



*UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE*

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

TESIS DE GRADO

PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRICO

TEMA:

*“CONTROL DE MEDIDAS ELÉCTRICAS EN MOTORES
TRIFÁSICOS CON APLICACIÓN DE UN SISTEMA
AUTOMÁTICO DE MONITOREO DE PARÁMETROS DE
ENERGÍA.”*

TUTOR:

ING. FREDDY MANUEL CAMPOZANO

AUTORES:

HEREDIA HEREDIA LUIS MIGUEL.

PALMA ZAMBRANO LUIS CARLOS.

CHONE-MANABÍ- ECUADOR

2013

ING. FREDDY MANUEL CAMPOZANO DOMÍNGUEZ, Docente de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, en calidad de director de tesis.

CERTIFICO:

Que la presente TESIS DE GRADO titulada: “CONTROL DE MEDIDAS ELÉCTRICAS EN MOTORES TRIFÁSICOS CON APLICACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS”, Ha sido minuciosamente revisada en algunas sesiones de trabajo, se encuentra lista para su presentación y apta para su defensa.

Las opiniones y conceptos vertidos en esta Tesis de Grado son fruto del trabajo, perseverancia originalidad de sus autores: HEREDIA HEREDIA LUIS MIGUEL Y PALMA ZAMBRANO LUIS CARLOS, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Chone, Enero del 2013

Ing. Elect. Freddy Manuel Campozano Domínguez
TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad de las opiniones, investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones presentados en esta tesis de grado, es exclusividad de sus autores.

Chone, febrero del.....

.....
AUTOR

.....
AUTOR



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ EXTENSIÓN
CHONE**

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “CONTROL DE MEDIDAS ELÉCTRICAS EN MOTORES TRIFÁSICOS CON APLICACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS”, elaborado por los egresados Heredia Heredia Luis Miguel y Palma Zambrano Luis Carlos de la escuela de INGENIERIA ELECTRICA.

Chone, Abril del.....

Dr. Marcos Zambrano Zambrano Mgs. Die
DECANO

.....
DIRECTOR DE TESIS

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
SECRETARIA

DEDICATORIA

Esta es una oportunidad especial para dedicar algo muy especial para alguien especial, primeramente a DIOS, a mi hermano Ángel Fabricio Heredia que desde el cielo me alumbra cada día para no cometer ningún error y seguir adelante siempre, DIOS TE BENDIGA, a mis padres Sra.Delia Heredia y Miguel Heredia quienes me dieron su apoyo moral y económico cada momento, con su ejemplo de superación y las ganas de salir adelante a pesar de las adversidades y muchas dificultades que me dieron a mí, optimismo, constancia para finalizar mis estudios, Es así como hoy culmino mis estudios superiores con éxito, ubicándome como Ingeniero en Electricidad.

LUIS MIGUEL HEREDIA HEREDIA

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios por la VIDA y la Bendición que me ha dado en todo mi trayecto estudiantil para culminar mi carrera, agradezco a mis padres por haber confiado en mí y a la vez a todo su esfuerzo, amor y apoyo que me han brindado siempre.

Agradezco a mi querida esposa e hijo que han sido el motor para seguir adelante en las adversidades que me ha puesto la vida, ya que siempre me han brindado su apoyo y confianza para dar pasos acrecentados en mi carrera, a toda mi familia en general por su inmenso apoyo brindado.

Además agradezco al Ing. FREDDY MANUEL CAMPOZANO por toda su colaboración como director de tesis, también doy un gran agradecimiento al Ing. ORLEY LOOR al Ing. FREDDY TRIVIÑO por toda su enseñanza y apoyo en el transcurso de la tesis, agradezco de antemano a todos los amigos y las personas que de alguna manera me han sido una gran ayuda en mi carrera muchas gracias.

LUIS MIGUEL HEREDIA HEREDIA

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a Dios que me distes la oportunidad de vivir y disfrutar día a día a plenitud.

A mis padres, Sr: Luis Palma y Sra: Gladys Palma, por ser el pilar fundamental en mi vida, por todo su esfuerzo y sacrificio.

En todo momento a pesar de las adversidades económicas ya que gracias a ello he hecho posible este triunfo profesional. Para ellos mi amor, obediencia y respeto.

A mis familiares y amigos/as, que de una u otra forma me apoyaron para que lograra esta meta, gracias por sus palabras de aliento pues no me alcanzan las palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mí, tanto que siempre viviré agradecido.

A mis compañeros, por todos esos momentos inolvidables los cuales nunca los olvidare por que fueron como mis hermanos en el aula de clase.

A mi compañero de tesis, por su comprensión y amistad porque a pesar de todos los obstáculos que se presentaron logramos el objetivo final.

Palma Zambrano Luis Carlos

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y la oportunidad de vivirla al máximo.

A mis padres Luis Palma y Gladis Zambrano, quienes a lo largo de toda mi vida me apoyado y motivado en mi formación académica creyendo en mí en todo momento.

A mi familia y amigos que de una u otra forma me apoyaron, son parte de esta meta gracias a sus palabras de aliento y fe, pues no caben las palabras para agradecerle todo lo han hecho por mí.

A mí querida universidad por darme la oportunidad de prepararme y ser alguien en la vida.

A mis queridos profesores por dar me brindarme todos sus conocimientos de una manera desinteresada, por todos sus consejos, confianza y amistad.

A mi tutor de tesis, Ing. Freddy Campozano por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta tesis por toda su disponibilidad y paciencia.

A mis compañeros por todos esos momentos inolvidables los cuales nunca olvidare.

Al Ing. Freddy Triviño por todos sus conocimientos y por todo ese tiempo que dedico en nuestra tesis de una manera desinteresada.

Palma Zambrano Luis Carlos

INDICE DE CONTENIDOS

Portada.	i
Aprobación del tutor.	ii
Certificación de autoría.	iii
Certificación del tribunal de sustentación.	iv
Dedicatoria.	v
Agradecimiento.	vi
Índice general de contenidos.	vii

Introducción.	
1	
Planteamiento del problema.	
3	
Contextos.	
Contexto Macro.	
Contexto Meso.	
Contexto Micro.	
Formulación del problema.	4
Delimitación del problema.	
Campo.	
Área.	
Aspecto.	
Interrogantes de la investigación.	
Justificación.	5
Objetivos.	7
Objetivo General.	
Objetivo Específicos.	
CAPÍTULO I	
Marco teórico.	8
Motor Eléctrico.	
1. Generalidades	
2. Principio de funcionamiento.	9
3. Motores de corriente alterna.	10
3.1 Características de los motores de C.A.	
4. Motor asíncrono o inducción.	12
4.1 Motor síncrono.	
4.2 Motor de polos lisos.	13
4.3 Motor de polos salientes.	14
5. Por el tipo de rotor.	
5.1. Motor de anillos rozante.	
5.2. Motor de colector.	
5.3. Motor de jaula ardilla.	15
6. Por el número de fases de alimentación.	
6.1. Motores monofásicos.	
6.2. Motores de fase partida.	16
6.3. Motores de arranque con capacitor.	17
6.4. Motores con capacitor permanente.	
6.5. Motores de inducción - repulsión.	18
6.6. Motores de polos sombreados.	
7. Motores trifásicos.	19

7.1.	Tipos y características	20
7.2.	Motores universales.	
8.	Elementos.	21
8.1.	Rotor.	
8.2.	Estator.	22
8.3.	Cojinetes.	23
8.4.	Ventilador.	
	24	
8.5.	Armazón.	
8.6.	Carcasa	
8.7.	Base	
8.8.	Tapas	25
8.9.	Caja de bornes.	
9.	Diagramas de conexión.	
9.1.	Delta.	
9.2.	Estrella.	27
10.	Magnitudes eléctricas.	28
10.1.	Carga eléctrica.	
10.2.	Corriente eléctrica.	29
10.3.	Energía eléctrica.	
10.4.	Diferencia de potencial: caída de tensión.	30
10.5.	Potencia eléctrica	
a)	Potencia aparente.	31
b)	Potencia activa.	
c)	Potencia reactiva.	
11.	Unidades de las magnitudes eléctricas.	
	32	
12.	Distorsión armónica.	33
12.1.	Características de la distorsión armónica.	34
12.2.	Definición de armónico.	
13.	Medidas eléctricas.	38
13.1.	Bobina móvil e imán permanente.	
13.1.1.	Instrumento utilizado como amperímetro.	41
13.1.2.	Instrumento utilizado como voltímetro.	43
13.2.	Instrumento de hierro móvil.	44
13.2.1.	Instrumento utilizado como amperímetro.	45
13.2.2.	Instrumento utilizado como voltímetro.	
13.3.	Instrumento electrodinámico.	
13.4.	Vatímetro electrodinámico.	46
14.	Instrumentos digitales.	49

14.1.	Fundamentos de la teoría de errores.	50
14.2.	Clasificación de los errores.	
14.2.1.	Errores groseros.	
14.2.2.	Errores sistemáticos.	51
	a) Método.	
	b) Instrumental.	52
14.2.3.	Errores debidos al observador.	
14.2.4.	Errores debido a las condiciones donde se efectúa la medición.	53
14.2.5.	Errores accidentales.	
	a) Paralaje.	
14.2.6.	Poder separador del ojo.	54
	a) Apreciación.	
14.2.7.	Error de clase.	
14.3.	Simbología para identificar los instrumentos.	56
15.	SENTRON PAC 3200.	57
15.1.	Medición.	58
15.2.	Visualización y manejo.	
15.3.	Alimentación.	
15.4.	Interfaz.	59
15.5.	Entrada y salida.	
15.6.	Protección.	60
15.7.	Tipos de conexión.	
15.8.	Límites.	61
15.9.	Condiciones ambientales.	
15.10.	Conexiones.	62
15.11.	Precaución.	63
16.	Características del SENTRON PAC 3200.	
17.	Funciones de registro SENTRON PAC 3200.	65

CAPITULO II

18.	Construcción del módulo para medir parámetros de energía.	67
18.1.	Componentes.	
18.1.1.	Transformador de voltaje.	
18.1.2.	Transformador de corriente.	68
18.1.3.	Contactador.	
18.1.4.	Relé térmico.	69
18.1.5.	Protección de 3 fases.	
18.1.6.	Fusibles.	
18.1.7.	Selector.	70
18.1.8.	Luz piloto.	

18.2.	Prácticas de laboratorio con un motor trifásico.	71
18.3.	Objetivos de las practicas	73
18.3.1.	Practica 1	74
18.3.1.1.	Arranque directo.	
18.3.2.	Practica 2	76
18.3.2.1.	Inversión de giro de un motor trifásico.	
18.3.3.	Practica 3	78
18.3.3.1.	Arranque estrella- triangulo (Y-Δ).	

CAPITULO III

19.	Hipótesis.	80
19.1.	Variables.	
19.1.1.	Variable Independiente.	
19.1.2.	Variable Dependiente.	

CAPITULO IV

20.	Metodología.	81
20.1.	Tipo de investigación.	
20.2.	Nivel de la investigación.	
20.3.	Métodos.	
20.4.	Técnicas de recolección de información.	
20.5.	Población.	82
20.6.	Muestra.	
21.	Marco administrativo.	83
21.1.	Recursos Humanos.	
21.2.	Recursos Financieros.	
21.3.	Presupuesto.	

CAPITULO V

22.	Resultados Obtenidos y Análisis De Datos.	84
22.1.	Practica 1.	91
22.1.1.	Arranque Directo.	
22.2.	Practica 2.	94
22.2.1.	Inversión De Giro De Un Motor Trifásico.	
22.3.	Practica 3.	97
22.3.1.	Arranque Estrella – Estrella (Y-Y).	
23.	Comprobación de la hipótesis.	100

CAPITULO VI

24. Conclusiones.	101
25. Recomendaciones.	102
26. Bibliografía.	103
Anexos.	
104	

INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo de Grado, que describimos, trata de mantener una relación con vertiginoso avance tecnológico de dispositivos y sistemas en el área eléctrica, electrónica y de controles automáticos y el campo educativo de la universidad

Dentro de la formación curricular que se plantea en la asignatura Máquinas Eléctricas II para los estudiantes de ingeniería Eléctrica, se presenta el tema de los motores eléctricos, dentro del cual se da una base teórica que incluye su clasificación, funcionamiento y variables de selección, así como las diferentes aplicaciones en el ámbito de la ingeniería.

Se ha detectado que no se posee dentro de la formación una práctica exclusiva para mecánicos en donde los estudiantes puedan tener una interacción física que permita una formación técnica con respecto a las diferentes medidas instantáneas en el arranque, y en funcionamiento en vacío y con carga.

Es de esta manera que se plantea la necesidad de desarrollar un tablero de prácticas de laboratorio que contenga un medidor que exprese en forma sencilla todos los parámetros tales como energía, potencia, THD en voltaje, THD en corriente, voltaje, corriente entre otras; como complemento de la teoría presentada en la asignatura máquinas Eléctricas II.

En el CAPITULO I y II, describe el marco teórico, es momento de revisar la literatura que tiene relación con el tema, detectándola en libros, folletos e internet, la misma que se consulta, extrayendo la información de interés, con lo que se puede construir el marco teórico. De ahí que tenemos antecedentes que tienen relación con el tema, categorías fundamentales, variable independiente, variable dependiente.

En el CAPITULO III se establecen las hipótesis, definición conceptual y operacional de las variables.

En el CAPITULO IV, describe la metodología a utilizar, el tipo y nivel de estudio, los métodos y las técnicas de recolección de información. El marco administrativo, los recursos humanos y los recursos financieros

En el CAPITULO V, se analiza el resultado de la investigación, con la verificación e interpretación de los resultados, se codificaron los datos creando un archivo de los mismos, de ahí se desprenden los cuadros y figuras estadísticas que permiten observar los resultados obtenidos.

El CAPITULO VI, tiene relación con las Conclusiones y Recomendaciones; Bibliografía y Anexos

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Contextos

Contexto Macro

A nivel mundial las industrias han visto la necesidad de tecnificarse en lo que tiene que ver a instrumentos de medidas centralizados. Que permita en una misma pantalla la visualización de todos los parámetros relevantes de red en la distribución de energía eléctrica en baja tensión, puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, y puede utilizarse en redes (sistemas) en esquema de dos, tres o cuatro conductores.¹

Logrando así reducir los costos de mantenimiento, por que al identificar en tiempo real las magnitudes que se encuentren fuera del régimen normal. Con esto se obtiene que las maquinarias realicen trabajos con la necesidad de la operación del hombre casi las 24 horas del día,.

Contexto Meso

A nivel provincial solo las grandes industrias en Manta utilizan multimetros centralizados en tiempo real para sus motores. En las universidades poco se ha implementado en este sentido por lo que es conveniente realizar esta investigación.

Contexto Micro

En nuestra universidad no contamos con un multímetro así que fortalezca y actualice los laboratorios de la ULEAM, que día a día tienen que estar a la par con los avances tecnológicos del campo industrial.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Con los antecedentes anteriormente expresados, se procedió a formular el problema de investigación, de la siguiente manera:

¿Cómo beneficia un sistema automático de monitoreo de parámetros de energía para el control de medidas eléctricas en motores trifásicos?.

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

CAMPO: Electrico.

ÁREA INGENIERIA : Medicion De Parametros Electricos.

ASPECTO: Maquinas Electricas Mejoramiento Del Laboratorio De La Universidad.

PROBLEMA: Falta De Un Sistema De Control De Medidas Eléctricas En Motores Trifásicos.

INTERROGANTES DE LA INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las magnitudes que influyen más en el normal funcionamiento de un motor eléctrico?

¿Cuál es el multímetro de tablero que prestaría la mayor efectividad y eficacia para el monitoreo de un motor eléctrico?

¿Cuál es el informe sobre el control de medidas eléctricas aplicado al sistema de monitoreo de parámetros de energía?

JUSTIFICACIÓN

En el mundo el avance de la tecnología ha permitido la elaboración de dispositivos y sistemas eficientes en el área eléctrica, mecánica, electrónica y de controles automáticos. La búsqueda de la optimización de procesos energéticos ha conllevado a que las empresas desarrollen equipos, dispositivos, motores y sistemas para mejorar y controlar el funcionamiento de los procesos de generación de energía.

En nuestro país existen ciertas instituciones del sector industrial, educativo y de la salud, que cuentan con motores trifásicos modernos que están controlados a través de sistemas digitales automatizados que indican los valores de sus parámetros eléctricos y mecánicos, lo que permite almacenar los registros de las variables en diferentes intervalos de tiempo, para poder establecer criterios sobre el comportamiento de los motores trifásicos, sus posibles averías y planes de mantenimiento de acuerdo a los valores registrados a través de los distintos sistemas de control.

En Manabí, específicamente en el cantón Chone algunas instituciones como la empresa de agua potable, el hospital y algunos centros educativos utilizan motores trifásicos en actividades específicas, los mismos que son supervisados por personal técnico que monitorea el funcionamiento y posibles fallas de los motores, para establecer acciones de mantenimiento preventivo y correctivo. Sin embargo en algunos casos esta inspección y toma de datos de parámetros de energía, se la realiza de forma manual y con cierto margen de error. Por esta razón será de gran ayuda implementar un sistema de control automático en los motores trifásicos para medir valores de magnitudes eléctricas como tensiones y corrientes, potencia aparente, reactiva, efectiva y valores de energía. Adicionalmente estos equipos modernos pueden medir y mostrar la distorsión de tensión en red (distorsión armónica total) (THD). Así mismo estos medidores automáticos muestran los valores de medición a través de una pantalla de excelente resolución.

El usuario puede realizar la configuración a través de ciertas funciones o por medio del software incorporado al sistema, estas bondades dependen de la marca del equipo y de las variables a medir.

Al establecer un sistema de control automático en los motores trifásicos se podrá contar con valores más exactos de los distintos parámetros de energía, se facilitará el almacenamiento de los datos, ya sea de forma diaria, semanal, mensual, según los requerimientos del usuario. Además se beneficiará a los directivos y personal técnico de las instituciones del cantón Chone que utilizan motores trifásicos porque con esta investigación podrán conocer las ventajas de implementar este tipo de sistemas de control para optimizar los recursos, pues se preverían las averías o algún tipo de daño grave de los motores. Así también podrían almacenar los datos de cada uno de los motores de forma digital, directamente desde el software del medidor.

Este trabajo se justifica también porque los profesionales y estudiantes interesados en estos tópicos, podrán contar con un documento técnico con excelente información que les permita comprender el funcionamiento de estos sistemas de monitoreo de parámetros de energía y si es necesario comenzarlos a implementar donde exista la necesidad.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar el control de medidas eléctricas en motores trifásicos con aplicación de un sistema automático para el monitoreo de parámetros de energía en el laboratorio de la escuela de ingeniería eléctrica de la UNIVERSIDAD LAICA DE MANABI CAMPUS CHONE.

Objetivos Específicos

- Conocer las magnitudes que influyen más en el normal funcionamiento de un motor eléctrico.
- Determinar el multímetro de tablero que prestaría la mayor efectividad y eficacia para el monitoreo de un motor eléctrico.
- Elaborar el informe sobre el control de medidas eléctricas aplicado al sistema de monitoreo de parámetros de energía.

CAPITULO I

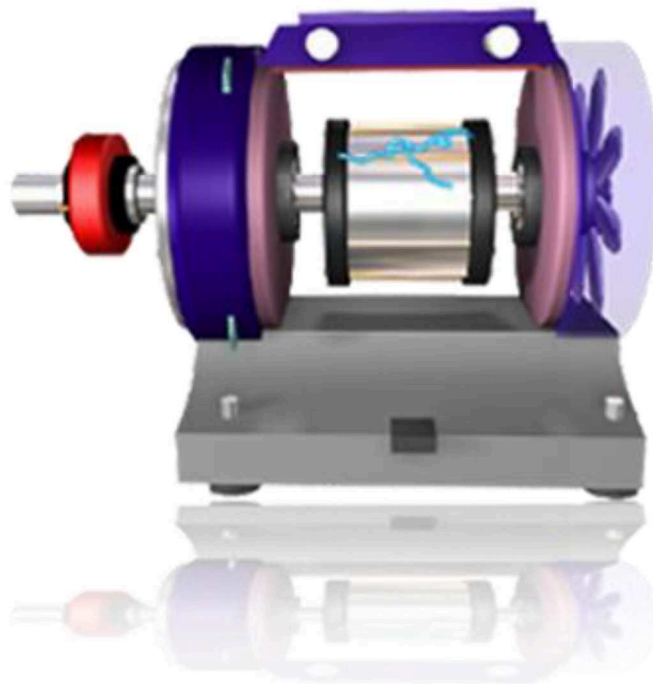
MARCO TEORICO

MOTOR ELÉCTRICO

1. GENERALIDADES

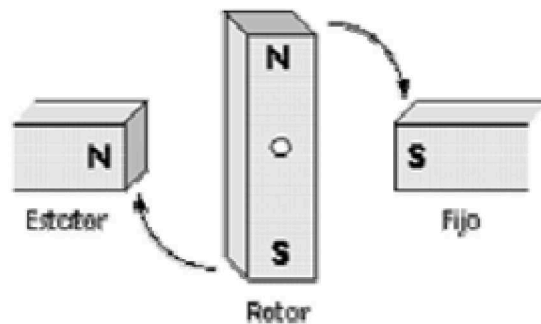
Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos.

Son ampliamente utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías. Así, en automóviles se están empezando a utilizar en vehículos híbridos para aprovechar las ventajas de ambos.



2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

En magnetismo se conoce la existencia de dos polos: polo norte (N) y polo sur (S), que son las regiones donde se concentran las líneas de fuerza de un imán. Un motor para funcionar se vale de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre los polos. De acuerdo con esto, todo motor tiene que estar formado con polos alternados entre el estator y el rotor, ya que los polos magnéticos iguales se repelen, y polos magnéticos diferentes se atraen, produciendo así el movimiento de rotación. En la figura se muestra como se produce el movimiento de rotación en un motor eléctrico.



Un motor eléctrico opera primordialmente en base a dos principios: El de inducción, descubierto por Michael Faraday en 1831; que señala, que si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. Y el principio que André Ampère observó en 1820, en el que establece: que si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica o f.e.m. (fuerza electromotriz), sobre el conductor.²

² GAUCERAN Etienne "Motores Electricos" pag 5 a pag 7

3. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA.

Los Motores de Corriente Alterna [C.A.]: Son los tipos de motores más usados en la industria, ya que estos equipos se alimentan con los sistemas de distribución de energías "normales". En la actualidad, el motor de corriente alterna es el que más se utiliza para la mayor parte de las aplicaciones, debido fundamentalmente a que consiguen un buen rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez, en su construcción, sobre todo en los motores asíncronos.

3.1. Características Particulares De Los Motores Eléctricos De Corriente Alterna (C.A)

Los parámetros de operación de un motor designan sus características, es importante determinarlas, ya que con ellas conoceremos los parámetros determinantes para la operación del motor. Las principales características de los motores de C.A. son:

Potencia: Es la rapidez con la que se realiza un trabajo.

En física la Potencia = Trabajo/tiempo, la unidad del Sistema Internacional para la potencia es el joule por segundo, y se denomina watt (W). Sin embargo estas unidades tienen el inconveniente de ser demasiado pequeñas para propósitos industriales.

Por lo tanto, se usan el kilowatt (kW) y el caballo de fuerza (HP) que se definen como:

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

$$1 \text{ HP} = 747 \text{ W} = 0.746 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1.34 \text{ HP}$$

Voltaje: También llamada tensión eléctrica o diferencia de potencial, existe entre dos puntos, y es el trabajo necesario para desplazar una carga positiva de un punto a otro:

$$E = [V_A - V_B]$$

Dónde:

E = Voltaje o Tensión

VA = Potencial del punto A

VB = Potencial del punto B

La diferencia de tensión es importante en la operación de un motor, ya que de esto dependerá la obtención de un mejor aprovechamiento de la operación.

Los voltajes empleados más comúnmente son: 127V, 220V, 380V, 440V, 2300V y 6000V.

Corriente: La corriente eléctrica [I], es la rapidez del flujo de carga [Q] que pasa por un punto dado [P] en un conductor eléctrico en un tiempo [t] determinado.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Dónde:

I = Corriente eléctrica

Q = Flujo de carga que pasa por el punto P

t = Tiempo

La unidad de corriente eléctrica es el ampere. Un ampere [A] representa un flujo de carga con la rapidez de un coulomb por segundo, al pasar por cualquier punto.

$$1A = \frac{1C}{1s}$$

Los motores eléctricos esgrimen distintos tipos de corriente, que fundamentalmente son: corriente nominal, corriente de vacío, corriente de arranque y corriente a rotor bloqueado.

- Corriente nominal: En un motor, el valor de la corriente nominal es la cantidad de corriente que consumirá el motor en condiciones normales de operación.

- Corriente de vacío: Es la corriente que consumirá el motor cuando no se encuentre operando con carga y es aproximadamente del 20% al 30% de su corriente nominal.

- Corriente de arranque: Todos los motores eléctricos para operar consumen un excedente de corriente, mayor que su corriente nominal, que es aproximadamente de dos a ocho veces superior.

- Corriente a rotor bloqueado: Es la corriente máxima que soportara el motor cuando su rotor esté totalmente detenido.

Clasificación de los motores de corriente alterna

Por su velocidad de giro:

4. MOTOR ASÍNCRONO O DE INDUCCIÓN.

Son aquellos motores eléctricos en los que el rotor nunca llega a girar en la misma frecuencia con la que lo hace el campo magnético del estator. Cuanto mayor es el par motor mayor es esta diferencia de frecuencias.

4.1. Motor Síncrono.

Son aquellos motores eléctricos en los que el rotor nunca llega a girar en la misma frecuencia con la que lo hace el campo magnético del estator. Cuanto mayor es el par motor mayor es esta diferencia de frecuencias. Este motor tiene la característica de que su velocidad de giro es directamente proporcional a la frecuencia de la red de corriente alterna que lo alimenta. Es utilizado en aquellos casos en donde se desea una velocidad constante.

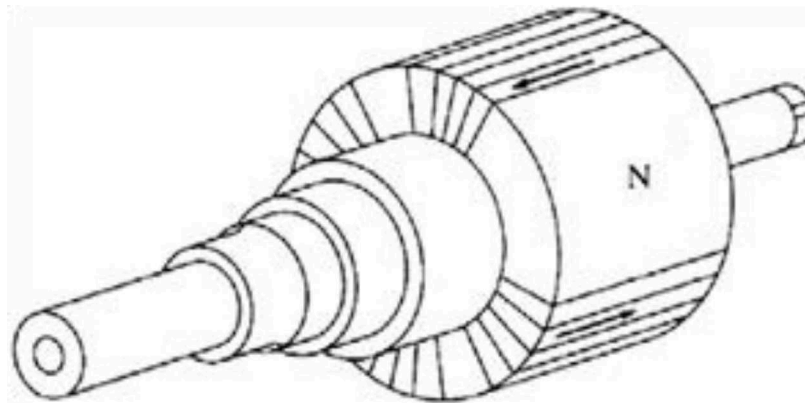
Se utilizan para convertir potencia eléctrica en potencia mecánica de rotación. La característica principal de este tipo de motores es que trabajan a velocidad constante que depende solo de la frecuencia de la red y de otros aspectos constructivos de la máquina. A diferencia de los motores asincrónicos, la puesta en marcha requiere de maniobras especiales a no ser que se cuente con un sistema

automático de arranque. Otra particularidad del motor síncrono es que al operar de forma sobreexcitado consume potencia reactiva y mejora el factor de potencia.

Las máquinas síncronas funcionan tanto como generadores y como motores. En nuestro medio sus aplicaciones son mínimas y casi siempre están relacionadas en la generación de energía eléctrica. Para el caso referente a la máquina rotativa síncrona, todas las centrales Hidroeléctricas y Termoeléctricas funcionan mediante generadores síncronos trifásicos.

Para el caso del motor se usa principalmente cuando la potencia demandada es muy elevada, mayor que 1MW (mega vatio).

Los motores síncronos se subdividen a su vez, de acuerdo al tipo del rotor que utilizan, siendo estos: rotor de polos lisos (polos no salientes) y de polos salientes.



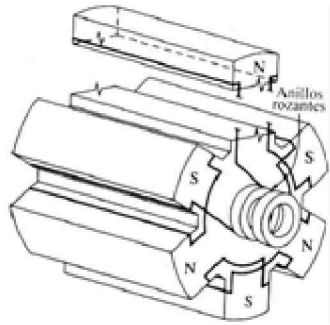
4.2. Motores De Rotor De Polos Lisos O Polos No Salientes

Se utilizan en rotores de dos y cuatro polos. Estos tipos de rotores están contruidos al mismo nivel de la superficie del rotor. Los motores de rotor liso trabajan a elevadas velocidades.

4.3. Motores De Polos Salientes.

Los motores de polos salientes trabajan a bajas velocidades. Un polo saliente es un polo magnético que se proyecta hacia fuera de la superficie del rotor.

Los rotores de polos salientes se utilizan en rotores de cuatro o más polos.



5. POR EL TIPO DE ROTOR

5.1. Motores de anillos rozantes.

Es similar al motor trifásico jaula de ardilla, su estator contiene los bobinados que generan el campo magnético giratorio.

El objetivo del diseño del motor de anillos rozantes es eliminar la corriente excesivamente alta del arranque y el troqué elevado asociado con el motor de jaula de ardilla. Cuando el motor se arranca un voltaje es inducido en el rotor, con la resistencia agregada de la resistencia externa la corriente del rotor y por lo tanto el troqué pueden controlarse fácilmente

5.2. Motores de colector.

Los colectores también son llamados anillos rotatorios, son comúnmente hallados en máquinas eléctricas de corriente alterna como generadores, alternadores, turbinas de viento, en las cuales conecta las corriente de campo o excitación con el bobinado del rotor.

Pueden entregar alta potencia con dimensiones y peso reducidos.

Pueden soportar considerables sobrecargas temporales sin detenerse completamente.

Se adaptan a las sobrecargas disminuyendo la velocidad de rotación, sin excesivo consumo eléctrico.

Producen un elevado torque de funcionamiento.

5.3. Motores de jaula de ardilla.

Un motor eléctrico con un rotor de jaula de ardilla también se llama "motor de jaula de ardilla". En su forma instalada, es un cilindro montado en un eje. Internamente contiene barras conductoras longitudinales de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula. El nombre se deriva de la semejanza entre esta jaula de anillos y barras y la rueda de un hámster (ruedas probablemente similares existen para las ardillas domésticas).

6. POR SU NÚMERO DE FASES DE ALIMENTACIÓN:

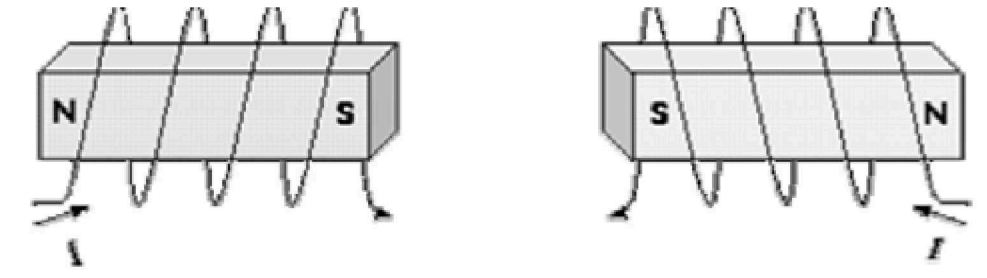
6.1. Motores monofásicos

Fueron los primeros motores utilizados en la industria. Cuando este tipo de motores está en operación, desarrolla un campo magnético rotatorio, pero antes de que inicie la rotación, el estator produce un campo estacionario pulsante.

Para producir un campo rotatorio y un par de arranque, se debe tener un devanado auxiliar desfasado 90° con respecto al devanado principal. Una vez que el motor ha arrancado, el devanado auxiliar se desconecta del circuito.

Debido a que un motor de corriente alterna (C.A.) monofásico tiene dificultades para arrancar, está constituido de dos grupos de devanados: El primer grupo se conoce como el devanado principal o de trabajo, y el segundo, se le conoce como devanado auxiliar o de arranque. Los devanados difieren entre sí, física y eléctricamente. El devanado de trabajo está formado de conductor grueso y tiene más espiras que el devanado de arranque.

Es importante señalar, que el sentido de giro de las bobinas involucra la polaridad magnética correspondiente, como puede verse en la figura



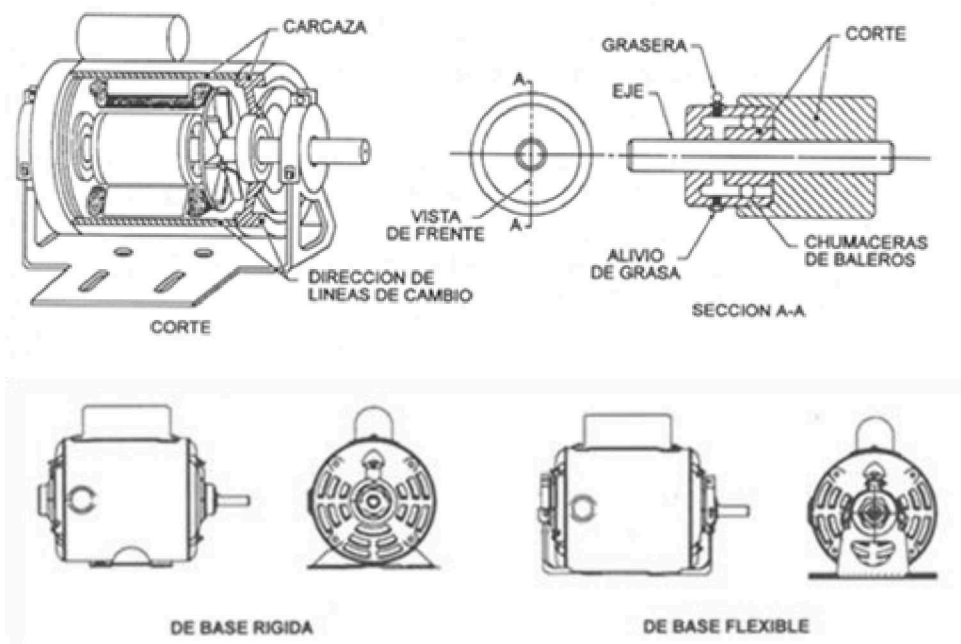
Los motores monofásicos han sido perfeccionados a través de los años, a partir del tipo original de repulsión, en varios tipos mejorados, y en la actualidad se conocen:

6.2. Motores de fase partida

En general consta de una carcasa, un estator formado por laminaciones, en cuyas ranuras aloja las bobinas de los devanados principal y auxiliar, un rotor formado por conductores a base de barras de cobre o aluminio embebidas en el rotor y conectados por medio de anillos de cobre en ambos extremos, denominado lo que se conoce como una jaula de ardilla. Se les llama así, porque se asemeja a una jaula de ardilla. Fueron de los primeros motores monofásicos usados en la industria, y aún permanece su aplicación en forma popular. Estos motores se usan en: máquinas herramientas, ventiladores, bombas, lavadoras, secadoras y una gran variedad de aplicaciones; la mayoría de ellos se fabrican en el rango de 1/30 (24.9 W) a 1/2 HP (373 W).

6.3. Motores de arranque con capacitor

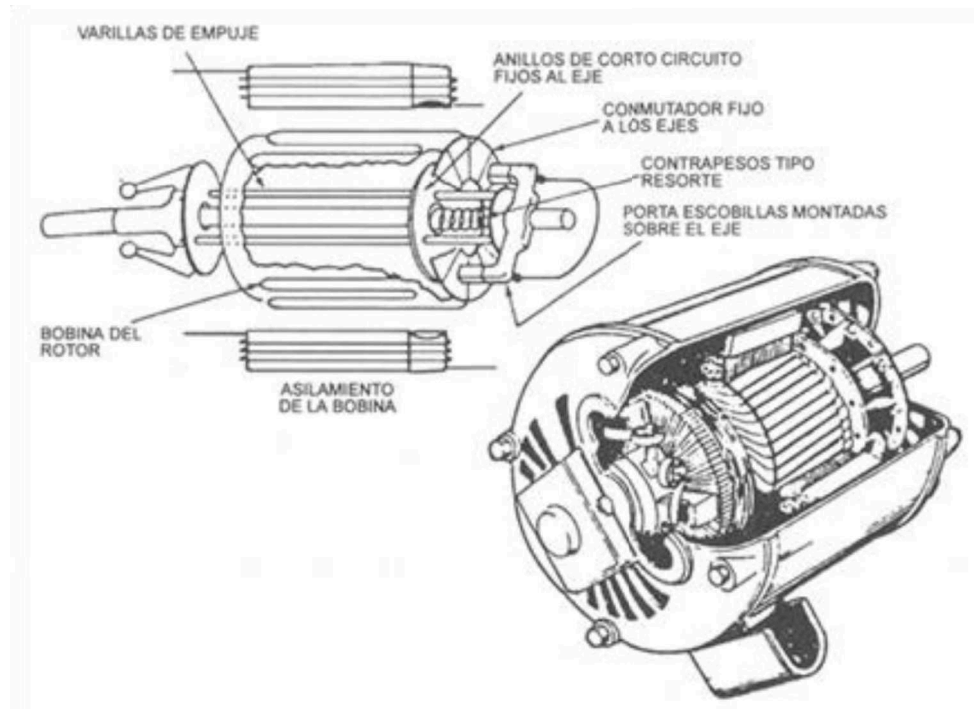
Este tipo de motor es similar en su construcción al de fase partida, excepto que se conecta un capacitor en serie con el devanado de arranque para tener un mayor par de arranque. Su rango de operación va desde fracciones de HP hasta 15 HP. Es utilizado ampliamente en muchas aplicaciones de tipo monofásico, tales como accionamiento de máquinas herramientas (taladros, pulidoras, etcétera), compresores de aire, refrigeradores, etc. En la figura se muestra un motor de arranque con capacitor.



5.4. Motores con capacitor permanente

Utilizan un capacitor conectado en serie con los devanados de arranque y de trabajo. El crea un retraso en el devanado de arranque, el cual es necesario para arrancar el motor y para accionar la carga.

La principal diferencia entre un motor con permanente y un motor de arranque con capacitor, es que no se requiere switch centrífugo. Éstos motores no pueden arrancar y accionar cargas que requieren un alto par de arranque.



5.5. Motores de inducción-repulsión

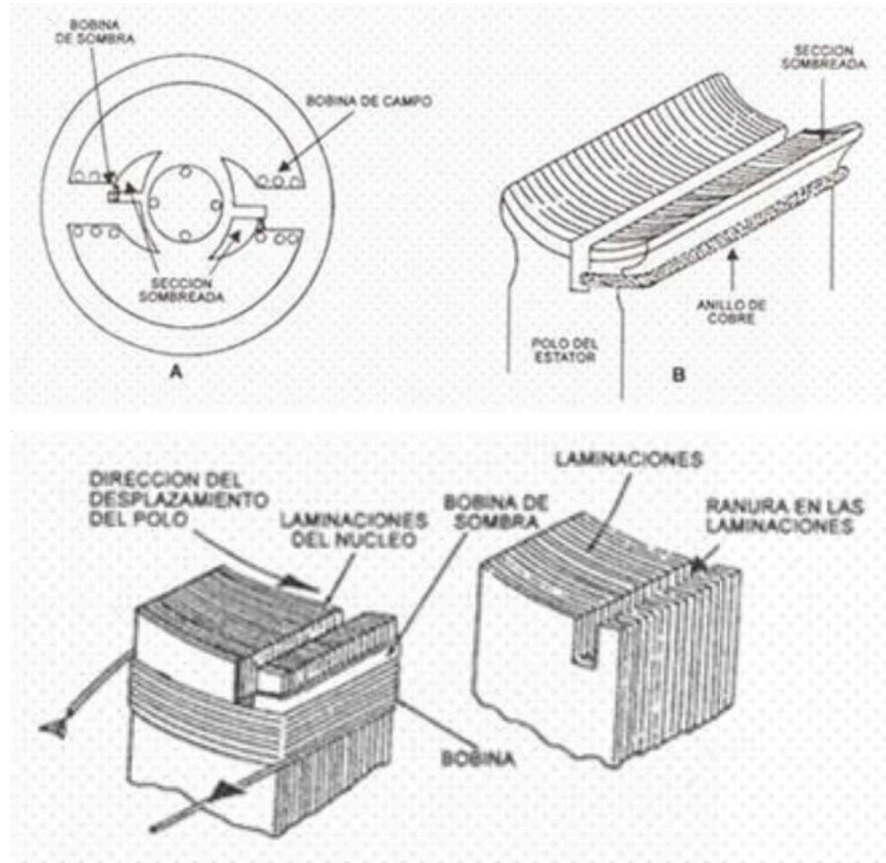
Los motores de inducción-repulsión se aplican donde se requiere arrancar cargas pesadas sin demandar demasiada corriente. Se fabrican de 1/2 HP hasta 20 HP, y se aplican con cargas típicas como: compresores de aire grandes, equipo de refrigeración, etc.

5.6. Motores de polos sombreados.

Este tipo de motores es usado en casos específicos, que tienen requerimientos de potencia muy bajos.

Su rango de potencia está comprendido en valores desde 0.0007 HP hasta 1/4HP, y la mayoría se fabrica en el rango de 1/100 a 1/20 de HP. La principal ventaja de estos motores es su simplicidad de construcción, su confiabilidad y su robustez, además, tienen un bajo costo. A diferencia de otros motores monofásicos

de C.A., los motores de fase partida no requieren de partes auxiliares (capacitores, escobillas, conmutadores, etc.) o partes móviles (switches centrífugos). Esto hace que su mantenimiento sea mínimo y relativamente sencillo.



7. MOTORES TRIFÁSICOS

Los motores trifásicos usualmente son más utilizados en la industria, ya que en el sistema trifásico se genera un campo magnético rotatorio en tres fases, además de que el sentido de la rotación del campo en un motor trifásico puede cambiarse invirtiendo dos puntas cualesquiera del estator, lo cual desplaza las fases, de manera que el campo magnético gira en dirección opuesta.

7.1. Tipos y características

Los motores trifásicos se usan para accionar máquinas-herramientas, bombas, elevadores, ventiladores, sopladores y muchas otras máquinas.

Básicamente están contruidos de tres partes esenciales: Estator, rotor y tapas.

El estator consiste de un marco o carcasa y un núcleo laminado de acero al silicio, así como un devanado formado por bobinas individuales colocadas en sus ranuras. Básicamente son de dos tipos:

- De jaula de ardilla.
- De rotor devanado

El de jaula de ardilla es el más usado y recibe este nombre debido a que parece una jaula de ardilla de aluminio fundido. Ambos tipos de rotores contienen un núcleo laminado en contacto sobre el eje. El motor tiene tapas en ambos lados, sobre las cuales se encuentran montados los rodamientos o baleros sobre los que rueda el rotor. Estas tapas se fijan a la carcasa en ambos extremos por medio de tornillos de sujeción. Los rodamientos, baleros o rodamientos pueden ser de rodillos o de deslizamiento.

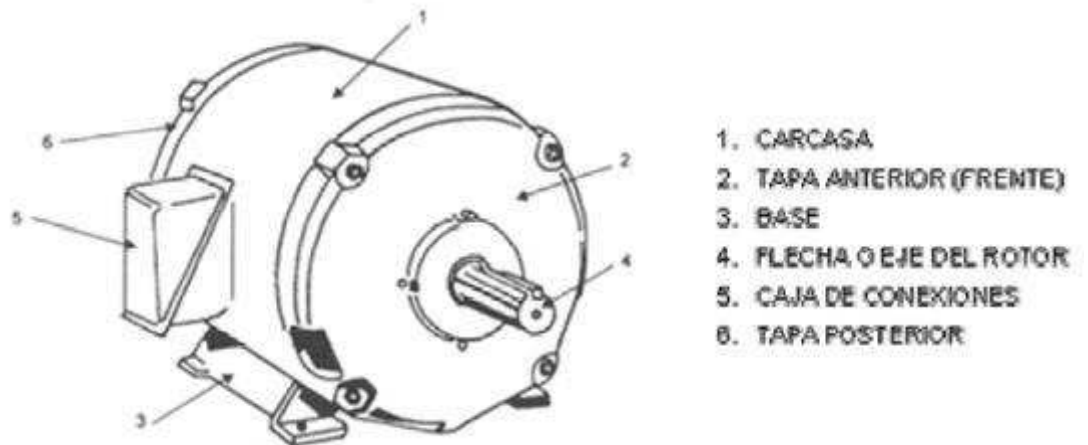
7.2. Los Motores Universales.

Tienen la forma de un motor de corriente continua, la principal diferencia es que está diseñado para funcionar con corriente continua y corriente alterna. El inconveniente de este tipo de motores es su eficiencia, ya que es baja (del orden del 51%), pero como se utilizan en máquinas de pequeña potencia, ésta no se considera importante, además, su operación debe ser intermitente, de lo contrario, éste se quemaría. Estos motores son utilizados en taladros, aspiradoras, licuadoras, etc.³

8. ELEMENTOS

³ www.electronik.es

Dentro de las características fundamentales de los motores eléctricos, éstos se hallan formados por varios elementos, sin embargo, las partes principales son: el estator, la carcasa, la base, el rotor, la caja de conexiones, las tapas y los cojinetes. No obstante, un motor puede funcionar solo con el estator y el rotor.



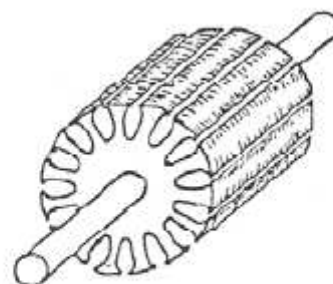
8.1. Rotor

El rotor es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica. Los rotores, son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete, y pueden ser básicamente de tres tipos:

- a) Rotor ranurado
- b) Rotor de polos salientes
- c) Rotor jaula de ardilla



Polos salientes



Ranurado

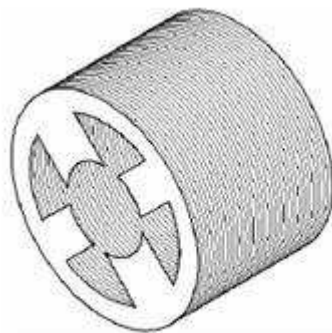


Jaula de ardilla

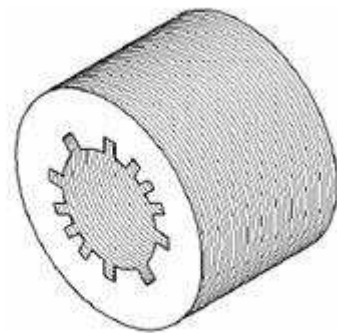
8.2. Estator

El estator es el elemento que opera como base, permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. El estator no se mueve mecánicamente, pero si magnéticamente. Existen dos tipos de estatores

- a) Estator de polos salientes.
- b) Estator ranurado.



POLOS SALIENTES



RANURADO

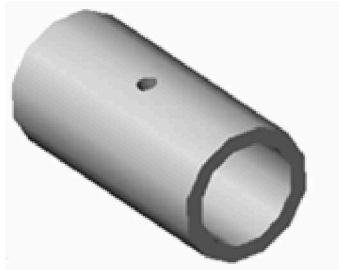
El estator está constituido principalmente de un conjunto de láminas de acero al silicio (y se les llama "paquete"), que tienen la habilidad de permitir que pase a través de ellas el flujo magnético con facilidad; la parte metálica del estator y los devanados proveen los polos magnéticos.

Los polos de un motor siempre son pares (pueden ser 2, 4, 6, 8, 10, etc.), por ello el mínimo de polos que puede tener un motor para funcionar es dos (un norte y un sur).

8.3. Cojinetes

También conocidos como rodamientos, contribuyen a la óptima operación de las partes giratorias del motor. Se utilizan para sostener y fijar ejes mecánicos, y para reducir la fricción, lo que contribuye a lograr que se consuma menos potencia. Los cojinetes pueden dividirse en dos clases generales:

a) Cojinetes de deslizamiento: Operan la base al principio de la película de aceite, esto es, que existe una delgada capa de lubricante entre la barra del eje y la superficie de apoyo.



b) Cojinetes de rodamiento: Se utilizan con preferencia en vez de los cojinetes de deslizamiento por varias razones:

Tienen un menor coeficiente de fricción, especialmente en el arranque.

Son compactos en su diseño

Tienen una alta precisión de operación.

No se desgastan tanto como los cojinetes de tipo deslizante.

Se remplazan fácilmente debido a sus tamaños estándares



8.4. Ventilador.

Si acoplamos un ventilador al eje de giro, éste refrigerará al motor cuando gire, evacuando el calor al exterior, esto se llama auto-ventilación. También existen motores con ventilación forzada, si el ventilador tiene su propio motor, refrigerados con agua o aceite.

8.5. Armazón.

El armazón de un motor está compuesto por tres partes: carcasa, base y tapas.

8.6. Carcasa

La carcasa es la parte que protege y cubre al estator y al rotor, el material empleado para su fabricación depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación. Así pues, la carcasa puede ser:

- a) Totalmente cerrada
- b) Abierta
- c) A prueba de goteo
- d) A prueba de explosiones
- e) De tipo sumergible

8.7. Base

La base es el elemento en donde se soporta toda la fuerza mecánica de operación del motor, puede ser de dos tipos:

- a) Base frontal
 - b) Base lateral
- Caja de conexiones

Por lo general, en la mayoría de los casos los motores eléctricos cuentan con caja de conexiones. La caja de conexiones es un elemento que protege a los conductores que alimentan al motor, resguardándolos de la operación mecánica del mismo, y contra cualquier elemento que pudiera dañarlos.

8.8. Tapas

Son los elementos que van a sostener en la gran mayoría de los casos a los cojinetes o rodamientos que soportan la acción del rotor.

8.9. Caja De Bornes

Aloja a los terminales de los devanados estatórios para su conexión a la alimentación. Existen 2 terminales por devanado, y un devanado por fase.

9. DIAGRAMAS DE CONEXIÓN

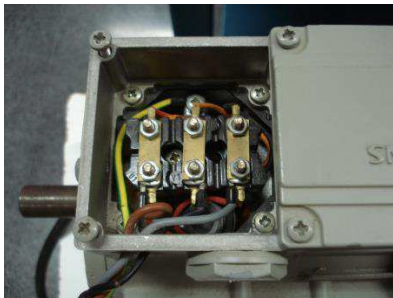
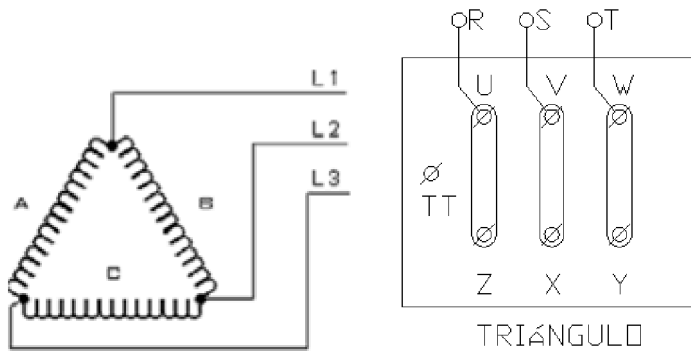
Todos los motores trifásicos están contruidos internamente con un cierto número de bobinas eléctricas que están devanadas siempre juntas, para que conectadas constituyan las fases que se conectan entre sí, en cualquiera de las formas de conexión trifásicas, que pueden ser:

- Delta
- Estrella
- Estrella-delta

9.1. Delta

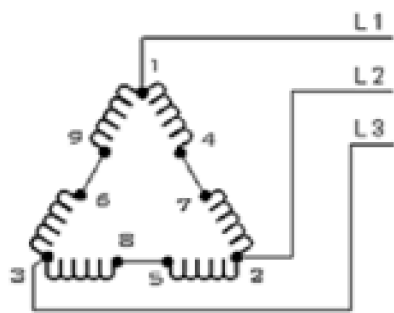
Los devanados conectados en delta son cerrados y forman una configuración en triángulo. Se pueden diseñar con seis (6) o nueve (9) terminales para ser conectados a la línea de alimentación trifásica.

Cada devanado de un motor de inducción trifásico tiene sus terminales marcadas con un número para su fácil conexión. En la figura 4.4, se muestra un motor de 6 terminales con los devanados internos identificados para conectar el motor para operación en delta. Las terminales o puntas de los devanados se conectan de modo que A y B cierran un extremo de la delta (triángulo), también B y C, así como C y A, para de esta manera formar la delta de los devanados del motor.



Los motores de inducción de jaula de ardilla son también devanados con nueve (9) terminales para conectar los devanados internos para operación en delta. Se conectan seis (6) devanados internos para formar una delta cerrada, tres devanados están marcados como 1-4-9, 2-5-7 y 3-6-8, en éstos.

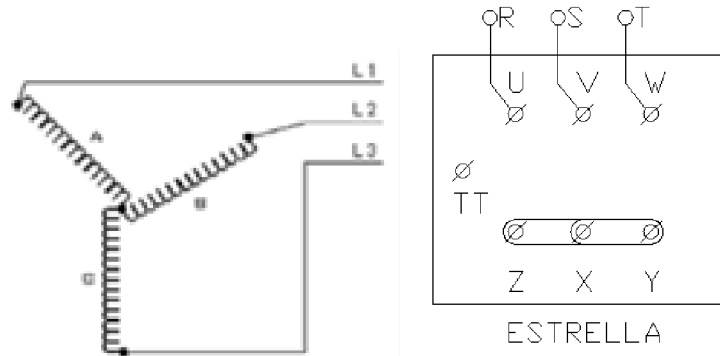
Los devanados se pueden bobinar para operar a uno o dos voltajes.



9.2. Estrella

Los devanados de la mayoría de los motores de inducción de jaula de ardilla están conectados en estrella. La conexión estrella se forma uniendo una terminal de cada devanado, las tres terminales restantes se conectan a las líneas de alimentación

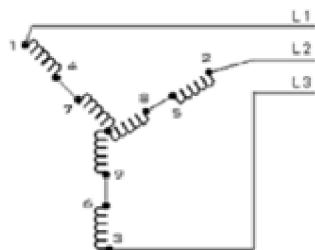
L1, L2 Y L3. Los devanados conectados en estrella forman una configuración en Y.



Un motor conectado en estrella con nueve (9) terminales, tiene tres puntas en sus devanados conectadas para formar una estrella (7-8-9). Los tres pares de puntas de los devanados restantes, son los números: 1-4, 2-5 y 3-6.

Los devanados se pueden conectar para operar en bajo o alto voltaje.

Para la operación en bajo voltaje, éstos se conectan en paralelo; para la operación en alto voltaje, se conectan en serie.



Conexiones para dos voltajes

Algunos motores trifásicos están contruidos para operar en dos voltajes. El propósito de hacer posible que operen con dos voltajes distintos de alimentación, y tener la disponibilidad en las líneas para que puedan conectarse indistintamente. Comúnmente, las terminales externas al motor permiten una conexión serie para el

voltaje más alto y una conexión doble paralelo para la alimentación al menor voltaje.⁴

10. MAGNITUDES ELÉCTRICAS FUNDAMENTALES

Antes de comenzar el estudio de circuitos eléctricos y de sus componentes es imprescindible definir aquellas magnitudes básicas que determinan su comportamiento:

10.1. Carga eléctrica

El átomo puede imaginarse, de una forma simplificada, como un núcleo con carga positiva rodeado por partículas cargadas negativamente llamadas electrones (e^-). Cuando existe un equilibrio entre cargas positivas y negativas, dentro de una cierta cantidad de materia, decimos que esta es eléctricamente neutra o que está descargada.

Si existe un defecto de electrones estará cargada positivamente. Si existe un exceso de electrones estará cargada negativamente.

La unidad de carga eléctrica es el culombio (C), el cual podemos definir como la carga contenida en $6,24 \cdot 10^{18}$ e^- . Se representa habitualmente como $q(t)$.⁵

10.2. Corriente eléctrica

Cuando circulan partículas cargadas a través de cualquier superficie de dos

⁴ GAUCERAN Etienne "Motores Electricos" pag 7 a pag 10

⁵ GUSSOW Milton M.S. Fundamentos de Electricidad pag 3

dimensiones, por ejemplo, la sección transversal de un conductor, podemos definir la corriente eléctrica como la tasa de transferencia neta de carga con respecto al tiempo.

La unidad de corriente eléctrica en el sistema MKS es el **amperio (A)**, el cual equivale a una transferencia de carga de un culombio en cada segundo.

Si $i(t)$ es la corriente y $q(t)$ la carga eléctrica se cumple:

$$(1.1) \quad i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

Para las unidades de carga y corriente se verificará que:

$$(1.2) \quad A = \frac{C}{S}$$

Teniendo en cuenta la ecuación (1.1) podemos obtener la carga instantánea transferida desde un instante anterior al inicial, $t=0$, representado por $t = -\infty$ hasta un cierto instante t , por integración de la corriente:

$$q(t) = \int_{-\infty}^t i(\tau) d\tau = \int_{-\infty}^0 i(\tau) d\tau + \int_0^t i(\tau) d\tau = q(0) + \int_0^t i(\tau) d\tau$$

6

9.3. Energía Eléctrica

Del mismo modo que una determinada masa, bajo la acción del campo gravitatorio esta dotada de una cierta energía potencial, la cual se puede recuperar al devolver la masa a su posición inicial, las cargas dentro del campo eléctrico pueden devolver energía cuando se ponen en movimiento.

La energía eléctrica puede obtenerse mediante diferentes transformaciones:

Transformación de energía química: Pilas y baterías.

Transformación de energía térmica hidráulica, atómica: Centrales

Transformación de energía mecánica: Máquinas rotativas

⁶ MANSOUR Javid, Ph.D. Analysis of electric circuits pag 45 - 49

La unidad de medida de la energía eléctrica es el **Julio (J)**, como función del tiempo suele representarse mediante el símbolo **w(t)**.

9.4. Diferencia de potencial: caída de tensión

Cuando una carga eléctrica se mueve dentro de una red lo hace a través de punto que tienen diferente potencial eléctrico. Para trasladar esa carga de puntos de menor potencial a puntos de mayor potencial es necesario realizar un trabajo. La relación entre el trabajo realizado y la carga que se ha transportado es lo que llamamos diferencia o caída de tensión y en algunos casos voltajes. La unidad utilizada en el sistema MKS para la medida del voltaje o tensión es el **voltio (V)**. Por tanto podemos escribir:

$$v(t) = \frac{dw(t)}{dq(t)}$$

Y por tanto respecto de las unidades podemos encontrar la siguiente relación:

$$V = \frac{J}{C} \quad ^7$$

9.5. Potencia Eléctrica

La potencia eléctrica la podemos definir como la cantidad de energía que se genera o absorbe en la unidad de tiempo, su unidad en el sistema MKS es el **watio (W)**. Por tanto podremos formular la siguiente relación:

$$p(t) = \frac{dw(t)}{dt}$$

La ecuación la podemos utilizar para obtener la expresión de la potencia instantánea; Si multiplicamos las ecuaciones (1.1) y (1.4) se obtiene:

⁷ MANSOUR Javid, Ph.D. Analysis of electric circuits pag 45 - 49

$$i(t) \cdot v(t) = \frac{dq(t)}{dt} \cdot \frac{dw(t)}{dq(t)} = \frac{dw(t)}{dt} = p(t)$$

Si integramos en el tiempo la potencia instantanea obtendremos la energía instantanea absorbida o cedida hasta el instante t desde un instante anterior al instante inicial, $t = -\infty$

$$w(t) = \int_{-\infty}^t p(\tau) d\tau = \int_{-\infty}^0 p(\tau) d\tau + \int_0^t p(\tau) d\tau = w(0) + \int_0^t p(\tau) d\tau^8$$

Donde $w(0)$ es la energía absorbida o suministrada hasta el instante inicial

a) Potencia Aparente

La potencia aparente de un circuito eléctrico de corriente alterna, es la suma de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes.

b) Potencia Activa

Representa la capacidad de una instalación eléctrica para transformar la energía eléctrica en trabajo útil: mecánica (movimiento o fuerza), lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es realmente la consumida en una instalación eléctrica. Se representa por P y se mide en vatios (W).

c) Potencia Reactiva

La energía reactiva no es una potencia (energía) realmente consumida en la instalación, ya que no produce trabajo útil debido a que su valor medio es nulo. Aparece en una instalación eléctrica en la que existen bobinas o condensadores, y es necesaria para crear campos magnéticos y eléctricos en dichos componentes. Se representa por Q y se mide en voltiamperios reactivos (VAR).

⁸ VIÑAS Lluís Fundamentos de electronica pag 20-21

11. UNIDADES DE LAS MAGNITUDES ELÉCTRICAS.

Vamos a definir en la **Tabla1** las unidades del sistema MKS para las magnitudes más habituales de los circuitos eléctricos.

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO
Carga	Culombio	C
Corriente	Amperio	A
Tensión	Votio	V
Energía	Julio	J
Potencia	Watio	W
Resistencia	Ohmio	Ω
Conductancia	Siemens	Ω^{-1}
Inductancia	Henrio	H
Capacidad	Faradio	F
Flujo Magnético	Weber	Wb
Enlaces de flujo	Weber-Vuelta	Wb-Vuelta
Frecuencia	Hertzio	Hz

Tabla1

Puesto que estas unidades básicas no son del tamaño adecuado para todas las aplicaciones se definen múltiplos y submúltiplos, los cuales aparecen en la **Tabla**

MÚLTIPLOS		SUBMÚLTIPLOS	
Tera	10	Pic	10 ⁻¹²
Giga	10	Nan	10 ⁻⁹
Mega	10	Mic	10 ⁻⁶
Kilo	10	Mil	10 ⁻³

Tabla 2.

12. DISTORSIÓN ARMÓNICA

Cuando el voltaje o la corriente de un sistema eléctrico tienen deformaciones con respecto a la forma de onda senoidal, se dice que la señal está distorsionada.

La distorsión puede deberse a:

- *Fenómenos transitorios* tales como arranque de motores, conmutación de capacitores, efectos de tormentas o fallas por cortocircuito entre otras.

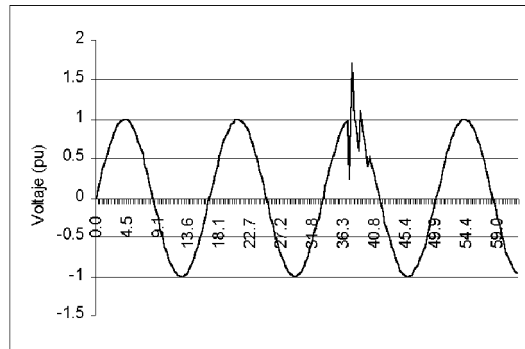


Fig. 1.1.1) Efecto en el voltaje por la conmutación de capacitores

- *Condiciones permanentes* que están relacionadas con armónicas de estado estable.

En los sistemas eléctricos es común encontrar que las señales tendrán una cierta distorsión que cuando es baja, no ocasiona problemas en la operación de equipos y dispositivos. Existen normas que establecen los límites permisibles de distorsión, dependiendo de la tensión de operación y de su influencia en el sistema.

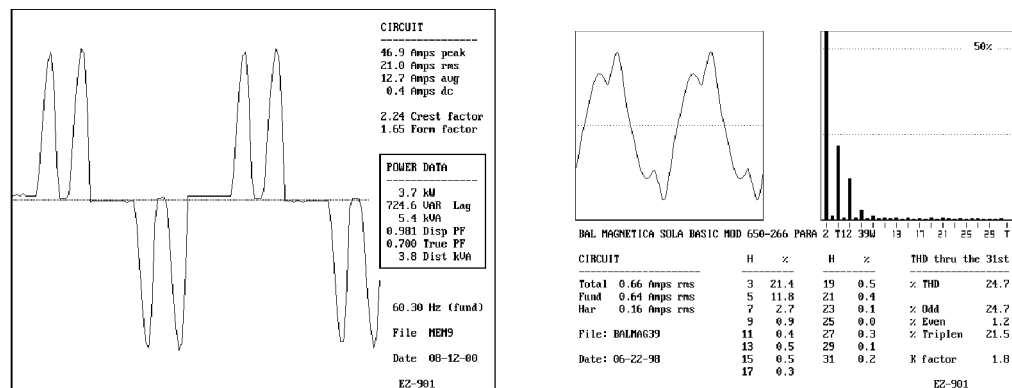


Fig. 1.1.2) Forma de onda de corriente

- variador de velocidad de CA
- balastra magnética

12.1. Características de la distorsión armónica

Cuando la onda de corriente o de tensión medida en cualquier punto de un sistema eléctrico se encuentra distorsionada, con relación a la onda sinusoidal que idealmente deberíamos encontrar, se dice que se trata de una onda contaminada con componentes armónicas.

Para que se considere como distorsión armónica las deformaciones en una señal, se deben de cumplir las siguientes condiciones :

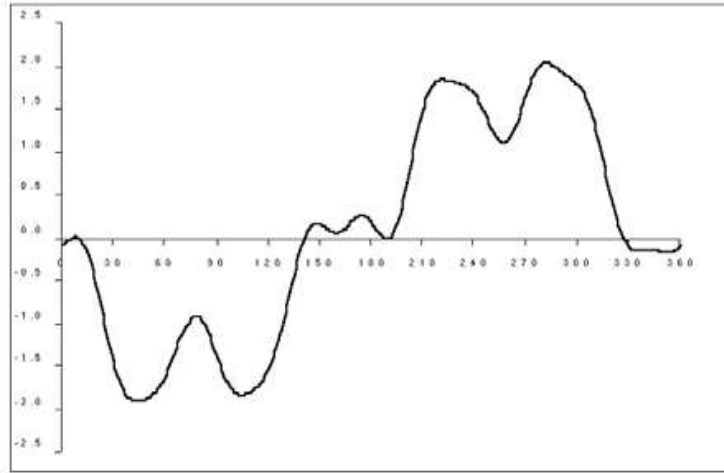
- Que la señal tenga valores definidos dentro del intervalo, lo que implica que la energía contenida es finita
- Que la señal sea periódica, teniendo la misma forma de onda en cada ciclo de la señal de corriente o voltaje.
- Permanente.- Cuando la distorsión armónica se presenta en cualquier instante de tiempo, es decir, que no es pasajera.⁹

12.2. Definición de armónicos

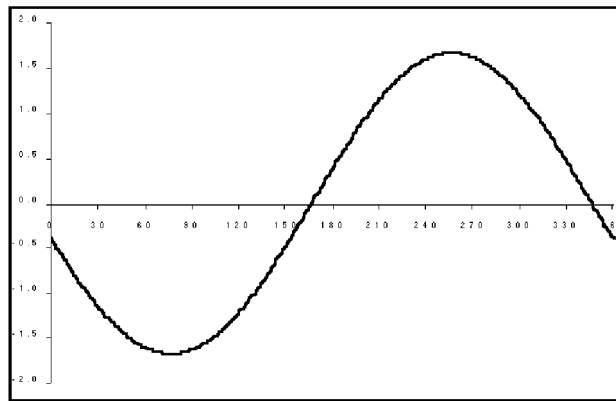
Este concepto proviene del teorema de Fourier y define que, bajo ciertas condiciones analíticas, una función periódica cualquiera puede considerarse integrada por una suma de funciones senoidales, incluyendo un término constante en caso de asimetría respecto al eje de las abscisas, siendo la primera armónica, denominada también señal fundamental, del mismo período y frecuencia que la función original y el resto serán funciones senoidales cuyas frecuencias son múltiplos de la fundamental. Estas componentes son denominadas armónicas de la función periódica original.

Función original

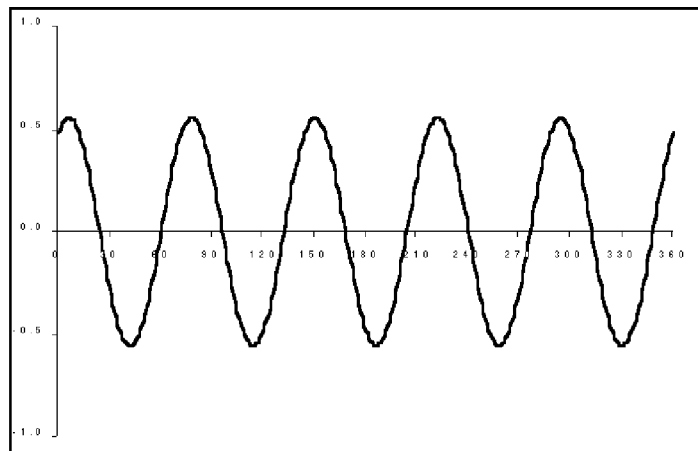
⁹ BETTEGA Eric Aronicos pag 31- 34



5ª armónica



7ª armónica



11ª armónica

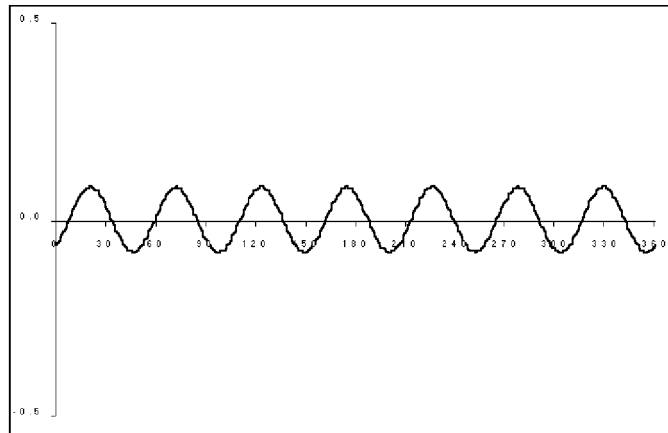


Fig. 1.3.1) Forma de onda original y sus componentes armónicos: 1ª, 5ª, 7ª, 11ª

Las ondas simétricas contienen únicamente armónicas impares, mientras que para ondas asimétricas existirán tanto armónicas pares como impares.

Cuando se hacen mediciones de las ondas de corriente o voltaje utilizando analizadores de armónicas, el equipo efectúa integraciones mediante la técnica de la transformada rápida de Fourier, dando como resultado la serie de coeficientes A_h que expresadas con relación a la amplitud A_1 de la fundamental, constituye el espectro de corrientes armónicas relativo a la onda medida.

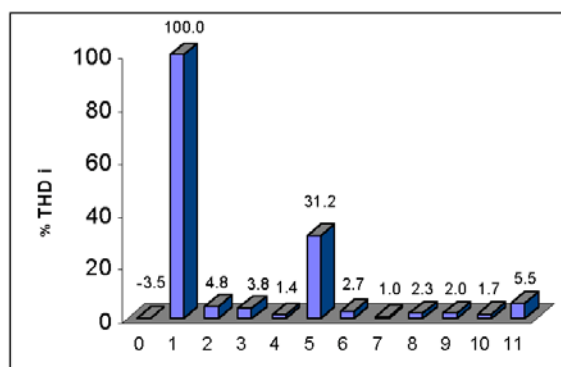


Fig. 1.3.2) Componentes armónicas relativas a la fundamental de la señal de la Fig. 1.3.1

Estas señales pueden visualizarse en un sistema tridimensional en el que se representan su magnitud, ubicación en frecuencia y a lo largo del tiempo.

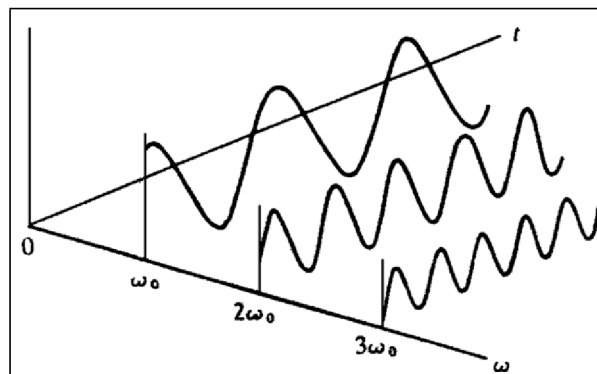


Fig. 1.3.3) Componentes en el dominio del tiempo y de la frecuencia¹⁰

13. MEDIDAS ELÉCTRICAS.

Las principales magnitudes eléctricas son Voltaje, Potencia, Frecuencia, Factor de potencia, entre otras. Estas magnitudes pueden medirse con instrumentos que dan directamente el valor correspondiente, mediante una lectura clara y constante, mediante instrumentos que reciben el nombre de la magnitud a medir, como ser, amperímetro, voltímetro, vatímetro, etc.

Dentro de los instrumentos nos encontramos con los analógicos, los cuales son de medición directa, basándose la lectura en la posición de una aguja sobre

¹⁰ BETTEGA Eric Aronicos pag 31- 34

una escala adecuada y los digitales, en los cuales el instrumento por “si” lee el valor de la medición y la misma aparece en un display.

Podemos clasificar los instrumentos analógicos, de acuerdo a su principio de funcionamiento, o los efectos por los cuales deflexionan, de acuerdo al siguiente esquema:

13.1. Bobina móvil e Imán permanente.

Son instrumentos que deflexionan cuando se les aplica corriente continua únicamente o bien corriente alterna con el agregado de rectificadores. Este instrumento consta de un imán permanente, con dos expansiones polares, entre las cuales gira un bastidor formado por una base de aluminio, sobre el cual se monta un arrollamiento de alambre conductor muy de muy pequeña sección (o bien una bobina autosoportada).

Dentro de bastidor se encuentra un cilindro de hierro dulce, fijado al instrumento, con lo cual se disminuye la reluctancia del circuito magnético. En la figura 5.1 se encuentra un detalle del mismo.

El bastidor está guiado por dos semiejes de material conductor, cuyos extremos son cónicos y poseen una terminación fina, los cuales se montan sobre sendos pivotes, que le permite un movimiento giratorio.

Sobre cada semieje encontramos dos resortes arrollados en sentido contrario, los cuales se hallan fijos en un extremo a la estructura del instrumento y por la otra al semieje correspondiente, con lo cual la posición del bastidor se mantiene en una cierta posición.

El sistema está construido en forma tal, que la corriente a medir ingresa a través de uno de los resortes, pasa por el semieje correspondiente, circula por la bobina y sale por el otro semieje y su resorte.

Sobre el eje de suspensión está montada una aguja indicadora ó índice que se desplaza sobre una escala adecuada, en la cual se efectúa la lectura correspondiente.

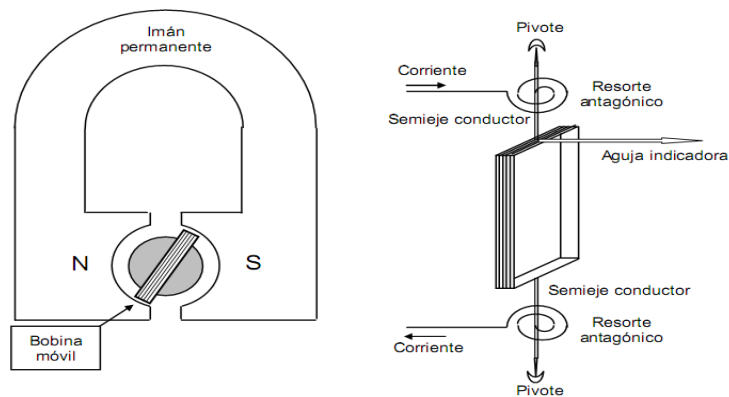


Figura 5.1 Esquema de un instrumento de imán permanente y bobina móvil.

Debido a la forma que presenta el imán en la zona que enfrenta a la bobina, el campo magnético que atraviesa la misma es radial, lo cual hace que el mismo tenga un valor constante en cualquier posición de dicha bobina (dentro del ángulo que gira la misma).

Si se hace circular corriente por la bobina, en cada conductor de la misma se origina una fuerza, cuya magnitud está dada por la siguiente expresión

$$F = N \cdot B \cdot I \cdot L \text{ Donde: } F: \text{ Fuerza [N]}$$

N: número de espiras que conforman la bobina

B: inducción magnética producida por el imán permanente [T] I: Corriente que circula por la bobina [A]

L: Longitud del conductor que se encuentra inmerso en el campo magnético [m]

Esta fuerza aparece en los conductores, cuya dirección es perpendicular al campo magnético, de forma tal que de un lado de la bobina tiene un sentido y en el otro lado tiene sentido contrario (Dichos sentidos se determinan por medio de alguna regla conocida).

Dado que estas dos fuerzas tienen distinto sentido y además están en distintos planos de acción, se origina una cupla, cuyo valor está dado por:

$$C = F \cdot d = N \cdot I \cdot B \cdot L \cdot d = K \cdot I \quad (d: \text{ancho de la bobina})$$

De aquí observamos que la cupla es proporcional a la corriente que circula por la bobina, y origina un giro del sistema, el cual se detendrá cuando la cupla motora y la cupla antagónica originada por los resortes se igualen.

La cupla resistente provocada por los resortes, es proporcional al ángulo de giro de los mismos y a una constante propia de los mismos, siendo su valor:

$$C_R = K_R \theta$$

$$\text{En equilibrio: } C_m = C_R$$

$$K \cdot I = K_R \theta \quad \theta = K/K_R \cdot I = K_A \cdot I$$

Con lo cual se observa que el ángulo de giro del sistema es proporcional a la corriente que circula por la bobina.

Este instrumento es apto para corriente continua, ya que de aplicar corriente alterna, el signo de la cupla estaría cambiando de sentido en función de la frecuencia de la corriente y el sistema quedaría en la posición de cero.

La aguja indicadora se desplaza sobre una escala adecuada, cuyo tarado se efectúa en base a la corriente que circula, lo cual hace que este instrumento se lo pueda utilizar para medir corrientes o tensiones con los aditamentos necesarios para limitar la corriente al valor máximo que pueda soportar la bobina, con el agregado de resistencias en serie o en paralelo.

13.1.1. Instrumento utilizado como amperímetro.

El instrumento utilizado como amperímetro se debe conectar en serie con la carga cuyo valor de corriente queremos determinar, tal como se muestra en la figura 5.2.

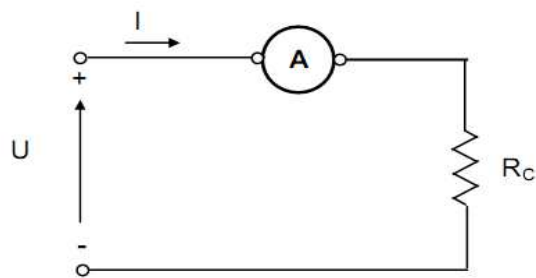


Figura 5.2 Conexión de un instrumento utilizado como amperímetro.

Debido a la pequeña corriente que admite la bobina del instrumento, para poder usar este instrumento como amperímetro, debemos poder ampliar su alcance, lo cual se efectúa mediante el agregado de resistencia en paralelo (Shunt).

En la figura 5.3 observamos la forma de conexión.

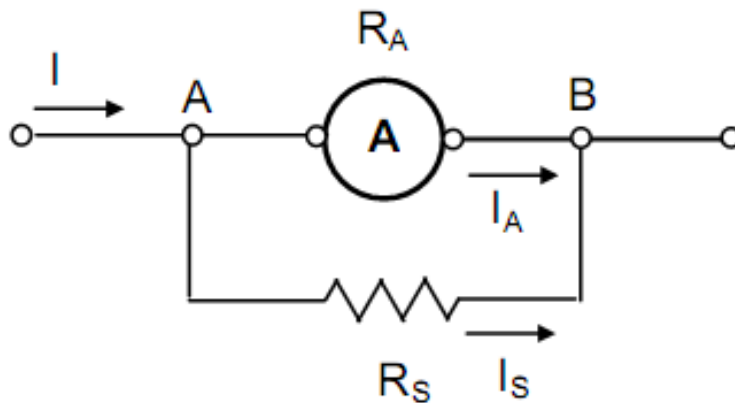


Figura 5.3 Conexión de una resistencia en derivación

Esta resistencia en paralelo deberá tener un valor, el cual surge del alcance que se desee obtener.

De la figura 5.3, la corriente que puede soportar el instrumento está indicado

por I_A , siendo R_A la resistencia de la bobina.

Si queremos utilizar el mismo instrumento para poder efectuar mediciones de corriente cuyo valor máximo será “I”, la resistencia shunt a colocar, surge del siguiente análisis:

La diferencia de potencial entre los bornes A y B está dada por:

$$U_{AB} = R_A \cdot I_A = R_S \cdot I_S$$

$$R_S = \frac{R_A \cdot I_A}{I_S} = \frac{R_A \cdot I_A}{I - I_A} = \frac{R_A}{\frac{I}{I_A} - 1}$$

Este valor de la resistencia shunt, es menor que la resistencia de la propia bobina, para poder derivar por la misma la diferencia de corrientes.

Con el agregado de la resistencia mencionada se puede realizar el tarado de la escala para este mayor rango de corriente.

13.1.2. Instrumento usado como voltímetro.

En este caso el instrumento se debe conectar en paralelo con la carga de acuerdo a lo indicado en la figura 5.4.

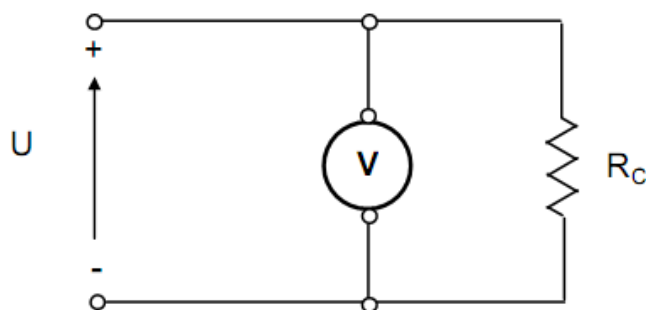


Figura 5.4 Conexión de un instrumento utilizado como voltímetro

Debido a que la corriente que circula por el instrumento depende de la resistencia de la bobina y de la tensión aplicada, para poder utilizar el instrumento como voltímetro deberemos agregar una resistencia en serie, de acuerdo a lo indicado en la figura 5.5

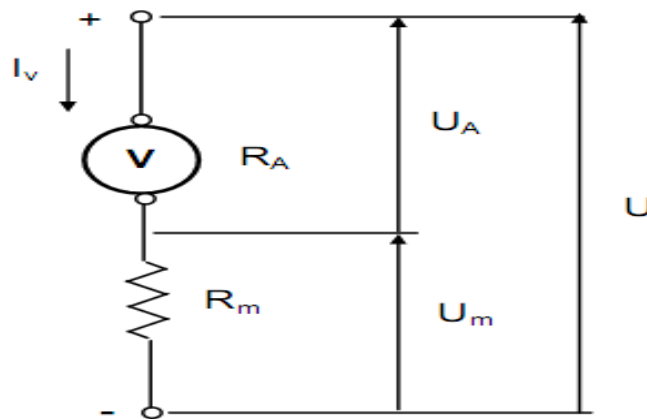


Figura 5.5 Conexión de una resistencia en serie

En el gráfico se cumple:

$$U = U_A + U_m = I_v \cdot R_A + I_v \cdot R_m \quad \text{De lo que obtenemos:}$$

$$R_m = \frac{U}{I_A} - R_A$$

En este caso el tarado de la escala se efectuará en volt.

13.2. Instrumentos de hierro móvil.

En este tipo de instrumentos, la corriente a medir circula por una bobina fija, motivo por el cual la sección de los conductores que la conforman pueden tener mayor sección, que en el caso del instrumento de imán permanente.

El sistema móvil está conformado por un eje, sobre el cual se monta la aguja indicadora y el sistema de resortes antagónicos, tal lo visto en el instrumento

anterior y además lleva una chapa de hierro dulce, que es la que provoca el movimiento de giro ante la presencia de un campo magnético producido por la corriente que circula por la bobina, al producir una imantación en la misma. En la figura 5.6, se muestra un esquema de funcionamiento de este tipo de instrumento.

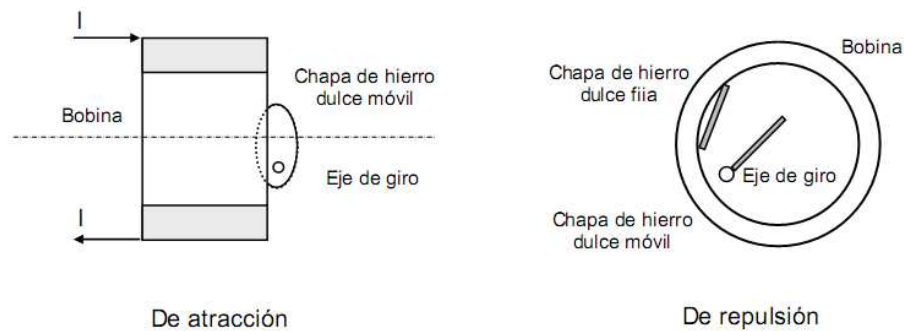


Figura 5.6 Instrumento de hierro móvil

Cuando el sistema comprende una bobina y una sola chapa de hierro dulce, el movimiento que se produce al imanarse la chapa es de atracción, en cambio en aquellos sistema que tienen dos chapas, una fija a la bobina y otra móvil, la imanación de las dos chapas provoca un movimiento de repulsión.

Las fuerzas que se producen son proporcionales al cuadrado de la intensidad que circula por la bobina., en consecuencia, para cualquiera de los dos sentidos que pueda tener la circulación de la corriente, el esfuerzo experimentado por la lámina móvil es del mismo sentido, lo cual hace que este instrumento sea apto para corriente continua o alterna.

13.2.1. Instrumento utilizado como amperímetro.

Este instrumento se puede utilizar como amperímetro para corrientes de 20 a 50 A, para valores superiores se utilizan con un transformador de medida auxiliar.

13.2.2. Instrumento utilizado como voltímetro.

Se lo utiliza con el agregado de resistencia en serie al igual que el instrumento de imán permanente.

13.3. Instrumentos electrodinámicos.

Los instrumentos electrodinámicos poseen dos bobinas, una fija y la otra giratoria, sobre ejes, semejante a los instrumentos de bobina móvil e imán permanente. Ambas bobinas pueden estar sometidas a la misma corriente (conectadas en serie) o a dos corrientes diferentes (conectadas en paralelo).

La bobina fija, que es externa al ser recorrida por una corriente crea en su interior un campo magnético que actúa sobre la corriente que circula por la bobina móvil que es interior, lo cual produce fuerzas sobre los lados de la misma y por lo tanto produce el giro correspondiente.

La bobina móvil está provista como hemos visto de los resortes antagonísticos y la aguja indicadora.

En la figura 5.7 vemos un esquema de este tipo de instrumento

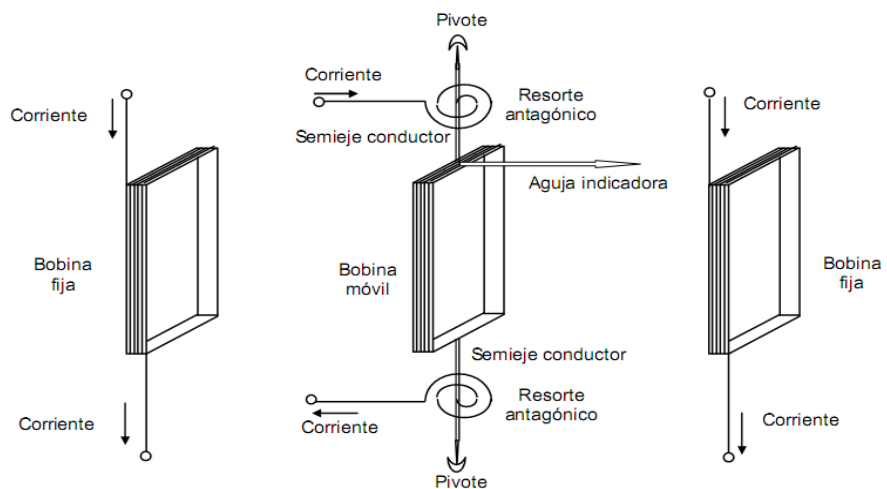


Figura 5.7 Instrumento electrodinámico

La bobina exterior o fija está dividida en dos partes, lo cual permite que las mismas se puedan conectar en serie o en paralelo (en este caso se duplica la corriente que puede ingresar a la parte fija del instrumento).

El ángulo de giro de la bobina móvil está dado por:

$$\theta_{CC} = K_{CC} I_{Fija} \cdot I_{Móvil} \text{ (en corriente continua)}$$

$$\theta_{CA} = K_{CA} I_{Fija} \cdot I_{Móvil} \cdot \cos \beta \text{ (en corriente alterna, siendo } \beta \text{ el ángulo de desfasaje entre las corrientes)}$$

Este instrumento al igual que el anterior se puede utilizar como amperímetro o como voltímetro, a cuyos efectos la bobina fija y la móvil se deben conectar en serie ya que la corriente es única (su costo es más elevado).

El principal uso de este instrumento es como vatímetro, para lo cual la bobina fija se utiliza para medir la corriente que pasa por la carga y la bobina móvil para medir la tensión sobre la carga.

13.4. Vatímetro electrodinámico.

Este instrumento presenta cuatro terminales, de los cuales dos se conectan en serie con la carga y miden la corriente que pasa por la misma mediante la bobina fija de mayor capacidad y los otros dos se conectan en paralelo para medir la tensión, mediante el agregado de una resistencia en serie (R_M) a la bobina móvil, de acuerdo al esquema de la figura 5.8

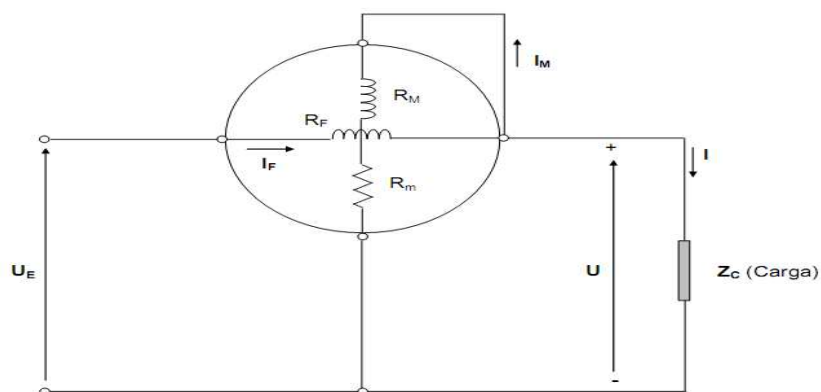


Figura 5.8 Esquema de conexión de un vatímetro electrodinámico

Con este tipo de conexión la corriente que circula por la bobina móvil, es

proporcional a la tensión sobre la carga, en cambio la corriente que circula por la bobina móvil, es la suma de la corriente que pasa por la carga y la que se deriva por la bobina móvil.

Suponiendo que la carga es de carácter óhmico-inductiva, la corriente estará en atraso a la tensión en función del factor de potencia de la misma.

En cambio la corriente que pasa por la bobina móvil, debido al valor elevado de la resistencia adicional R_m , podemos considerar que está en fase con la tensión sobre la carga.

De acuerdo a esta situación el diagrama fasorial correspondiente es el de la figura 5.9.

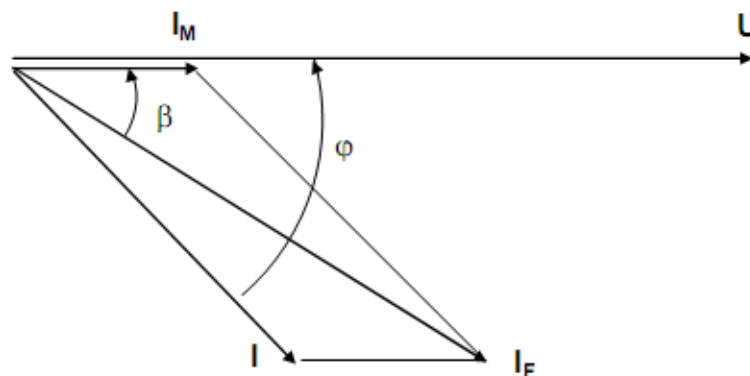


Figura 5.9 Diagrama fasorial

Por lo tanto en este tipo de conexión la indicación del instrumento es proporcional al consumo de la carga más el consumo de la bobina voltimétrica.

En el caso de que la resistencia del circuito voltimétrico sea muy grande, se puede despreciar dicho consumo.

Esta forma de conectar la bobina voltimétrica sobre la carga recibe también el nombre de conexión “atrás”, en cambio si la misma se conecta sobre la fuente recibe el nombre de conexión “adelante”, en cuyo caso la tensión que mide dicha bobina no es la de la carga, sino que hay que adicionarle la caída de tensión en la bobina amperométrica o fija, mientras que la corriente que mide esta última es la corriente que pasa por la carga.

El la figura 5.10 se muestran esquemáticamente ambos tipos de conexión.

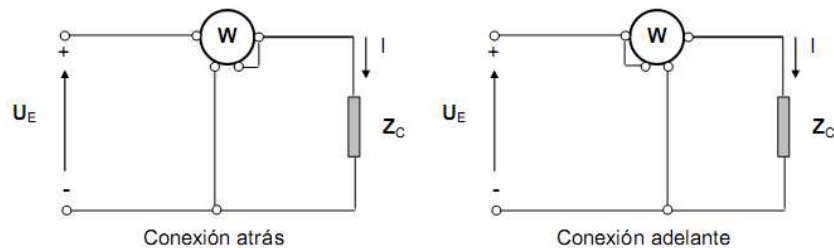


Figura 5.10 Formas de conexión de los vatímetros

14. INSTRUMENTOS DIGITALES

En los aparatos de medida digitales, solamente se toman algunos valores de las magnitudes que se desean medir. Mediante circuitos electrónicos, estas magnitudes de acuerdo a un sistema determinado. Estos circuitos se llaman convertidores A/D (Analógico/Digital).

Dado que la magnitud a medir es una función continua en el tiempo, se efectúa en ella un muestreo de la señal correspondiente a un determinado instante, y se convierte la señal en un tren de pulsos periódicos, debiéndose realizar el muestreo en un período lo mas pequeño posible, a los efectos de que no haya una variación brusca de la señal a medir y que no sea detectada.

En la figura 5.11 se muestra una señal continua (Tensión, corriente, potencia, etc.), en la cual el período de muestreo es “T”.

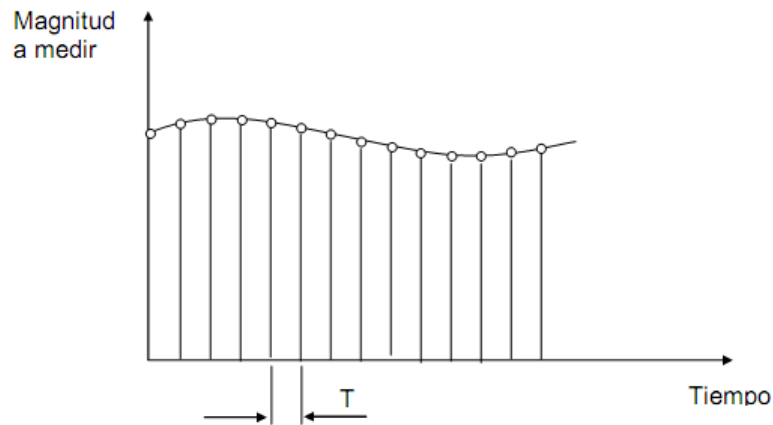


Figura 5.11 Muestreo de una señal analógica

En los aparatos digitales, el sistema indicador (escala – aguja) es sustituido por un indicador numérico,

14.1. Fundamentos de la teoría de errores.

En la técnica de las mediciones eléctricas se puede aplicar la teoría de errores, desde el punto de vista matemático. Pero desde el punto de vista práctico lo fundamental alcanza para la solución de los casos comunes.

Partiendo de que ninguna medida es exacta, en el sentido absoluto de su palabra, toda medida está afectada por un error.

Definimos como error absoluto a la diferencia entre la cantidad que medimos “C” y la cantidad que consideramos verdadera “C”.

$$e_a = C_m - C$$

Este error será en más o en menos, según cual sea mayor. En la técnica es conveniente expresar los errores en forma porcentual, en relación con la cantidad considerada verdadera o más probable, con lo cual el error relativo lo podemos expresar en forma porcentual.

$$e\% = \frac{C_m - C}{C} 100 = \frac{e_a}{C} 100$$

14.2. Clasificación de los errores

Los errores posibles a ser cometidos se pueden clasificar en:

14.2.1. Errores groseros.

Son aquellos que se pueden producir por inexperiencia del observador o falta de atención. La magnitud de los mismos hace que sean fácilmente advertidos por simple observación y

por lo tanto descartarlos. Para evitarlos es conveniente efectuar repetición en las medidas.

14.2.2. Errores sistemáticos.

Estos errores son previsibles y tienen el mismo signo, lo cual lleva a que los mismos puedan calcularse y desafectarlos de la medición. Los mismos aparecen por:

a) Método: Depende de cómo se efectuó la medición, ya que los instrumentos a utilizar introducen modificaciones en las condiciones del circuito. Como ejemplo tomemos la medición del valor de una resistencia, por medio de un voltímetro y un amperímetro, los cuales los podemos conectar de dos formas distintas.

a) Conexión corta: En la figura 5.12 se muestra este tipo de conexión, en la cual el voltímetro mide la tensión real sobre la resistencia, pero el amperímetro mide la suma de la corriente que pasa por la resistencia más la que se deriva por el voltímetro.

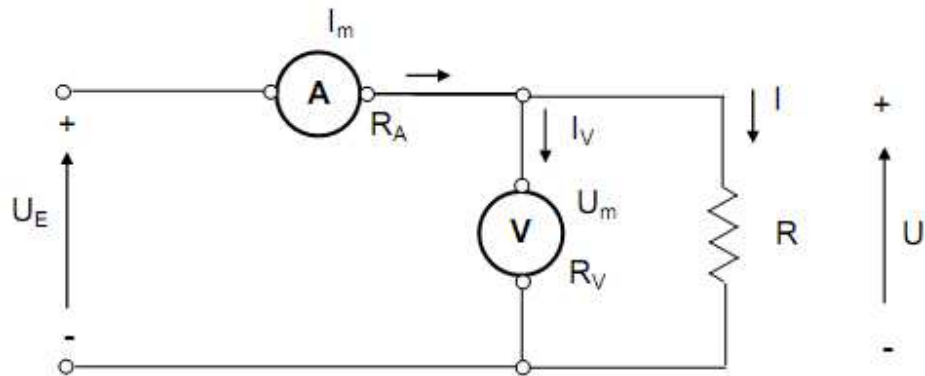


Figura 5.12 Conexión corta o atrás

El valor de la resistencia medida esta dado por:

$$R_m = \frac{U_m}{I_m}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U_m - R_A \cdot I_m}{I_m} = \frac{U_m}{I_m} - R_A$$

Como la resistencia voltimétrica tiene valores muy grandes, la conexión corta es conveniente cuando la resistencia a medir es mucho más pequeña, y en este caso se puede despreciar el error, en cambio la conexión larga es conveniente cuando la resistencia a medir es muy grande con respecto a la del amperímetro.

En el caso de que realice la corrección cualquiera de los dos métodos es factible. También surge que habrá un valor de resistencia a medir que produce el mismo error con una conexión o la otra, la cual se puede determinar en forma analítica.

b) Instrumental: Este error se debe al trazado de la escala cuando se efectúa la misma por comparación con un instrumento patrón. A este error debemos agregarle el error de lectura del instrumento patrón, lo cual lleva a lo que se llama error de

trazado.

Otro error que comete el instrumento es debido a los rozamientos que tiene el sistema de

suspensión, lo cual hace que para la misma corriente la aguja indicadora no ocupe la misma posición.

14.2.3. Errores debidos al observador.

Nacen del hecho de que cada observador tiene una forma particular de efectuar las lecturas, como interpolar en la mitad, tercera ó cuarta parte de una división, leer en exceso o en defecto, tomar valores pares o impares.

14.2.4. Errores debido a las condiciones donde se efectúa la medición.

Son los que se provocan por condiciones de temperatura, humedad, presión atmosférica, presencia de campos magnéticos o eléctricos, etc.

14.2.5. Errores accidentales.

Son errores casuales, fortuitos, inevitables producidos por la imperfección de nuestros sentidos y las perturbaciones del medio ambiente. No obedecen a una ley por lo tanto no se reproducen en forma igual en situaciones iguales. Los mismos son producidos por:

a)Paralaje: Son motivados por la falta de perpendicularidad entre el ojo del observador y la escala del instrumento, tal como se muestra en la figura 5.14.

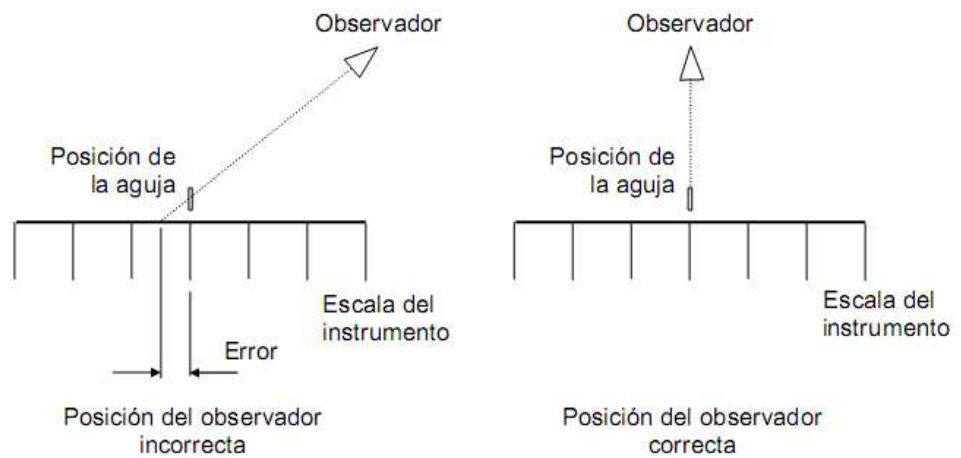


Figura 5.14 Lectura con error de paralaje.

Para disminuir este tipo de error los instrumentos cuentan con un espejo, sobre la escala a los efectos de que el observador no vea el reflejo de la aguja, según se indica en la figura 5.15.

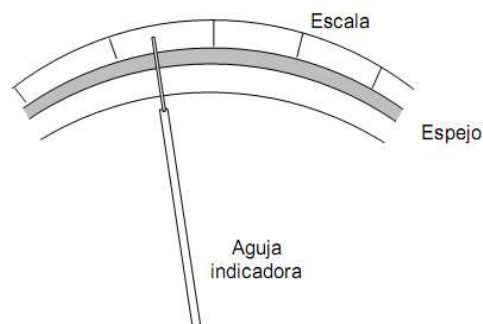


Figura 5.15 Escala con espejo para disminuir el efecto de paralaje.

14.2.6. Poder separador del ojo.

El ojo humano no puede diferenciar dos puntos situados a una distancia tal que el ángulo sustentado por los mismos no supere un cierto valor que aproximadamente es de 2 minutos. El ojo para una distancia aproximada de 30 cm detecta una separación mínima de 0,1 mm.

a) Apreciación.- Nace de la necesidad de interpolar la lectura cuando la aguja

indicadora se detiene entre dos divisiones.

Estos errores que no se pueden acotar, se tienen en cuenta como si su valor fuera de 0,2 a 0,25 de la menor división de la escala del instrumento.

14.2.7. Error de clase.

Es el error que tiene el instrumento que no es acotable y por lo tanto corregible. Para acotarlo se define como clase del instrumento y está dado por:

$$\beta\% = \frac{\text{Máximo error absoluto por calibración}}{\text{Máxima cantidad medible a fondo de escala}} \cdot 100$$

Es importante tener en cuenta que la clase de un instrumento, nos indica cual es el error absoluto máximo, el cual se mantiene en cualquier lugar de la escala. Lo que cambia es el error relativo, el cual aumenta a medida que la aguja se detiene en las primeras partes de la escala.

Tomemos un ejemplo:

Sea un voltímetro cuyo alcance máximo es de 100 V y tiene una clase igual a 1. El error absoluto que se repite para cualquier indicación es:

$$e_a = 0,01 \cdot 100 = 1 \text{ V}$$

Esto nos indica que si la lectura es a fondo de escala (100 V) el error relativo que estamos cometiendo es del 1%, en cambio si la lectura fuera de 10 V, el error relativo para esa medición es del 10%.

Esto trae aparejado que en lo posible se utilicen instrumentos que nos permita efectuar lecturas en el último tercio de la escala del mismo.

14.3. Simbología para identificar los instrumentos.

Por lo general los instrumentos traen sobre su frente una serie de símbolos que nos permite identificarlos y cuáles son los límites de su uso:



Instrumento a bobina móvil e imán permanente



Instrumento de hierro móvil



Instrumento electrodinámico



Instrumento para ser usado en posición vertical



Instrumento para ser usado en posición horizontal



Tensión de ensayo de la caja del instrumento en kV(en este caso 2 kV)



Instrumento apto para corriente alterna



Instrumento apto para corriente continua



El número indica la clase del instrumento

15. SENTRON PAC 3200.

El SENTRON PAC3200 dispone de una serie de útiles funciones de monitoreo, diagnóstico y servicio técnico, un contador de energía activa y reactiva, un contador de horas de funcionamiento para monitorear el tiempo de servicio.

Gracias a su diseño compacto representa un sustituto ideal para los instrumentos analógicos convencionales, cuenta con un amplio rango de tensión medida, el SENTRON PAC3200 puede conectarse en tensiones bajas de 690V, como en conexiones directas de hasta 500V, y para tensiones superiores se debe usar transformadores de tensión y para medir corriente sus propios transformadores de corriente que vienen en varias medidas Ej. 50/1 A., 60/5 A.



Figura N° 2. 1 Multimedidor Sentron PAC 3200.

Para su familiarización el equipo Sentron PAC 3200 posee un software amigable y de fácil acceso al equipo, posee dos programas de simulación para ser instalados en la PC, ofrecen a los servidores un fácil entendimiento de las diferentes tareas que realiza el equipo, así como también se puede visualizar las diferentes variables que mide, presentadas en el programa de simulación como también directamente en la pantalla LCD del equipo.

15.1. Medición.

El Sentron PAC 3200 puede obtener más de 50 magnitudes medidas con valores máximos y mínimos, con un margen de error del 05% del valor medido, por lo que lo hace importante su utilización en el sector industrial.

15.2. Visualización y manejo.

Pantalla gráfica con retro iluminación de cristal líquido, para una lectura óptima.

Información y manejo a través del menú en la pantalla.

Diferentes idiomas para la visualización del menú y texto en la pantalla.

Identificador de fases seleccionables (L1, L2, L3 \Leftrightarrow a, b, c).

15.3. Alimentación.

La Fuente de alimentación de este equipo es multirango con entrada AC/DC: Se alimentande 95 a 240 V AC $\pm 10\%$ / 50 / 60 Hz ó de 110 a 340 V DC $\pm 10\%$.

La Fuente de alimentación DC de muy baja tensión: Se alimenta con 24 V, 48 V y 60 V DC $\pm 10\%$ ó 22 a 65 V DC $\pm 10\%$.

15.4. Interfaz.

El equipo se interconecta en las siguientes tres formas: Interfaz Ethernet integrada.

El SENTRON PAC 3200 dispone de un conector RJ45 en la parte superior. El dispositivo puede ser conectado a Ethernet a través de un conector RJ45, del tipo T-568B.

Profibus Integrada.

- Mediante un módulo de ampliación opcional (p. ej. módulo de ampliación PAC PROFIBUS DP).
- RS485 Integrada.
- Mediante un módulo de ampliación opcional (p. ej. módulo de ampliación PAC RS485).

15.5. Entrada y salida.

Posee una entrada digital multifuncional para cambio de tarifa, sincronización del periodo de demanda, control de estado o totalización de impulsos de energía entregados por otros dispositivos, podemos asignar las siguientes funciones en esta entrada:

- ✓ Cambio de tarifa para contador de tarifa doble de energía activa y reactiva.
- ✓ Sincronización del periodo de demanda a través del impulso de sincronización de un telemando centralizado u otro dispositivo.
- ✓ Monitoreo de estado: Captación de estados y avisos de emisores de señales conectados.
- ✓ Entrada de impulsos de energía activa o reactiva (interfaz S0).

La transmisión de los datos se realiza con impulsos ponderados, por ejemplo, por cada KWh se transmite una cantidad parametrizable de impulsos.

- La entrada digital soporta una tensión máxima de 24 V.
- Para tensiones superiores se precisa un divisor de tensión externo.

Posee una salida digital multifuncional, programable a modo de salida de impulsos de energía activa o reactiva, indicación del sentido de giro, visualización del estado operativo del SENTRON PAC3200, para indicación de violaciones de límites o como salida lógica para telecontrol vía PC.

15.6. Protección

Posee un sistema de protección por clave mediante la digitación de un código de 4 dígitos el cual se lo puede cambiar por necesidad propia.

15.7. Tipos de conexión.

Cuenta con 5 formas de conexiones a redes de dos, tres o cuatro conductores con carga balanceada (simétrica) o desbalanceada (asimétrica).

Abreviatura	Tipo de conexión
3P4W	3 fases, 4 conductores, carga desbalanceada
3P3W	3 fases, 3 conductores, carga desbalanceada
3P4WB	3 fases, 4 conductores, carga balanceada
3P3WB	3 fases, 3 conductores, carga balanceada
1P2W	Corriente alterna monofásica

Tabla N° 2.1 Tipos de conexión.
Fuente: Manual Sentron PAC 3200.

15.8. Límites.

Este equipo dispone de una función para monitorear hasta 6 límites. Monitoreando violaciones de límites superiores e inferiores. También podemos programar al equipo para que cumpla determinadas acciones en caso de violación de los límites, y estas la podemos visualizar en la pantalla del equipo.

Los datos para definir los límites son los siguientes:

Monitoreo de límite activado/desactivado. Magnitud monitoreada.

Violación de límite superior o inferior. Límite.

Retardo. Histéresis.

15.9. Condiciones ambientales.

El SENTRON PAC3200 opera dentro de los siguientes rangos de temperatura y condiciones ambientales:

Descripción	Temperatura
Rango de temperatura de empleo	- 10 °C a + 55 °C
Rango de temperatura en Almacenamiento	- 25 °C a + 70 °C
Humedad relativa del aire	95 % a 25 °C sin condensación (en condiciones normales)
Altitud de empleo sobre nivel del mar	hasta 2000 m
Grado de contaminación	2
Grado de protección según IEC 60529	
Frente	IP65
Lado posterior	IP20, NEMA 1A

Tabla N° 2. 1 Rangos de temperatura.
Fuente: Manual Sentron PAC 3200.

15.10. Conexiones.

Designación de las conexiones, modelo con bornes de tornillo & ojal.

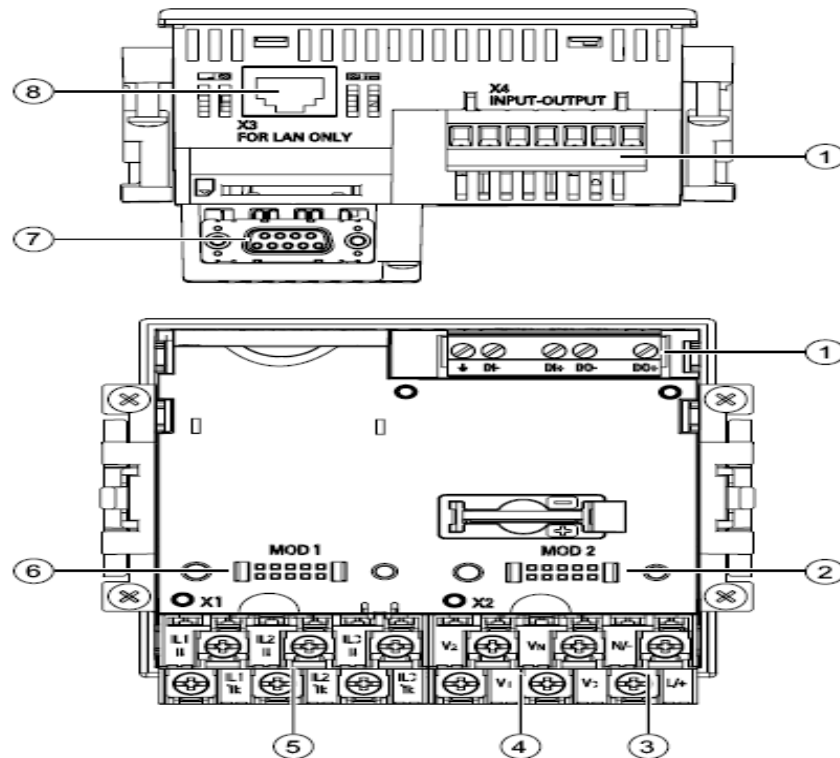


Figura N° 2. 2 Conexiones del Equipo.

Fuente: Manual Sentron PAC 3200.

1. Entradas y salidas digitales, tierra funcional
2. Conexión ciega. ¡No utilizable como ranura!
3. Entrada de alimentación L/+, N/-
4. Entradas de medida tensión V1, V2, V3, VN
5. Entradas de medida corriente IL1, IL2, IL3
6. Ranura para módulos de ampliación opcionales
7. Módulo de ampliación opcional, no incluido en el volumen de suministro
8. Conexión Ethernet, RJ45.

15.11. Precaución.

Los módulos electrónicos contienen componentes sensibles a descargas electrostáticas. Estos componentes pueden resultar fácilmente dañados o destruidos si no se manipulan con el debido cuidado.

Descargue su cuerpo electrostáticamente justo antes de tocar un módulo electrónico.

A tal efecto debe tocar algún objeto conductor y puesto a tierra, p. ej. una pieza de metal sin recubrir de un armario eléctrico o una tubería de agua.

Agarre el módulo únicamente por la caja de plástico.

Los módulos electrónicos no deben entrar en contacto con materiales eléctricamente aislantes, como láminas de plástico, piezas de plástico, tableros de mesa aislantes o ropa de fibras sintéticas.

Deposite el módulo sólo sobre superficies conductoras.

Almacene y transporte los componentes y módulos electrónicos únicamente en embalajes conductores con protección ESD (p. ej., cajas de metal o cajas de plástico metalizadas). Conserve el módulo en su embalaje hasta el momento del montaje.

16. CARACTERÍSTICAS DEL SENTRONPAC 3200.

°Tensión Fase-fase / Fase-neutro / Promedio 3 fases. Intensidades de la corriente

Por fase / Promedio 3 fases. Intensidad de la corriente en el conductor neutro.

Potencia aparente Por fase y total. Potencia activa Por fase y total.

Potencia reactiva total Por fase y total.

Potencia reactiva de la fundamental Por fase y total. Factor de potencia Por fase y total.

Factor de potencia de la fundamental Por fase. Frecuencia De la fase de referencia.

Valores mínimo/máximo | Fecha y hora Función agujas de arrastre. Valores medios deslizantes U, I, S, P, Q, FP.

Magnitudes de medición ampliadas.

Angulo de desfase Entre la tensión y la corriente de cada fase. Angulo de fase Entre las tensiones de fase.

Tensión THD Por fase THD-R (UL-N) THD (UL-N &UL-L). Intensidad de la corriente de THD Por fase THD-R (IL1.3) THD (IL1.3).

Tensiones armónicas Por fase – 3 hasta 31.

Intensidad de las corrientes armónicas Por fase – 3 hasta 31. Intensidad de la corriente de distorsión Por fase.

Valores mínimo/máximo | Fecha y hora Función agujas de arrastre. Asimetría tensión | corriente Sistema trifásico Unba | Inba Unb | Inb. Registro de energía / Contador.

Energía aparente Contador acumulador del registro de energía. Energía activa Contador acumulador del registro de energía. Sentido de la energía Consumo y regeneración.

Energía reactiva Contador acumulador del registro de energía. Sentido de la energía Consumo y regeneración.

Medidor de 2 tarifas (Tarifa alta / baja) Energía aparente, activa, reactiva Valores de energía diaria para 365 días Energía aparente, activa, reactiva.

Demanda de energía último período de medición Valor medio de la potencia activa y reactiva.

Período de medición Ajustable en minutos.

Valores mínimos / máximos de las potencias Dentro del período de medición.
Cuenta-horas de servicio Tiempo en el que se consumió energía. Contador universal Multifuncional.
Funciones de supervisión.
Supervisión de valores límite Cantidad máxima de valores límite 6 12.
Compuertas lógicas (Lógica Booleana) AND, OR | NAND, NOR, XOR, XNOR.
Vinculación lógica entre: Valores límite | Entradas.

17. FUNCIONES DE REGISTRO SENTRONPAC 3200.

Registro de las curvas de carga.
Valores promedio de la potencia aparente, activa y reactiva. Valores mínimos / máximos Por cada período de medición. Almacenamiento del registro En períodos de medición de 15 min hasta 40 días
Sincronización de: Entrada digital, Comunicación, reloj interno. Conformación ajustable del valor medio Aritmética o acumulada. Métodos de registro Bloque fijo o deslizante.
Registro de eventos.
Cantidad máxima de eventos – > 4000. Control de prioridades.
Niveles de aviso, elegibles.
Obligación de suministrar acuse de recibo, ajustable. Almacenamiento de eventos, configurable. Interfaces.
Ethernet (Integrada) Para cable de par cruzado 10 Mbit/s 10/100 Mbit/s.
Funciones de interfaces Auto-Negotiation / Auto MDI-X. Cantidad de conexiones Simultáneas 1 3.

Protocolo Modbus TCP.

Gateway (Ruteo) Ethernet-RS485 (Modbus).

PROFIBUS DP (V1) Por medio del módulo PAC PROFIBUS DP Módulo de ampliación opcional.

Modbus RTU Por medio del módulo PAC RS485 Módulo de ampliación opcional.

Entradas / Salidas.

Entrada(s) digital(es) Multifuncional(es)1 2.Salida(s)digital(es)Multifuncional(es)12.
Tensión de servicio entrada(s)/salida(s) digital(es) Valor nominal 24 V CC 24 V CC.
Reloj / Calendario.

Reloj de tiempo real Marcación de tiempo con exactitud de un segundo.
Función calendario Formato ajustable de la fecha y la hora. Conmutación entre horario de verano e invierno Automática (EE.UU.) / Unión Europea) o manual.

Límites de errores.

Tensiones | Intensidades de la corriente Referidos al valor de medición

0,3% | 0,2% 0,2%*.

Potencia aparente | Activa | Reactiva Referidos al valor de medición

0,5% | 0,5% | 2% 0,5%* | 0,2%* | 1%*.

Energía activa Según la norma 62053-22 Clase 0,5S Clase 0,2S. Energía reactiva Según la norma 62053-23 Clase 2 Clase 2. Observación / Operación.
Display LCD gráfico con fondo iluminado.¹¹

¹¹ **Manual Sentron PAC 3200.**

CAPITULO II

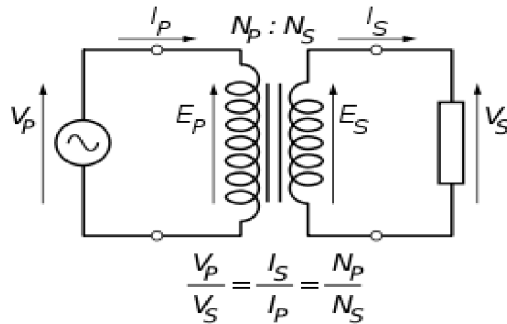
18. CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO PARA MEDIR PARÁMETROS DE ENERGÍA.

La construcción de este módulo se la ha realizado con el fin de establecer métodos más prácticos y eficientes al momento de realizar una medición eléctrica, afianzando conocimientos ya antes aprendidos en el laboratorio de la escuela de ingeniería eléctrica.

18.1. Componentes.

18.1.1. Transformador de voltaje.

Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores. Este elemento eléctrico se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética, ya que si aplicamos una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, debido a la variación de la intensidad y sentido de la corriente alterna, se produce la inducción de un flujo magnético variable en el núcleo de hierro. Este flujo originará por inducción electromagnética, la aparición de una fuerza electromotriz en el devanado secundario. La tensión en el devanado secundario dependerá directamente del número de espiras que tengan los devanados y de la tensión del devanado primario.



18.1.2. Transformador de corriente.

Los transformadores de corriente se utilizan en la práctica, para medir la corriente sin interrumpir a las líneas de corriente. Por lo tanto la medición de la corriente con la ayuda de los transformadores de corriente es muy segura. Los transformadores de corriente utilizan el campo magnético natural del conductor activo para determinar la corriente.

El rango de corriente medible es de unos pocos mA hasta varios mil amperios. Así es fácil y seguro medir corrientes en el rango de 1 mA a 20 mA y también corrientes grandes de hasta 10000 A.

Los transformadores de corriente pueden ser conectados a diferentes dispositivos, También es posible adaptar todos los transformadores de corriente a multímetros. Debido a los diferentes tipos los transformadores de corriente son de uso universal.

18.1.3. Contactador.

Un contactador es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). con la posibilidad de ser accionado a distancia, mediante un mecanismo electromagnético, se lo define como un interruptor trifásico, tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción.

El contactor tiene las siguientes partes que son :

Carcasa, electroimán, bobina, núcleo, espira de sombra, armadura , contactos fijos y móviles y contactos auxiliares.

18.1.4. Relé térmico.

El relé térmico es un elemento de protección que se ubica en el circuito de potencia , contra sobrecargas. Su principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos elementos bimetales, bajo el efecto de la temperatura , cuando este alcanza ciertos valores , unos contactos auxiliares desactivan todo el circuito y energizan al mismo tiempo un elemento de señalización.

18.1.5. Protección de tres fases.

Se denomina cortocircuito a la unión de dos conductores o partes de un circuito eléctrico, con una diferencia de potencial o tensión entre sí , sin ninguna impedancia eléctrica entre ellos.

Toda instalación eléctrica tiene que estar dotada de una serie de protecciones que la hagan segura, tanto desde el punto de vista de los conductores y los aparatos a ellos conectados, como de las personas que han de trabajar con ella. Según el número de polos, se clasifican éstos en: unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares. Estos últimos se utilizan para redes trifásicas con neutro.

18.1.6. Fusibles.

Los fusibles son pequeños dispositivos que permiten el paso constante de la corriente eléctrica hasta que ésta supera el valor máximo permitido. Cuando aquello sucede, entonces el fusible, inmediatamente, cortará el paso de la corriente eléctrica a fin de evitar algún tipo de accidente, protegiendo los aparatos eléctricos de "quemarse" o estropearse.

El mecanismo que posee el fusible para cortar el paso de la electricidad consta básicamente en que, una vez superado el valor establecido de corriente permitido, el dispositivo se derrite, abriendo el circuito, lo que permite el corte de la electricidad. De no existir este mecanismo, o debido a su mal funcionamiento, el sistema se recalentaría a tal grado que podría causar, incluso, un incendio.

18.1.7. Selector.

Su función es seleccionar que dispositivo electrónico o eléctrico va a funcionar se utiliza por lo regular para distinguir una posición en manual o automático.

Cuando una persona elige en la posición manual el aparato eléctrico funcionara en manual ya sea una bomba eléctrica o un motor.

Pero cuando una persona opta en modo automático este funcionara en modo automático el motor o cualquier instrumento eléctrico según su aplicación en modo automático.

Existen de varias posiciones de dos, tres o cuatro posiciones.

18.1.8. Luz piloto.

Es un dispositivo o función que detecta la presencia de una condición anormal por medio de una señal audible o un cambio visible discreto, o puede tratarse de ambas señales al mismo tiempo, las cuales tienen el fin de atraer la atención.

Este término se aplica a una característica que permite el cambio (odirección) de una señal de un dispositivo a otro sin la necesidad de la activación de un switch o algún otro elemento.

18.2. Prácticas De Laboratorio Con Un Motor Trifásico.

Para el buen desarrollo de las prácticas deben cumplirse las siguientes normas de seguridad:

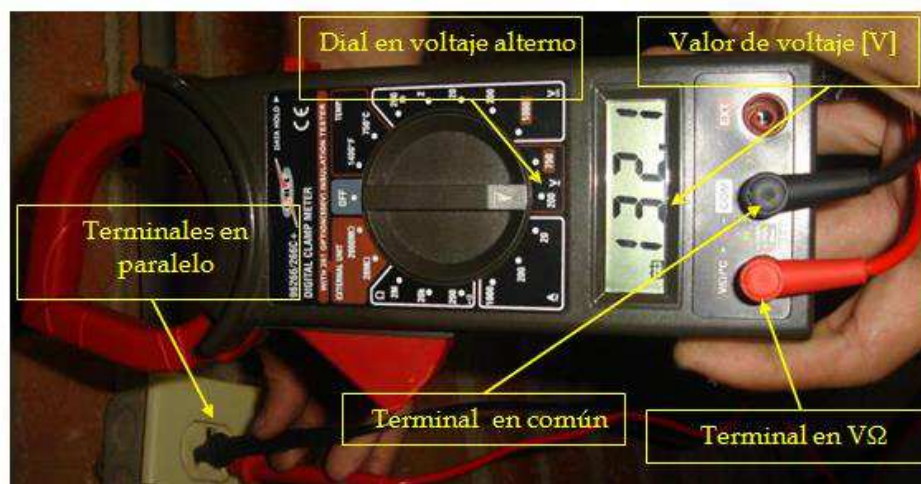
- ✓ Previamente a la práctica debe leerse el material teórico, este permitirá conocer los conceptos necesarios para el desarrollo de la misma.
- ✓ No olvidar que se está trabajando con tensiones desde 110 hasta 220 Volts y que este nivel de tensión puede causar *la muerte o lesiones graves*.
- ✓ Ser responsable al momento de desarrollar las prácticas, el banco no es un lugar para juegos, bromas, etc., ellas podrían ocasionar la muerte.
- ✓ Usar zapatos cerrados y con suela de caucho.
- ✓ No usar aretes, anillos, cadenas, manillas u otro objeto conductor de electricidad o que pueda causar el atascamiento del cuerpo en el banco.
- ✓ Usar guantes de protección.
- ✓ Comprobar que el sistema se encuentra desenergizado al momento de iniciar la práctica.
- ✓ Antes de construir un circuito eléctrico, asegurarse de que los elementos para construirlo son los que corresponden de acuerdo al esquema del circuito de la práctica.
- ✓ Antes de construir un circuito eléctrico asegurarse de que el cableado no

esté expuesto (daños en la integridad del recubrimiento) y que los elementos no posean daños físicos que puedan comprometer la integridad personal.

- ✓ Seguir exactamente las instrucciones para el desarrollo de la práctica, esta contienen procedimientos para energizar el circuito.
- ✓ Nunca energizar un circuito si no se está seguro de que está construido de acuerdo con el esquema del circuito eléctrico de la práctica, ante las dudas consultar con el docente.
- ✓ Luego de energizar el circuito *NO* entrar en contacto con el mismo, esta acción puede causar la muerte o lesiones graves.
- ✓ En caso de cortocircuito *NO* intentar des energizar, esta es función de las protecciones del circuito y en caso de que estas fallen debe proteger su vida. Si se des energiza el circuito debido a fuerza mayor, debe realizarse esta acción por personal competente y de manera segura.

18.3. Objetivos De Las Prácticas.

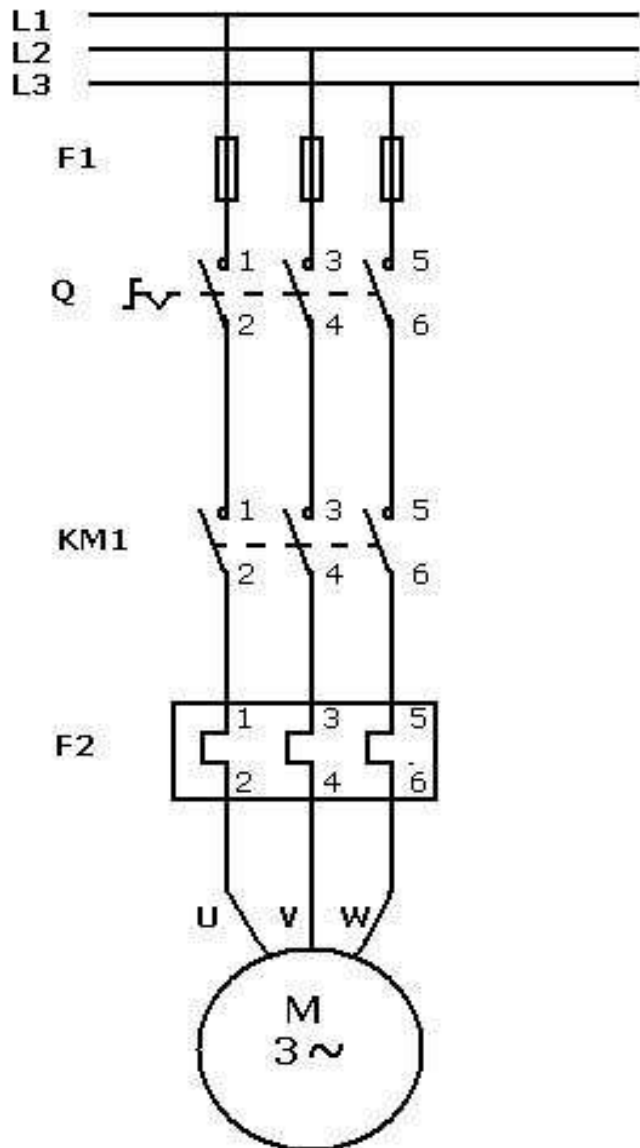
- Conocer y utilizar los equipos de laboratorio.
- Analizar el comportamiento de un motor asíncrono trifásico en vacío.
- Observar el comportamiento del motor asíncrono durante el arranque analizando el arranque mediante inserción de resistencias rotóricas.
- Capturar la corriente de arranque del motor utilizando un equipo digital con conexión a ordenador personal.



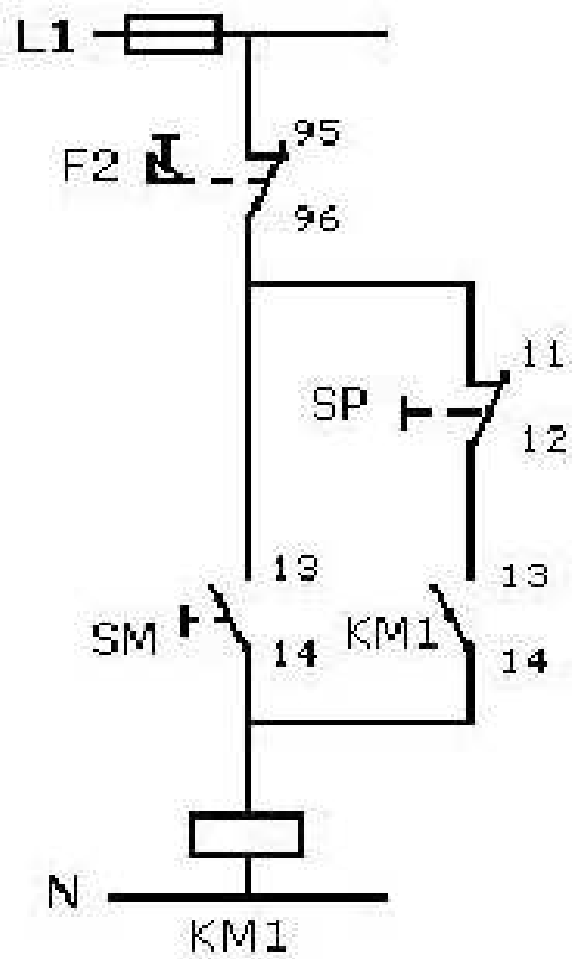
18.3.1. Practica 1.

18.3.1.1. Arranque Directo.

Para lograr el directo de un motor basta con montar un contactor que le enviará las 3 fases . El esquema de potencia quedará como sigue.



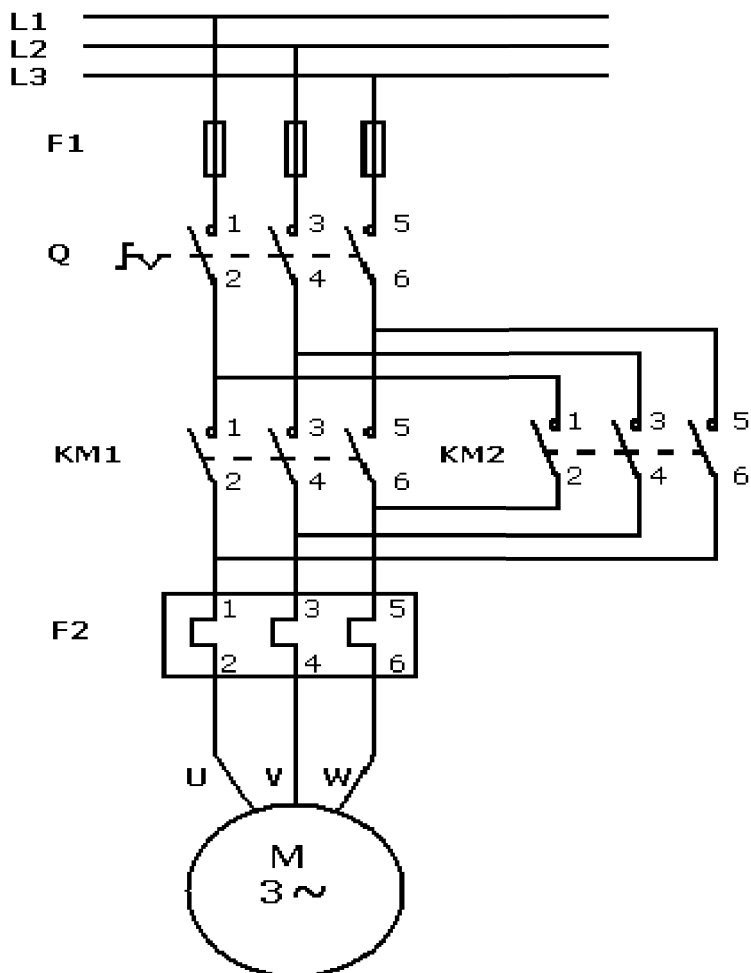
El esquema de mando se armará de la siguiente manera



18.3.2. PRACTICA 2

18.3.2.1. Inversión De Giro De Un Motor Trifásico.

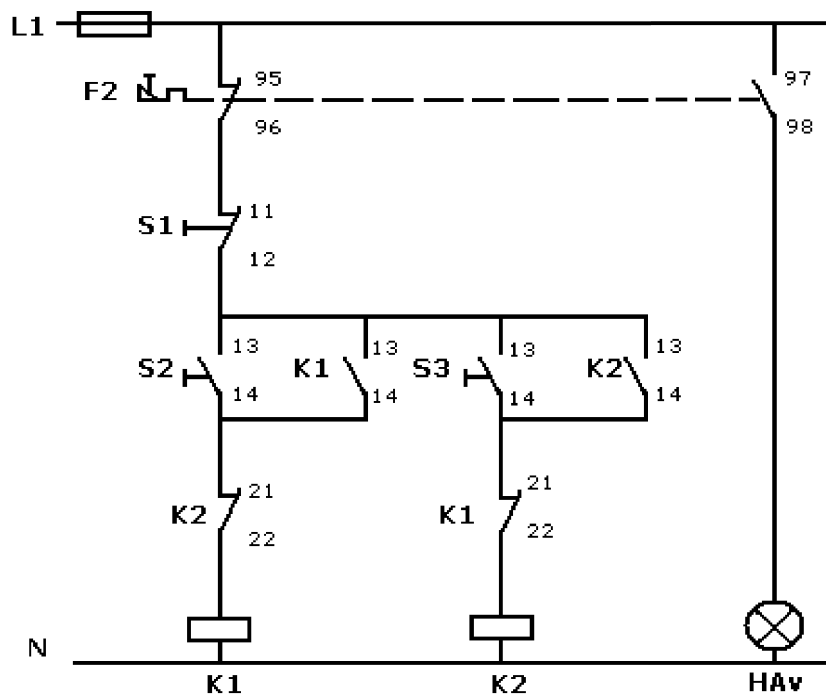
Para lograr la inversión de giro de un motor basta con montar dos contactores en paralelo, uno le enviará las 3 fases en un orden y en otro intercambiará dos de las fases entre si manteniendo la tercera igual. El esquema de potencia quedará como sigue.



En el esquema de mando tendremos que tener la precaución de que los dos contactores no puedan funcionar a la vez, ya que ello provocará un cortocircuito a través del circuito de potencia.

Para evitarlo se montarán unos contactos cerrados, llamados de enclavamiento, en serie con las bobinas de los contactores contrarias. En el mercado también existen contactores ya contruidos a tal efecto que incluyen unos enclavamientos mecánicos para una seguridad adicional.

- Inversor de giro pasando por paro. Mando de dos contactores mediante dos pulsadores de marcha (S2 y S3) y parada a través del contacto del relé térmico F2 o pulsador S1. Ambos contactores no pueden funcionar a la vez (enclavamientos eléctricos). La marcha de un contactor debe pasar por paro. En caso de avería por sobreintensidad lucirá HAv.



- Inversor de giro sin pasar por paro. Mando de dos contactores a través de los pulsadores S2 y S3. Parada del motor por avería F2 o el pulsador S1. Sólo puede funcionar uno y la inversión de marcha no es necesario pasar por paro.

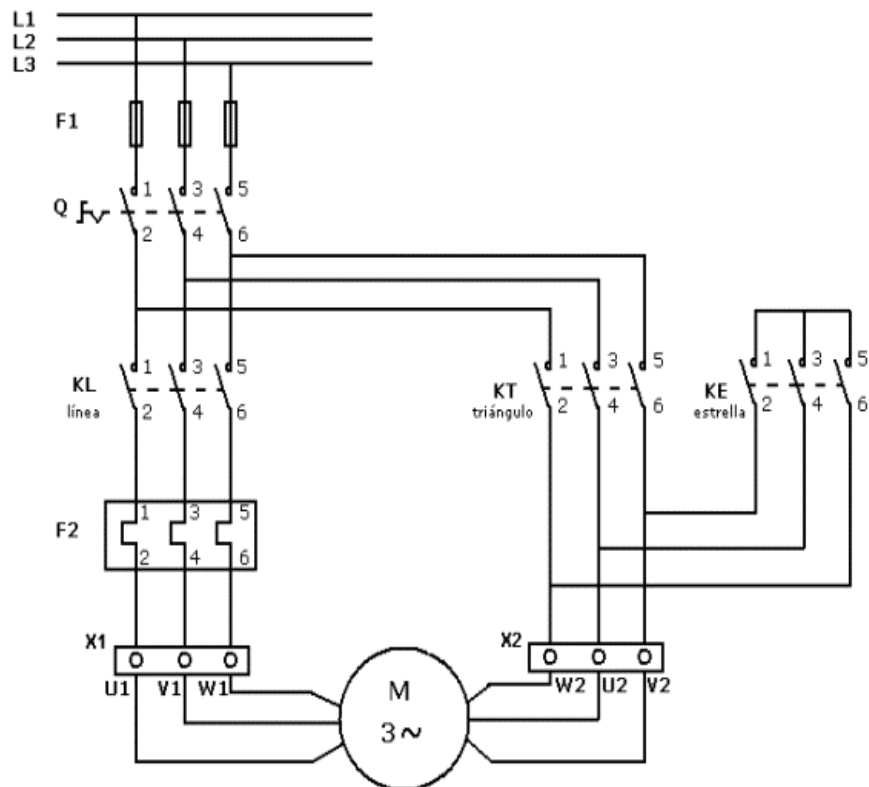
18.3.3. PRACTICA 3

18.3.3.1. Arranque Estrella-Triangulo.

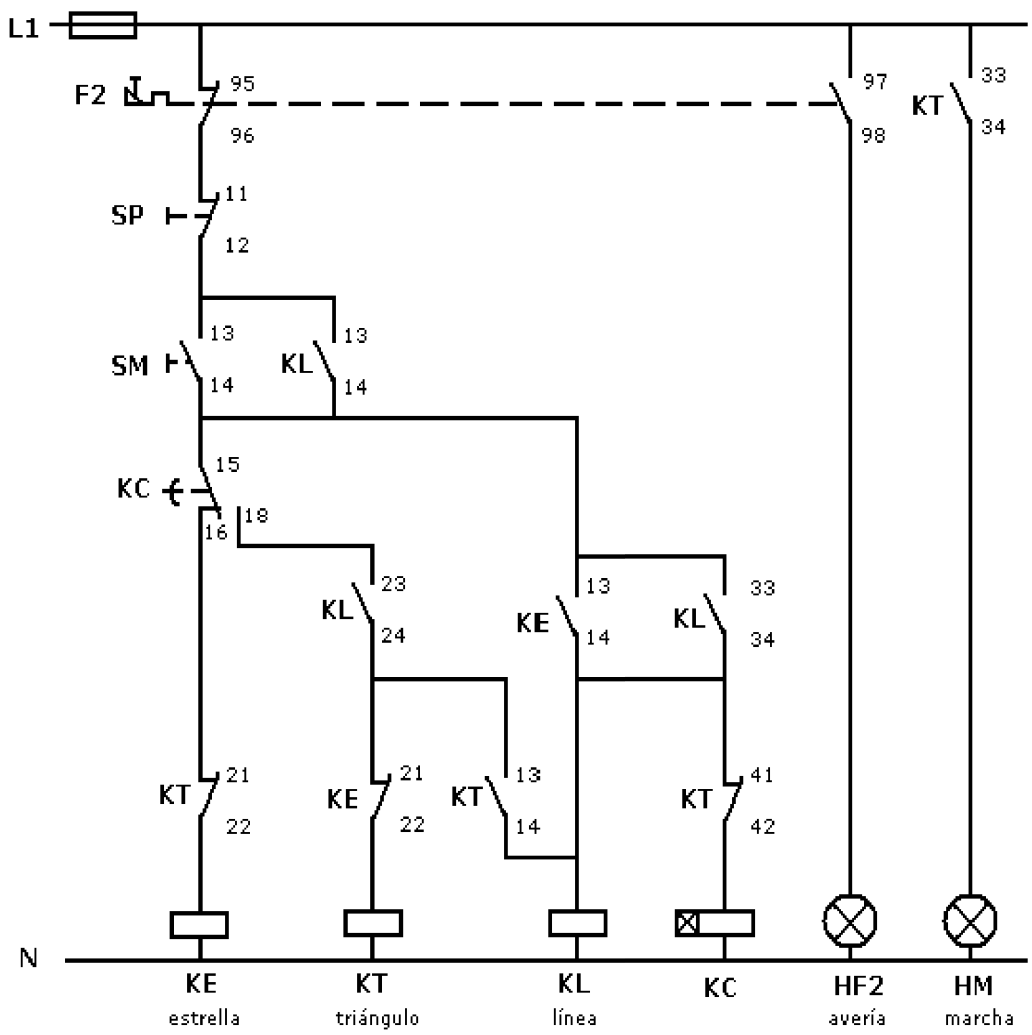
Un motor trifásico, en el momento del arranque, consume entre 3 y 7 veces la intensidad nominal. Estas puntas de corriente, aunque no perjudican el motor, pueden ocasionar trastornos en los demás aparatos. Para evitar esto se realizan unos arranques especiales y uno de ellos es el estrella-triángulo.

Para realizar dicho arranque necesitamos acceder a los 6 bornes del motor y que trabaje nominalmente en triángulo. Con este arranque reducimos la tensión en el primer punto a $\sqrt{3}$ veces menor (conexión de KLínea y KEstrella), de esta manera la intensidad también se reduce. Pasado un tiempo KT aplica la tensión nominal al motor (deja conectado KLínea y KTriángulo).

El esquema de potencia es como sigue:



Esquemas de mando existen varios, uno de ellos es el de figura siguiente que es un de los más seguros que hay. Por ejemplo; si KL no funciona la maniobra no se inicia, una vez utilizado el temporizador este es desconectado, si KT está clavado no arranca el motor, etc.



CAPITULO III

6. HIPÓTESIS.

Con la aplicación de un sistema automático de monitoreo se puede controlar las medidas eléctricas en los motores

19.1. Variables

19.1.1. Variable Independiente

Motor trifasico

19.1.2. Variable Dependiente

Medidas eléctricas

CAPÍTULO IV

20. METODOLOGÍA

20.1. Tipo de investigación.

Para desarrollar este trabajo investigativo, se aplicaran modalidades de la investigación científica y documental.

La investigación científica, se desarrolló mediante el análisis y la aplicación de normas técnicas observadas en el proceso, con lo que conlleva a la construcción de un módulo didáctico de CONTROL DE MEDIDAS ELÉCTRICAS EN MOTORES TRIFÁSICOS a utilizar en el laboratorio de la escuela de ingeniería eléctrica de La Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí Campus Chone.

20.2. Nivel de la investigación.

Partiendo de los principios generales se empleó el método analítico para descomponer el todo y profundizar en el problema y el método sintético para lograr una mejor comprensión e interpretación de la información recopilada; y finalmente el método propositivo que permitirá dar visos de solución al problema planteado inicialmente.

20.3. Métodos.

El método que se aplicó en esta investigación, es el método hipotético deductivo

20.4. Técnicas de recolección de información.

Las técnicas que se utilizaron fueron la encuesta , observación y muestreo la cual fue dirigida a los estudiantes del cuarto semestre “A” y “B” de la escuela de ingeniería eléctrica de la UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI CAMPUS CHONE del periodo lectivo 2012-2013.

20.5. Población.

La población en este caso por ser de carácter técnico será las practicas realizadas en el motor eléctrico de ½ Hp marca siemens.

20.6. Muestra.

Nuestra muestra ,por la valides de este desarrollo se realizo una encuesta dirigida a los 60 estudiantes de la UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI CAMPUS CHONE de la escuela de ingeniería Eléctrica del segundo año del periodo lectivo 2012-2013.

21. MARCO ADMINISTRATIVO

21.1. Recursos Humanos.

Los recursos Humanos con los que se contara serán los dos investigadores y el tutor de tesis.

21.2. Recursos Financieros.

Los recursos financieros generales serán aportados por los investigadores, tales como:

21.3. Presupuesto.

ITEM	Unidad	CANT	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
Copiados	U	500	0,03	15,00
Servicio de Internet	Meses	2	20,00	40,00
Sentrom PAC3200	U	1	730,00	730,00
Motor trifasico de 1½ Hp marca siemens.	U	1	300,00	300,00
Imprecion de trabajo de investigación.	U	1000	0,25	250,00
Encuadernación y empastado	U	6	10,00	60,00
Modulo de comprobacion de pruebas para el laboratorio.	U	1	600,00	600,00
Costos indirectos				70,00
TOTAL				2065,00

CAPÍTULO V

22.1. RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS DE DATOS.

Encuesta realizada a los estudiantes del 4º Semestre “A” y “B” de la escuela de Ingeniería Eléctrica de la UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI CAMPUS CHONE del periodo electivo 2012-2013.

Preguntas	OPCIONES		TOTAL	% SI	% NO	TOTAL
	SI	NO	ENCUESTA			
1	60	-	60	100 %	-	100 %
2	2	58	60	3 %	97 %	100 %
3	1	59	60	1 %	99 %	100 %
4	60	-	60	100 %	-	100 %
5	60	-	60	100 %	-	100 %
6	60	-	60	100 %	-	100 %

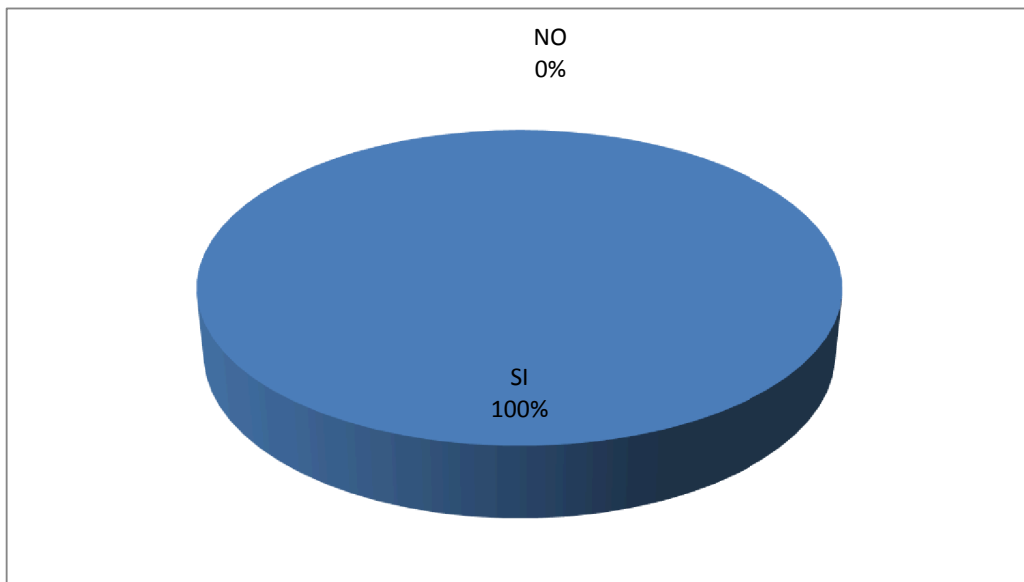
FUENTE: Estudiantes del 4º semestre “A” y “B” de la escuela de ingeniería eléctrica de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabi Campus Chone del periodo lectivo 2012-2013.

Responsables: Heredia Heredia Luis Miguel y Palma Zambrano Luis Carlos.

Pregunta # 1

¿Cree usted que en laboratorio de ingeniería Eléctrica de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí campus Chone debe existir un sistema automático de monitoreo de parámetros de energía?

	F	%
SI	60	100 %
NO	-	-
TOTAL	60	100 %



FUENTE: Estudiantes del 4º semestre “A” y “B” de la escuela de ingeniería eléctrica de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Campus Chone del periodo lectivo 2012-2013.

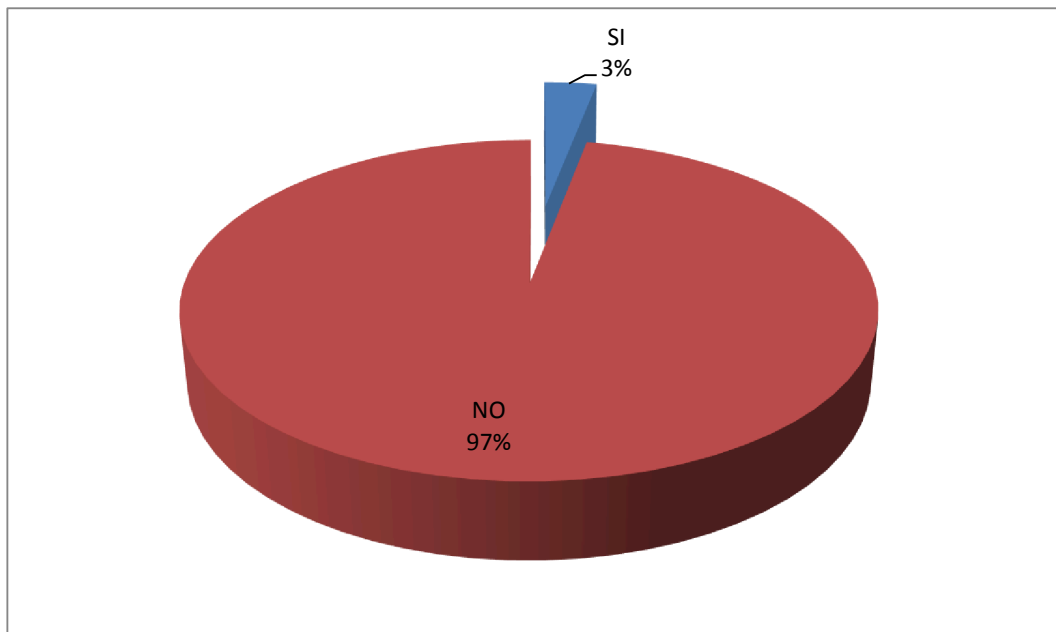
Responsables: Heredia Heredia Luis Miguel y Palma Zambrano Luis Carlos.

Análisis: el 100 % de los estudiantes encuestados responden afirmativamente que se necesita un sistema automático de monitoreo para medir parámetros de energía.

Pregunta # 2

¿Conoce usted que es Medidor de parámetro de energía?

	F	%
SI	2	3 %
NO	58	97 %
TOTAL	60	100 %



FUENTE: Estudiantes del 4º semestre “A” y “B” de la escuela de ingeniería eléctrica de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Campus Chone del periodo lectivo 2012-2013.

Responsables: Heredia Heredia Luis Miguel y Palma Zambrano Luis Carlos.

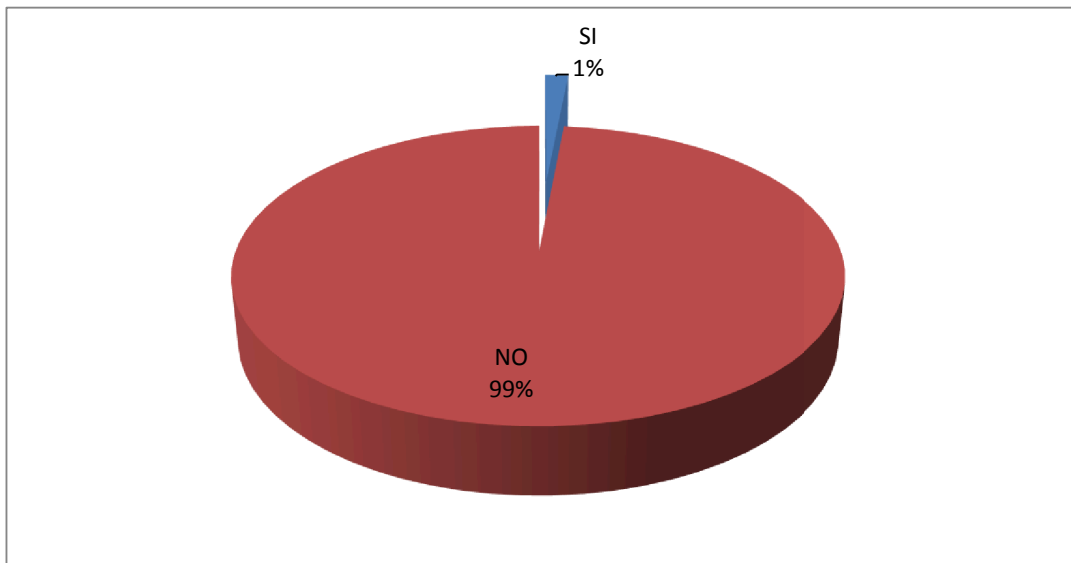
Análisis: el 97 % de los estudiantes encuestados responden que desconocen sobre un medidor de parámetros de energía.

El 3 % alegan conocer acerca del medidor de parámetros de energía.

Pregunta # 3

¿Sabe usted cómo funciona un medidor de parámetro de energía?

	F	%
SI	1	1%
NO	59	99 %
TOTAL	60	100 %



FUENTE: Estudiantes del 4º semestre “A” y “B” de la escuela de ingeniería eléctrica de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Campus Chone del periodo lectivo 2012-2013.

Responsables: Heredia Heredia Luis Miguel y Palma Zambrano Luis Carlos.

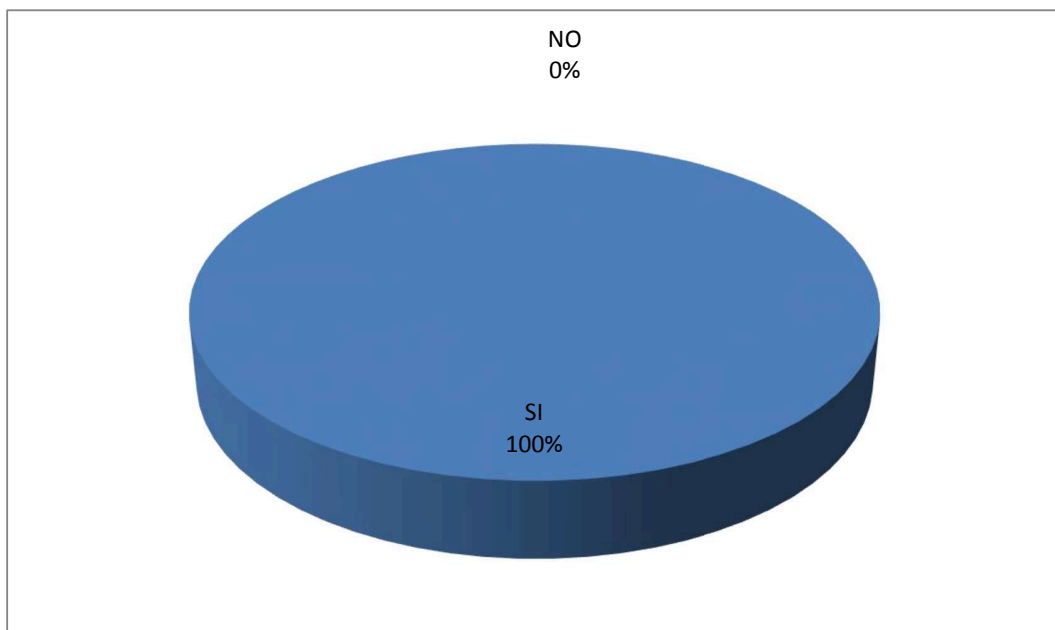
Análisis: el 99 % de los estudiantes encuestados ignoran sobre el funcionamiento del medidor de parámetros de energía.

El 1 % manifiesta conocer el funcionamiento del medidor de parámetros de energía.

Pregunta # 4

¿Le gustaría conocer cómo funciona el medidor de parámetros de energía?

	F	%
SI	60	100%
NO	-	-
TOTAL	60	100 %



FUENTE: Estudiantes del 4º semestre “A” y “B” de la escuela de ingeniería eléctrica de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Campus Chone del periodo lectivo 2012-2013.

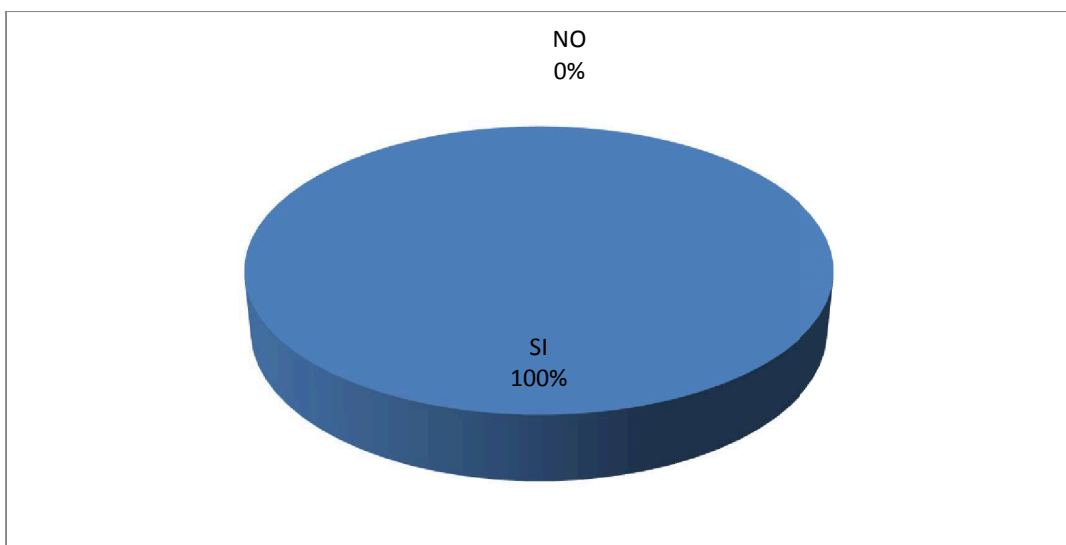
Responsables: Heredia Heredia Luis Miguel y Palma Zambrano Luis Carlos.

Análisis: el 100 % de los estudiantes encuestados desean conocer el funcionamiento del medidor de parámetros de energía.

Pregunta # 5

¿Cree usted que una vez obteniendo dicho modulo en el laboratorio de ingeniería eléctrica se deben realizar la mayor cantidad de prácticas?

	F	%
SI	60	100%
NO	-	-
TOTAL	60	100 %



FUENTE: Estudiantes del 4º semestre “A” y “B” de la escuela de ingeniería eléctrica de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Campus Chone del periodo lectivo 2012-2013.

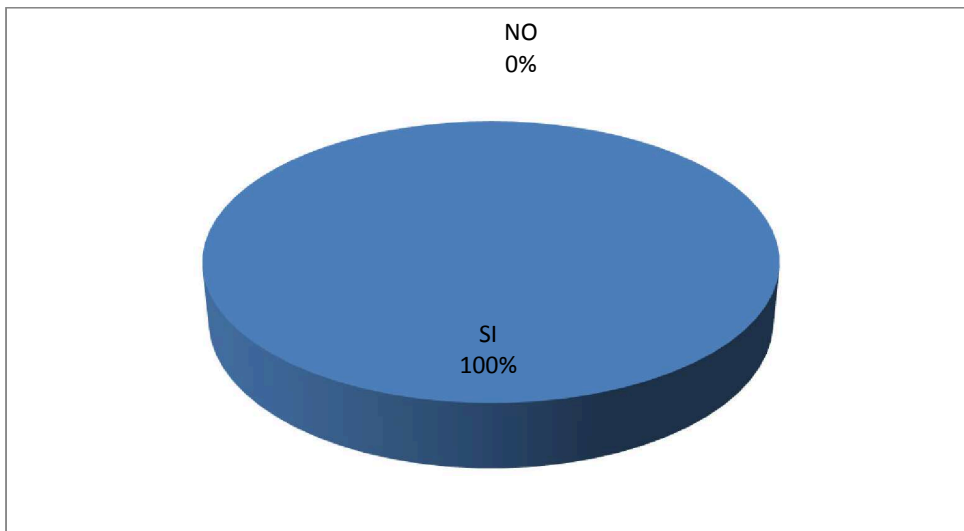
Responsables: Heredia Heredia Luis Miguel y Palma Zambrano Luis Carlos.

Analisis: el 100 % de los estudiantes encuestados aprueban el requerimiento del modulo para fortalecer sus conocimientos academicos ya sean teoricos o practicos.

Pregunta # 6

¿Considera usted que las tesis de grados prácticas de los egresados de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí campus Chone, mejoran en el desarrollo y aprendizaje de los estudiantes de dicha carrera?

	F	%
SI	60	100%
NO	-	-
TOTAL	60	100 %



FUENTE: Estudiantes del 4º semestre “A” y “B” de la escuela de ingeniería eléctrica de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Campus Chone del periodo lectivo 2012-2013.

Responsables: Heredia Heredia Luis Miguel y Palma Zambrano Luis Carlos.

Analisis: el 100 % de los estudiantes encuestados concideran que las tesis de grado practica de los egresados de la ULEAM-campus Chone.Contribuyen al desarrollo cognocitivo y mejoran el aprendizaje para los futuros Ing. Electricos

22.1. PRACTICA 1

22.1.1. Arranque Directo.

Los valores obtenidos en esta practica se detallan a continuacion

Tensión Fase-fase R-S	225V
Tensión Fase-fase R-T	225V
Tensión Fase-fase S-T	225V
Promedio fase R	127V
Promedio fase T	127V
Promedio fase S	127V
Intensidades de la corriente fase R	0,04 A
Intensidades de la corriente fase S	0,11 A
Intensidades de la corriente fase T	0,10 A
Intensidades de la corriente promedio fases R.	0,73 A
Intensidades de la corriente promedio fases S.	0,73 A
Intensidades de la corriente promedio fases T.	0,73 A
Intensidad de la corriente en el conductor neutro.	0A
Potencia aparente fase R	0,027 VA

Potencia aparente fase S	0,010 VA
Potencia aparente fase T	0,05 VA
Potencia aparente total.	0,087VA
Potencia activa fase R	-0,0027W
Potencia activa fase S	-0,010W
Potencia activa fase T	-0,005W
Potencia activa total.	-0,0177 W
Potencia reactiva fase R.	-0,002 VAR
Potencia reactiva fase S	-0,010VAR
Potencia reactiva fase T	-0,005 VAR
Potencia reactiva total.	-0,017 VAR
Factor de potencia fase R	0,9
Factor de potencia fase S	0,9
Factor de potencia fase S	0,9
Factor de potencia fase T	0,9
Factor de potencia total	0,9
Frecuencia De la fase de referencia.	60 Hz
Angulo de desfasaje Entre la tensión y la corriente fase R	26°

Angulo de desfasaje Entre la tensión y la corriente fase S	26°
Angulo de desfasaje Entre la tensión y la corriente fase T	26°
Tensión THD fase R	1,0 % V
Tensión THD fase S	1,0 % V
Tensión THD fase T	1,0 % V
THD-R UL R-N	0 V
THD-R UL S-N	0 V
THD-R UL T-N	0 V
Intensidad de la corriente de THD fase R	45,75 A
Intensidad de la corriente de THD fase S	20,5 A
Intensidad de la corriente de THD fase T	60,0 A

22.2. PRACTICA 2

22.2.1. INVERSIÓN DE GIRO DE UN MOTOR TRIFÁSICO

Los valores obtenidos en la inversion de giro se detallan a continuacion:

MAGNITUDES ELÉCTRICAS	En arranque directo	Media carga	Carga completa
Tensión Fase-fase R-S	224V	223 V	222V
Tensión Fase-fase R-T	223V	222 V	221 V
Tensión Fase-fase S-T	224V	223 V	222V
Promedio fase R	125V	123 V	122 V
Promedio fase T	124V	123 V	123 V
Promedio fase S	125V	124 V	123 V
Intensidades de la corriente fase R	0,18 A	0,15 A	0,25 A
Intensidades de la corriente fase S	0,20 A	0,15 A	0,25 A
Intensidades de la corriente fase T	0,20 A	0,16 A	0,25 A
Intensidades de la corriente promedio fases R.	0,73 A	0,17 A	0,30 A
Intensidades de la corriente promedio fases S.	0,73 A	0,17 A	0,30 A
Intensidades de la corriente promedio fases T.	0,73 A	0,17 A	0,30 A
Intensidad de la corriente en el conductor neutro.	0A	0A	0A

Potencia aparente fase R	0,027 VA	1,0 VA	-0,002
Potencia aparente fase S	0,010 VA	0,9 VA	-0,005
Potencia aparente fase T	0,05 VA	1,1 VA	-0,003
Potencia aparente total.	0,087 VA	3,0 VA	-0,0010
Potencia activa fase R	-0,0027 W	1,5 W	-0,003
Potencia activa fase S	-0,010 W	0,9 W	-0,002
Potencia activa fase T	-0,005 W	1,3 W	-0,005
Potencia activa total.	-0,0177 W	3,7 W	-0,0010
Potencia reactiva fase R.	-0,002 VAR	1,2 VAR	-0,006
Potencia reactiva fase S	-0,010 VAR	1,0 VAR	-0,004
Potencia reactiva fase T	-0,005VAR	1,3 VAR	-0,005
Potencia reactiva total.	-0,017 VAR	3,5 VAR	-0,0015
Factor de potencia fase R	0,9	0,9	0,9
Factor de potencia fase S	0,9	0,9	0,9
Factor de potencia fase T	0,9	0,9	0,9
Factor de potencia total	0,9	0,9	0,9
Frecuencia De la fase de referencia.	60 Hz	59,9Hz	59,9Hz
Tensión THD fase R	1,0 %V	1,0 %V	1,0 %V

Tensión THD fase S	1,0 % V	1,0 % V	1,0 % V
Tensión THD fase T	1,0 % V	1,0 % V	1,0 % V
THD-R UL R-N	0V	0V	0V
THD-R UL S-N	0V	0V	0V
THD-R UL T-N	0V	0V	0V
Intensidad de la corriente de THD fase R	35,75 A	33,5 A	37,2 A
Intensidad de la corriente de THD fase S	20,5 A	22,3 A	30,2 A
Intensidad de la corriente de THD fase T	34,0 A	30,4 A	40,4 A

22.3. PRACTICA 3

22.3.1. Arranque Estrella-Estrella

Los valores obtenidos en el estrella se detallan a continuacion:

MAGNITUDES ELÉCTRICAS	Arranque directo	Media carga	Carga completa
Tensión Fase-fase R-S	222V	223 V	222V
Tensión Fase-fase R-T	225V	222 V	221 V
Tensión Fase-fase S-T	224V	223 V	222V
Promedio fase R	125V	123 V	122 V
Promedio fase T	123V	123 V	123 V
Promedio fase S	124V	124 V	123 V
Intensidades de la corriente fase R	0,04 A	0,15 A	0,25 A
Intensidades de la corriente fase S	0,11 A	0,15 A	0,25 A
Intensidades de la corriente fase T	0,10 A	0,16 A	0,25 A
Intensidades de la corriente promedio fases R.	0,73 A	0,17 A	0,30 A
Intensidades de la corriente promedio fases S.	0,73 A	0,17 A	0,30 A

Intensidades de la corriente promedio fases T.	0,73 A	0,17 A	0,30 A
Intensidad de la corriente en el conductor neutro.	0A	0A	0A
Potencia aparente fase R	0,027 VA	1,0 VA	-0,002
Potencia aparente fase S	0,010 VA	0,9 VA	-0,005
Potencia aparente fase T	0,05 VA	1,1 VA	-0,003
Potencia aparente total.	0,087VA	3,0 VA	-0,0010
Potencia activa fase R	-0,0027 W	1,5 W	-0,003
Potencia activa fase S	-0,010W	0,9 W	-0,002
Potencia activa fase T	-0,005 W	1,3 W	-0,005
Potencia activa total.	-0,0177 W	3,7 W	-0,0010
Potencia reactiva fase R.	-0,002VAR	1,2 VAR	-0,006
Potencia reactiva fase S	-0,010VAR	1,0 VAR	-0,004
Potencia reactiva fase T	-0,005VAR	1,3 VAR	-0,005
Potencia reactiva total.	-0,017AR	3,5 VAR	-0,0015
Factor de potencia fase R	0,9	0,9	0,9
Factor de potencia fase S	0,9	0,9	0,9
Factor de potencia fase T	0,9	0,9	0,9
Factor de potencia total	0,9	0,9	0,9

Frecuencia De la fase de referencia.	60 Hz	59,9Hz	59,9Hz
Tensión THD fase R	1,0 %V	1,0 %V	1,0 %V
Tensión THD fase S	1,0 %V	1,0 % V	1,0 % V
Tensión THD fase T	1,0 %V	1,0 % V	1,0 % V
THD-R UL R-N	0V	0V	0V
THD-R UL S-N	0V	0V	0V
THD-R UL T-N	0V	0V	0V
Intensidad de la corriente de THD fase R	45,75A	33,5 A	37,2 A
Intensidad de la corriente de THD fase S	20,5A	22,3 A	30,2 A
Intensidad de la corriente de THD fase T	60,0A	30,4 A	40,4 A

23. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Con la aplicación de un sistema automático de monitoreo se puede controlar las medidas eléctricas en los motores trifasicos

De los resultados obtenidos en las diferentes practicas se puede concluir que el multmetro de tablero sentron PAC3200 puede monitorear todos los parametros de energia en motores trifasicos por lo que se comprueba la hipótesis.

Al aplicar la encuesta a los estudiantes de la Escuela de ingeniería Eléctrica en la pregunta 1 ¿Cree usted que en laboratorio de ingeniería Eléctrica de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí campus Chone debe existir un sistema automático de monitoreo de parámetros de energía?, se logró que el cien por ciento respondiera afirmativamente, esto demuestra que es de importancia la implementación de dicho sistema.

En la segunda y tercera pregunta el 97 % de los estudiantes expresan que no conocen ni saben cómo funciona un Medidor de parámetros de energía. Se puede decir que con el método de la investigación y atreves de la experimentación, la hipótesis es positiva ya que los datos estadísticos arrojados en la encuesta sostienen que la hipótesis llevada a la práctica es debidamente aplicable ya que se logra mejorar el conocimiento de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UNIVERSIDAD ELOY ALFARO de MANABÍ campus CHONE

CAPÍTULO VI

24. CONCLUSIONES

En resultados de las mediciones obtenidas en las diferentes practicas se pude concluir:

El medidor de parametros sentron PAC3200 sera de mucha utilidad en las diferentes practicas en el laboratorio de ingenieria electrica y Maquinas Electricas debido a su gama tan amplia de mediciones que realiza.

El medidor de parametros sentron PAC3200 es una herramienta didactica que contribuira en el aprendizaje de los estudiantes de la carrera e Ingenieria Electrica Porque el proceso de enseñanza se convertira en vivencial.

El tablero tiene una gran versatilidad puesto con él se puede hacer diferentes practicas con motores monofásicos, bifásicos y trifásicos.

La visualización a través del Software sentron PAC3200 permite tener otra perspectiva de lo que ocurre cuando encendemos los motores.

25. RECOMENDACIONES

Como recomendación general se debería adquirir algunos medidores de parámetros de energía sentron PAC3200 o sentron PAC4200 para construir un laboratorio de medidas eléctricas especialmente para estudiar las distorsiones producidas por los armónicos.

La construcción del tablero es de gran utilidad, para tener un monitoreo constante de los parámetros eléctricos que este está constituido, el cual permite tomar las respectivas acciones para llevar a cabo una práctica.

Se recomienda hacer un mantenimiento básico al sistema de monitoreo de parámetros de energía para prevenir a futuro daños en el mismo.

BIBLIOGRAFÍA

GAUCERAN Etiene

Motores Electricos

Publicaciones Técnicas Schneider Electric

GUSSOW Milton M.S.

Fundamentos de Electricidad

Editorial McGRAW-HILL

MANSOUR Javid, Ph.D.

Analysis of electric circuits

Editorial McGRAW-HILL

VIÑAS Lluís

Fundamentos de electronica

Publicaciones Técnicas Schneider Electric

BETTEGA Eric

Armonicos

Publicaciones Técnicas Schneider Electric

Manual Sentron PAC 3200

www.siemens.com

www.electronic.es

ANEXOS

Encuesta dirigida a los estudiantes de ingeniería Eléctrica del segundo año del periodo lectivo 2012-2013, para el desarrollo de la tesis cuyo tema es:

Control de medidas eléctricas en motores trifásicos con aplicación de un sistema automático de monitoreo de parámetros de energía.

1.- ¿Cree usted que en laboratorio de ingeniería Eléctrica de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí campus Chone debe existir un sistema automático de monitoreo de parámetros de energía?

SI () NO ()

2.- ¿Conoce usted que es Medidor de parámetros de energía?

SI () NO ()

3.- ¿Sabe usted cómo funciona un medidor de parámetros de energía?

SI () NO ()

4.- ¿Le gustaría conocer cómo funciona el medidor de parámetros de energía?

SI () NO ()

5.- ¿Cree usted que una vez obteniendo dicho modulo en el laboratorio de ingeniería eléctrica se deben realizar la mayor cantidad de prácticas?

SI () NO ()

6.- ¿Considera usted que las tesis de grados prácticas de los egresados de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí campus Chone, mejoran en el desarrollo y aprendizaje de los estudiantes de dicha carrera?

SI () NO ()

Manual de funcionamiento

Para tener un buen funcionamiento de nuestro sistema se recomienda tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- 1.- Estar bien aislado.
- 2.- Constar con corriente trifásica
- 3.- Tener conocimientos de control de corriente eléctrica.

FUNCIONAMIENTO

Observar que las protecciones (3P) estén en sentido **off**, luego energizamos con corriente trifásica, después colocamos en **on** el breaker (3P), al instante se encenderá el dispositivo SENTRONPAC 3200 mostrando los valores del voltaje trifásico.

En el gabinete tenemos dos luces piloto una verde que indica cuando el motor está funcionando y una roja para cuando existe una avería.

También tenemos un selector de tres posiciones que nos da un encendido, un apagado y un inversor de giro.

Encendemos en giro 1 y el motor arrancara normalmente, para tener resultados del SENTRONPAC tenemos una palanca que nos hace frenar el motor para simular media carga y carga completa, teniendo resultados de corriente, voltaje, frecuencia, potencia aparente, activa, reactiva, factor de potencia, distorsión de armónicos.

Similar proceso para el inversor de giro y la conexión estrella.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

