



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN

TEMA:

Diseño e implementación de un banco de pruebas para arranques de
motores Trifásicos para el
COLEGIO TECNICO POPULAR PARTICULAR
PICHINCHA.

**PROYECTO DE PASANTIA DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN.**

AUTOR:

Oswaldo Xavier Ruiz Galarza

TUTOR:

Ing. Diego Ortiz

AMBATO – ECUADOR

Abril/2007

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“Diseño e implementación de un banco de pruebas para arranques de motores Trifásicos para el COLEGIO TECNICO POPULAR PARTICULAR PICHINCHA”, de Oswaldo Xavier Ruiz Galarza, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho proyecto de pasantía de grado reúne los requisitos y méritos suficientes de conformidad con el artículo 68 del capítulo IV de Pasantía del reglamento de graduación de Pregrado de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Abril 2007

Ing. Diego Ortiz

TUTOR

AUTORIA

El presente trabajo de investigación “Diseño e implementación de un banco de pruebas para arranques de motores Trifásicos para el COLEGIO TECNICO POPULAR PARTICULAR PICHINCHA” Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Abril 2007

.....
Oswaldo X. Ruiz G.

180354584-5

DEDICATORIA

Este trabajo y el título que espero llegar a obtener por el mismo esta dedicado a mis padres y hermanos, que han sido los que han dado aliento a mi vida, para seguir adelante.

Y a la mujer que hoy tengo a mi lado, mi esposa, que en todo momento de la realización de este trabajo ha estado a mi lado.

AGRADECIMIENTO

A todos quienes conforman la familia del COLEGIO TECNICO POPULAR PARTICULAR PICHINCHA que de alguna u otra manera colaboraron para la realización de este trabajo.

Al Ing. Diego Ortiz quien con su guía y apoyo se pudo realizar con éxito este proyecto.

En especial al Sr. Msc. Rubén Coba Rector de la institución que de forma sincera y desinteresada brindo toda la colaboración necesaria humana y económica para el éxito de este trabajo.

Y a todos a quienes quien con un granito de arena me brindaron el apoyo necesario en los momentos necesarios durante este proceso de graduación.

INDICE

PRELIMINARES

Página de aprobación del tutor	i
Página de autoría	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice	v
Introducción	ix

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.2.1 Contextualizacion	1
1.2.2 Análisis Crítico.	2
1.2.3 Prognosis.	2
1.2.4 Formulación Del Problema.....	2
1.2.5 Delimitación Del Problema	3
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 General	3
1.4.2 Específicos	3

CAPITULO II
MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes Investigativos	4
2.2 Fundamentación legal	4
2.3 Categorías fundamentales	5
2.3.1 Conceptos Básicos	5
Diseño	5
Fases del proceso de diseño	6
Bancos De Pruebas	7
Clasificación de las maquinas eléctricas	8
Motor Trifásico	9
Máquinas asíncronas	9
Motores Con Rotor Jaula De Ardilla	10
Elementos de accionamiento y protección de motores.....	14
Protección de Motores (Fusibles)	16
Autotransformador	17
2.5 Hipótesis	28
2.6 Señalamiento de variables de la hipótesis	28
2.6.1 Variable Independiente	28
2.6.2 Variable Dependiente	28

CAPITULO III
METODOLOGIA

3.1 Enfoque	29
3.2 Modalidad básica de la investigación	29

3.3 Nivel o tipo de investigación	29
3.6 Recolección de información	29
3.7 Procesamiento y análisis	30

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1 Medición de la corriente de arranque Ia	31
durante el arranque directo.	
4.2 Medición de la corriente de arranque Ia	31
durante el arranque estrella triangulo.	
4.3 Medición de la corriente de arranque Ia	31
durante el arranque por autotransformadores.	
4.4 Medición de la corriente de arranque Ia	32
durante el arranque por resistencias estatoricas.	
4.5 Comparación entre los sistemas de arranque realizados	33

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	34
5.2. Recomendaciones	35

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 Diseño de los arranques	36
6.1.1 ARRANQUE DIRECTO	36
DE MOTORES TRIFÁSICOS	
6.1.2 ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO.....	41

DE MOTORES TRIFÁSICOS	
6.1.3 ARRANQUE POR RESISTENCIAS	48
CONECTADAS AL BOBINADO ESTATÓRICO.	
DE MOTORES TRIFÁSICOS	
6.1.4 ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR.....	56
DE MOTORES TRIFÁSICOS	
6.2 Adquisición Equipo de Mando	66
Equipo de Potencia y otros	
6.3 Diseño de la estructura	67
6.4 Implementación del banco de pruebas	68
6.5 Diagrama de conexiones	69
6.6 Elaboración de folletos guías de laboratorio	70
LABORATORIO N ^o 01	70
LABORATORIO N ^o 02	75
LABORATORIO N ^o 03	83
LABORATORIO N ^o 04	90
BIBLIOGRAFIA	97
ANEXOS	98

INTRODUCCION

Los avances tecnológicos en los automatismos de control son constantes e importantes, lo que lleva al electricista a una puesta al día de sus conocimientos, razón por la cual no resulta suficiente lo aprendido en las aulas, para realizar su trabajo en las Industrias, aunque dichos conocimientos resultan ser la base en que se apoya su posterior actualización.

El presente trabajo tiene como objetivo ser una guía para los Docentes y estudiantes del como diseñar e implementar arranques de motores trifásicos, así como dimensionar los equipos de automatismos eléctricos.

Por último quiero señalar que este trabajo va dirigido a Técnicos en formación, así como profesionales que se dedican al mantenimiento y diseño de instalaciones. Si este trabajo que les presento a continuación les ayuda a una mejor resolución de sus problemas y formación me sentiré satisfecho.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema de Investigación.

Diseño e implementación de un banco de pruebas para arranques de motores Trifásicos.

1.2 Planteamiento del problema.

1.2.1 Contextualizacion.

Los colegios técnicos fiscales a nivel provincial y unos pocos colegios técnicos particulares como es el caso del Tecnológico Pichincha en la ciudad de Quito, Santo Domingo, Quevedo, todas estas instituciones hoy en día constan de laboratorios de maquinas eléctricas equipados para satisfacer las necesidades de los estudiantes y del mercado laboral.

La principal causa para no contar con este equipamiento es la inversión económica que se debería realizarse ya que todos los colegios técnicos fiscales poseen estos laboratorios pero por donaciones del extranjero, un ejemplo claro de ello es el convenio que tiene La Facultad de Ingeniería en Sistemas con el Instituto Superior Tecnológico Docente “Guayaquil” para que los alumnos de dicha facultad utilicen los laboratorios de maquinas eléctricas en dicho colegio ya que la Facultad antes mencionada no puede adquirir los equipos necesarios para la implementación de un laboratorio propio de maquinas eléctricas debido a la falta de presupuesto para realizar esta inversión.

Esto hace que se produzca una cierta desventaja de los bachilleres del Colegio Técnico Popular Particular PICHINCHA frente a otras instituciones que poseen dichos equipos, y quitándoles espacio laboral, frente a este vacío de conocimientos surge la necesidad de la implementación de dicho banco de pruebas para que los alumnos de dicha Institución cubran estos vacíos profesionales.

Debido a estos aspectos es de vital importancia cubrir las expectativas académicas de los alumnos y darles mejores oportunidades laborales para los futuros bachilleres de esta prestigiosa institución.

1.2.2 Análisis Crítico.

Debido a los elevados costos de los equipos, la Institución no podía acceder a estos equipos para las prácticas de los alumnos.

Al ser una institución de reciente creación ofertando el bachillerato técnico no a podido adquirir por el momento dichos equipos, no puede satisfacer las necesidades académicas del alumnado; provocándose en los alumnos de la institución un desinterés y una deserción por falta de equipos para realizar practicas, debiéndose buscar la solución a dicha falta de equipos por parte de las autoridades de la institución.

Por estos aspectos en la institución se hace necesaria la implementación de un banco de pruebas para arranque de motores trifásicos.

1.2.3 Prognosis.

De continuar esta falta de equipos a futuro se podrá evidenciar una falta de nuevos alumnos de las diferentes escuelas y otros colegios, llegando asta una deserción de los actuales alumnos ávidos de nuevos conocimientos, motivos por los cuales la institución sufriría un desbalance en su presupuesto, perdiendo espacio en un mercado tan competitivo como es el educativo.

1.2.4 Formulación Del Problema

¿Cuánto incidirá el diseño e implementación de un banco de pruebas para arranques de motores trifásicos en el Colegio Técnico Popular Particular Pichincha para ampliar sus laboratorios y poder atraer a nuevos alumnos?

1.2.5 Delimitación Del Problema.

El presente estudio está previsto diseñarse e implementarse en el Colegio Técnico Popular Particular Pichincha, ubicado en las calles Oriente y Santa Fe, Parroquia Huachi Loreto del cantón Ambato, provincia de Tungurahua, con un tiempo previsto para la realización del mismo de 3 meses a partir de la suscripción del convenio.

1.3 Justificación.

El diseño e implementación de este banco de pruebas tiene como finalidad la de dotar del equipo necesario a los alumnos de dicha institución para que salgan a la vida profesional con todos los conocimientos necesarios.

El beneficio de este diseño e implementación es que los alumnos tengan un espacio propio donde realizar sus prácticas.

Hoy en la actualidad instituciones educativas públicas poseen estos elementos de aprendizaje, por lo que la implementación de este es de fundamental importancia ya que se crearía una mayor oferta laboral para los salientes bachilleres.

El tener estos bancos de pruebas y su implementación garantizaría que todos los alumnos de la institución tengan una educación completa, ganando renombre y poder atraer un mayor número de alumnos.

1.4 Objetivos.

1.4.1 General.

Diseñar e Implementar un banco de pruebas para arranques de motores Trifásicos para el Colegio Técnico Popular Particular PICHINCHA.

1.4.2 Específicos.

- Diseñar un banco de pruebas para arranques de motores en forma directa, conexión estrella triangulo, por autotransformadores, con rotor en cortocircuito por medio de resistencias conectadas al bobinado estático con folletos guía de laboratorio para cada tipo de arranque.
- Implementar un banco de pruebas para arranques de motores en forma directa, conexión estrella triangulo, por autotransformadores, con rotor en cortocircuito por medio de resistencias conectadas al bobinado estático con folletos guía de laboratorio para cada tipo de arranque.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes Investigativos.

Se realizo la búsqueda de temas relacionados en libros propios y facilitados por la institución, y en Internet.

2.2 Fundamentación legal.

LA SUBSECRETARIA DE EDUCACION

CONSIDERANDO:

Que con Resolución No. 1651, de marzo 18 del 2005, se crea y autoriza el funcionamiento del Colegio Técnico Popular Particular PICHINCHA con el ciclo básico y primer año del ciclo diversificado, con las especialidades de MECANICA ELECTRICA, MECANICA AUTOMOTRIZ Y ELECTRONICA APLICADA, ubicado en las calles Oriente y Santa Fe, Parroquia Huachi Loreto, cantón Ambato, provincia de Tungurahua;

Que el Msc. Rubén Coba Suárez, Rector del Colegio Técnico Popular Particular PICHINCHA, solicita la ampliación del segundo y tercer año del Ciclo Diversificado, especializaciones MECANICA ELECTRICA, MECANICA AUTOMOTRIZ Y ELECTRONICA APLICADA.

Que la Dirección Nacional de Educación Popular Permanente, luego del análisis de la documentación y en base al informe técnico de la Supervisión Provincial de Educación Popular Permanente de Tungurahua, determina que es procedente su autorización;

Que el Art. 189, del Reglamento General de la Ley de Educación dice: “el nivel diversificado popular ampliará y profundizará el conocimiento para la formación académica y profesional y otorgará el título de TECNICO en la especialización respectiva”.

Que con Acuerdo Ministerial No.026 de enero 24 del 2006, el señor Ministro de Educación y Cultura, delega a la señora Subsecretaria de Educación esta responsabilidad” y,

En uso de sus atribuciones

RESUELVE:

Art.1 AUTORIZAR el funcionamiento del segundo y tercer curso del ciclo diversificado en Colegio Técnico Popular Particular PICHINCHA, con las especialidades de MECANICA ELECTRICA, MECANICA AUTOMOTRIZ Y ELECTRONICA APLICADA, jornadas matutina, vespertina y nocturna, modalidad presencial, ubicado en las calles Oriente y Santa Fe, Parroquia Huachi Loreto, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, a partir del año lectivo 2006-2007.

Art. 2. DISPONER que el Colegio Técnico Popular Particular PICHINCHA en el ciclo diversificado, otorgue el título de BACHILLER TECNICO, en las especialidades de MECANICA ELECTRICA, MECANICA AUTOMOTRIZ Y ELECTRONICA APLICADA.

Art. 3. RESPONSABILIZAR a la Dirección Nacional de Educación Popular Permanente y a la División de Educación Popular Permanente de Tungurahua el asesoramiento, orientación, control, seguimiento y evaluación de las acciones educativas de la institución.

2.3 Categorías fundamentales

2.3.1 Conceptos Básicos.

Diseño

Como verbo "diseñar" se refiere al proceso de creación y desarrollo para producir un nuevo objeto o medio de [comunicación](#) (objeto, proceso, servicio, conocimiento o entorno) para uso [humano](#). Como sustantivo, el **diseño** se refiere al plan final o proposición determinada fruto del proceso de diseñar (dibujo, proyecto, [maqueta](#), [plano](#) o descripción técnica), o (más popularmente) al resultado de poner ese plan final en práctica (la imagen o el objeto producido).

Diseñar requiere principalmente consideraciones funcionales y estéticas. Esto necesita de numerosas fases de investigación, análisis, modelado, ajustes y adaptaciones previas a la producción definitiva del objeto. Además comprende multitud de disciplinas y oficios dependiendo del objeto a diseñar y de la participación en el proceso de una o varias personas.

Diseñar es una compleja, dinámica e intrincada tarea. Es la integración de requisitos técnicos, sociales y económicos, necesidades biológicas, con efectos psicológicos y materiales, forma, color, volumen y espacio, todo ello pensado e interrelacionado con el [medio ambiente](#) que rodea a la [humanidad](#). De esto último se puede desprender la alta responsabilidad [ética](#) del diseño y los diseñadores a nivel [mundial](#).

Cabe recalcar que filósofos contemporáneos como [Vilém Flusser](#) (en su libro Filosofía del Diseño), proponen que el [futuro](#) depende del diseño.

El diseño industrial es una actividad proyectual que consiste en determinar las prioridades formales de los objetos producidos industrialmente”. La forma tiene por misión, no sólo alcanzar un alto nivel estético, sino hacer evidentes determinadas significaciones y resolver problemas de carácter práctico relativos a la fabricación y el uso. Diseño es un proceso de adecuación formal, a veces no consciente, de los objetos

Fases del proceso de diseño.

El proceso de diseñar, suele implicar las siguientes fases:

- 1. Observar y analizar** el medio en el cual se desenvuelve el ser humano, descubriendo alguna necesidad.
- 2. Planear y proyectar** proponiendo un modo de solucionar esta necesidad, por medio de planos y maquetas, tratando de descubrir la posibilidad y viabilidad de la(s) solución(es).
- 3. Construir y ejecutar** llevando a la vida real la idea inicial, por medio de materiales y procesos productivos.

Estos tres actos, se van haciendo uno tras otro, y a veces continuamente. Algunos teóricos del **diseño**, no ven una jerarquización tan clara, ya que estos actos aparecen una y otra vez en el proceso de **diseño**.

Hoy por hoy, y debido al mejoramiento del trabajo del diseñador (gracias a mejores procesos de producción y recursos informáticos), podemos destacar otro acto fundamental en el proceso:

4. Evaluar, ya que es necesario saber cuando el **diseño** está finalizado.

Diseñar como acto cultural implica conocer criterios de **diseño** como: presentación, producción, significación, socialización, costos, mercadeo, entre otros. Estos criterios son innumerables, pero son contables a medida que el encargo aparece y se define.

Bancos De Pruebas.

Ensayar es un imperativo de la actividad industrial y del progreso tecnológico. Los bancos de ensayo permiten efectuar pruebas racionales y científicas de las máquinas, conociéndose así exactamente sus prestaciones y permitiendo mejorarlas.

Los bancos de ensayo son bienes de equipo imprescindibles para:

- INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DEL PRODUCTO.
- CONTROL DE CALIDAD DE FABRICACIÓN
- HOMOLOGACIONES Y CERTIFICACIONES OFICIALES.
- MANTENIMIENTO RACIONAL DE MAQUINARIA.
- ENSEÑANZA Y FORMACIÓN TÉCNICA

Ensayar en funcionamiento real y efectuar las correspondientes mediciones es imprescindible para conocer las prestaciones reales de una máquina, poder desarrollarla y mejorarla, controlar su calidad, homologarla, repararla con garantía y formar técnicos.

Clasificación de las máquinas eléctricas

Las maquinas eléctricas se pueden dividir en tres grandes grupos:

- a) **Generadores.**- Son maquinas eléctricas que transforman cualquiera de las formas de energía (mecánica, química y calorífica) en eléctrica, ejemplos: alternador, pila química.
- b) **Receptores.**- Son las maquinas que transforman la energía eléctrica en otra forma de energía.

La estufa que transforma la energía eléctrica en calorífica.

También tenemos el motor que transforma la energía eléctrica en mecánica, clasificación de los motores:

1. Motores de Corriente Alterna

1.1 Sincrónicos

1.2 Asincrónicos

1.2.1 Monofásicos

1.2.1.1 Con bobinado auxiliar de arranque

1.2.1.1.1 Con condensador

1.2.1.1.2 Sin condensador

1.2.1.2 De Espira en Cortocircuito

1.2.2 Bifásicos

1.2.3 Trifásicos

1.2.3.1 Rotor en Cortocircuito

1.2.3.2 Rotor Bobinado

1.2.3.3 Rotor Mixto

2. Motores de Corriente Continua

2.1 Serie

2.2 Paralelo

2.3 Compound

2.3.1 Aditivo

2.3.2 Sustractivo

c) Transformadores y Convertidores

Son máquinas eléctricas que elevan o reducen la tensión y en contraposición reducen o levantan la corriente eléctrica. Para transportar la energía eléctrica, se eleva la tensión con el fin de reducir la sección de los conductores.

Los convertidores son máquinas que cambian la corriente continua en alterna y viceversa.

MOTOR TRIFASICO

Máquinas asíncronas.

Contrariamente a las máquinas síncronas empleadas normalmente como generadores, las máquinas asíncronas han encontrado su principal aplicación como motores, debido a la sencillez de su construcción. El motor asíncrono trifásico es hoy el motor usual de accionamiento en todas las redes de distribución.

El motor trifásico se compone fundamentalmente de un rotor y un estator. Ambas partes están formadas por un gran número de láminas ferromagnéticas, que disponen de ranuras, en las cuales se alojan los devanados estatóricos y rotoricos respectivamente.

Estator:

Es la parte fija del motor y se compone de:

Carcaza: Parte que sirve de soporte al núcleo magnético. Se construye con hierro fundido o acero laminado.

Núcleo Magnético: Es un apilado de láminas ferromagnéticas de pequeño espesor, aisladas entre sí por medio de barnices.

Bobinado estatórico: Bobinas que tienen la función de producir el campo magnético. Están alojadas en las ranuras (abiertas o semicerradas) que tienen el núcleo.

Barnera: Conjunto de bornes situado en la parte frontal de la carcaza, que sirve para conectar la red a los terminales del bobinado estatórico. Los bornes a los cuales se conectan los principios de las bobinas, se identifican en la actualidad normalmente con U1, V1, W1 y los finales U2, V2 y W2.

Rotor:

Básicamente esta formado por un eje y un paquete de laminas ferromagnéticas, que llevan en la periferia unas ranuras para alojar las bobinas rotóricas.

Los extremos del eje se introducen en unos bujes o rodamientos, que deben ofrecer el mínimo de rozamiento, de modo que no influyan para producir un aumento de la corriente absorbida por el motor.

Según se coloquen los conductores del rotor, en cortocircuito conformando un bobinado, tenemos dos tipos de motores asíncronos: motores con rotor bobinado y el que utilizamos en nuestro laboratorio motor con rotor en cortocircuito o jaula de ardilla.

MOTORES CON ROTOR JAULA DE ARDILLA

Son aquellos cuyo rotor esta integrado por un paquete de laminas ferromagnéticas de espesores muy pequeños, aislados entre sí. Este conjunto se comprime y se encaja en el eje, haciendo tope sobre unas hendiduras que lleva, de forma que no pueden salirse.

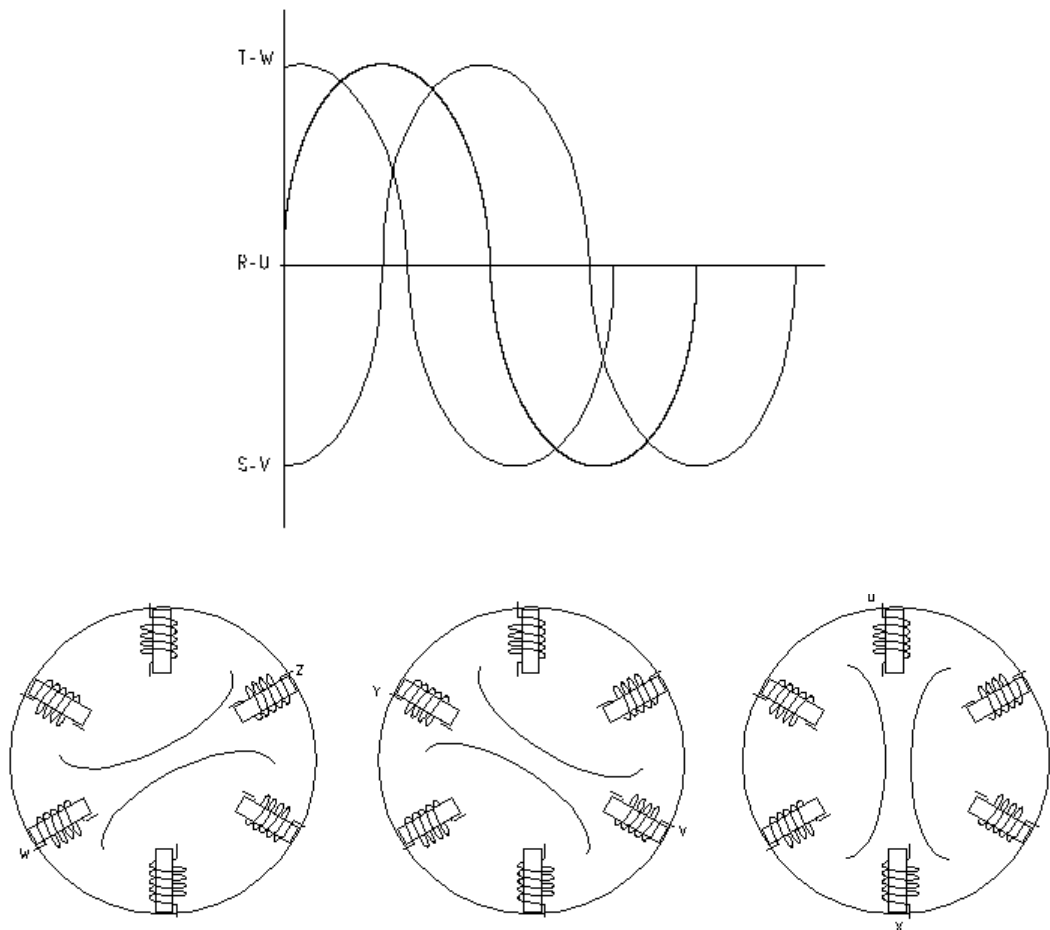
El bobinado del rotor esta formado por un conjunto de conductores desnudos, de cobre o aluminio, y puestos en cortocircuito, al soldarlos a dos anillos frontales del mismo material. Por el parecido que tienen con una jaula de ardilla recibe ese nombre.

El motor trifásico de jaula de ardilla está formado por un estator donde se alojan los pares de polos bobinados y separados 120° y el rotor, llamado de jaula de ardilla, que está formado por chapas magnéticas en cortocircuito.

El campo magnético del motor asíncrono es también un campo giratorio. En el caso de un motor trifásico está generado por las tres corrientes desfasadas que circulan por el arrollamiento estatórico. Para que se genere el campo giratorio es preciso que los arrollamientos estén uniformemente repartidos en la periferia del estator, como lo están en el tiempo (es decir, en el orden de sucesión) las 3 corrientes de fase. En maquinas bipolares el ángulo entre bobinas correspondientes de cada fase deberá ser, por consiguiente, de 120° . Las 3 corrientes estatóricas

del lugar entonces a 3 campos alternos, también desfasados 120° entre si, cuya resultante es un campo magnético giratorio. La dirección que posee este campo en un momento dado puede representarse por medio de una flecha.

El sentido de las corrientes y la dirección del campo giratorio en una máquina bipolar, que por razones de sencillez se ha supuesto provista únicamente de 6 ranuras. El tiempo correspondiente a cada posición puede deducirse a partir del ángulo girado por el campo (de 0 a 360°). Permutando dos bornes de la red se invierte el sentido de giro del campo. El rotor se movería entonces en sentido contrario al de las agujas de un reloj.



La velocidad con la que gira el motor depende de los pares de polos que tenga el motor.

- 2 polos: 2800r.p.m.

➤ 4 polos: 1500r.p.m.

Características de funcionamiento de los motores de inducción.

Velocidad de sincronismo.

A la velocidad del campo magnético giratorio se denomina velocidad de sincronismo (n_s) y es igual a:

$$N_s = (120 / 2p) \cdot f \text{ (rpm)}$$

Siendo:

f = Frecuencia.

$2p$ = Numero de polos.

N_s representa la velocidad a la que tiene que girar un alternador del mismo número de polos para proporcionar la misma frecuencia.

Par motor.

Cuando las líneas del campo magnético cortan las barras del rotor, se produce en ellas una fuerza electromotriz que da lugar a corrientes que circulan en los sentidos opuestos (en los hilos más próximos a los polos) es decir, que se producen esas corrientes en hilos separados 180° . Estos hilos se ven sometidos a unas fuerzas que tienden a moverlos en dirección perpendicular al campo magnético y produciendo con ello el llamado **par motor**.

En un motor eléctrico, el par M y la velocidad de giro n están relacionadas de tal forma que cuando la velocidad decrece el par aumenta.

Par de giro.

El valor del par de giro del motor viene dado por:

$$M = K \cdot \delta \cdot I_r$$

Siendo:

M = Constante.

δ = Flujo magnético del campo giratorio.

I_r = Intensidad de corriente del rotor.

Deslizamiento.

La velocidad de giro del rotor debe ser menor que la velocidad del flujo magnético, puesto que si tuvieran la misma velocidad, las barras del

rotor no cortarían las líneas de flujo y, por tanto, no se engendraría en ellas la f.e.m., resultando que la corriente en el rotor sería nula.

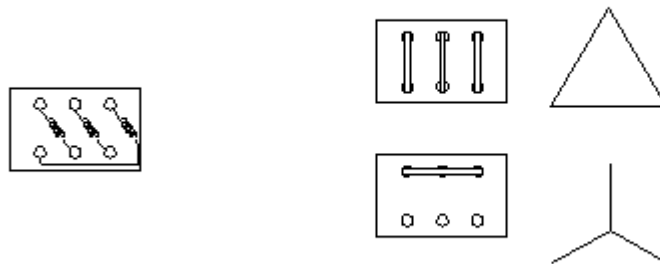
Debido a la resistencia con el aire y al rozamiento, el rotor no llega a alcanzar la misma velocidad que el flujo. Y a esa diferencia se le denomina deslizamiento.

Este tipo de motores consumen de 4 a 7 veces la intensidad nominal en el momento del arranque, por eso se hace necesario colocar el magnetotérmico de curva U o fusibles lentos.

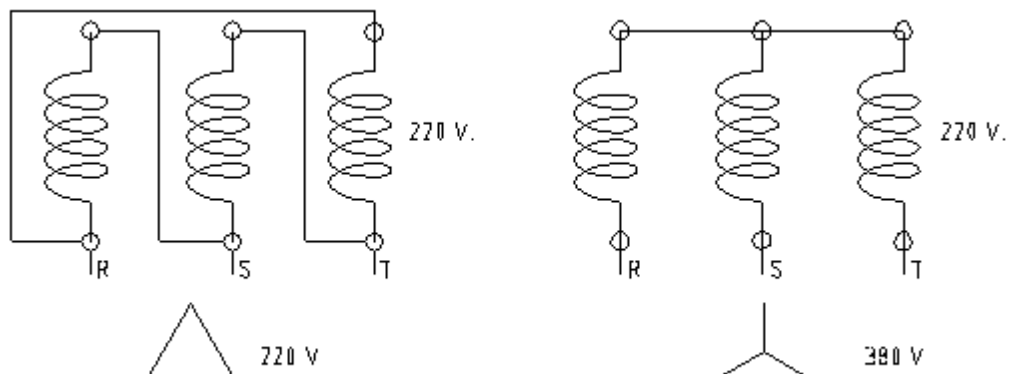
Los motores trifásicos pueden funcionar en estrella o en triángulo según la tensión de línea.

La conexión en estrella se ha de realizar cuando la tensión de línea coincide con la tensión más alta de las dos que lleva grabadas el motor en la placa de características.

La conexión en triángulo cuando coincide con la más baja de las dos.



Por ejemplo si tenemos una línea de 380V. y el motor es de 220/380 conectaremos este motor a la línea en estrella.



ELEMENTOS DE ACCIONAMIENTO Y PROTECCION DE MOTORES:

Contactador

Es en esencia un interruptor accionado a distancia, esta formado por una bobina que acciona el grupo de contactos cuando esta excitada, los bornes de la bobina son A1 y A2 o A y B.

Lleva un muelle para que el grupo de contactos vuelva a su posición inicial cuando dejamos de accionar la bobina.

El grupo de contactos se puede clasificar en 2 principales y secundarios: Los principales tienen la numeración 1-2-3-4-5 y los secundarios 13- 14, etc. siempre con dos dígitos, dentro de los secundarios pueden haber contactos abiertos y cerrados.



Partes del contactador:

Carcaza:

Es el soporte fabricado en material no conductor, con un alto grado de rigidez y rigidez al calor, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores del contactador.

Electroimán:

Es el elemento motor del contactador. Esta compuesto por una serie de elementos cuya finalidad es transformar la energía eléctrica en magnetismo, generando un campo magnético muy intenso, el cual a su vez producirá un movimiento mecánico.

Bobina:

Es un arrollamiento de alambre de cobre muy delgado y un gran numero de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético.

Núcleo:

Es una parte metálica, de material ferromagnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo), para atraer con mayor eficiencia la armadura.

Armadura:

Elemento móvil, cuya construcción se parece a la del núcleo, pero sin espiras de sombra. Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizada la bobina, ya que en este estado de reposo debe estar separado del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina entre hierro o cota de llamada.

Contactos:

Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente, tanto en el circuito de potencia como en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina, por lo que se denominan contactos instantáneos.

Botoneras de mando:

Los pulsadores e indicadores se emplean para controlar y operar circuitos en forma directa y remota, vitales para industrias, comercios e instalaciones en general. Esta línea de botoneras ofrece seguridad, operabilidad y notable flexibilidad para el ensamble de paneles de control, gracias a su construcción modular estandarizada.

Variedad y flexibilidad

Al ser totalmente modular permite con una mínima cantidad de piezas armar el modelo que se desea, otorgando gran flexibilidad al trabajo.

Óptima relación costo-rendimiento

Una óptima relación costo rendimiento es obtenida por estas botoneras, debido a que complementa sus notables prestaciones con un excelente diseño industrial que permite su fabricación a bajo costo.

Control Conforme a normas

Los indicadores y actuadores junto con los módulos portalámparas y de contactos son avalados por las certificaciones CSA, UL, VDE y CE. Los

módulos de conexión frontal llevan la marca CSA-NRTL/C y las luces de señalización integradas llevan las marcas CSA-NRTL/C, CE y VDE.

Señalización: Para indicar que un equipo o un simple contacto en un simple funcionamiento se indica o señala por medio de lámparas empleando los pilotos siendo por lo general el verde conexión y el rojo desconexión en el piloto suele ir colocando un retraso cuando el equipo es complejo por haber mucha señalización, para saber la parte del circuito que esta en funcionamiento para señalar la consecuencia del disparo del rele térmico, se podrá hacer por la señal luminosa por lo general que podría lucir de forma intermitente o con el empleo de una señal acústica un timbre a zumbador.

Relé térmico.

Se encarga de limitar el paso de corriente por el motor para evitar sobrecargas que lo quemarían.

Su funcionamiento es parecido al magnetotérmico pero sin la protección magnética.

Para su correcto funcionamiento se ha regular a la intensidad nominal que indica el fabricante en la placa de características.

Protección de Motores (Fusibles)

Los fusibles protegen a las maniobras eléctricas contra sobrecargas y cortocircuitos.

En un motor se pueden producir distintas anomalías durante su funcionamiento, principalmente sobrecarga:

- Baja tensión de alimentación, pues necesitaría para mantener la misma potencia aumentar la intensidad.
- Carga mecánica excesiva durante el funcionamiento, poniéndole al motor mas potencia de la que pueda suministrar
- Par mecánico resistente superior a lo normal, por agarrotamiento de cojinetes, mala ventilación y excesivo calentamiento.
- Fallo de una fase, debido a un cortocircuito o bien a la fusión de un fusible, aumentando en este caso la intensidad en las otras dos fases.

- Para la protección del motor utilizamos, principalmente fusibles y reles térmicos.

Condiciones para los fusibles:

- 1.- Durante el funcionamiento normal del motor, desconectándolo cuando la intensidad sobrepase 15 veces la nominal del motor en un tiempo igual o inferior a 0,2 segundos.
- 2.- Resistir sin fundirse una intensidad de arranque 6 veces superior al valor nominal de la misma durante 5 segundos en el arranque directo y 2 veces el valor nominal durante 15 segundos para los otros tipos de arranque.

Forma general para proyectar un equipo de maniobra:

A la hora de proyectar el equipo de maniobra para un motor se ha de tener en cuenta una serie de factores en una forma definida de mandos dentro de los límites establecidos.

AUTOTRANSFORMADOR

Principio De Funcionamiento

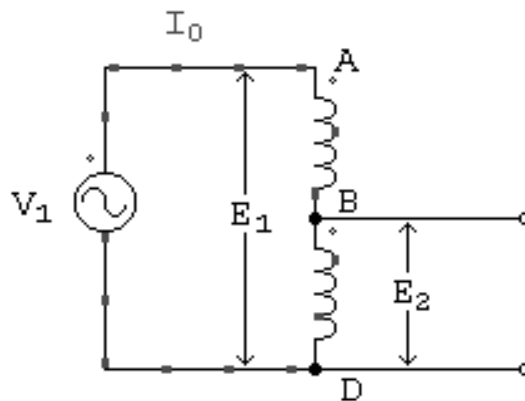
El autotransformador puede ser considerado simultáneamente como un caso particular del transformador o del bobinado con núcleo de hierro. Tiene un solo bobinado arrollado sobre el núcleo, pero dispone de cuatro bornes, dos para cada circuito, y por ello presenta puntos en común con el transformador.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

En la práctica se emplean los autotransformadores en algunos casos en los que presenta ventajas económicas, sea por su menor costo o su mayor eficiencia. Pero esos casos están limitados a ciertos valores de la relación de transformación, como se verá en seguida. No obstante, es tan común que se presente el uso de relaciones de transformación próximas a la unidad, que corresponde dar a los autotransformadores la importancia que tienen, por haberla adquirido en la práctica de su gran difusión.

Para estudiar su funcionamiento, haremos como con los transformadores, es decir, primero consideraremos el principio en que se

basan, desde el punto de vista electromagnético, para obtener las relaciones entre las tensiones y las corrientes de sus secciones, ya que no se puede hablar de bobinados en plural. Luego veremos el diagrama vectorial, muy parecido al de transformadores, pero con diferencias que lo distinguen netamente. Y, también, haremos un estudio comparativo entre el autotransformador y el transformador de iguales condiciones de servicio.

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



La tensión de la red primaria, a la cual se conectará el autotransformador, es V_1 , aplicada a los puntos A y D. Como toda bobina con núcleo de hierro, en cuanto se aplica esa tensión circula una corriente que hemos llamado de vacío en la teoría anterior. Sabemos también, que esa corriente de vacío está formada por dos componentes; una parte es la corriente magnetizante, que está atrasada 90° respecto de la tensión, y otra parte que está en fase, y es la que cubre las pérdidas en el hierro, cuyo monto se encuentra multiplicando esa parte de la corriente de vacío, por la tensión aplicada. Llamamos a la corriente total de vacío I_0 , como lo hemos hecho en otras oportunidades.

Circuitos Equivalentes

Si se desprecia la no linealidad de las características de excitación, el autotransformador puede representarse por uno de los circuitos de la figura 1.

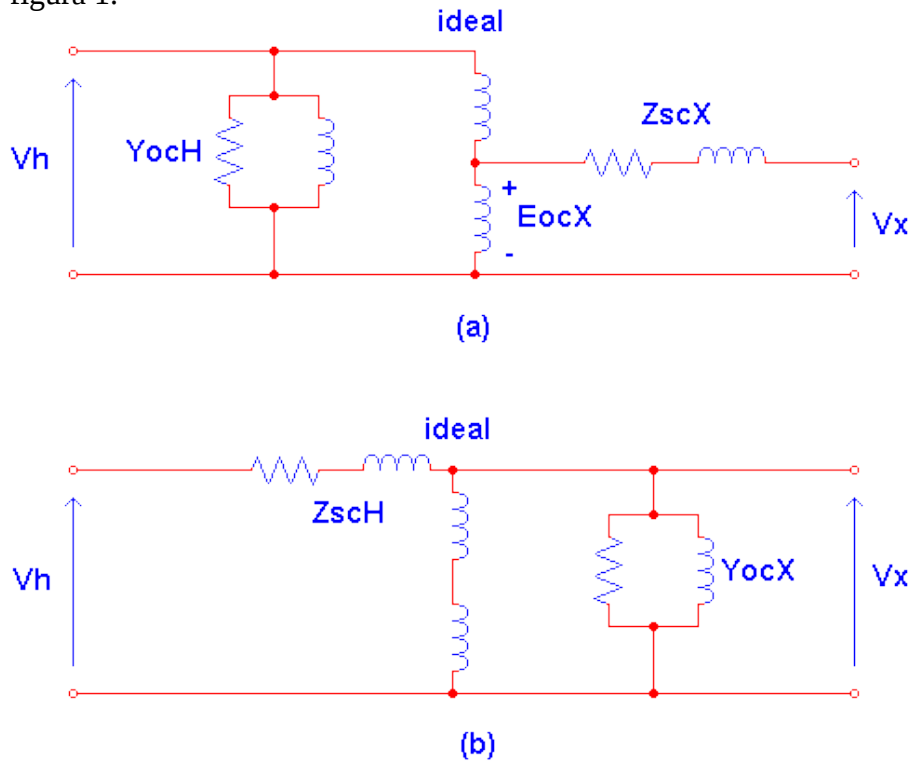


Figura 1: Circuitos equivalentes exactos de un autotransformador

Según el teorema de Thévenin, el autotransformador visto desde sus terminales de baja tensión equivale a una fuerza electromotriz igual a la tensión en circuito abierto E_{ocx} medida entre los terminales de baja tensión, en serie con la impedancia Z_{scx} medida entre los terminales de baja tensión con los terminales de alta en cortocircuito, como en la parte derecha del transformador ideal de la figura 1 (a). Si la razón de transformación del transformador ideal es V_H / E_{ocH} , la tensión en sus terminales de alta es igual a la alta tensión V_H del autotransformador real. Esta razón de tensiones en circuito abierto es muy aproximadamente igual a $(N_1 + N_2) / N_2$ donde N_1 y N_2 son los números de espiras de los devanados serie y común, respectivamente. Puede demostrarse que si se conecta entre los terminales de alta del autotransformador ideal la admitancia en circuito abierto Y_{ocH} medida

desde el lado de alta tensión del transformador real, el circuito de la figura 1 (a) es un circuito equivalente exacto del autotransformador tanto para el lado de alta tensión como para el de baja. Evidentemente, si se realizan las medidas en circuito abierto en el lado de baja tensión y las medidas en cortocircuito desde el lado de alta tensión, también el circuito de la figura 1 (b) será un circuito equivalente exacto del autotransformador. Cuando se desprecia la corriente de excitación, los circuitos equivalentes exactos de la figura 1 se reducen a los circuitos equivalentes aproximados de la figura 2.

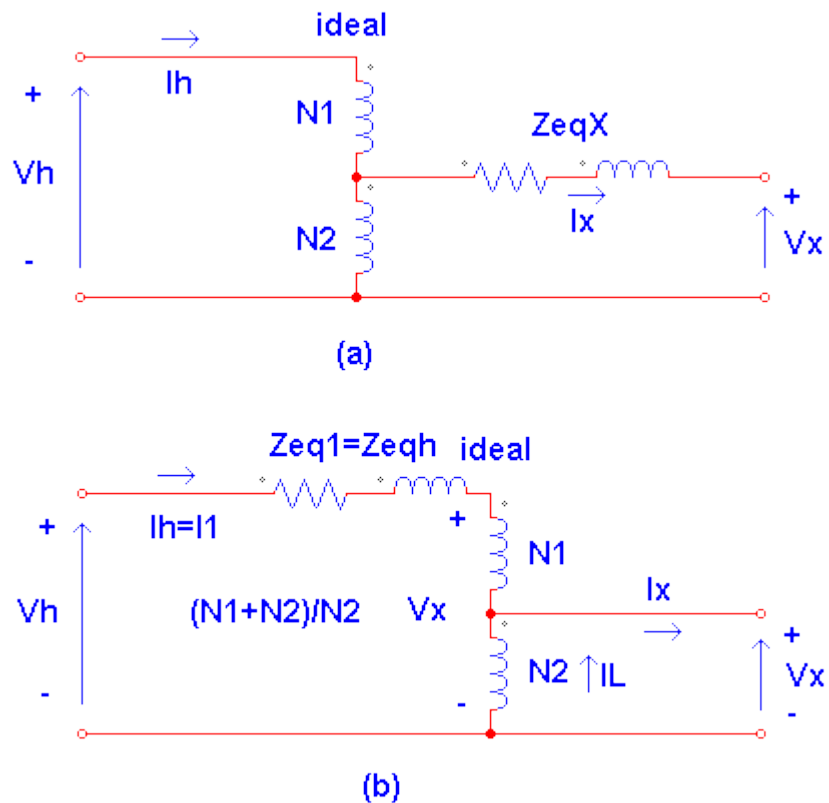
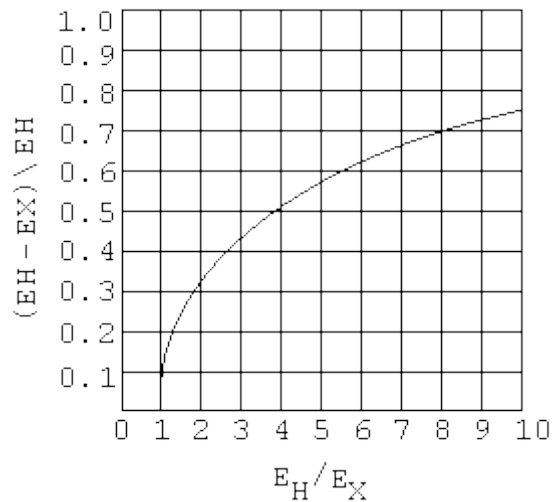


Figura 2: Circuitos equivalentes aproximados de un autotransformador



Los circuitos equivalentes son útiles para la determinación del comportamiento externo de los autotransformadores como elementos de circuito.

Interiormente, el autotransformador es exactamente igual que un transformador ordinario de dos circuitos, y por lo tanto, pueden deducirse circuitos equivalentes de la teoría de los transformadores de dos circuitos.

Pérdidas Y Rendimiento

Por otra parte, el rendimiento es más elevado cuando se realiza la conexión de autotransformador. Por ejemplo, si el rendimiento del transformador de 100 KVA a plena carga con factor de potencia unidad es 0.9825 cuando se conecta como transformador de dos circuitos, sus pérdidas son:

$$0.0175 \times 100 / 0.9825 = 1.78 \text{ KW.}$$

Cuando se conecta como autotransformador, sus pérdidas a plena carga siguen siendo 1.78 KW., pero estas pérdidas son ahora solamente

$$1.78 / 601.78 = 0.00296$$

de la potencia de entrada. En consecuencia, su rendimiento a plena carga con factor de potencia unidad como autotransformador es 0.99704. ¡casi perfecto!. En general el cociente entre en tanto por ciento o por uno de pérdidas de un transformador dado conectado como autotransformador y sus pérdidas como transformador ordinario de dos circuitos es el

recíproco del cociente entre las potencias nominales para estas conexiones. Así, pues, por la ecuación:

Valor nominal como autotransformador / Valor nominal como transformador de dos circuitos = $E_H / (E_H - E_X)$

Pérdidas a plena carga en % del valor nominal del autotransformador / Pérdidas a plena carga en % del valor nominal del transformador de dos circuitos = $(E_H - E_X) / E_H$

En la figura puede verse la variación de $(E_H - E_X) / E_H$ con el cociente E_H / E_X . Así, pues, cuando la razón de transformación E_H / E_X entre los circuitos de alta y baja tensión es inferior a 2:1, la variación unitaria de tensión $(E_H - E_X) / E_H$ que puede dar el transformador es menor que 1 / 2. Por lo tanto, el ahorro de tamaño y costo y el aumento del rendimiento cuando se utiliza un autotransformador en vez de un transformador de dos circuitos puede ser importante cuando E_H / E_X sea inferior a 2, si bien estas ventajas del autotransformador no son tan significativas para valores mayores de la razón de transformación E_H / E_X .

Estudio Comparativo Con El Transformador

Para hacer el estudio comparativo entre transformadores y autotransformadores, estableciendo las conveniencias del empleo de uno u otro, comenzaremos por considerar la prestación de un mismo servicio con dos unidades, una de cada tipo.

En primer lugar, supondremos que las potencias aparentes en cada bobinado son proporcionales a las respectivas potencias efectivas, ya que los ángulos de fase entre carga y tensión dependen en su mayor grado de las condiciones que impone la impedancia Z conectada como carga. Escribamos, para el transformador, la siguiente igualdad:

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 \quad (1.1)$$

(1.1) Tomado de la pagina 99 del libro de ROLDAN, José Manual del electricista de taller.

Que es válida si se desprecia la corriente de vacío, siempre pequeña, y las pérdidas, también muy pequeñas. La igualdad (1.1) anterior dice que las potencias primaria y secundaria son iguales.

Restemos a ambos miembros una misma cantidad, con lo que la ecuación no se altera: esa cantidad es $V_2 I_1$, de significado únicamente algebraico:

$$V_1 I_1 - V_2 I_1 = V_2 I_2 - V_2 I_1$$

Pero ahora podemos agrupar términos de igual factor, con lo que se tiene:

$$I_1 (V_1 - V_2) = V_2 (I_2 - I_1)$$

Y analizando esta expresión, diremos: el primer miembro se hace nulo cuando el punto B coincide con el A; además, está dado por el producto de la tensión entre A y B, primario ficticio, por la corriente que circula entre esos puntos, o sea es la potencia que el primario transfiere por vía electromagnética al secundario. El segundo miembro está dado por el producto de la corriente que circula en la sección secundaria, por la tensión entre los extremos de esa sección, luego, es la potencia que recibe el secundario por vía electromagnética, transferida desde el primario, según ya sabemos. Si no hay pérdidas, las dos potencias resultantes son iguales. El resto de la potencia que recibe el secundario, hasta llegar a la cifra dada por el producto $V_2 I_1$, llega a él por vía directa. sin que intervenga el primario, o sea que llega lo mismo con autotransformador o sin él.

Volvamos a las dos ecuaciones que dan la igualdad de potencias aparentes. La segunda corresponde al autotransformador, y tomando sólo el primer miembro, se puede escribir, llamándolo P_a , potencia del autotransformador:

$$P_a = I_1 (V_1 - V_2) = I_1 V_1 (1 - V_2/V_1) = I_1 V_1 (1 - 1/k)$$

$$P_a = I_1 V_1 (k-1)/k \quad (1.2)$$

Donde en todo el proceso no se ha hecho otra cosa que artificios algebraicos, a fin de que aparezca la relación de transformación k , como cociente de la tensión primaria y secundaria. Ahora tomemos la potencia

aparente del transformador, que llamaremos P_t , necesaria para rendir el mismo servicio; ya la tenemos expresada en la igualdad que teníamos al principio de este estudio, de la cual sólo tomamos el primer miembro:

$$P_t = V_1 I_1 \quad (1.1)$$

Pues con esta potencia suministramos al secundario una corriente de carga I_2 bajo una tensión V_2 , es decir, lo mismo que nos rinde el autotransformador. Si se divide la expresión que da la potencia necesaria del autotransformador por la del transformador, se llega a la relación:

$$(P_a / P_t) = (k - 1) / k \quad (1.2)$$

Que nos dice que, un autotransformador que nos presta igual servicio que un transformador, tiene menor potencia, luego podrá ser más pequeño, liviano y barato. La relación entre ambas potencias es pequeña para valores de k grandes. Es decir que, por lo que atañe a la potencia en juego en el autotransformador, conviene utilizarlo para relaciones de transformación del orden de la unidad. Para relaciones muy diferentes, las tensiones en los bobinados primarias y secundarias son muy distintas y se crean problemas de aislamiento que pueden decidir la no conveniencia del autotransformador.

Además de la menor potencia necesaria, tenemos que serán menores las pérdidas en el cobre, por circular en la sección secundaria del bobinado una corriente reducida.

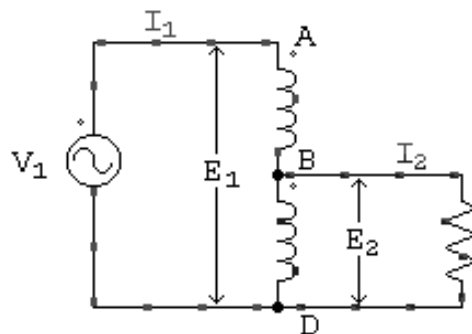
Como en las consideraciones anteriores siempre hemos supuesto mayor a la tensión primaria, y puede no serlo, veamos lo que sucede en tal caso. Para el caso que se desee tener una tensión secundaria mayor que la de la red. La derivación en el bobinado permite conectar la red, y la carga se conecta entre extremos del bobinado.

En la deducción anterior que estudiaba la energía puesta en juego, se supuso que las pérdidas eran nulas, de modo que la potencia primaria era igual a la secundaria. Luego, podemos considerar como primarios a cualquiera de las dos secciones; de esto se desprende que serán válidas las consideraciones hechas para Luego, convendrá el empleo del autotransformador en todos los casos que no se creen problemas de

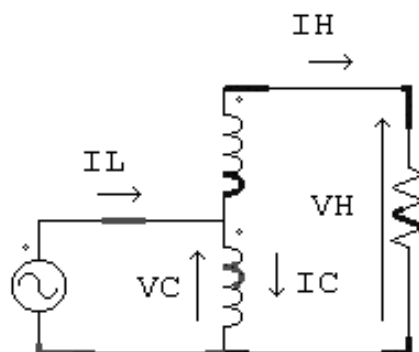
aislamiento entre el circuito primario y secundario, pues la potencia necesaria es menor. Para valores de k cercanos a la unidad, y en este caso serán fraccionarios por ser la tensión primaria menor, la potencia necesaria será muy pequeña, y nunca convendrá utilizar un transformador, salvo que se desee aislar el circuito secundario de la red primaria.

Funcionamiento con carga

Si se conecta una impedancia Z entre los puntos B y D, tal como lo muestra la figura 58, sin entrar en consideraciones sobre el carácter de Z , por ahora, se producirá una variación en las condiciones de funcionamiento. Z puede tener carácter óhmico, inductivo o capacitivo. Al conectarla entre dos puntos que acusan una diferencia de potencial, circulará una corriente, que llamamos I_2 , con subíndice correspondiente a secundario, pues así lo hemos especificado al principio.



Autotransformador reductor



Autotransformador Elevador

Para determinar el sentido instantáneo de esta corriente secundaria hagamos la siguiente observación: en un dado instante, la f.e.m. inducida es tal que el punto A tiene mayor potencial que el D. Luego los vectores de las ff.ee.mm. E_1 y E_2 podemos imaginarlos dibujados con la flecha hacia arriba. La tensión primaria debe vencer a la f.e.m. primaria, luego en ese instante la corriente primaria circula con sentido contrario al que correspondería a la f.e.m. primaria, es decir, de A hacia D. En el secundario, en cambio, la tensión en los bornes y la f.e.m. tienen el mismo sentido, luego la corriente circula hacia arriba, es decir, de D hacia B.

¿Qué sucede en el tramo B D donde tenemos dos corrientes encontradas? Que sólo circulará la diferencia entre ambas, es decir, que en el tramo secundario del bobinado circula una corriente:

$$I_{BD} = I_2 - I_1 \quad (1.3)$$

Debiendo aclararse que esta diferencia debe tener carácter vectorial. Pero ya se comienza a palpar una de las ventajas del autotransformador. En una sección del bobinado circula sólo la diferencia de las corrientes primaria y secundaria. Quiere decir que en el tramo A B tenemos la corriente I_1 ; en el BD tenemos la diferencia $(I_2 - I_1)$ y, en el circuito de carga tenemos la corriente I_2 . En estas consideraciones estamos prescindiendo de la corriente de vacío, porque ya sabemos que es de valor muy pequeño comparada con la primaria de carga. Procediendo así se pueden hacer simplificaciones importantes.

Veamos la relación entre las corrientes primaria y secundaria. Haciendo abstracción de la corriente magnetizante, por su pequeñez, sabemos por lo que se estudió en el primer capítulo, que las ampervueltas primarias deben ser iguales a los ampervueltas secundarios, luego podemos escribir en este caso, y aclarando que la expresión es algebraica y no vectorial, por lo que estudiamos para transformadores al despreciar I_0 :

$$N_1 I_1 = N_2 I_2 \quad (1.4)$$

Que por simple cambio de miembro de sus factores permite escribir:

$$(N_1 / N_2) / (I_2 / I_1) = k$$

Relación que es inversa a la de tensiones o ff.ee.mm., lo mismo que sucedía para los transformadores. Si queremos conocer la relación entre las corrientes circulantes en la sección superior e inferior del bobinado, podemos proceder así: En primer lugar, sabemos ya que:

$$IBD = I_2 - I_1 \quad (1.3)$$

Y si dividimos esta ecuación por la corriente primaria, o sea por la corriente que circula entre A y B, se tiene:

$$(IBD / IAB) = (I_2 / IAB) - (I_1 / IAB)$$

Ahora analicemos lo que ha resultado; el primer término es el cociente entre las corrientes que queríamos obtener; el segundo término es la relación de transformación., pues el denominador es la corriente I1, y el tercer término es la unidad, por ser iguales el numerador y denominador. Luego, se tiene:

$$(IBD / IAB) = k - 1$$

relación cuyo primer miembro es inverso al similar que se obtuvo para las tensiones, pues el segundo miembro de ésta es igual al de la expresión que daba la relación entre las ff.ee.mm. de las secciones superior e inferior.

Si se consideran aisladamente las dos expresiones que han dado por resultado (k - 1), que son el cociente entre las ff.ee.mm. entre puntos A B y B D, y las corrientes circulantes entre B D y A B, podemos suponer al autotransformador como equivalente de un transformador que en lugar de k, tenga una relación de transformación (k - 1), y cuyo primario sea la sección superior A B y cuyo secundario sea la sección B D.

(1.4) Tomado de la pagina 100 del libro de ROLDAN, José Manual del electricista de taller.

Esto es importante en lo que respecta a la transferencia de energía desde la red al circuito de carga en el secundario, pues en ese aspecto, parte de la energía se transfiere por vía electromagnética, como en los transformadores, y parte por vía eléctrica directa, como en un circuito cerrado simple de corriente alternada.

La parte que transfiere energía por vía electromagnética es la A B. que obra como primario ficticio, y la parte que la recibe transferida es la B D, secundario ficticio. Cuando comparemos las características del autotransformador con el transformador volveremos sobre este detalle, para demostrarlo, y para poner de manifiesto una de las cualidades fundamentales del primero, que le da ventajas evidentes con respecto al segundo.

2.5 Hipótesis

En el Colegio Técnico Popular Particular Pichincha el diseño e implementación de un banco de pruebas para arranques de motores trifásicos va a dar la posibilidad de la ampliación de los laboratorios, dando una enseñanza completa con laboratorios equipados, ganado un mayor prestigio y de tener un mayor número de estudiantes cada año.

2.6 Señalamiento de variables de la hipótesis.

2.6.1 Variable Independiente.

El diseño e implementación de un banco de pruebas.

2.6.2 Variable Dependiente.

El arranque de motores Trifásicos en el Colegio Técnico Popular Particular PICHINCHA

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Enfoque

En el presente proyecto se empleará un paradigma cuali-cuantitativo. Mediante el cual buscamos que el diseño e implementación solucione problemas con la participación de las autoridades de la institución, docentes del área de electricidad y los mayores beneficiados sean los alumnos de la institución y gane un mayor prestigio.

3.2 Modalidad básica de la investigación.

La modalidad de investigación a utilizarse es la bibliográfica. Investigación bibliográfica debido a que la información que se necesita para profundizar el tema se obtiene de libros de diferentes autores o a su vez, en su totalidad del Internet.

3.3 Nivel o tipo de investigación.

Los niveles de investigación parten de lo descriptivo hasta llegar a lo explicativo para comprobar la hipótesis fundamentalmente; descubriendo, así, los efectos que tiene la falta un Diseño e Implementación de un banco de pruebas para arranques de motores trifásicos, como es el caso del Colegio Técnico Popular Particular Pichincha.

3.6 Recolección de información.

Para el registro de datos se utilizara los siguientes instrumentos: cuaderno de notas, entrevistas con las autoridades, alumnos y docentes de la institución.

3.7 Procesamiento y análisis

La información recopilada se analizará, para presentar los resultados más óptimos, y solucionar el problema con los equipos mas adecuados.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1 Medición de la corriente de arranque I_a durante el arranque directo.

$$I_a = 19.5 \text{ A}$$

Debido a que el arranque directo no tiene ningún método de arranque hemos podido observar y medir que la I_n del motor de 4 A (medido) a sufrido un incremento de 19.5 A es decir de casi 5 I_n .

4.2 Medición de la corriente de arranque I_a durante el arranque estrella triángulo.

$$I_a = 19.5 \text{ A}$$

Debido a que cuando el motor funciona en conexión en estrella la alimentación del motor se reduce de 220 V a 127 V por ende y por ley de ohm al reducir el voltaje la corriente también debe reducirse, entonces

Funcionamiento	Voltaje del motor (V)	I_a (A)
Estrella	127	8.5
Triángulo	220	11

Hemos podido observar y medir que la I_n del motor de 4 A (medido) a sufrido un incremento de 19.5 A es decir de casi 2.7 I_n .

4.3 Medición de la corriente de arranque I_a durante el arranque por autotransformadores.

Según nuestro diseño es un arranque por autotransformador en tres puntos es decir:

Puntos	Tensión del Autotransformador (V)
Primer Punto	130
Segundo Punto	170
Tercer Punto	220

Según nuestras mediciones de la I_a tenemos:

Puntos	Tensión del motor (V)	I_a (A)
Primer Punto	130	9
Segundo Punto	170	11
Tercer Punto	220	12.1

Hemos podido observar y medir que la I_n del motor de 4 A (medido) a sufrido un incremento de 3 In.

4.4 Medición de la corriente de arranque I_a durante el arranque por resistencias estáticas.

Según nuestro diseño es un arranque por resistencias en dos puntos s es decir:

Puntos	Tensión del motor en cada punto (V)
Primer Punto	128
Segundo Punto	220

Según nuestras mediciones de la I_a tenemos:

Puntos	Tensión del motor (V)	I_a (A)
Primer Punto	130	9
Segundo Punto	220	12.5

Hemos podido observar y medir que la I_n del motor de 4 A (medido) a sufrido un incremento de 3.1 In.

4.5 Comparación entre los sistemas de arranque realizados.

Arranque	In Medido (A)	Ia Medido (A)
Directo	4	5 In
Estrella Triángulo	4	2.7 In
Resistencias Estatóricas	4	3.1 In
Por autotransformador	4	3 In

Para nuestro motor el mejor y más idóneo arranque es el estrella triángulo pero para otro tipo de motor puede ajustarse otro tipo de arranque, como se muestra:

Arranque	Motor
Directo	Cuando el motor comienza en vacío o a media carga, hasta una potencia de 3 KW (criterio del diseñador)
Estrella Triángulo	Para motores que inician su marcha con demanda de par resistente inferior al nominal
Resistencias Estatóricas	Para motores de mediana y gran potencia cuyo par resistente, en el arranque es bajo
Por autotransformador	Para arranque de motores de gran potencia (muy costoso en comparación con el anterior)

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Al finalizar este banco se pudo cumplir con el objetivo principal, el cual fue conocer e implementar con soltura diferentes tipos de arranques para motores trifásicos.
- El arranque de motores trifásicos, su principal objetivo es limitar la corriente de arranque la misma que para nuestro motor aumento en 5 veces la intensidad nominal I_n .
- Las protecciones para motores (rele de sobreintensidad, fusibles breckers, etc.) dependen de la clase de trabajo que vayan a realizar, para nuestro caso el motor va a trabajar en vacío y en base a este requerimiento se dimensionaron las protecciones.
- No todos los motores trifásicos están diseñados para funcionar en estrella, como en triángulo, así que se debe tener un motor que pueda funcionar en los dos tipos de conexiones.
- En el arranque estrella triángulo, el tiempo que el motor funcione en estrella será variable en cada caso, dependiendo sobre todo de la carga que se someta al motor en el arranque para nuestro caso se tomo un tiempo de 5 seg.
- El arranque estrella triángulo es el que mejor satisface las condiciones de arranque, para un motor con rotor en corto circuito (jaula de ardilla), para nuestro caso.
- El arranque por autotransformador resulto el mas costoso, por lo que es muy poco utilizado en la industria.

5.2. Recomendaciones

- Al momento de adquirir los equipos primero se deben adquirir el motor ya que en función de la potencia del motor se deben comprar los diferentes equipos tanto para el circuito de mando como el circuito de potencia,(protecciones).
- Realizar el diseño de los circuitos de mando con la utilización de recursos (contactos auxiliares, temporizadores, contactores, etc.) reducidos al máximo, ya que si se incrementan estos, los costos también aumentarían.
- Antes de realizar cualquier tipo de arranque tener claro el tipo de motor trifásico ya que para los motores de “rotor bobinado” se realizan unas formas de arranque que no pueden ser implementadas en el motor jaula de ardilla.
- Para motores que funcionan a una red de 220 V se conectará en triángulo, y para los que funcionan a una red de 380 V se conectará en estrella.
- Para fines didácticos instruir a los alumnos a diseñar los circuitos de mando y potencia para realizar los arranques, para luego instruir con los dispositivos que realizan los arranques como es el interruptor de cuchilla, el arrancador estrella triángulo.
- Para motores de gran potencia utilizar el arranque por autotransformador, para nuestro caso didáctico es un motor pequeño pero para saber como se realiza este tipo de arranque justifica la inversión elevada.
- Se puede realizar un arranque directo en motores de hasta 2 HP.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 Diseño de los arranques

6.1.1 ARRANQUE DIRECTO DE MOTORES TRIFÁSICOS

Es el sistema de arranque más simple obtenido en un solo tiempo, pues consiste en conectar directamente a la red, a través de un interruptor, contactor, etc. de un motor.

Con este sistema el motor absorbe una corriente de arranque que oscila de 3 a 7 veces la intensidad nominal, el par de arranque es siempre superior al par nominal y permite el arranque rápido de una maquina a plena carga.

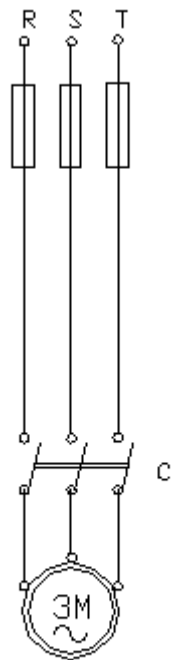
La ventaja que tiene es la simplicidad del material necesario para la puesta en marcha y un par de arranque muy energético. El inconveniente es la elevada corriente de arranque, que por lo tanto, puede provocar una caída de tensión, la cual deberá tenerse en cuenta, pues se debe limitara un 5 % con objeto de tener un buen cierre de los elementos de conexión (interruptores, contactores, etc) y no disminuir el par de arranque.

Las protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos deben soportar la corriente de arranque sin perder su eficacia durante el funcionamiento del motor.

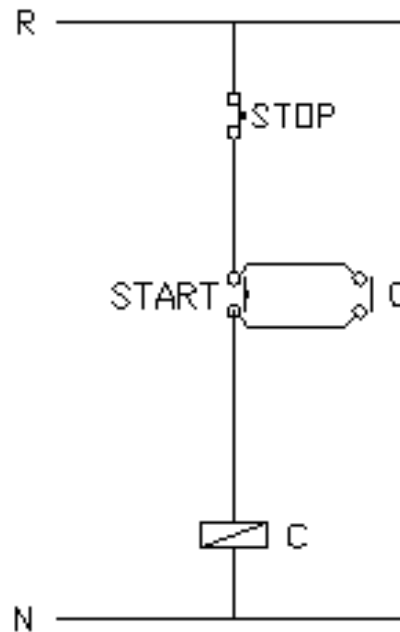
El campo de aplicación de este tipo de arranque es para motores de pequeña potencia o de potencia débil con relación a la potencia de la red y para maquinas que no necesitan una progresiva puesta en velocidad.

Cuando llegan a igualarse el par del motor y el resistente, la velocidad se estabiliza junto con la corriente de la línea

.Normalmente este sistema de arranque está limitado para la apuesta en marcha de motores con una potencia no superior a 4 o 5 caballos aproximadamente, así la intensidad de arranque puede ser absorbida por la línea de distribución.



CIRCUITO DE POTENCIA



CIRCUITO DE MANDO

Requerimientos del equipo de mando

Arranque	Contactores	Contactos		Pulsadores Dobles	Lámparas De señalización
		NA	NC		
Directo	1	1	0	1	2

Requerimientos del equipo de potencia

Arranque	Motor Jaula de Ardilla	Fusibles y Porta Fusibles	Contactores	Relé Térmico
Directo	1	3	1	1

Características Equipo de Mando, equipo de potencia y equipo de arranque

- Para la selección del motor hemos tomado en cuenta que para fines didácticos será necesario un motor de las siguientes características:

Motor Trifásico	
Tipo	Jaula de ardilla
Velocidad	3400 r.p.m.
Polos	2 polos
Potencia	2 HP
	1.5 KW
FS	1.15
Corriente	6 A
Voltaje de Alimentación	220

- Una vez que hemos adquirido el motor pasamos a la selección del contactor ya que en base a la potencia del motor pasaremos a la selección de este equipo con las siguientes características:

CONTACTOR	
Tipo	Tripolar
Voltaje de Bobina	110 V
Corriente que soportan los contactos principales	7 A (Se selecciona este tipo ya que la In del motor es de 6.2 A)
Para un Motor trifásico de	2 HP
	220 V
Contactos Aux. Integrados	1 NA – 1NC
Serie	GMC 22 110/220V

- Ahora seleccionaremos los pulsadores dobles para este equipo necesitaremos las siguientes características y requerimientos:

Pulsador Doble luminoso	
Tipo	22 mm
Característica	Para montaje frontal
Corriente de empleo	6 A hasta 240 VAC
Tensión de aislamiento	400 VAC

Nota: Las lámparas luminosas son opcionales se pueden adquirir pulsadores dobles sin lámparas.

- Seguidamente seleccionaremos las luces indicadoras que en este arranque necesitaremos una luz roja que nos indica que esta parado el motor y una verde que nos indicara que el motor esta en marcha.

Luces Piloto	
Tipo	Cuerpo de fijación posterior
Característica	Con bombillo incandescente incluido
Color	Rojo, Verde
Voltaje de alimentación	110/220V

- Una vez seleccionados estos elementos anteriormente descritos pasaremos a seleccionar los elementos de protección:

Para seleccionar los equipos de protección nos basaremos en el **Anexo 1** para seleccionar tanto los fusibles como los reles térmicos, para la selección de los equipos nos basaremos en la potencia del motor y su In.

Según las características del motor tenemos:

Anexo1 <http://www.geocities.com/SiliconValley/Program/7735/TECNOL16.html>

Motor trifásico	
Potencia	2 HP
	1.5 KW
In	6 A
Alimentación	3x220 V

Y según el anexo 1 tenemos:

MOTOR TRIFASICO					
3X220 V		3X380 V		RELE TERMICO	FUSIBLES
KW	A (In)	KW	A(In)	A	A
1.5	6.1	3	6.6	6.3 a 10	12

Debemos adquirir fusibles de 12 A y un rele térmico con una regulación de 6.3 a 10 Amperios.

Además para los fusibles debemos adquirir los portafusibles de las siguientes características:

Porta fusibles	
Tipo	1 polo
Característica	Para riel
Cantidad	3

- Seleccionaremos ahora el breaker trifásico en base a las siguientes características

Breaker Trifásicos	
Tipo	Tripolar
Corriente térmica (In)	10 A (Se selecciona este tipo ya que los fusibles deben ser de mayor amperaje que el breaker).
Característica	Para riel

- Seleccionaremos también para realizar las mediciones el siguiente equipo con las siguientes características:

Equipo de Medición	
Tipo	Amperímetro
Rango de medición	0-60A AC
Tipo	Voltímetro
Rango de medición	0-300V AC

6.1.2 ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO EN CONEXIÓN- ESTRELLA - TRIÁNGULO

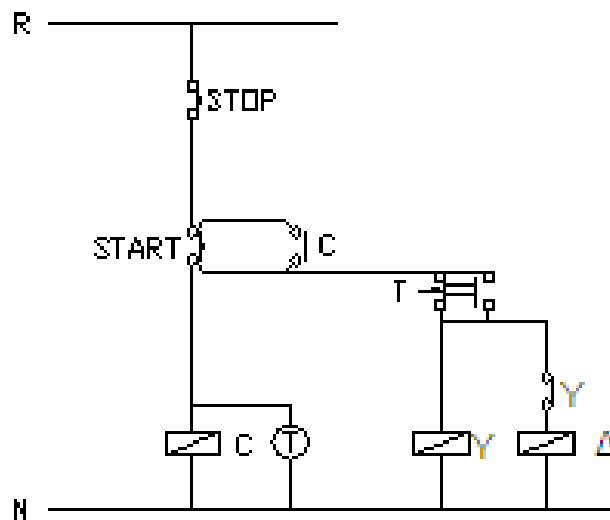
Los motores trifásicos absorben en el momento de arranque más intensidad de la nominal. Este aumento de intensidad en el arranque provoca una sobrecarga en la línea que a su vez origina una caída de tensión pudiendo ser perjudicial para otros receptores. En los motores de jaula de ardilla, la intensidad de arranque supera de 3 a 7 veces la nominal. Para evitar este

aumento de intensidad se utiliza el arranque estrella - triángulo, que consiste en conectar el motor en estrella a la tensión correspondiente a triángulo, transcurrido unos segundos, cuando el motor casi ha alcanzado su velocidad nominal, se pasa a triángulo. Para que se pueda efectuar el arranque estrella - triángulo, la tensión de la línea debe ser igual a la correspondiente a la tensión en triángulo del motor, o sea la menor de la indicada en la placa de características del motor.

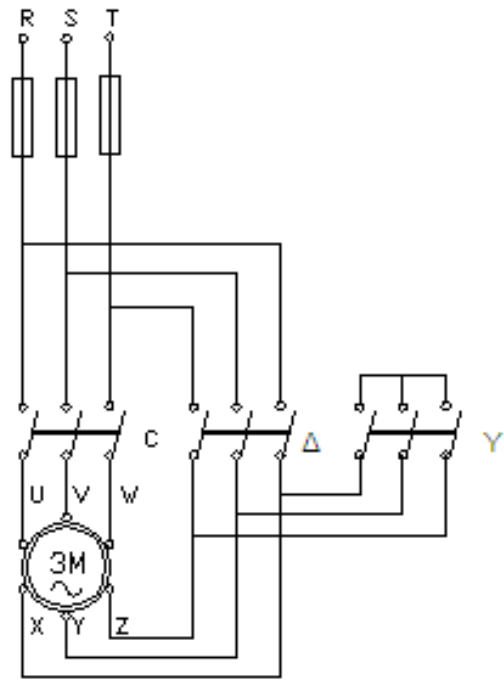
En este caso se dispone de un temporizador de tipo mecánico. El circuito eléctrico del temporizador puede permanecer conectado después de hacer la continuación de su contacto temporizado.

Conexión estrella – contactores C + estrella λ

Conexión triángulo – contactores C + triángulo Δ



CIRCUITO DE MANDO



CIRCUITO DE POTENCIA

Requerimientos del equipo de mando

Arranque	Contactores	Contactos		Temporizadores	Temporizadores		Pulsadores Dobles	Lámparas De señalización
		NA	NC		NA	NC		
Estrella-Triángulo	3	1	1	1	1	1	1	3

Requerimientos del equipo de potencia

Arranque	Motor Jaula de Ardilla	Fusibles y Porta Fusibles	Contactores	Relé Térmico
Estrella-Triángulo	1	3	3	1

Características Equipo de Mando, equipo de potencia y equipo de arranque

- Para la selección del motor hemos tomado en cuenta que para fines didácticos será necesario un motor de las siguientes características:

Motor Trifásico	
Tipo	Jaula de ardilla
Velocidad	3400 r.p.m.
Polos	2 polos
Potencia	2 HP
	1.5 KW
FS	1.15
Corriente	6 A
Voltaje de Alimentación	220

- Una vez que hemos adquirido el motor pasamos a la selección del contactor ya que en base a la potencia del motor pasaremos a la selección de este equipo con las siguientes características:

CONTACTOR	
Tipo	Tripolar
Voltaje de Bobina	110 V
Corriente que soportan los contactos principales	7 A (Se selecciona este tipo ya que la In del motor es de 6.2 A)
Para un Motor trifásico de	2 HP
	220 V
Contactos Aux. Integrados	1 NA – 1NC
Serie	GMC 22 110/220V

- Pasamos ahora a la selección de los reles de tiempo debido a que el máximo tiempo que necesitan nuestro arranque es de 10 seg. Necesitaremos un rele en donde la regulación será de 0 a 60 seg. Con las siguientes características y requerimientos

RELE DE TIEMPO	
Tipo	ON DELAY
Regulación (seg.)	0-60
Voltaje de bobina	110 V
Serie	CAMSCO 6 seg.- 60 min.
Adicional	
Base para rele	8 pines pequeño

Nota: Las bases para rele se venden por separado y se compran según el presupuesto.

- Ahora seleccionaremos los pulsadores dobles para este equipo necesitaremos las siguientes características y requerimientos:

Pulsador Doble luminoso	
Tipo	22 mm
Característica	Para montaje frontal
Corriente de empleo	6 A hasta 240 VAC
Tensión de aislamiento	400 VAC

Nota: Las lámparas luminosas son opcionales se pueden adquirir pulsadores dobles sin lámparas.

- Seguidamente seleccionaremos las luces indicadoras que en este arranque necesitaremos una luz roja que nos indica que esta parado el motor y una verde que nos indicara que el motor esta funcionando en estrella, y una amarilla que nos indica que el motor esta funcionando en triangulo.

Luces Piloto	
Tipo	Cuerpo de fijación posterior
Característica	Con bombillo incandescente incluido
Color	Rojo, Verde, Amarilla
Voltaje de alimentación	110/220V

- Una vez seleccionados estos elementos anteriormente descritos pasaremos a seleccionar los elementos de protección:

Para seleccionar los equipos de protección nos basaremos en el **Anexo 1** para seleccionar tanto los fusibles como los rele térmicos, para la selección de los equipos nos basaremos en la potencia del motor y su In.

Según las características del motor tenemos:

Motor trifásico	
Potencia	2 HP
	1.5 KW
In	6 A
Alimentación	3x220 V

Y según el anexo 1 tenemos:

MOTOR TRIFASICO				RELE TERMICO	FUSIBLES
3X220 V		3X380 V			
KW	A (In)	KW	A(In)	A	A
1.5	6.1	3	6.6	6.3 a 10	12

Anexo1 <http://www.geocities.com/SiliconValley/Program/7735/TECNOL16.html>

Debemos adquirir fusibles de 12 A y un rele térmico con una regulación de 6.3 a 10 Amperios.

Además para los fusibles debemos adquirir los portafusibles de las siguientes características:

Porta fusibles	
Tipo	1 polo
Característica	Para riel
Cantidad	3

- Seleccionaremos ahora el breaker trifásico en base a las siguientes características

Breaker Trifásicos	
Tipo	Tripolar

Corriente térmica (In)	10 A (Se selecciona este tipo ya que los fusibles deben ser de mayor amperaje que el breaker).
Característica	Para riel

- Seleccionaremos también para realizar las mediciones el siguiente equipo con las siguientes características:

Equipo de Medición	
Tipo	Amperímetro
Rango de medición	0-60A AC
Tipo	Voltímetro
Rango de medición	0-300V AC

6.1.3 ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO, POR MEDIO DE RESISTENCIAS CONECTADAS AL BOBINADO ESTATÓRICO.

Este tipo de arranque consiste en intercalar entre la línea y el motor unas resistencias que se irán eliminando progresivamente, a medida que el motor vaya adquiriendo velocidad.

La intensidad absorbida será proporcional a la tensión aplicada a los bornes del motor. El par se reduce con el cuadrado de la relación de tensiones.

Aun en el caso de arranque en dos puntos se obtiene una aceleración suave y sin

antes de eli

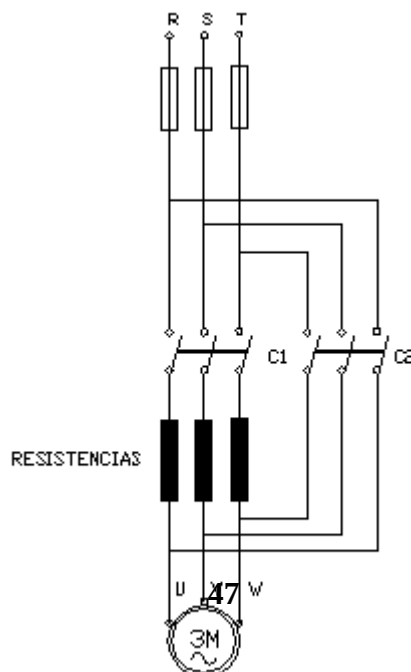
reducida. La

de tensión, c

Este tipo de

cuyo par sea

Para cada



riodo de arranque, y

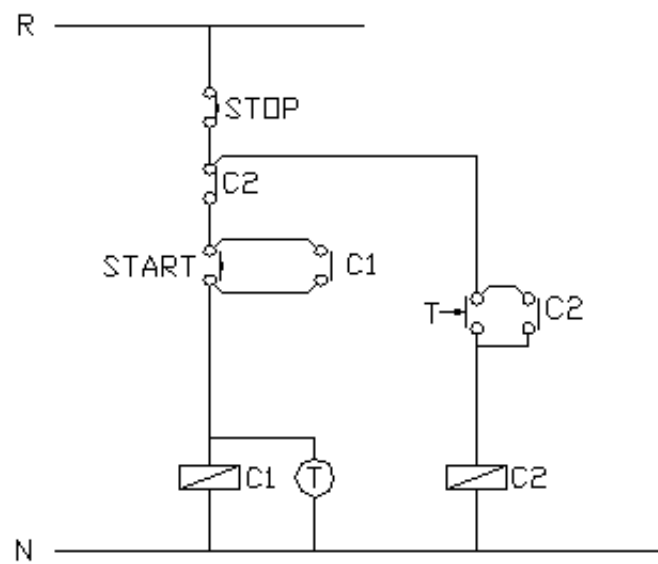
ión en ella es muy

taja que no hay corte

accionan maquinas

ner del equipo de

CIRCUITO DE POTENCIA



CIRCUITO DE MANDO

Requerimientos del equipo de mando

Arranque	Contactores	Contactos		Temporizadores	Temporizadores		Pulsadores Dobles	Lámparas De señalización
		NA	NC		NA	NC		
Resistencias Estatóricas	2	2	1	1	1	-	1	2

Requerimientos del equipo de potencia

Arranque	Motor Jaula de Ardilla	Fusibles y Porta Fusibles	Contactores	Relé Térmico	Equipo de Arranque
Resistencias Estatóricas	1	3	2	1	3 resistencias

Características Equipo de Mando, equipo de potencia y equipo de arranque

- Para la selección del motor hemos tomado en cuenta que para fines didácticos será necesario un motor de las siguientes características:

Motor Trifásico	
Tipo	Jaula de ardilla
Velocidad	3400 r.p.m.
Polos	2 polos
Potencia	2 HP
	1.5 KW
FS	1.15
Corriente	6 A
Voltaje de Alimentación	220

- Una vez que hemos adquirido el motor pasamos a la selección del contactor ya que en base a la potencia del motor pasaremos a la selección de este equipo con las siguientes características:

CONTACTOR	
Tipo	Tripolar
Voltaje de Bobina	110 V
Corriente que soportan los contactos principales	7 A (Se selecciona este tipo ya que la In del motor es de 6.2 A)
Para un Motor trifásico de	2 HP
	220 V
Contactos Aux. Integrados	1 NA – 1NC
Serie	GMC 22 110/220V

- Pasamos ahora a la selección de los relés de tiempo debido a que el máximo tiempo que necesitan nuestro arranque es de 10 seg. Necesitaremos un relé en donde la regulación será de 0 a 60 seg. Con las siguientes características y requerimientos

RELE DE TIEMPO	
Tipo	ON DELAY
Regulación (seg.)	0-60
Voltaje de bobina	110 V
Serie	CAMSCO 6 seg.- 60 min.
Adicional	
Base para rele	8 pines pequeño

Nota: Las bases para rele se venden por separado y se compran según el presupuesto.

- Ahora seleccionaremos los pulsadores dobles para este equipo necesitaremos las siguientes características y requerimientos:

Pulsador Doble luminoso	
Tipo	22 mm
Característica	Para montaje frontal
Corriente de empleo	6 A hasta 240 VAC
Tensión de aislamiento	400 VAC

Nota: Las lámparas luminosas son opcionales se pueden adquirir pulsadores dobles sin lámparas.

- Seguidamente seleccionaremos las luces indicadoras que en este arranque necesitaremos una luz roja que nos indica que esta parado el motor, una verde que nos indicara que el motor esta funcionando con las resistencias, y una amarilla que nos indicara que el motor esta funcionando solo en marcha.

Luces Piloto	
Tipo	Cuerpo de fijación posterior
Característica	Con bombillo incandescente incluido
Color	Rojo, Verde, Amarilla
Voltaje de alimentación	110/220V

- Una vez seleccionados estos elementos anteriormente descritos pasaremos a seleccionar los elementos de protección:

Para seleccionar los equipos de protección nos basaremos en el **Anexo 1** para seleccionar tanto los fusibles como los reles térmicos, para la selección de los equipos nos basaremos en la potencia del motor y su In.

Según las características del motor tenemos:

Motor trifásico	
Potencia	2 HP
	1.5 KW
In	6 A
Alimentación	3x220 V

Y según el Anexo 1 tenemos:

MOTOR TRIFASICO					
3X220 V		3X380 V		RELE	FUSIBLES
KW	A (In)	KW	A(In)	TERMICO	A
1.5	6.1	3	6.6	6.3 a 10	12

Anexo1 <http://www.geocities.com/SiliconValley/Program/7735/TECNOL16.html>

Debemos adquirir fusibles de 12 A y un rele térmico con una regulación de 6.3 a 10 Amperios.

Además para los fusibles debemos adquirir los portafusibles de las siguientes características:

Porta fusibles	
Tipo	1 polo
Característica	Para riel
Cantidad	3

- Seleccionaremos ahora el breaker trifásico en base a las siguientes características

Breaker Trifásicos	
Tipo	Tripolar

Corriente térmica (In)	15 A (Se selecciona este tipo ya que los fusibles seleccionamos para una I de arranque de hasta 12 A)
Característica	Para riel

- Seleccionaremos también para realizar las mediciones el siguiente equipo con las siguientes características:

Equipo de Medición	
Tipo	Amperímetro
Rango de medición	0-60A AC
Tipo	Voltímetro
Rango de medición	0-300V AC

- **Ahora vamos a dimensionar las resistencias**

Determinar la In del motor midiéndola:

$$I_n = 4 \text{ A}$$

Podemos ver que el verdadero valor de In de nuestro motor es de 4 A, ya que necesariamente debemos determinar nosotros este valor y según nuestras propias mediciones.

Para dimensionar el valor de la resistencia nos ayudaremos de la siguiente formula:

$$R_f = \frac{0.055 * U_L}{I_n} \quad (6.1)$$

En donde:

Rf = Resistencia por fase

UL = Tensión de línea

In = Intensidad nominal

Entonces:

$$R_f = \frac{0.055 * 220V}{4A}$$

$$R_f = \frac{12.1V}{4A}$$

$$R_f = 3\Omega$$

Ahora determinaremos el valor de la intensidad que va a soportar la resistencia, y según criterio de diseño tenemos que es un 47% de la $I_a = 19.5 A$, entonces:

$$I_a = 9.1A$$

(6.1) tomado de la pagina 99 del libro de ROLDAN, José Motores eléctricos automatismos de control.

Entonces podemos determinar la potencia de la resistencia:

$$P = I^2 * R \quad (6.2)$$

$$P = (9.1A)^2 * 3\Omega$$

$$P = 248.43 W$$

La resistencia que pudimos conseguir es una niquelina de 3Ω , a una potencia de 300W, que es la que se pudo encontrar para realizar las pruebas de este arranque.

Entonces nosotros necesitaremos 3 resistencias de las especificaciones mencionadas.

6.1.4 ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO MEDIANTE AUTOTRANSFORMADOR

Características: en 3 tiempos, el autotransformador debe estar calculado para que el paso sobre la bobina de autoinducción no provoque un par de frenado. Este concepto delega en el constructor.

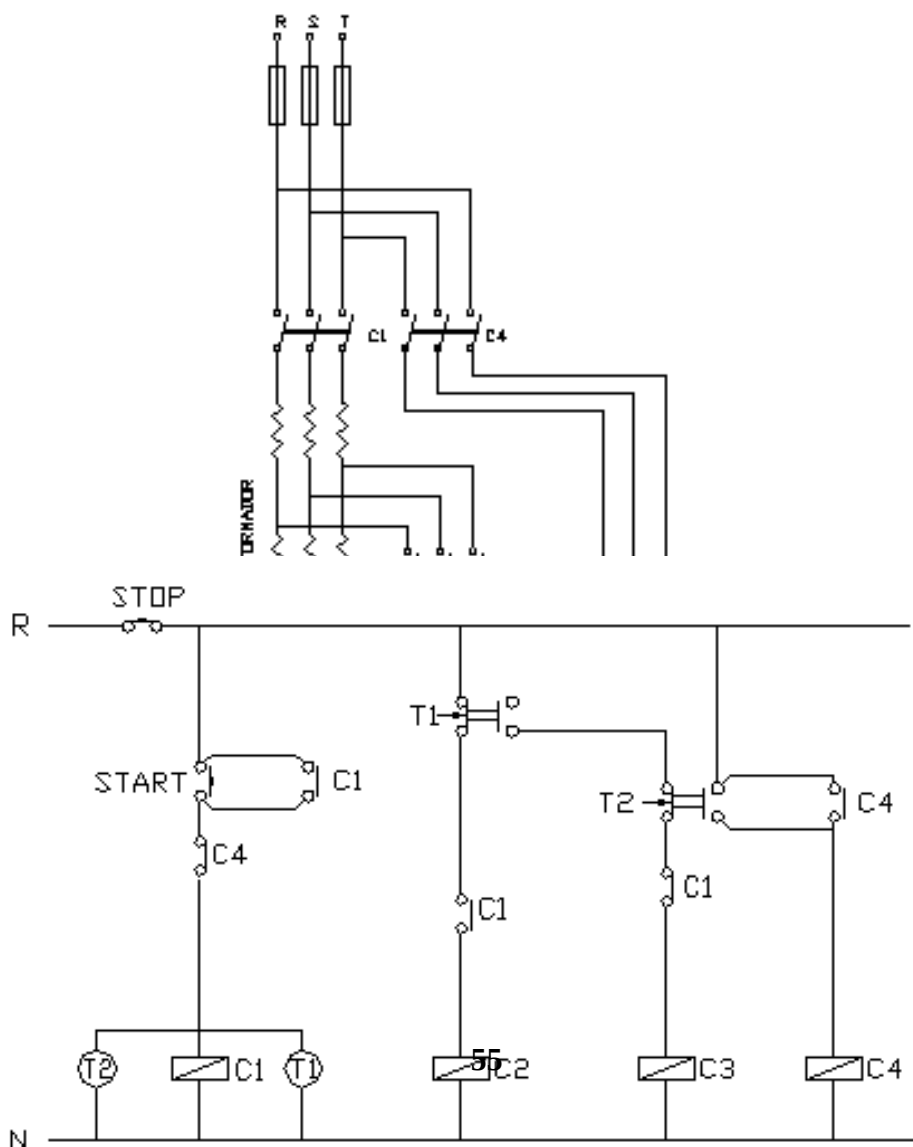
Este sistema de arranque consiste en alimentar el motor a tensión reducida, a través de un autotransformador, de forma que las sucesivas tensiones aplicadas en bornes del motor tengan un valor creciente

durante el periodo de arranque, hasta alcanzar el valor de la tensión nominal de línea, obteniéndose de esta forma una reducción de la corriente de arranque y del par motor, en la misma proporción.

Por lo general los autotransformadores se equipan con tomas para el 130 V, 170 V y 220 V de la tensión de línea. El número de puntos de arranque depende de la potencia del motor y de las características de la máquina accionada.

La característica más interesante de este sistema de arranque es la reducción de la corriente de arranque, aunque debe tenerse en cuenta también la reducción del par de arranque, ya que éste debe resultar suficiente para acelerar la máquina accionada, hasta la velocidad nominal.

(6.2) Tomado de KHUN, Robert Pequeños Transformadores.



CIRCUITO DE MANDO

Requerimientos del equipo de mando

Arranque	Contactores	Contactos		Temporizadores	Temporizadores		Pulsadores Dobles	Lámparas De señalización
		NA	NC		NA	NC		
Por Autotransformadores	4	3	2	2	2	2	1	4

Requerimientos del equipo de potencia

Arranque	Motor Jaula de Ardilla	Fusibles y Porta Fusibles	Contactores	Relé Térmico	Equipo De Arranque
Por autotransformadores	1	3	4	1	Autotransformador Trifásico

Características Equipo de Mando, equipo de potencia y equipo de arranque

- Para la selección del motor hemos tomado en cuenta que para fines didácticos será necesario un motor de las siguientes características:

Motor Trifásico	
Tipo	Jaula de ardilla
Velocidad	3400 r.p.m.
Polos	2 polos
Potencia	2 HP
	1.5 KW
FS	1.15
Corriente	6 A
Voltaje de Alimentación	220

- Una vez que hemos adquirido el motor pasamos a la selección del contactor ya que en base a la potencia del motor pasaremos a la selección de este equipo con las siguientes características:

CONTACTOR	
Tipo	Tripolar
Voltaje de Bobina	110 V
Corriente que soportan los contactos principales	7 A (Se selecciona este tipo ya que la In del motor es de 6.2 A)
Para un Motor trifásico de	2 HP
	220 V
Contactos Aux. Integrados	1 NA – 1NC
Serie	GMC 22 110/220V

- Pasamos ahora a la selección de los relés de tiempo debido a que el máximo tiempo que necesitan nuestro arranque es de 10 seg. Necesitaremos un relé en donde la regulación será de 0 a 60 seg. Con las siguientes características y requerimientos

RELE DE TIEMPO	
Tipo	ON DELAY
Regulación (seg.)	0-60
Voltaje de bobina	110 V
Serie	CAMSCO 6 seg.- 60 min.
Adicional	
Base para rele	8 pines pequeño

Nota: Las bases para rele se venden por separado y se compran según el presupuesto.

- Ahora seleccionaremos los pulsadores dobles para este equipo necesitaremos las siguientes características y requerimientos:

Pulsador Doble luminoso	
Tipo	22 mm
Característica	Para montaje frontal
Corriente de empleo	6 A hasta 240 VAC
Tensión de aislamiento	400 VAC

Nota: Las lámparas luminosas son opcionales se pueden adquirir pulsadores dobles sin lámparas.

- Seguidamente seleccionaremos las luces indicadoras que en este arranque necesitaremos una luz roja que nos indica que esta parado el motor y una verde que nos indicara que el motor esta en marcha.

Luces Piloto	
Tipo	Cuerpo de fijación posterior
Característica	Con bombillo incandescente incluido
Color	Rojo, Verde
Voltaje de alimentación	110/220V

- Una vez seleccionados estos elementos anteriormente descritos pasaremos a seleccionar los elementos de protección:
Para seleccionar los equipos de protección nos basaremos en el

Anexo 1 para seleccionar tanto los fusibles como los reles térmicos, para la selección de los equipos nos basaremos en la potencia del motor y su In.

Según las características del motor tenemos:

Motor trifásico	
Potencia	2 HP
	1.5 KW
In	6 A
Alimentación	3x220 V

Y según el anexo 1 tenemos:

MOTOR TRIFASICO					
3X220 V		3X380 V		RELE	FUSIBLES
KW	A (In)	KW	A(In)	TERMICO	A
1.5	6.1	3	6.6	6.3 a 10	12

Debemos adquirir fusibles de 12 A y un rele térmico con una regulación de 6.3 a 10 Amperios.

Anexo1 <http://www.geocities.com/SiliconValley/Program/7735/TECNOL16.html>

Además para los fusibles debemos adquirir los portafusibles de las siguientes características:

Porta fusibles	
Tipo	1 polo
Característica	Para riel
Cantidad	3

- Seleccionaremos ahora el breaker trifásico en base a las siguientes características

Breaker Trifásicos

Tipo	Tripolar
Corriente térmica (In)	15 A (Se selecciona este tipo ya que los fusibles seleccionamos para una I de arranque de hasta 12 A)
Característica	Para riel

- Seleccionaremos también para realizar las mediciones el siguiente equipo con las siguientes características:

Equipo de Medición	
Tipo	Amperímetro
Rango de medición	0-60A AC
Tipo	Voltímetro
Rango de medición	0-300V AC

- Ahora vamos a dimensionar el autotransformador y describir sus características técnicas.

Especificaciones	
Potencia	1.5 KW
Tipo	Reductor
Voltaje primario	220 V
Voltaje de salida 1	130 V
Voltaje de salida 2	170 V

Seleccionamos esos valores de salida 1 y salida 2 como criterio de diseño.

Ahora vamos a describir las especificaciones para el cálculo de bobinado.

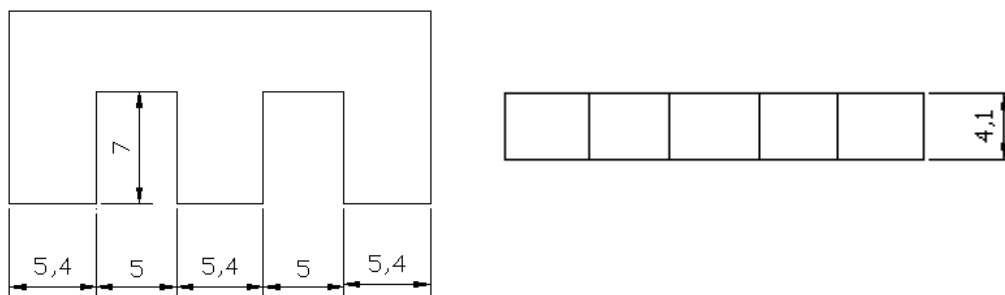
Fórmulas de cálculo para el Autotransformador.

$\frac{U_p}{U_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (1.1)$	$S_n = l_1 * l_2 \quad (6.3)$
En donde :	

U_p = Voltaje primario	S_n = Sección del núcleo
U_s = Voltaje secundario	l_1 = lado 1
I_p = Intensidad primario	l_2 = lado 2
I_s = Intensidad secundario	

$\phi_m = S_n * \beta$ (6.4)	$N_p = \frac{U_p * 10^8}{4.44 * f * \phi_m}$ (6.5)
En donde :	
ϕ_m = Flujo magnético	N_p = Numero de espiras del primario
S_n = Sección del núcleo	U_p = Voltaje primario
β = Densidad de flujo	f = Frecuencia 60 Hz.
	ϕ_m = Flujo magnético

(6.3) - (6.4) - (6.5) Tomado de KHUN, Robert Pequeños Transformadores.
Dimensiones del núcleo.



Determinamos la sección del núcleo.

$$S_n = l_1 * l_2$$

$$S_n = 5.4cm * 4.1cm$$

$$S_n = 22cm^2$$

Determinamos el flujo magnético.

$$\phi_m = S_n * \beta$$

$$\phi_m = 22 * 12000$$

$$\phi_m = 264000$$

$\beta = 12000$ Gauss según anexo 5 AlNiCo 500 dato del fabricante.

Determinamos el número de espiras primarias.

$$N_p = \frac{U_p * 10^8}{4.44 * f * \phi_m} \qquad N_p = \frac{220 * 10^8}{4.44 * 60 * 264000}$$

$$N_p = 312.8 \cong 313 \text{ espiras} \Rightarrow \frac{313 \text{ espiras}}{3 \text{ fases}} = 104 \frac{\text{espiras}}{\text{fase}}$$

Determinamos el número de espiras secundarias1.

$$N_s = \frac{U_s * 10^8}{4.44 * f * \phi_m} \qquad N_s = \frac{130 * 10^8}{4.44 * 60 * 264000}$$

$$N_s = 184.8 \cong 185 \text{ espiras} \Rightarrow \frac{185 \text{ espiras}}{3 \text{ fases}} = 62 \frac{\text{espiras}}{\text{fase}}$$

Determinamos el número de espiras secundarias2.

$$N_s = \frac{U_s * 10^8}{4.44 * f * \phi_m} \qquad N_s = \frac{170 * 10^8}{4.44 * 60 * 264000}$$

$$N_s = 241.7 \cong 242 \text{ espiras} \Rightarrow \frac{242 \text{ espiras}}{3 \text{ fases}} = 81 \frac{\text{espiras}}{\text{fase}}$$

Determinamos la Intensidad primaria, y despejando la I_p de la formula (1.1) tenemos:

$$I_s = I_n = 4A$$

$$I_p = \frac{I_s * U_s}{I_p} \Rightarrow I_p = \frac{4 * 170}{220} = 3.09$$

- Para el bobinado del primario seleccionamos el alambre calibre 16 ya que según el Anexo 4 este soporta 3.66 A y la I_p es de 3.09 A, le estamos dando un factor de seguridad del 15 % de la I_p (criterio de diseño).
- Para el bobinado del secundario seleccionamos el alambre calibre 15 ya que según el Anexo 4 este soporta 4.62 A y la I_n es de 4 A, le estamos dando un factor de seguridad del 15 % de la I_n (criterio de diseño).

Determinamos el número de vueltas por capa.

Bobinado primario:

Según el Anexo 4 el diámetro de este alambre es: Alambre 16 diámetro: 1.291 mm + 10% (por el espacio entre alambre y alambre):

Diámetro: 1.42 mm. Largo del carrete para bobinado: 70mm.

$$\frac{70mm}{1.42mm} = 49 \frac{vueltas}{capa} \Rightarrow \frac{104vueltas}{49 \frac{vueltas}{capa}} = 2capas _ por _ fase$$

Bobinado secundario:

Según el Anexo 4 el diámetro de este alambre es: Alambre 15 diámetro: 1.45 mm + 10% (por el espacio entre alambre y alambre):

Diámetro: 1.6 mm. Largo del carrete para bobinado: 70mm.

$$\frac{70mm}{1.6mm} = 44 \frac{vueltas}{capa} \Rightarrow \frac{81vueltas}{44 \frac{vueltas}{capa}} = 1.8 \cong 2capas _ por _ fase$$

Uota: No olvidar que en la vuelta 62 debemos sacar la toma para 130V.

Anexo 4, tomado de la página 24 de DONALD, Richardson. Maquinas eléctricas rotativas y transformadores.

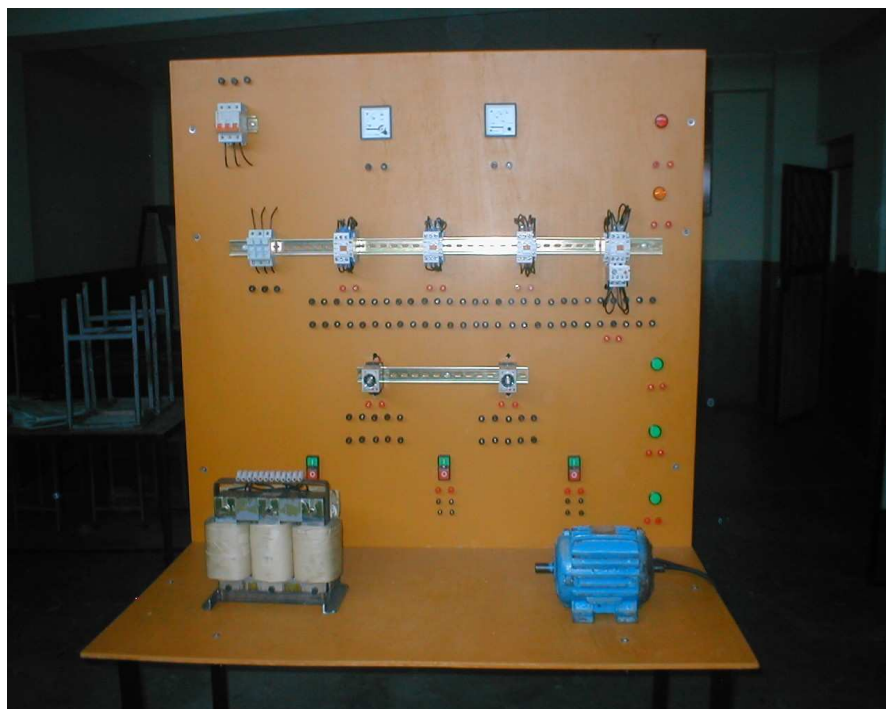
6.2 Adquisición Equipo de Mando y Equipo de Potencia y otros

Equipo	Cantidad	Precio U.	Total
Contactador	4	20.75	83.00
Brecker	1	16.20	16.20
Porta fusibles	3	1.49	4.47
Pulsador doble	3	3.84	11.52
Luz piloto	4	1.30	5.20
Contacto auxiliar lateral	1	4.22	4.22
Rele térmico	1	20.35	20.35
Voltímetro	1	8.51	8.51
Amperímetro	1	13.10	13.10
Temporizador	2	14.30	28.60
Motor	1	117	117
Autotransformador	1	250	250
Estructura	1	84	84
Cable de conexión # 12	30m.	0.48	14.40

Otros			150
Subtotal	810.57		
12% IVA	97.23		
Total	907.84		

6.3 Diseño de la estructura.

6.4 Implementación del banco de pruebas.



6.5 Diagrama de Conexiones

6.6 Elaboración de folletos guías de laboratorio

LABORATORIO N° 01

1. **Tema:** ARRANQUE DIRECTO DE MOTORES TRIFASICOS.

2. **Objetivos.**

2.1 Objetivo General

Implementar el circuito de potencia y el circuito de mando para un arranque directo de motores trifásicos.

2.2 Objetivos Específicos

- Medir la corriente de arranque.
- Medir el voltaje de línea antes y durante el arranque.

3. **Marco Teórico.**

Es el sistema de arranque más simple obtenido en un solo tiempo, pues consiste en conectar directamente a la red, a través de un interruptor, contactor, etc. de un motor,

Con este sistema el motor absorbe una corriente de arranque que oscila de 3 a 7 veces la intensidad nominal, el par de arranque es siempre superior al par nominal y permite el arranque rápido de una maquina a plena carga.

La ventaja que tiene es la simplicidad del material necesario para la puesta en marcha y un par de arranque muy energético. El inconveniente es la elevada corriente de arranque, que por lo tanto, puede provocar una caída de tensión, la cual deberá tenerse en cuenta, pues se debe limitara un 5 % con objeto de tener un buen cierre de los elementos de conexión (interruptores, contactores, etc) y no disminuir el par de arranque.

Las protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos deben soportar la corriente de arranque sin perder su eficacia durante el funcionamiento del motor.El campo de aplicación de este tipo de arranque es para motores de pequeña potencia o de potencia débil con relación a la potencia de la red y para maquinas que no necesitan una progresiva puesta en velocidad.

Cuando llegan a igualarse el par del motor y el resistente, la velocidad se estabiliza junto con la corriente de la línea.

Normalmente este sistema de arranque está limitado para la apuesta en marcha de motores con una potencia no superior a 4 o 5 caballos aproximadamente, así la intensidad de arranque puede ser absorbida por la línea de distribución.

4. Instrumentos y Equipos.

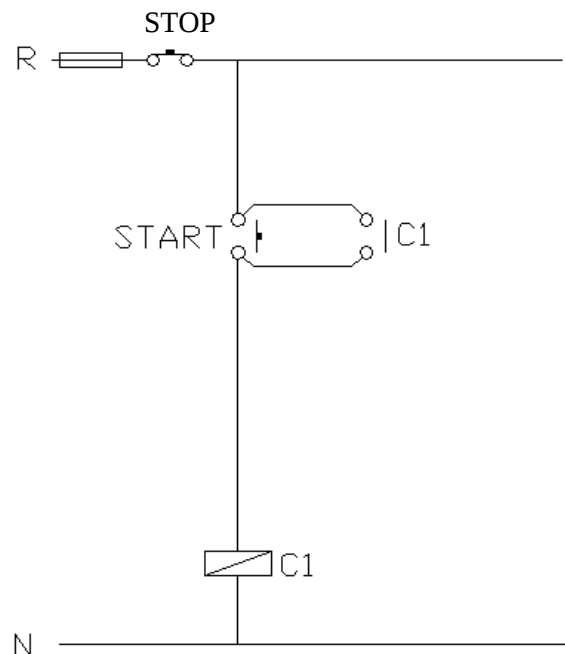
- Contactor.
- Elementos de protección.(brecker, fusibles, rele de sobre intensidad)
- Amperímetro.
- Voltímetro.
- Pulsadores dobles.
- Motor trifásico.
- Cables de conexión.

5. Procedimientos.

¡Advertencia! trabajar de forma cuidadosa y responsable ya que esta trabajando con corrientes trifásicas, así que:

PIENSE PRIMERO antes de realizar cualquier acción.

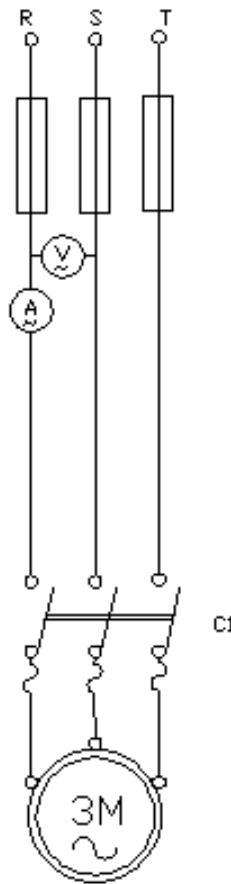
5.1. Implemente el siguiente circuito de control.



- Antes de energizar el circuito verifique que el portafusible este con su respectivo fusible.

- Haga que su profesor revise las conexiones antes de ser energizado el circuito.
- Una vez energizado, el circuito de mando debe hacer lo siguiente:
 - Pulse START y se debe enclavar el contactor C1.
- Si su circuito de mando realiza la acción antes dicha pase al numeral siguiente.

5.2 Implemente el siguiente circuito de potencia.



5.3 Mida y anote los valores de voltaje antes del arranque.

Voltaje entre fases R-S:

V = [V]

Voltaje entre fases R-T:

V = [V]

Voltaje entre fases T-S:

V = [V]

5.4 Mida y anote los valores de voltaje durante el arranque.

Voltaje entre fases R-S:

$V = \dots\dots\dots [V]$

Voltaje entre fases R-T:

$V = \dots\dots\dots [V]$

Voltaje entre fases T-S:

$V = \dots\dots\dots [V]$

5.5 Compare los valores de voltaje antes y durante el arranque, analícelos y de varias conclusiones.

5.6 Mida y anote los valores de corriente durante el arranque.

Corriente de línea R:

Corriente=..... [A]

Corriente de línea S:

Corriente=..... [A]

Corriente de línea T:

Corriente=..... [A]

5.7 Compare los valores de corriente medidos, analícelos y de varias conclusiones.

LABORATORIO N° 02

1. **Tema:** ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO DE MOTORES TRIFASICOS.

2. **Objetivos.**

2.1 Objetivo General

Implementar el circuito de potencia y el circuito de mando para un arranque estrella-triángulo de motores trifásicos.

2.2 Objetivos Específicos

- Medir la corriente de arranque durante la conexión estrella.
- Medir la corriente de arranque durante la conexión triángulo.
- Medir el voltaje de línea durante la conexión estrella.
- Medir el voltaje de línea durante la conexión triángulo.

3. **Marco Teórico.**

El arranque estrella-triángulo es el procedimiento más empleado para el arranque a tensión reducida debido a que su construcción es simple, su precio es reducido y tiene una buena confiabilidad.

El procedimiento para reducir la tensión en el arranque consiste en conmutar las conexiones de los arrollamientos en los motores trifásicos previstos para trabajar conectados en triángulo.

Los bobinados inicialmente se conectan en estrella, o sea que reciben la tensión de fase de 127 V, y luego se conectan en triángulo a la tensión de línea de 220 V; es decir que la tensión durante el arranque se reduce 1,73 veces.

Por ser ésta una relación fija, y dado que la influencia de la tensión sobre la corriente y la cupla es cuadrática, tanto la corriente como el par de arranque del motor se reducen en tres veces.

Además, es necesario que el motor esté construido para funcionar en triángulo con la tensión de la línea 220V. Si no es así, no se lo puede conectar.

Además el estator debe tener sus seis bornes accesibles (situación que no se da en todos los motores, como por ejemplo en las bombas sumergibles). Para ello se abren los circuitos de las bobinas del estator y se las conecta al

conmutador. En este caso al motor ingresan 6 cables, más el de puesta a tierra.

La conmutación de estrella a triángulo generalmente se hace en forma automática luego de transcurrido un lapso (que puede regularse) en el que el motor alcanza determinada velocidad.

En el caso más simple tres contactores realizan la tarea de maniobrar el motor, disponiendo de enclavamientos adecuados. La protección del motor se hace por medio de un relé térmico. El térmico debe estar colocado en las fases del motor. La regulación del mismo debe hacerse a un valor que resulta de multiplicar la corriente de línea por 0,58. La protección del circuito más adecuada también es el fusible.

Algunas indicaciones que se deben tener en cuenta sobre el punto de conmutación son: el pico de corriente que toma el motor al conectar a plena tensión (etapa de triángulo) debe ser el menor posible; por ello, la conmutación debe efectuarse cuando el motor esté cercano a su velocidad nominal (95% de la misma), es decir cuando la corriente de arranque baje prácticamente a su valor normal en la etapa de estrella.

Asimismo, el relé de tiempo debe ajustarse para conmutar en este momento, no antes ni mucho

Después habitualmente, un arranque normal puede durar hasta 10 segundos, si supera los 12 segundos se debe consultar al proveedor del equipo. Si no se cumple con lo anterior, el pico de corriente que se produce al pasar a la etapa de triángulo es muy alto, perjudicando a los contactores, al motor y a la máquina accionada. El efecto es similar al de un arranque directo.

Finalmente digamos que el dispositivo estrella-triángulo tiene el inconveniente de que la cupla de arranque que se obtiene a veces no es suficiente para hacer arrancar máquinas con mucho momento de inercia, en cuyo caso se utilizan los dos métodos que se describen a continuación. Ambos permiten conectar motores trifásicos con motor de jaula, los cuales traccionan, por ejemplo, bombas sumergibles.

4. Instrumentos y Equipos.

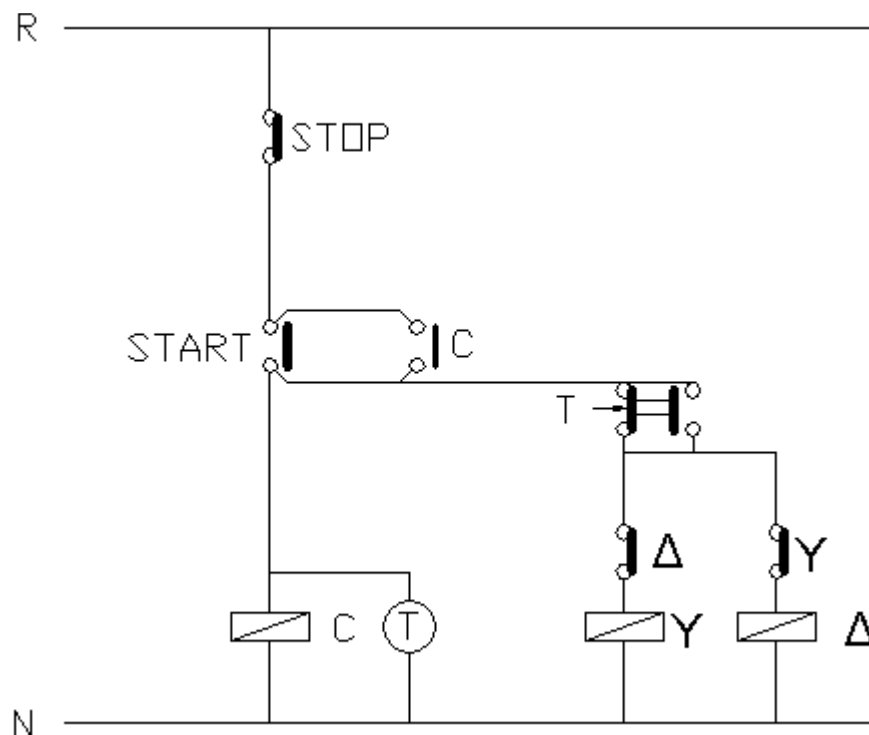
- Contactor.
- Elementos de protección.(brecker, fusibles, rele de sobre intensidad)
- Amperímetro.
- Voltímetro.
- Pulsadores dobles.
- Temporizador.
- Motor trifásico.
- Cables de conexión.

5. Procedimientos.

¡Advertencia! trabajar de forma cuidadosa y responsable ya que esta trabajando con corrientes trifásicas, así que:

PIENSE PRIMERO antes de realizar cualquier acción.

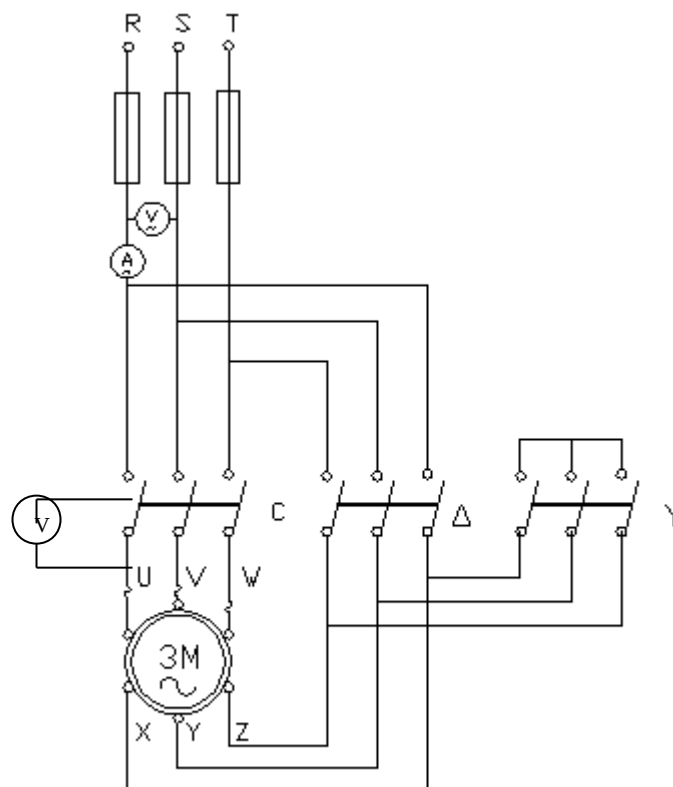
5.1 Implemente el siguiente circuito de control.



- Antes de energizar el circuito verifique que el portafusible este con su respectivo fusible.

- Haga que su profesor revise las conexiones antes de ser energizado el circuito.
- Una vez energizado, el circuito de mando debe hacer lo siguiente:
 - Configure el temporizador a 5 seg.
 - Pulse START y se debe enclavar el contactor C, el contactor Y, y empezar a contar el temporizador.
- Una vez transcurridos los 5 seg. el contactor Y deja de funcionar, y entra a funcionar el contactor Δ.
- Si su circuito de mando realiza las acciones antes mencionadas pase al numeral siguiente.

5.2 Implemente el siguiente circuito de potencia.



5.3 Mida y anote l, **Y.**

¡ADVERTENCIA: tiene menos de 5 seg. para realizar estas mediciones de forma rápida y SEGURA ¡

Voltaje de línea R-S:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de línea R-T:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de línea T-S:

Voltaje =..... [V]

5.4 Mida y anote los valores de voltaje de línea durante el arranque en Δ .

¡ADVERTENCIA: para realizar estas mediciones primero debe asegurarse que el motor este trabajando en conexión Δ es decir, este funcionando el contactor Δ ;

Voltaje de línea R-S:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de línea R-T:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de línea T-S:

Voltaje =..... [V]

5.5 Compare los valores de voltaje durante el arranque en Y y durante el arranque Δ , analícelos y de varias conclusiones.

5.6 Pulse Stop y deje que el motor se pare por completo y vuelva a pulsar Start.

5.7 Mida y anote los valores de voltaje de fase durante el arranque en Y.

¡**ADVERTENCIA:** tiene menos de 5 seg. para realizar estas mediciones de forma rápida y SEGURA ¡

Voltaje de fase U-X:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase V-Y:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase W-Z:

Voltaje =..... [V]

5.8 Mida y anote los valores de voltaje de fase durante el arranque en Δ .

¡**ADVERTENCIA:** para realizar estas mediciones primero debe asegurarse que el motor este trabajando en conexión Δ es decir, este funcionando el contactor Δ ;

Voltaje de fase U-X:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase V-Y:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase W-Z:

Voltaje =..... [V]

5.9 Compare los valores de voltaje durante el arranque en Y y durante el arranque Δ , analícelos y de varias conclusiones.

5.10 Pulse Stop y deje que el motor se pare por completo y vuelva a pulsar Start.

5.11 Mida y anote los valores de corriente de fase durante el arranque en Y.

¡**ADVERTENCIA:** tiene menos de 5 seg. para realizar estas mediciones de forma rápida y **SEGURA** ¡

Corriente de fase R:

Corriente =..... [A]

Corriente de fase S:

Corriente =..... [A]

Corriente de fase T:

Corriente =..... [A]

5.12 Mida y anote los valores de corriente de fase durante el arranque en Δ .

¡**ADVERTENCIA:** para realizar estas mediciones primero debe asegurarse que el motor este trabajando en conexión Δ es decir, este funcionando el contactor Δ ¡

Corriente de fase R:

Corriente =..... [A]

Corriente de fase S:

Corriente =..... [A]

Corriente de fase T:

Corriente =..... [A]

5.13 Pulse Stop y deje que el motor se pare por completo y vuelva a pulsar Start.

5.14 Mida y anote los valores de corriente de línea durante el arranque en Y.

¡**ADVERTENCIA:** tiene menos de 5 seg. para realizar estas mediciones de forma rápida y **SEGURA** ¡

Corriente de línea 1:

Corriente =..... [A]

Corriente de línea 2:

Corriente =..... [A]

Corriente de línea 3:

Corriente =..... [A]

5.15 Mida y anote los valores de corriente de línea durante el arranque en Δ .

¡ADVERTENCIA: para realizar estas mediciones primero debe asegurarse que el motor este trabajando en conexión Δ es decir, este funcionando el contactor Δ ;

Corriente de línea 1:

Corriente =..... [A]

Corriente de línea 2:

Corriente =..... [A]

Corriente de línea 3:

Corriente =..... [A]

5.16 Compare los valores de corriente durante el arranque en Y y durante el arranque Δ , analícelos y de una conclusión.

LABORATORIO N° 03

1. **Tema:** ARRANQUE POR MEDIO DE RESISTENCIAS ESTATORICAS DE MOTORES TRIFASICOS.

2. **Objetivos.**

2.1 Objetivo General

Implementar el circuito de potencia y el circuito de mando para un arranque por medio de resistencias estatoricas de motores trifasicos.

2.2 Objetivos Específicos

- Medir la corriente de arranque con las resistencias.
- Medir el voltaje antes y durante el arranque.

3. **Marco Teórico.**

Este tipo de arranque consiste en intercalar entre la línea y el motor unas resistencias que se irán eliminando progresivamente, a medida que el motor vaya adquiriendo velocidad.

La intensidad absorbida será proporcional a la tensión aplicada a los bornes del motor .El par se reduce con el cuadrado de la relación de tensiones.

Aun en el caso de arranque en dos puntos se obtiene una aceleración suave y sin punta apreciable, ya que al final del periodo de arranque, y antes de eliminar la resistencia, la caída de tensión en ella es muy reducida.

La conexión por resistencias tiene por ventaja que no hay corte de tensión, como en caso de estrella - triangulo.

Este tipo de arranque se emplea para motores que accionan maquinas cuyo par sea resistente, en el arranque, es bajo.

Para cada motor (potencia), se habrá de disponer del equipo de resistencias adecuado.

4. Instrumentos y Equipos.

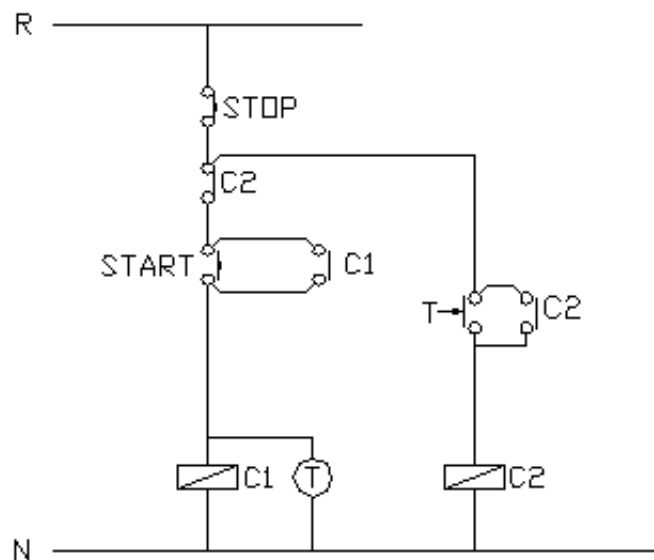
- Contactor.
- Elementos de protección.(brecker, fusibles, rele de sobre intensidad)
- Amperímetro.
- Voltímetro.
- Pulsadores dobles.
- Temporizador.
- Motor trifásico.
- Resistencias para el arranque.
- Cables de conexión.

5. Procedimientos.

¡Advertencia! trabajar de forma cuidadosa y responsable ya que esta trabajando con corrientes trifásicas, así que:

PIENSE PRIMERO antes de realizar cualquier acción.

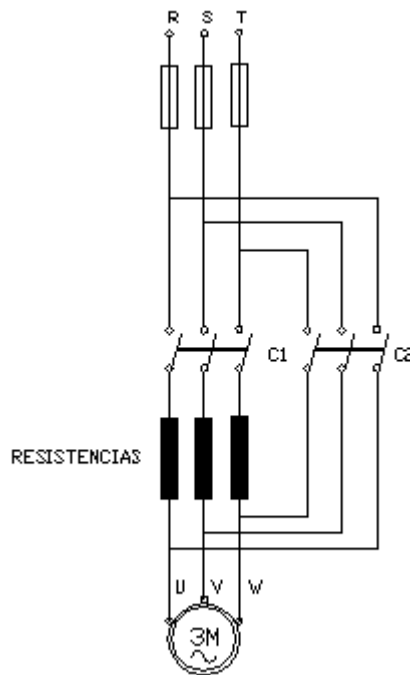
5.1 Implemente el siguiente circuito de control.



- Antes de energizar el circuito verifique que el portafusible este con su respectivo fusible.
- Haga que su profesor revise las conexiones antes de ser energizado el circuito.

- Una vez energizado, el circuito de mando debe hacer lo siguiente:
 - Configure el temporizador a 5 seg.
 - Pulse START y se debe enclavar el contactor C1, y empezar a contar el temporizador.
- Una vez transcurridos los 5 seg. el contactor C1 deja de funcionar, y entra a funcionar el contactor C2.
- Si su circuito de mando realiza las acciones antes mencionadas pase al numeral siguiente.

5.2 Implemente el siguiente circuito de potencia.



5.3 Mida y anote los valores de voltaje de línea durante el arranque con el contactor C1 es decir con las resistencias.

¡ADVERTENCIA: tiene menos de 5 seg. para realizar estas mediciones de forma rápida y SEGURA ¡

Voltaje de línea R-S:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de línea R-T:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de línea T-S:

Voltaje =..... [V]

5.4 Mida y anote los valores de voltaje de línea durante el arranque con el contactor C2 es decir sin las resistencias.

¡ADVERTENCIA: para realizar estas mediciones primero debe asegurarse que el motor este trabajando sin las resistencias es decir, este funcionando el contactor C2;

Voltaje de línea R-S:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de línea R-T:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de línea T-S:

Voltaje =..... [V]

5.5 Compare los valores de voltaje durante el arranque con el contactor C1 y durante el arranque con el contactor C2, analícelos y de varias conclusiones.

5.6 Pulse Stop y deje que el motor se pare por completo y vuelva a pulsar Start.

5.7 Mida y anote los valores de voltaje de fase durante el arranque en con el contactor C1 es decir trabajando las resistencias.

¡**ADVERTENCIA:** tiene menos de 5 seg. para realizar estas mediciones de forma rápida y SEGURA ¡

Voltaje de fase U-X:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase V-Y:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase W-Z:

Voltaje =..... [V]

5.8 Mida y anote los valores de voltaje de fase durante el arranque sin las resistencias es decir trabajando el contactor C2.

¡**ADVERTENCIA:** para realizar estas mediciones primero debe asegurarse que el motor este trabajando sin las resistencias es decir, este funcionando el contactor C2¡

Voltaje de fase U-X:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase V-Y:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase W-Z:

Voltaje =..... [V]

5.9 Compare los valores de voltaje durante el arranque con el contactor C1 y durante el arranque con el contactor C2, analícelos y de varias conclusiones.

5.10 Pulse Stop y deje que el motor se pare por completo y vuelva a pulsar Start.

5.11 Mida y anote los valores de corriente de fase durante el arranque con el contactor C1.

¡ADVERTENCIA: tiene menos de 5 seg. para realizar estas mediciones de forma rápida y **SEGURA** ;

Corriente de fase R:

Corriente =..... [A]

Corriente de fase S:

Corriente =..... [A]

Corriente de fase T:

Corriente =..... [A]

5.12 Mida y anote los valores de corriente de fase durante el arranque con el contactor C2.

¡ADVERTENCIA: para realizar estas mediciones primero debe asegurarse que el motor este trabajando sin las resistencias es decir, este funcionando el contactor C2;

Corriente de fase R:

Corriente =..... [A]

Corriente de fase S:

Corriente =..... [A]

Corriente de fase T:

Corriente =..... [A]

5.13 Pulse Stop y deje que el motor se pare por completo y vuelva a pulsar Start.

5.14 Mida y anote los valores de corriente de línea durante el arranque con el contactor C1.

¡ADVERTENCIA: tiene menos de 5 seg. para realizar estas mediciones de forma rápida y **SEGURA** ;

Corriente de línea 1:

Corriente =..... [A]

Corriente de línea 2:

Corriente =..... [A]

Corriente de línea 3:

Corriente =..... [A]

5.15 Mida y anote los valores de corriente de línea durante el arranque con el contactor C2.

¡ADVERTENCIA: para realizar estas mediciones primero debe asegurarse que el motor este trabajando sin las resistencias es decir, este funcionando el contactor C2;

Corriente de línea 1:

Corriente =..... [A]

Corriente de línea 2:

Corriente =..... [A]

Corriente de línea 3:

Corriente =..... [A]

5.16 Compare los valores de corriente durante el arranque con el contactor C1 y durante el arranque con el contactor C2 es decir sin las resistencias, analícelos y de una conclusión.

LABORATORIO N° 04

1. **Tema:** ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADORES DE MOTORES TRIFASICOS.

2. **Objetivos.**

2.1 Objetivo General

Implementar el circuito de potencia y el circuito de mando para un arranque por autotransformadores de motores trifásicos.

2.2 Objetivos Específicos

- Medir la corriente de arranque.
- Medir el voltaje antes y durante el arranque en los diferentes puntos del autotransformador.

3. **Marco Teórico.**

Arranque de un motor trifásico mediante autotransformador

Características: en e 3 tiempos, el autotransformador debe estar calculado para que el paso sobre la bobina de autoinducción no provoque un par de frenado. Este concepto delega en el constructor.

Este sistema de arranque consiste en alimentar el motor a tensión reducida, a través de un autotransformador, de forma que las sucesivas tensiones aplicadas en bornes del motor tengan un valor creciente durante el periodo de arranque, hasta alcanzar el valor de la tensión nominal de línea, obteniéndose de esta forma una reducción de la corriente de arranque y del par motor, en la misma proporción.

Por lo general los autotransformadores se equipan con tomas para el 130 V, 170V y 220V de la tensión de línea. El número de puntos de arranque depende de la potencia del motor y de las características de la máquina accionada.

La característica más interesante de este sistema de arranque es la reducción de la corriente de arranque, aunque debe temerse en cuenta también la reducción del par de arranque, ya que éste debe resultar suficiente para acelerar la máquina accionada, hasta la velocidad normal.

4. Instrumentos y Equipos.

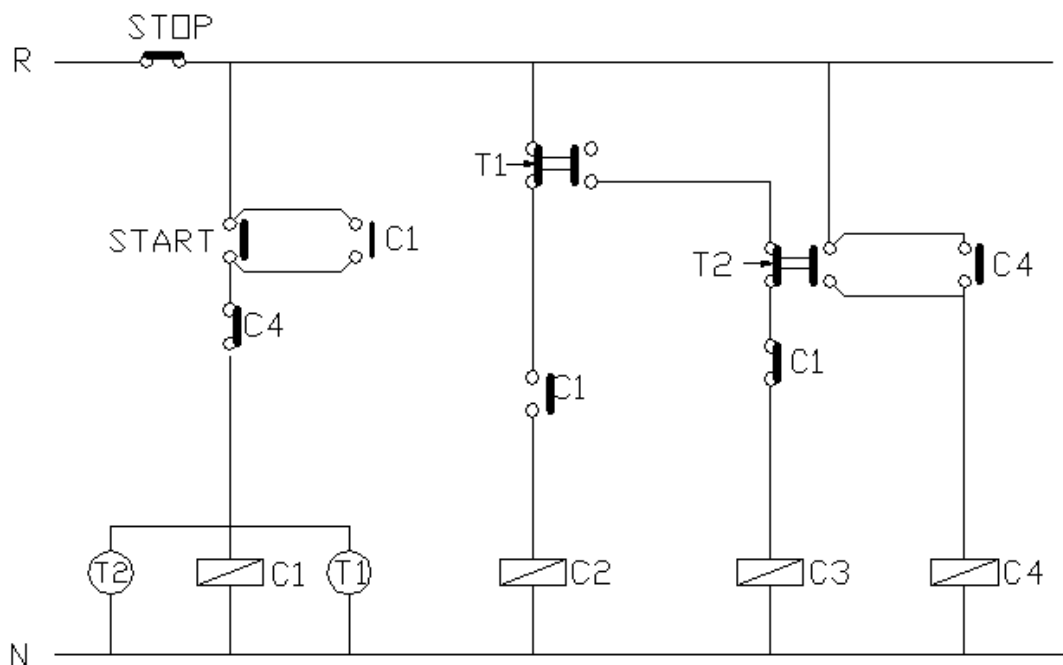
- Contactor.
- Elementos de protección.(brecker, fusibles, rele de sobre intensidad)
- Amperímetro.
- Voltímetro.
- Pulsadores dobles.
- Temporizadores.
- Autotransformador Trifásico.
- Motor trifásico.
- Cables de conexión.

5. Procedimientos.

¡Advertencia! trabajar de forma cuidadosa y responsable ya que esta trabajando con corrientes trifásicas, así que:

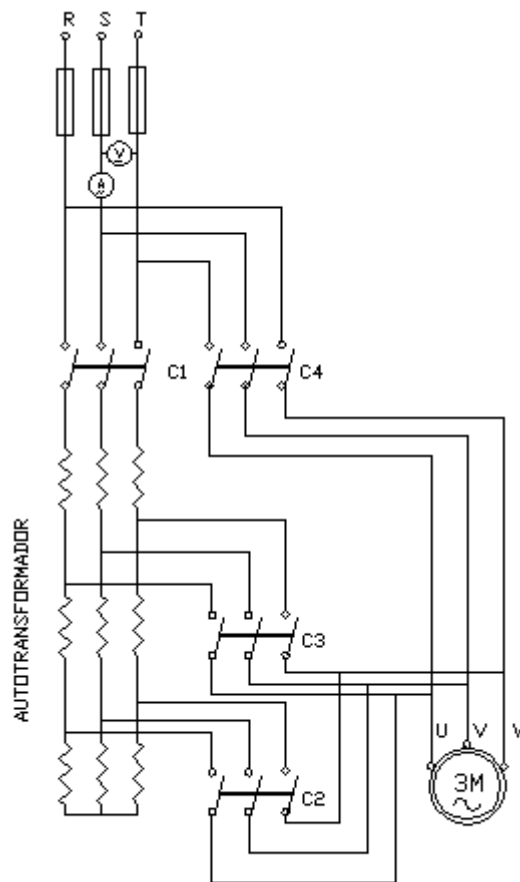
PIENSE PRIMERO antes de realizar cualquier acción.

5.1 Implemente el siguiente circuito de control.



- Antes de energizar el circuito verifique que el portafusible este con su respectivo fusible.
- Haga que su profesor revise las conexiones antes de ser energizado el circuito.
- Una vez energizado, el circuito de mando debe hacer lo siguiente:
 - Pulse START y se debe enclavar el contactor C1 y contactor C3.
 - Al mismo tiempo los temporizadores T1= 5seg. y T2= 10 seg. empezaran a contar.
 - Transcurridos los primeros 5 seg. el temporizador T1 hace que el contactor C3 deje de funcionar y entre a trabajar el contactor C2.
 - Transcurridos los 10 seg. del temporizador T2, hace que el contactor C2 y contactor C1 dejen de funcionar y entre a trabajar el contactor C4.
- Si su circuito de mando realiza las acciones antes dichas pase al siguiente numeral.

5.2 Implemente el siguiente circuito de potencia.



5.3 Mida y anote los valores de voltaje antes del arranque.

Voltaje entre líneas R-S:

Voltaje =.....[V]

Voltaje entre líneas R-T:

Voltaje =..... [V]

Voltaje entre líneas T-S:

Voltaje =..... [V]

5.4 Mida y anote los valores de voltaje de línea durante el arranque en el primer punto del autotransformador (contactor C3).

¡ADVERTENCIA: tiene menos de 5 seg. para realizar estas mediciones de forma rápida y SEGURA ;

Voltaje de fase U-X:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase V-Y:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase W-Z:

Voltaje =..... [V]

5.5 Mida y anote los valores de voltaje de fase durante el arranque en el segundo punto del autotransformador (contactor C2).

¡ADVERTENCIA: para realizar estas mediciones primero debe asegurarse que el motor este trabajando con el contactor C2;

¡ADVERTENCIA: tiene menos de 10 seg. para realizar estas mediciones de forma rápida y SEGURA ;

Voltaje de fase U-X:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase V-Y:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase W-Z:

Voltaje =..... [V]

5.6 Mida y anote los valores de voltaje de fase cuando el motor esta funcionando a plena capacidad (sin el autotransformador, contactor C4).

¡ADVERTENCIA: para realizar estas mediciones primero debe asegurarse que el motor este trabajando con el contactor C4;

Voltaje de fase U-X:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase V-Y:

Voltaje =..... [V]

Voltaje de fase W-Z:

Voltaje =..... [V]

5.7 Compare los valores de voltaje medidos, analícelos y de varias conclusiones.

5.8 Pulse Stop y deje que el motor se pare por completo y vuelva a pulsar Start.

5.9 Mida y anote los valores de corriente de línea durante el arranque en el primer punto del autotransformador (contactor C3).

¡ADVERTENCIA: tiene menos de 5 seg. para realizar estas mediciones de forma rápida y SEGURA ;

Corriente de línea R:

Corriente=..... [A]

Corriente de línea S:

Corriente=..... [A]

Corriente de línea T:

Corriente=..... [A]

5.10 Mida y anote los valores de corriente de línea durante el arranque en el segundo punto del autotransformador (contactor C2).

¡ADVERTENCIA: para realizar estas mediciones primero debe asegurarse que el motor este trabajando con el contactor C2;

¡ADVERTENCIA: tiene menos de 10 seg. para realizar estas mediciones de forma rápida y SEGURA ;

Corriente de línea R:

Corriente=..... [A]

Corriente de línea S:

Corriente=..... [A]

Corriente de línea T:

Corriente=..... [A]

5.6 Mida y anote los valores de corriente de línea cuando el motor esta funcionando a plena capacidad (sin el autotransformador, contactor C4).

¡ADVERTENCIA: para realizar estas mediciones primero debe asegurarse que el motor este trabajando con el contactor C4;

Corriente de línea R:

Corriente=..... [A]

Corriente de línea S:

Corriente=..... [A]

Corriente de línea T:

Corriente=..... [A]

5.13 Compare los valores de corriente medidos, analícelos y de varias conclusiones.

BIBLIOGRAFIA

TEXTOS

- ROLDAN, José (1992). Manual del electricista de taller. Cuarta Edición. Madrid.
- DONALD, Richardson. Maquinas eléctricas rotativas y transformadores. Cuarta edición.
- MEDINA, Washington Guía para el desarrollo de trabajos de Grado
- ROLDAN, José (1992). Motores eléctricos automatismos de control. Octava Edición. Madrid.
- KHUN, Robert. Pequeños Transformadores.

DIRECCIONES EN INTERNET:

- <http://www.monografias.com/trabajos10/motore/motore.shtml>
- <http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/esquemas/index.html>
- <http://www.monografias.com/trabajos10/motore/motore.shtml>
- <http://www.dimie.uniovi.es>
- <http://www.cacei.org/archivos%20PDF%202004/labora.pdf>
- <http://www.bancos-ensayos-pruebas.fabricantes.biz/>
- <http://www.soft-engine.com/pagine.web/spagnolo/banco01.htm>
- <http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/bancomot.htm>
- http://www.gmv.es/defensa_seguridad/equipos_software_bancos.htm
- <http://endrino.cnice.mecd.es/~jhem0027/maquinaasincrona/motorasincrono7.htm>.
- <http://www.geocities.com/SiliconValley/Program/7735/TECNOL16.html>

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla para la selección de rele térmico y fusible

MOTOR TRIFASICO					
3X220 V		3X380 V		RELE TERMICO	FUSIBLES
KW	A (In)	KW	A(In)	A	A
-	-	0.06	0.23	0.16 a 0.25	0.5
0.06	0.39	0.09	0.34	0.25 a 0.4	1
0.09	0.58	0.12	0.44	0.4 a 0.63	1
-	-	0.18	0.61	0.4 a 0.63	1
0.12	0.76	0.25	0.78	0.63 a 1	2
0.18	1.05	0.37	1.03	1 a 1.6	2
0.25	1.4	0.55	1.6	1 a 1.6	2
0.37	1.8	0.75	1.7	1.6 a 2.5	4
0.55	2.75	1.1	2.6	2.5 a 4	-
0.75	3.5	1.5	3.5	2.5 a 4	6
1.1	4.4	2.2	5	4 a 6.3	8
1.5	6.1	3	6.6	6.3 a 10	12
-	-	3.7	7.7	6.3 a 10	12
2.2	8.7	4	8.5	6.3 a 10	12
3	11.5	5.5	11.5	10 a 16	20
3.7	13.5	-	-	10 a 16	20
4	14.5	7.5	15.5	10 a 16	20
5.5	20	11	22	16 a 25	25
7.5	27	15	30	25 a 40	-

<http://www.geocities.com/SiliconValley/Program/7735/TECNOL16.html>

ANEXO 2

Tabla para selección de fusibles

En donde:

I_N : Corriente nominal que indica el fabricante del fusible en su carcasa en [A]

I_f : Corriente eficaz a la cual se funde en [A]

Tenemos las correlaciones:

	Factor de multiplicación	I_N del motor
I_f	$1,8 I_N$	para I_N entre 00/ 10 [A]
I_f	$1,57 I_N$	para I_N entre 15/ 25 [A]
I_f	$1,45 I_N$	para I_N entre 35/ 60 [A]
I_f	$1,45 I_N$	para I_N entre 80/200 [A]

<http://endrino.cnice.mecd.es/~jhem0027/maquinaasincrona/motorasincrono7.htm>

ANEXO 3

Datos técnicos de utilidad general, corriente nominal de motores normales.

kW	CV	220 V	380 V	415 V	440 V	500 V	660 V	1000 V
0.37	0.5	1.8	1.03	-	0.99	1	0.6	0.4
0.55	0.75	2.75	1.6	-	1.36	1.21	0.9	0.6
0.75	1	3.5	2	2	1.68	1.5	1.1	0.75

1.1	1.5	4.4	2.6	2.5	2.37	2	1.5	1
1.5	2	6.1	3.5	3.5	3.06	2.6	2	1.3
2.2	3	8.7	5	5	4.42	3.8	2.8	1.9
3	4	11.5	6.6	6.5	5.77	5	3.8	2.5
3.7	5	13.5	7.7	7.5	7.1	5.9	4.4	3
4	5.5	14.5	8.5	8.4	7.9	6.5	4.9	3.3
5.5	7.5	20	11.5	11	10.4	9	6.6	4.5
7.5	10	27	15.5	14	13.7	12	8.9	6
9	12	32	18.5	17	16.9	13.9	10.6	7
10	13.5	35	20	-	-	15	11.5	7.5
11	15	39	22	21	20.1	18.4	14	9
15	20	52	30	28	26.5	23	17.3	12
18.5	25	64	37	35	32.8	28.5	21.3	14.5
22	30	75	44	40	39	33	25.4	17
25	35	85	52	47	45.3	39.4	30.3	20
30	40	103	60	55	51.5	45	34.6	23
33	45	113	68	60	58	50	39	28
37	50	126	72	66	64	55	42	28
40	54	134	79	71	67	60	44	30
45	60	150	85	80	76	65	49	33
51	70	170	98	90	83	75	57	38
55	75	182	105	100	90	80	61	40
63	85	203	117	115	109	89	69	45
75	100	240	138	135	125	105	82	53
kW	CV	220 V	380 V	415 V	440 V	500 V	660 V	1000 V
59	80	195	112	105	97	85	66	43
80	110	260	147	138	131	112	86	57
90	125	295	170	165	146	129	98	65
100	136	325	188	182	162	143	107	71
110	150	356	205	200	178	156	118	78

NOTA: Valores de orientación resumido de normas varias y catálogos de constructores de motores. Estos valores varían según el fabricante del motor.

<http://www.geocities.com/SiliconValley/Program/7735/TECNOL16.html>

ANEXO 4

Tabla de características de los conductores de cobre.

# DE ALAMBRE	I (A)	Diámetr o (mm)	# DE ALAMBRE	I (A)	Diámetro (mm)
2	94.17	6.543	20	1.44	0.812
3	74.68	5.827	21	1.14	0.723
4	59.22	5.189	22	0.91	0.644
5	46.97	4.62	23	0.72	0.573
6	37.24	4.115	24	0.57	0.51
7	29.53	3.665	25	0.45	0.455
8	23.42	3.264	26	0.36	0.405
9	18.57	2.906	27	0.28	0.361
10	14.73	2.588	28	0.22	0.321
11	11.68	2.305	29	0.17	0.286
12	9.96	2.053	30	0.14	0.255
13	7.34	1.828	31	0.01	0.227
				1	
14	5.82	1.628	32	0.08	0.202
15	4.62	1.45	33	0.07	0.18

				1	
16	3.66	1.291	34	0.05	0.16
17	2.90	1.15	35	0.04	0.142
18	2.3	1.024	36	0.03	0.127
19	1.82	0.912	-	-	-

Tomado de la pagina 24 de DONALD, Richardson. Maquinas eléctricas rotativas y transformadores.

ANEXO 5

Determinación de β en gauss.

Material		β Densidad de flujo en Gauss	Campo coercitivo en $\frac{A}{cm}$	Peso especifico en $\frac{Kg}{dm^3}$
con	sin			
Dirección Magnética de preferencia				
AlNiCo 120		5800	505	6.8
AlNiCo 160		6600	560	7.1
	AlNiCo 190	7500	610	7.1
AlNiCo 220		6200	800	7.2
	AlNiCo 350	8400	920	7.2
	AlNiCo 400	11200	490	7.3
	AlNiCo 500	12000	505	7.3
	Ferrito de bario 300	3500	3500	5
	Ferrito de bario 100	2100	1320	4.9

Tabla facilitada por el Fabricante **Tecni Rebobinaje**.