



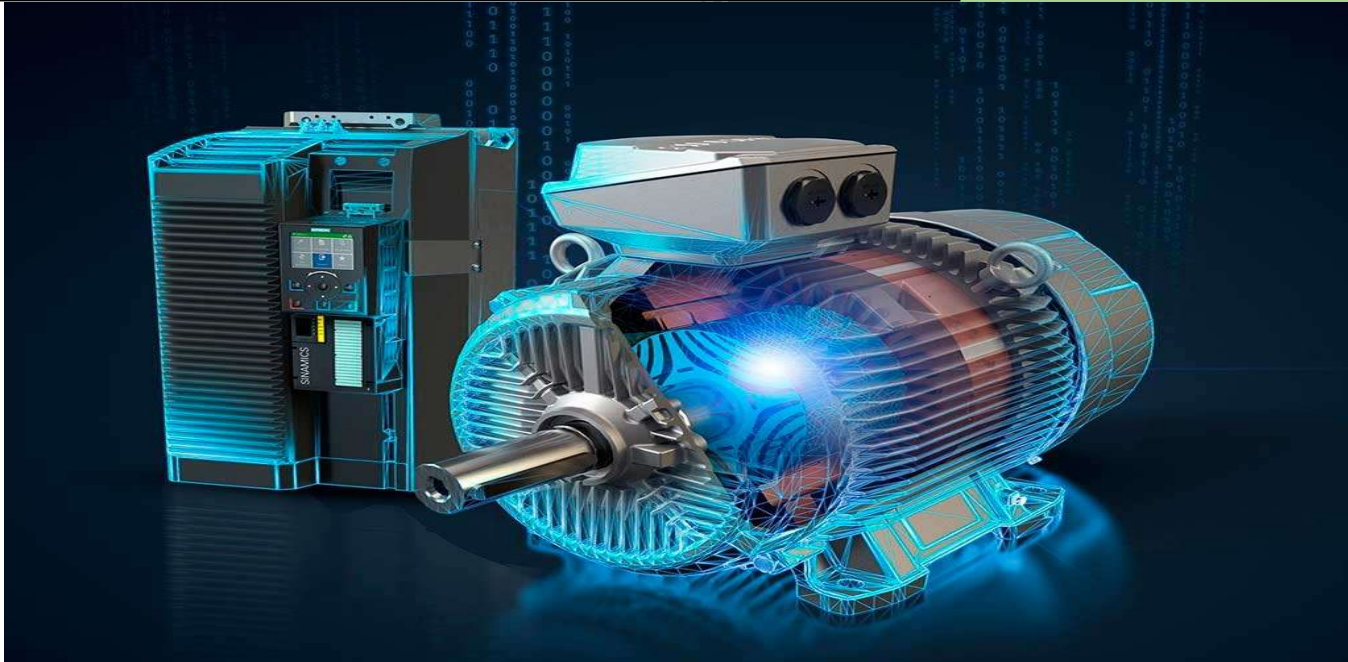
Universidad Autónoma de Sinaloa

Escuela de Ingeniería de Mazatlán

Licenciatura en Ingeniería en Procesos Industriales

Edición 2023

Laboratorio de Control de Máquinas Eléctricas



Ing. Hector Manuel Salazar

Ingeniería en Procesos Industriales

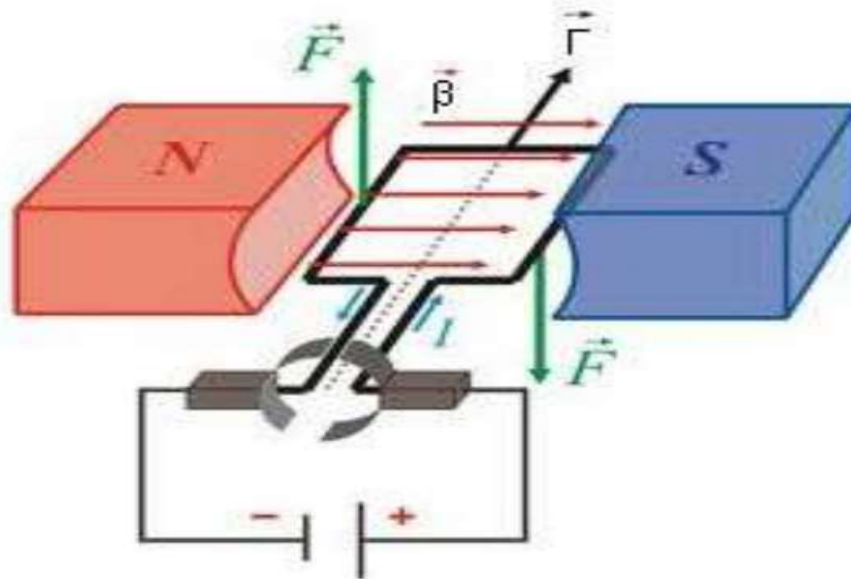
Edición 2023

ÍNDICE DEL MANUAL DE PRÁCTICAS

Introducción	2
Programa de Practicas.....	4
Reglas de Seguridad	5
Practica 1.....	6
Practica 2.....	11
Practica 3.....	16
Practica 4.....	20
Practica 5.....	24

Introducción. -

Una maquina eléctrica es un dispositivo que puede convertir energía mecánica en energía eléctrica o energía eléctrica en energía mecánica. Cuando este dispositivo es utilizado para convertir energía mecánica en energía eléctrica se denomina generador; cuando convierte energía eléctrica en energía mecánica, se llama motor. Casi todos los motores y generadores convierten la energía de una a otra forma a través de la acción de campos magnéticos y las magnitudes inducidas, ver figura 1. Otra máquina relacionada con los motores y generadores son los transformadores, este dispositivo convierte de energía eléctrica de corriente alterna de un nivel de voltaje a otro.



Máquina simple ($\vec{\Gamma}$ es el par mecánico inducido, β es la densidad de flujo, F es la fuerza inducida)

La mayoría de las máquinas de DC son semejantes a las de AC ya que tienen corrientes y voltajes dentro de ellas; las máquinas de DC tienen una salida de voltaje DC solo porque cuentan con

un mecanismo que convierte los voltajes internos en voltajes en las terminales. Los principios fundamentales involucrados en la operación de estas máquinas son simples. A pesar de que su construcción real resulta muy compleja. Estos conocimientos teóricos de los fenómenos presentes en estas máquinas y su comportamiento, capacita a los ingenieros para llegar a un nivel de diseño y construcción. De esto surge el objetivo del presente trabajo, el cual llevará al estudiante a identificar el funcionamiento de estos equipos (transmisión, distribución, control y alimentación), sus partes y fallas más comunes a las que están expuestas, así como, introducirlos a los elementos de control mediante la elaboración de esquemas sencillos.

Programa de Practicas

Número de Práctica	Sesiones	Nombre de la Práctica	Ámbito de Desarrollo
1	1	Identificación de Circuitos en Componentes y Timers Electromagnéticos, Rieles y contactores	Laboratorio de Hidráulica
2	1	Pruebas Básicas a Motores Eléctricos	Laboratorio de Hidráulica
3	1	Elaboración de Circuitos y Diagramas de Arranque y Paro de un Motor	Laboratorio de Hidráulica
4	2	Elaboración de Esquemas de Control de Motor con Giro Reversible por 1 min. Para cada sentido de Giro de modo Automático	Laboratorio de Hidráulica o Escuela Utesc
5	1	Elaboración de Esquema y Control de Arranque de un motor con Conexión de Estrella-Delta	Laboratorio de Hidráulica o Escuela Utesc

REGLAS DE SEGURIDAD

Las siguientes recomendaciones permitirán el buen desarrollo de las Prácticas en el Laboratorio, así como el buen uso del equipo:

1. En el laboratorio se trabajará con orden, limpieza y disciplina
2. Está restringido entrar con alimentos
3. Los estudiantes tendrán una tolerancia de 15 minutos para ingresar al laboratorio y verificar su kit de medición
4. No jugar, ni distraer a los compañeros
5. Se entregarán los resultados de la practica anterior para ingresar al laboratorio.
6. Los aparatos y el material deben usarse siguiendo al pie de la letra las instrucciones de él profesor.
7. La mesa de trabajo debe mantenerse limpia, libre de cualquier material extraño a la práctica.
8. Se deberá cumplir con las normas de seguridad
9. Al término de la práctica el alumno deberá ordenar y guardar el material utilizado.
10. Emplear los instrumentos y equipos de medición, exclusivamente como está indicado por el maestro.
11. Apegarse a los procedimientos y métodos de medición indicados por el maestro.
12. En caso de siniestro seguir las indicaciones del instructor Respetando las rutas de evacuación señaladas.

PRACTICA 1

IDENTIFICACION DE CIRCUITOS EN COMPONENTES Y TIMER'S ELECTROMAGNETICOS, RIELES Y CONTACTORES.

OBJETIVO GENERAL:

Identificarán los fenómenos magnéticos presentes en los componentes de control de motores eléctricos como rieles, timer's y contactores así como sus circuitos constructivos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Analizar el principio de funcionamiento de los diferentes componentes de control de un motor como lo son los dispositivos electromagnéticos.
- Identificar los circuitos constructivos de estos componentes al igual que su utilidad en las diferentes operaciones de un motor.

EQUIPO Y MATERIAL:

- 1 Timer o Rele Temporalizado (110 val 1).
- 1 Rele encapsulado (110 val 8 pines).
- 1 Rele encapsulado (110 val 11 pines).
- 1 Base octal p/ relevador (8 pines).
- 1 Base p/ relevador (11 pines).
- 1 Contactor (bobina 110 val).
- 1 Kit de herramientas.
- 1 Amperímetro de gancho
- 1 Botón n.o. pulsador

Todos los equipos que componen un equipo de **automatismos se identifican** mediante una letra (excepcionalmente dos) que **identifica** su función tomada de la siguiente tabla seguida de un número: Ejemplo: - 1 solo contactor de motor = KM1 - Varios contactores similares (para motor) = KM1, KM2, KM3, etc.

DESARROLLO DE LA PRACTICA:

1. Identificar mediante datos de placa las características técnicas de los Relevadores, Timer's, y Contactores.
2. Asegurarse de la operación de los elementos utilizando el multímetro de gancho y activándolos manualmente.
3. Identificar los circuitos de bobina y contactos de los dispositivos electromagnéticos.
4. Alimentar eléctricamente las bobinas de los dispositivos utilizando un botón N.O. para manipularlos.
5. Elaboración de un diagrama realizando la explicación que sucede con el dispositivo y los contactos.
6. Anotar conclusiones experimentales y Teóricas.

CUESTIONARIO:

1. Definir Campo Magnético.
2. Definir Electromagnetismo.
3. Explica con tus propias palabras el proceso de conmutación de contactos.
4. Que dificultades encuentras en la práctica y en la utilización de estos componentes.
5. Qué principio eléctrico puedes observar en la práctica.
6. Investigar características de otros tipos de relevadores como los de estado sólido o híbrido.

La principal diferencia entre el contactor y el relé es que el contactor es un dispositivo de alta potencia, mientras que el relé es un dispositivo de baja potencia. Los contactores se utilizan en circuitos de control con capacidad de amperios tanto baja como alta que está entre 15A y 12500A.

El **contactor** es un aparato eléctrico de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. Es la pieza clave del automatismo en el motor eléctrico. Su principal aplicación es la de efectuar maniobras de apertura y cierra de circuitos eléctricos relacionados con instalaciones de motores.



Un **temporizador** es un **aparato** con el que podemos regular la conexión ó desconexión de un circuito eléctrico después de que se ha programado un tiempo..... El tiempo es determinado por una actividad o proceso que se necesite controlar.



¿Para qué sirven los **relés**? Los **relés** sirven para activar un circuito que tiene un consumo considerable de electricidad mediante un circuito de pequeña potencia -de 12 o 24 voltios- que imanta la bobina.



FORMATO Y ESPECIFICACION DEL REPORTE DE PRÁCTICA:

- a) Introducción
- b) Objetivo
- c) Marco teórico
- d) Desarrollo de la actividad práctica
- e) Resultados
- f) Discusión
- g) Conclusiones (individuales)
- h) Cuestionario
- i) Bibliografía

PRACTICA 2

PRUEBA BASICA A MOTORES ELECTRICOS.

OBJETIVO GENERAL:

Aprenderá las técnicas de pruebas a aislamientos de motores, mediante la medición de resistencia, capacitancia y corriente, para evaluar las condiciones operativas del equipo (motor, generador o transformador)

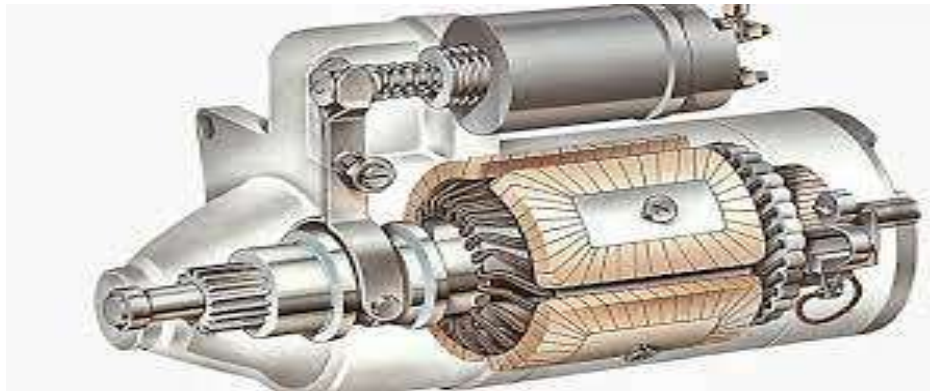
OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Obtendrá la clasificación, clase y tipo de aislamiento mediante la inspección visual a los datos de placa, para conocer las características nominales de los motores...
- Identificará las fallas eléctricas mediante mediciones con multímetro de resistencia y continuidad para proporcionar verificar las condiciones operativas del equipo.
- Encontrará las fallas a tierra, en base a mediciones con multímetro para proporcionar soluciones operativas del equipo.
- Determinará un corto circuito entre bobinas, en base a mediciones con multímetro para proporcionar soluciones operativas del equipo.
- Identificará mediante una inspección visual la vida útil de rodamientos mediante una prueba de juego mecánico axial para determinar la operatividad del equipo.

EQUIPO Y MATERIAL:

- 1 Motor eléctrico ¼ hp (motor trifásico ¼)
- 1 Motor eléctrico bomba
- 1 Multímetro de gancho
- 1 Kit de herramientas

Los fabricantes de equipos eléctricos realizan pruebas de rutina en sus laboratorios, para conocer la calidad de sus diseños, materiales, ensambles y procesos de manufactura; que algunos clientes establecen en sus especificaciones e incluso la ejecución de pruebas de aceptación en la instalación. Las pruebas básicas a equipos eléctricos resultan ser muy importantes para evaluar las características de los equipos eléctricos operando en sitio, previo, durante o después de su puesta en marcha; estos resultados se deben comparar con los obtenidos durante las pruebas de rutina, pruebas de aceptación o bien las estadísticas de comportamiento característico. Lo anterior con la finalidad de evaluar las condiciones del aislamiento ver figura 1, partes mecánicas, controles e instalación, de los equipos. Lo cual capacita al ingeniero de una referencia comparativa para la programación o ejecución de un mantenimiento a él o los equipos probados. Por tal motivo resulta imperativa la realización de estas pruebas básicas a equipos eléctricos con la finalidad de garantizar el buen funcionamiento del equipo antes y durante su vida en servicio.



DESARROLLO DE LA PRACTICA:

1. Colocar marcas al motor (mediante un punto de golpe para identificar la parte frontal y posterior).
2. Desarmado del motor (retirar tornillos y golpear con un martillo de goma hasta separar las tapas).

3. Con un multímetro identificar las bobinas del motor
4. Mediante la inspección visual identifique cuantos grupos de bobinas tiene
5. Con ayuda de un marcador o lapicero identifique las terminales de las bobinas e identifique el tipo de conexión entre bobinas.
6. Con ayuda del multímetro mida las terminales de los devanados y anote cuál es la resistencia del devanado.
7. Con ayuda de la lectura de resistencia, determinar si los devanados se encuentran abiertos, no cortocircuitados o aterrizados.
8. Con ayuda de la lectura de resistencia, determinar si el motor se encuentra cortocircuitado respecto a la tierra.
9. Coloque las puntas de megger en las terminales del motor y mida la resistencia de aislamientos e identifique la clase de aislamiento del motor utilizado.
10. Como parte complementaria a esta práctica se realizará una analogía de los flujos de energía eléctrica con apoyo de un sistema hidráulico. La cual consiste en lo siguiente: La fuente de corriente alterna es análoga a la potencia hidráulica de una bomba por lo que se conectara a un mando hidráulico es decir una válvula direccional proporcionada por el personal del taller Realizada esta conexión se colocará las tomas de fuerza a un actuador rotativo y se observara el comportamiento, así como las mediciones de presión y caída respectivas a la colocación de una carga.

Estos son los ensayos o pruebas básicas que debería pasar todos los modelos de motores eléctricos:

- Medida de resistencia en continua de las fases del estátor.
- Medida de la resistencia en continua de las fases del rotor (para el caso de rotor bobinado).
- Rigidez dieléctrica del devanado del estátor.

El diagnóstico en línea de **motores** mediante el análisis de las corrientes de fase es un método no invasivo aplicado por la Gerencia de Equipos **Eléctricos** para **detectar** la presencia de fallas incipientes tanto mecánicas como **eléctricas**.



CUESTIONARIO:

1. Definir campo magnético
2. ¿Dónde se presenta el fenómeno de campo en el motor y mediante que se produce?
3. ¿Qué fenómeno magnético se presenta en el rotor de la maquina o bien en el núcleo devanado (transformador)?
4. ¿Qué dificultades se presentaron al realizar esta práctica (armado, identificación y/o lecturas)?
5. Describa donde se presenta la fuerza electromotriz inducida en el motor y transformador
6. ¿Qué variables matemáticas podemos determinar y cuales no en base a la construcción de la máquina?
7. ¿Cuántos grupos de bobinas tiene?
8. ¿Qué tipo de conexión entre bobinas?
9. ¿Cuál es la resistencia del devanado?

10. Como complemento del reporte de práctica se deberá investigar los siguientes tópicos:

- pruebas básicas a motores
- tipos de bobinado
- pata de rana imbrincado doble simple tripe
- megger de aislamientos
- pruebas de aislamientos

El término **bobina** es también conocido **como** inductor o reactor, y es un componente pasivo **de** un circuito eléctrico **que** almacena energía en forma **de** campo magnético, y esto es debido al fenómeno **de** la autoinducción.



FORMATO Y ESPECIFICACION DEL REPORTE DE PRÁCTICA:

- a) Introducción
- b) Objetivo
- c) Desarrollo de la actividad práctica
- d) Resultados
- e) Discusión
- f) Cuestionario
- g) Bibliografía

PRACTICA 3

ELABORACIÓN DE ESQUEMA DE CIRCUITO Y DE ARRANQUE Y PARO DE UN MOTOR MEDIANTE COMPONENTES ELECTROMAGNETICOS BÁSICOS.

OBJETIVO GENERAL:

Elaborarán un diagrama de control y de fuerza para la operación de arranque y paro de un motor utilizando simbología NEMA y simbología IEL.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Construirá un circuito de control y fuerza para la manipulación de motores eléctricos, a partir de diagramas previamente elaborados.
- Realizarán el esquema de un tablero eléctrico en base a normativas internacionales (para familiarizarse con las prácticas industriales).

EQUIPO Y MATERIAL:

- 2 Contactores (trifasicos).
- 2 Guardamotores
- 2 disyuntores eléctricos.
- Segmentos de cable.
- Kit de herramientas.
- 2 Botones (arranque y paro).
- 1 Lampara luminosa (110 vol).

El control eléctrico de un motor no solo es la interconexión de elementos configurados para liberar una falla. Implica la medición, corrección y control de parámetros de construcción y conversión de energía (corriente, voltaje, flujo y devanados). En un sistema de forma general se tienen una serie de entradas que provienen del equipo a controlar en la planta. El diseñar un sistema de control para que modifique ciertos parámetros en el sistema planta, permita una operación continua en estado normal ante cualquier evento fortuito a causa de fallas eléctricas. Este diseño debe mantener el proceso y el sistema operante sin importar variables ajenas a la operación nominal proporcionando al proceso confiabilidad y un cierto grado de sustentabilidad. Lo anterior para lograr una alta eficiencia en función de accionamientos llevados a cabo por un motor, o equipo de liberación de falla. Es por esta razón que se podrá llevar a cabo la identificación de normas internacionales (IEC, NEMA).

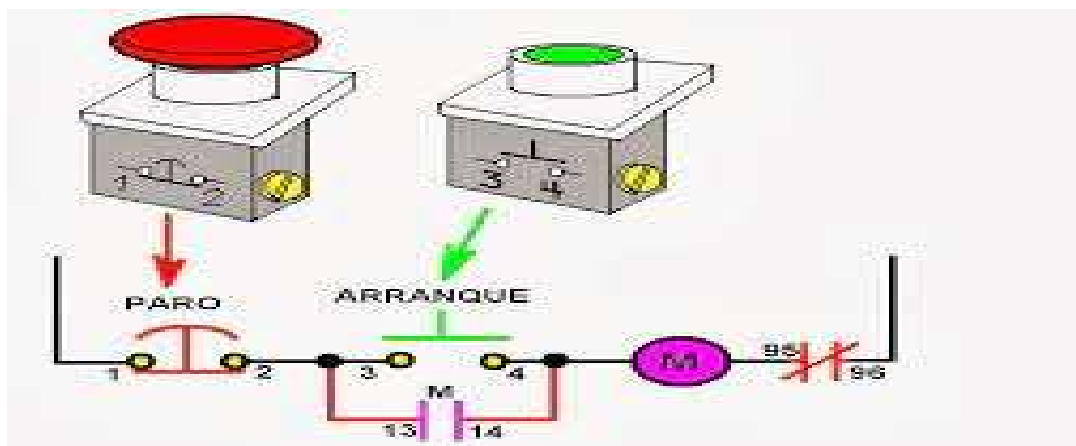
DESARROLLO DE LA PRACTICA:

1. Se realizará el diagrama de control con nomenclatura en el sistema americano y en el sistema IEC o europeo (serán dos esquemas).
2. Se identificarán las líneas y sus respectivas entradas y salidas, tanto de contactores relevadores como de protección térmica.
3. Realizada la conexión se procede a probar conectividad del circuito en base a las entradas y salidas esto con ayuda del multímetro y del kit de herramientas.
4. Realizada la actividad anterior el siguiente paso será conectar la fuerza y el control a sus respectivos voltajes (220 vol. Trifásico y 110vol. monofásico).
5. Se tomarán lecturas de voltaje y amperaje en cada uno de los elementos.
6. Entregar reporte de fallas y posibles fallas que se pudieran encontrar a lo largo de la práctica.
7. Registrar la lectura de voltaje y corriente a la llegada y salida de los elementos.



CUESTIONARIO:

1. Que es un diagrama de control.
2. Que es un diagrama de fuerza.
3. Como complemento de reporte de prácticas se deberán investigar los siguientes tópicos:
 - softstart que es y parámetros de programación.
 - arranque estrella delta y delta estrella con contactores.
 - esquema de conexión, materiales, y principales aplicaciones.
 - simbología de para motores de la NMX-J-135 ANCE.



El **arranque y paro** es un sistema que nos permite controlar el flujo de energía a un circuito de potencia, generalmente lo vamos a encontrar en el encendido y apagado de un motor.

FORMATO Y ESPECIFICACION DEL REPORTE DE PRÁCTICA:

- a) Introducción
- b) Objetivo
- c) Marco teórico
- d) Desarrollo de la actividad práctica
- e) Resultados
- f) Discusión
- g) Conclusiones (individuales)
- h) Cuestionario
- i) Bibliografía

PRACTICA 4

ELABORACIÓN DE UN ESQUEMA DE CONTROL DE MOTOR CON GIRO REVERSIBLE POR 1 MIN. PARA SENTIDO DE GIRO DE MODO AUTOMÁTICO.

OBJETIVO GENERAL:

Elaborará un esquema de control de un motor con operación reversible por un lapso de un minuto en cada sentido utilizando nomenclatura NEMA.

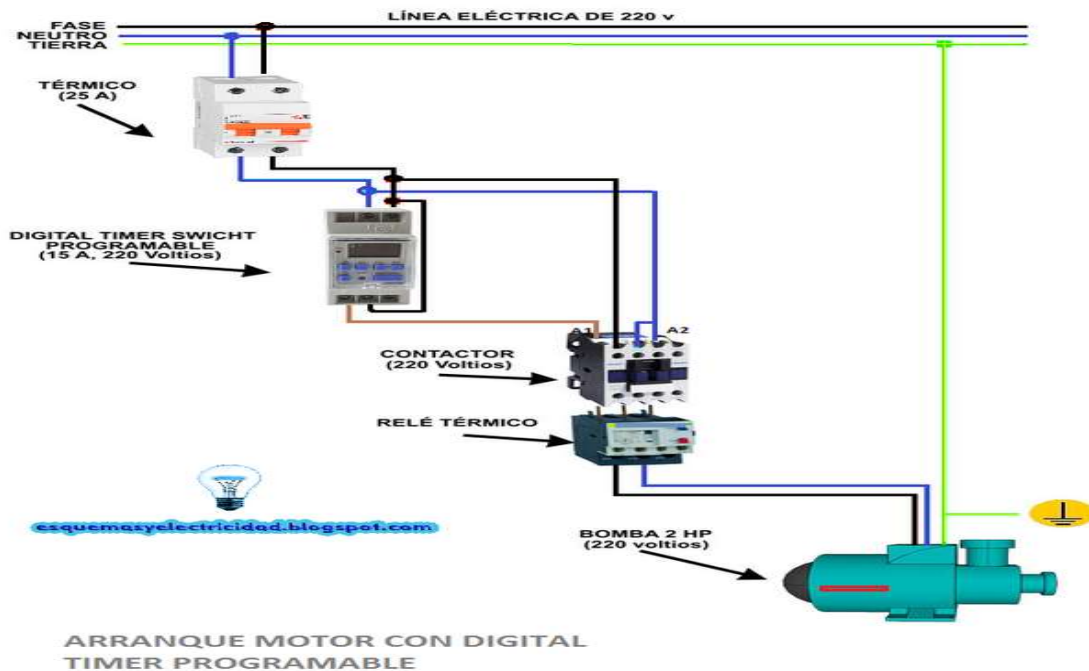
OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Construirá una secuencia de control a partir a partir del esquema realizado de manera práctica.
- Realiza el circuito de control de un motor mediante rele temporalizados, contactores y los demás componentes básicos en el control de motores.

EQUIPO Y MATERIAL:

- 2 Contactores trifásicos (110 vol.).
- 2 Relevadores temporalizados o timer's (110 vol. con 8 pines)
- 2 Interruptores (trifásicos 25 amp.)
- 1 Motor (trifásico)
- 2 Relevadores (encapsulados 8 pines, 110 vol.)

Para lograr una alta eficiencia en función de accionamientos llevados a cabo por un motor, o equipo de liberación de falla. Es por esta razón que se podrá llevar a cabo la identificación de normas internacionales (IEC, NEMA).



CUESTIONARIO:

1. Entregar un esquema unifilar con sus respectivos cálculos de protecciones y Alimentadores, según equipos existentes,
2. Entregar un reporte de las fallas detectadas en la realización de los esquemas de control.
3. ¿Cuáles son las lecturas de corriente en cada línea antes y después de los elementos de control (contactores)?
4. ¿Cuáles son las lecturas de corriente y voltaje desde la alimentación, y después de los elementos de control?

FORMATO Y ESPECIFICACION DEL REPORTE DE PRÁCTICA:

- a) Introducción
- b) Objetivo
- c) Desarrollo de la actividad práctica
- d) Resultados
- e) Discusión
- f) Cuestionario
- g) Bibliografía

PRACTICA 5

CONEXIÓN ESTRELLA TRIÁNGULO A UN MOTOR TRIFÁSICO.

OBJETIVO GENERAL:

Establecerá una relación de manera práctica entre los valores de tensión y corriente de línea en un sistema trifásico de conexión estrella y conexión triángulo (delta).

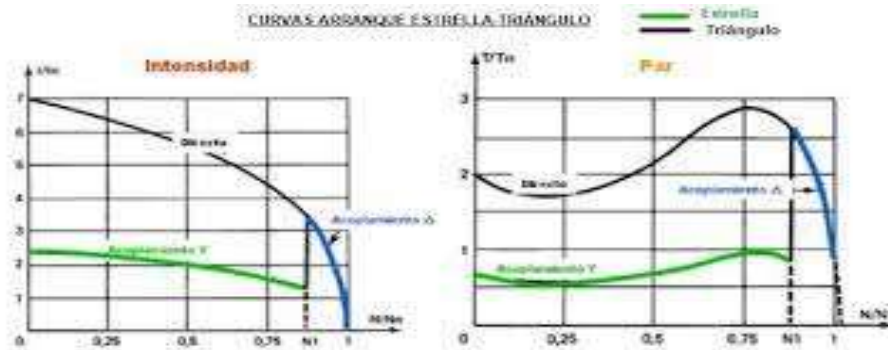
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Diseñará el esquema y circuito mediante contactores para conexión estrella y conexión delta.
- Calculará la reducción de la corriente de arranque de un motor en el caso de un arranque directo vs estrella delta.
- Determinará las aplicaciones en las que son necesario este tipo de automatizaciones.

EQUIPO Y MATERIAL:

- 2 Botones pulsadores (on y of).
- 1 timer's (on de lay)
- 4 contactores (trifásicos)
- 1 Motor (trifásico)
- 1 cables

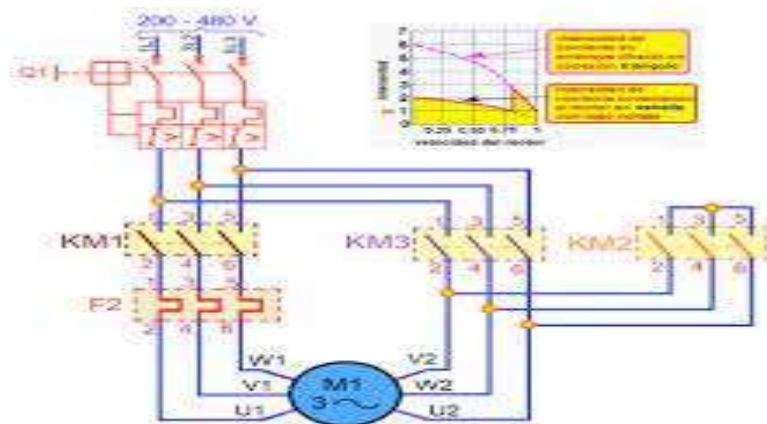
Los motores eléctricos que manejan un bajo torque en el arranque y un alto consumo eléctrico son tratados de una manera especial en la industria, esto por el alto costo de operación que representa su uso.



DESARROLLO DE LA PRACTICA:

1. Realizar el esquema del circuito eléctrico de fuerza y de control.
2. Identificar los contactores como contactor principal K1M, contactor estrella K2M y contactor delta K3M.
3. Se realiza el circuito de control de manera física con todos los componentes relacionados.
4. Se coloca un preset de 3 segundos al time ron de lay (retardo a la conexión).
5. Se prueba continuidad con multímetro sin energizar la fuerza.
6. El botón de arranque acciona el timer y el contactor K2M este a su vez al K1M.
7. K1M se enclava y conecta al motor en estrella.
8. Después de transcurridos los tres segundos en el timer se abre el circuito K2M.
9. Se energiza K3M y conecta al motor en delta a tensión plena.

Aunque se cuenta con la existencia de arranque suaves, variadores y otros sistemas que nos proporciona la tecnología hoy en día, el estudio de la conexión estrella delta nos da una ventaja competitiva como estudiantes de procesos industriales, que nos abre las puertas hacia la creación de métodos que ayuden a la industria de manera sustentable en el ahorro del consumo eléctrico.



FORMATO Y ESPECIFICACION DEL REPORTE DE PRÁCTICA:

- a) Introducción
- b) Objetivo
- c) Desarrollo de la actividad práctica
- d) Resultados
- e) Discusión
- f) Cuestionario
- g) Bibliografía

Bibliografía.

- 1)** *B. DORF. Sistemas de Control Moderno. Addison-Wisley.1999*
- 2)** *J.R. COGDELL. Fundamentos de Máquina Eléctricas. Prentice Hall. 2002*
- 3)** *Stephen J. Chapman. (2000), Máquinas Eléctricas, México: Mc Graw Hill*
- 4)** *Irving L. Kosow. (1993). Máquinas Eléctricas y Transformadores, México: Prentice Hall.*
- 5)** *A.E. Fitzgerald, & Charles Kingsley. Jr.,(2003), Máquinas Eléctricas, México: Mc Graw Hill.*