 mm de diámetro
Estructura	Espiga y tuerca de latón niquelado Borne de 4 mm

Fuente: Autores

- ❖ Fusibles y portafusibles. Cumple la función de proteger a los diferentes elementos del equipo, cuando exista presencia de corrientes excesivas o cortocircuitos.

Figura 32. Fusibles de protección



Fuente: Autores

Tabla 8. Características

Color	Negro
Material	Aislante plástico
Intensidad máxima	10 A
Dimensiones	20 mm de largo x 13 mm de diámetro

Fuente: Autores

- ❖ Potenciómetro. Es una resistencia variable, que al momento de variar su resistencia varía el voltaje hasta 24 V de la fuente de DC.

Figura 33. Potenciómetro



Fuente: Autores

Tabla 9. Características del potenciómetro

Color	Gris
Resistencia	10 K Ω
Voltaje	0 ~ 24 V DC
Dimensiones	38mm de largo x 10 mm de diámetro

Fuente: Autores

- ❖ Interruptor selector de 2P. Es un aparato que permite el paso o interrupción de corriente eléctrica, es decir es un selector de dos posiciones de tamaño mini interruptor que se construye en negro y de superficie dura con el botón rojo.

Figura 34. Interruptor selector de 2P



Fuente: Autores

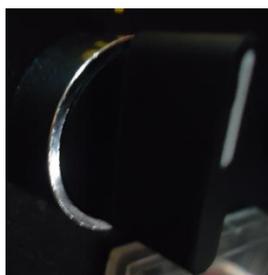
Tabla 10. Características del interruptor selector de 2P

Color	Rojo y negro
Intensidad	16 – 20 A
Voltaje	120 – 250 V AC
Terminales	4
Dimensiones	33 mm de longitud x 35 de altura x 25 mm de ancho

Fuente: Autores

- ❖ Interruptor panel de 2P. Es un instrumento de mando que permite circular o interrumpir el paso de corriente eléctrica encendiendo o apagando la fuente de AC o la fuente de DC.

Figura 35. Interruptor panel de 2P



Fuente: Autores

Tabla 11. Características del interruptor panel

Color	Negro
Intensidad	16 A
Voltaje	125 – 250 V AC
Polos	2P

Fuente: Autores

❖ Conector macho y hembra. Un enchufe o conector es un dispositivo formado por dos elementos, conector macho o clavija y el conector hembra o tomacorriente, los mismo que se conectan el uno al otro para establecer una conexión que permita el paso de corriente.

Figura 36. Conector macho y hembra.



Fuente: Autores

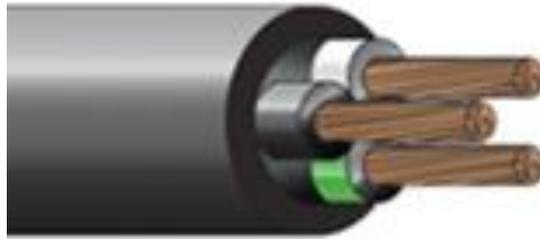
Tabla 12. Características del conector macho y hembra

CONECTOR MACHO	
Intensidad	16 – 20 A
Voltaje	0 – 110 V AC y 0 - 220 V AC
Descripción	Enchufe blindado de 3 patas
CONECTOR HEMBRA	
Intensidad	16 – 20 A
Voltaje	0 – 110 V AC y 0 - 220 V AC
Descripción	Tomacorriente de tres patas y tomacorriente chino de 3 patas

Fuente: Autores

❖ Cable concéntrico. Es un conductor multipolar que sirve para la interconexión de equipos, alimentación o que por su trabajo tenga reubicación frecuente, en su estructura el conductor es de cobre y aislante termoplástico PVC, trabaja hasta temperatura máxima de 60 °C.

Figura 37. Cable concéntrico



Fuente: Autores

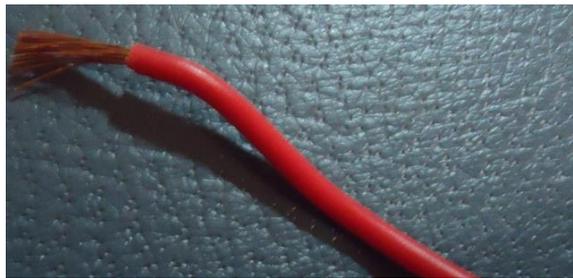
Tabla 13. Características del cable concéntrico.

Calibre	3 x 14
Espesor del aislamiento	1,14 mm
Sección	2,08 mm ²
Diámetro exterior	9 mm
Capacidad de corriente para un conductor al aire libre	15 A

Fuente: Autores

❖ Cable flexible. Es un conductor unifilar de cobre recubierto de un material aislante o protector, utilizado para realizar las conexiones eléctricas entre los diferentes componentes de la fuente de poder de AC y DC.

Figura 38. Cable flexible



Fuente: Autores

Tabla 14. Características del cable flexible

Color	Verde, blanco, rojo
Calibre	14
Voltaje	0 – 220V AC y DC
Estructura	Un cable de cobre y aislante termoplástico

Fuente: Autores

3.2.2 Pinza amperimétrica. Mide tensión y corriente de AC rms, tensión y corriente de DC, corriente de arranque y capacitancia, además mide frecuencia y milivoltios de DC, este instrumento tiene una sonda de corriente flexible que ofrece mayor flexibilidad de visualización, permitiendo realizar medidas en conductores de gran tamaño y acceso difícil.

Figura 39. Pinza amperimétrica



Fuente: Autores

Tabla 15. Características de la pinza amperimétrica.

Marca	Fluke
Modelo	376
Rango Corriente DC y AC	1000A
Resolución	0.1 A
Precisión	1.5% \pm 5 (20- 500 Hz)
Rango de voltaje DC y AC	1000 V
Medidas	246 mm x 83 mm x 43 mm
Peso	388 gr

Fuente: Autores

3.2.3 Multímetro digital. Es un instrumento digital de verdadero valor eficaz alimentado con batería, con una pantalla de 6000 recuentos y un gráfico de barras.

Figura 40. Multímetro digital



Fuente: Autores

Tabla 16. Característica del multímetro digital.

Marca	Fluke
Modelo	115
Tensión máxima entre cualquier terminal y tierra	600 V
Fusible para entrada A	Fusible rápido de 11 A, 1000 V, 17 KA
Pantalla	Digital: 6000 recuentos, actualizaciones 4/s Gráfico de barras: 33 segmentos, actualizaciones 32/s
Temperatura	Funcionamiento: -10°C – 50 °C Almacenamiento -40°C – 60 °C
Altitud de funcionamiento	2000m

Fuente: Autores

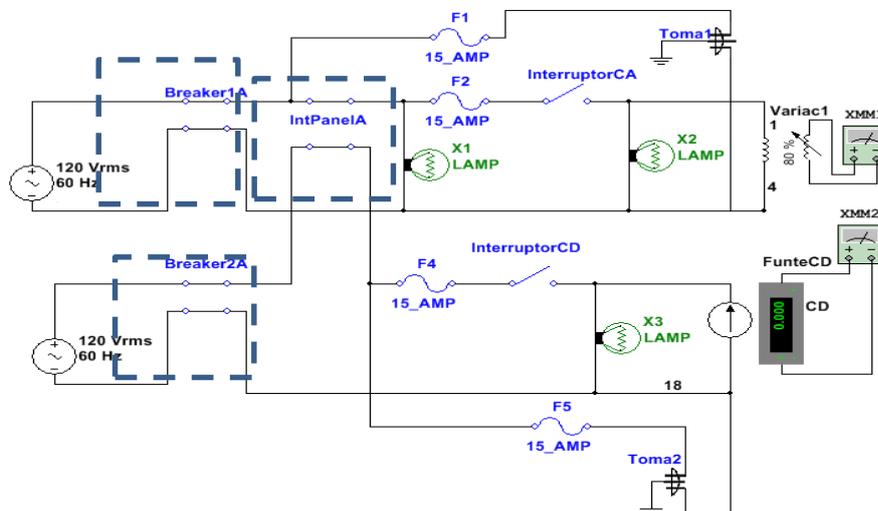
3.3 Montaje de los equipos a implementarse en la estación de medición

La fuente de poder de AC y DC ha sido diseñada y construida según los requerimientos de las prácticas de laboratorio de las asignaturas de la Facultad de Mecánica, cumpliendo con unos requerimientos específicos de entorno y alimentación, para su correcto funcionamiento.

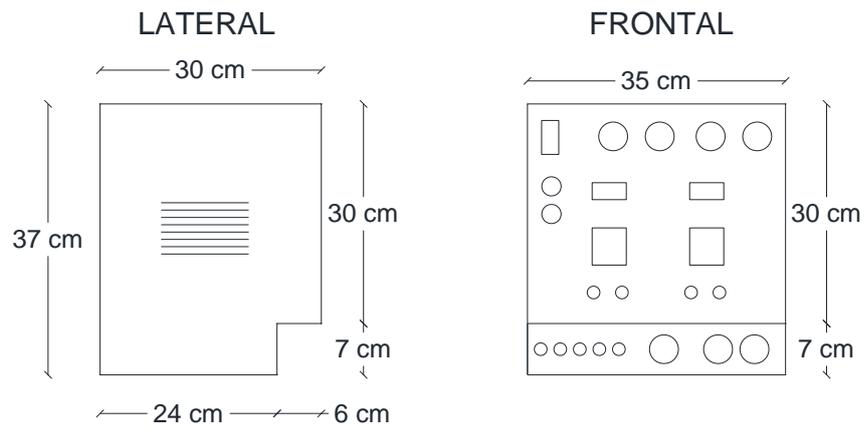
❖ Procedimiento de diseño y construcción de la fuente de poder de AC y DC.

1. Se realiza el diseño eléctrico, estructural y dimensional de la fuente de poder de AC/DC, basados en el modelo del banco autónomo para medidas eléctricas DL1007, tomando en cuenta los elementos necesarios para el correcto funcionamiento del equipo.

Figura 41. Diseño eléctrico y estructural de la fuente AC/DC
a) Diseño eléctrico



b) Diseño estructural



Fuente: Autores

2. Se diseña la fuente de poder y se construye en tool negro de 3mm de espesor, sus respectivos orificios para el montaje de los elementos y ventilación para así cumplir las condiciones ambientales de funcionamiento de la fuente de DC y el autotransformador.

Figura 42. Diseño de la fuente de poder AC/DC



Fuente: Autores

3. Se corta el tool negro dando así la forma de la estructura para la fuente de poder, así mismo se lima todas las aristas vivas para el fácil acceso de los elementos que la conforman.

Figura 43. Corte del tool negro



Fuente: Autores

4. Se realiza la soldada de todas las partes de la fuente y se pinta la estructura.

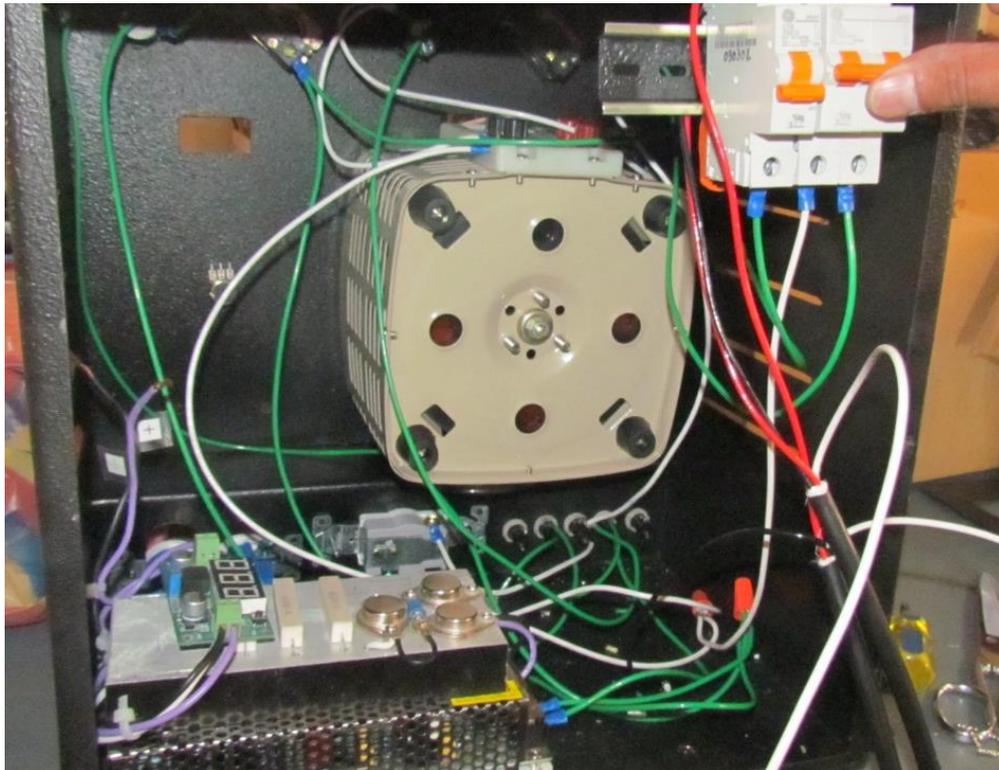
Figura 44. Soldada de la fuente de poder



Fuente: Autores

5. Se coloca los diferentes elementos en los respectivos sitios de la caja y se realiza las diferentes conexiones eléctricas.

Figura 45. Montaje de elementos y conexiones eléctricas



Fuente: Autores

6. Finalmente se inserta la tapa trasera de la fuente de poder y se colocó la respectiva señalización de los componentes del equipo.

Figura 46. Señalización del equipo.



Fuente: Autores

3.4 Pruebas de funcionamiento de la estación de medición

Las pruebas de funcionamiento se realizan de la siguiente manera:

- ❖ Conectar a la alimentación de 110V y 220V AC para energizar el equipo.
- ❖ Accionar el interruptor panel 2P en la opción ON.
- ❖ Accionar el interruptor selector de 2P en encendido
- ❖ Verificar con el multímetro los 24V DC y 220V de AC de la fuente de poder

Figura 47. Verificación de la fuente de poder de AC/DC



Fuente: Autores

- ❖ Iniciar el proceso de verificación de variación de voltaje en la pantalla de la fuente de AC/DC
- ❖ Accionar el interruptor selector de 2P en apagado tanto de AC y DC
- ❖ Accionar el interruptor panel de 2P en la opción OFF
- ❖ Desconectar la alimentación de 110 y 220 V de AC para desenergizar el equipo.

3.5 Diseño y construcción del calentador de rodamientos por inducción

- ❖ Obtención de la caja plástica de conexiones eléctricas: Se ha ve la necesidad de realizar las conexiones en una caja plástica debido a que este material no influye directamente a la inducción magnética presente en la bobina de nuestro circuito.

Figura 48. Caja plástica para conexiones



Fuente: Autores

- ❖ Perforado de la caja plástica para el montaje de los respectivos elementos: Luego de obtener las medidas de los elementos se realiza el trazado y perforación en la caja plástica para proceder con el montaje de los mismos.

Figura 49. Perforación de la caja plástica



Fuente: Autores

- ❖ **Bobinado del núcleo:** Con los cálculos realizados en el siguiente capítulo se obtiene el número de conductor así como el número de espiras para bobinarlo en el núcleo tipo rectangular.

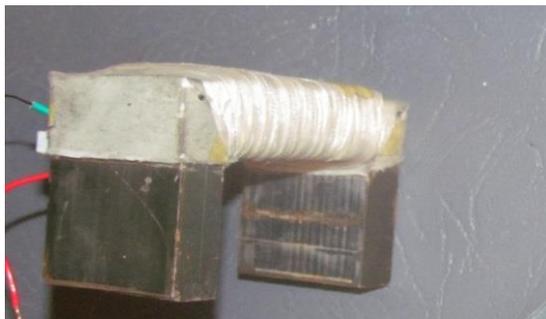
Figura 50. Núcleo bobinado



Fuente: Autores

- ❖ **Colocación de la reata:** Se coloca tiras de tela en el núcleo para proteger al barniz del alambre de cobre.

Figura 51. Núcleo protegido



Fuente: Autores

- ❖ **Montaje del núcleo bobinado en la caja de plástico.**

Figura 52. Montaje del núcleo



Fuente: Autores

- ❖ Sujeción del núcleo en la caja plástica mediante tornillos.

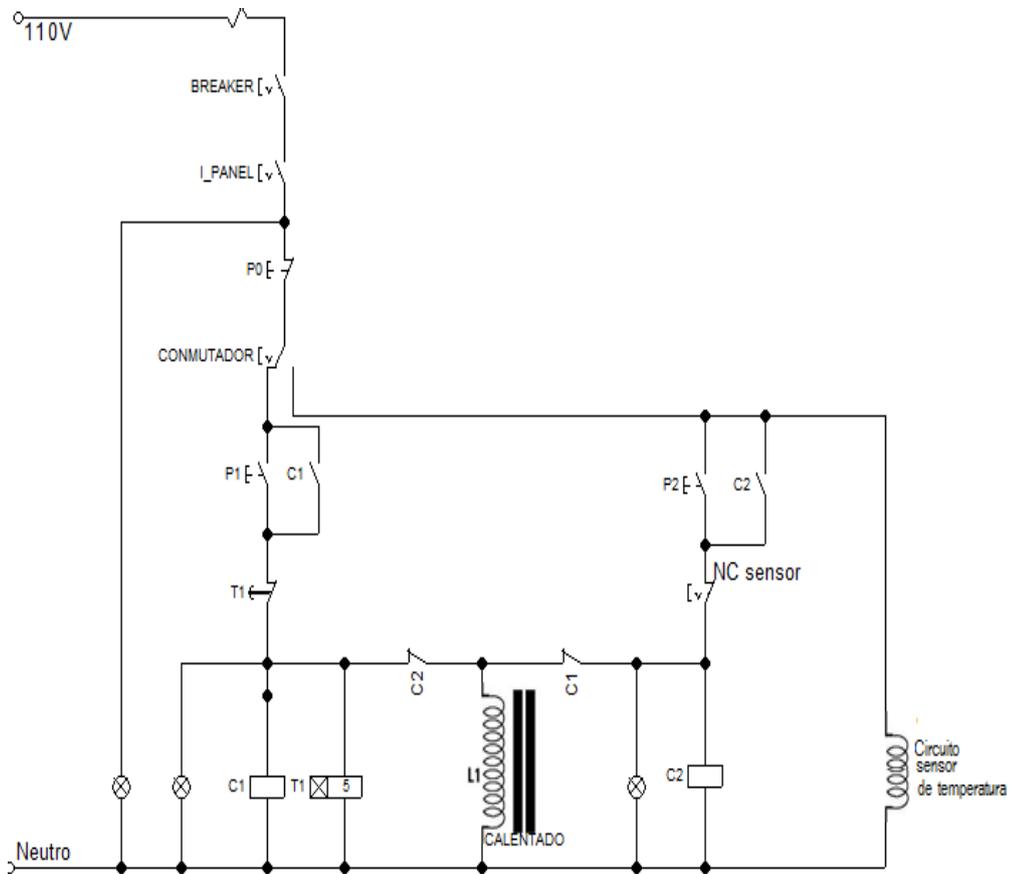
Figura 53. Sujeción del núcleo.



Fuente: Autores

- ❖ Elaboración del diagrama de conexiones del calentador de rodamientos.

Figura 54. Diagrama de conexiones



Fuente: Autores

- ❖ Montaje de los elementos necesarios para el control del calentador de rodamientos.

Luces indicadoras de funcionamiento.

Figura 55. Luz piloto



Fuente: Autores

Montaje del pulsador de arranque.

Figura 56. Pulsador de arranque



Fuente: Autores

Montaje del pulsador de paro.

Figura 57. Pulsador de paro



Fuente: Autores

Montaje del riel para montaje de elementos.

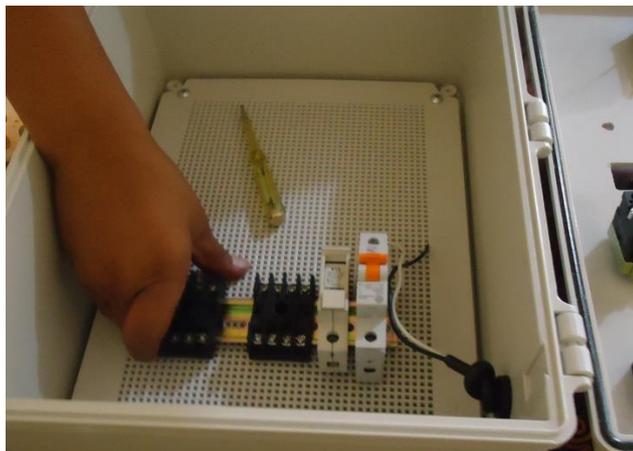
Figura 58. Montaje de riel



Fuente: Autores

Montaje de bases de elementos de control.

Figura 59. Bases del relé y del timmer



Fuente: Autores

Montaje del Breaker.

Figura 60. Breaker



Fuente: Autores

Realizar las respectivas conexiones del circuito.

Figura 61. Conexiones del calentador



Fuente: Autores

Montaje del prensa estopa.

Figura 62. Montaje del prensaestopas



Fuente: Autores

3.6 Toma de mediciones en los dispositivos del calentador de rodamientos activado por medio del termómetro digital con pantalla LCD

A continuación se muestra las conexiones realizadas para tomar mediciones con el osciloscopio en el calentador de rodamientos activado por medio del termómetro digital con pantalla LCD. Mediante el software Signal Express 2.5 de la National Instruments que se adquirió junto con los equipos podemos realizar una interface del osciloscopio TDS 2012C y el ordenador, para así poder tomar las diferentes medidas de frecuencia, período, Vpico-pico, tiempo de subida y el ancho del pulso positivo de la señal.

❖ Toma de medidas en la carga: Se conecta la sonda en la carga y se observa en el osciloscopio y en el computador los valores y las gráficas obtenidas que se detallan a continuación:

Figura 63. Toma de medidas en la carga.



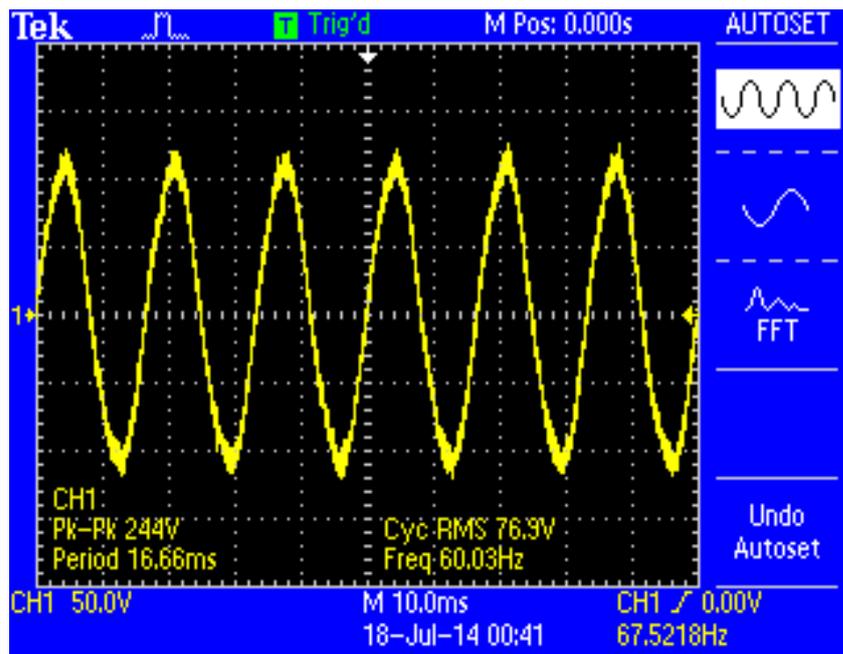
Fuente: Autores

Tabla 17. Parámetros de las señales en la carga.

Parámetros de las señales	
Frecuencia	60.03 Hz
Período	16.66 ms
Vpico-pico	244 V
Tiempo de subida	4.18 m
Tiempo de Bajada	4.4 m
Ancho de pulso positivo	8.21 m
Ancho de pulso negativo	8.36 m
Voltaje RMS	76.9
Intensidad	3.1 A

Fuente: Autores

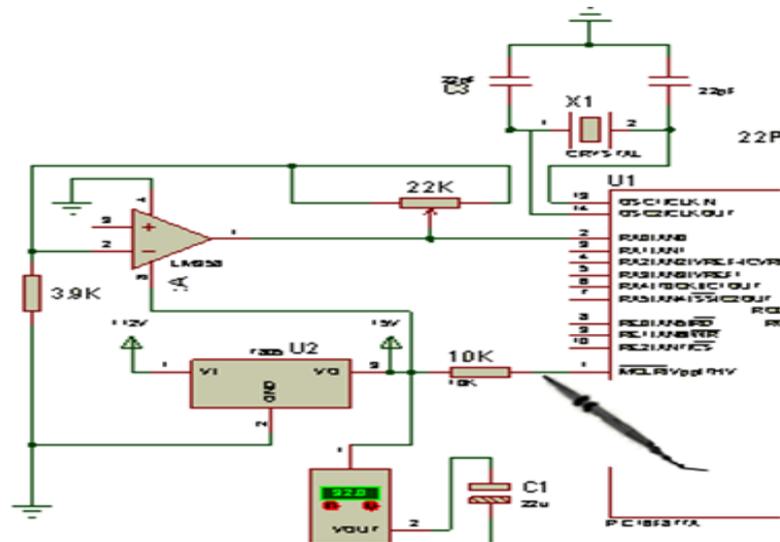
Figura 64. Onda senoidal medida en la carga.



Fuente: Autores

❖ **Toma de medida en la resistencia de 10K Ω .** Para observar en el osciloscopio y en el computador los valores y las gráficas obtenidas que se detallan a continuación, se realiza la conexión de la sonda en la resistencia.

Figura 65. Toma de medidas en la resistencia de 10K Ω



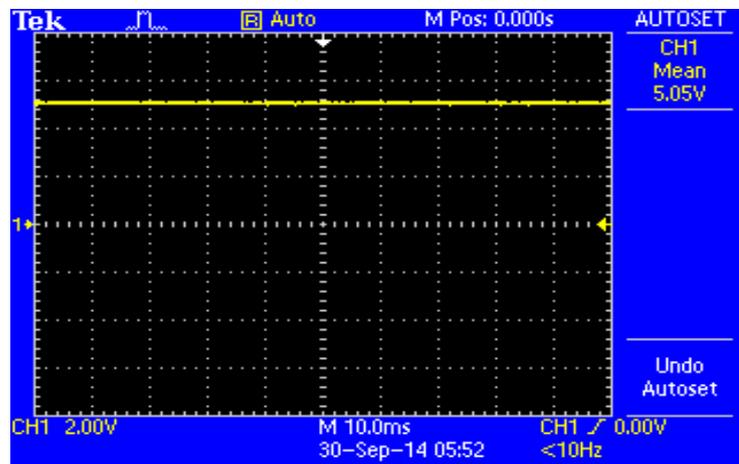
Fuente: Autores

Tabla 18. Parámetros de las señales en la resistencia de 10K Ω

Parámetros de las señales	
Voltaje RMS	5.05
Voltaje	5.05 V

Fuente: Autores

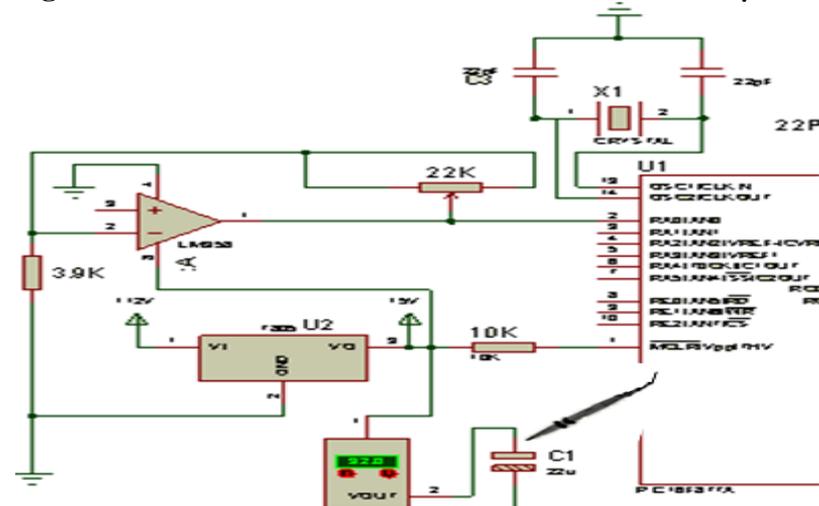
Figura 66. Onda senoidal medida en la resistencia de 10 K Ω



Fuente: Autores

❖ **Toma de medidas en el condensador de 22 μ F:** Para observar en el osciloscopio y en el computador los valores y las gráficas obtenidas que se detallan a continuación, se realiza la conexión de la sonda en el condensador.

Figura 67. Toma de medidas en el condensador de 22 μ F



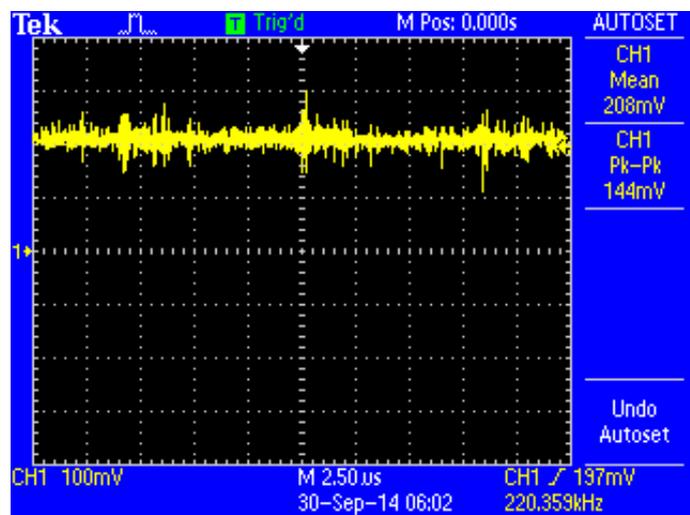
Fuente: Autores

Tabla 19. Parámetros de las señales en el condensador de 22 μ F.

Parámetros de las señales	
Vpico-pico	160 mV
Voltaje	212.69 mV

Fuente: Autores

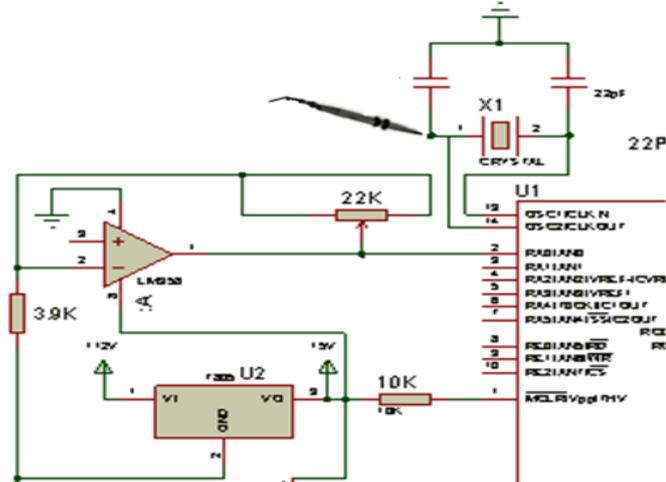
Figura 68. Onda senoidal medida en el condensador de 22 μ F.



Fuente: Autores

- ❖ **Toma de medidas en el cristal de 4 MHz:** Al conectar la sonda en el cristal se observa en el osciloscopio y en el computador los valores y las gráficas obtenidas que se detallan a continuación:

Figura 69. Toma de medidas en el cristal de 4 MHz



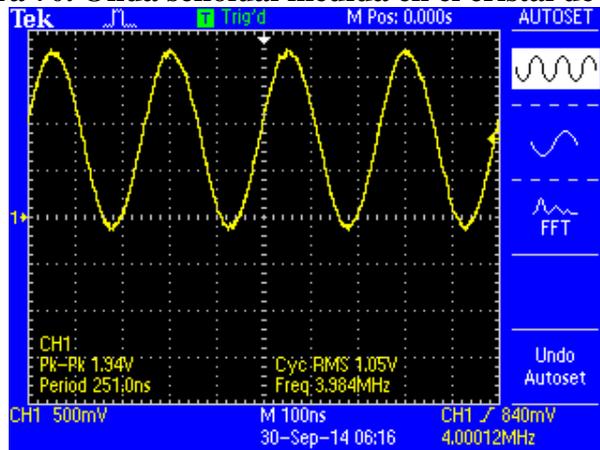
Fuente: Autores

Tabla 20. Parámetros de las señales en el cristal de 4 MHz.

Parámetros de las señales	
Frecuencia	3.96 MHz
Vpico-pico	1.96 V
Voltaje RMS	1.05 V
Voltaje	836.12 mV

Fuente: Autores

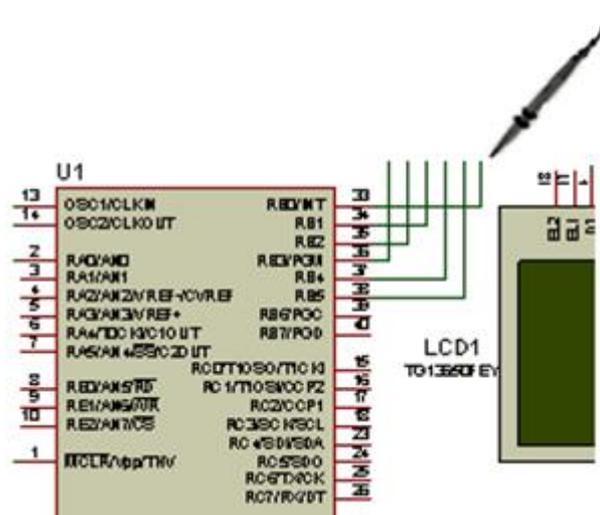
Figura 70. Onda senoidal medida en el cristal de 4MHz



Fuente: Autores

❖ **Toma de medida en el pin 33 del PIC 16F877A:** Luego de conectar la sonda en el pin 33 se observa en el osciloscopio y en el computador los valores y las gráficas obtenidas que se detallan a continuación.

Figura 71. Toma de medidas en el pin 33 del PIC 16F877A



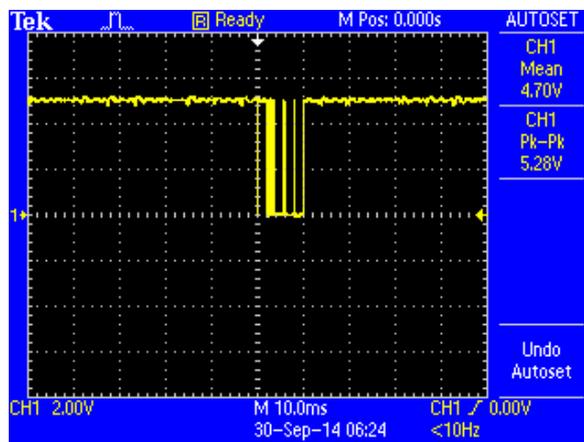
Fuente: Autores

Tabla 21. Parámetros de las señales en el pin 33 del PIC 16F877A

Parámetros de las señales	
Vpico-pico	5.28 V
Voltaje RMS	2.90
Voltaje	4.69 V

Fuente: Autores

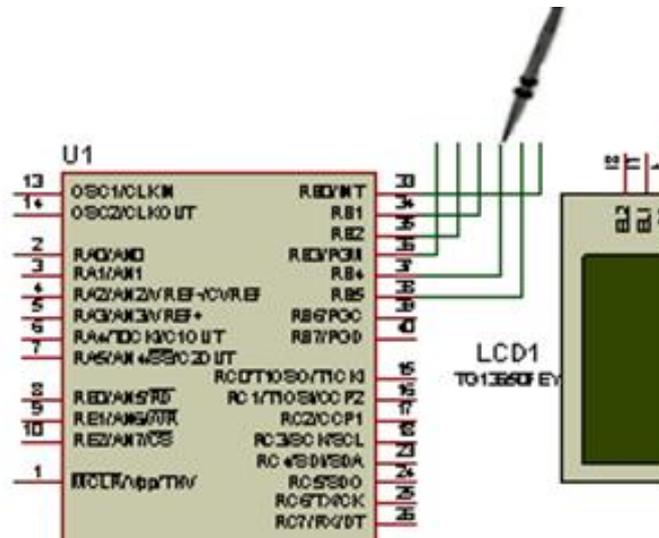
Figura 72. Onda senoidal medida en el pin 33 del PIC 16F877A



Fuente: Autores

❖ **Toma de medida en el pin 37 del PIC 16F877A:** Conectamos la sonda en el 37 se observa en el osciloscopio y en el computador los valores y las gráficas obtenidas que se detallan a continuación.

Figura 73. Toma de medidas en el pin 37 del PIC 16F877A

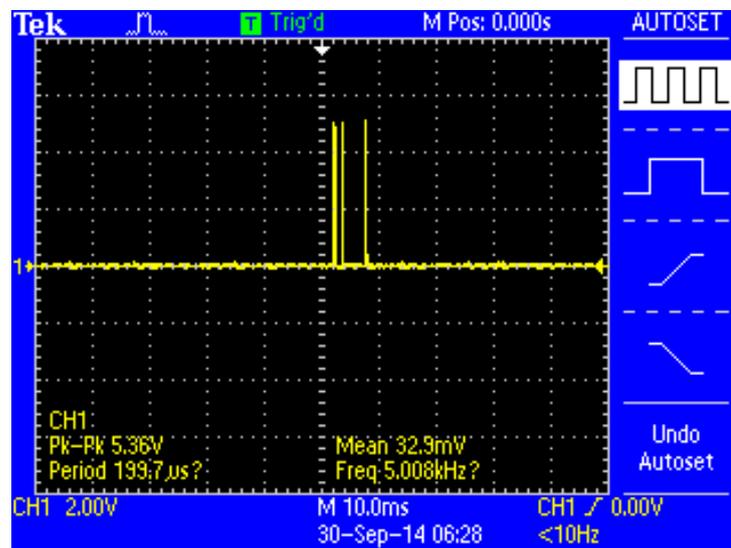


Fuente: Autores

Tabla 22. Parámetros de las señales medidas en el pin 37 del PIC 16F877A

Parámetros de las señales	
Vpico-pico	5.28 V
Voltaje RMS	2.90
Voltaje	35.91 mV

Figura 74. Onda senoidal medida en el pin 37 del PIC 16F877A



Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. Cálculo de circuitos y elementos de un sistema de calentamiento por inducción

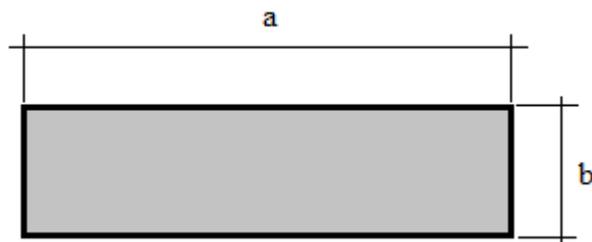
4.1 Cálculo y selección de los componentes del circuito electromagnético

El circuito electromagnético va a estar constituido por un núcleo de hierro al silicio y una bobina de cobre que los mismos serán calculados a continuación:

4.1.1 Cálculo del núcleo Fe-Si

❖ Área del núcleo

Figura 75. Área del núcleo



Fuente: Autores

$$a = 11.5 \text{ cm}$$

$$b = 2.0 \text{ cm}$$

$$A = a \times b \quad (8)$$

$$A = 11.5 \text{ cm} \times 2.0 \text{ cm}$$

$$A = 23.0 \text{ cm}^2$$

4.1.2 Intensidad del primario

$$I_p = \frac{V_s \times I_s}{V_p} \quad (9)$$

$$I_p = \frac{1.51 \text{ V} \times 572 \text{ A}}{120 \text{ V}}$$

$$I_p = 7.2 \text{ A}$$

4.1.3 Potencia del primario

$$P = V_p \times I_p \quad (10)$$

$$P = 120 \text{ V} \times 7.2 \text{ A}$$

$$P = 864 \text{ W}$$

4.1.4 Sección del núcleo

$$S = a \times \sqrt{P} \quad (11)$$

$$S = 0.8 \times \sqrt{864}$$

$$S = 23.51 \text{ cm}^2$$

Dónde:

a = Coeficiente dependiente de la calidad de las chapas.

4.1.5 Número de espiras por voltio

$$\frac{\#esp}{V} = \frac{10^8}{4.44 \times f \times \beta \times S} \quad (12)$$

$$\frac{\#esp}{V} = \frac{10^8}{4.44 \times 60 \text{ Hz} \times 5000 \text{ Gauss} \times 23.51 \text{ cm}^2}$$

$$\frac{\#esp}{V} = 3.2 \text{ esp/V}$$

Dónde:

f= La frecuencia a la que va a ser sometido nuestro circuito

β= Valor de la inducción este valor depende de la chapa a utilizar

S= Sección del núcleo

4.1.6 Número de espiras

$$N = V_p \times \#esp/V \quad (13)$$

$$N = 120 \text{ V} \times 3.2 \text{ esp/V}$$

$$N = 395 \approx 400 \text{ vueltas}$$

4.1.7 Relación de transformación

$$m = \frac{I_s}{I_p} \quad (14)$$

$$m = \frac{572 \text{ A}}{7.2 \text{ A}}$$

$$m = 79.44$$

4.1.8 Voltaje del secundario

$$m = \frac{V_p}{V_s} \quad (15)$$

$$V_s = \frac{V_p}{m}$$

$$V_s = \frac{120 \text{ V}}{79.44}$$

$$V_s = 1.51 \text{ V}$$

Dónde:

m = relación de transformación del transformador.

4.1.9 Calculo de intensidad en el secundario

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (16)$$

$$I_s = \frac{V_p \times I_p}{U_s}$$

$$I_s = \frac{120 \text{ V} \times 7.2 \text{ A}}{1.51 \text{ V}}$$

$$I_s = 572 \text{ A}$$

4.1.10 Número de espiras en el secundario

$$m = \frac{N_p}{N_s} \quad (17)$$

$$N_s = \frac{N_p}{m}$$

$$N_s = \frac{400}{79.44}$$

$$N_s = 5.03$$

Nota: según la tabla de potencias (Anexo #) nos arroja un valor de $D = 2$

4.1.11 Sección del primario

$$S_p = \frac{I_p}{D} \quad (18)$$

$$S_p = \frac{7.2 \text{ A}}{2}$$

$$S_p = 3.6 \text{ A/mm}^2$$

Dónde:

D = Densidad máxima de corriente.

4.1.12 Diámetro del conductor de la bobina del primario

$$D = \sqrt{\frac{2 \times S_p}{\pi}} \quad (19)$$

$$D = \sqrt{\frac{2 \times 3.6 \text{ A/mm}^2}{3.1416}}$$

$$D = 1.51 \text{ mm}$$

Según la tabla de calibres AWG nos da que es un conductor AWG 23 pero se suma el calibre un 10% debido a las pérdidas, finalmente dándonos como resultado el calibre AWG20. Anexo (D).

4.2 Selección de los elementos del circuito electromagnético y de automatización.

Fusible: EL fusible utilizado en nuestro circuito es de una capacidad de corriente máxima de diez amperios, se escogió este valor de acuerdo a los cálculos anteriormente establecidos, este fusible es de bajo punto de fusión cuando la intensidad de corriente supere los diez amperios, este se funde para conservar la integridad de los conductores de nuestro circuito, nos sirve como protección contra sobrecargas, cortocircuitos y además tiene una capacidad de tensión de hasta quinientos voltios debido a estos parámetros se escogió este elemento.

Tabla 23. Características del fusible

Características del fusible CAMSCO RT 1420	
Voltaje clasificado	500 V
Corriente nominal	10 A

Fuente: Autores

Timmer: Es un dispositivo que se puede programar para que en períodos de tiempo conduzca electricidad, con este dispositivo se puede programar que se enciendan

nuestro circuito de calentamiento de rodamientos, variando el tiempo necesario para el cual este sea requerido.

Figura 76. Timmer



Fuente: (CAMSCO, 2014)

A continuación se muestra una tabla donde se establece los parámetros para controlar el tiempo necesario para el calentamiento de rodamientos.

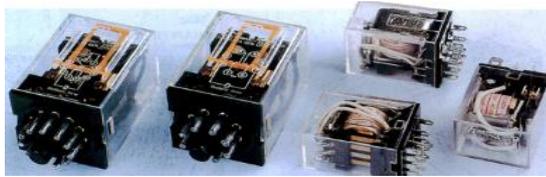
Tabla 24. Selección de tiempos del Timmer

Series \ Rango de tiempo	Posición del selector de rango de tiempo			
				
A	1 s (0,05 S-1 s)	10 s (0,1 s-10 s)	60 s (0,5 s-60 s)	10 min (10 s-10 min)
B	6 s (0,1 s-6 s)	60 s (0,5 s-60 s)	6 min (1 s-6 min)	60 min (30 s-60 min)
C	6 s (0,1 s-6 s)	60 s (0,5 s-60 s)	6 min (1 s-6 min)	60 min (30 s-60 min)
D	60 s (0,5 s-60 s)	10 min (10 s-10 min)	60 min (30 s-60 min)	10 h (10 min-10 h)
E	3 min (1 s-3 min)	30 min (30 s-30 min)	3 h (3 min-3 h)	30 h (1 h-30 h)

Fuente: Autores

Relay: Se escoge este elemento el circuito debido a que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que por medio de una bobina y un electroimán, acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir y cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Figura 77. Relé



Fuente: (CAMSCO, 2014)

Pulsador de Arranque/Parada: Son los botones que sirve para energizar (botón normalmente abierto) y desenergizar (botón normalmente cerrado).

Figura 78. Pulsadores de arranque y parada



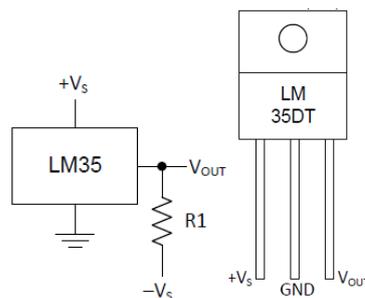
Fuente: (CAMSCO, 2014)

Sensor LM35: Es un sensor de temperatura de precisión de circuitos integrados, con una tensión de salida linealmente proporcional a la temperatura en grados centígrados.

La baja impedancia de salida, salida lineal, y la calibración inherente precisa del LM35 hacen interfaz con lectura de salida o los circuitos de control especialmente fácil. El dispositivo se utiliza con fuentes de alimentación individuales.

A medida que el LM35 se basa sólo 60 pA de la alimentación, que tiene muy baja auto-calentamiento de menos de 0,1 ° C en aire inmóvil. El LM35 está calificado para operar en un rango de temperatura desde -55 ° C hasta +150 ° C

Figura 79. Sensor de temperatura LM35



Fuente: TEXAS INSTRUMENT

Tabla 25. Características del sensor LM35

Características		Min	Max	Unidades	
Tensión de alimentación		-0,2	35	V	
Tensión de salida		-1	6	V	
Corriente de salida			10	mA	
Descarga electrostática (ESD) susceptibilidad			2500	V	
Temperatura de almacenamiento	TO Paquete	-60	180	°C	
	TO-92 Paquete	-60	150		
	TO-220 Paquete	-65	150		
	SOIC-8 Paquete	-65	150		
Temperatura de plomo	TO Paquete(soladura 10 seg)		300	°C	
	TO-92 y TO-220 Paquete(soldadura 10 seg)		260		
	SOIC PAQUETE	Infrarrojo (15 seg)			220
		Fase de vapor (60 seg)			215

Fuente: Texas Instrument

Resistencias: Debido a su aplicación se utiliza cinco tipos de resistencias, estas sirven para reducir la intensidad o provocar caídas de tensión. Se utilizó resistencias de 1/2 W y de 1W.

Figura 80. Resistencias



Fuente: Texas Instrument

Las dimensiones y especificaciones de las resistencias se muestran en el anexo A.

Condensador cerámico: Se utiliza el condensador debido a que es capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico. Está formado por un par de superficies conductoras, generalmente en forma de láminas o placas, en situación de influencia total separadas por un material dieléctrico o por el vacío.

Figura 81. Condensador cerámico



Fuente: Texas Instrument

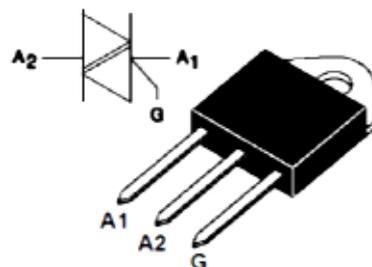
Tabla 26. Características del condensador

CONDENSADOR, 1.000 UF 25 V	
Capacitancia:	1000 μ F
Tolerancia de capacidad:	\pm 20%
Voltaje nominal:	25 V

Fuente: Autores

Triac: Es un dispositivo semiconductor, de la familia de los tiristores, la diferencia con un tiristor convencional es que éste es unidireccional y el TRIAC es bidireccional de forma coloquial podría decirse que el TRIAC es un interruptor capaz de conmutar la corriente alterna. Su estructura interna se asemeja en cierto modo a la disposición que formarían dos SCR en direcciones opuestas, posee tres electrodos: A1, A2 (en este caso pierden la denominación de ánodo y cátodo) y puerta.

Figura 82. Triac



Fuente: TEXAS INSTRUMENT

CAPÍTULO V

5. Manual de operación, mantenimiento de la estación de medición y guías de laboratorio de electrónica de potencia

5.1 Manual de Operación

El tiempo y uso que se les da a los equipos acortan la vida útil, y además bajan la eficiencia de los mismos, con el presente manual de operación y mantenimiento de los equipos del laboratorio de Electrónica de la Facultad de Mecánica se proyecta el uso y mantenimiento correcto.

Se ha ejecutado una caracterización, categorización y clasificación, pretendiendo mejorar la calidad, eficiencia y costos, ya que este manual está basado principalmente en un mantenimiento preventivo con el propósito de tener cuidados y procedimientos adecuados al momento de manejar los equipos.

Objetivos

- ❖ Aumentar el nivel de conocimiento de operación de los equipos.
- ❖ Elaborar los registros, historial de averías, herramientas y repuestos.
- ❖ Llevar un adecuado registro de control con el propósito de realizar un correcto procedimiento de mantenimiento y mejora continua de los laboratorios.
- ❖ Garantizar las condiciones óptimas de funcionamiento y conservación de los equipos de los laboratorios de Electrónica de la Facultad de Mecánica.

Seguridad

Tenga en cuenta las siguientes medidas de seguridad para evitar daños en los equipos o cualquier elemento adherido al mismo, para evitar peligros potenciales, utilice los equipos rigiéndose a los manuales de operación.

En caso de tener alguna duda dirigirse inmediatamente a los encargados de los laboratorios para realizar cualquier consulta.

Riesgo eléctrico

Es aquel susceptible de ser producido por instalaciones eléctricas, partes de las mismas, y cualquier dispositivo de bajo tensión, con potencial suficiente para producir fenómenos de electrocución y/o quemaduras.

El riesgo eléctrico puede producirse en cualquier tarea que implique manipulación o maniobra de instalaciones eléctricas de baja, media y alta tensión. Operaciones de mantenimiento de este tipo de instalaciones, reparación de aparatos eléctricos, utilización de aparellaje eléctrico en entornos para los cuales no ha sido diseñado el dispositivo (ambientes húmedos y/o mojados).

Recomendaciones generales

- ❖ **Use el cable de alimentación adecuado:** use sólo el cable de alimentación especificado para este equipo y certificado para su utilización.
- ❖ **Proporcione al equipo una conexión a tierra:** este producto se conecta a tierra mediante el conductor de conexión a tierra del cable de alimentación. Con objeto de evitar descargas eléctricas, conecte siempre este conductor a una conexión de tierra. Antes de realizar conexiones a los terminales de entrada o salida del equipo, asegúrese que el equipo tenga salida a tierra.
- ❖ **Respete el régimen de todos los terminales:** a fin de evitar incendios o descargas eléctricas, observe siempre los regímenes y señalización del equipo. Consulte el manual del equipo para obtener más información acerca de los regímenes antes de realizar las conexiones. No aplique corriente a ningún terminal, incluido el terminal común, que supere el régimen máximo de dicho terminal.
- ❖ **Desconexión de la alimentación:** el cable de alimentación permite desconectar el equipo de la fuente de alimentación. No bloquee el cable de alimentación; debe permanecer accesible al usuario en todo momento.
- ❖ **No ponga en funcionamiento el equipo sin las cubiertas:** no ponga el aparato en funcionamiento sin las cubiertas o los paneles.
- ❖ **No ponga en funcionamiento el equipo si sospecha que hay fallos:** si sospecha que el equipo puede estar dañado, haga que lo inspeccione personal técnico cualificado.

- ❖ **Evite los circuitos expuestos:** evite tocar las conexiones y componentes expuestos cuando el equipo este alimentado.

No ponga en funcionamiento el equipo en entornos húmedos o mojados.

No ponga en funcionamiento el equipo en una atmósfera explosiva.

Mantenga limpias y secas las superficies del equipo.

Proporcione la ventilación necesaria.

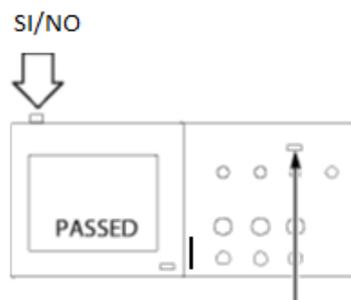
5.1.1 Manual de operación del osciloscopio

1. Conecte el cable de alimentación a una fuente de alimentación que entregue de 90 a 264 VACRMS, de 45 a 66 Hz.

NOTA: Si dispone de una fuente de alimentación de 400 Hz, debe entregar de 90 a 132 VACRMS, de 360 a 440 Hz.

2. Presionar el botón de encendido que se encuentra en la parte superior del equipo 1 encendido, 0 apagado. Verificar que ha superado las pruebas de encendido.

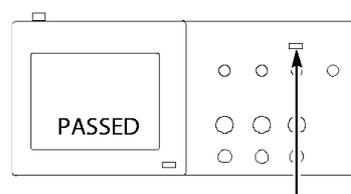
Figura 83. Botón de encendido



Fuente: (TEKTRONIX)

3. Pulse el botón Config. Predet.

Figura 84. Configuración predeterminada

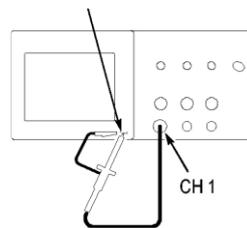


Fuente: (TEKTRONIX)

NOTA: El valor de atenuación predeterminado para la sonda es 10X.

4. Conectar la sonda TPP0201 al canal 1 (CH1) del osciloscopio. Alinee la ranura del conector de la sonda con la llave del BNC de CH 1. Presione hasta conectar y gire a la derecha para fijar la sonda en su sitio. Conecte la punta de la sonda y el cable de referencia a los terminales de PROBE COMP (COMP. SOND).

Figura 85. Probe Comp

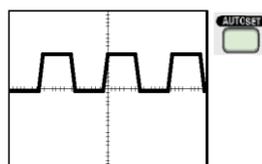


Fuente: (TEKTRONIX)

5. Pulsar el botón 1, canal 1 (CH1).

6. Pulsar el botón Auto configurar (Auto Set). En unos segundos, debería ver en la pantalla una onda cuadrada de aprox. 5 V pico a pico a 1 kHz.

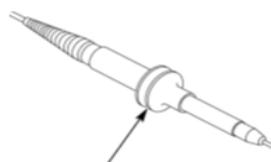
Figura 86. Grafica de la autoconfiguración



Fuente: (TEKTRONIX)

NOTA: Compruebe y observe los regímenes de las sondas antes de utilizarlas. La protección alrededor del cuerpo de la sonda TPP0101/TPP0201 protege los dedos de descargas eléctricas.

Figura 87. Protección de los dedos



Protección de los dedos

Fuente: (TEKTRONIX)

7. Pulsar el botón de MENÚ 1, (CH1) del panel frontal dos veces para deseleccionar el canal 1.

8. Pulsar el botón 2 (CH2), para mostrar el canal 2.

9. Repetir pasos 4, 5 y 6 respectivamente.

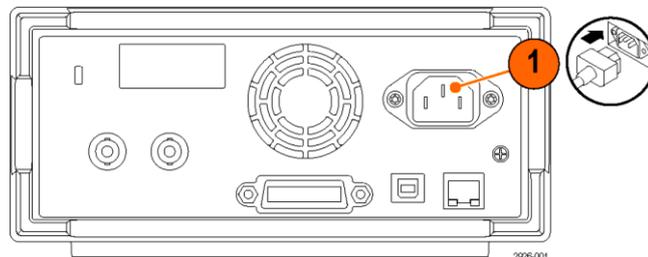
10. Antes de apagar el equipo desconectar la sonda del equipo.

11. Luego presionar el botón para apagar el equipo y desconectar el cable de alimentación.

5.1.2 Manual de Operación del Generador de Funciones

1. Enchufe el cable de alimentación de CA en el receptáculo del panel posterior y el otro extremo a una salida conectada a tierra correctamente.

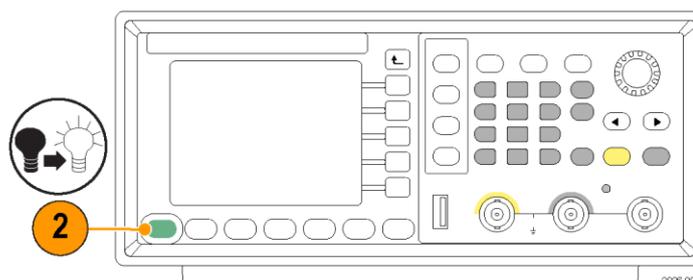
Figura 88. Alimentación del generador



Fuente: (TEKTRONIX)

2. Pulse el botón de encendido del panel frontal para encender el instrumento.

Figura 89. Botón de encendido

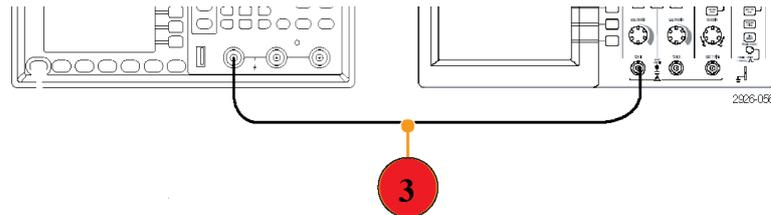


Fuente: (TEKTRONIX)

NOTA: Espere a que la pantalla del panel frontal muestre que se han superado todas las pruebas automáticas de encendido antes de utilizar el instrumento.

3. Conecte un cable BNC entre Salida canal del generador de funciones y un conector de entrada del osciloscopio.

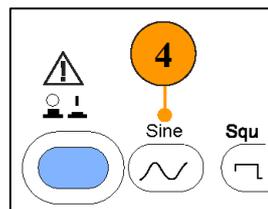
Figura 90. Conexión entre el generador de funciones y el osciloscopio



Fuente: (TEKTRONIX)

4. Pulse el botón Sine (Sinusoidal) del panel frontal.

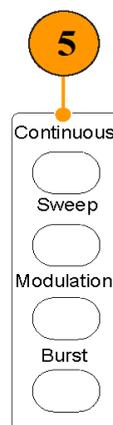
Figura 91. Botón Sine



Fuente. (TEKTRONIX)

5. Para seleccionar una forma de onda sinusoidal continua, pulse el botón Continuo del panel frontal.

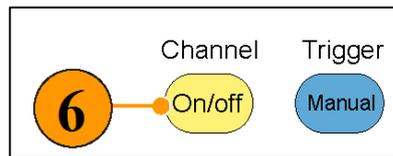
Figura 92. Botón continuo



Fuente: (TEKTRONIX)

6. Pulse el botón Canal On/Off del panel frontal para activar la salida. El botón debería estar encendido.

Figura 93. Botón on/off

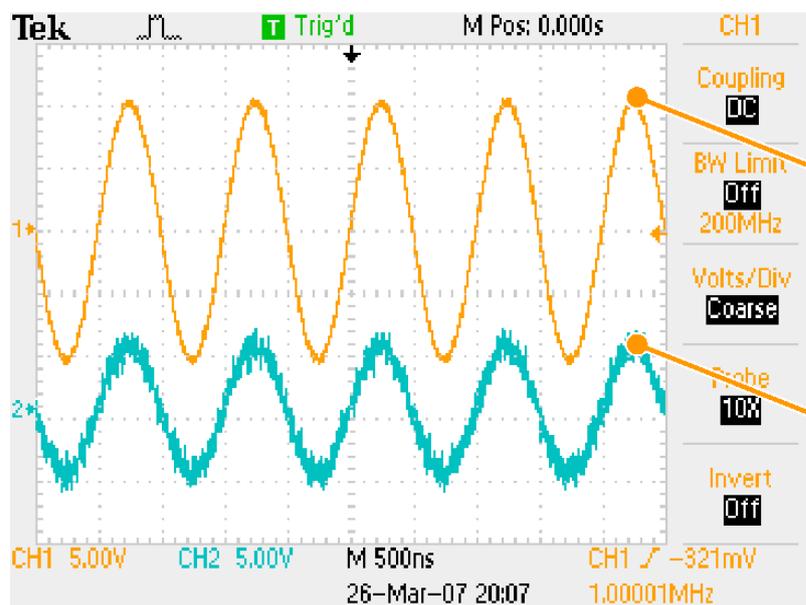


Fuente: (TEKTRONIX)

NOTA: Active la salida de la señal. Observe la forma de onda que se muestra en la pantalla del osciloscopio.

7. Utilice los botones de acceso directo del panel frontal del instrumento para seleccionar un parámetro de forma de onda.

Figura 94. Botones de acceso directo

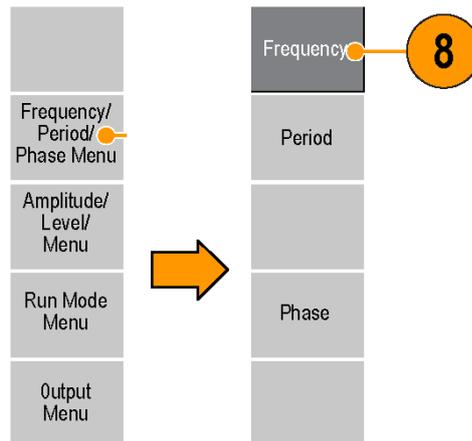


Fuente: (TEKTRONIX)

NOTA: Utilice la función de ajuste automático de la escala del osciloscopio para ver la forma de onda sinusoidal en la pantalla.

8. Seleccione Frequency (Frecuencia) como el parámetro que se va a modificar.

Figura 95. Parámetro de la frecuencia



Fuente: (TEKTRONIX)

NOTA: Para cambiar la frecuencia, pulse el botón Sine (Sinusoidal) del panel frontal y luego pulse el botón de bisel (Menú Frecuencia/Periodo/Fase).

9. Cambie los parámetros de forma de onda con el mando de propósito general y las teclas de dirección.

10. Pulse el botón de encendido del panel frontal para apagar el instrumento.

5.2 Manual de Mantenimiento

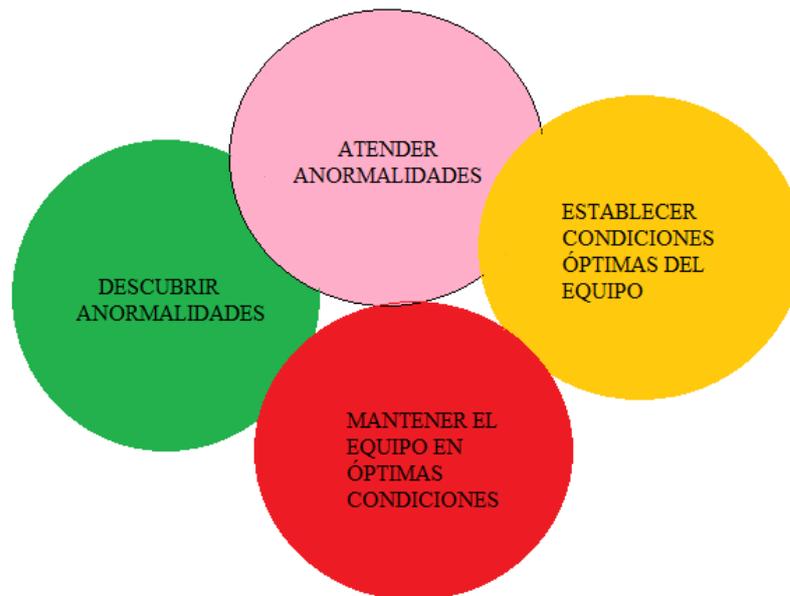
Mediante este manual de mantenimiento se logrará reducir al mínimo los riesgos existentes en los laboratorios asegurando así la continua operación de los equipos, minimizando la constante calibración debido a la incorrecta manipulación, factores ambientales y desgaste al pasar del tiempo.

Importancia

La importancia radica en los equipos que está sujeto a normas constantes de mantenimiento, dando así alta confiabilidad a la industria, el mantenimiento es un proceso en el que interactúa máquina y hombre para generar ganancias, las inspecciones periódicas ayudan a tomar decisiones basadas en parámetros técnicos. La finalidad del mantenimiento entonces es conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la menor contaminación. El mantenimiento que se aplicara a los equipos será el mantenimiento autónomo por la

razón de que dichos equipos son nuevos. El mantenimiento autónomo promueve conciencia en el equipo, la concienciación en el equipo se refiere a cuatro habilidades: (1) descubrir anomalías; (2) atender anomalías; (3) establecer condiciones óptimas del equipo; (4) mantener el equipo en óptimas condiciones.

Figura 96. Habilidades del equipo de mantenimiento autónomo



Fuente: Autores

Ocho pasos en el desarrollo de mantenimiento autónomo.

Primer paso: *Realizar limpieza inicial.*

Metas:

Eliminar todo el polvo y partículas para prevenir la deterioración acelerada.

Encontrar problemas escondidos al limpiar y corregirlos.

Familiarizarse con el equipo y ser sensible a sus necesidades.

Atacar los problemas en equipo de trabajo; aprender habilidades de liderazgo.

Puntos a enfatizar:

Los empleados aprenden gradualmente que la limpieza es inspección y los resultados van más allá de tener el equipo brillante.

Segundo paso: *Atender causas de equipo sucio.*

Metas:

Eliminar causas de suciedad; prevenir la generación de rebabas o polvo y contaminantes.

Mejorar la confiabilidad del equipo al evitar que se acumule polvo y suciedad en el equipo.

Ampliar el alcance de los esfuerzos de mejora de individuos a equipos pequeños.

Estar orgullosos de realizar mejoras.

Puntos a enfatizar:

Mientras se mejora el mantenimiento del equipo, los operadores no solo conocen como se mejora el equipo, sino que se preparan para seguir trabajando en equipos pequeños.

Tercer paso: *Mejorar áreas difíciles de limpiar.***Metas:**

Reducir el tiempo necesario para limpieza y lubricación.

Mejorar la mantenibilidad por medio de la limpieza lubricación mejorada.

Aprender como transparentar la gestión por medio de controles visuales simples.

Estar orgullosos de implementar las mejoras.

*difícil de limpiar significa difícil de inspeccionar.

Puntos a enfatizar:

Mientras se mejora el mantenimiento del equipo, los operadores no solo conocen como se mejora el equipo, sino que se preparan para seguir trabajando en equipos pequeños.

Cuarto paso: *Estandarizar actividades de mantenimiento.***Metas:**

Controlar los tres factores clave para prevenir la deterioración: limpieza, lubricación y apretar tornillos y tuercas.

Emitir estándares provisionales de limpieza rutinaria, lubricación e inspección.

Comprender la importancia de mantener la calidad por medio de equipos pequeños.

Estudiar las funciones básicas y estructura del equipo.

Puntos a enfatizar:

Emitiendo y revisando los procedimientos estándar, los operadores comprenden que así como la gente que mantiene el equipo, deben tomar, implementar y promover sus propias decisiones de mantenimiento.

Quinto paso: *Desarrollar actividades de inspección generales.*

Metas:

Aprender a identificar las condiciones óptimas de desempeño y tener habilidad para el diagnóstico.

Realizar una inspección general de las partes principales del equipo para reemplazar las partes desgastadas y mejorar la confiabilidad.

Modificar el equipo para facilitar la inspección (y mantenimiento).

Cultivar el sentido de liderazgo y membresía aprendiendo de los operadores más experimentados.

Puntos a enfatizar:

Los operadores aprenden los puntos vitales de su equipo por medio de estudio e instrucción, mejoran sus habilidades por medio de la práctica, y confirman su nivel de logro por medio de pruebas.

Sexto paso: *Realizar inspección autónoma*

Metas:

Usar lista de verificación y procedimientos estandarizados efectivamente.

Mejorar la confiabilidad operacional y clarificar condiciones anormales.

Reconocer la operación correcta, anormalidades y medidas correctivas apropiadas.

Fomentar la autonomía creando sus propias listas de verificación.

Puntos a enfatizar:

Los miembros del equipo prueban su comprensión y adherencia a puntos de inspección importante.

Séptimo paso: *Organizar y administrar el lugar de trabajo.*

Metas:

Asegurar la calidad y la seguridad estandarizando el trabajo en el laboratorio, procedimientos de orden y limpieza mejorando la productividad.

Estandarizar las cantidades y el almacenamiento de inventarios en proceso, inventarios de materia prima, productos, refacciones y herramientas.

Facilitar la administración del mantenimiento implementando controles visuales.

Puntos a enfatizar:

Este paso refuerza la estandarización de reglamentaciones y controles, mejora de estándares, y uso de controles visuales para facilitar la administración de mantenimiento.

Octavo paso: *Motivar la administración autónoma*

Metas:

Trabajar juntos en las mejoras que ayudaran a lograr las métricas organizacionales.

Colectar y analizar datos los equipos orientados a mejor la confiabilidad, mantenibilidad y operatividad.

Promover la mejora continua.

Aprender a analizar y registrar datos del equipo y realizar reparaciones simples del equipo.

Puntos a enfatizar:

Las actividades del operador se monitorean para que sean consistentes con las metas de la organización.

5.2.1 Cuidados generales y limpieza

Cuidados generales

Evite almacenar o dejar el instrumento en lugares donde la pantalla LCD quede expuesta a luz solar directa durante periodos largos de tiempo.

Limpieza

Inspeccione el instrumento y las sondas con la frecuencia que requieran las condiciones en que se usen. Para limpiar la superficie exterior, siga estos pasos:

Quite el polvo de la parte exterior del instrumento y las sondas con un paño que no suelte pelusa. Tenga cuidado de no arañar el filtro de plástico transparente de la pantalla. Utilice un paño suave humedecido en agua para limpiar el instrumento. Utilice una solución acuosa de alcohol isopropílico al 75% para una limpieza más eficaz.

5.3 Guías de Laboratorio

Las prácticas de laboratorios tienen por objetivo contribuir al desarrollo en los alumnos de tal forma que mejoren en el planteamiento de hipótesis fundamentada en la teoría.

Además ayuda a mejorar la facilidad de captar perfectamente todas las instrucciones que se le dan y desarrolla la técnica experimental en forma segura, de igual manera mejora la interpretación de los resultados del experimento y así realizar de manera adecuada los cálculos, elaborar una conclusión válida y un correcto análisis de los resultados, como también la facilidad de sugerir modificaciones para mejorar la práctica.

La enseñanza de la electrónica de potencia, a través de la experimentación, es una actividad que se desarrolla en forma planeada.

La planeación se puede hacer a través de un documento escrito, denominado “Guía de Laboratorio” que plasme en forma aproximada la manera como trabajar dentro del laboratorio.

En este sentido la guía de laboratorio es un documento constituido por pasos y dichos pasos con sus respectivos objetivos.

Elaboración de las diferentes guías de laboratorio de electrónica de potencia para la utilización de los equipos antes mencionados.

GUÍA DE LABORATORIO #1



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD: MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

CARRERA: INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

GUÍA DE LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA

PRÁCTICA N°. 1.- NORMAS DE SEGURIDAD Y MEDICIONES EN LA ELECTRÓNICA DE POTENCIA

1. DATOS GENERALES:

NOMBRE: Estudiante(s)

CÓDIGO(S): (de estudiante(s))

.....

.....

.....

.....

.....

.....

GRUPO N°:...

FECHA DE REALIZACIÓN:

FECHA DE ENTREGA:

201__/_/_

201__/_/_

2. OBJETIVO(S):

2.1. GENERAL

Conocer cuáles son las normas de seguridad para los equipos de electrónica de potencia y como realizar mediciones en los mismos.

2.2. ESPECÍFICOS

Aprender las normas básicas de seguridad.

Aprender a utilizar el equipo de medición.

METODOLOGÍA

En esta guía vamos a tener un conocimiento adecuado sobre las normas de seguridad cuando se trabaje con elementos de electrónica de potencia así como también podremos conocer como conectar correctamente los equipos para realizar mediciones en los mismos.

EQUIPOS Y MATERIALES:

Fuente de energía

Carga resistiva

Carga capacitiva

Voltímetro CA y CD

Amperímetro CA y CD

Diodos de potencia

Cables terminales

MARCO TEÓRICO:

La seguridad es un deber para quien trabaja con electricidad. La electricidad es peligrosa y aún fatal, para quienes trabajan sin observar sus normas.

Mucha gente se electrocuta cada año por energía de CA de las redes domiciliarias. Aun así, los más experimentados técnicos por exceso de confianza o descuido, violan las normas básicas de la seguridad personal con riesgo de electrocución.

La primera norma de la seguridad personal es primero piense: Esta norma cubre a todos los que trabajan en la Industria y a quienes trabajan con electricidad.

Desarrollar buenos hábitos de trabajo.

Aprender el uso correcto y seguro de las herramientas.

Estudiar la tarea por desarrollar y analizar sus procedimientos, métodos, herramientas de uso, instrumentos y máquinas antes de ejecutar algo.

No distraerse en el trabajo ni distraer a los demás que estén desarrollando trabajos de riesgo.

No hacer bromas, evitar las bromas cerca de máquinas en movimiento o máquinas eléctricas.

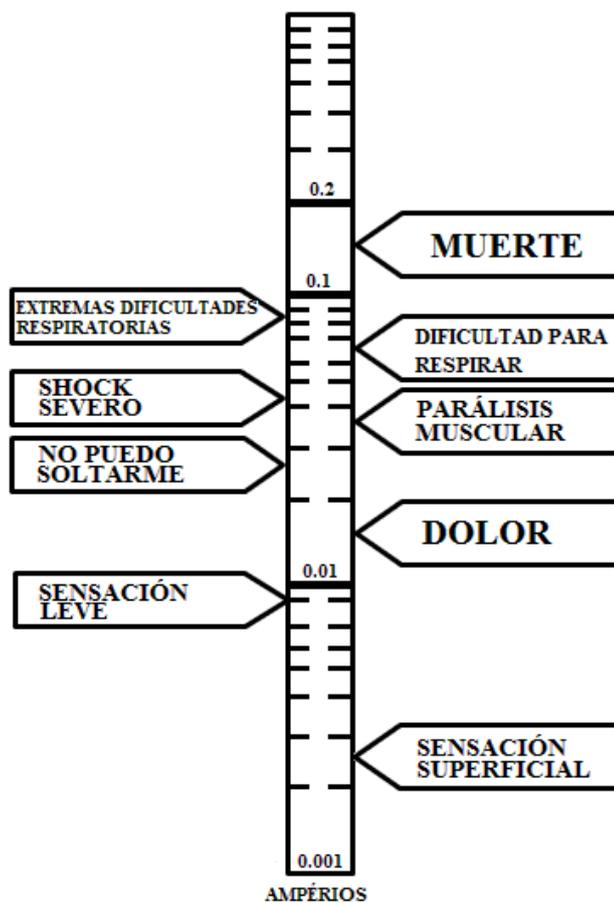
Hay tres tipos de accidentes de ocurrencia frecuente entre estudiantes de electricidad y técnicos: el choque eléctrico, las quemaduras y los daños por equipos.

Conocer y estudiar sobre el tema le hará una persona segura en el trabajo, y le evitará problemas personales y experiencias costosas.

Choques eléctricos (shocks)

La Figura 52 ilustra los efectos fisiológicos de la corriente eléctrica sobre las personas.

Figura 97. Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica



Fuente: Autores

Se observa que es la corriente (y el tiempo que fluye) la que produce el daño.

Corrientes por encima de 100 mA o 1/10 de Amperio son fatales. Un operario contactado por una corriente superior a los 200 mA puede sobrevivir mediante un tratamiento oportuno. Las corrientes menores de 100 mA pueden ser serias, dolorosas y en ocasiones, fatales.

Nueve normas para prácticas seguras y prevención de shock:

1. Asegúrese del estado del equipo y de los peligros potenciales antes de operarlo. Muchos deportistas murieron por creer que el arma no estaba cargada, y muchos técnicos se confiaron en un "circuito muerto".

2. Nunca se confíe de dispositivos como los fusibles, relés, o sistemas de cierre para su protección. Pueden no operar y fallan en su protección cuando más lo necesita.

3. Nunca retire la masa (o tierra) de una conexión de tres cables. Esto elimina masa del equipo con riesgo de shock.

4. Nunca trabaje sobre un banco en desorden. El desorden puede llevarlo a choques, corto-circuitos y accidentes. Ordene su puesto de trabajo y consolide este hábito.

5. Nunca trabaje en pisos húmedos o mojados. Esto puede reducir su resistencia a masa. Trabaje sobre pisos encauchados o con tapetes de caucho.

6. No trabaje solo. Es de sentido común tener a alguien alrededor en caso de accidente para cortar la corriente, dar respiración artificial o llamar al médico.

7. Trabaje con una mano detrás suyo o en su bolsillo. Una corriente entre las manos atraviesa su corazón en forma letal que una corriente que va de la mano al pie. El técnico respectivo siempre trabaja con una mano.

8. No hable mientras trabaja. Evite distraerse. Tampoco le hable a quién está trabajando con equipo de riesgo. No se convierta en causa de accidente

9. Muévase lentamente mientras trabaja con circuitos. Ademanes o movimientos rápidos pueden llevar a accidentes corto-circuitos o choques eléctricos.

Quemaduras

Este tipo de accidentes, no del todo fatales, son dolorosos. La disipación de la energía eléctrica produce calor.

Hay cuatro normas sobre prevención de quemaduras.

1. Las resistencias consumen calor. Observe los 5 y 10 vatios, pueden quemar las yemas de sus dedos. Espere a que se enfríen.

2. Cuidarse de los capacitores, los cuales pueden aún retener algo de carga y en ocasiones pueden ser elementos peligrosos, causantes de choques eléctricos por descarga eléctrica con quemaduras. Si el voltaje de los capacitores electrolíticos se excede o se invierten sus polaridades, se calientan demasiado y pueden estallarse.

3. Tenga cuidado con cautines calientes. No los deje sobre el banco en donde pueden ser tocados por su brazo y causarle un accidente. Nunca los almacene si aún están calientes, alguien que ignore su estado puede tomarlos.

4. Un caudín caliente quema la piel. Espere que se enfríen. Para desoldar uniones no sacuda el caudín caliente. Cualquier accidente puede causar a su vecino en la vista, su cuerpo o su vestimenta.

Daños causados por equipos: Un tercer conjunto de normas y seguridad se aplica a quienes trabajan con herramientas y equipos. Esto compete más a los técnicos en el uso correcto de los mismos.

Hay 5 normas para prevenir accidentes por equipos:

1. Esquinas y bordes metálicos cortantes en chasis y paneles pueden cortar o escoriar. Suavícelos a lima.

2. Una inadecuada selección de equipos e instrumentos puede ocasionarle daños físicos y daño de equipo.
3. Utilice las gafas de protección cuando esmerile o trabaje en metales que puedan chisporrotear.
4. Proteja sus manos, vestido y ojos cuando trabaje con ácidos de batería, fluidos de acabado y grabado, son muy corrosivos.
5. Si no sabe Pregúntele a la persona que este encargada.

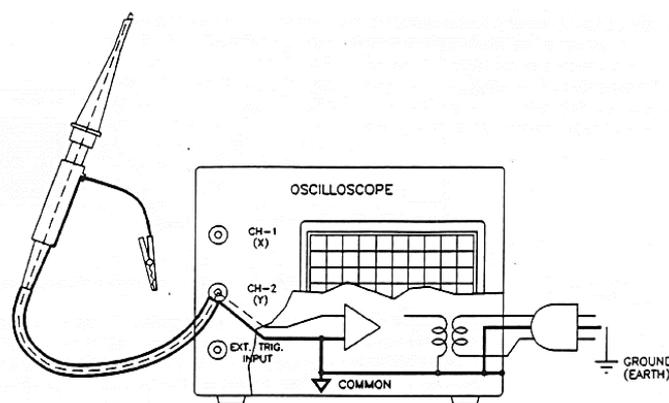
Mediciones con el osciloscopio en circuitos de potencia

Para observar las señales eléctricas en un circuito, por lo general se utiliza el osciloscopio.

De otra parte, para observar las señales en un circuito de potencia, sucede que el osciloscopio no puede ser utilizado directamente.

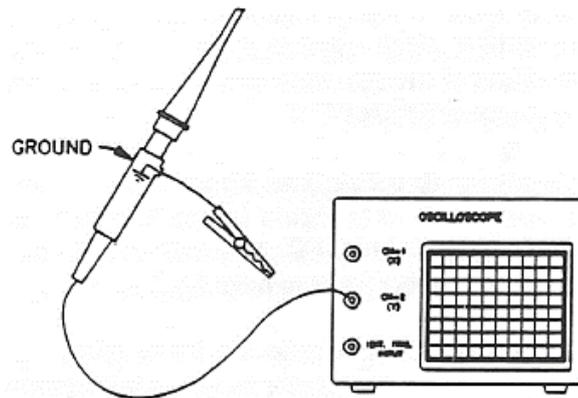
Observe que el cable de masa va conectado al chasis del osciloscopio y al punto de masa común del circuito del aparato. La conexión del chasis a masa es por efectos de seguridad, dado que el chasis asume un elevado potencial, lo que significa que el esquema del osciloscopio de la Figura 53 se puede representar como el de la Figura 54.

Figura 98. Esquema de un osciloscopio de dos canales



Fuente: Autores

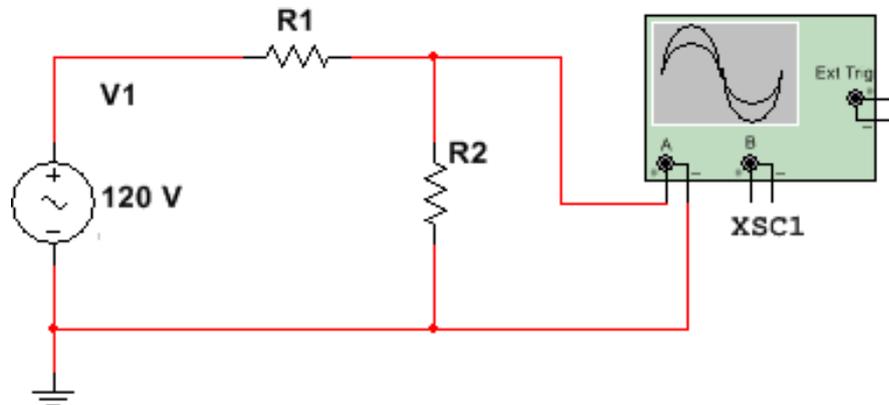
Figura 99. Esquema simple de un osciloscopio de dos canales



Fuente: Autores

Consideremos ahora un circuito simple en serie como el de la Figura 78 en donde la resistencia R_1 es igual a la R_2 . Obviamente, el voltaje sobre R_1 es igual a la mitad del voltaje CA de la fuente E_s ($1/2 E_s$).

Figura 100. Observación de señales en un circuito serie



Fuente: Autores

Para apreciar el voltaje sobre R_1 , usted podría inclinarse por conectar el osciloscopio según se muestra. De otra parte esta conexión modificará el circuito porque la resistencia R_2 está ahora en corto a masa a través del cable sonda o de prueba del osciloscopio. Como resultado, el osciloscopio mostrará un voltaje a través de R_1 igual a E_s , lo cual es incorrecto.

Para evitar conexiones del osciloscopio que varíen el circuito, y apreciar los voltajes correctos en R_1 , debe utilizarse un aislador de voltaje.

Mediciones análogas en circuitos de potencia

Es frecuente, dentro del campo eléctrico (de potencia) el uso de los medidores analógicos para medir las diferentes variables eléctricas.

Diferentes tipos de medidores de movimiento permiten medir las variables de la corriente continua y la alterna.

Contrariamente, en la electrónica de potencia, muchas variables de interés no son corrientes continuas atenuadas o suaves o señales sinusoides.

Por ello, es importante conocer cómo operan los medidores para medir las variables en los circuitos electrónicos de potencia.

Mediciones de voltajes y corrientes en CD

Se utilizan el voltímetro y el amperímetro. Muchos medidores se basan en el aparato de Arsonval.

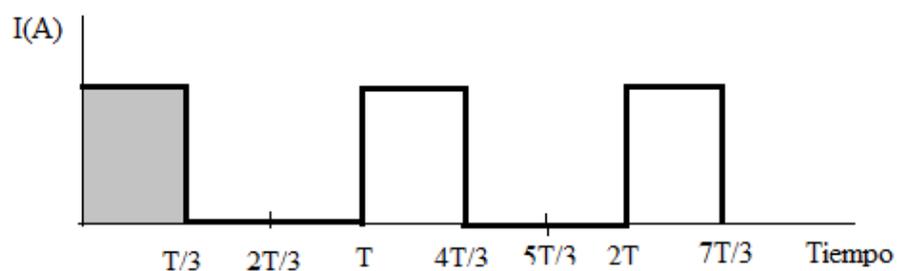
En este tipo de aparatos, el movimiento de la aguja es proporcional al valor promedio de la corriente que fluye a través del mismo, y por ello estos aparatos solo miden valores promedios.

Todos los instrumentos modernos incluyen un circuito interno de protección que limita el valor de la variable de entrada para proteger el aparato medidor.

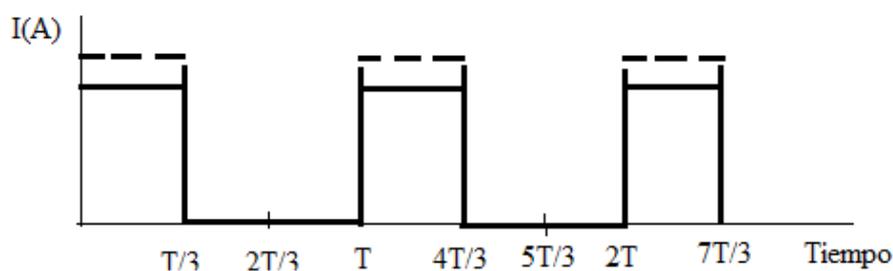
Este aspecto debe tenerse en cuenta en el uso de estos medidores.

Por ejemplo, consideremos la medición del valor promedio de la onda de la corriente de la Figura 79 (a) utilizando un amperímetro con un circuito protector que limita la corriente a 2 A en su rango de 1 A (b) Corriente en contador con circuito protector

Figura 101. Ondas de corriente



a) Corriente en circuito de potencia



b) Corriente en contador con circuito protector

Fuente: Autores

El actual valor promedio de la corriente puede obtenerse calculando el área bajo la curva en un período, dividido por el período. Para la onda de la Figura 79 esto da:

$$I_{prom} = (3 T/3) \times 1/T = 1A$$

De otra parte, con un amperímetro de 1A de rango, el circuito protector limita la corriente de entrada a 2A. Además, el amperímetro medirá el valor promedio de la onda mostrada en la Figura 1-6 (b) y da una lectura de:

$$I_{prom} = 2 T/3 \times 1/T = 2/3A$$

El error en la medición, expresado en porcentaje, es de 33%, claro, que puede seleccionarse en el amperímetro un rango más alto para medir la corriente promedio.

Esto podría observarse a través de un osciloscopio antes de hacer la medición.

Medición de corrientes y voltajes alternas

Para la medición de corrientes y voltajes de CA, es de interés para considerar el RMS (raíz media cuadrada) como valor efectivo.

Los amperímetros están basados en un aparato de hierro móvil, el cual da el valor RMS de una señal alterna en forma directa. El aparato tiene un rango de frecuencia limitada entre 25 y 80 Hz, lo cual limita su utilización como instrumento de precisión (2% de exactitud) para señales sinusoidales de 50 a 60 Hz. Las señales sinusoidales oscilan frecuentemente entre los 10 y 25 Hz o entre 80 y 150 Hz, pueden ser igualmente medidas, pero su exactitud se reduce un 5%.

Cuando uno de estos amperímetros se usa para medir señales no-sinusoidales, la exactitud de la lectura se afecta. Los amperímetros llevan circuito de protección que limita el valor pico de la señal para prevenir daños en el aparato.

En resumen, cuando se mide una señal en circuito de potencia con un voltímetro analógico o un amperímetro analógico, es aconsejable observar primero la señal a medirse en un osciloscopio a fin de tener una idea sobre la magnitud y forma de la señal. Esto permite verificar la confiabilidad del aparato medidor. En muchos casos, el voltímetro y el amperímetro, junto con un osciloscopio, son de utilidad en determinar si una medida está o no correctamente determinada.

PROCEDIMIENTO:

- ❖ En la primera parte de esta sección, usted debe medir la resistencia entre dos puntos de su cuerpo, en la piel seca y piel mojada.
- ❖ En la segunda parte, instale en la estación de trabajo el equipo necesario para el ejercicio.
- ❖ En la tercera parte, usted medirá con el osciloscopio (instrumento conectado a tierra) el voltaje pico en la resistencia R, en el circuito en serie de la Figura 80.

PRECAUCIÓN: Existen altos voltajes en este ejercicio No haga ni cambie conexiones de fuerza (tipo banana por ejemplo) cuando la energía esté ON.

Medición de la Resistencia entre varios puntos del cuerpo humano

1. La corriente que fluye entre dos puntos depende de la diferencia de potencial, o voltaje, y de la resistencia entre los dos puntos. Conforme a las normas de seguridad ya explicadas, use un Óhmetro para medir su resistencia corporal entre los siguientes puntos:

De la mano derecha a la mano izquierda _____ $K\Omega$

Ahora humedezca sus dedos y repita el experimento:

De la mano derecha a la mano izquierda _____ $K\Omega$

2. La resistencia actual varía, según los puntos de contacto, el área de contacto y tal como lo ha observado, de la condición de la piel. La resistencia de la piel varía desde pocos $k\Omega$ para piel seca. Con el óhmetro a través de sus puntos, pruebe entre el pulgar y meñique de cada mano y observe el óhmetro, variando la presión de las puntas. La resistencia se reduce a medida que se incrementa la presión de las puntas.

Debe tenerse en cuenta que la resistencia de la piel se reduce rápidamente a medida que la corriente fluye a través del punto de contacto debido a que se va destruyendo la capa exterior. Además, una vez la corriente pasa por el cuerpo, la resistencia que encuentra va reduciéndose rápidamente debido a la conductividad de los fluidos de su cuerpo. De otra parte, el voltaje de contacto no decrece y el resultado es que es posible que un shock no letal se vuelva letal. Por esta razón es importante romper la conexión entre el conductor energizado y la persona en trauma, lo más pronto posible.

Instalación del equipo

1. Instale la fuente de energía, el cercado de la alimentación, los diodos de potencia, el Amperímetro de CA, el Voltímetro de CA, el Voltíamperímetro de CD, la carga resistiva, y los Módulos de carga capacitiva en la estación móvil.

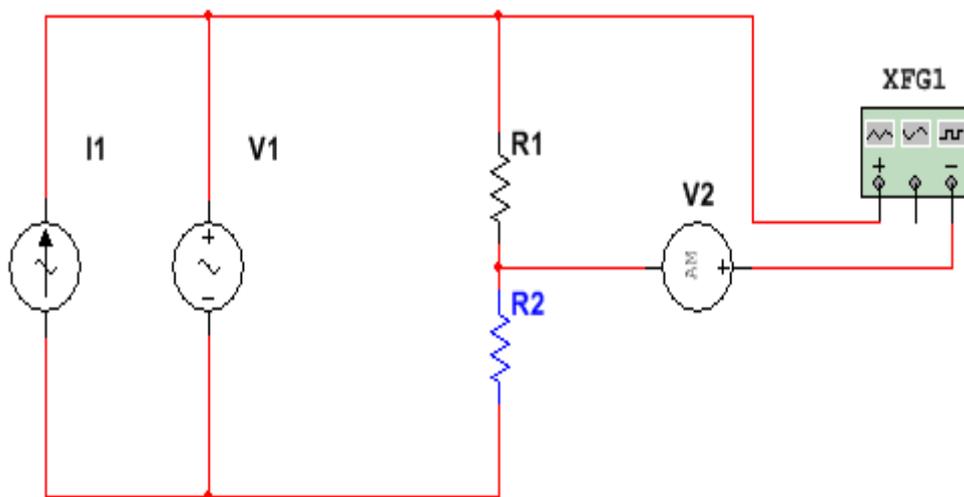
2. Instale el aislador de corriente y el de voltaje en el cerco o recinto de la alimentación de energía.

3. Asegúrese que el interruptor principal de energía esté en posición O (OFF). Conecte la energía a la trifásica del receptáculo en su pared. Nota: El símbolo internacional para un interruptor cerrado (ON) es 1, y para un interruptor abierto es O (OFF).
4. Conecte el cable del cerco de la energía en la pared del receptáculo. Fije la palanca del interruptor del cerco de la energía en la posición 1 (ON).
5. Asegúrese que las palancas de los interruptores en los módulos de la carga resistiva y capacitiva estén en la posición O. Medición del voltaje en circuitos de potencia utilizando el osciloscopio
6. Conecte los módulos conforme a la Figura 80.

Haga el siguiente montaje en el osciloscopio:

En el osciloscopio, fije la posición vertical del control del Canal-1 para posicionar el trazo en medio de la pantalla.

Figura 102. Medición de voltaje en un circuito de electrónica utilizando un instrumento a tierra con un osciloscopio



Fuente: Autores

7. En la fuente de energía, asegure que el control del voltaje esté en O. Fije el interruptor principal en la posición 1 (ON) y lleve lentamente el control del voltaje a 50 (50% en la red de voltaje CA).

En el Voltímetro de CA, mida y anote el voltaje E, (CA) provisto por la fuente de energía.

$$E1 \text{ CA} = \text{_____} V$$

Calcule el voltaje pico a través de la resistencia R [(VR1 pico) utilizando la ecuación:

$$VR_1 \text{ pico} = (E_1 \cdot AC \cdot R_1 \cdot 1,41) / (R_1 - R_2^2)$$

Mida el voltaje VR1 en la pantalla del osciloscopio y registre el resultado a continuación:

$$VR1 \text{ pico (medido)} = \text{_____} V$$

¿Son los dos voltajes de la resistencia Rx (calculado y medido) cercanamente iguales?

Sí _____

No _____

8. Sobre el amperímetro CA, mida la corriente (I1 CA) que fluye en la conexión a tierra del osciloscopio.

$$I1 \text{ CA} = \text{_____} A$$

¿Por qué fluye la corriente en la conexión a tierra del osciloscopio?

Brevemente explique por qué los voltajes pico, calculado y medido, a través de R, no son iguales

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

BIBLIOGRAFÍA:

GUÍA DE LABORATORIO #2



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD: MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

CARRERA: INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

GUÍA DE LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA

**PRÁCTICA N° 2.- CONTROL DE POTENCIA CON EL RECTIFICADOR
CONTROLADO DE SILICIO (RCS O SCR)**

1. DATOS GENERALES:

NOMBRE: estudiante(s)

CÓDIGO(S): de estudiante(s)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

GRUPO N°: ...

FECHA DE REALIZACIÓN:

FECHA DE ENTREGA:

201__/__/__

201__/__/__

2. OBJETIVO(S):

2.1. GENERAL

Realizar una práctica para obtener conocimientos sobre el control de potencia con el Rectificador Controlado De Silicio (Rcs O Scr).

2.2. ESPECÍFICOS

Familiarizarse con la operación de un circuito de media onda de control de fase por resistencia variable.

Familiarizarse con la operación de un circuito de media onda de control de fase por diodo y red RC.

Determinar la potencia verdadera que se entrega a la carga de un circuito de media onda de control de fase.

3. METODOLOGÍA

La utilización de los dispositivos semiconductores controlados de silicio son de gran beneficio a nivel industrial por eso la gran importancia de tener conocimiento de la operación de los circuitos de media onda controlado por resistencia variable, por diodo y red RC, también es de gran beneficio conocer la potencia de entrega a la carga del circuito de media onda de control de fase.

4. EQUIPOS Y MATERIALES:

Osciloscopio

C1	- 0,1 μ F
CR1, CR2	- Diodo de silicio, JN4004
Q1	- SCR, C106B1
R1	- Potenciómetro de 10K Ω , 1/2w
R2	- 470 Ω 1W
R3	- 100 Ω , 1W
S1	- Swich.

5. MARCO TEÓRICO:

Las características de la carga en algunas de las aplicaciones de control de potencia de Ca pueden ser tales que no se requiera potencia de entrada en forma continua. Un pulso

de voltaje o corriente entregado a la carga periódicamente reduce La potencia promedio que basta para desarrollar toda la potencia necesaria.

Al controlar de manera efectiva los pulsos periódicos, se puede satisfacer los requerimientos de potencia de la carga y al mismo tiempo evitar disipación innecesaria. La característica unidireccional del RCS lo hace especialmente adaptable a este tipo de aplicación.

Si se suministran los voltajes de compuerta y carga desde la misma fuente de Ca, se puede ajustar el tiempo de conducción del RCS a la alternación positiva controlando la amplitud relativa del voltaje de disparo de compuerta con respecto al voltaje de carga. Mientras el RCS conduce se entrega corriente a la carga y se suministra la potencia promedio requerida para la carga. Cuando el RCS se apaga en la alternación negativa del voltaje aplicado, se interrumpe el flujo de corriente y no se desarrolla voltaje a través de la carga. Dado que la potencia se promedia en un ciclo completo, la fuente debe desarrollar suficiente potencia durante el tiempo de encendido del RCS para funcionar adecuadamente a la carga hasta el siguiente pulso.

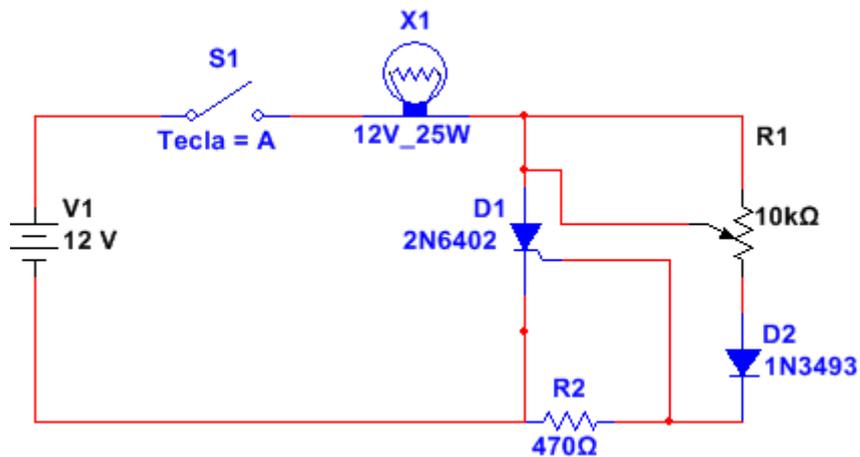
Por lo general, el voltaje de disparo se ajusta de manera que se pueda variar el ángulo de conducción para satisfacer los requerimientos de carga.

6. PROCEDIMIENTO:

Objetivo A. Familiarizarse con la operación de un circuito de media onda de control de fase por resistencia variable.

a) Observe el circuito de la Figura 103 Cuando se cierra S1, se aplican 12 Vca entre el ánodo y cátodo de Q1 a través de DS1 y a través del circuito de disparo de compuerta R1, CR1 y R2. DS1 representa la carga y permanece apagada hasta que Q1 dispara. R1 controla la amplitud del voltaje de disparo, y por tanto, controla el tiempo de conducción de Q1.

Figura 103 Circuito SCR



Fuente: Autores

El disparo solo ocurre en el semiciclo positivo; el RCS se apaga automáticamente en el semiciclo negativo. El diodo CR1 bloquea el semiciclo negativo de la compuerta. Conecte el circuito como se muestra y ajuste R1 para mínima resistencia de circuito de disparo.

b) Encienda la fuente de poder de 12 Vca.

c) Cierre el interruptor S1 ¿La lámpara DS1 enciende?

d) Observe la onda a través de DS1 utilizando el osciloscopio. Descríbala.

e) Aumente lentamente la resistencia de R1 y describa lo que sucede a la media onda senoidal.

f) ¿Diría que Q1 conduce durante la porción de la onda que no se despliega?

g) Véase a la Figura 82 El ángulo de conducción es la cantidad de tiempo que Q1 conduce en grados eléctricos. Registre los ángulos de conducción mínimo de Q1 en su circuito.

Ángulo de conducción (min) = _____ Grados

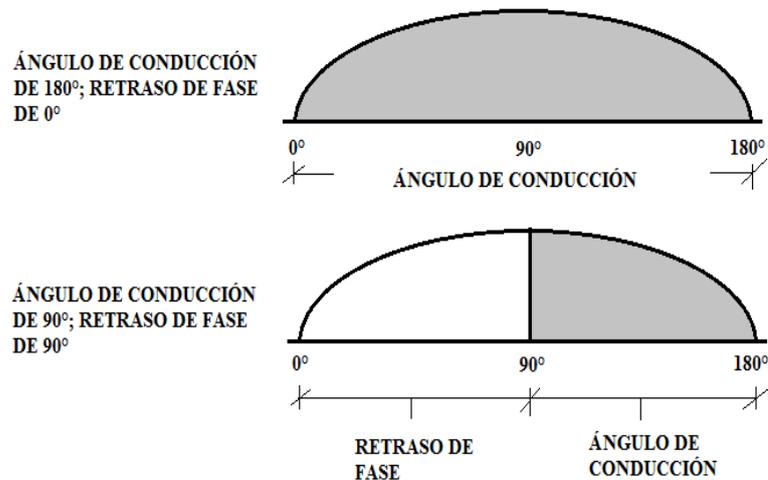
Ángulo de conducción (máx.) = _____ Grados

h) El retraso de disparo que introduce R1 con respecto al voltaje de ánodo se conoce como retraso de fase y se expresa en grados eléctricos. En este circuito, es la diferencia entre el ángulo de conducción y 180° (retraso de fase = $180^\circ - \text{ángulo de conducción}$). Registre los valores mínimo y máximo del retraso de fase de su circuito.

Retraso de fase (min) = _____ Grados

Retraso de fase (máx.) = _____ Grados

Figura 104. Ángulo de conducción



Fuente: Autores

i) ¿Cómo controla R1 el retraso de fase en este circuito?

j) ¿Por qué R1 no puede retrasar la fase más de 90 grados?

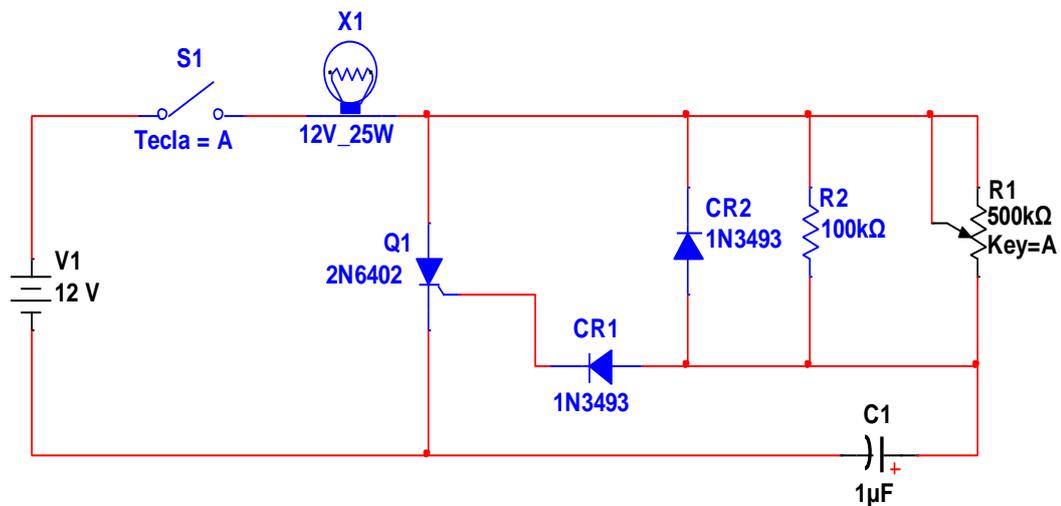
k) ¿Diría que R1 puede controlar la potencia que se entrega a la carga?

l) Abra el interruptor S1. DS1 se debe apagar.

Objetivo B. Familiarizarse con el funcionamiento de un circuito de media onda de control de fase por diodo y red RC.

a) Cambie su circuito como se muestra en la Figura 83. El punto de disparo se controla mediante la constante de tiempo RC de R1 y C1 en este circuito. C1 se carga durante el medio ciclo positivo para disparar el RCS. Se descarga a través de CR2 en el medio ciclo negativo, restaurándolo para el siguiente ciclo de carga. Con este circuito se puede variar el retraso de fase en mayor ángulo.

Figura 105. Disparo del SCR



Fuente: Autores

b) Ajuste R1 para mínima resistencia del circuito de disparo.

c) Cierre SI. ¿DS1 enciende? _____

d) Observe la onda del voltaje dc carga a través de DS1 utilizando el osciloscopio. Registre el ciclo máximo de conducción.

Angulo de Conducción (máx.) = _____ grados

e) Aumente lentamente R1 a la resistencia máxima mientras observa la onda del osciloscopio. Registre el ángulo mínimo de conducción.

Angulo de conducción (mín.) = _____ grados

f) ¿Cuáles son los valores mínimos y máximo del retraso de fase?

Retraso de fase (min) = _____ grados

Retraso de fase (máx) = _____ grados

g) ¿Por qué este circuito da mayor control del rango del retraso de fase que el circuito anterior?

h) Abra el interruptor S1.

Objetivo C. Determinar la potencia verdadera que se entrega a la carga de un circuito de media onda de control de fase.

a) Cuando se entrega potencia a una carga en forma de pulsos, debe satisfacer las necesidades de carga de un pulso al siguiente. La potencia verdadera no es la que contiene el pulso, sino la potencia promedio en un ciclo completo. Para encontrar la potencia verdadera es necesario encontrar el valor efectivo (Rms) del voltaje o corriente en la onda completa. Las indicaciones que dan los voltímetros y amperímetros estándar de Ca y Cd no son directamente utilizables, pues la mayoría de los medidores de Ra son instrumentos de detecciones promedio, calibradas para leer la Rms de una onda senoidal más no la de una onda compleja, en tanto que los medidores de cd indican el promedio de la onda. Por otra parte, aunque es posible calcular matemáticamente el valor Rms, se requiere un análisis detallado para cada tipo diferente de onda. La Figura 84 muestra una gráfica de la relación de Erms/Epico en función del ángulo de retraso de fase para un circuito de control de fase de media onda del tipo que se utiliza en este experimento. Esta gráfica se determinó matemáticamente y es análoga a diversas gráficas de este tipo que se utilizan para encontrar los valores en una onda compleja. Midiendo E máxima con un osciloscopio y encontrando en la gráfica el valor de la relación, se puede calcular

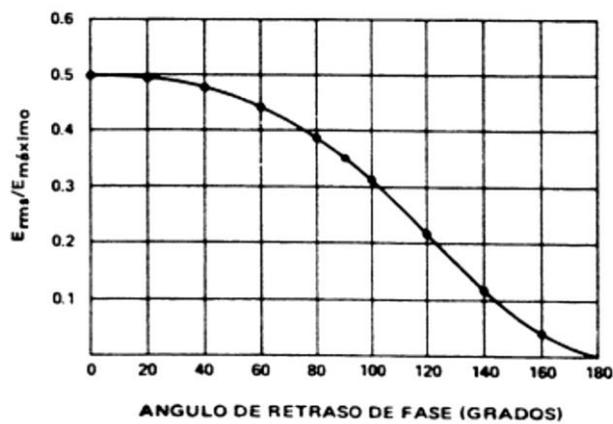
Erms. La potencia verdadera si se conoce el valor de la resistencia de carga, se puede calcular.

b) Quite la lámpara DS1 y replácela con la resistencia R3 de 100Ω de su circuito.

c) Ajuste R1 para mínima resistencia del circuito de disparo.

d) Cierre S1.

Figura 106. Relación de Erms/Epico



Fuente: Autores

e) Conecte el osciloscopio a través de la resistencia de carga R3 y mida el valor máximo del voltaje.

$$ER3 = \text{_____} v \text{ máximo}$$

f) Con R1 fijo al mínimo, el ángulo de retraso de fase debe de ser de cero grados. Véase la Fig. 4-4 y localice la relación Erms/Emáximo para un ángulo de retraso de fase de 0 grados.

$$Erms/Epico = \text{_____}$$

CONCLUSIONES_Y_RECOMENDACIONES: _____

BIBLIOGRAFÍA: _____

GUÍA DE LABORATORIO #3



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD: MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

CARRERA: INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

GUÍA DE LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA

PRÁCTICA N°. 3 OPERACIÓN BIDIRECCIONAL DEL DIAC

1. DATOS GENERALES:

NOMBRE: estudiante(s)

CÓDIGO(S): de estudiante(s)

.....

.....

.....

.....

GRUPO N°: ...

FECHA DE REALIZACIÓN:

FECHA DE ENTREGA:

201_/_/_/___

201_/_/_/___

2. OBJETIVO(S):

2.1. GENERAL

Realizar una práctica en la cual se obtengan conocimiento sobre la operación bidireccional del diac.

2.2. ESPECÍFICOS

Construir un oscilador de relajación con DIAC.

3. METODOLOGÍA

Aplicando las normas generales y teniendo conocimiento previo de los DIAC se podrá realizar un oscilador de relajación y en este vamos a obtener mediciones reales cuando los dispositivos entran en conducción o se mantienen en estado de relajación.

4. EQUIPOS Y MATERIALES:

DIAC (ST2 o similar)

Capacitor de poliéster de $0.1 \mu\text{F}$ @ 250 V

Capacitor de poliéster de $1 \mu\text{F}$ @ 250 V

Resistencia de $10 \text{ k}\Omega$

Resistencia de $100 \text{ k}\Omega$

Fuente de voltaje de 40 V

Multímetro

Osciloscopio

5. MARCO TEÓRICO:

Los DIAC son dispositivos que pertenecen a la familia de los tiristores, están contruidos con las cuatro capas típicas de la familia, pero con la particularidad que su disparo no se produce por la inyección de portadores en el terminal de compuerta, sino por tensión de ruptura. Forma de disparo que generalmente resulta destructiva para la mayoría de los miembros de la familia de tiristores, pero que es la utilizada en los DIAC.

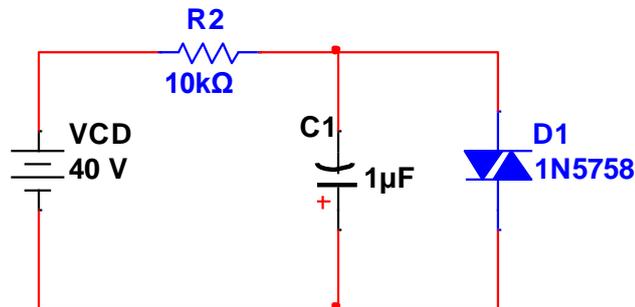
El DIAC es un elemento simétrico que no posee polaridad. Su nombre proviene de la contracción "Diode Alternative Current". Su estructura es muy simple ya que se obtiene por doble difusión de impurezas de tipo apuesto al del sustrato. La tensión de disparo del DIAC se suele escoger cercana a los 30 V. Es difícil obtener tensiones

sensiblemente más bajas con una resistencia negativa suficiente, mientras que el empleo de valores más elevados reducirá las posibilidades de control. Los DIAC's son muy utilizados para construir circuitos de disparo de SCR y TRIAC.

6. PROCEDIMIENTO:

1. Armar el circuito de la figura con los valores indicados.

Figura 107. Circuito con DIAC



Fuente: Autores

2. Energizar el circuito y observar el voltaje del DIAC usando el osciloscopio.
3. Medir el tiempo de carga del capacitor y compararlo con el valor teórico.
4. Cambiar el capacitor por uno de 1 μF y repetir los pasos 2 y 3.
5. Cambiar la resistencia de 10 k por una de 100 k y repetir los pasos 2 y 3.
6. Medir el voltaje pico de la señal que se genera en el capacitor.
7. Invierta las terminales del DIAC
8. Medir nuevamente el voltaje pico en el capacitor y comparar con el valor obtenido en el punto 6.
9. Determinar experimentalmente cuál es la mínima corriente que puede conducir el DIAC (I_H)?

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

8. BIBLIOGRAFÍA: _____

GUÍA DE LABORATORIO #4



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD: MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

CARRERA: INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

GUÍA DE LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA

PRÁCTICA N°. 4 VARIACIÓN DE POTENCIA POR MEDIO DE CONTROL DE FASE

1. DATOS GENERALES:

NOMBRE: estudiante(s)

CÓDIGO(S): de estudiante(s)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

GRUPO N°: ...

FECHA DE REALIZACIÓN:

FECHA DE ENTREGA:

201_/_/_

201_/_/_

2. OBJETIVO(S):

2.1. GENERAL

Realizar una práctica sobre la variación de potencia por medio del control de fase.

2.2. ESPECÍFICOS

Entender el concepto de control de fase, aplicar las diferentes ecuaciones, criterios y técnicas para el diseño de este tipo de circuitos.

3. METODOLOGÍA

Describir la metodología utilizada para el desarrollo de la práctica, que incluye una descripción secuencial de los pasos a seguir.

4. EQUIPOS Y MATERIALES:

Lámpara incandescente de 60 watts

Portalámparas

Alimentación de 127 VCA

TRIAC

DIAC

Resistencias de diferentes valores

Resistencias variables.

Capacitor de 1 μ F

Osciloscopio con entrada diferencial

Fuente de voltaje de C.A.

5. MARCO TEÓRICO:

La forma más común de control de potencia por medio de tiristores es el control de fase. En este modo de operación, el tiristor es mantenido en una condición de apagado un porción de un semiciclo (se requiere que se alimente con voltaje de C.A.) y entonces es disparado, manteniéndose encendido la porción restante del semiciclo (lo anterior es determinado por la circuitería de control). Un SCR sólo puede controlar un semiciclo de la onda sinusoidal. Para onda completa se requiere de dos SCR en paralelo inverso (o un TRIAC, dependiendo de la aplicación). El más simple y más común circuito de control de fase es el oscilador de relajación, el cual produce pulsos para disparar a los tiristores por medio de la carga y descarga de un capacitor.

6. PROCEDIMIENTO:

La práctica consiste en diseñar, implementar y evaluar el funcionamiento de un circuito de variación de voltaje por medio de control de fase del voltaje de alimentación.

Para esto se deja al alumno la realización de los cálculos necesarios para la selección de los componentes. A continuación se describen los pasos generales para la realización de la práctica.

1. Seleccione el esquema de control de fase a realizar. Determine las características de los elementos. Analice el funcionamiento y consulte con su profesor si el diseño realizado es funcional.
2. Arme el circuito, energícelo y observe el comportamiento. Varíe la resistencia variable y observe el comportamiento de la carga (lámpara incandescente).
3. Observe las formas de onda para diferentes valores de R (R se forma de dos resistencias, una fija y una variable). Dibuje las formas de onda detalladamente.
4. Observe en el osciloscopio las formas de onda en el capacitor del circuito de control. Dibújelas detalladamente.
5. Desenergice y desconecte el circuito.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

8. BIBLIOGRAFÍA:

CAPÍTULO VI

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

- ❖ Se adquirió conocimientos sobre el manejo y manipulación del Osciloscopio TDS2012, el generador arbitrario de funciones AFG2021, la pinza amperimétrica Fluke y multímetro digital Fluke
- ❖ Se diseñó el circuito de mando y potencia para el calentador de rodamientos por inducción, para el respectivo control del equipo.
- ❖ Se elaboró la programación y el circuito del termómetro digital con pantalla LCD en el PIC 16F877A mediante la utilización del software Microcode Estudio.
- ❖ Se seleccionó adecuadamente los elementos y dispositivos utilizados en el termómetro digital con pantalla LCD, el mismo que sirve para el control de temperatura del calentador de rodamientos por inducción.
- ❖ Se diseñó e implementó una estación de medición para el análisis de señales eléctricas aplicadas al calentamiento de rodamientos por inducción.
- ❖ Se Desarrolló pruebas de funcionamiento y mediciones en el calentador de rodamientos conjuntamente con el termómetro digital con pantalla LCD utilizando el osciloscopio TDS2012.
- ❖ Se desarrolló guías de laboratorio en las cuales se detalló normas de seguridad y mediciones en el campo de la electrónica de potencia, además se determinó el control de potencia con el rectificador controlado de silicio SCR, también se realizó la operación bidireccional del DIAC.

6.2 Recomendaciones

- ❖ Tener conocimiento previo de los programas a utilizar.
- ❖ Aplicar las normas de seguridad al momento de utilizar los equipos.
- ❖ Aplicar el mantenimiento adecuado y prescrito en este trabajo a los equipos implementados para alargar su vida útil.
- ❖ Llevar un registro detallado de cada uno de los equipos y los repuestos que ellos necesitan para su correcto funcionamiento.
- ❖ Manejar el osciloscopio de manera que no se retire la cubierta de la sonda ya que se podría sufrir una descarga.
- ❖ Fomentar cultura sobre la utilización de la gestión de mantenimiento, con el objeto de optimizar el funcionamiento de los equipos del laboratorio.
- ❖ Utilizar adecuadamente el calentador de rodamientos teniendo en cuenta que cuando no se encuentra cerrado el núcleo se eleva considerablemente la intensidad de corriente eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDE, Pablo San Miguel. 2010. *Electricidad básica*. Madrid : Paraninfo, 2010. 978-84-9732-645-2.

BENITEZ, Guillermo. 2013. catalogo mettlertoledo. *Osciloscopio*. [En línea] <http://www.ingenieriasystems.com/2013/03/osciloscopio.html>, 2013.

BERMÚDEZ, Leandro Mauricio. 2003. *Estudio y diseño de un calentador por inducción magnética en alta frecuencia para el montaje de rodientos*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso : s.n., 2003.

CAMSCO. 2014.

http://www.camscointernational.com/productos/temporizador_reles.html. [En línea] 2014. [Citado el: 12 de 05 de 2014.] <http://www.camscointernational.com>.

CUENCA Alba, Mariano. 2005. <http://www.uam.es>. [En línea] 03 de 03 de 2005. [Citado el: 13 de 07 de 2014.]

http://www.uam.es/personal_pas/mcuenca/mifiles/Desarrollo%20de%20un%20equipo%20de%20calentamiento%20por%20induccion.pdf.

FARCHILDSEMI. 2013. <https://www.fairchildsemi.com>. [En línea] 18 de Diciembre de 2013. [Citado el: 17 de Junio de 2014.] <https://www.fairchildsemi.com/application-notes/AN/AN-9012.pdf>.

FIGUEROA, Valeria Karina y Uvijindia, Jovita Elvia. Desarrollo e implementación de una estación de medición y análisis de parámetros de señales senoidales utilizando elementos de instrumentación electrónica para la facultad de mecánica.

GÓMEZ, María Fernanda. 2010. Osciloscopios.

<http://mafecitazmania0726.blogspot.com/2010/04/los-osciloscopios-el-osciloscopio-es-un.html>. [En línea] 2010.

GONZALEZ, Gabriel. 2005. Aplicaciones del calentamiento por inducción electromagnética en el procesamiento. <http://www.emmafiorentino.com.ar/>. [En línea] 2005.

<http://www.emmafiorentino.com.ar/VIII%20SEMINARIO/APLICACIONES.PDF>.

HART, Daniel W. 2005. *Electronica de Potencia*. [trad.] Vuelapluma. Valparaiso, Indiana : Pearson Educación S.A, 2005. pág. 472.

KRETZMANN, Rodolf. 2012. *Electronica aplicada a la industria*. Madrid : Adventure inc, 2012. Vol. 5ta Edición.

MANZANO, Juan José. 2004. *Mantenimiento de máquinas eléctricas*. Madrid : PARANINFO, 2004. pág. 121.

Mc MURRAY, W. 2012. *optimum snubbers for power semiconductors*. s.l. : IEEE Trans Industry Applications, 2012. Vol. 8.

RASHID, Muhammad H. 1993. *Electronica de potencia.* [trad.] Ing. Gabriela Sanchez García. España : Hispanoamericana S.A., 1993. Vol. III.

TEKTRONIX. Generador de funciones arbitrario. *Tektronix.* www.tektronix.com/manuals. [En línea] 071-2930-00.

WILLIAMS, M. 2008. *Power electronics devices drivers and applications.* 2008. Vol. 2.

