

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

DISEÑO DEL MANUAL DE PRÁCTICAS DE CONTROL ELECTROMECÁNICO PARA EL LABORATORIO DE MAQUINAS ELÉCTRICAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

VÍCTOR MANUEL BARRITA ROJAS
ANDREI PONCE MORENO

ASESOR: ING. JAIME FUENTES SÁNCHEZ
COASESOR: ING. CÉSAR SINHUÉ MORENO VARELA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO, OCTUBRE 200[illegible]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Diseño del manual de prácticas de control electromecánico para el laboratorio de máquinas eléctricas.

que presenta el pasante: Víctor Manuel Barrita Rojas
con número de cuenta: 9852203-3 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 13 de Noviembre de 2003

PRESIDENTE	Ing. José Juan Contreras Espinosa	
VOCAL	Ing. Jaime Fuentes Sánchez	
SECRETARIO	M.A.I. Pedro Guzmán Tinajero	
PRIMER SUPLENTE	Ing. Albino Arteaga Escamilla	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Héctor Hinhuí Moreno Varela	

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Diseño del manual de prácticas de control electromecánico para el laboratorio de máquinas eléctricas.

que presenta el pasante: Andrei Ponce Moreno
con número de cuenta: 9307550-3 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 12 de Noviembre de 2003.

PRESIDENTE	Ing. José Juan Contreras Espinosa
VOCAL	Ing. Jaime Juan [illegible]
SECRETARIO	M.A.I. Pedro Guzmán Pineiro
PRIMER SUPLENTE	Ing. Albino [illegible]
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. [illegible]

ÍNDICE

ÍNDICE

OBJETIVOS I

Introducción III

CAPÍTULO 1

MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA 1

1. I. MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN. 2

I. I. 1. GENERALIDADES. 2
1. I. 1.1. ESTATOR. 2
1. I. 1.2. ROTOR. 2
1. I. 1.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO. 7
1. I. 1.4. VELOCIDAD DE LOS MOTORES ASÍNCRONOS. 8
I.I.2. CONTROL DE ARRANQUE DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA. 10
I.2. 1. ARRANQUE A TENSIÓN PLENA. 10
I.2.2. ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA. 11
I.3. CONTROL DE ARRANQUE DE LOS MOTORES DE ROTOR DEVANADO. 19
I.3. I. ACELERACIÓN MANUAL. 19
I.3.2. ACELERACIÓN CON DISPOSITIVO DE CONTROL MAGNÉTICO. 20
I.4. INVERSIÓN DE ROTACIÓN. 21
I.5. CONTROL DE VELOCIDAD. 23
I.5.1. CONTROL DE VELOCIDAD DE LOS MOTORES EN JAULA DE ARDILLA. 24
I.5.2. CONTROL DE VELOCIDAD DE LOS MOTORES DE ROTOR DEVANADO. 27
I.6. FRENADO. 27
I.6. I. FRENOS MECÁNICOS. 28
I.6.2. FRENADO POR CONTRACORRIENTE. 28
I.6.3. FRENADO DINÁMICO. 29

II. MOTORES MONOFÁSICOS DE INDUCCIÓN. 30

II. 1. GENERALIDADES. 30
II.1.1. MOTOR DE FASE HENDIDA. 31
II.1.2. MOTOR DE ARRANQUE CON CAPACITOR. 32
II.1.3. MOTOR MONOFÁSICO CON CAPACITOR PERMANENTE. 33
II 1.4. MOTOR UNIVERSAL. 34
II.2. CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES MONOFÁSICOS. 37
II.3. INVERSIÓN DE ROTACIÓN. 39
II.4. CONTROL DE VELOCIDAD. 41

CAPÍTULO 2

MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA. 42

2. I GENERALIDADES. 43

2.1.ITIPOS DE MOTORES DE CD. 45
2.2 CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DE CD. 47
2.2. 1. ARRANQUE DE MOTORES DE CD. 47
2.3. INVERSIÓN DE ROTACIÓN DE MOTORES DE CD. 51
2.3. 1. INVERSIÓN DE ROTACIÓN MANUAL. 51
2.3.2. INVERSIÓN DE ROTACIÓN POR MEDIO DE RELEVADORES. 51

CAPÍTULO 3
MOTORES SÍNCRONOS. 53

3.1. GENERALIDADES. 54
3. 1. 1. ESTATOR 0 ARMADURA. 54
3. 1.2. ROTOR 0 CAMPO. 56
3. 1.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO. 57
3. 1.4. ARRANQUE DEL MOTOR SÍNCRONO. 58
3.2. CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES SÍNCRONOS. 60
3.2. 1. ARRANQUE DEL MOTOR SÍNCRONO. 60

CAPÍTULO 4
ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL. 62

4.1. CONTROLADORES. 63

4.2. FUNCIONES DE CONTROL. 63
4.2.1 ARRANQUE. 63
4.2.2 PARO Y FRENADO. 64
4.2.3 CONTROL DE LA DIRECCIÓN. 64
4.2.4. CONTROL DE VELOCIDAD. 64
4.3. FUNCIONES DE PROTECCIÓN. 64
4.3.1. SOBRECORRIENTES. 64
4.3.2 SOBRECARGAS. 65
4.3.3. INVERSIÓN DE FASE. 65
4.3.4. INVERSIÓN DE CORRIENTE. 65
4.3.5. SOBREVELOCIDADES. 65
4.3.6. CAMPO ABIERTO. 66
4.4. TIPOS DE CONTROLADORES. 66
4.5. DISPOSITIVOS DE CONTROL MANUAL. 67
4.5.1. DESCONECTADORES DE CUCHILLAS. 67
4.5.2. INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS. 69
4.5.3. PULSADORES Y SELECTORES. 71
4.5.4. COMBINADORES. 72
4.5.5. INTERRUPTORES DE PEDAL. 74
4.6. DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMÁTICOS. 75
4.6. l. INTERRUPTORES DE LÍMITE. 75
4.6.2. INTERRUPTORES DE NIVEL. 76
4.6.3.INTERRUPTORES DE PRESIÓN. 77
4.6.4.INTERRUPTORES DE FLUJO. 78

4.6.5.INTERRUPTORES TÉRMICOS 78
4.6.6.INTERRUPTORES DE VELOCIDAD CERO. 78

4.7. DISPOSITIVOS DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO. 79
4.7.1. CONTACTORES. 79
4.7.2 RELEVADORES. 80
4.7.3. ARRANCADORES. 86

CAPÍTULO 5
SIMBOLOGÍA Y DIAGRAMAS. 87

5.1. SIMBOLOGÍA. 88
5. 1. 1. SIMBOLOGÍA CONVENCIONAL. 88
5. 1.2. SIMBOLOGÍA NORMA OFICIAL MEXICANA. 96

5.2. DIAGRAMAS. 104
5.2. 1. DIAGRAMA DE BLOQUES. 104
5.2.2. DIAGRAMA GENERAL DE CONEXIONES. 105
5.2.3. DIAGRAMA DE HACES. 105
5.2.4. DIAGRAMA LINEAL. 107

CAPÍTULO 6
NORMATIVIDAD PARA LA INSTALACION DE MOTORES. 109

6.1.GENERALIDADES. 109
6 1.1 DEFINICIONES. 109
6.1.2 CIRCUITOS DERIVADOS. 111
6.1.3. CIRCUITOS ALIMENTADORES. 111
6 1.4. PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTE. 111
6.2. MOTORES. 112
6.2. 1. GENERALIDADES. 112
6.2.2. CONDUCTORES PARA CIRCUITOS DE MOTORES. 115
6.2.3. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS EN EL MOTOR. 117
6.2.4. PROTECCIÓN DE CIRCUITOS DERIVADOS PARA MOTORES. 120
6.2.5 PROTECCIÒN DE CIRCUITOS ALIMENTADORES QUE ABASTECEN MOTORES. CONTRA CORTOCIRCUITOS O FALLAS A TIERRA. 122
6.2.6. CIRCUITOS DE MOTORES 123
6.2.7. CONTROLADORES DE MOTORES. 123
6.2.8. MEDIOS DE DESCONEXIÓN. 125
6.2.9. REQUISITOS PARA TENSIONES MAYORES A 1000 VOLTS. 127

CAPÍTULO 7
DISEÑO DE MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA CONTROL. 128

7.1 MÓDULOS DIDÁCTICOS. 129
7.1.1 Descripción de los módulos didácticos realizados para el laboratorio de MÁQUINAS eléctricas. 129

7.1.2 Diseño de los módulos didácticos. 130
7.1.3 Elaboración de módulos didácticos. 130
7.1.4 Materiales utilizados en la elaboración de los módulos didácticos. 130
7.1.5 Equipo utilizado en la elaboración de los módulos didácticos. 131
7.1.6 Costos de fabricación de los módulos didácticos. 131
7.1.7 Fines y usos prácticos. 132

CAPÍTULO 8
PRÁCTICAS DE CONTROL ELECTROMECÁNICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS. 133

MÓDULO I. CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA.

8.1 CONTROL DE ARRANQUE DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA.
8.1.1 Práctica 1. Control de arranque a tensión plena de un motor de inducción jaula de ardilla. 134
8.1.2 Práctica 2. Control de arranque a limite de tiempo de un motor de inducción de jaula de ardilla. 142
8.1.3 Práctica 3. Control de inversión de rotación de un motor de inducción jaula de ardilla. 151
8.1.4 Práctica 4. Control de frenado por contracorriente de un motor de inducción jaula de ardilla. 160
8.1.5 Práctica 5. Control de arranque en estrella-delta de un motor de inducción jaula de ardilla. 166

8.2 CONTROL DE ARRANQUE UN MOTOR DE INDUCCIÓN DE ROTOR DEVANADO.
8.2.1 Práctica 6. Control de arranque a tensión reducida de un motor de inducción de rotor devanado. 173

8.3 CONTROL DE ARRANQUE DE UN MOTOR MONOFASICO DE INDUCCIÓN.
8.3.1 Práctica 7. Control de arranque a tensión plena de un motor de inducción monofásico de fase hendida y de arranque por capacitor. 182
8.3.2 Práctica 8. Control de inversión de rotación de un motor monofásico de inducción de fase hendida y arranque por capacitor. 191
8.3.3 Práctica 9. Control de arranque de un motor monofásico de inducción con capacitor permanente. 200
8.3.4 Práctica 10.Control de arranque a limite de tiempo de un motor monofásico de inducción con Capacitor permanente 206
8.3.5 Práctica 11.Control de inversión de rotación de un motor monofásico de inducción con capacitor permanente. 214
8.3.6 Práctica 12. Control de arranque a tensión plena de un motor universal cuando funciona con Corriente alterna y con corriente directa. 220
8.3.7 Práctica 13. Control de inversión de rotación de un motor universal cuando funciona con Corriente alterna y con corriente directa. 229

MÓDULO II. CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA.

8.4 CONTROL DE ARRANQUE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA.
8.4.1 Práctica 14. Control de arranque a tensión plena de un motor de corriente directa conectado en derivación. 240
8.4.2 Práctica 15. Control de inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en derivación. 247

8.4.3 Práctica 16. Control de arranque a límite de tiempo de un motor de corriente directa conectado en derivación. 253
8.4.4 Práctica 17. Control de arranque a tensión plena de un motor de corriente directa conectado en serie acoplado a un electro dinamómetro. 261
8.4.5 Práctica 18. Control de inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en serie acoplado a un electro dinamómetro. 268
8.4.6 Práctica 19. Control de arranque a tensión plena de un motor de corriente directa conexión compuesta. 276
8.4.7 Práctica 20. Control de inversión de rotación de un motor de corriente directa conexión compuesta. 283

MÓDULO III. CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES SÍNCRONOS.

8.5 CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES SÍNCRONOS.

8.5.1 Práctica 21. Control de arranque a tensión plena de un motor síncrono. 290
8.5.2 Práctica 22. Control de inversión de rotación de un motor síncrono. 298
8.5.3 Práctica 23. Control de arranque de un generador de corriente directa impulsado por un motor síncrono. 305

CONCLUSIONES. 312

APÉNDICE. 314

BIBLIOGRAFÍA. 323

OBJETIVOS

OBJETIVOS:

Estudiar las generalidades de los motores de corriente alterna, como son: Motores trifásicos de inducción y motores monofásicos de inducción.
Conocer los diferentes tipos de arranque a tensión plena y tensión reducida de los motores jaula de ardilla.
Conocer los diferentes tipos de arranque a tensión plena y tensión reducida de los motores de rotor devanado.
Estudiar las generalidades de los motores de corriente directa.
Conocer los diferentes tipos de conexión de los motores de corriente directa.
Aprender los diversos arranque de los motores de corriente directa.
Estudiar las generalidades de los motores síncronos.
Aprender los diversos arranques de los motores síncronos.
Conocer los diferentes elementos y dispositivos de control.
Aprender a reconocer los diferentes tipos de símbolos que se encuentra en un diagrama de control.
Estudiar las normas para la instalación de motores.
Analizar las prácticas de control electromecánico para el laboratorio de máquinas eléctricas.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN.

MOTORES ELÉCTRICOS

Los motores eléctricos son máquinas utilizadas para transformar energía eléctrica en mecánica. Son los motores utilizados en la industria, pues combinan las ventajas del uso de la energía eléctrica (bajo costo, facilidad de transporte, limpieza y simplicidad de la puesta en marcha, etc) con una construcción relativamente simple, costo reducido y buena adaptación a los más diversos tipos de carga.

De acuerdo a la tensión que se alimente al motor, se puede realizar la siguiente clasificación:

- Motores de corriente directa (DC)
- Motores de corriente alterna (AC)

Se han mencionado los motores eléctricos de mayor uso en nuestro medio. Existen otros que son utilizados en casos especializados o domésticos. Entre ellos conviene destacar los siguientes:

- El motor universal
- El motor de pasos

Aplicaciones Generales de los diferentes tipos de Motores eléctricos

Como ya se ha comentado, a nivel industrial los motores que usualmente se utilizan son los trifásicos tipo jaula de ardilla y su uso es tan generalizado que al referirse a los motores eléctricos, muchas personas piensan en el motor tipo jaula de ardilla, suponiendo que este es el único que existe.

Son muchos los factores que deben tenerse en cuenta al elegir un motor. La solución por lo general no es única, pudiendo existir diversas opiniones respecto al cual es el motor adecuado. Sin embargo, puede resumirse que el motor apropiado es aquel que se ajusta a los requerimientos técnicos solicitados con un costo mínimo. Este último requisito no es factor difícil de calcular. Deben incluirse, no solo el costo de adquisición, sino también los gastos de aplicación. El costo de adquisición incluye la provisión de cualquiera de los equipos de alimentación y control necesarios para hacer funcionar al motor.

Los gastos de aplicación incluyen asimismo los intereses del equipo principal y edificios y los gasto por la energía consumida en los circuitos de la máquina y en su control.

Los valores del factor de potencia y el rendimiento son importantes. El mantenimiento es también un gasto corriente y normalmente es más elevado cuanto más complicado es el equipo de control, o cuando las máquinas son de anillos rozantes o tienen colectores.

Algunos motores se excluyen de una aplicación determinada debido a que el ambiente de trabajo es hostil, tal como las condiciones de elevada temperatura, alto vacío, alta velocidad o debido a la presencia de líquidos o ambientes corrosivos. En este caso es esencial el empleo de un tipo de máquina sin escobillas.

Los motores de inducción son generalmente el tipo de máquinas más barata. Particularmente en el caso de un rotor de simple jaula. Su precio aumenta a medida que se exige más por parte del control de la velocidad o del troqué o de las corrientes de arranque y lo cual podría requerir el empleo de una máquina síncrona que podría llegar a ser competitiva.

Al acoplar el motor de accionamiento directamente a una sola máquina del equipo, se hizo posible introducir algunas operaciones automáticas llegando a ser el motor una parte integral de la máquina, siendo necesario diseñar un controlador que se adapte a sus necesidades.

La palabra control significa gobierno o mando; así, cuando se habla del control de un motor o máquina se refiere al gobierno, mando o regulación de las funciones de dicho motor, tales como: El arranque, paro, inversión, frenado, control de velocidad, etc.

El control de motores, se basa en un dispositivo o conjunto de ellos que sirve para gobernar desde el diseño, la operación y funcionamiento del motor, hasta determinadas secuencias que permitan realizar procesos industriales específicos; desempeña un papel muy importante dentro de la mayoría de los procesos, ya que no podrían llevarse a cabo de manera correcta, si las distintas actividades que desarrollan los elementos accionados por dichos motores no se realizaran con el seguimiento y orden apropiado; es decir sin los elementos de control.

Este gobierno puede llevarse a cabo desde un simple interruptor de volquete hasta un complejo sistema con componentes tales como: Relevadores, contactores de tiempo, interruptores, hasta un centro de control de motores (CCM).

Por lo tanto al seleccionar o instalar el equipo de control para un motor se deben considerar diversos factores, tales como: Tamaño, tipo de aplicación, características eléctricas, control de velocidad y características del par, a fin de que el mismo, pueda funcionar correctamente junto con la máquina para la cual fue diseñado.

En términos simples, se puede decir que el control de motores es una parte fundamental de los sistemas eléctricos que permite arrancar, detener e invertir el sentido de giro de los motores que accionan diversos tipos de cargas.

Adicionalmente, el equipo instalado para el control, debe estar diseñado y dispuesto de tal forma que proporcione protección a la máquina, a la red de alimentación, al operador y a la carga; por tal motivo, es conveniente referenciar el concepto de protección de motores, y la normatividad que se debe cumplir para cubrir los requisitos de protección y seguridad de un sistema de fuerza.

Para diseñar un sistema de control, es necesario adquirir conocimientos del lenguaje mediante el cual se pueda describir el funcionamiento y la disposición de dichos sistemas; por tal motivo, es apropiado familiarizarse con la simbología y los diagramas que representan todas y cada una de las partes que componen un sistema de control.

CAPÍTULO 1

MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

1.I MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN.

1.I.1 GENERALIDADES.

De los motores eléctricos el de inducción es el que se emplea con mayor frecuencia. Su sencillez, resistencia y el poco mantenimiento que requiere, son algunas de las cualidades que justifican su popularidad, desde los pequeños motores de potencia fraccionaria de una o dos fases, hasta, los motores polifásicos de gran capacidad.

En general el motor de inducción consta de dos partes principales, estator y rotor.

1.I.1.1 ESTATOR.

El estator, es la parte fija del motor, consiste en un armazón o culata, en cuyo interior se instala firmemente un núcleo laminado dotado de ranuras, en las cuales, se coloca un devanado formado por varios grupos de bobinas distribuidas y forman un conjunto de devanados que contienen tantos circuitos como fases de la red de alimentación. **Ver figura 1**

En ocasiones el armazón se encuentra provisto de aletas, que funcionan como un elemento adicional de enfriamiento para el motor. El estator contiene además, una caja de bornes en donde se encuentran las terminales de las bobinas internas.

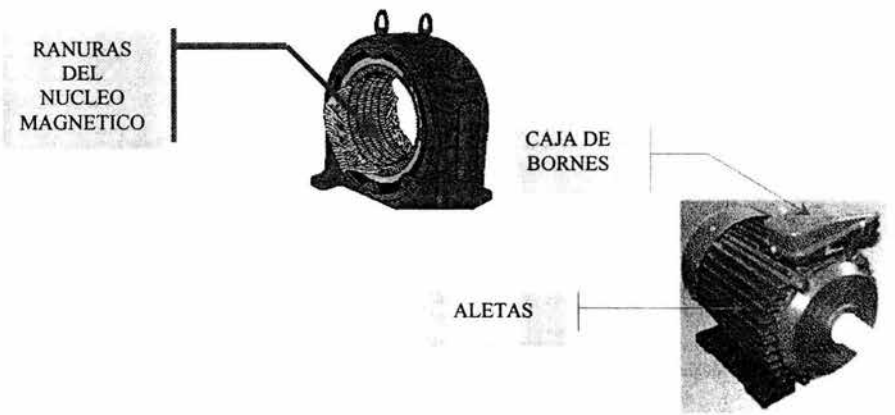


Figura 1. Partes fundamentales de un estator.

1.1.1.2 ROTOR.

El elemento rotatorio consiste en un núcleo, en el que se incluyen una serie de conductores de gran capacidad colocados en circulo alrededor del eje y paralelos a él. Cuando no tienen núcleo, los conductores del rotor se parecen en su forma a las jaulas cilíndricas que se usaban para las ardillas. El flujo de la corriente trifásica dentro de las bobinas del estator generan un campo magnético rotatorio, y éste induce una corriente en los conductores de la jaula. La reacción magnética entre el campo rotatorio y los conductores del rotor que transportan la corriente hace que éste gire.

Hay dos clases generales de rotor, uno el de jaula de ardilla, el otro rotor devanado.

1.1.1.2.1 ROTOR JAULA DE ARDILLA.

El rotor Jaula de ardilla está formado por un conjunto de láminas, que forman una estructura cilíndrica ranurada. En las ranuras dispuestas hacia el exterior del cilindro y paralela o diagonalmente a su eje, se instalan barras, construidas de cobre, aluminio inyectado a presión, o de alguna aleación especial, cortócircuitadas en sus extremos con una corona de material conductor. En determinados motores la jaula de ardilla se encuentra enteramente moldeada. **Ver figura 2**

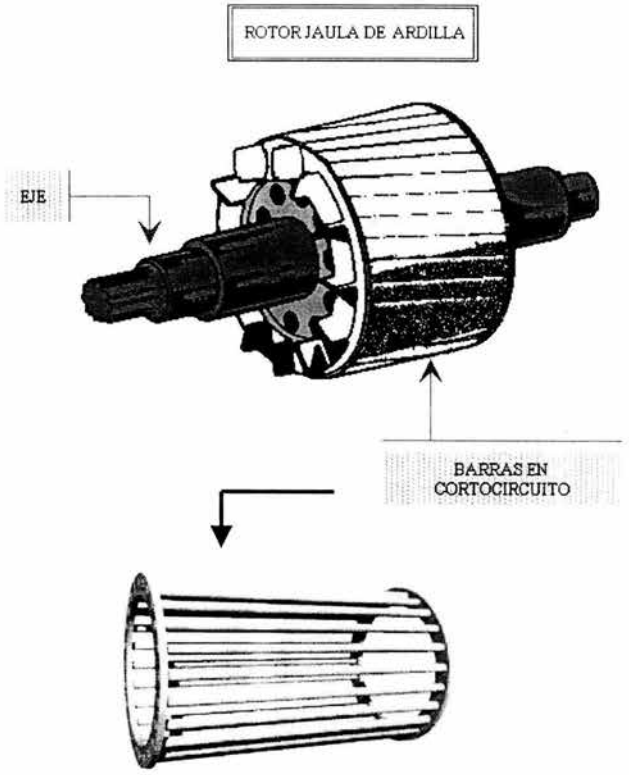


Figura 2. Rotor jaula de ardilla.

1.1.1.2.1.1 ROTOR DE JAULA DOBLE.

El rotor de jaula de ardilla se puede diseñar utilizando barras profundas o doble jaula, una externa muy resistiva y otra profunda con menor resistencia. Estas modificaciones permiten utilizar el efecto pelicular para producir una variación de la resistencia equivalente del rotor durante el arranque. Con el rotor en reposo, el deslizamiento es grande y la frecuencia de las corrientes que circulan por el rotor es proporcional al deslizamiento. Si las barras son profundas o el rotor es de doble jaula, la corriente de alta frecuencia fluye por la periferia de la barra o por la jaula más externa y resistiva, incrementando sustancialmente la resistencia equivalente del rotor en esta condición. Cuando la máquina está operando cerca del punto nominal, los deslizamientos son cercanos a cero y la frecuencia de las corrientes que circulan por el rotor también es reducida. En este caso las corrientes se distribuyen uniformemente por la barra profunda o por las dos barras, consecuentemente la resistencia equivalente disminuye. **Ver figura 3**

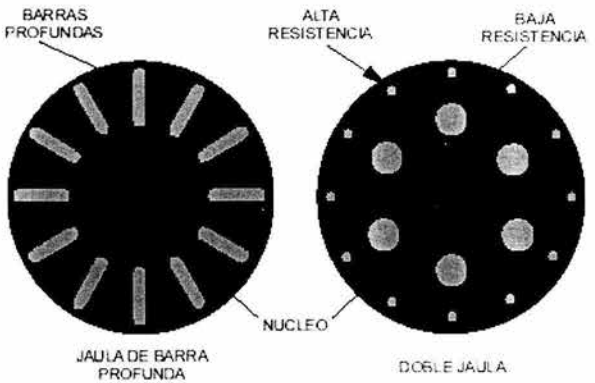


Figura 3. Cortes transversales de rotores de jaula de ardilla.

En un régimen normal, la velocidad correspondiente al par nominal no es más que ligeramente inferior al del motor de jaula simple.

I.I.1.2.2 ROTOR DEVANADO.

El **rotor devanado** es como el anterior, una estructura laminada, solo que sus ranuras en vez de barras, alojan un devanado muy similar al del estator; un extremo de cada uno de los devanados está conectado a un punto común (acoplamiento en estrella), los extremos libres pueden estar conectados a un acoplador centrífugo ó a tres anillos de cobre aislados y solidarios con el rotor (anillos rozantes). Encima de los anillos se colocan las escobillas de grafito, conectadas al dispositivo de arranque. **Ver figura 4**

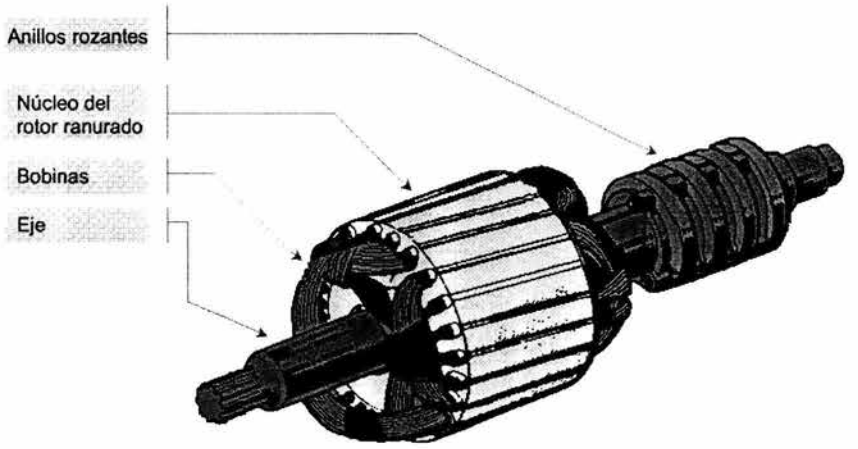


Figura 4. Rotor devanado.

Las figuras 5 y 6. Muestran los detalles de las partes que constituyen un motor jaula de ardilla y un motor de rotor devanado respectivamente.

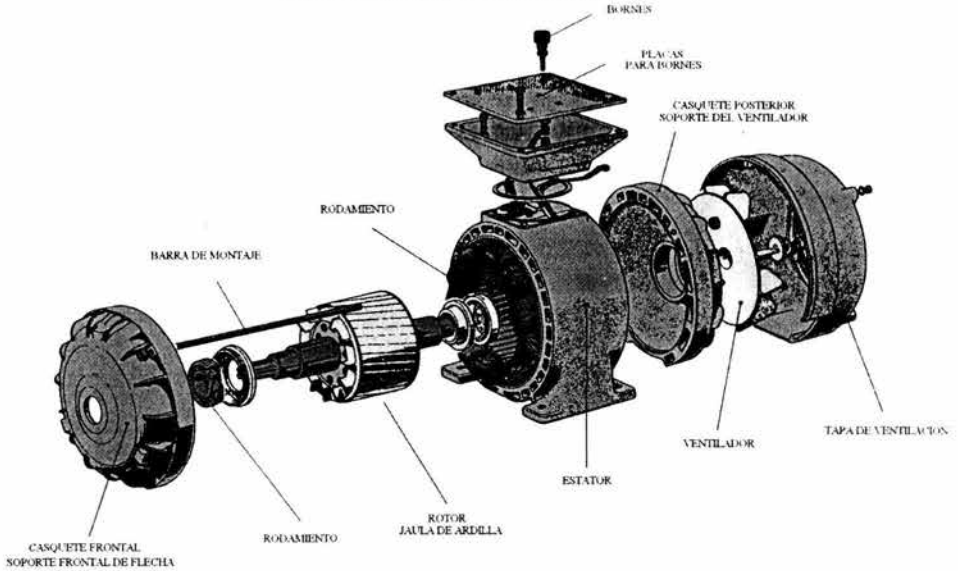


Figura 5. Detalle de un motor típico jaula de ardilla.

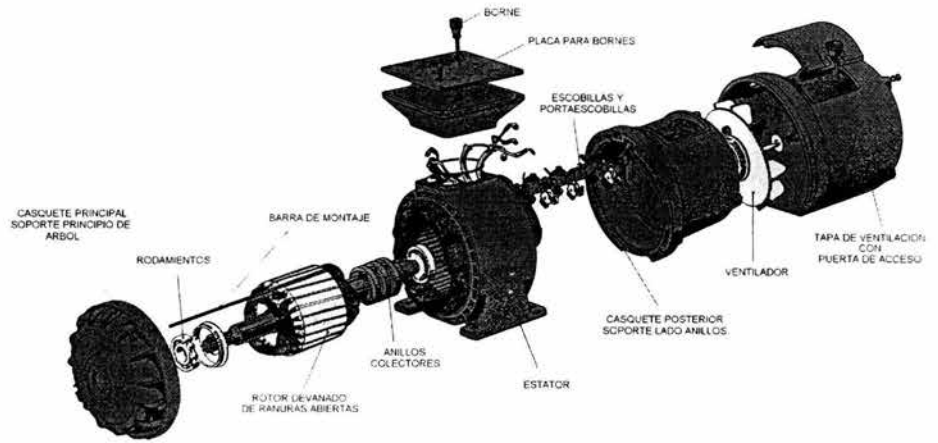
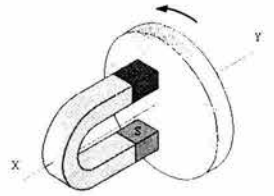


Figura 6. Detalle de un motor típico de rotor devanado.

I.1.1.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El principio de funcionamiento de los motores de inducción, está basado en la producción de un campo magnético giratorio.

Consideremos un imán permanente NS y un disco de cobre que pueda girar alrededor de un eje x-y.



Cuando el imán, movido por un artificio cualquiera, gira, el campo producido gira igualmente y barre al disco.

Este es recorrido ahora por corrientes inducidas debidas a la rotación del campo magnético creado por el imán; estas corrientes reaccionan sobre el campo dando un par motor suficiente para vencer el par resistente debido a los rozamientos y provocar la rotación del disco.

El sentido de rotación, indicado por la ley de Lenz, tiende a oponerse a la variación del campo magnético que ha dado origen a las corrientes.

El disco, es movido en el sentido del campo giratorio con una velocidad ligeramente inferior a la velocidad del campo.

Si el disco girase a la misma velocidad del campo (**velocidad síncrona**), no habría corrientes inducidas y el par ejercido sería nulo.

La velocidad del disco (o del rotor) es inferior a la del campo giratorio y por esto, este tipo de motores son conocidos como **asíncronos.**

En los motores asíncronos trifásicos, el campo giratorio es producido por tres bobinados fijos, geométricamente desfasados 120° y recorridos por corrientes alternas con el mismo desfasamiento eléctrico. La composición de los tres campos alternos producidos, forma un campo giratorio constante. La figura 7. muestra el desarrollo de un campo magnético rotatorio.

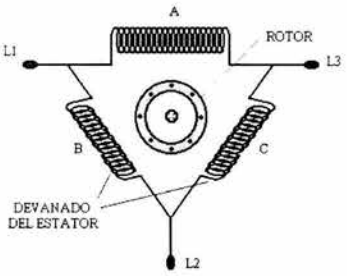


Figura 7. Desarrollo de un campo magnético rotatorio.

1.1.1.4. VELOCIDAD DE LOS MOTORES ASÍNCRONOS.

Cuando se conectan los devanados del estator a una fuente polifásica de c.a. se crea un campo magnético giratorio, cuya velocidad depende de la frecuencia y del número de polos. La velocidad del campo magnético es conocida como síncrona y está determinada por la siguiente expresión:

$$N = \frac{120f}{p} r.p.m \qquad ec.\ 1.$$

En donde:

N = Velocidad síncrona en r.p.m.

f = Frecuencia de la tensión de alimentación.

p = Número de polos.

Al moverse el campo corta los devanados del rotor, induciendo corrientes que conjuntándose con el campo magnético de rotación, desarrollan un par, que hace que el rotor gire siguiendo al campo. El rotor nunca alcanzará la velocidad de sincronismo, ya que de hacerlo, no existiría una diferencia relativa entre su velocidad y la del campo, deteniéndose al no inducirse corrientes en su devanado. La diferencia de velocidades del campo y del rotor recibe el nombre de deslizamiento.

En el caso del **motor jaula de ardilla**, las barras metálicas que constituyen la jaula, están cortadas por el campo giratorio producido por el estator, lo que origina corrientes inducidas intensas. Estas reaccionan sobre el campo giratorio dando un par motor que provoca la rotación de la jaula.

Los motores jaula de ardilla, tienen un par de arranque relativamente pequeño, y la intensidad absorbida en la puesta en tensión, es muy superior a la intensidad nominal.

Para el **motor de rotor devanado**, los devanados del rotor están acoplados mediante anillos y escobillas o juegos de carbones, a un banco de resistencias regulables, montadas en estrella.

Cortados por el campo giratorio, los conductores que forman los devanados rotóricos, producen corrientes inducidas que recorren el banco de resistencias. Estas corrientes, están casi en fase con las fuerzas electromotrices que las producen, por lo tanto el par de arranque es muy elevado y el rotor es desplazado en el sentido del campo giratorio.

En función de las resistencias montables en el circuito rotórico, este tipo de motor puede alcanzar un par de arranque que se eleve a 2.5 veces el par nominal.

Como se observa en la ecuación 1.1, la velocidad de los motores asíncronos no esta influenciada por las variaciones de tensión, pero es proporcional a la frecuencia de alimentación e inversamente proporcional al numero de polos que constituyen al estator.

Para las frecuencias industriales de 60 Hz, las velocidades de rotación del campo giratorio o de sincronismo, en función del número de polos son las siguientes:

MOTOR DE:	F = 60 HZ.
DOS POLOS	3600 r.p.m.
CUATRO POLOS	1,800 r.p.m.
SEIS POLOS	1,200 r.p.m.
OCHO POLOS	900 r.p.m.
DIEZ POLOS	720 r.p.m.
DOCE POLOS	600 r.p.m.

Tabla 1.1. Velocidad de los motores trifásicos en función del número de polos.

1.I.2. CONTROL DE ARRANQUE DE LOS MOTORES JAULA DE ARDILLA

Los motores en jaula de ardilla son máquinas con una impedancia en su devanado estatórico, que permite su conexión directa a la red, sin el peligro de destruir sus devanados; sin embargo, la corriente demandada si bien no perjudica al motor, si ocasiona perturbaciones en la red de alimentación, y puede, sobre todo, si la sección de la línea es insuficiente, provocar una caída de tensión susceptible de afectar el funcionamiento de los receptores; sobre todo en máquinas con capacidades de 10 HP y mayores.

Debido a que las características del rotor jaula de ardilla han sido determinadas de una vez para siempre por el fabricante, los diversos procedimientos de arranque permiten hacer variar únicamente la tensión en los bornes del estator.

Esta situación y el hecho de que el par pueda tener efectos no deseados en la carga accionada, trae como consecuencia, el empleo de métodos de arranque, en los cuales la conexión del motor ya no se hace de manera directa a la red, sino a través de algún dispositivo que limite la corriente y/o la tensión de la red.

1.I.2.1. ARRANQUE A TENSIÓN PLENA.

El método más sencillo de arranque para el motor trifásico jaula de ardilla, es conectándolo directamente a la línea. Para esto se pueden emplear dispositivos de arranque manuales o magnéticos.

El estator del motor se acopla directamente a la red. El motor arranca con sus características naturales con una fuerte punta de intensidad. Este procedimiento es ideal si la punta de intensidad es tolerable por la red y el par de arranque es conveniente para la puesta en marcha de la máquina. La intensidad en la puesta en tensión, es muy elevada, del orden de 4 a 8 veces la intensidad nominal.

El arranque a tensión plena se emplea cuando la corriente demandada, no produce perturbaciones en la red y cuando la carga puede soportar el par de arranque; este procedimiento es indicado para máquinas de pequeña y mediana potencia. **Ver figura 8**

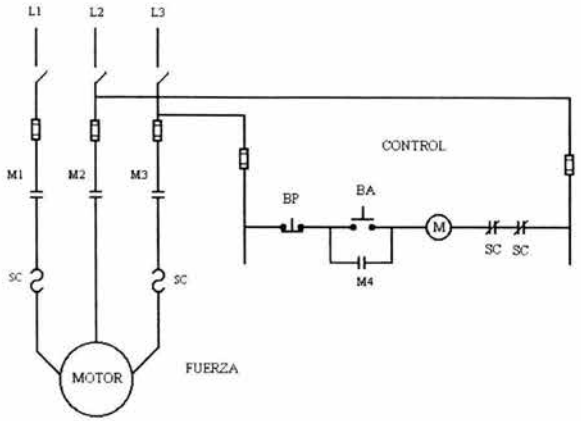


Figura 8. Diagrama lineal de un arrancador magnético a tensión plena conectado a un motor jaula de ardilla.

1.1.2.2. ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA.

Este método de arranque para los motores, obedece a alguna de las siguientes razones: se desea disminuir la corriente de arranque demandada por el motor, o bien, acelerar suavemente la carga para evitar daños en ella, esto es: disminuir el par.

Existen varias formas o métodos para lograr el arranque a tensión reducida. Entre los principales se tienen:

a) Resistencias primarias.
b) Reactancias.
c) Autotransformador.
d) Estrella – Delta.
e) Devanado partido.

Cabe mencionar que para el método de arranque de devanado partido, la disminución de la corriente y el par, no se logra reduciendo la tensión al arranque en los devanados del motor, pero es costumbre incluirlo en los métodos de arranque a tensión reducida, porque los resultados que se obtienen satisfacen los requerimientos.

En cualquiera de los métodos de arranque a tensión reducida, la corriente en las puntas del motor, se reduce en proporción directa con la reducción de la tensión, en tanto que el par lo hace con el cuadrado de la tensión. De esta manera:

$$i_{REDUCIDA} = \left[\frac{v_{REDUCIDO}}{v_{NOMINAL}}\right] * i_{NOMINAL\ DE\ ARRANQUE} \quad \ldots \quad \ldots \quad ec\ 2.$$

$$T_{REDUCIDO} = \left[\frac{v_{REDUCIDO}}{v_{NOMINAL}}\right]^2 * T_{NOMINAL\ DE\ ARRANQUE} \quad \ldots \quad \ldots \quad ec\ 3.$$

En donde: i = corriente.
T = Par.

Es necesario tomar en cuenta, que cuando se trata de reducir la corriente, aparejada aparece una reducción del par que la máquina puede entregar. Independientemente de cual sea la magnitud a regular, la otra siempre estará presente.

En el caso en que se desee reducir una aceleración más suave de la carga, el método está sin discusión; pero cuando se desea reducir la corriente, por restricciones de la compañía suministradora, puede suceder que la aparejada disminución del par, ocasione problemas al impulsar la carga. Sin embargo, entre los métodos mencionados, se pueden encontrar algunos como el de autotransformador, cuya reducción del par por amper reducido no es tan crítica.

1.1.2.2.1. ARRANQUE CON RESISTENCIAS PRIMARIAS.

En este método de arranque el motor se conecta a la línea, a través de un grupo o banco de resistencias, produciendo una caída de tensión en ellas. Esta caída disminuye la tensión aplicada a las terminales del motor, reduciendo la corriente y el par durante el arranque. Una vez que el motor alcanza cierta velocidad (superior al 70% de la nominal), se desconectan las resistencias, dejando el motor funcionando con la tensión plena de alimentación. **Ver figura 9**

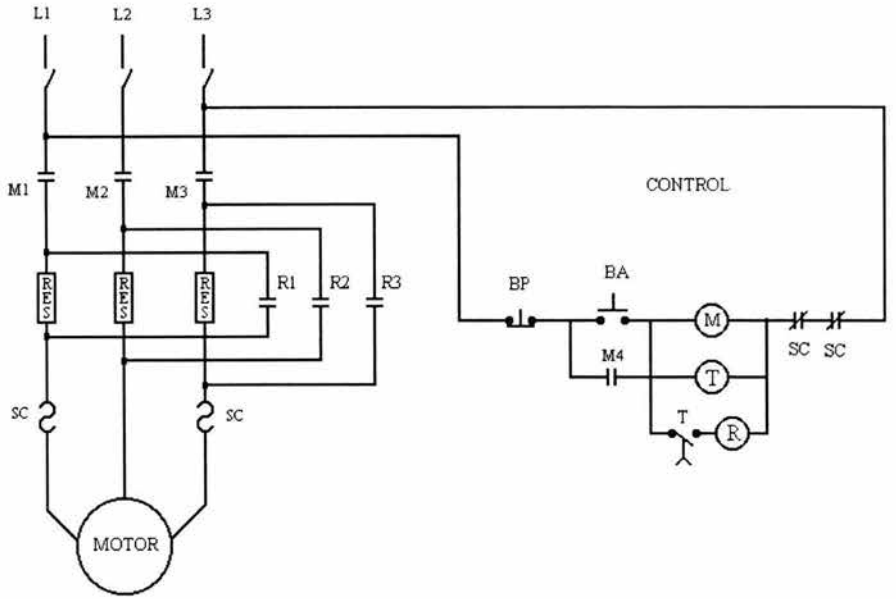


Figura 9. Diagrama lineal de un arrancador magnético a tensión reducida con resistencias primarias para un motor jaula de ardilla.

Cuando se oprime el botón de arranque BA, se establece continuidad en la línea que contiene él botón de paro BP, el botón de arranque, la bobina del CONTACTOR M y los contactos del relevador de sobre carga. La bobina M se energiza, cerrando los contactos M1, M2 y M3 en el circuito de carga y el contacto M4 de enclave en el circuito de control; así el motor se conecta a la línea a través del banco de resistencias.

En el momento en que la bobina M se energiza, también lo hace la bobina T de un relevador de tiempo del tipo a bobina energizada. Este, en un tiempo "t" cierra el contacto T, permitiendo la conexión de la bobina del CONTACTOR R, el cual cierra sus contactos R1, R2 y R3 en el circuito de carga puenteando las resistencias, con lo que el motor queda conectado a la tensión plena de línea.

La detención del motor se realiza pulsando el botón de paro que interrumpe el circuito que energiza la bobina del CONTACTOR M, provocando la apertura de los contactos M en el circuito de carga.

En el caso de una sobrecarga, la apertura de los contactos del relevador de sobrecarga SC en serie con la bobina M, origina la desconexión del motor. Para arrancar después de una sobrecarga hay que oprimir

el botón de restablecimiento que mecánicamente cierra los contactos SC del relevador y consecuentemente pulsar el botón de arranque nuevamente.

Este tipo de arrancadores pueden diseñarse, para mas de un paso de resistencias en la aceleración y para operaciones reversibles, los contactores utilizados en el controlador, son de capacidad acorde al motor por controlar. El relevador de tiempo puede ser de tipo neumático, con amortiguador o bimetálico.

Así como la corriente absorbida por el motor durante el arranque, el par queda también notablemente reducido, los arrancadores a tensión plena con resistencias primarias, no son convenientes para el arranque de cargas de alta inercia; sin embargo, su construcción sencilla, su bajo costo inicial y algunas otras características, lo hacen adecuado para un gran número de aplicaciones.

1.1.2.2.2. ARRANQUE CON REACTANCIAS.

Este método de arranque consiste en conectar el motor a la línea a través de reactores colocados en cada una de las fases. Como resultado de utilizar este tipo de arrancador, el par en el arranque es muy bajo; además el empleo de reactores disminuye aún más el factor de potencia durante la aceleración. Estas características y su mayor costo, hacen que el tipo de arranque por resistencias, sea preferido en lugar del de arranque por reactancias en la mayoría de los casos. Sin embargo, en accionamiento en donde se requieren bancos de resistencias de gran volumen y se tienen problemas en la disipación de calor, se emplea el arrancador con reactancias. **Ver figura 10**

Usualmente los reactores van provistos de derivaciones, para conseguir en los bornes del motor tensiones del 50%, 65% y 80% de la tensión plena de alimentación, lo que permite utilizar ajustes en las relaciones par y corriente.

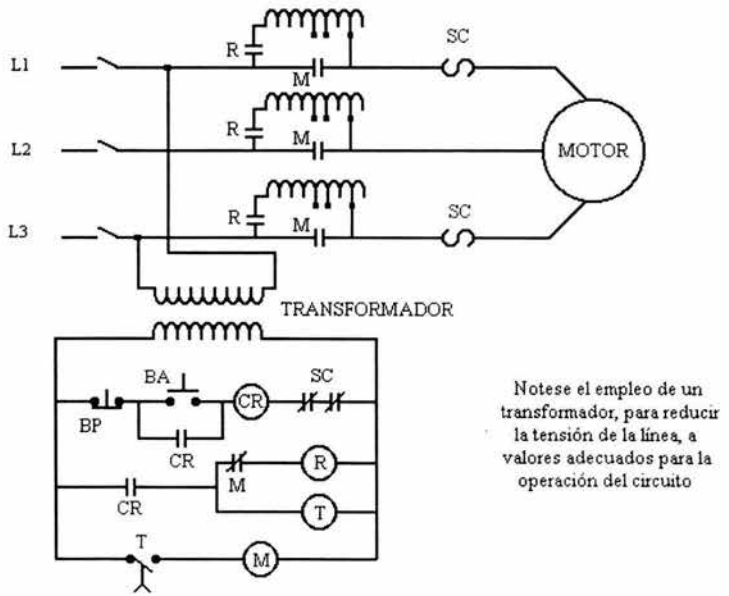


Figura 10. Diagrama lineal de un arrancador a tensión reducida por reactancias.

1.1.2.2.3. ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR.

El arranque con autotransformador conocido como compensador, tiene los mismos propósitos que los arrancadores con resistencias o reactancias y a pesar de ser más costoso, posee ciertas cualidades que lo hacen preferido en la mayoría de las aplicaciones.

En los arrancadores con resistencias o reactancias, la disminución de la corriente es proporcional a la disminución de la tensión, mientras que el par disminuye con él cuadrado de ésta. Así si en un arrancador se tiene una caída de tensión en los bancos limitadores de un 20%, la corriente absorbida por el motor durante el arranque, será el 80% de su valor si se arrancara a tensión plena de red, en tanto que el par se reduce a un 64%.

Supóngase que el mismo motor se conecta a un autotransformador durante el arranque. Si la tensión en los bornes del motor se reduce a un 80% de la red, la corriente absorbida por la máquina disminuye en la misma proporción Sin embargo, por la acción transformadora, la corriente de la red que está dada por la siguiente relación: **Ver figura 11**.

$$i_L = \left[\frac{v_M}{v_L} * i_M \right] = \left[\frac{80\,\%}{100\%} * 80\,\% \right] = 64\,\% \quad \ldots \quad \ldots \quad ec. \quad 4.$$

Resulta ser el 64% de la corriente, que absorbería el motor si se conectara directamente a la línea.

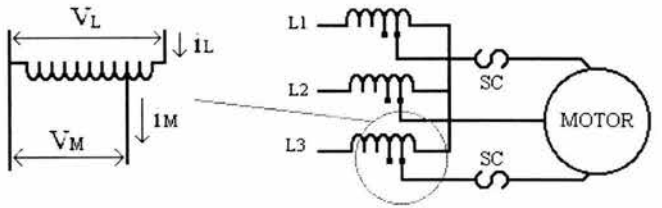


Figura 11. Conexión del motor durante el arranque con un autotransformador.

Al 80% de la tensión nominal el par durante el arranque se reduce a un 64%. De esta manera, se puede observar que para el mismo par de arranque el arrancador con autotransformador produce una reducción de la corriente de la línea mayor que los arrancadores con resistencias o reactancias.

En el mercado se encuentran arrancadores manuales, semiautomáticos y automáticos, estos últimos idénticos con excepción de la conexión al elemento de mando: tres hilos y dos hilos respectivamente. A los arrancadores semiautomáticos y automáticos, también se les conoce como magnéticos, porque casi todo el arrancador está constituido por dispositivos de este tipo de control, sin embargo, en los arrancadores manuales también se pueden encontrar contactores y relevadores.

El uso de autotransformadores conectados en delta abierta, está muy difundido, pero esta conexión puede ocasionar durante el arranque, disturbios en la línea, que como consecuencia disminuye el par ya reducido. Esta disminución no suele ser tan crítica en la mayoría de las aplicaciones; sin embargo, cuando se prefiere tener el par máximo se completa el autotransformador, conectándose en estrella.

La figura 12 muestra un diagrama simplificado de un arrancador a tensión reducida con autotransformador en delta abierta que utiliza dos contactores, uno de ellos de cinco polos.

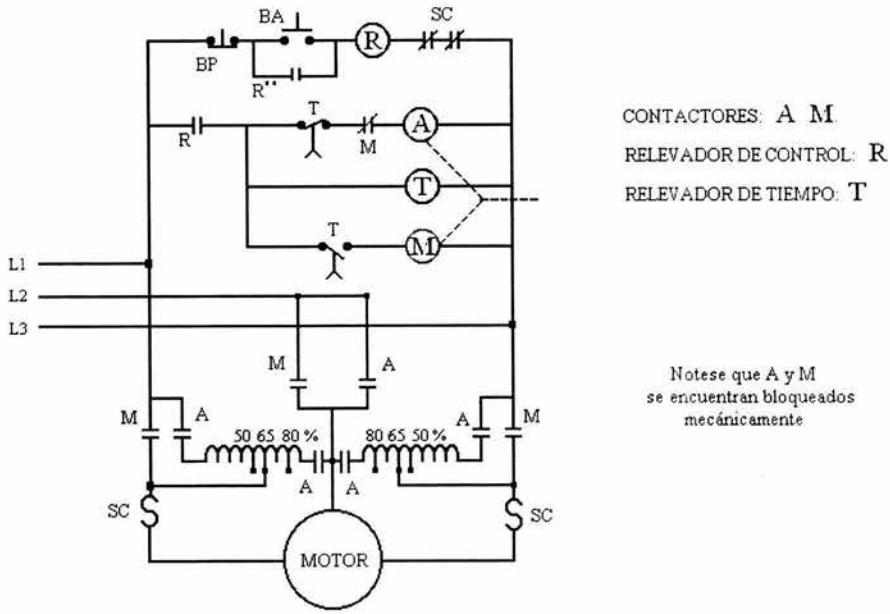


Fig.12. Diagrama simplificado de un arrancador magnético.

Cuando el elemento de mando es una estación de botones (pulsadores) la operación de arranque se reduce a presionar el botón de arranque normalmente abierto. Al cerrar éste se excita la bobina del relevador R, que cierra sus contactos en el circuito de control, manteniendo uno de ellos el enclave al dejarse de pulsar el botón.

Otro contacto de R permite la energización de la bobina del CONTACTOR A y la del relevador de tiempo a bobina energizada T. Al cerrarse los contactos de A, el motor se conecta a la línea a través del autotransformador. Un tiempo después de energizada la bobina T, los contactos que gobierna actúan desconectando la bobina A y conectando la bobina M, la cual cerrando sus contactos conecta al motor a la tensión plena de línea.

Se acostumbra utilizar, enclavamientos mecánicos y eléctricos, para evitar que los contactores A y M actúen al mismo tiempo. El enclavamiento mecánico se logra con un sistema de palancas y el eléctrico con contactos normalmente cerrados del contactor que se va a energizar, en serie con la bobina que se desea mantener desexcitada.

Para detener el motor, basta pulsar el botón de paro, desenergizando al relevador de control R, que abre sus contactos interrumpiendo la operación. En caso de sobrecarga ocurre una operación similar, ya que al abrirse los contactos SC sé desexcita la bobina R, y en consecuencia, hay que restablecer cerrando los contactos SC mecánicamente y nuevamente pulsar el botón de arranque para iniciar la operación.

En el caso de utilizar dispositivos de mando como interruptores, flotadores, de presión. etc. la operación se puede realizar automáticamente, dependiendo de la variable a controlar. En el caso de una sobrecarga, estando cerrados los elementos de mando, por requerirlo así la condición del sistema controlado, basta pulsar el botón de restablecimiento para iniciar la operación antes descrita.

El arrancador mencionado, ya sea automático o semiautomático, presenta un inconveniente que en ocasiones se debe considerar cuando se realiza el diseño o la selección; de manera similar a los manuales, en la operación de apertura de los contactos de arranque (A) y el cierre de los de marcha (M), hay un instante en el cual el motor se queda desconectado de la línea. Esta transición abierta, ocasiona en el momento de la conmutación, que el motor demande corrientes que pueden inclusive superar la intensidad de arranque a tensión total.

Para evitar el problema anterior, se ha desarrollado el arrancador de transición cerrada. **Ver figura 13.**

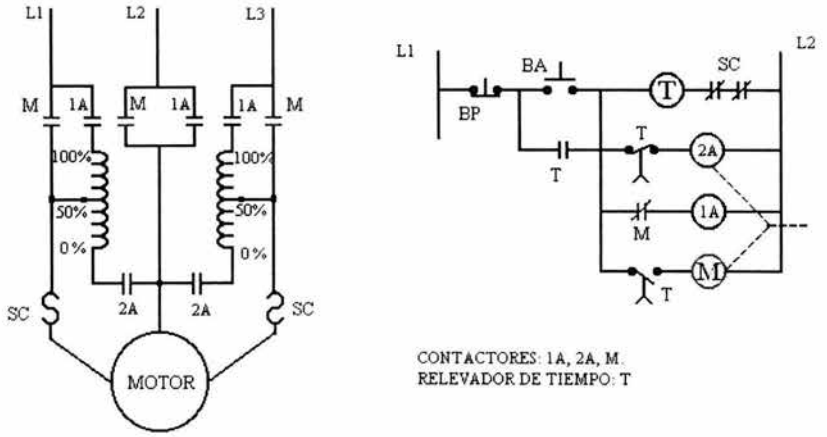


Figura 13. Diagrama simplificado de un arrancador a tensión reducida con autotransformador con transición cerrada.

Las conexiones de transición cerrada, se encuentran usualmente en los arrancadores para motores de 200 HP en 220 volts/400 HP en 440 volts y mayores. En estos arrancadores se tienen dos contactores de arranque, uno de dos contactos (2A) y otro de tres (1A) que operan independientemente. La operación de arranque, es similar a lo descrito con anterioridad, sólo que en el momento de la transición del contactor (2A) se abre, en tanto que él (1A) permanece cerrado. Cuando esto sucede, se conecta el motor a la línea a través de las bobinas del transformador, que entonces actúan como reactores. Al momento de energizarse la bobina del contactor M y cerrarse los contactos que conectan el motor a la tensión plena de red, el contactor (1A) sé desexcita abriendo sus contactos.

1.1.2.2.4. ARRANQUE ESTRELLA – DELTA.

Este método de arranque desarrollado ya hace algunos años en Europa, consiste en conectar los devanados del motor en estrella durante el arranque y luego pasarlos a conexión delta al terminar la aceleración. Evidentemente este método es realizable, en motores que funcionan normalmente con conexión delta.

Cuando el motor se conecta en estrella, la tensión en cada una de las fases será $1/\sqrt{3}$ del valor de la tensión de la línea, que se aplica a cada fase si se conectara en delta. Por otro lado siendo la corriente de la línea en la conexión estrella $1/\sqrt{3}$ la corriente de la línea en conexión delta, la corriente absorbida por el motor durante el arranque en estrella, será 1/3 del valor que tomaría si se arrancara en delta. El par de arranque también disminuye 1/3 de su valor en conexión delta, puesto que su reducción es proporcional al cuadrado de la tensión aplicada y siendo ésta $1/\sqrt{3}$; su cuadrado da el valor mencionado.

Para Lograr este tipo de arranque, en muchas ocasiones se utilizan desconectadores de cuchillas, de dos tiros tres polos o bien combinados, como se puede observar en la figura 14.

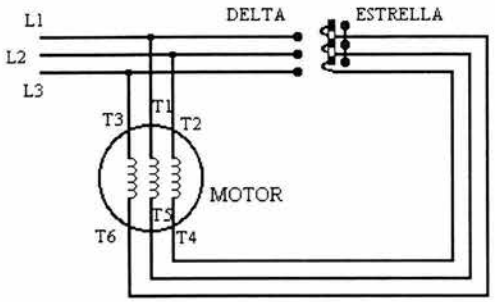


Figura 14. Arranque manual estrella – delta para un motor trifásico jaula de ardilla.
El cambio se realiza con un desconectador de navajas de tres polos, dos tiros.

En la posición E los devanados del motor se conectan en estrella y se mantienen en esta posición, hasta que el motor haya adquirido por lo menos, el 80% de su velocidad nominal. Cuando esto último sucede, se pasa rápidamente la palanca a la posición D, dejando al motor funcionando en condiciones normales de tensión, corriente y potencia. Nótese que durante el cambio de estrella a delta, el motor se desconecta momentáneamente de la red, por lo que éstos montajes son de transición abierta.

La figura 15. muestra un arrancador magnético a tensión reducida estrella – delta, el cual es gobernado por pulsadores o dispositivos de mando conectados a dos hilos.

Al pulsarse el botón de arranque, se excitan las bobinas de los contactores M y E se cierran, el motor se conecta a la línea con sus devanados estatóricos en estrella. El relé de tiempo T actúa unos segundos después, ya que el motor se haya acelerado, desconectando la bobina del contactor E y conectando la del contactor D, que al cerrar sus contactos deja trabajando al motor en delta.

El contacto normalmente cerrado de E en serie con la bobina D, garantiza que sólo hasta que la bobina E se encuentra fuera, el contactor D puede actuar, asegurando que no se produzca un corto circuito. Además de este enclavamiento eléctrico, se acostumbra dotar a los contactores E y D de un enclavamiento mecánico, el cual a pesar de energizarse una bobina no deseada, impide mecánicamente el cierre de sus contactos.

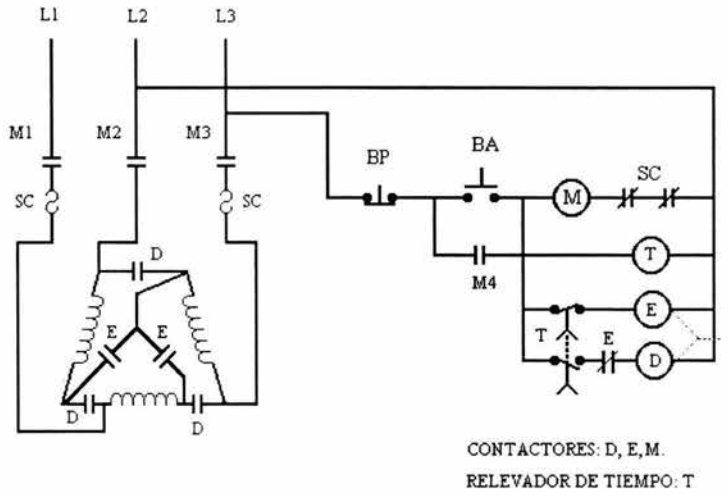


Figura 15. Arrancador magnético a tensión reducida estrella – delta, para un motor trifásico jaula de ardilla.

El circuito de la figura 15. corresponde a un arrancador con transición abierta, ya que en la operación de apertura de los contactos E, y el cierre de los contactos D el motor queda desconectado de la línea por un instante. Para evitar la posibilidad de que en el instante de la transición, el motor demande una corriente muy elevada se utiliza un dispositivo que realiza la transferencia estrella – delta, sin desconectar el motor e la línea

En general el arrancador a tensión reducida estrella – delta, está prescrito cuando se exija que las intensidades en el arranque sean reducidas o un par especialmente bajo para un arranque suave.

1.I.3. CONTROL DE ARRANQUE DE LOS MOTORES DE ROTOR DEVANADO.

El rotor en este tipo de máquina, se devana de manera similar a su estator, colocándose al final del devanado, anillos colectores que permiten su conexión a circuitos exteriores. Usualmente estos circuitos son reóstatos, los cuales al ser variados modifican las características de par y velocidad.

Si se conectara el estator a la red con el devanado rotórico en corto circuito, la máquina quedarla convertida en una de jaula de ardilla y la corriente demandada al arranque sería elevada, sin embargo, la introducción de resistencias en el circuito, permite disminuir esta corriente, que es un reflejo de la corriente del rotor. Recuérdese que en el motor de inducción, la transferencia de energía se realiza de manera similar a los transformadores.

En los arrancadores para motores de rotor devanado, se pueden identificar dos partes: una que conecta el estator a la línea, conocida como control primario y otra que gobierna las resistencias en el circuito rotórico, conocida como control secundario.

Las condiciones para controles primarios, son generalmente las mismas que para los motores de jaula de ardilla, arrancados a tensión plena. Se acostumbra conectar el estator a la tensión de red, pero en este caso la corriente de entrada se controla mediante las resistencias externas conectadas en el circuito del rotor. Un procedimiento general es mantener la corriente de arranque en un 150% o menor y que no exceda en promedio de 125% durante la aceleración.

La conexión de los devanados del estator a la red, se puede realizar con dispositivos tales como: desconectadores de cuchillas, combinadores de tambor o contactores magnéticos.

1.I.3.1 ACELERACION MANUAL.

El uso de reóstatos convencionales de operación manual, es con frecuencia empleado sobre todo en motores con capacidades que no excedan los 30 HP. Algunos de estos dispositivos se utilizan solamente durante la operación de arranque, desconectándose completamente al terminar ésta, no debiéndose dejar en ninguna posición intermedia. Otro tipo de reóstatos, son diseñados para servicio continúo, pudiéndose dejar en cualquier posición, lo que permite emplearlos para el control de la velocidad. **Ver figura 16**

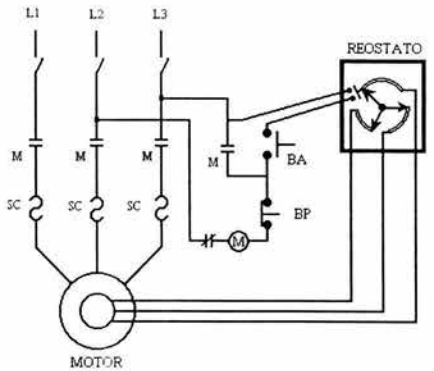


Figura 16. Diagrama simplificado de un arrancador magnético con reóstato secundario de contactos deslizantes.

1.1.3.2 ACELERACIÓN CON DISPOSITIVOS DE CONTROL MAGNÉTICO.

La aceleración de los motores de rotor devanado, puede efectuarse con arreglos de dispositivos magnéticos, en donde sólo basta pulsar un botón para que toda la operación de arranque se realice. En estos circuitos, el control primario y el secundario, se mandan con el mismo dispositivo de entrada.

Existen varios métodos para acelerar a los motores cuando se utilizan controles secundarios magnéticos: entre éstos se pueden mencionar los de tiempo fijo y por frecuencia.

1.1.3.2.1 ACELERACIÓN DE TIEMPO FIJO

En la figura 17 se observa un arrancador de tiempo fijo, en donde el momento de desconexión de las resistencias se establece con relevadores de tiempo.

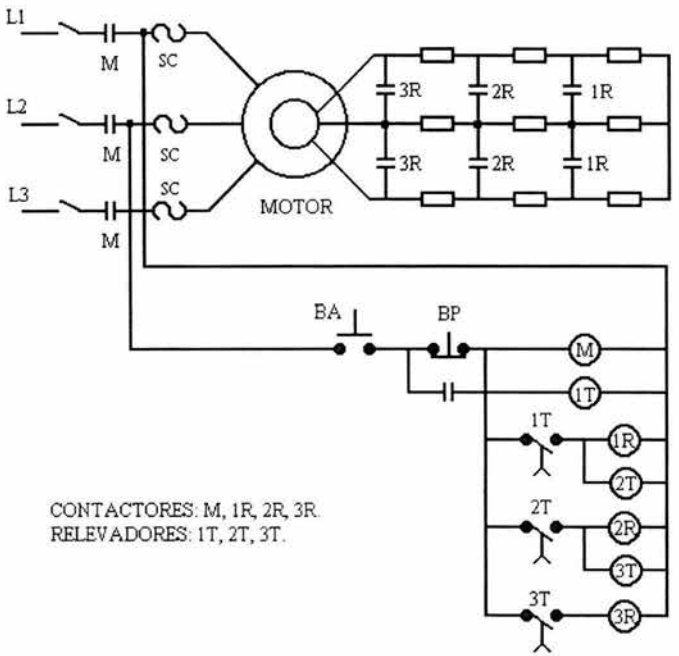


Figura 17. Diagrama simplificado de un arrancador magnético para un motor de rotor devanado, en donde la aceleración es de tiempo fijo.

Este método se utiliza cuando el tiempo de arranque es definido sin importar los posibles y severos picos de carga.

1.I.4 INVERSIÓN DE ROTACIÓN

Los arrancadores se construyen en muchas ocasiones para operaciones reversibles; tal y como sucede con los controles de elevadores, montacargas y grúas. En los motores polifásicos de inducción usados para los trabajos mencionados, basta intercambiar dos de las líneas o fases de alimentación del motor para que éste gire en sentido contrario.

Para realizar operaciones de inversión de giro, es muy frecuente el empleo de combinadores de tipo tambor, similares a los usados en el arranque estrella - delta de los motores en jaula de ardilla. Estos dispositivos en una posición, conectan el motor de tal manera que gire en un sentido y al cambiar de estado cambian las terminales del motor, haciendo que éste gire en sentido contrario. También pueden utilizarse desconectadores de cuchillas de tres polos dos tiros, los cuales en una posición conectan el motor en un sentido y en la otra invierten dos cualesquiera de las tres fases que lo alimentan.

Utilizando el control magnético se puede realizar la operación anterior, con las ventajas que el empleo de esta tecnología presenta.

En la figura 4.18 (a) se presenta un arrancador de operación reversible para un motor jaula de ardilla arrancando a tensión plena mediante un combinador de levas, mientras que en la figura 18 (b) se observa la misma operación pero gobernada por un desconectador de cuchillas de tres polos dos tiros.

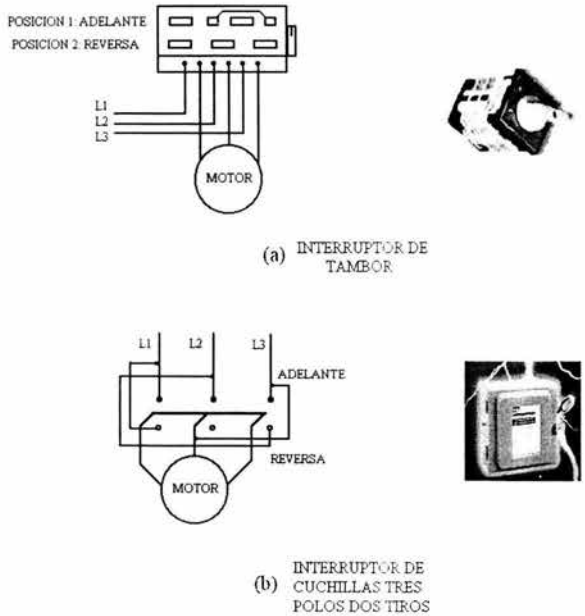


Figura 18. Inversión de giro de un motor jaula de ardilla. (a) con un combinador de levas. (b) con un interruptor de cuchillas, tres polos dos tiros

Un arrancador reversible, está formado por dos contactores y un relevador de sobrecarga. La figura 19 muestra el diagrama lineal de este tipo de arrancador. Obsérvese que, la interconexión mecánica entre la bobina A y R determina que la otra bobina no se pueda activar aunque haya sido energizada; de esta forma se evita un cortocircuito si se cerraran simultáneamente los contactos de A y R.

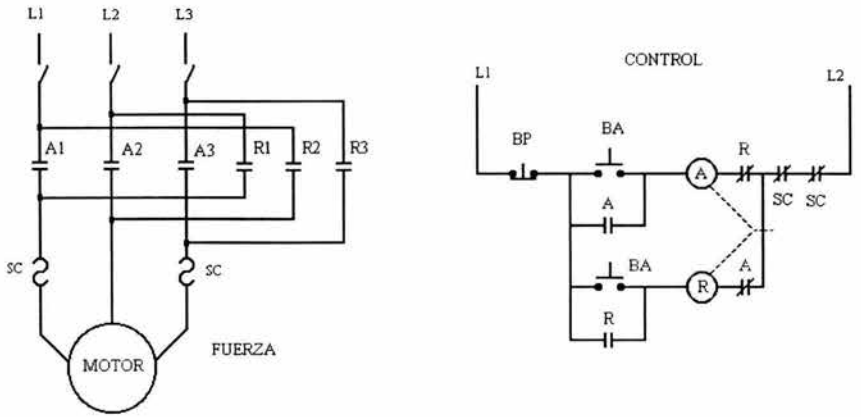


Figura 19. Diagrama lineal de un arrancador reversible.

Usualmente la interconexión o bloqueo mecánico, va acompañado de un bloqueo eléctrico. En el circuito que se trata, este bloqueo está representado por los contactos normalmente cerrados de R y de A, en serie con las bobinas A y R respectivamente, evitando que cuando una de las bobinas se halle energizada, la otra pueda hacerlo.

Existen otros montajes en donde el bloqueo eléctrico puede realizarse con una interconexión de botones; al pulsar un botón, el de adelante o el de reversa, se desconecta el circuito de alimentación de la bobina que no se desea energizar.

La ventaja de utilizar controladores magnéticos, está en que se pueden gobernar por medio de pulsadores o bien mediante aparatos como: interruptores del tipo flotador, de limite, termostatos, etc. que permiten operaciones completamente automáticas.

La protección contra sobrecarga de estos controladores, se logra instalando un relevador para tal fin, con sus contactos en serie con las bobinas de los contactores, para que en el caso de sobrevenir una sobrecarga se desconecte el motor.

Para la protección contra cortocircuitos, se deben instalar, siempre delante del arrancador, fusibles o interruptores de protección adecuados.

El control de la inversión de rotación, se ha ilustrado por simplicidad en motores jaula de ardilla, pero los conceptos pueden aplicarse a máquinas que requieren arranque a tensión reducida y a motores de rotor devanado.

1.I.5 CONTROL DE VELOCIDAD

Una de las más serias limitaciones del motor de inducción es que su velocidad no puede ser controlada fácil o eficientemente, en comparación con otro tipo de motores como por ejemplo los de corriente continua. Muchos métodos para el control de velocidad del motor de inducción, se han desarrollado, pero o bien la eficiencia es baja o el costo del equipo es alto. Esta es una de las razones por las cuales, el motor de corriente continua reemplaza a las máquinas de inducción, cuando el control de velocidad es esencial en la aplicación.

Cuando se alimentan los arrollamientos estatóricos de un motor de inducción, se crea un campo magnético, que gira a la velocidad de sincronismo dada por la ec. 1.1.

Este campo giratorio corta los devanados rotóricos, induciendo en ellos corrientes que interactúan con él, haciendo que el motor gire siguiéndolo, pero sin alcanzar su velocidad. Esta diferencia de velocidades es conocida como deslizamiento, que puede expresarse con la siguiente relación:

$$s = \frac{N_S - N_r}{N_s} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad ec.5.$$

En donde:

N_S es la velocidad de sincronismo expresado en R.P.M..

Nr la velocidad del rotor también en R.P.M..

S el deslizamiento.

De esta última expresión se tiene que:

$$N_r = N_s(1-s) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad ec. \quad 6$$

Substituyendo el valor de N_S , la ec. 4 queda de la siguiente manera:

$$N_r = \frac{120f}{p}(1-s) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad ec. \ 7$$

De donde puede observarse que la velocidad del motor, depende de la frecuencia, del número de polos y del deslizamiento. La variación de estos parámetros, trae como consecuencia una variación de la velocidad.

En control de velocidad por variación de la frecuencia y del número de polos, son característicos de los motores en jaula de ardilla, aunque se pueden aplicar en los de rotor devanado. El Control por variación del deslizamiento, se aplica en los de rotor devanado.

Puede suceder que la variación de alguno de los parámetros mencionados, para hacer un control de la velocidad, traiga como con secuencia efectos no deseados, que ocasionen problemas en la operación de la máquina. Es por esto, que la selección del método, debe realizarse sin omitir las posibles alteraciones que origine su utilización.

1.1.5.1 CONTROL DE LA VELOCIDAD DE LOS MOTORES EN JAULA DE ARDILLA.

1.1.5.1.1 EMPLEO DE UNA FUENTE DE FRECUENCIA VARIABLE.

Este método implica disponer una fuente separada, en donde la frecuencia y la tensión pueden ser variadas simultáneamente y en directa proporción una de la otra, ya que para obtener un flujo permanente en los motores, se debe mantener una relación constante entre la tensión V y la frecuencia f de la fuente de alimentación.

Siendo la f.e.m. en los motores, directamente proporcional al flujo y a la frecuencia:

$$Fem = K\theta\ F,\ en\ donde\ \theta\ = \frac{1}{K}\frac{E}{f} \cong \frac{1}{K}\frac{V}{f} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots ec.\ 8.$$

Donde:

Fem. = fuerza electromotriz.

K = relación de las pérdidas por corrientes parásitas a las pérdidas en el cobre a 75° C.

θ = Flujo.

F = Frecuencia.

Aquí se considera que la f.e.m. del motor E, es aproximadamente proporcional a la tensión aplicada a distintas frecuencias.

La razón de mantener una relación constante, entre la tensión aplicada y la frecuencia de la fuente, es por que el par desarrollado depende de la magnitud del flujo y existen muchas aplicaciones en donde conservar el par es de especial interés.

El manantial o fuente de frecuencia variable, puede ser:

a) Grupo Motor – Generador.
b) Conmutatriz o Convertidor Rotativo .
c) Convertido Electrónico .

El Grupo Motor – Generador es un montaje que emplea un motor de corriente continua, de velocidad regulable y un generador síncrono acoplado a éste.

Variando la velocidad del motor, se obtienen variaciones en la frecuencia y como el campo de excitación del generador se mantiene con un cierto valor fijo, todas las variaciones de frecuencia irán acompañadas por cambios proporcionales en la tensión.

El convertidor rotativo es una máquina en la que se reúnen las características del montaje motor-generador. Transforma la energía de otra frecuencia. En ocasiones se encuentran cadenas de regulación de velocidad, en donde motores de rotor devanado se emplean como convertidores de frecuencia.

El motor de rotor devanado puede actuar como un convertidor de frecuencia, ya que al conectar a la red su devanado estatórico, el campo giratorio producido induce tensiones en el rotor cuya frecuencia depende del deslizamiento, esto es:

$$f_r = s f \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad ec. \; 9.$$

En donde:

f_r es la frecuencia en el rotor, expresada en ciclos por segundo

f frecuencia del estator, misma de la red y del deslizamiento.

A rotor bloqueado (s = 1) la frecuencia del rotor es la misma que la de la red.

Se acostumbra acoplar el rotor del motor de rotor devanado a un motor que lo impulse, de tal manera, que haciéndolo girar en contra del campo o en la misma dirección de éste, se obtengan variaciones de frecuencia mayores. La máquina impulsada puede ser un motor de corriente continua con velocidad regulable, cuando se desean obtener diferentes rangos de frecuencia, o un motor asíncronos jaula de ardilla, cuando los valores de frecuencia son fijos y mayores que los de la red.

La generación de tensión de frecuencia variable, puede lograrse también con un inversor, como el mostrado en la figura 20 (a). El circuito de disparo de los tiristores, se ajusta para que tres válvulas conduzcan al mismo tiempo, con una secuencia mostrada en la figura. 20. (b).

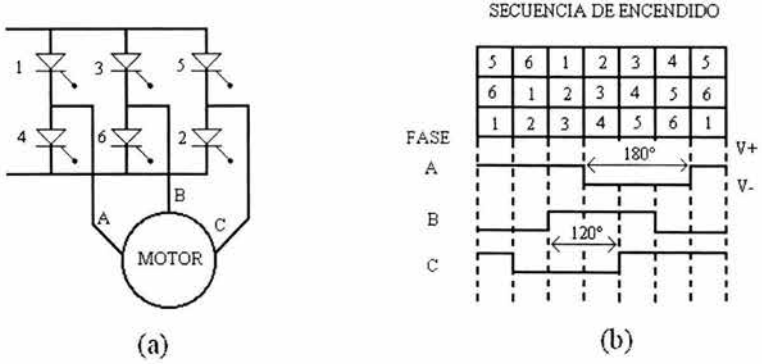


Figura 20. Inversor que alimenta un motor de inducción jaula de ardilla.

A la salida del puente rectificador se tienen ondas cuadradas, las cuales pasan a circuitos de filtrado, para tener en la entrada del motor, ondas senoidales como las de la red, cuyos valores de tensión y frecuencia dependen del tiempo de encendido de los tiristores.

La figura 21 muestra un diagrama simplificado de un convertidor de frecuencia, que como el anterior emplea semiconductores. Como es de observarse , primero se rectifica la tensión de la red con la que se alimenta el

circuito de tiristores; ajustando el disparo de los mismos se puede regular la tensión con la que se alimenta al motor, consiguiendo la regulación de la tensión y la frecuencia.

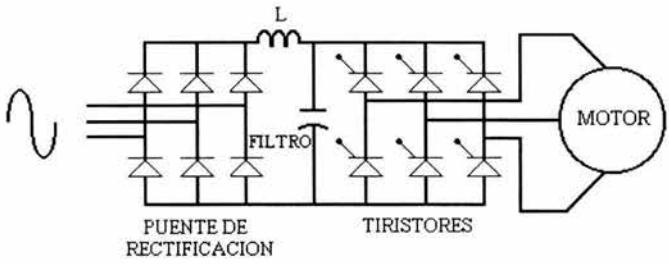


Figura 21. Esquema simplificado del circuito de fuerza, de un convertidor de frecuencia con semiconductores, para el control de la velocidad.

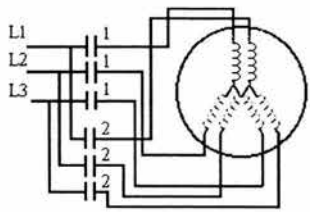
1.1.5.1.2. CAMBIO DEL NUMERO DE POLOS.

Otra forma de variar la velocidad de un motor en jaula de ardilla es cambiando el número de polos de su devanado estatórico, de manera que se modifique la velocidad síncrona del campo giratorio y con ello la velocidad del rotor.

Existen motores en jaula de ardilla que se construyen con dos devanados estatóricos independientes y con diferente número de polos. Uno de ellos, para la velocidad mayor y el otro para la menor. Generalmente su tamaño es mayor en proporción con los motores de simple devanado, presentando algunas desventajas tanto de construcción como de operación. Lo profundo de las ranuras del estator, aumenta las reactancias y el flujo de dispersión, disminuyendo la potencia entregada y el factor de potencia, ya de por sí bajo en los motores convencionales. El enfriamiento también es otra dificultad, ya que el considerable aislamiento en el estator, impide la transferencia de calor desde las secciones mas profundas del devanado.

Estos motores son generalmente controlados por arrancadores a tensión plena, siendo sus devanados usualmente conectados en estrella. En la figura 22 se muestra un diagrama simplificado de conexiones. Por supuesto, el circuito de control debe estar arreglado, para evitar la conexión simultánea de los devanados, con bloqueos mecánico y eléctrico}

Cuando la relación de velocidad es de dos a uno, en lugar de emplear motores de dos devanados, se emplean máquinas con un devanado, arreglado de tal manera que cambiando las conexiones de los grupos que los forman, se puede cambiar el número de polos.



alta velocidad 2 - 2 - 2.

baja velocidad 1 - 1 - 1.

Figura 22. Motor de dos devanados, dos velocidades.

1.1.5.2 CONTROL DE VELOCIDAD DE LOS MOTORES DE ROTOR DEVANADO.

Con mucha frecuencia el reóstato de arranque es utilizado en los motores de anillos rozantes, como también se conoce al motor de rotor devanado, para controlar su velocidad.

Las resistencias varían el deslizamiento, lográndose para un valor dado de este, una cierta velocidad. El inconveniente de este tipo de control, es que el rendimiento se reduce por la energía consumida en las resistencias, por lo cual se aplica en rangos no menores al 50% de la velocidad nominal. A pesar de sus limitaciones, los reóstatos se siguen empleando aunque se han desarrollado más eficientes.

Uno de los métodos consiste en inyectar en el circuito del rotor, una tensión cuyo efecto produce una disminución de la f.e.m., tal como sucede cuando se introducen resistencias. Además la tensión inyectada puede actuar para ayudar la f.e.m. generada en el rotor y con ello se puede aumentar la velocidad, inclusive, por encima de la síncrona. **Ver figura 23.**

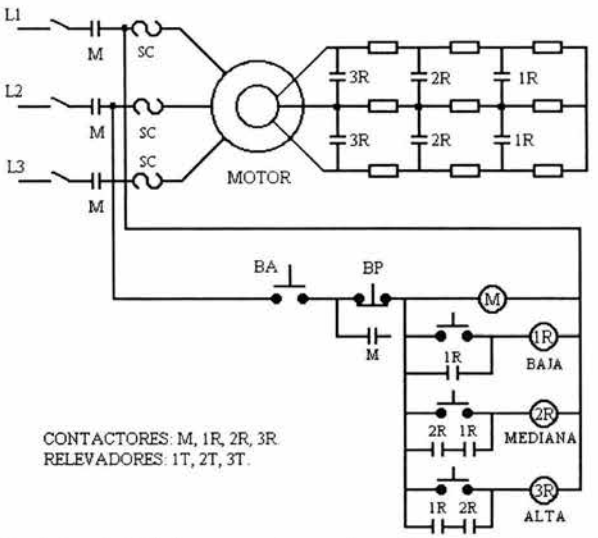


Figura 23. Selección de la velocidad de un motor de rotor devanado, gobernado por medio de una estación de botones.

Este sistema que proporciona excelentes resultados es algo costoso, ya que requiere de otras máquinas en el montaje de regulación; sin embargo, existen muchas aplicaciones en donde se empleo es plenamente justificado.

1.I.6. FRENADO.

Se tienen aplicaciones en las cuales la parada de un motor, no solamente es su desconexión de la fuente de alimentación, si no que es necesario que se detenga la suave y más rápidamente posible. Ejemplos de estas aplicaciones lo son: elevadores, montacargas, grúas, máquinas herramientas, impresoras, transportadores, etc., en donde es determinante disponer de controladores, que permitan realizar este tipo de operación.

1.1.6.1. FRENOS MECÁNICOS .

Este tipo de frenos, también conocidos como de fricción a magnéticos, pueden ser de dos tipos:

1.-De balatas.
2.-De disco.

Los frenos de balatas, están formados por un par de ellas que presionan, debido a la acción de un juego de resortes, una rueda montada en la flecha del motor. Llevan además una bobina o solenoide, que al ser excitada, abre las balatas permitiendo el movimiento de la rueda. Algunos frenos de balatas en lugar de llevar una bobina, van provistos de un pequeño motor, el cual acciona un mecanismo que libera el freno.

En los frenos mecánicos de disco, la operación consiste en la liberación, por una bobina, de la presión de un resorte aplicado sobre los lados de un disco o discos que actúan sobre la flecha del motor. Las puntas de las bobinas de estos frenos mecánicas o magnéticos para corriente alterna, se conectan usualmente a las terminales del motor.

1.1.6.2. FRENADO POR CONTRACORRIENTE.

También conocido como por inversión de fases, consiste en cambiar dos fases de la alimentación del motor, con objeto de desarrollar un par contrario que se oponga al giro de la máquina. Por supuesto, se hace necesaria la desconexión del motor al alcanzar la velocidad cero, ya que de no ser así el motor seguiría girando, pero en sentido contrario. Esto se puede lograr automáticamente con los interruptores de velocidad cero. **Ver figura 24.**

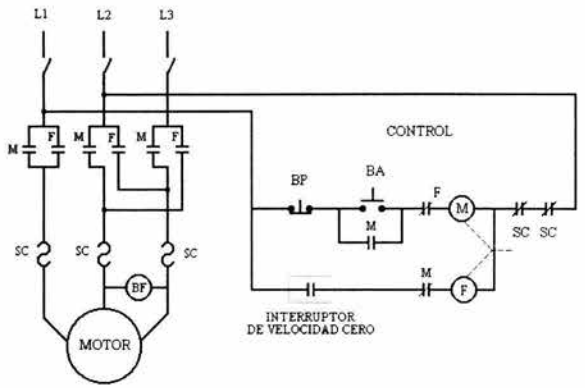


Figura 24. Diagrama simplificado de un arrancador a tensión plena de un motor jaula de ardilla, provisto de un sistema de frenado por contracorriente y freno mecánico.

Un aspecto muy importante que se debe considerar al seleccionar este tipo de frenado, es que al aplicarlo, la generación de calor en el motor, es a veces el doble o el triple de la correspondiente al arranque. Por este motivo, cuando los tiempos de frenado sean superiores a 3 segundos, habrá necesidad de investigar más a fondo las condiciones de operación del motor para ver si es posible la utilización de este tipo de frenado.

1.I.6.3. FRENADO DINÁMICO.

El frenado dinámico de un motor de inducción, puede obtenerse si durante la rotación del motor, se desconecta el estator de la red trifásica y se suministra a su devanado corriente continua; formándose así un campo inmóvil en el estator, el cual al ser cortado por los devanados del rotor, induce corrientes que alcircular por ellos, transforman la energía de rotación en calor (I^2R), estas corrientes interactúan con el campo que las produjo, creando un par que se opone al del motor.

Este tipo de frenado es empleado en motores con rotor en jaula de ardilla o con rotor de anillos rozantes; utiliza usualmente, las conexiones mostradas. **Ver figura 25.**

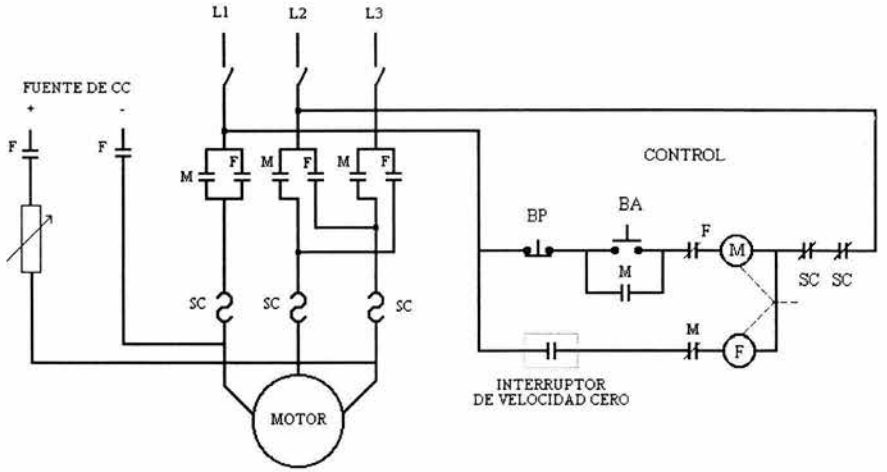


Figura 25. Diagrama esquemático de un sistema de frenado dinámico para un motor jaula de ardilla o anillos rozantes

En los motores de anillos rozantes, la operación se realiza de manera similar a la antes descrita. Esto es, se aplica una excitación de CD a los devanados estatóricos, generándose corrientes en los devanados del rotor que se disipan en los bancos de resistencias que se conectan en este. Es posible ajustar los valores de las resistencias en el rotor y así disminuir o aumentar el tiempo de frenado.

1.II. MOTORES MONOFÁSICOS DE INDUCCIÓN.

1.II.1.GENERALIDADES.

Existe una gama diversa de motores diseñados para operar en circuitos monofásicos, los cuales se fabrican para potencias pequeñas, denominadas fraccionarias, la mayoría de ellos en un rango de (1/30 hp o 24.9 W a ¾ hp o 559.5 W) , aún cuando hay algunos motores especiales de mayor potencia, hasta 15 hp.

Un motor monofásico de inducción, se distingue de los motores polifásicos, porque no posee par de arranque. Esto es debido a la forma del campo monofásico que se alterna de un lado a otro de los polos, a diferencia del campo en los motores polifásicos, constante en magnitud y girando a la velocidad síncrona en torno del rotor. Por esta razón los motores monofásicos de inducción, se diseñan con algunas adaptaciones conducentes a facilitar la puesta en marcha

La potencia que se utiliza en circuitos eléctricos monofásicos, para arrancar motor de ca, debe ser dividida en dos fases, que generen un campo rotatorio y por consiguiente el par de arranque necesario para la puesta en marcha del motor.

Uno de los métodos es emplear un segundo devanado (auxiliar o de arranque), conectado en paralelo con el devanado del estator que proporcione cierta reactancia, cuando se energiza el circuito, debido a sus diferentes reactancias, la corriente del devanado principal se atrasa con respecto a la del auxiliar o de arranque, creándose una diferencia de fase entre las dos corrientes, con lo cual se produce un campo magnético giratorio en el estator; dicho campo es cortado por las barras del rotor, produciendo un par en el mismo, con lo cual el motor arranca. Lo ideal sería que la diferencia de fase entre el devanado de operación sea de 90^0; *aunque físicamente es mucho menor.*

Una vez que el motor se ha puesto en marcha, no es necesario mantener en funcionamiento el devanado de arranque, por ello se utiliza un interruptor mecánico denominado como: "switch centrífugo", que permite desconectar el dispositivo auxiliar de arranque del circuito, aproximadamente al 75% de la velocidad de régimen. **Ver figura 26**

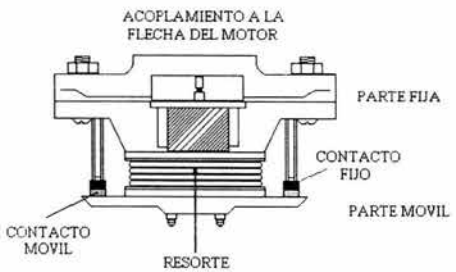


Figura 26. Partes principales de un interruptor centrífugo.

El tipo más común de interruptor centrífugo, consta de dos partes principales, una fija que se halla junto a la tapa frontal del motor y una móvil instalada sobre la flecha de la máquina. En la parte fija se tiene

un par de contactos normalmente cerrados, a través de los cuales el devanado de arranque recibe su alimentación. La parte móvil va provista de un mecanismo que se ajusta para abrir los contactos, una vez que la máquina se ha acelerado.

Para satisfacer los requerimientos de operación de los sistemas de fuerza de baja potencia, se han desarrollado diferentes tipos de motores monofásicos donde cada uno de ellos posee características propias, entre ellos podemos mencionar:

1. Motores de fase partida o hendida..
2. Motores de arranque con capacitor.
3. Motores con capacitor permanente.
4. Motores universales.

1.II.1.1. MOTOR DE FASE HENDIDA.

El motor de fase partida o hendida se construye en el rango de 1/30 hp a 5 hp, consta de dos grupos de devanados en el estator, el primero se conoce como devanado principal o de operación y el segundo como devanado auxiliar o de arranque. Los devanados difieren entre sí, física y eléctricamente. El devanado de trabajo está formado de conductor grueso y tiene más espiras que el devanado de arranque, se aloja en la parte inferior de las ranuras del estator; el devanado de arranque tiene menos espiras de una sección delgada o pequeña del conductor y generalmente se dispone en la parte superior de las ranuras del estator.

El devanado de arranque o auxiliar tiene diferentes valores de resistencia y de reactancia inductiva con respecto a los del devanado de operación o principal, así que la corriente que pasa por el devanado auxiliar está desplazada, con respecto al tiempo, en un ángulo menor de 90° en referencia a la corriente que pasa por el devanado principal. Además, el devanado auxiliar está desplazado físicamente del devanado principal, hacia un punto central entre los dos polos principales del estator. Para un motor de dos polos el desplazamiento será de 90°, para un motor de cuatro polos, de 45°, para un motor de seis polos, de 30°. **Ver figura 27.**

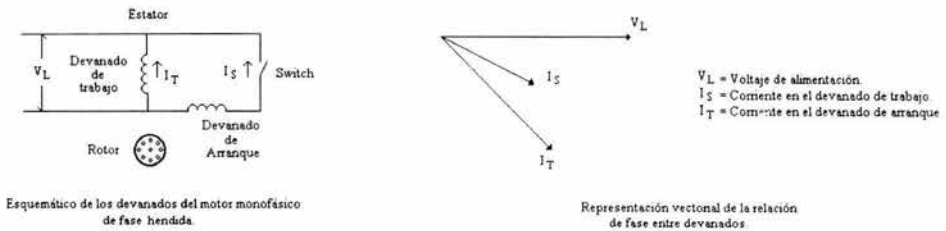


Figura. 27. Diagrama esquemático de un motor monofásico de fase hendida.

Cuando se aplica potencia a un motor de inducción de fase hendida, tanto el devanado de operación *(principal)* como el de arranque *(auxiliar)* toman una corriente de carga que es de 4 a 5 veces mayor que la nominal, esto significa que la pérdida de calor en estos devanados es de 16 a 25 veces mayor que la nominal.

Como resultado, el periodo de arranque debe ser cortó para evitar que se sobrecalienten los devanados, sobre todo el de arranque ya que la elevación de la corriente puede producir una caída de voltaje de línea tan grande, que el par de arranque se reduzca.

El alambre de diámetro pequeño que se utiliza en el devanado auxiliar de los motores de fase hendida, es especialmente vulnerable al sobrecalentamiento y, si no se desconecta de la línea de alimentación puede quemarse, pasados 4 o 6 segundos, por tal motivo es utilizado el interruptor centrífugo conectado en serie con el devanado de arranque como medio de desconexión cuando el motor ha alcanzado de 75% a 80%

de su velocidad de operación; de manera que a velocidad nominal, el motor funciona sólo con su devanado de operación. A esta velocidad, un mecanismo hecho a base de resortes se abre, ya que la fuerza centrífuga del rotor vence la del resorte que hace que el switch permanezca cerrado.

La corriente en vacío es casi siempre del 60% al 80 % de la corriente de plena carga, valor que es elevado en comparación con el de los motores trifásicos. La mayor parte de la corriente en vacío se usa para producir un campo magnético en el motor y sólo se utiliza una pequeña porción para contrarrestar la fricción mecánica y las perdidas en el cobre y en el hierro. Incluso a plena carga, el factor de potencia de estos motores raramente sobrepasa al 60 % debido a la gran corriente de magnetización.

1.II.1.2. MOTOR DE ARRANQUE CON CAPACITOR.

Este tipo de motor se fabrica desde potencias fraccionarias hasta 15 hp; es similar en construcción al motor de fase hendida, excepto que se conecta un capacitor en serie con el devanado de arranque, como se muestra en la figura 28.a).

El motor monofásico de inducción con capacitor de arranque, obtiene la diferencia de fase disminuyendo la inductancia, y aumentando la resistencia del devanado auxiliar con respecto al devanado principal. Como resultado, la corriente a través del devanado auxiliar está más aproximadamente en fase con el voltaje, que la corriente que fluye por el devanado principal. El ángulo de fase de la corriente produce campos de flujo magnéticos que son desplazados por la diferencia del ángulo de fase de la corriente. **Ver figura 28.**

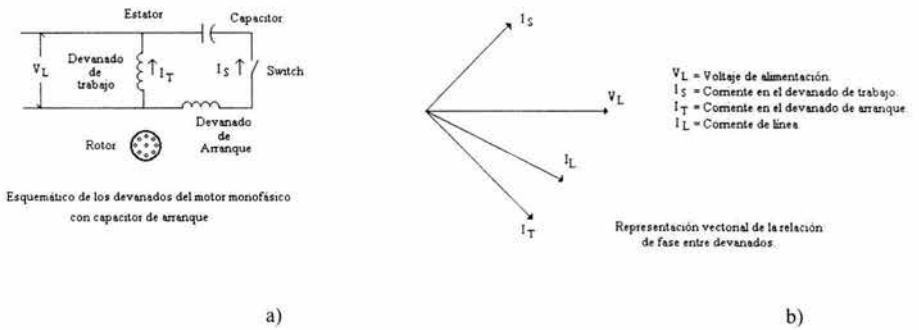


Figura 28. Diagrama esquemático de un motor monofásico con capacitor de arranque.

El valor del capacitor es seleccionado cuidadosamente, para que su reactancia, en combinación con la reactancia del devanado auxiliar, resulte en un ángulo de fase de corriente de aproximadamente 90° entre los devanados de arranque y operación (fig. 5.3.b).

Los condensadores empleados son del tipo electrolítico no polarizados, con dieléctrico de papel y en aceite, fabricados para diferentes condiciones de trabajo. Se instalan en compartimentos, colocados sobre la carcasa del motor, y en algunas ocasiones con una tablilla de conexiones para facilitar su manejo.

Los motores con arranque por capacitor, tienen un par de arranque muy superior al obtenido en el sistema de fase hendida. La diferencia entre los dos motores envuelve únicamente el sistema de arranque; una vez que hayan alcanzado la velocidad, el devanado de arranque se desconecta y opera con su devanado principal.

1.II.1.3. MOTOR MONOFÁSICO CON CAPACITOR PERMANENTE.

Este tipo de máquinas se construyen normalmente en potencias comprendidas entre 1/8 a 5 H.P. brinda una cantidad de ventajas que no ofrecen los motores de inducción del tipo fase hendida y del tipo con arranque por capacitor.

La presencia del capacitor en serie con el devanado auxiliar del estator resulta en una diferencia de fase cercana a 90° entre las corrientes de los dos devanados del estator.

Los *motores monofásicos* son todos un tanto ruidosos debido a que vibran a 120 Hz cuando funcionan en una línea de alimentación de *60Hz*.

Ninguno de los medios para reducir este ruido, por ejemplo, las monturas de hule elástico, han sido efectivos para eliminar totalmente esta vibración, sobre todo cuando el motor está acoplado directamente a un ventilador grande que tiende a resonar.

El motor de operación por capacitor permanente es muy útil en este tipo de aplicaciones, porque su diseño permite eliminar gran parte de las vibraciones cuando trabaja a plena carga. El capacitor sirve para variar la fase de la corriente de uno de los devanados de modo que la corriente en un devanado esté defasada 90 *grados* con respecto a la corriente en el otro devanado, gracias a lo cual el motor con capacitor permanente, funciona realmente como un aparato bifásico con carga nominal. Puesto que el capacitor forma parte del circuito en todo momento, no se requiere interruptor centrifugo.

Cuando el motor funciona en vacío, es siempre más ruidoso que a plena carga debido a que sólo opera como verdadero motor bifásico cuando lo hace a con carga.

Si se escoge el valor adecuado de capacitancia, las corrientes que pasan por cada uno de los devanados del estator, a plena carga, serán tales que el factor de potencia del motor se acerque al 100%. Sin embargo, su par de arranque es bajo y, por lo tanto el motor de capacitor permanente no es el adecuado para condiciones difíciles de arranque.

Falta página

N° 34

de giro de la armadura a través del campo magnético del devanado de campo, estableciendo de esta manera la operación del motor.

Cuando el motor universal opera con corriente alterna, la corriente cambia constantemente de dirección de los devanados de campo. Tanto el devanado de campo, como el devanado de armadura, invierten la corriente simultáneamente, por lo tanto el motor funciona de forma similar a un motor de inducción. **Ver figura 30.**

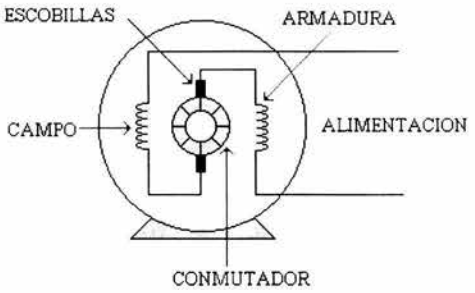


Figura 30. Diagrama esquemático de un motor universal.

En la figura 31 se muestran las partes principales del motor de corriente alterna monofásico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de giro de la armadura a través del campo magnético del devanado de campo, estableciendo de esta manera la operación del motor.

Cuando el motor universal opera con corriente alterna, la corriente cambia constantemente de dirección de los devanados de campo. Tanto el devanado de campo, como el devanado de armadura, invierten la corriente simultáneamente, por lo tanto el motor funciona de forma similar a un motor de inducción. **Ver figura 30.**

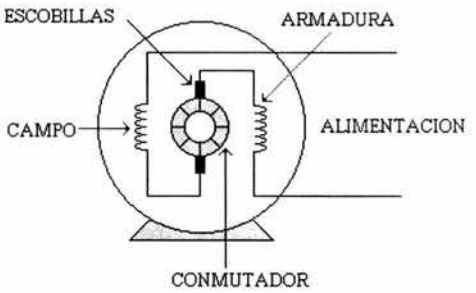


Figura 30. Diagrama esquemático de un motor universal.

En la figura 31 se muestran las partes principales del motor de corriente alterna monofásico.

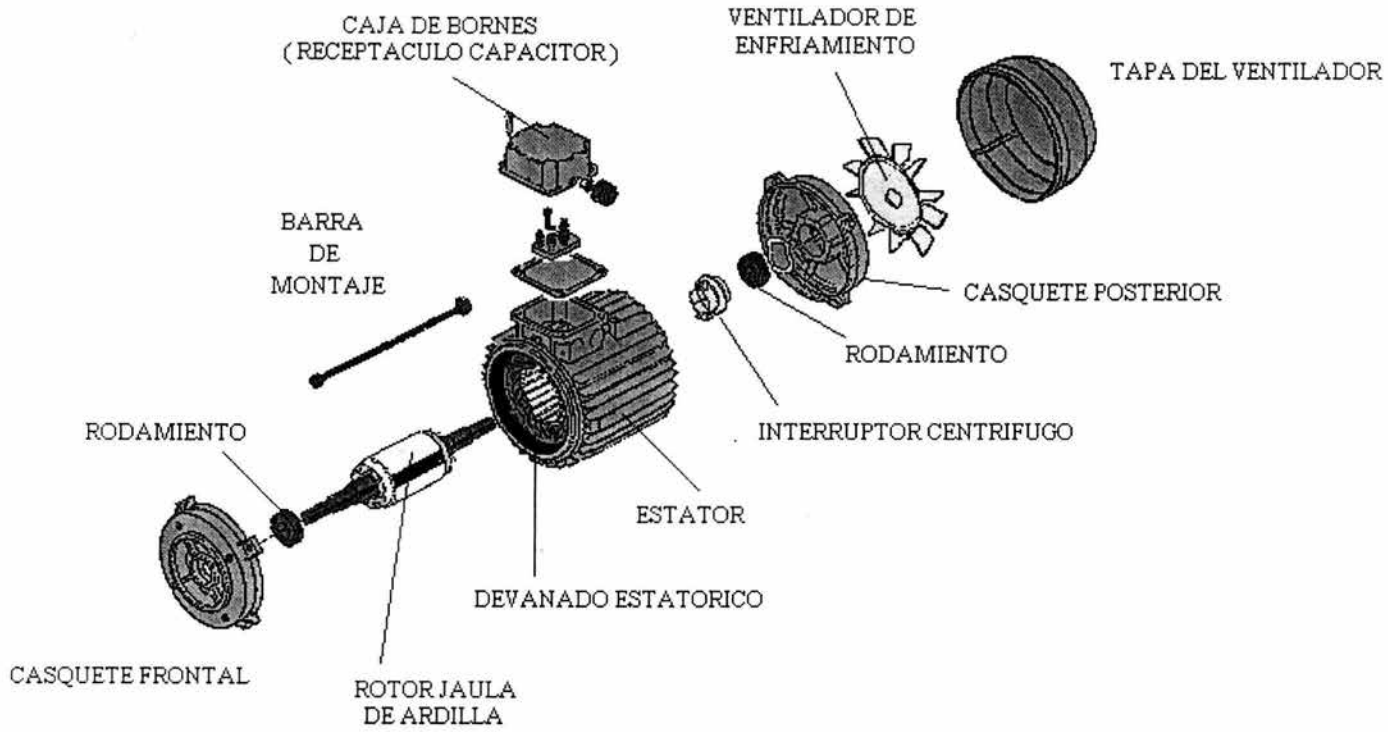


Figura 31. Partes principales del motor de corriente alterna monofásico.

1.II.2. CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES MONOFÁSICOS.

Casi todos los motores monofásicos, se arrancan conectándose directamente a la red de alimentación.

En el caso de motores de pequeña capacidad, mediante un tomacorriente con su enchufe (como es el caso de los motores universales), o bien por medio del dispositivo de protección contra sobrecorrientes del circuito ramal en que se encuentren instalados (desconectador de cuchillas).

En los motores de capacidad mayor, por ejemplo, arriba de 1/4 H.P. y hasta ½ de H.P. es muy común el empleo de arrancadores manuales, como el que se puede observar en la figura 5.7.

Estos dispositivos llevan una unidad de contacto, accionada por un entrelace mecánico desde una palanca articulada o un botón que a su vez es operado manualmente. Además van usualmente provistos de unidades térmicas y un mecanismo de sobrecarga, para la protección del motor en marcha. **Ver figura 32.**

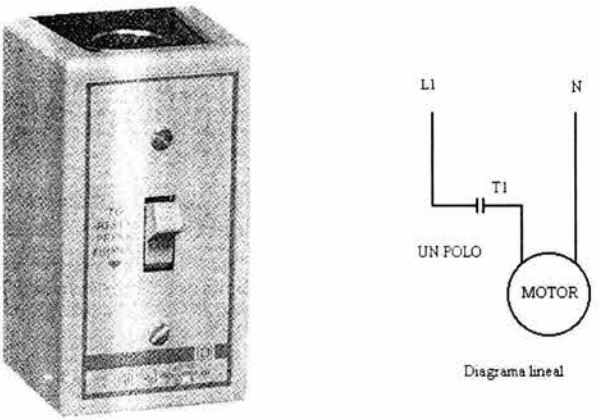


Figura 32. Arrancador manual para motores monofásicos.

Los arrancadores manuales no proporcionan protección por baja tensión. Si la energía de la fuente de alimentación falla, los contactos del arrancador no se abren y el motor se conectará de nuevo cuando la tensión se restablezca. En algunos accionamientos, esto es una ventaja, como por ejemplo: bombas, ventiladores, compresores, etc., sin embargo, hay aplicaciones en que un arranque súbito, puede ser peligrosos, tanto para la máquina como para el operador. En estos casos, y en los que un motor monofásico exceda de ½ H.P. es recomendable el empleo de un arrancador magnético, ilustrado en la figura 33.

Los arrancadores magnéticos, se emplean también cuando se requieren controladores que puedan ser operados desde locaciones apartadas, o bien que tengan una operación automática, en respuesta a señales de algún dispositivo piloto, tales como interruptores de flotador, interruptores de presión, etc. por otro lado, los arrancadores magnéticos protegen contra cortocircuitos, sobrecargas, baja tensión y arranques inoportunos, que pueden ocurrir al normalizarse las condiciones de la red después de una falla. **Ver figura 33.**

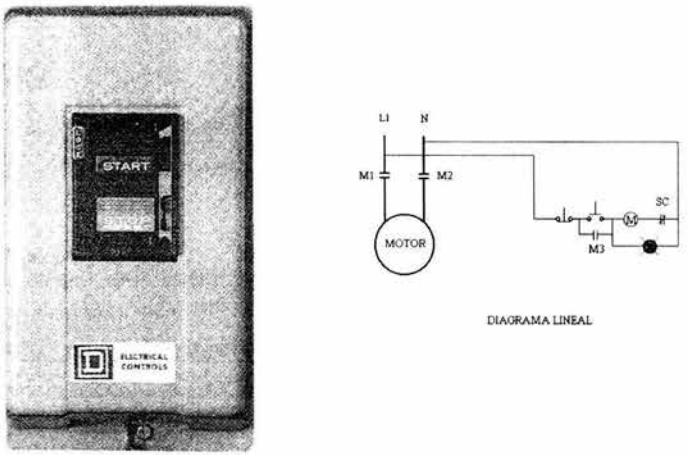


Figura 33. Arrancador magnético para motores monofásicos.

1.II.3. INVERSIÓN DE ROTACIÓN.

En los motores monofásicos, la inversión del sentido de giro, se efectúa invirtiendo las terminales de cualquiera de sus devanados; sin embargo, la operación más empleada consiste en invertir el sentido de la corriente que circula por el devanado de trabajo, lo cual puede efectuarse permutando las terminales del mismo.

La figura 34 muestra el diagrama lineal de un arrancador para motores monofásicos con inversión de rotación.

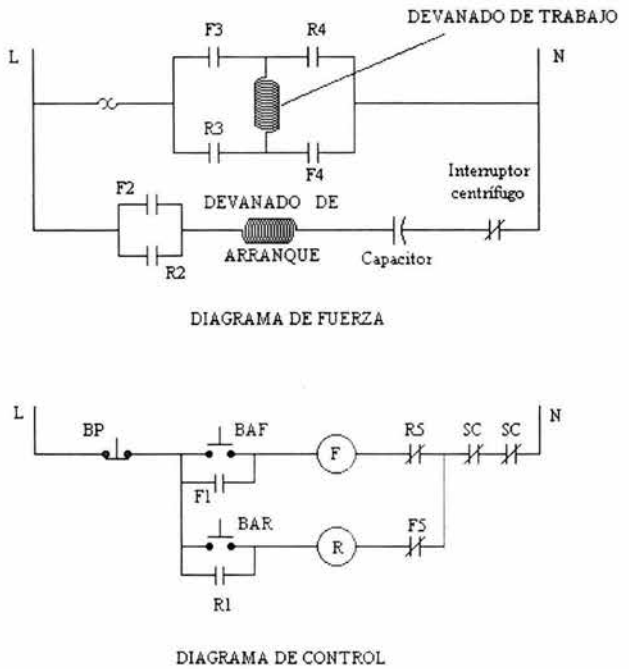


Figura 34. Diagrama esquemático de un arrancador monofásico con inversión de rotación.

Una vez que el motor se ha puesto en operación en el sentido deseado y se requiere invertir el sentido de giro, se debe esperar a que la máquina se detenga, para que el interruptor centrífugo se cierre y así reiniciar la marcha en el sentido opuesto.

Cuando se requiere de una inversión instantánea, puede utilizarse un relevador de corriente, en lugar del interruptor centrífugo, este relevador es un dispositivo electromagnético con su bobina conectada en serie con el devanado de trabajo.

Un grupo de contactos normalmente abiertos de este relevador, se conecta en serie con el devanado de arranque.

La corriente de arranque se encuentra en el rango de 300% a 600% de la corriente nominal. Esta corriente elevada circula a través del devanado de trabajo y de la bobina del relevador de corriente, por consiguiente los contactos del relevador se activan y cierran el circuito del devanado de arranque; en la medida que el motor aumenta su velocidad, la corriente a través de la bobina decrece. Cuando la bobina se desenergiza los contactos se abren y desconectan el devanado de arranque. **Ver figura 35.**

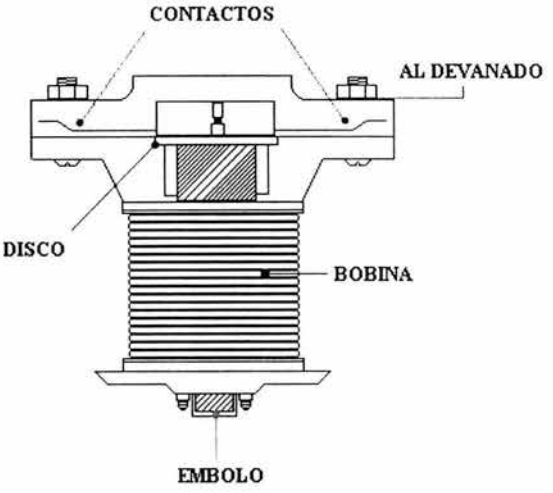


Figura 35. Diagrama esquemático de un relevador de corriente para motores monofásicos.

En el caso del motor universal esta operación puede realizarse de dos formas; la más empleada consiste en invertir el sentido de la corriente que circula por el devanado inducido, lo cual puede efectuarse permutando las terminales de las escobillas. El otro método requiere invertir el sentido de la corriente por el campo, por tal motivo algunos motores universales de aplicación especial se diseñan con dos devanados de campo conectados en sentido inverso. El flujo producido por cada uno de ellos, corresponde a un sentido de rotación. **Ver figura 36.**

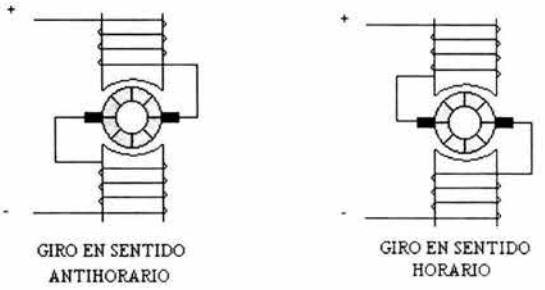


Figura 36. Inversión de rotación del motor universal.

1.II.4. CONTROL DE VELOCIDAD.

El control de la velocidad en los motores monofásicos estándar y con condensador de arranque, se puede efectuar cambiando el número de polos o variando la frecuencia de acuerdo con la ecuación 1.1.

Algunos motores disponen en su estator dos devanados de régimen y dos devanados de arranque, cada juego con diferente número de polos; en el caso de los motores con capacitor de arranque, dotados de dos condensadores, uno para cada velocidad.

Dentro de los motores con condensador permanente, no es preciso cambiar el número de polos para controlar la velocidad. En estos se controla la intensidad del campo para variar el deslizamiento, lo cual suele realizarse mediante el empleo de un autotransformador con varias tomas que permiten ajustar la tensión de alimentación. No debe confundirse el empleo de este autotransformador, con el utilizado en el arranque a tensión reducida.

En cierto tipo de aplicaciones se ha diseñado un motor de dos velocidades con capacitor permanente, equipado con un devanado extra intermedio; dicho devanado se proyecta para guardar 90° eléctricos con respecto a los otros dos devanados.

Para el control de la velocidad, es aplicable el mismo principio del cambio de tensión, solo que ahora en vez de un autotransformador, se aprovecha la relación existente entre las fases de las tensiones aplicadas a los tres devanados.

En el caso de los motores universales, el control de la velocidad se realiza de tres formas:

1.-Intercalando en el circuito de armadura una resistencia.
2.-Utilizando un arrollamiento de campo con derivaciones.
3.-Mediante un regulador de velocidad constante.

Ver figura 37.

El regulador de velocidad constante es un mecanismo centrífugo, al que puede ajustarse la velocidad a la cual deben abrirse sus contactos, mediante el empleo de una palanca exterior. Una vez fijada la velocidad, si el motor la excede, los contactos se abren intercalando una resistencia en el circuito, con lo cual la velocidad es reducida; al diminuir esta, los contactos se cierran cortocircuitando la resistencia y aumentando la velocidad. Esta operación de cierre y apertura se repite rápidamente no percibiéndose oscilación alguna en el movimiento.

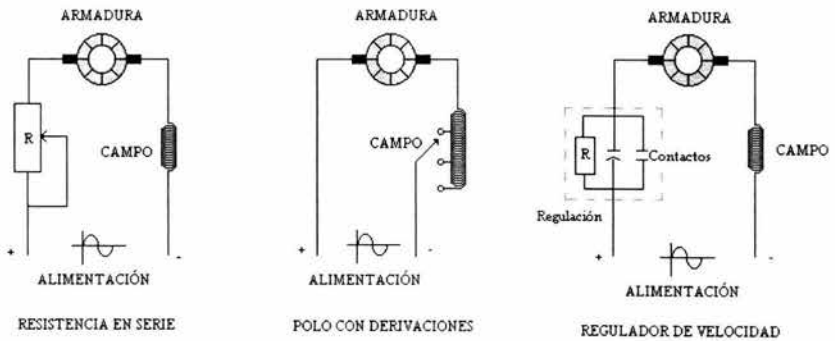


Figura 37. Métodos de ajuste de la velocidad en los motores universales.

CAPÍTULO 2

MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA

2.1 GENERALIDADES.

Los motores de corriente directa son utilizados en procesos donde se hace necesaria la variación de velocidad y el accionamiento de alto par para su funcionamiento, pudiendo ser utilizados en la industria del transporte, para mover diferentes cargas a velocidades establecidas y constan de un rotor que contiene el devanado inducido y un estator en donde se instala el devanado inductor.

El inducido, rotor o armadura contiene un eje de acero, soportado sobre rodamientos que facilitan su libre movimiento y un cuerpo exterior que se construye de láminas de material ferromagnético aisladas entre sí.

En el eje del rotor o armadura se instala un colector o conmutador, que se compone por barras de cobre (delgas), aisladas entre sí, sobre las cuales se sueldan las terminales de las bobinas empotradas en el exterior de la armadura. La función del colector es dar paso a la corriente sin importar su posición en los polos del estator para que siempre circule en el mismo sentido, de ahí la importancia del conmutador, que de no existir en el rotor solo daría una fracción de revolución y posteriormente se detendría.

La alimentación al rotor o armadura, se realiza por medio de escobillas. Estas son fabricadas de cobre o carbón, instaladas sobre soportes de material aislante llamados porta-escobillas, con el objeto de mantenerlas en la posición adecuada sobre el colector. Estos se montan a su vez en un puente, que permite cambiar la posición de las escobillas, adaptándose a las condiciones de operación del motor.

El estator está formado por una carcasa construida en muchas ocasiones de una sola pieza, sobre la que se colocan los núcleos polares. Estos últimos son laminados y a su alrededor se instalan las bobinas inductoras, diseñadas para transportar corrientes que generan un campo magnético.

Las bobinas de campo del inductor se colocan sobre núcleos polares y son fabricadas con diferentes características que aunado a la forma de conectarse con la armadura, generan tres tipos de motores de corriente directa: conexión en paralelo o derivación, conexión en serie y conexión compuesta o mixta.

Para el funcionamiento del motor, se hace necesaria la existencia un campo dentro del estator y en el rotor un voltaje que excite sus devanados propiciando un flujo de corriente, el acoplamiento del campo y la corriente dentro de la armadura generan un par.

El incremento de la velocidad en el motor la determina el aumento de voltaje en la armadura y la disminución del campo en el estator, por lo que se hace necesario, mantener la excitación del campo estatórico, para evitar sobrevelocidades.

La figura 38. Muestra las partes principales de un motor de corriente directa.

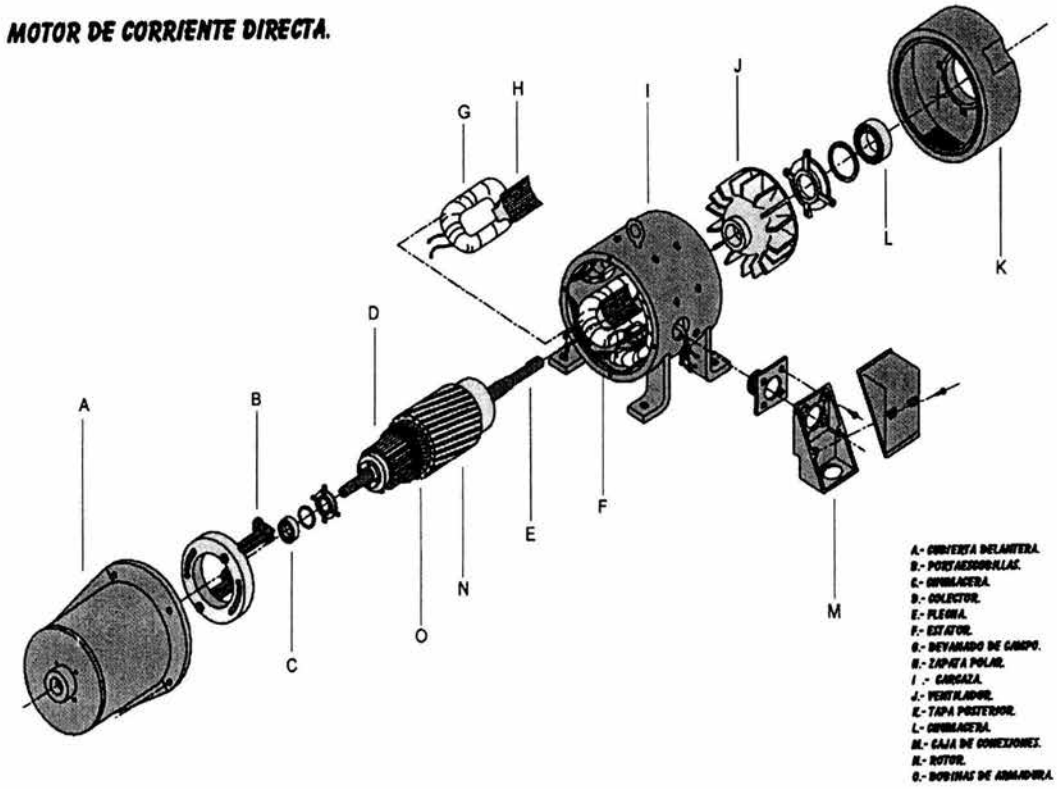


Figura 38. Motor de Corriente Directa.

2.1.1. TIPOS DE MOTORES DE CD.

2.1.1.1. MOTOR CD CONEXIÓN EN DERIVACIÓN.

Una característica de este motor es que posee una regulación de velocidad mínima en relación con los tres tipos de motores de cd., puesto que la variación de velocidad desde el arranque a una carga mínima, con respecto a una carga incrementada es muy pequeña, por lo que se consideran de velocidad constante.

El embobinado de campo dentro de este tipo de motor, se realiza a través de un conductor de bajo calibre arrollado en un gran número de espiras conectadas en paralelo con la armadura y alimentadas directamente a la fuente.

Tiene un par de arranque medio y se emplean en procesos donde se requiere velocidad constante, o en donde se necesita efectuar un riguroso control de la velocidad, ya que se prestan para realizarlo de una manera relativamente sencilla mediante la variación de tensión en el devanado de campo, por medio de un reóstato, cuya función es limitar el paso de la corriente al mismo. **Ver figura 39.**

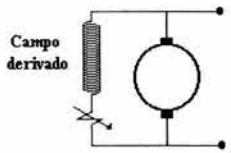


Figura 39 Motor de C.D. conexión en derivación (paralelo).

2.1.1.2. MOTOR CD CONEXIÓN EN SERIE.

El bobinado de campo serie, esta formado por un conductor de diámetro mayor que el devanado en paralelo, con pocas espiras conectadas en serie con la armadura a través de la fuente de alimentación.

La intensidad del campo, depende de la variación de la corriente de armadura, cuando la carga aplicada al motor es pequeña y fluye muy poca corriente en la armadura, el campo induce muy poca FEM al devanado de armadura, generando un aumento de velocidad. El aumento de carga en el motor, propicia que la corriente de la armadura se incremente, y el flujo de campo se aumenta, lo que genera una disminución de la velocidad del motor. Los motores de cd en serie producen un elevado par de arranque y su regulación de velocidad es muy elevada, así que su utilización es aplicable en procesos donde se requiere alto par de arranque, como en vehículos de transporte y grúas.

La limitante dentro de estos motores, es su mala regulación de velocidad, ya que su variación es inversamente proporcional al flujo, un aumento de éste (provocado por un aumento de la corriente) ocasiona una disminución de la velocidad, tal que cuanto mayor sea la carga, tanto menor será la velocidad. **Ver figura 40.**

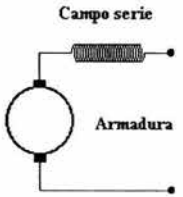


Figura 40. Motor de C.D. conexión en serie.

2.1.1.3. MOTOR DE CD CONEXIÓN COMPUESTA.

Este tipo de motor aprovecha el acoplamiento de los dos devanados serie y paralelo con la armadura, para producir una velocidad constante y un gran par de arranque inicial.

El acoplamiento de la conexión del devanado serie, sea en un sentido o en otro, aunado al del arrollamiento en derivación con respecto a la armadura, genera dos tipos de motores de C.D. compuestos, conocidos como: motor de C.D. compuesto acumulativo y motor de C.D. compuesto diferencial. La figura 41. muestra el diagrama esquemático de conexión para este tipo de motores.

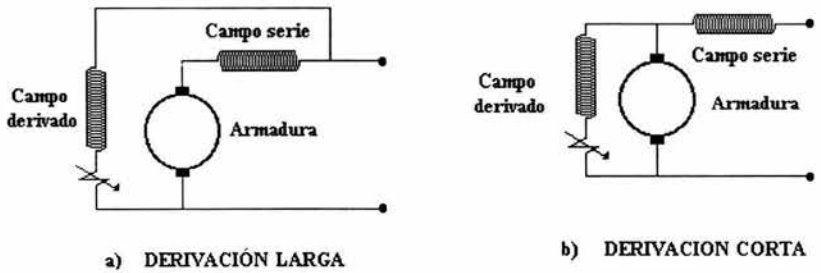


Figura 41. Diagramas de conexión del motor de C.D. compuesto.

Al aplicar una carga al motor compuesto acumulativo (figura 41.a), la intensidad del campo serie experimenta un aumento que sumado al flujo del campo en derivación, da lugar a un aumento del par, en mayor proporción que un motor en derivación. Su aplicación se encuentra, en el accionamiento de máquinas destinadas a soportar cargas de arranque intensas.

En la forma de conexión compuesta diferencial del motor de cd, si existe un aumento de carga, genera un incremento de flujo del campo serie, que provoca una disminución del flujo total, de tal manera que el motor tiende a acelerarse cuando la carga se aumenta. Este tipo de motor tiene pocas aplicaciones, ya que se limita a procesos, en los cuales se desea una velocidad constante, característica del motor de cd en derivación, que se prefiere por su mayor sencillez.

2.2. CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES DE C.D.

Los arrancadores para los motores de cd, su función primordial es la misma, limitar la corriente de armadura durante el arranque y los periodos de aceleración. Básicamente un arrancador consiste en un banco o grupo de resistencias, colocadas en serie con la armadura y un mecanismo que permite eliminarlas paulatinamente, conforme se acelera la máquina.

Conviene mencionar que el arranque de pequeños motores, hasta ½ HP puede realizarse conectándolos directamente a la red, debido a la rapidez con que estos motores alcanzan su velocidad nominal que son lo suficiente mente elevadas para mantener la corriente dentro de los valores admisibles.

2.2.1. ARRANQUE DE MOTORES DE CD.

Las secuencias de arranque y de control en los motores de cd puede realizarse también utilizando dispositivos de control magnético, lo cual simplifica la operación y proporciona cierta seguridad en la manipulación de la máquina. La secuencia de arranque se realiza en tiempos adecuados, que permite la aceleración uniforme impidiendo así, que la corriente de armadura sobrepase los límites que la seguridad impone. La operación de estos arrancadores, puede ser automática o semiautomática.

Existen varios métodos para arrancar los motores de cd, semiautomático o automáticamente, pero todos caen en alguno de los siguientes grupos:

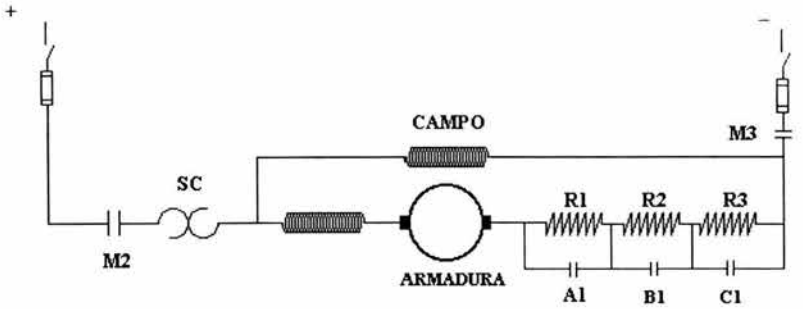
1.-Arranque a límite de tiempo.

2.-Arranque a límite de intensidad.

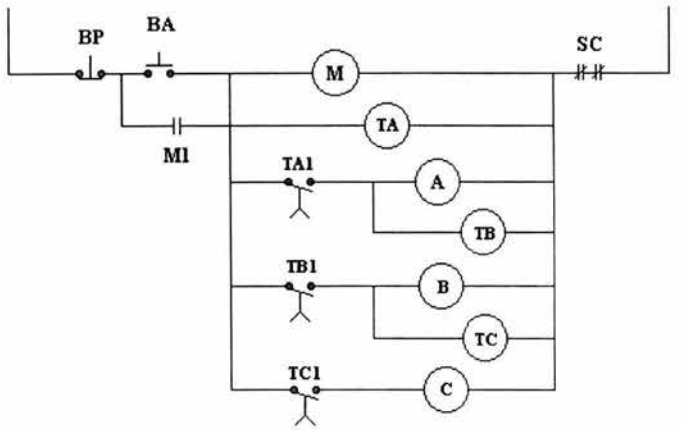
2.2.1.1 ARRANQUE A LIMITE DE TIEMPO.

En este tipo de arranque, se emplean relevadores de control de tiempo, con los cuales se obtiene una secuencia, que permite regular la tensión a lo largo del circuito de armadura, mediante la eliminación progresiva de un número determinado de resistencias conectadas en serie con el devanado de armadura. Esta secuencia depende de los tiempos de apertura y cierre de los contactos en los relevadores.

La figura 42, muestra el diagrama lineal de un arrancador conectado a un motor compuesto, que utiliza relevadores de tiempo en su operación. Una vez energizado el circuito, basta pulsar BA (botón de arranque) para que la bobina del contactor M se energice y cierre un contacto M1 (de enclave en el circuito de control), M2 y M3 (de carga). En el momento en el cual se cierran los contactos M y la armadura del motor se conecta con la línea, la corriente circula por el circuito del motor.



CIRCUITO DE FUERZA



CIRCUITO DE CONTROL

Figura 42. Diagrama de línea de un arrancador a límite de tiempo para un motor de c.d.

Cuando se cierra el contacto de enclave (M1), se energiza la bobina TA de un relevador de control de tiempo, el cual, un tiempo después de haberse energizado, cierra el contacto TA1, permitiendo que se excite la bobina A y la bobina TB, cerrando a su vez el contacto A1en paralelo con la resistencia R1 eliminándola, posteriormente la bobina TB actúa cerrando un tiempo después el contacto TB1 y con esto energizando la bobina del contactor B y la bobina TC, que cierra su contacto B1 en paralelo con R2 punteándola. Por ultimo, la bobina TC actúa cerrando un tiempo después el contacto TC1 que a su vez energiza la bobina C cerrando el contacto C1 en paralelo con R3, eliminándola de tal forma que la armadura se energiza a una tensión nominal. Para desenergizar el motor, basta pulsar BP (botón de paro).

Cualquier sobrecarga acciona el relevador de protección que abre los contactos SC (sobre carga) los cuales se encuentran en serie con las bobinas del circuito de control.

2.2.1.2. ARRANQUE A LIMITE DE INTENSIDAD.

Este tipo de arranque utiliza la corriente que demanda la armadura, la cual depende de la carga que se instala en el motor.

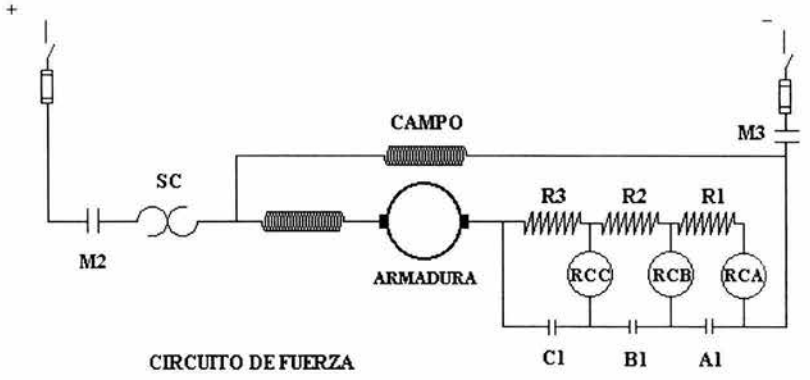
Los arrancadores a límite de intensidad emplean relevadores, conectados en serie con cada una de las resistencias limitadoras de tensión en la armadura. Estos relevadores se van accionando paulatinamente, dependiendo de las condiciones de la carga y la demanda de corriente. En el arranque a límite de intensidad los relevadores se ajustan de tal manera, que si la carga es ligera, el motor demanda poca corriente y como también existe una baja tensión en la armadura, el motor alcanzará su velocidad nominal en un tiempo reducido, que si se arranca con mas carga, incrementando la inercia el rotor y por consiguiente, la demanda de una corriente mayor.

La figura 43, describe el diagrama lineal, de un arrancador a límite de intensidad para un motor de cd, que utiliza relevadores magnéticos para regular la aceleración. Los relevadores, constan de una bobina de pocas vueltas de alambre grueso, que demandan poca corriente para su funcionamiento, que operan bajo el mismo principio electromecánico de los contactores. Si por la bobina del relevador circula una corriente menor a la establecida para su funcionamiento, esta se desenergizará y accionará los contactos que gobiernan el flujo de corriente a la armadura.

Una vez energizado el circuito, basta pulsar BA (botón de arranque) para que la bobina del contactor M se energice y cierre un contacto M1 (de enclave en el circuito de control), M2 y M3 (de carga). En el momento en el cual se cierran los contactos M, la corriente pasa a través de la armadura, las resistencias aceleradoras y la bobina del relevador RCA, que se calibra para accionar con la intensidad de la corriente de arranque.

De esta manera el relevador RCA opera abriendo el contacto normalmente cerrado 1RCA en serie con la bobina del contactor A. Cuando la corriente disminuye al acelerarse la máquina, el campo en la bobina RCA pierde fuerza y ya no puede atraer su núcleo, regresando el contacto 1RCA a su posición original (normalmente cerrado). Cuando esto ocurre, la bobina del contactor A se excita cerrando su contacto A1 y A2 en el circuito de carga y control, y deja fuera la resistencia R1; posteriormente la corriente circula a través del relevador RCB en serie con la resistencia R2, que opera abriendo el contacto 1RCB en serie con la bobina B impidiendo su excitación. Cuando el motor incrementa su velocidad, la corriente disminuye cierto valor, tal que la bobina RCB no se mantiene enclavada y el contacto 1RCB se cierra, la bobina del relevador B se excita entonces, cerrando un contacto B1 en paralelo con la resistencia R2, obligando que la corriente circule a través del contacto B2 energizando la bobina del relevador RCC en serie con la resistencia R3 , abriendo el contacto 1RCC en serie con la bobina C quedando desactivada, al llegar el motor a la velocidad establecida la demanda de corriente es mínima, generando que la bobina del relevador RCC se desactive, operando sus contactos y activando la bobina C que acciona el contacto C1 que elimina la resistencia R3, poniendo a la armadura a tensión plena. Para desenergizar el motor, es necesario pulsar BP (botón de paro).

Cualquier sobrecarga acciona el relevador de protección que abre los contactos SC (sobre carga) los cuales se encuentran en serie con las bobinas del circuito de control.



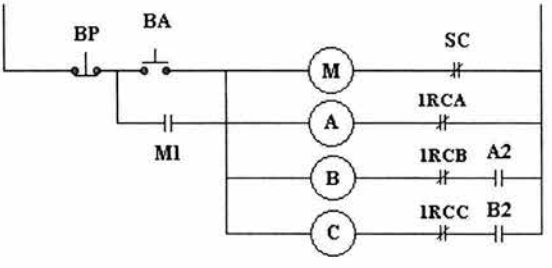


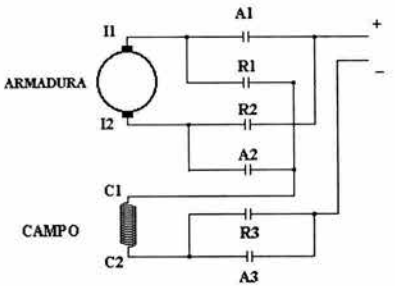
Figura. 43 Diagrama lineal de un arrancador a límite de intensidad con relevadores de control, para un motor de c.d.

2.3. INVERSIÓN DE ROTACIÓN DE MOTORES DE CD.

2.3.1. INVERSIÓN DE ROTACIÓN MANUAL.

En los procesos donde se requiere cambiar la dirección del motor de cd, es necesario, invertir el sentido de la corriente en el campo o en la armadura, si el cambio se realiza en ambas partes, la dirección se mantiene en el mismo sentido.

En los motores de cd conectados en serie, la inversión de rotación, se efectúa usualmente cambiando la dirección de la corriente que circula por la armadura, esto se realiza, permutando las terminales de las escobillas. En la figura 44, se muestra un diagrama esquemático, para la inversión de rotación en un motor de cd conectado en serie, por medio de un interruptor de tambor.



POSICION			
	P	A	R
A1		X	
A2		X	
A3		X	
R1			X
R2			X
R3			X

X CERRADO

Figura 44. Diagrama esquemático del circuito inversor de rotación para un motor de c.d. conectado en serie.

Cuando los contactos A1, A2 y A3 se cierran, la polaridad positiva se conecta en la escobilla I1 de la armadura y cuando se cierran los contactos R1, R2 y R3, la polaridad positiva se invierte a la escobilla I2 de la armadura. El sentido de la corriente en el campo se mantiene constante.

2.3.2. INVERSIÓN DE ROTACIÓN POR MEDIO DE RELEVADORES.

La figura 45, muestra el diagrama lineal de un arrancador a límite de tiempo, con inversión de rotación.

La inversión de rotación en un motor de cd arrancado a límite de tiempo, se efectúa al momento de pulsar el botón de arranque, el cual energiza la bobina A del contactor cuya acción activa sus contactos, y el motor funciona en la dirección determinada.

Si se requiere invertir la rotación, debemos de pulsar el botón de paro (BP) que desactiva el sistema y posteriormente pulsar el botón de marcha de sentido inverso, repitiéndose el proceso de arranque del motor

Para impedir la operación simultánea de los contactores A y R , se utilizan contactos normalmente cerrados (A4, R4) conectados simultáneamente en serie con las bobinas A y R. Con este arreglo se bloquean las bobinas de tal manera que al energizar la bobina A, la bobina R no funciona aunque se pulse el botón que la accione, siendo necesario pulsar el botón de paro para posteriormente energizar la bobina que accione el sentido de giro deseado.

Cualquier sobrecarga acciona el relevador de protección que abre los contactos SC (sobre carga) los cuales se encuentran en serie con las bobinas del circuito de control.

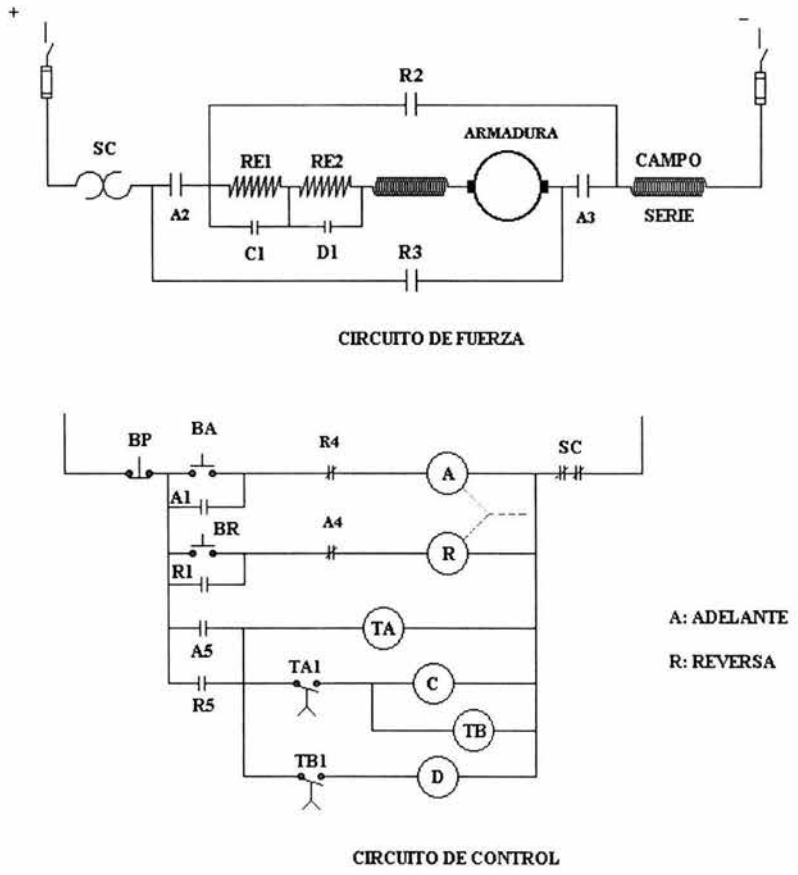


Figura 45. Diagrama esquemático de un arrancador magnético con inversión de rotación conectado a un motor de c.d. serie.

CAPÍTULO 3
MOTOR SÍNCRONO

3.1 GENERALIDADES.

El motor síncrono deriva su nombre del término "***velocidad síncrona***", que es la velocidad natural del campo magnético giratorio del estator como se describió con anterioridad (capítulo 2). La velocidad natural de rotación esta determinada por el número de pares de polos y la frecuencia de la potencia aplicada. (Ec. 1.1).

Las dos partes básicas de un motor síncrono, son la estructura del campo magnético (rotor), que porta un devanado cuyas terminales son llevadas al exterior a través de anillos rasantes y escobillas acoplados en la flecha, y la armadura (estator), que con frecuencia tiene un devanado de tres fases en el que se genera la fem de corriente alterna. Casi todos los motores síncronos modernos tienen armaduras estacionarias y estructuras de campo rotatorio. **Ver figura 46.**

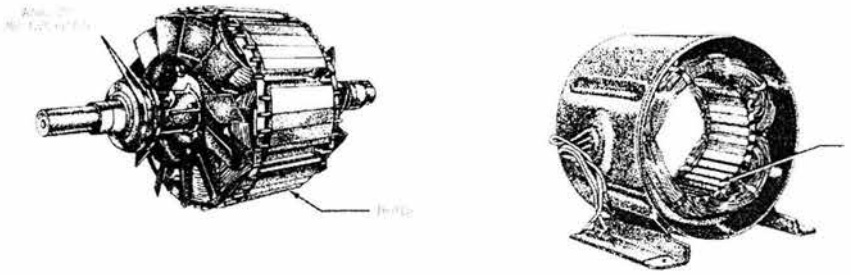


Figura 46. Componentes básicas de un motor síncrono.

3.1.1. ESTATOR O ARMADURA.

El estator de un motor síncrono aloja al devanado de la armadura o de carga. Los conductores son empotrados en ranuras que cubren toda la superficie de la misma y están interconectados de una manera predeterminada; a menudo, en el estator hay más de un devanado independiente.

En la figura 47. Se aprecia un arreglo de un devanado trifásico en el estator. Nótese que las tres fases están desplazadas entre sí en cuanto a espacio, puesto que los devanados están distribuidos en las ranuras sobre toda la periferia del estator. Cada ranura contiene dos costados de bobina. Por ejemplo, la ranura 1 tiene los costados de la bobinas de las fases A y B, mientras que la ranura dos contiene dos capas (o dos costados de bobina) sólo de fase A. Este tipo de devanado se conoce como devanado de doble capa. Además, es un devanado de cuatro polos que yace en 36 ranuras, así, se tienen tres ranuras por polo y por fase.

Con el objeto de producir el flujo de los cuatro polos, cada bobina deberá tener una separación (o paso) de un cuarto de circunferencia.

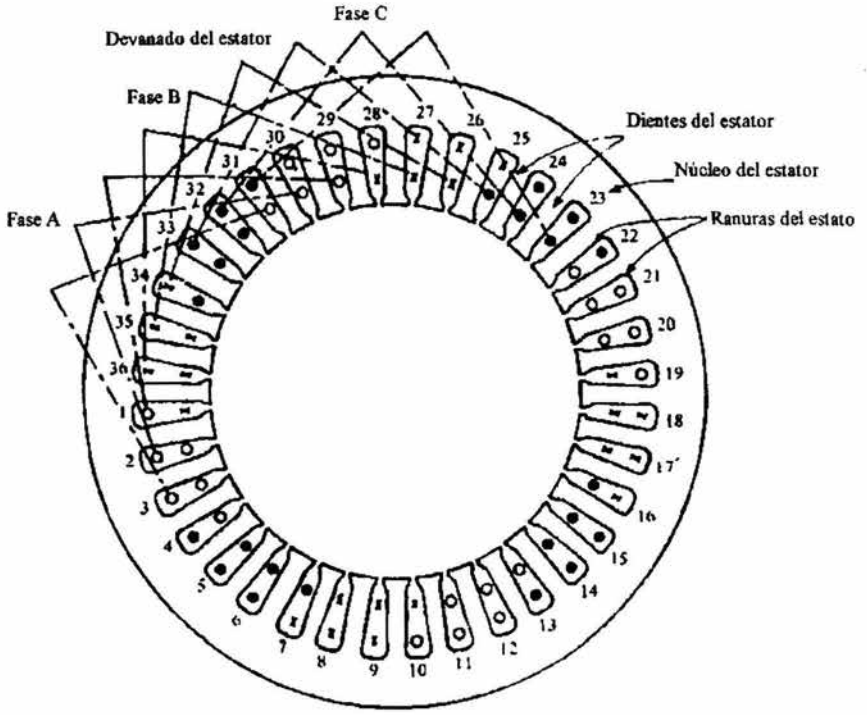


Figura 47. Devanados del estator.

3.1.2. ROTOR O CAMPO.

En un motor síncrono la estructura del campo del rotor depende de la capacidad de la velocidad; por tal motivo, se fabrican dos tipos de rotores para un motor síncrono: **"Rotor de Polos Salientes" y "Rotor Liso o Cilíndrico". Ver figuras 48 y 49.**

El rotor cilíndrico es utilizado para motores de gran velocidad como es el caso de los turbogeneradores; por otro lado el rotor de polos salientes, en motores de menor velocidad, por ejemplo en generadores de plantas hidroeléctricas y diesel-eléctricas.

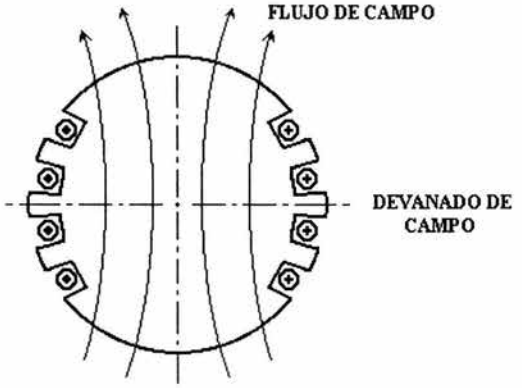


Figura 48. Rotor cilíndrico o de polos lisos.

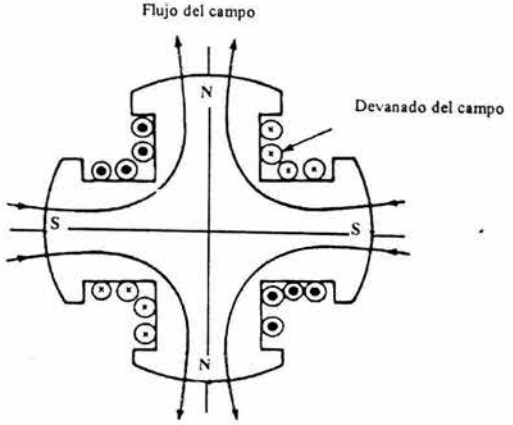


Figura 49. Rotor de polos salientes.

3.1.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

En un motor síncrono trifásico, debe aplicarse corriente alterna (CA) al estator, produciéndose un campo magnético rotatorio; mientras que, al devanado de campo se le suministra corriente directa (CD) como voltaje de excitación.

El rotor genera sus propios polos magnéticos intensos a partir del voltaje independiente de excitación de corriente directa. El acoplamiento del campo magnético rotatorio del estator atrae con gran fuerza a los polos del rotor y este se fija rígidamente a la posición en que gira con sincronismo el campo rotatorio.

La polaridad del rotor es fija, en tanto que la del estator es alterna al girar, de tal manera que al energizar el motor, si el rotor se acerca como primera instancia a una fuerza de atracción (polo opuesto), tenderá a moverse en una dirección; pero un instante después, se aproximará a una fuerza de repulsión (polo igual), que tiende a impulsarlo en otra dirección. **Ver figura 50.**



Figura 50. El par de arranque de un motor síncrono es cero debido a que por cada tendencia del campo magnético rotatorio del estator para arrastrar consigo al rotor, existe una fuerza de atracción que tiende a tirar del rotor en la dirección opuesta.

El efecto neto es que el motor síncrono se mantiene en reposo, por lo tanto, el motor síncrono no produce un par al arranque cuando se aplica potencia, tanto en el campo, como en la armadura y en consecuencia, no se pone en marcha por sí solo. Por lo tanto, estos motores deben disponer de algún mecanismo de marcha o de algún sistema especifico en su diseño.

3.1.4. ARRANQUE DEL MOTOR SÍNCRONO.

La puesta en marcha de un motor síncrono fraccionario, se puede realizar manualmente, dándole al rotor un ligero impulso; en el caso de motores síncronos de gran capacidad, instalando devanados amortiguadores en el rotor.

Otro método practico, es mediante el uso de otro motor, ya sea de corriente alterna o corriente directa, para impulsar el rotor del motor síncrono hasta aproximadamente el 90% de su velocidad de operación. Entonces, se desconecta el motor de arranque quedando fijo el rotor al campo magnético rotatorio del estator, funcionando a la velocidad síncrona. **Ver figura 51.**

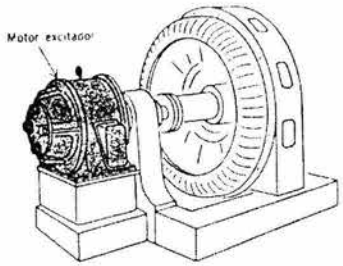


Figura 51. Arranque de un motor síncrono por medio de un motor impulsor (ca ó cd).

Una máquina síncrona gira a una velocidad constante, esto es a la velocidad de sincronismo; sin embargo como otras máquinas eléctricas, una máquina síncrona sufre transitorios durante el arranque y en condiciones de operación. Durante los transitorios, el rotor puede experimentar oscilaciones mecánicas y su velocidad desviarse de la velocidad de sincronismo, lo cual es un fenómeno no deseable. Para superar esto, en el rotor se monta un juego adicional de devanados, que se asemejan a la jaula de un motor de inducción. Cuando la velocidad del rotor es diferente a la velocidad de sincronismo, se induce corriente en los devanados amortiguadores y producen un par que restaura la velocidad del sincronismo. Así mismo, las barras amortiguadoras proporcionan un medio para arrancar el motor. **Ver figura 52.**

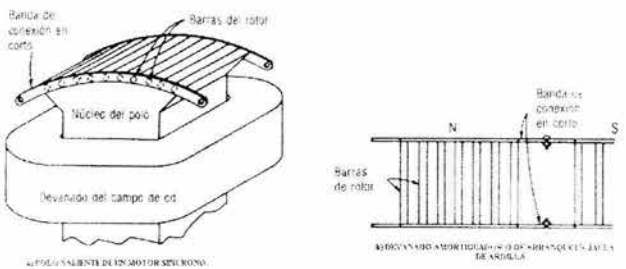


Figura 52. Rotor de polos salientes que muestra las bobinas de campo y las barras amortiguadoras.

Cuando un motor se pone en marcha por este método, primero se debe eliminar la excitación de corriente directa, en el instante en que el motor síncrono se aproxime al 90% de la velocidad de funcionamiento, el devanado de corriente directa es energizado, fijando el rotor al campo magnético giratorio del estator.

3.1.3.2. EXCITACIÓN DE CAMPO.

Conviene notar a partir de las afirmaciones anteriores que usualmente la estructura del campo es el miembro rotatorio de un motor síncrono y se alimenta por un devanado excitado de cd, para producir el flujo magnético. Esta excitación de cd puede ser suministrada por un generador de cd auto excitado acoplado sobre la misma flecha del rotor de la máquina síncrona. A tal generador se le conoce como excitador. La corriente continua generada alimenta al devanado del campo de la máquina síncrona. En máquinas de baja velocidad con capacidades grandes, tales como los generadores en la plantas hidroeléctricas, el excitador puede no estar auto excitado. En lugar de esto, un excitador piloto, que puede estar auto excitado o tener un imán permanente, activa al excitador propiamente dicho. Los problemas de mantenimiento de los generadores de cd acoplados, imponen un límite a esta forma de excitación en función de la capacidad del mismo.

Una forma alternativa de excitación es suministrada mediante diodos de silicio y tiristores, los cuales no presentan problemas de excitación para máquinas síncronas grandes. Ambos tipos de sistema de excitación de estado sólido son:

1. Sistemas estáticos que tienen diodos o tiristores estacionarios, en los cuales la corriente alimenta al rotor a través de anillos rozantes.

2. Sistemas sin escobillas que tienen rectificadores, acoplados en la flecha, que giran con el rotor, evitando así la necesidad de escobillas y de anillos rozantes.

3.2. CONTROL DE ARRANQUE DE MOTORES SÍNCRONOS.

Puesto que el estator de un motor síncrono, es el mismo que el un motor de inducción, el motor síncrono polifásico puede ponerse en marcha como un motor de inducción con sus devanados amortiguadores, por alguno de los métodos descritos con anterioridad (capítulo 2), sin embargo en cualquiera de ellos, el circuito de excitación rotórico debe estar desenergizado durante el periodo de arranque, hasta que el rotor se encuentre cerca de la velocidad de sincronismo; es en este punto donde el circuito de excitación es energizado con tensión de C.D., llevando al motor al sincronismo, propiciando una velocidad constante independiente a la carga que se suministre.

3.2.1. ARRANQUE DEL MOTOR SÍNCRONO.

3.2.1.1. ARRANQUE MANUAL.

Este tipo de arranque, utiliza interruptores de cuchillas para poner en funcionamiento el motor.

Como primer paso se alimenta el estator por medio de un interruptor trifásico con protección a base de fusibles, lo que genera que el motor funcione como si fuera tipo jaula de ardilla.

Posteriormente, cuando el motor llega aproximadamente al 90% de su velocidad nominal, se cierra otro interruptor que alimenta corriente directa de una fuente externa al rotor propiciando que el motor funcione como máquina síncrona. **Ver figura 53.**

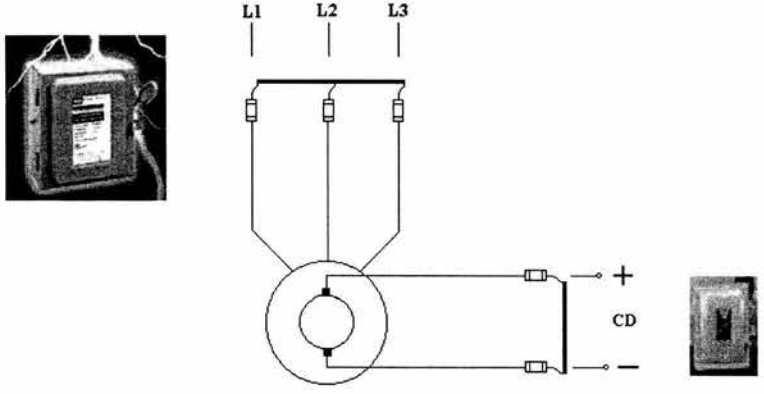


Figura 53. Diagrama esquemático de un arranque manual para un motor síncrono trifásico.

3.2.1.2. ARRANQUE A LÍMITE DE TIEMPO.

Este tipo de arranque utiliza un arrancador con un relevador de control de tiempo, que nos permite alimentar un campo fijo en el rotor de la máquina, utilizando además una botonera, dos contactores con sus respectivos relevadores de sobrecarga y lámparas de señalización.

La figura 54, describe el diagrama lineal, de un arrancador a limite de tiempo para un motor síncrono. Una vez energizado el circuito, basta pulsar BA (botón de arranque) para que la bobina del contactor M se energice y cierre los contactos M4 (de enclave en el circuito de control), M1, M2 y M3 (de carga).

En el momento en el cual se cierran los contactos M, la corriente pasa a través del estator, se energiza también una bobina T del relevador de control de tiempo, que pasado un tiempo predeterminado accionara un contacto T1 que permite que se energice una bobina R la cual cerrara los contactos R1 y R2 que permiten la alimentación de corriente continua al rotor. Para desenergizar el motor, basta pulsar BP (botón de paro).

Cualquier sobrecarga acciona el relevador de protección que abre los contactos SC (sobre carga) los cuales se encuentran en serie con las bobinas del circuito de control.

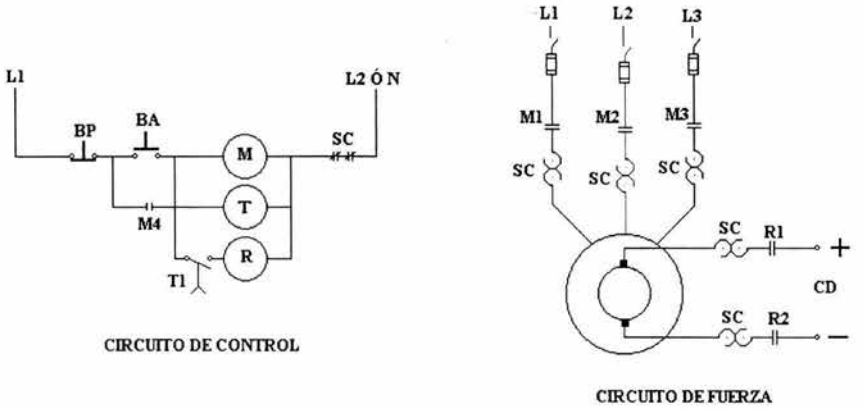


figura 54. Diagrama lineal, de un arrancador a límite de tiempo para un motor síncrono.

No es probable que un motor síncrono pierda el sincronismo a menos que pierda la excitación de corriente directa o esta sea menor que la necesaria, por tal motivo debe instalarse un relevador en el sistema de control, capaz de detectar un bajo nivel de tensión de C.D., o la falta de la misma.

El funcionamiento del relevador deberá desconectar el circuito de control en el punto donde se encuentren localizados sus contactos de operación; generalmente este relevador es conocido como "relevador contra falla de excitación de campo" y se conecta en serie con los relevadores de sobrecarga.

CAPÍTULO 4

ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL

I. ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL

El control de un motor eléctrico es un dispositivo que se usa normalmente para el arranque y paro, con un comportamiento de forma determinada y en condiciones normales de operación.

Dicho control puede ser un simple desconectador para arrancar y parar al motor, o bien una estación de botones ya sea en forma local o a control remoto.

Cada circuito de control, por simple o complejo que sea, esta constituido por un cierto número de componentes básicos conectados entre sí para cumplir un comportamiento determinado. El principio de operación de dichos componentes es el mismo, y su tamaño varía dependiendo de la potencia del motor que se va a controlar, aun cuando la variedad de los mismos para los circuitos de control sea extremadamente amplia.

4.1. CONTROLADORES.

Un controlador es un dispositivo o conjunto de ellos que sirve para gobernar de alguna manera predeterminada la operación del motor proporcionándole además algún tipo de protección, definiendo y gobernando las acciones del mismo, tales como: arranques y paros, inversión del sentido de rotación del eje y el cambio en la velocidad del motor.

Los controladores pueden ser extremadamente sencillos, desde un arrancador manual del tipo "volquete", hasta un complicado esquema de control que contenga una gran cantidad de elementos o dispositivos de gobierno.

Como los controladores son cada vez más sofisticados, se han desarrollado y mejorado dispositivos de protección para operadores y equipo; sin embargo a pesar de la complejidad o simplicidad del controlador debe cumplir los siguientes lineamientos:

- Debe satisfacer las necesidades de control especificadas.
- Debe ser confiable, proporcionando un sistema de protección que asegure el funcionamiento adecuado de la máquina, del operador y del dispositivo mismo.
- Debe permitir el fácil y rápido monitoreo, ajuste y reposición de todos y cada uno de sus elementos.
- Debe ser económico, es decir contar con el menor número posible de "elementos de calidad".

4.2. FUNCIONES DE CONTROL.

Existen diversas funciones que debe realizar un controlador para un motor; dentro de las operaciones más comunes en los sistemas de control se tienen:

4.2.1. ARRANQUE.

El primer requisito de un controlador es poner en marcha al motor. Esto debe realizarse en muchas ocasiones de manera gradual, no solo para proteger a la carga accionada por el motor, sino también, por que la

corriente en el instante de arranque puede alcanzar valores inadecuados. Antes de arrancar un motor, se deben considerar los requerimientos para velocidad y frecuencia.

4.2.2. PARO Y FRENADO.

Un motor puede ser detenido simplemente desconectando su alimentación, sin embargo en ocasiones, esto no basta para detenerlo completamente; Algunos controladores paran al motor en forma gradual, permitiendo al mismo y su carga llegar cerca del alto; otros controladores aplican una acción de frenado para detener la rotación del motor rápidamente, estos controladores pueden proporcionar un paro rápido en casos de emergencia. Por ejemplo: elevadores, bandas transportadoras, etc. El frenado puede ser de manera mecánica o eléctrica

4.2.3. CONTROL DE LA DIRECCIÓN.

Invertir el sentido de rotación del eje de un motor es un requerimiento común en muchos procesos y aplicaciones industriales. El circuito de control de la dirección consiste en contactores de frente y reversa, que formando un inter bloqueo mecánico y eléctrico (para circuitos automáticos), previene que ambos contactores puedan ser energizados simultáneamente.

4.2.4. CONTROL DE VELOCIDAD.

Existen procesos en los cuales el control de la velocidad es indispensable, por ejemplo: en las industrias textiles o papeleras, donde el producto puede ser deteriorado si no se cuenta con este riguroso y preciso control.

Las aplicaciones del motor, varían de acuerdo con los requerimientos del control de la velocidad:

- Controles De Velocidad Constante: Se usan en una unidad de accionamiento directo, donde en velocidad constante, se deben mantener bajas todas las condiciones de carga.
- Controles De Velocidad Variable: Son usados para reducir y aumentar la velocidad del motor cuando la carga aumenta o se reduce.
- Controles De Velocidad Ajustable: Le permiten a un operador cambiar la velocidad del motor mientras se encuentra en operación.

4.3. FUNCIONES DE PROTECCIÓN.

Los motores eléctricos pueden verse sometidos a diversas fallas o contingencias, entre las cuales podemos mencionar:

4.3.1. SOBRECORRIENTES.

Las sobrecorrientes son provocadas principalmente, por sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra,

estas sobrecorrientes, son corrientes que exceden en magnitud a la corriente nominal de un equipo o a la corriente permisible en un conductor y que dañan no solo al motor y a los conductores de la red, sino que también a los controladores que gobiernan al sistema; los fusibles instalados en la envolvente del medio de desconexión y los interruptores termomagnéticos, son utilizados entre otros, como medio de protección en caso de presentarse este tipo de falla.

4.3.2. SOBRECARGAS.

Una sobrecarga es una condición de operación de un equipo en la que demanda una potencia en exceso de la nominal, o de un conductor por el cual circula una corriente en exceso de su valor permisible.

Existen sobrecargas de origen eléctrico o de origen mecánico. En muchas ocasiones un motor trifásico funciona únicamente con dos fases y en otras, la corriente de la fuente es inferior que la nominal. Por otro lado la carga accionada por el motor es de magnitud tal, que el motor disminuye su velocidad de régimen o la alcanza en forma lenta, demandando una corriente mayor que la nominal.

Bajo cualquier sobrecarga, un motor eleva su corriente de manera excesiva, esto produce un aumento de temperatura en los devanados del motor, provocando daños en el dieléctrico aislante de los mismos. Una sobrecarga relativamente pequeña y de corta duración no produce daños al motor, pero si esta persiste por un periodo prolongado, puede ser tan perjudicial como las sobrecargas de gran magnitud.

Los relevadores de sobrecarga protegen, evitando sobrecorrientes y calentamientos que puedan dañar a los aislamientos del motor.

4.3.3. INVERSIÓN DE FASE.

Es bien sabido que al invertir dos de las líneas de alimentación para un motor trifásico, este invertirá el sentido de rotación de su eje, con los consabidos perjuicios que ocasiona, como: contracorrientes y alteraciones en la carga accionada, por ejemplo: en plantas de bombeo, elevadores etc.

Los relevadores de inversión de fase protegen a los motores, operadores y carga accionada de los riesgos que se puedan presentar al producirse la inversión de giro de manera imprevista.

4.3.4. INVERSIÓN DE CORRIENTE.

La inversión de la corriente en un motor trifásico puede ocasionar de la misma manera que la inversión de fases, graves problemas en los conductores, accionadores, contactores y devanados del motor.

4.3.5. SOBREVELOCIDADES.

En procesos industriales como papeleros, textiles y de impresión, una sobrevelocidad es causal de graves daños, sobre todo al producto, por ello es importante, la selección de una protección adecuada que permita evitar tales contingencias.

4.3.6. CAMPO ABIERTO.

Existen relevadores de campo para proteger a las máquinas de corriente directa y a los motores síncronos por la pérdida de excitación, misma que origina sobrevelocidades peligrosas y la pérdida de velocidad de sincronismo respectivamente.

4.4. TIPOS DE CONTROLADORES.

De acuerdo al tipo de operación, los controladores se clasifican en:

1.- MANUALES.

Un controlador manual es aquel que tiene sus operaciones controladas o representadas a mano, en el punto de localización del controlador. Este tipo de arrancador ese usado, cuando la única función requerida es arrancar y parar un motor.

2.-SEMIAUTOMÁTICOS.

En este tipo de controladores, el elemento humano interviene al inicio del cambio de estado de operación de un motor; por ejemplo cuando por medio de un botón accionado por una simple pulsación, se accionen y energicen los contactores y relevadores que realicen una determinada secuencia.

3.-AUTOMÁTICOS

Este tipo de controlador, cambia por sí mismo su estado de operación sin la intervención del elemento humano; por ejemplo, los equipos de control para sistemas de bombeo, en donde una secuencia puede iniciarse al operar un interruptor flotador, cuya acción depende de un determinado nivel del líquido .también se habla de "control remoto" cuando se controla un motor desde un punto lejano; como sucede en las modernas instalaciones, en donde desde un centro de control, se operan motores que pueden no encontrarse en el local en donde se halla el centro de mando.

4.5. DISPOSITIVOS DE CONTROL MANUAL

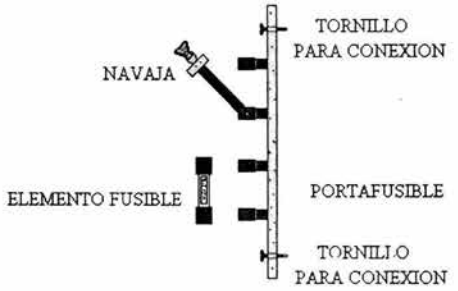
4.5.1. DESCONECTADORES DE CUCHILLAS.

Los desconectadotes de cuchillas o navajas, también conocidos como "switch", constituyen uno de los medios más elementales del control, ya que conectan o desconectan directamente no solo a un motor de la fuente de alimentación, sino también a muchas otras máquinas y circuitos eléctricos en general.

Se construyen con navajas para dos líneas, (motores monofásicos o bifásicos) y tres líneas para (motores trifásicos). Las navajas abren o cierran simultáneamente activadas por un mecanismo. Por lo general se encuentran alojados en una caja metálica y tienen por conductores elementos fusibles, que protegen al motor interrumpiendo la alimentación cuando se presenta una sobrecorriente.

Actualmente se han desarrollado fusibles de doble elemento, que presentan una acción instantánea al producirse un cortocircuito, y una acción rápida y positiva cuando se produce una sobrecarga.

Este tipo de desconectador de cuchillas con elemento fusible, es utilizado comúnmente como un medio de protección en motores fraccionarios. **Ver figura 55.**



VISTA LATERAL DE UN DESCONECTADOR DE NAVAJA
EQUIPADO CON UN ELEMENTO FUSIBLE

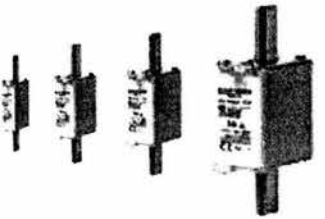
Figura 55. Esquema de un desconectador de cuchillas y sus partes principales.

Los elementos "fusibles", tienen su principal aplicación en la protección de los conductores de las redes eléctricas y en los circuitos de control, así como para el motor mismo.

La selección e instalación de un desconectador de navajas depende de la capacidad de protección del fusible, y de la forma que este posea.

En la figura 56. Se muestran algunos elementos fusibles y sus capacidades.

Fusibles 3na
Poseen su característica de tiempo – corriente retardada, se emplean principalmente porque son protecciones contra efectos de cortos circuitos en tensiones de hasta 500 V y 440 V.





Fusibles 5sb (diazed)
Se componen de los siguientes elementos: Base, Anillo calibrado, Fusible, Anillo de protección, Tapa protectora y Tapa roscada

Figura 56. Diferentes elementos fusibles.

En la figura 57. Se muestran interruptores de cuchillas.

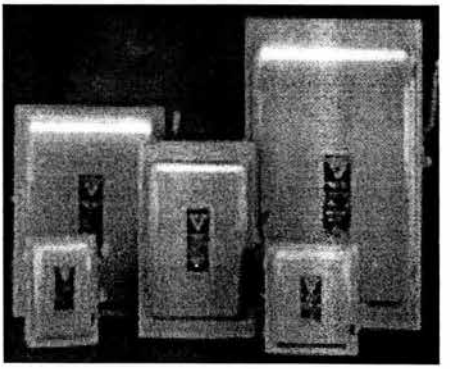


Figura 57. Desconectadores de cuchillas un tiro, 2 y 3 polos.

4.5.2. INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS.

Los interruptores termomagnéticos proporcionan protección contra sobrecargas y corrientes de corto circuito; forman una unidad más compacta que los anteriores, en donde generalmente las navajas o cuchillas y el fusible van separados. **Ver figura 58.**



Figura 58. Interruptores termomagnéticos.

Este dispositivo permite conectar o interrumpir manualmente el circuito al cual este conectado. Protege instalaciones eléctricas , así como a los motores contra incidencias de cortocircuito y sobrecargas sostenidas. De acuerdo al tipo de disparo es la forma en que actúan sus protecciones, ya sea térmica (para sobrecarga sostenida) o magnética (para un corto circuito).

En la figura 59. Se muestra el funcionamiento de este dispositivo. En el disparo magnético, la corriente en una sobrecarga elevada o en un corto circuito, excita el circuito magnético de disparo instantáneo, este atrae la armadura de modo que el desconectador se libere inmediatamente. Existen interruptores con disparo magnético ajustable, en los cuales los elementos magnéticos se pueden calibrar sobre un rango muy grande de valores de corriente, con solo variar el entrehierro.

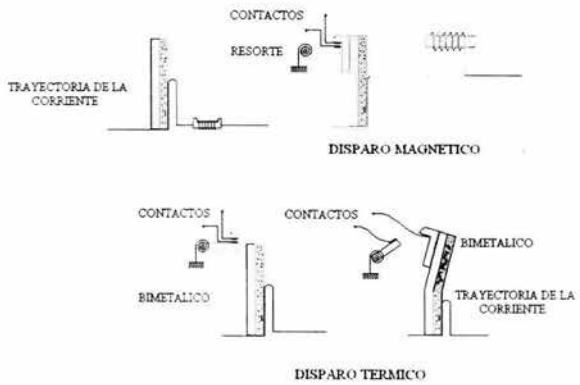


Figura 59. Disparo de un interruptor termomagnético.

Para el disparo térmico, el elemento bimetálico se hace de dos metales diferentes, soldados entre sí y que tienen la propiedad de que uno de ellos no es afectado apreciablemente por cambios de temperatura, mientras que el otro se expande con cierta rapidez, se flexiona operando el dispositivo de disparo. Se logra una dilación en éste, ya que se requiere de cierto tiempo para que el calor suba lo suficiente, para flexionar el bimetal. Esta dilación es inversamente proporcional a la intensidad de corriente. Cuanto mayor es la sobrecarga, mas corto es el tiempo necesario para que se abra el circuito.

Los interruptores termomagnéticos son instalados dentro de gabinetes como interruptores generales, interruptores para circuitos derivados y en general como protección para efectos de sobrecorriente.

También son conectados en combinación con arrancadores que posean relevadores de sobrecarga, como protección contra cortocircuito en el sistema de alimentación o en el motor mismo.

La selección de ellos depende de la aplicación que se le dé, y es llevada a cabo de acuerdo a la corriente nominal del equipo instalado.

Las partes principales de un interruptor termomagnético son: **Ver figura. 60 y 61.**

1. Cámara de extinción.
2. Piezas de contacto.
3. Portacontactos.
4. Vía de corriente
5. Sistema de trinquete.
6. Pestaña de bloqueo.
7. Flecha de desconexión.
8. Disparador de cortocircuito.
9. Disparador de sobrecarga.

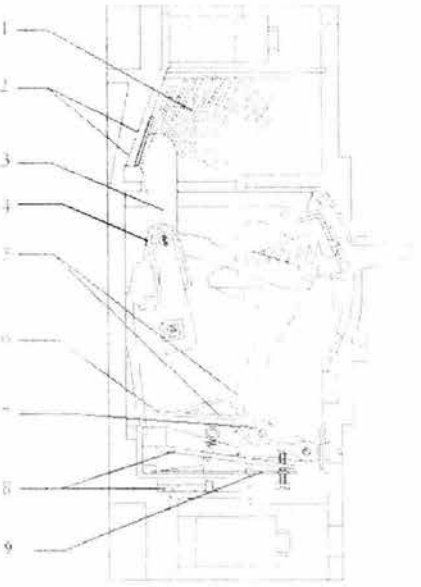


Figura 60. Corte transversal de un interruptor termomagnético.

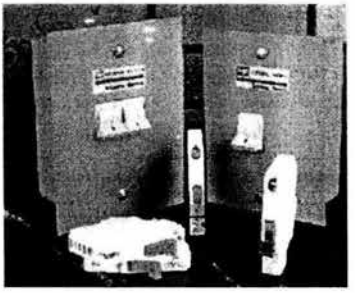


Figura 61. Interruptores termomagnéticos instalados en un centro de carga.

4.5.3. PULSADORES Y SELECTORES.

Son elementos de entrada a los circuitos de control, desempeñan una función primordial, debido a que son dispositivos que proporcionan el gobierno de un motor con solo oprimirse. Son accionados mecánicamente para que a su vez, cierren o abran (o realicen ambas cosas) circuitos auxiliares que eventualmente accionan contactores u otros elementos de los circuitos principales de potencia. **Ver figura 62.**

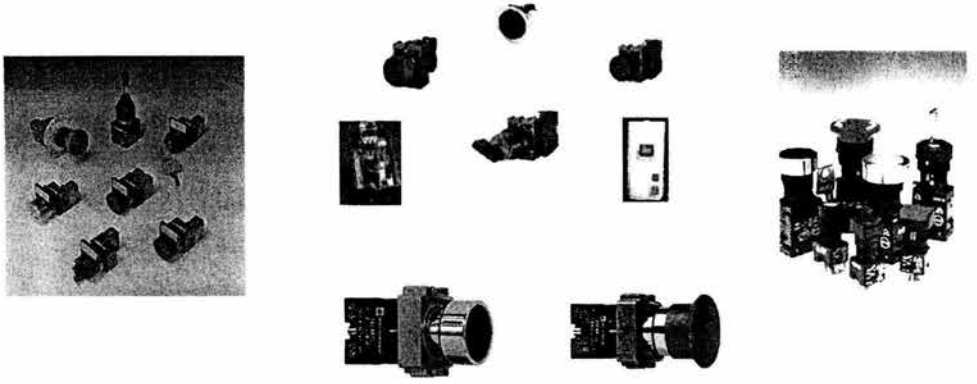


Figura 62. Pulsadores y selectores.

Existen dos tipos de botones pulsadores: de contacto momentáneo y de contacto sostenido, fabricados para dos clases de servicio: normal para la aplicación usual y el de servicio pesado, para su uso continuo.

En la figura 63. Se representan esquemáticamente botones de acción momentánea.

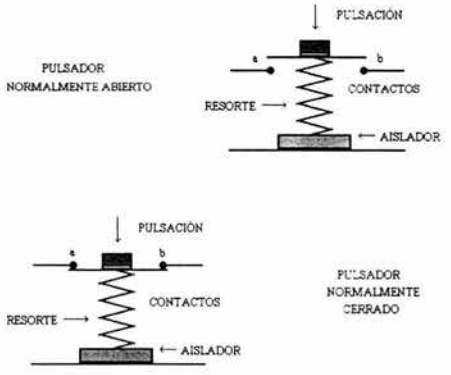


Figura 63. Pulsadores o contactos de acción momentánea.

En el pulsador normalmente abierto, al ejercer una pulsación la corriente puede circular del punto "a" al punto "b", al desaparecer la presión el resorte coloca al pulsador en su posición original, separando los contactos. En el normalmente cerrado, la operación es inversa, cuando se ejerce una presión, el pulsador interrumpe el circuito y al soltarse, los contactos regresan a su posición original cerrando nuevamente el circuito.

Los pulsadores de contacto sostenido, se distinguen de los anteriores, porque una vez llevados a una posición, se mantienen en ella mientras no se les accione nuevamente.

Los **"selectores"** son conmutadores para uno o varios circuitos, y como los anteriores, al ser accionados quedan en la posición seleccionada.

Con frecuencia los pulsadores se combinan con otros elementos en envolventes, formando las **"estaciones de botones"**, con las que se pueden realizar operaciones verdaderamente complejas.

La envolvente de una estación de botones, se fabrica usualmente de plástico moldeado o de lámina metálica, los contactos de los pulsadores: de plata, cobre o de algunas aleaciones especiales.

Se pueden obtener diversos contenedores aparte de las de tipo general, para condiciones extraordinarias, como son a prueba de agua, de polvo, de explosión, sumergibles, etc.

Como los botones se someten a altas tensiones momentáneas, causadas por el efecto inductivo de las bobinas a las que se conectan, se proporciona conveniente espacio entre los contactos y aislamiento a tierra. En la figura 64. Se muestra una estación de botones.

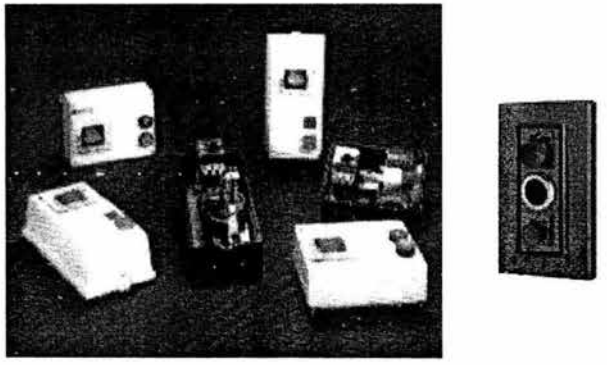


Figura 64. Estación de botones (envolvente plástica y metálica)

4.5.4. COMBINADORES.

Proyectados para controlar varias operaciones en los motores, como el arranque, parada, regulación de la velocidad, etc. se fabrican para operación en c.d. o c.a. Son dispositivos diseñados para operarse manualmente mediante el giro de una palanca ó manivela, se emplean para conectar circuitos de fuerza o

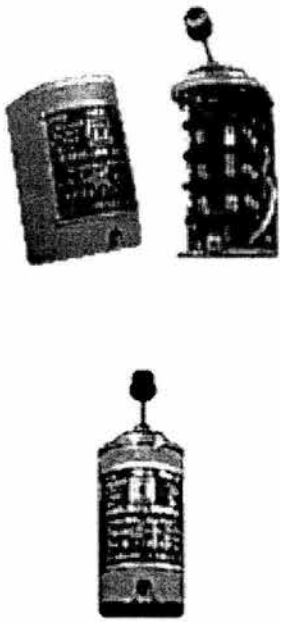
circuitos de mando; denominándose como: combinadores de fuerza y combinadores de gobierno o de control respectivamente.

Existen dos tipos diferentes de combinadores:

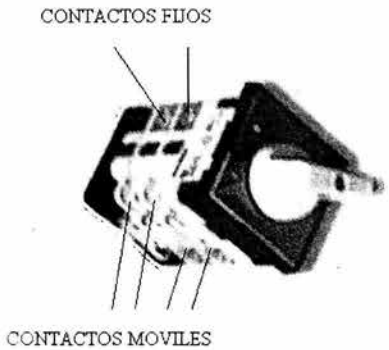
1. De tambor.
2. De levas.

Los combinadores, ya sean de tambor o de levas, consisten en un juego de contactos móviles montados en una flecha y aislados de ella, que pueden girar mediante una manivela u otro medio conveniente; además van provistos de un juego de contactos estacionarios, de tal forma que al girar la flecha los contactos móviles, se separan o se juntan con los fijos. La figura 65 (a) muestra un interruptor de tambor y la figura 65 (b) muestra un interruptor de levas.

Los combinadores se pueden adaptar con facilidad para muchas combinaciones de circuitos, modificándose si es necesario en el lugar de trabajo.



a) interruptor de levas



b) Combinador de levas

Figura 65. Combinadores

4.5.5. INTERRUPTORES DE PEDAL.

Existen muchas máquinas y procesos en donde se requiere de elementos de mando que permitan realizar el control, aún cuando el operario tenga ocupadas las manos (por ejemplo: Industria costurera); por tal motivo es necesario un dispositivo que satisfaga esta condición.

Los dispositivos que satisfacen esta condición de mando son los interruptores de pedal, que, accionados al ejercer presión sobre ellos, abren y/o cierran contactos de operación que permiten realizar alguna función predeterminada. **Ver figura 66.**

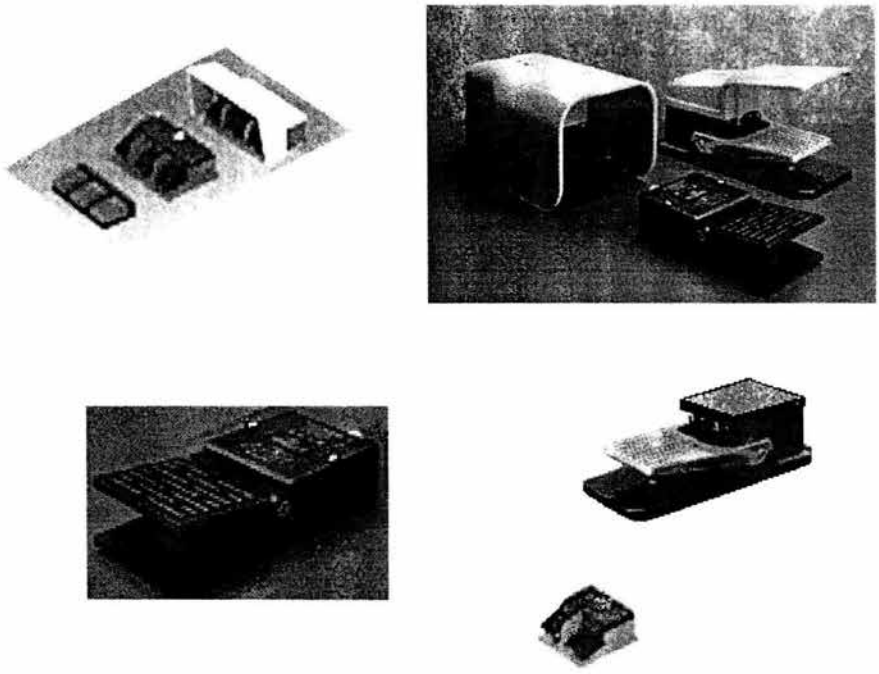


Figura 66. Interruptores de pedal de uso común.

4.6. DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMÁTICOS.

4.6.1. INTERRUPTORES DE LIMITE.

Muchas aplicaciones requieren dispositivos que se accionen por el movimiento de las máquinas. Estos dispositivos son los llamados: interruptores de límite o de **"fin de carrera"**. **Ver figura 67.**

Existe una gran cantidad de diseños de interruptores de límite; sin embargo, la mayor parte de éstos, esta construido de tal manera, que un brazo o palanca de operación sea accionada por algún equipo móvil. El movimiento de este brazo abre o cierra contactos dependiendo de su estado.

La figura 68. Muestra de manera esquemática el funcionamiento general de los interruptores de límite.

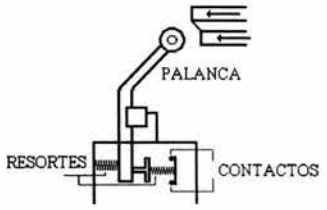


Figura 68. Diagrama esquemático del funcionamiento de los interruptores de límite.

Ordinariamente son utilizados, para desconectar en límites de carrera el avance de bancadas en máquinas herramientas, como fresadoras, tornos, puertas automáticas, bandas transportadoras, etc.

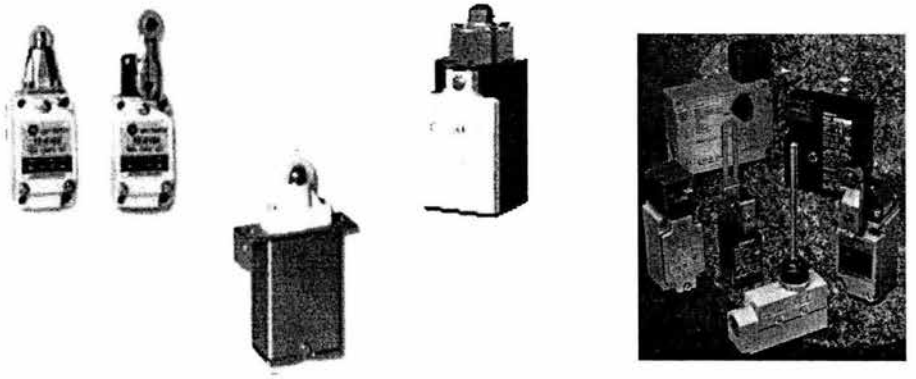


Figura 67. Interruptores de límite.

Existe un interruptor de límite conocido como limitador giratorio de levas. Este interruptor lleva un eje en el cual se montan unas levas, que abren o cierran cierto número de contactos en posiciones angulares, que pueden ser ajustadas. El eje del interruptor se acopla directamente o a través de engranes al eje de la máquina.

4.6.2. INTERRUPTORES DE NIVEL.

Este dispositivo, al igual que el anterior, es un elemento de mando, ya que convierte una acción mecánica en una señal eléctrica. Se utiliza con frecuencia en equipos de bombeo o hidroneumáticos, para mantener valores límites de agua en cisternas y tinacos.

Aunque existen muchos tipos de construcciones, todos los interruptores de nivel están básicamente formados por un conjunto de contactos que se accionan mediante algún dispositivo mecánico. La figura 69. muestra algunos interruptores de nivel.

Los interruptores de nivel se diseñan para ajustar los rangos de apertura y cierre de contactos, proporcionando flexibilidad al sistema, pudiéndose emplear para conectar directamente motores de potencia fraccionarios, sin la necesidad de un arrancador. Sin embargo en motores de mayor potencia, la presencia de un arrancador es necesaria.

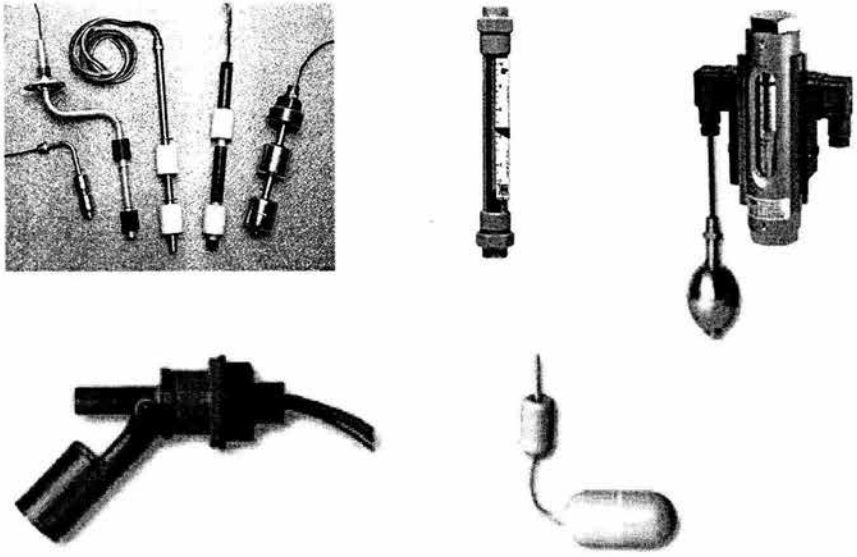


Figura 69. Interruptores de nivel.

4.6.3. INTERRUPTORES DE PRESIÓN.

Dentro de los procesos industriales, en los cuales se manejan variables como gases, agua, aceite, etc. son necesarios dispositivos que respondan a esos medios. Los interruptores de presión o **"preóstatos"**, son algunos de ellos.

PREOSTATO : Es sólo un interruptor actuado a través de un fuelle por la presión del circuito. La acción de este fuelle la podemos regular con lo que podemos ajustar la presión a la que queremos que actué, y cuánto debe bajar esta para volver a la posición anterior, es decir a que presiones arrancará y parará el compresor. Se recomienda que los tiempo de parada / arranque no sean muy continuos, ya que de lo contrario el motor sufriría en exceso pudiendo provocar una avería.

Existe una gran variedad de interruptores empleados en diferentes gamas de presión; de diafragmas o muelles débiles para bajas presiones y de muelles reforzados para altas presiones; sin embargo, el principio de operación es el mismo; la presencia o ausencia de una presión, accionan mecánicamente sus contactos.

Los interruptores de presión se diseñan para operar dentro de cierto rango con ajuste diferencial, esto es con diferencias graduables entre las presiones de conexión y desconexión. Generalmente los ajustes guardan relaciones de 3 a 1 y de 10 a 1. Por ejemplo se tienen interruptores del tipo diafragma con rangos de operación de 1.4 a 12.6 kg/cm^2 y que presentan un ajuste diferencial de 0.7 a 2.8 Kg/cm^2. **Ver figura 70.**

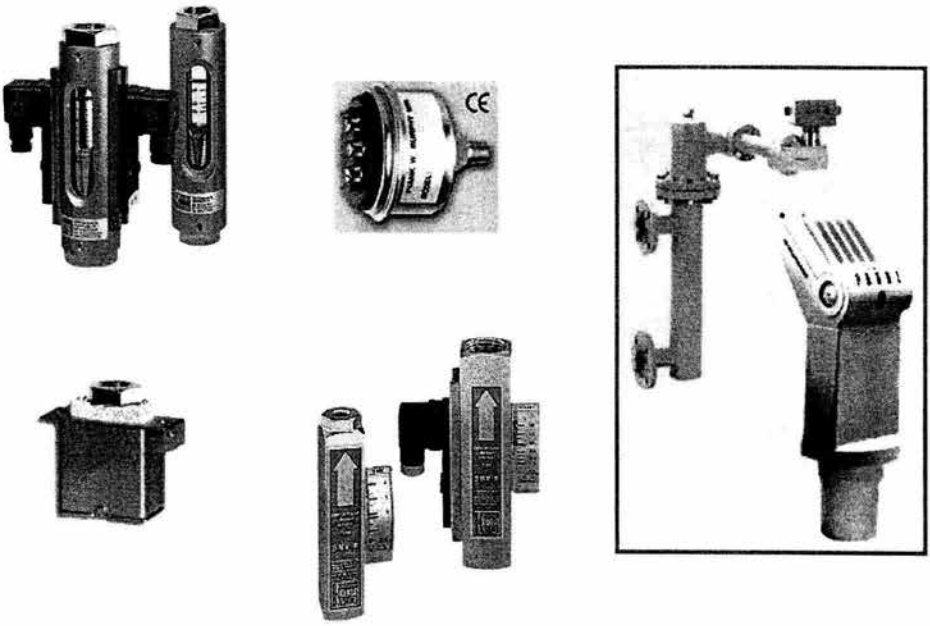


Figura 70. Interruptores de presión.

4.6.4. INTERRUPTORES DE FLUJO.

Los interruptores de flujo, son elementos sensores de aire, líquido o gases que circulan por tuberías y ductos. Este flujo se aprovecha para accionar contactos, los cuales conectados a relevadores y contactores, inician o interrumpen alguna secuencia de control. Un interruptor de flujo muy utilizado es el llamado de remo o de paleta, en donde el flujo acciona un remo ó paleta que actúa sobre un micro interruptor cerrando o abriendo contactos. El rango de apertura o cierre puede graduarse utilizando un resorte que acciona el remo. La figura 71. Muestra los interruptores de flujo.

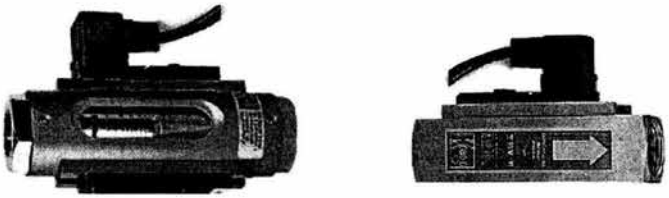


Figura 71. Interruptores de flujo.

4.6.5. INTERRUPTORES TERMICOS.

Los interruptores térmicos, se diseñan para el control automático del equipo que debe mantener una determinada temperatura. El termostato es probablemente el elemento que se construye en la mayor variedad de diseños. La mayoría de ellos utiliza bimetales como censores de la temperatura, para actuar grupos de contactos en respuesta a cambios de temperatura.

4.6.6. INTERRUPTORES DE VELOCIDAD CERO.

Estos interruptores son ampliamente utilizados en las maniobras de frenado en innumerables procesos y aplicaciones industriales. Se conectan directamente a la flecha del motor, a través de algún mecanismo de transmisión. Al girar el motor se cierran unos contactos, generalmente uno para cada dirección de rotación, los cuales permanecen abiertos a velocidad cero, se fabrican para operar en rangos de velocidades como por ejemplo: de 15 a 60 r.p.m. de 50 a 200 r.p.m. y de 150 a 900 r.p.m.

4.7. DISPOSITIVOS DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICOS.

4.7.1. CONTACTORES.

El contactor se define como un dispositivo empleado para conexión y desconexión repetida de circuitos eléctricos de potencia.

Están formados básicamente por dos partes: una fija usualmente en forma de E, en cuyo centro se instala una bobina, y una parte móvil llamada armadura. Cuando se aplica una diferencia de potencial en las terminales de la bobina, la corriente que circula por ella produce un campo magnético que hace que la parte fija atraiga la armadura. Al moverse ésta, cierra o abre sus contactos.

4.7.1.1. CONTACTOS: Los contactos son la parte más delicada de un contactor, es por esto que su construcción y mantenimiento, deben ser lo mas adecuado posible, están construidos de aleaciones con lo que se busca que su resistencia mecánica, sea buena y que además el desgaste por el arco sea el mínimo posible. Entre las aleaciones más utilizadas, se tiene plata-paladio, plata-cadmio y sobre todo plata-níquel.

4.7.1.2. CAMARAS DE ARQUEO: Los contactores van provistos en la mayoría de los casos, de cámaras de arqueo o deionizadoras, cuyo propósito es reducir el arco y extinguirlo en el menor tiempo posible, evitando con ello el deterioro de los contactos.

El arco se produce por la ionización del aire entre los contactos al producirse la apertura. Este aire calentado se vuelve conductor y como la resistencia es elevada, el calentamiento que se produce es sumamente peligroso, sobre todo en el caso de circuitos que conduzcan corrientes considerables. Además de las cámaras de arqueo, se tienen otros métodos para extinguir el arco entre los cuales se encuentran: soplado de aire a presión, soplado magnético, baño de aceite, etc.

Los contactores magnéticos se fabrican para operación en c.a. y en c.d. la figura 72. Muestra un contactor magnético de c.a. En los primeros el núcleo y la armadura se construyen laminados, para evitar el calentamiento producido por las corrientes inducidas al variar el flujo. Además, se instalan en las extremidades del núcleo, espiras de cobre en cortocircuito, con el objeto de suministrar al circuito magnético un flujo, cuando el producido por la bobina se hace cero. Esta situación se presenta en un tiempo mínimo; sin embargo, si no se dotara al núcleo de estas espiras llamadas de sombra, se producirían vibraciones que dañarían al contactor.

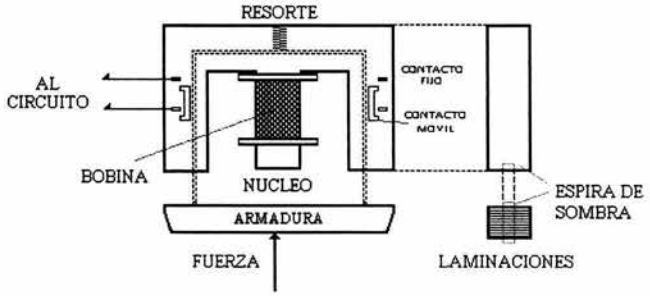


Figura 72. Contactor magnético de c.a.

ESTA TESIS NO SA
DE LA BIBLIOTEC

En los contactores de c.d. cuya bobina se alimenta desde una fuente de c.d. el núcleo y la armadura se forman de un mismo bloque de hierro, ya que al no existir variación en el flujo, no habrá corrientes inducidas y por lo tanto calentamientos. Algunos contactores de c.d. operan en circuitos de control de c.a., lo cual impone en su construcción, las condiciones dadas para los contactores de c.a.

Las bobinas que producen el flujo principal en los contactores magnéticos, se construyen con alambre de cobre enrollado en un carrete, que se instala en la parte central del núcleo. Este carrete es desmontable, de tal manera que si la bobina se llegara a estropear, fácilmente podría ser reemplazada. **Ver figura 73.**

Además de los contactos principales, a través de los cuáles se alimentan los circuitos de fuerza, los contactores van provistos de otros contactos llamados auxiliares o de control, de menor capacidad que los primeros; se emplean en las operaciones de control ó de señalización del aparato, así como elementos de retención para mantener en funcionamiento el circuito de control. Estos contactos pueden estar abiertos o cerrados y en ocasiones, dotados de elementos de retardo.

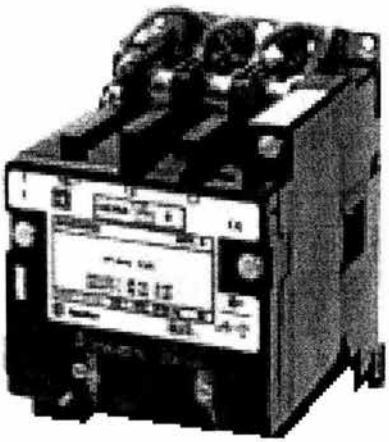


Figura 73. Contactor magnético.

4.7.2. RELEVADORES.

Un relevador es un dispositivo que funciona mediante una variación en un circuito eléctrico, para poner en operación otros aparatos, ya sea en el mismo circuito ó en otro.

Existen una gran cantidad y variedad de relevadores, entre los cuales se pueden mencionar los de control, temporizados, de sobrecarga, etc. Todos ellos muy importantes en los circuitos de control de motores.

4.7.2.1. RELEVADORES DE CONTROL.

Estos dispositivos llamados también contactores auxiliares, funcionan exactamente igual que los contactores, pero son de aspecto y construcción totalmente diferente. Los relevadores se utilizan para aceptar, información de un dispositivo sensor y obtener múltiples acciones de control, entre las cuales se tiene la de amplificación de potencia. Una débil señal de control puede tener la potencia necesaria para energizar la bobina de un contactor, con el que se puede controlar una fuente separada de potencia.

La figura 74 muestra un diagrama esquemático de un relévador, frecuentemente utilizado en circuitos de control; como se puede observar, está provisto de varios contactos (abiertos y/o cerrados), mismos que cambian de estado al ser atraída la armadura por el campo magnético.

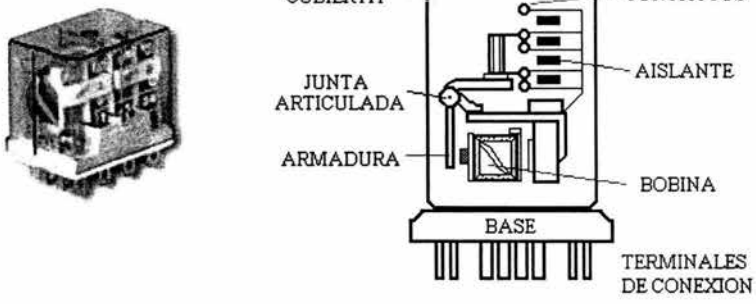


Figura 74. Relevador de control y sus elementos.

Sus bobinas son fabricadas del mismo material que las bobinas de los contactores y sus contactos, de pequeño tamaño, son fabricados de platino ó aleaciones de este metal, y en casos excepcionales, de iridio y paladio.

Entre sus aplicaciones más frecuentes se encuentra la de interrumpir la alimentación de la bobina de los contactores, conexión de pequeños motores y equipos de alarma y señalización con lámparas piloto y bocinas.

4.7.2.2. RELEVADORES DE CONTROL DE TIEMPO.

La necesidad de disponer de sistemas de control de tiempo, secuencias y otras muchas funciones para las múltiples aplicaciones industriales, ha motivado el desarrollo de cierto número de dispositivos de control de tiempo. Entre otros se encuentran los relevadores neumáticos, los de fluido amortiguador, los de condensador, controles de tiempo impulsados por motor, etc.

Los relevadores neumáticos de tiempo, son empleados con mucha frecuencia en los circuitos de control. Son básicamente relevadores de control con una unidad neumática de retardo, que se acciona mecánicamente mediante la acción de la armadura. La función de retardo de tiempo, depende del paso de aire a través de un orificio restringido, generalmente de un fuelle o diafragma de caucho sintético reforzado.

Los relevadores neumáticos pueden presentar un retardo en el cierre o apertura de sus contactos, al energizarse la bobina o bien al desenergizarse. La figura 75 muestra un diagrama en el cual se puede observar la operación de un relevador de tiempo con retardo al energizarse la bobina. Cuando se excita la bobina, la armadura es atraída dejando libre la palanca de ataque, accionando los contactos dependiendo del retardo determinado por el fuelle.

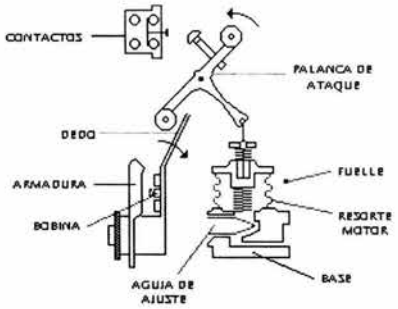


Figura 75. Relevador neumático de tiempo a bobina energizada.

El diagrama para un relevador de tiempo a bobina desenergizada, es similar al anterior, sólo que ahora al energizarse la bobina, el mecanismo actúa cerrando o abriendo contactos instantáneamente. Al desenergizarse la bobina, es entonces cuando aparece el retardo, ya que ahora los contactos, tardarán un tiempo "t" en retornar a su posición original.

Otro tipo de relevador de tiempo cuyo empleo está difundido, es el relevador con fluido amortiguador. Este basa su operación, en la acción de un núcleo de hierro que se levanta mediante el campo magnético de una bobina, contra la fuerza retardante de un pistón, el cual se mueve dentro de un recipiente lleno de aceite u otro tipo de fluido amortiguador. **Ver figura 76.**

Usualmente proporcionan retardo después de energizarse la bobina; retardo que se controla en algunos modelos, ajustando la abertura de la válvula del circuito de retorno con que van provistos, el cual comunica los espacios del recipiente a ambos lados del pistón.



Figura 76. Relevador de control de tiempo neumático.

4.7.2.3. TEMPORIZADOR ACCIONADO POR MOTOR.

Los controles de tiempo impulsados por un motor, son empleados en operaciones de control que se repiten. Básicamente están formados por un pequeño motor, cuyo eje lleva montado un conjunto de levas que pueden ser ajustadas, proporcionando varias secuencias en la operación de unos microinterruptores accionados por ellas.

4.7.2.4. RELEVADORES DE SOBRECARGA.

Ya se ha mencionado que un circuito de control, además de realizar funciones de gobierno, debe proporcionar protección a la máquina o proceso que está controlando.

Un motor eléctrico se puede ver sometido a perturbaciones como corrientes de cortocircuito y corrientes de sobrecarga. Para proteger al motor de las corrientes de corto circuito, que pueden alcanzar valores muy elevados, se pueden emplear los interruptores termomagnéticos o fusibles, y para las corrientes de sobrecarga, que si bien no alcanzan valores tan grandes, pero si originan calentamientos que pueden afectar a la máquina, se pueden emplear los relevadores de sobrecarga.

Existen varios tipos de relevadores de sobrecarga, pero ordinariamente están formados por dos elementos: una unidad sensora, conectada directamente a la línea de alimentación o indirectamente a ella, a través de transformadores de corriente y un mecanismo actuado por esa unidad que opera desconectando el motor de la fuente de alimentación.

Los relevadores de sobrecarga se construyen para disparo instantáneo o con características de tiempo inverso. En éstos últimos, una mayor intensidad de corriente origina un menor tiempo en el disparo.

En la figura 77. Se observa una gráfica típica que muestra la relación que guarda la curva de calentamiento de un motor, con la curva de disparo de un relevador de sobrecarga de tiempo inverso. En el momento en que el motor aumenta su temperatura peligrosamente el relevador de sobrecarga se dispara, desconectando al motor de la red.

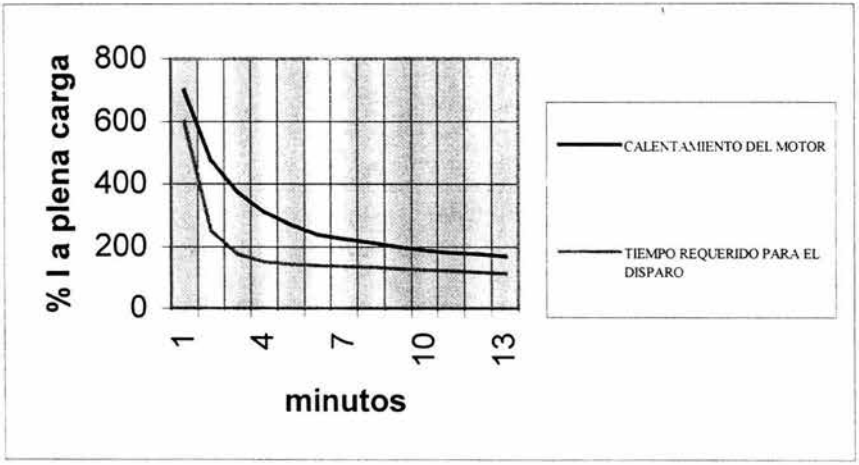


Figura 77. Relación calentamiento del motor – disparo de un relevador de sobrecarga de tiempo inverso.

Dependiendo de la tecnología en que basan su funcionamiento, los relés de sobrecarga se dividen en:

1. Térmicos.
2. Magnéticos.
3. Magnetotérmicos.

En los **relevadores térmicos**, la elevación de temperatura causada por una corriente de sobrecarga, hace operar el mecanismo de disparo. Estos relevadores se construyen de diferentes tipos, pero entre los más utilizados se encuentran los bimetálicos y los de aleación fusible.

Los relevadores bimetálicos emplean como unidad sensora un bimetal, que está formado por dos metales soldados entre sí y cuya característica es, que cada uno de los metales que forman al elemento bimetal, poseen diferente coeficiente de dilatación. El bimetal que se fabrica generalmente con níquel y fierro, al ser calentado se dobla en un sentido, lo que se aprovecha para accionar el contacto o contactos que realizan la apertura del circuito a proteger.

En la figura 78. Se muestra un diagrama elemental en donde se observa el funcionamiento de este dispositivo. Cuando una corriente pasa por el elemento calefactor (en ocasiones el calefactor puede ser el mismo bimetal) éste actúa sobre el bimetal que al deflectarse acciona la leva, liberando la varilla móvil. Al desplazarse ésta última presionada por un resorte, operan los contactos.

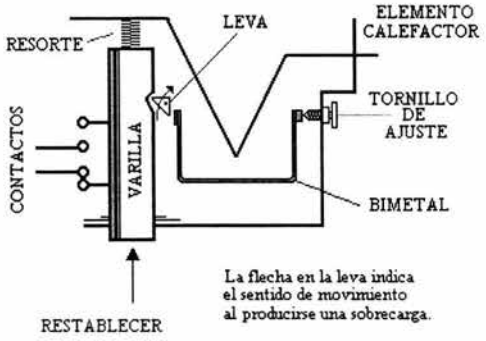


Figura 78. Diagrama esquemático elemental del funcionamiento de un relevador bimetálico de sobrecarga.

Cuando la sobrecarga haya terminado, basta presionar la palanca o botón de restablecimiento para regresar los contactos a su posición original. El tornillo de ajuste permite graduar el momento de disparo del relevador, al acercar mas o menos el bimetal al calefactor.

Otro tipo de relevador de sobrecarga térmico muy popular, es el relevador de aleación fusible. Este relevador térmico, va provisto de una pastilla de soldadura, la cual se funde por el calor producido por una corriente de sobre carga. .

Esto permite que la rueda de un trinquete que mantiene los contactos en su posición normal gire en el metal fundido, dando por resultado una acción de disparo. Se requiere un periodo de enfriamiento para permitir que el depósito de metal se solidifique, antes de que el conjunto del relevador de sobrecarga pueda restablecerse y reanudar el servicio. **Ver figura 79.**

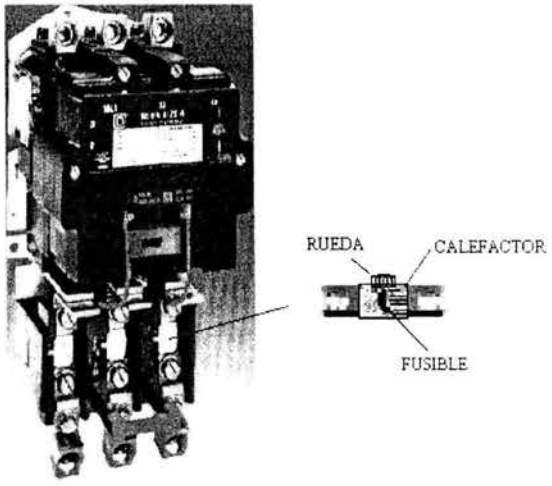


Figura 79. Relevador de sobrecarga de aleación fusible.

Los **relevadores magnéticos de sobrecarga**, son también empleados con frecuencia en la protección de motores eléctricos. Operan respondiendo a incrementos de corriente, accionando contactos en el circuito de control. En estos relevadores la unidad sensora es una bobina, a través de la cual circula la corriente de alimentación. Cuando esta última toma valores de sobrecarga, se crea un campo que actúa sobre un émbolo, el cual al desplazarse acciona los contactos de disparo.

En los relevadores de sobrecarga magnéticos se encuentra uno llamado **neumático**, en el que la dilación en el disparo es provista por un amortiguador, al que se encuentra unido un émbolo. Entre mayor sea la magnitud de la sobrecarga, la fuerza magnética vencerá más rápidamente el efecto del amortiguador, apresurando el disparo. Para regular el tiempo de este, puede alterarse la velocidad del paso del aceite en el amortiguador, haciendo girar una válvula de disco, lo cual modifica el tamaño de los orificios de descarga.

Entre los relevadores de sobrecarga se tienen los **magnetotérmicos**, los cuales son resultado de la combinación de la tecnología de los térmicos y la de los magnéticos. **Ver figura 80.**



Figura 80. Algunos relevadores de sobrecarga.

4.7.3. ARRANCADORES.

Un arrancador es un controlador eléctrico, que permite conectar el motor a la línea acelerándolo del reposo a su velocidad nominal y que además lo protege contra sobrecargas.

En motores de capacidades pequeñas, es muy común el empleo de arrancadores manuales, sobre todo si las operaciones de arranque y paro no son frecuentes. Sin embargo, la tendencia actual es hacia el empleo de arrancadores magnéticos, que permiten, no solo la operación remota del motor, sino también la operación automática, respondiendo a señales de dispositivos piloto, tales como interruptores de flujo, de límite, de presión, etc. **Ver figura 81.**

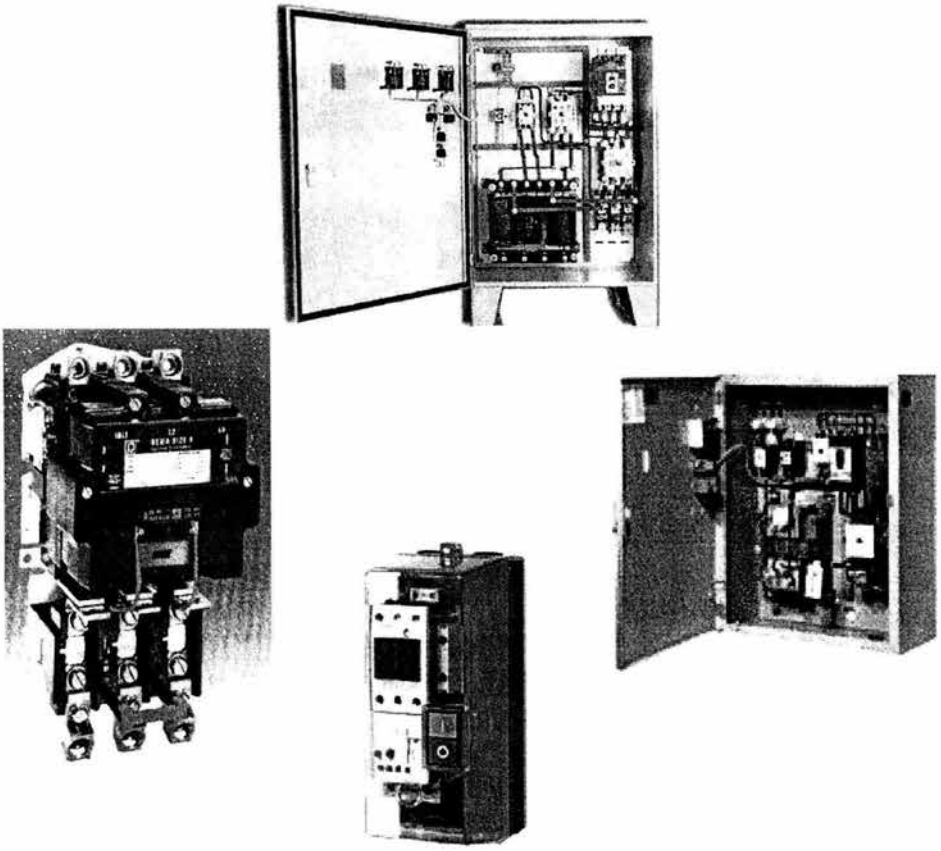


Figura 81. Diferentes tipos de arrancadores.

CAPÍTULO 5

SIMBOLOGÍA

Y

DIAGRAMAS

5. SIMBOLOGIA Y DIAGRAMAS.

5.1.SIMBOLOGIA.

Los símbolos, tienen significación convencional o normativa y simplifican la representación gráfica de un elemento eléctrico, dispositivo o máquina.

En la mayoría de las aplicaciones de la electricidad, la simbología es utilizada como un lenguaje de expresión.

5.1.1. SIMBOLOGÍA CONVENCIONAL.

Debido a que los símbolos toman su significado y forma convencionalmente, es necesario hacer distinción entre la simbología nomenclaturada por las principales normatividades mundiales.

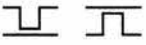
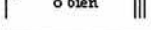
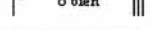
Entre ellas podemos distinguir:

- DIN 1980 : Norma Industrial Alemana.
- ANSI : Instituto de Normalización Nacional de E.E.U.U.
- IEC : Comisión Electrotécnica Internacional.

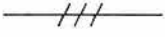
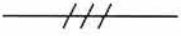
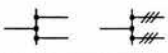
A CONTINUACION SE REPRESENTAN DICHAS SIMBOLOGIAS

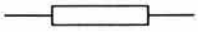
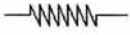
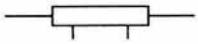
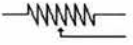
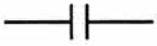
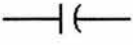
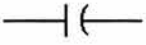
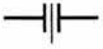
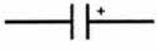
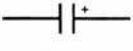
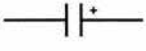
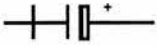
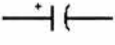
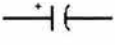
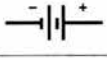
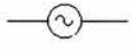
TABLAS COMPARATIVAS DE LA SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN DIAGRAMAS ELÉCTRICOS

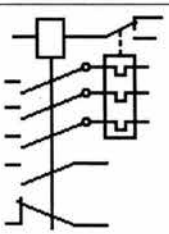
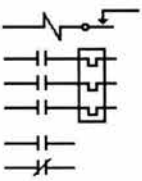
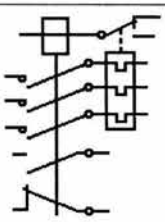
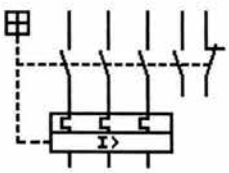
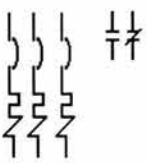
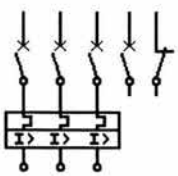
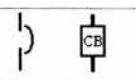
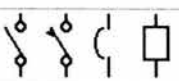
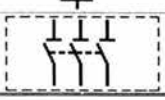
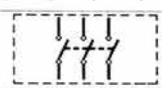
TENSIÓN, CORRIENTE, FRECUENCIA.

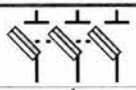
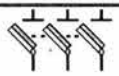
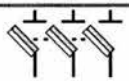
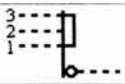
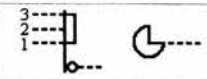
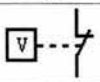
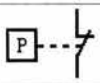
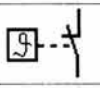
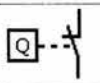
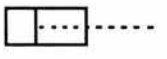
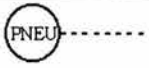
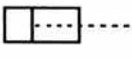
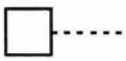
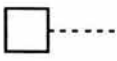
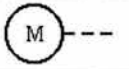
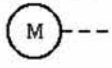
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
CORRIENTE DIRECTA			
CORRIENTE CONTINUA			
CORRIENTE ALTERNA			
IMPULSO RECTANGULAR POSITIVO, NEGATIVO			
TRES DEVANADOS INDEPENDIENTES			
CORRIENTE DIRECTA, CON CONDUCTOR NEUTRO			
DEVANADO TRIFÁSICO CONEXIÓN EN ESTRELLA			

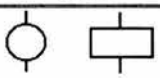
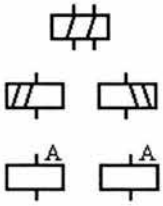
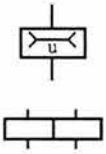
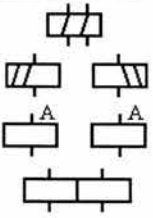
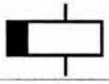
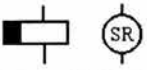
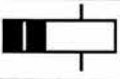
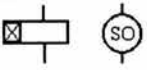
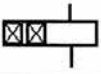
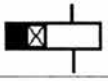
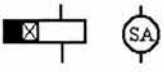
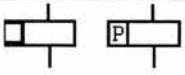
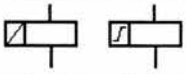
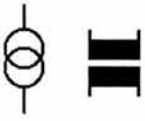
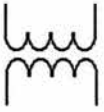
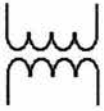
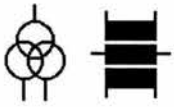
CONDUCTORES, UNIONES.

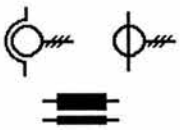
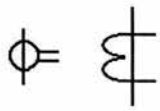
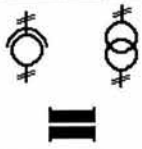
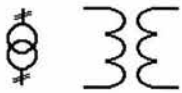
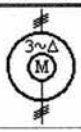
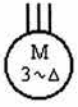
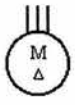
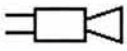
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
CONDUCTOR GENERAL			
CABLE CON DENOMINACION DEL NUMERO DE CONDUCTORES			
CONDUCTOR DE PROTECCIÓN O CONDUCTOR NEUTRO CON FUNCION DE PROTECCIÓN			
UNION CONDUCTIVA DE CONDUCTORES			
REGLETA DE TERMINALES DE CONEXIÓN EN FILA			

ELEMENTOS GENERALES DE CIRCUITOS			
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
RESISTENCIA			
RESISTENCIA VARIABLE			
INDUCTOR			
INDUCTOR VARIABLE			
CONDENSADOR			
CAPACIDAD CONDENSADOR VARIABLE			
CAPACIDAD CONDENSADOR POLARIZADO			
CONDENSADOR ELECTROLÍTICO POLARIZADO			
ACUMULADOR, BATERIA FUENTE DE VOLTAJE CD			
FUENTE DE VOLTAJE CA			
TIERRA			
APARATOS DE MANIOBRA			
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
BOTON DE CONTACTO MOMENTANEO			
BOTON DE CONTACTO MOMENTÁNEO MANUAL			
BOTON DE CONTACTO DE PIE			
CONTACTO DE CIERRE			

DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
CONTACTO DE APERTURA			
CONTACTO DE CONMUTACION			
CONTACTO DE CONMUTACION SIN INTERRUPCION			
CONTACTO DE CIERRE RETARDADO			
CONTACTO DE APERTURA RETARDADO			
CONTACTO DE CIERRE, ABRE RETARDADO			
CONTACTO DE APERTURA, CIERRE RETARDADO			
CONTACTOR CON RELEVADOR BIMETÁLICO			
INTERRUPTOR TRIPOLAR CON MECANISMO DE EMBRAGUE CON RELEVADOR BIMETÁLICO Y DISPARADOR DE ACCION INSTANTANEO			
SECCIONADOR DE POTENCIA			
INTERRUPTOR DE POTENCIA			
SECCIONADOR TRIPOLAR BAJO CARGA			

DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
SECCIONADOR DE FUSIBLES TRIPOLAR			
FUSIBLE			
DISPOSITIVO DE ENCHUFE			
ACCIONAMIENTO POR LEVAS			
INTERRUPTOR DE FLUJO PARA APERTURA			
INTERRUPTOR DE PRESION Y VACIO PARA APERTURA			
INTERRUPTOR TERMOSTATICO PARA CIERRE			
INTERRUPTOR DE FLOTADOR PARA CIERRE			
VELOCIDAD DE FLUJO ELEVADO / BAJO	**V > / V <**	V / V	**V > / V <**
PRESION ELEVADA / BAJA	**P > / P <**	P / P	**P > / P <**
TEMPERATURA ELEVADA / BAJA	τ > / τ <	τ / τ	τ > / τ <
NIVEL DE LIQUIDO ELEVADO / BAJO	**Q > / Q <**	Q / Q	**Q > / Q <**
VELOCIDAD ELEVADA / BAJA	η > / η <	η / η	η > / η <
ACCIONAMIENTO POR EMBOLO			
ACCIONAMIENTO POR FUERZA			
ACCIONAMIENTO POR MOTOR			

DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
BOBINA			
RELEVADORES CON DOS BOBINADOS DE IGUAL SENTIDO			
RETARDO POR ACCIONAMIENTOS ELECTROMECÁNICOS			
RELEVADORES DE CIERRE RETARDADO			
APERTURA Y CIERRE RETARDADO			
RELEVADOR POLARIZADO			
RELEVADORES DE REMANENCIA			
TRANSFORMADORES, REACTANCIA.			
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
TRANSFORMADOR CON DOS DEVANADOS SEPARADOS			
TRANSFORMADOR CON TRES DEVANADOS SEPARADOS			
AUTOTRANSFORMADOR			

DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
BOBINA DE REACTANCIA			
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE			
TRANSFORMADOR DE TENSIÓN			
MÁQUINAS			
DESCRIPCION	**DIN 1980**	**ANSI**	**IEC**
MOTOR TRIFÁSICO DE ANILLOS ROZANTES			
MOTOR TRIFÁSICO JAULA DE ARDILLA			
MOTOR TRIFÁSICO JAULA DE ARDILLA CON SEIS TERMINALES DE BOBINA			
APARATOS DE SEÑALIZACION			
DESCRIPCION	**DIN 1980**	**ANSI**	**IEC**
BOCINA			
TIMBRE			
SIRENA			
ZUMBADOR			

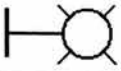
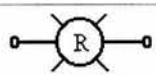
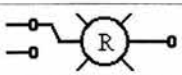
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
LAMPARA INDICADORA			
INDICADOR DE SEÑAL			
APARATOS DE MEDICION			
DESCRIPCION	DIN 1980	ANSI	IEC
AMPERIMETRO			
VOLTMETRO			
VOLMETRO DOBLE			
WATTMETRO			

5.1.2. SIMBOLOGIA NORMA OFICIAL MEXICANA.

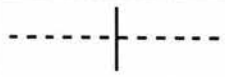
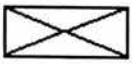
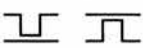
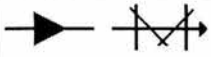
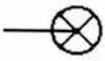
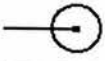
De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM),Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas (NTIE), se usarán los símbolos contenidos en la siguiente tabla:

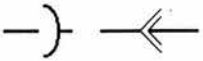
SIMBOLOGIA ELECTRICA NOM, NTIE

LAMPARAS

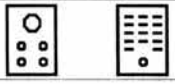
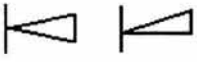
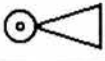
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
INCANDESCENTE		ARBOTANTE	
FLUORESCENTE		ARBOTANTE EN INTEMPERIE	
PILOTO COLOR INDICADO POR LETRA		ARBOTANTE FLUORESCENTE	
PILOTO CON CONTACTO DE PRUEBA		SPOT	

LINEAS, CONEXIONES, TUBERIAS

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
CORRIENTE DIRECTA CD		CONEXIÓN ENLACE MECÁNICO	
CORRIENTE CONTINUA CC		CONEXIÓN MECANICA	
CORRIENTE ALTERNA CA		CAJA DE CONEXIONES	
IMPULSO RECTANGULAR POSITIVO/NEGATIVO		TUBERIA POR MURO O TECHO	
TIERRA		TUBERIA POR PISO	
ACOMETIDA O MUFA		TUBERIA PARA TELEFONO	
CRUCE DE LINEAS NO CONECTADAS		TUBERIA VERTICAL QUE BAJA	
CRUCE DE LINEAS CONECTADAS		TUBERIA VERTICAL QUE SUBE	

DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
CRUCE DE TIERRA		INDICACION DEL NUMERO DE CONDUCTORES	
DISPOSITIVO DE ENCHUFE		APARTA RAYOS	

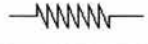
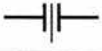
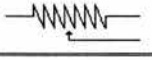
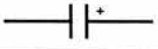
DISPOSITIVOS DE MONITOREO

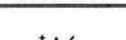
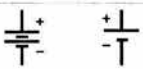
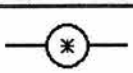
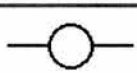
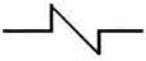
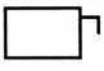
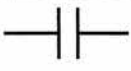
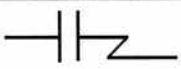
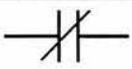
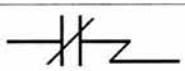
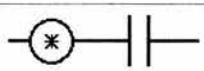
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
BOTON TIMBRE		TABLERO DE PORTERO ELECTRICO	
CAMPANA DE TIMBRE		APARATO TELEFONICO DIRECTO	
ZUMBADOR		CONMUTADOR	
BOCINA, CHICHARRA, SIRENA		EXTENSION APARATO TELEFONICO	
INDICADOR DE SEÑAL		TELEFONO DE PORTERO ELECTRICO	

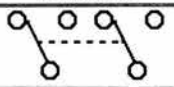
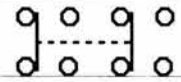
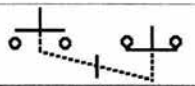
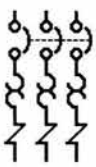
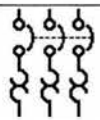
APAGADORES Y CONTACTOS

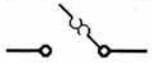
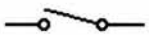
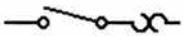
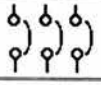
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
APAGADOR DE DOS VIAS		CONTACTO SENCILLO CONTROLADO POR APAGADOR	
APAGADOR DE TRES VIAS		CONTACTO TRIFÁSICO CUATRO HILOS	
APAGADOR DE CUATRO VIAS		CONTACTO EN INTEMPERIE	
CONTACTO MONOFÁSICO SENCILLO		CONTACTO EN PISO	
CONTACTO TRIFÁSICO		CONTACTO MULTIPLE EN MURO	

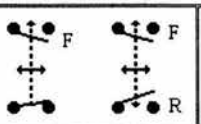
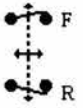
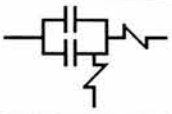
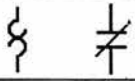
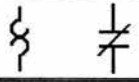
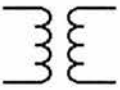
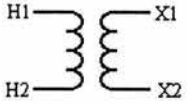
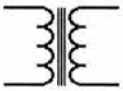
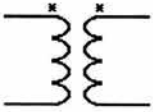
ELEMENTOS GENERALES DE CIRCUITOS.

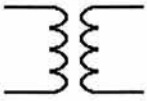
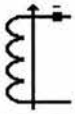
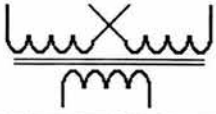
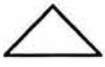
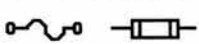
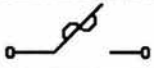
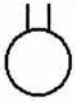
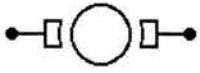
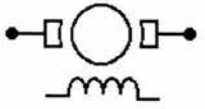
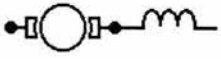
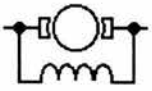
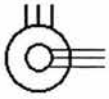
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
RESISTENCIA		CAPACIDAD CONDENSADOR VARIABLE	
RESISTENCIA VARIABLE		CAPACIDAD CONDENSADOR POLARIZADO	

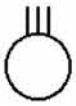
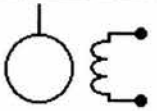
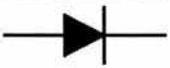
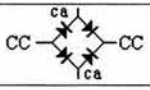
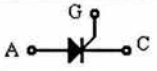
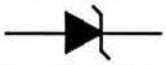
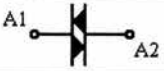
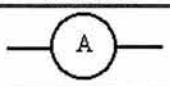
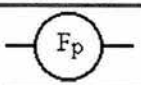
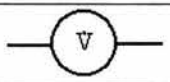
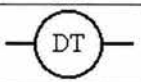
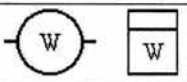
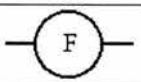
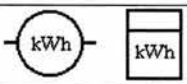
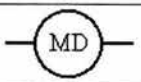
DESCRIPCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
INDUCTOR		CONDENSADOR ELECTROLITICO POLARIZADO	
INDUCTOR VARIABLE		ACUMULADOR, BATERIA FUENTE DE VOLTAJE CD	
CONDENSADOR		FUENTE DE VOLTAJE CA	
BOBINAS			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
BOBINA INDICANDO FUNCION		BOBINA EN SERIE	
BOBINA EN OPERACION		BOBINA EN DERIVACION	
CONTACTOS			
OPERACIÓN INSTANTANEA			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
INTERRUPTOR DE CAJA		SIN FUSIBLES NORMALMENTE ABIERTO	
CON FUSIBLES NORMALMENTE ABIERTO		SIN FUSIBLES NORMALMENTE CERRADO	
CON FUSIBLES NORMALMENTE CERRADO		OPERACIÓN MAGNETICA * INDICA FUNCION	
ACCION RETARDADA			
BOBINA ENERGIZADA		BOBINA DESENERGIZADA	
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE CERRADO		NORMALMENTE CERRADO	
NORMALMENTE ABIERTO		NORMALMENTE ABIERTO	
SUPLEMENTARIOS			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
TIRO SENCILLO		TIRO DOBLE	
UN POLO NORMALMENTE ABIERTO (NA)		UN POLO	
UN POLO NORMALMENTE CERRADO (NC)		DESCONEXION DOBLE	

DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
DESCONEXION DOBLE NA		DOBLE POLO	
DESCONEXION DOBLE NC		DOBLE POLO DESCONEXION DOBLE	
DOBLE POLO NA			
DOBLE POLO NC			
ESTACION DE BOTONES			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		DE DOBLE CIRCUITO	
NORMALMENTE CERRADO NC		SOSTENIDO	
INTERRUPTORES			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
EN ACEITE		TERMOMAGNÉTICO	
AUTOMATICOS			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
CON SOBRECARGA MAGNETICA		TERMICO Y MAGNETICO	
TERMICO			
DE FLUJO (AIRE, AGUA, ETC.)			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	
SWITCH LIMITE MOMENTANEO			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	

SWITCH LIMITE FIJO			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	
DE NIVEL DE LIQUIDO			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	
VACIO Y PRESION			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	
ACTIVADO POR TEMPERATURA			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	
DE PEDAL			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		CERRADO NORMALMENTE NC	
NEUMATICO			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
NORMALMENTE ABIERTO NA		NORMALMENTE CERRADO NC	
DE OPERACIÓN EN GRUPO			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
OPERACIÓN CON CARGA		OPERACIÓN CON FUSIBLES	
DE NAVAJAS			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
UN POLO TIRO SENCILLO		DESCONECTADOR BIFASICO	
UN POLO CON ELEMENTO FUSIBLE		DESCONECTADOR TRIFÁSICO	
UN POLO DOBLE TIRO		DESCONECTADOR DE CIRCUITO	

DE VELOCIDAD			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
ENCHUFABLE		ANTIENCHUFABLE	
ARRANCADORES			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
TENSIÓN PLENA		TENSIÓN REDUCIDA	
RELEVADORES			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
DE SOBRECARGA MAGNETICO		DE SOBRECARGA TERMICO	
TABLEROS			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
GENERAL		DE FUERZA	
TRANSFORMADORES			
DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
SIMBOLO GENERAL		CON INDICACION DE POLARIDAD EN ALTA (H) Y BAJA (X) TENSIÓN	
CON DOS DEVANADOS INDEPENDIENTES		AUTOTRANSFORMADOR	
CON TRES DEVANADOS INDEPENDIENTES		AUTOTRANSFORMADOR VARIABLE	
DE TIMBRE		CON MARCA DE POLARIDAD • INDICA POLARIDAD POSITIVA	

DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
DE POTENCIAL		DE CORRIENTE DE BOQUILLA	
DE CORRIENTE (-) INDICA POLARIDAD		DE VOLTAJE DUAL	
CONEXIÓN DE TRANSFORMADORES			
DESCRIPCION	**SÍMBOLO**	**DESCRIPCION**	**SIMBOLO**
TRIFÁSICO CONEXION DELTA		TRIFÁSICO CONEXIÓN ESTRELLA CUATRO HILOS NEUTRO ATERRIZADO	
TRIFÁSICO CONEXIÓN ESTRELLA TRES HILOS			
FUSIBLES			
DESCRIPCION	**SÍMBOLO**	**DESCRIPCION**	**SIMBOLO**
DE FUERZA O CONTROL		DESCONECTADOR	
MÁQUINAS ELECTRICAS ROTATIVAS			
DESCRIPCION	**SÍMBOLO**	**DESCRIPCION**	**SIMBOLO**
MOTOR MONOFÁSICO		MOTOR DE ESCOBILLAS	
MOTOR DE DOS FASES		MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA EXCITACIÓN INDEPENDIENTE	
MOTOR TRIFÁSICO CONEXIÓN EN ESTRELLA		MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA EXCITACIÓN EN SERIE	
MOTOR TRIFÁSICO CONEXIÓN EN DELTA		MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA EXCITACIÓN EN DERIVACION	
MOTOR TRIFÁSICO TIPO ROTOR DEVANADO		MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA EXCITACIÓN COMPUESTA	

DESCRIPCION	SÍMBOLO	DESCRIPCION	SIMBOLO
MOTOR TRIFÁSICO ROTOR JAULA DE ARDILLA		MOTOR SÍNCRONO	
RECTIFICADORES TRANSISTORES Y TIRISTORES			
DESCRIPCION	**SÍMBOLO**	**DESCRIPCION**	**SIMBOLO**
DIODO RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA		TRANSISTOR DE UNION MONOPOLAR UJT	
RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA		RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO (SCR)	
DIODO ZENER		DIAC	
TRANSISTOR DE UNION BIPOLAR BJT		TRIAC	
EQUIPO DE MEDICION			
DESCRIPCION	**SÍMBOLO**	**DESCRIPCION**	**SIMBOLO**
AMPERIMETRO		FACTORIMETRO	
VOLMETRO		DETECTOR DE TIERRA	
WATTMETRO		FRECUENCIÓMETRO	
WATHORIMETRO		MEDIDOR DE DEMANDA	

5.2 DIAGRAMAS.

El diagrama es el lenguaje escrito de los circuitos eléctricos, en el se conjuntan diversos símbolos que determinan su disposición y conexión, pudiendo tomar diferentes formas para resolver distintos tipos de necesidades. El propósito de un diagrama eléctrico es mostrar la localización de todas y cada una de las partes que componen al sistema.

Cuando se trabaja con un sistema eléctrico, es fundamental, adquirir ciertos conocimientos para leer diagramas, basados en diversos símbolos que determinen los elementos utilizados en los sistemas eléctricos; por lo tanto es prioritario conocer la simbología de dichos dispositivos.

Existen diversos tipos de diagramas relacionados con el equipo eléctrico, como son:

1. Diagrama de bloques.
2. Diagrama de conexiones.
3. Diagrama de alambrado.
4. Diagrama de disposición.
5. Diagramas isométricos.
6. Diagramas de construcción.

Sin embargo, la mayoría de los circuitos de control, se muestran de cuatro maneras:

1. Diagrama de bloques.
2. Diagrama general de conexiones.
3. Diagrama de haces.
4. Diagrama lineal o de escalera.

5.2.1. DIAGRAMA DE BLOQUES.

Este diagrama esta constituido por bloques rectangulares, dentro de los cuales se describe en forma general la función de cada uno de ellos.

Los bloques son conectados entre sí, por una flecha que indica la dirección o secuencia de cada uno de los bloques. **La figura 82.** Muestra un diagrama elemental de bloques de un circuito típico de control.

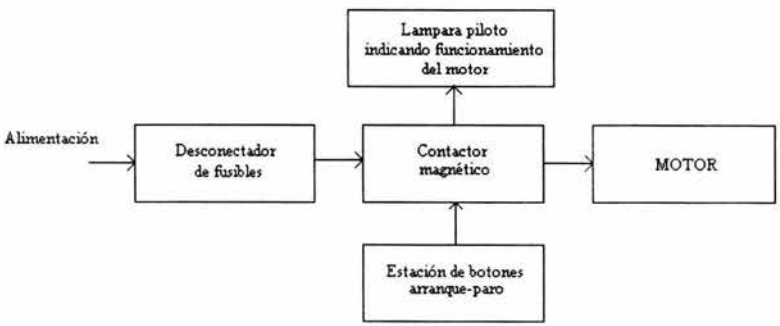


Figura 82. Diagrama de bloques de un motor alimentado mediante un arrancador controlado por una estación de botones.

5.2.2. DIAGRAMA GENERAL DE CONEXIONES.

Este tipo de diagrama, se elabora dibujando los símbolos del equipo utilizado, distribuido en la misma forma en que se encuentran físicamente; es decir, las fases, terminales, bobinas, motores y otros componentes, que se muestran en la posición real que tienen en una instalación. Su mayor ventaja es que ayuda a identificar los componentes y cableado del control. Este tipo de diagrama, es usado cuando se alambra un sistema o si se quiere seguir el circuito físico para descubrir alguna falla. **Ver figura 83.**

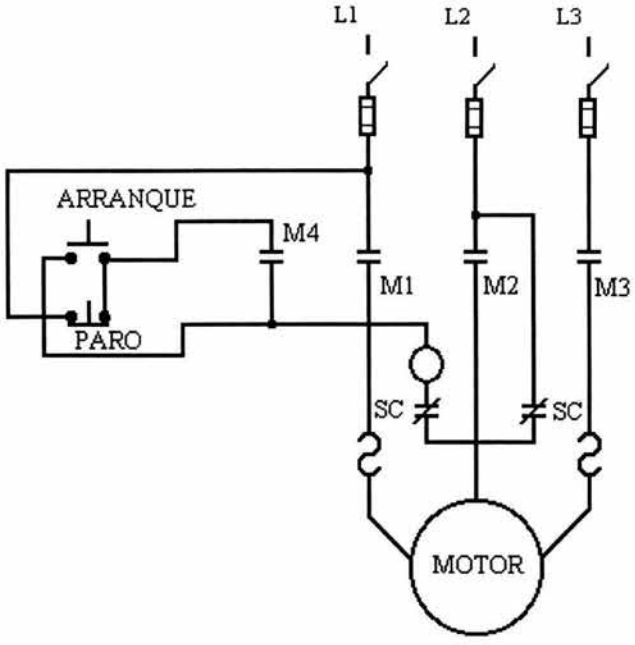


Figura 83. Diagrama de conexiones para un motor trifásico jaula de ardilla controlado por una estación de botones.

5.2.3. DIAGRAMA DE HACES.

Este diagrama es una extensión del anterior, ya que ahora en lugar de unir los diferentes elementos y dispositivos, como contactos y bobinas, uno a uno a través de líneas independientes, se utiliza un haz de hilos numerados y rotulados y con una línea que va de dispositivo a dispositivo. **En la figura 84.** Se muestra un diagrama de haces para el control del mismo motor mencionado en el punto anterior.

En algunos esquemas de control se encuentran diagramas de haces, en donde por el número de dispositivos, se omiten las líneas que los unen, conservando el número y rótulo en cada una de las terminales de los aparatos.

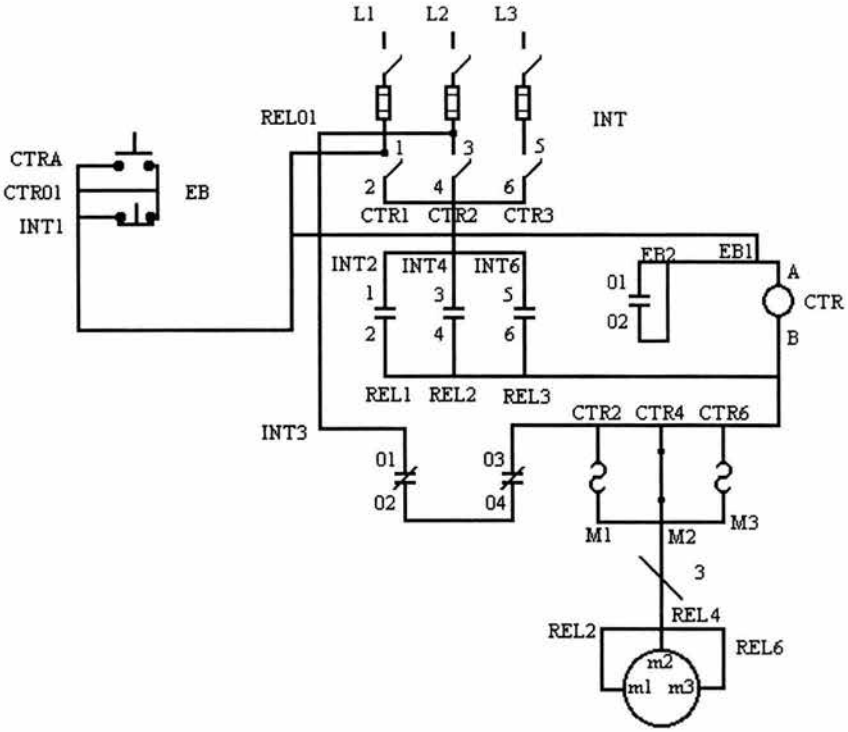


Figura 84. Diagrama de Haces que muestra las conexiones de un arrancador para un motor trifásico, jaula de ardilla, controlado desde una estación de botones.

5.2.4. DIAGRAMA LINEAL O ESQUEMATICO.

El diagrama lineal esta orientado a mostrar la parte de los circuitos que es necesaria para la operación del controlador, su mayor ventaja, se encuentra en el hecho de que muestra el circuito de control, en la secuencia eléctrica apropiada.

Cada componente se representa en el lugar preciso del circuito eléctrico, sin importar la localización física. Este tipo de diagramas, requieren mucho menor tiempo para su trazado, además, permiten fácilmente entender la operación del circuito debido a que muestra la lógica de operación de control en su forma más simple.

Dentro del diagrama lineal se encuentran los circuitos de control y de carga, este último conocido también como de fuerza. El circuito de control indica las operaciones secuénciales que se realizan para controlar el sistema; sus principales características son:

1. Emplea dos líneas paralelas verticales, que representan los puntos de diferencia de potencial. estas líneas verticales se unen con líneas horizontales en las cuales se dibuja la simbología correspondiente a los dispositivos empleados. Las líneas horizontales se numeran de arriba a abajo, escribiéndose a un lado de la línea vertical izquierda el número que les corresponde.
2. Los elementos pertenecientes a un mismo dispositivo, tienen la misma abreviatura característica de que va precedida el aparato que los acciona; además para la mayor identificación, a un lado de la línea vertical derecha y a la misma altura de la línea horizontal en que se encuentran localizados los aparatos "accionadores", se indica el número de la línea en que tienen elementos.
3. Se acostumbra representar los circuitos sin funcionar, de tal manera que se visualicen las señales necesarias para la operación de los dispositivos. por ejemplo, todos los contactos se dibujan en su posición normal.

Complementariamente al circuito de control en el diagrama lineal, debe esquematizarse el circuito de carga; donde se muestran los alimentadores, incluyendo también, los elementos de protección **ver figura 85.**

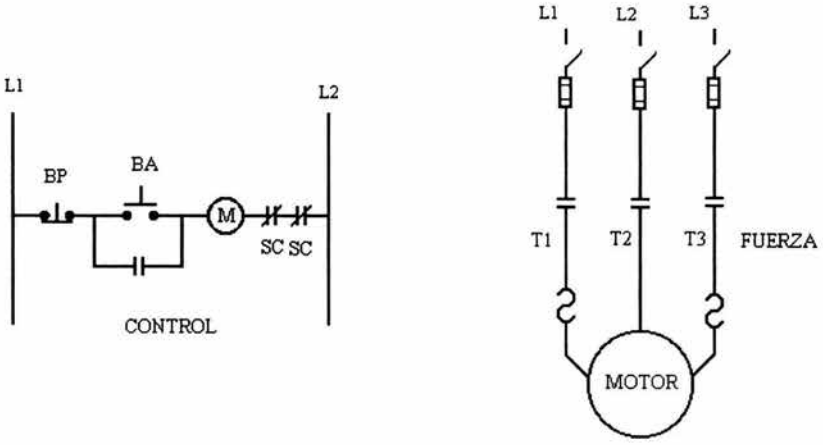


Figura 85. Diagrama lineal, o de escalera de un arrancador para un motor trifásico, jaula de ardilla, controlado desde una estación de botones.

CAPÍTULO 6

NORMATIVIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE MOTORES

6.NORMATIVIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE MOTORES

(NORMA OFICIAL MEXICANA, NORMAS TÉCNICAS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS)

El incremento en el uso de la electricidad para fines de alumbrado y potencia, está asociado con un continuo y estable incremento en número, tipo de máquinas e industrias accionadas por motores eléctricos; por lo que, es necesario disponer de una normatividad que establezca determinadas condiciones, en cuanto a construcción, operación, diseño, seguridad e instalación de todas y cada una de las partes que componen una instalación eléctrica.

El elemento que determina la ya mencionada normatividad de las instalaciones para el uso de la energía eléctrica, es dictaminado en términos de lo dispuesto por el artículo tercero transitorio del Reglamento de Instalaciones Eléctricas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1981, en el cual se establece que: los requisitos establecidos en las denotadas "Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas", se aplicarán a las instalaciones nuevas, a la ampliación o modificación de las existentes, y a aquellas existentes, que por sus características, impliquen algún riesgo para las personas o bienes.

En este capítulo se mencionarán solo los puntos de mayor relevancia, relacionados al tema de "CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS". Como primer instancia, se presentarán los puntos generales y posteriormente, los puntos específicos relacionados a motores.

6.1. GENERALIDADES.

6.1.1. DEFINICIONES.

Abierto (aplicado a equipo eléctrico). Se dice una máquina, aparato o dispositivo, construido sin protección especial de sus partes sometidas a potencial o movimiento.

Accesible (aplicado a equipo eléctrico). Que permite la aproximación de personas, por no estar guardado por puertas cerradas, o no esta elevado o resguardado por otros medios.

Acometida. Los conductores que ligan la red de distribución, del sistema de suministro, con el punto en que se conecta el servicio a la instalación de un usuario.

Automático. Que actúa por si mismo, cuando es afectado por una acción no personal, ya sea por una variación de intensidad de corriente, presión, temperatura, etc.

Cable. Conductor formado por varios filamentos torcidos, con lo cual se obtiene un conductor más flexible que el alambre de sección equivalente.

Cable aislado. Conductor o grupo de conductores, provisto cada uno de aislamiento y envuelto el conjunto por una capa aislante y por una cubierta exterior protectora.

Canalización. Medio o medios que se usan para alojar a los conductores y que son diseñados, construidos y utilizados únicamente para tal fin.

Carga eléctrica. Potencia que demanda, en un momento dado un aparato o máquina, conectados a un circuito eléctrico.

Carga conectada. La suma de las potencias nominales de las máquinas y aparatos que consumen energía eléctrica, en un sistema.

Carga continua. Carga cuya corriente máxima se espera que se conserve durante 3 horas o más.

Cerrado (aplicado a equipo eléctrico). Aparato o máquina construido con protección especial de sus partes sometidas a potencial o movimiento.

Circuito alimentador. Conjunto de los conductores y demás elementos de un circuito de una instalación de utilización, que se encuentra entre el medio principal de desconexión de la instalación y los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados.

Circuito derivado. Conjunto de los conductores y demás elementos que se extienden desde los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito alimentador, hasta la salida de las cargas.

Conductor activo. Conductor en un circuito que normalmente tiene una diferencia de potencial con respecto a tierra.

Controlador. Dispositivo o grupo de dispositivos, que sirven para gobernar en forma alguna predeterminada, la potencia eléctrica suministrada a los equipos a los cuales se encuentran conectados.

Desconectador. Dispositivo destinado a abrir o cerrar en serie un circuito, solamente después de que se ha desconectado la carga por algún otro medio, pero que puede tener potencial aplicado en el momento de su desconexión.

Equipo eléctrico. Término general que comprende, aparatos, máquinas, dispositivos, etc., que se usan en instalaciones eléctricas.

Hermético (aplicado a equipo eléctrico). Construido de tal modo que un agente externo no pueda penetrar la caja que protege al equipo.

Instalación eléctrica. Cualquier combinación de equipo eléctrico, que se encuentra interconectado, dentro de un espacio o localización determinados.

Interruptor. Dispositivo que puede abrir un circuito eléctrico, cuando circula corriente con un valor hasta el de la capacidad del mismo dispositivo, sin sufrir daño alguno.

Sobrecarga. Condición de operación de un equipo en la que demanda una potencia en exceso de la nominal, o de un conductor por el cual circula una corriente en exceso de su valor permisible.

Sobrecorriente. Cualquier valor de corriente que exceda a la corriente nominal de un equipo o a la corriente permisible en un conductor.

Tablero. Gabinete metálico que incluye principalmente barras, interruptores y otros dispositivos de protección contra sobrecorriente, empleado para la distribución de circuitos con cargas relativamente pequeñas de alumbrado, fuerza, etc. y diseñado para sobreponerse o embutirse en paredes o estructuras y con acceso únicamente por el frente.

Tensión nominal. Valor que se asigna a un circuito o a un sistema para designar convenientemente su clase de tensión. La tensión real a la que opera un circuito puede variar de la nominal, dentro de ciertos límites que corresponden a la operación satisfactoria del equipo.

Categorías de tensión.

a) **Muy baja tensión.-** Hasta 50 volts en corriente alterna, ya sea entre conductores o con respecto a tierra.
b) **Baja tensión.-** Más de 50 volts, hasta 1000 volts entre conductores o hasta 600 volts con respecto a tierra.
c) **Alta tensión.-** Valores superiores a los anteriores.

6.1.2. CIRCUITOS DERIVADOS.

6.1.2.1. CLASIFICACIÓN.

Los circuitos derivados que alimentan varias cargas, pueden ser de 15, 20, 30,40 y 50 amperes. Las cargas mayores a 50 amperes deben alimentarse con circuitos derivados individuales.

6.1.2.2. CAÍDA DE TENSIÓN.

En un circuito derivado que alimente cualquier tipo de carga, la caída de tensión hasta la salida más lejana del circuito, no debe exceder al 3%. Por otra parte la caída de tensión total en el circuito alimentador y el circuito derivado no debe exceder del 5%.

6.1.3. CIRCUITOS ALIMENTADORES.

6.1.3.1. CALIBRE DE LOS CONDUCTORES.

Los conductores de los circuitos alimentadores deben tener una capacidad de corriente no menor que la correspondiente a la carga por servir.

6.1.3.2. CAÍDA DE TENSIÓN.

La caída de tensión desde la entrada de servicio hasta los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados, no debe exceder del 3%. Además, se debe considerar que la caída de tensión total en el circuito alimentador y el circuito derivado no debe exceder del 5%.

6.1.4 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.

6.1.4.1. PROTECCIÓN DE CONDUCTORES CONTRA SOBRECORRIENTE.

La capacidad o ajuste de los dispositivos que protejan conductores contra sobrecorriente, debe estar de acuerdo con el valor de la corriente permisible en los mismos conductores.

Si la corriente permisible no corresponde a un fusible u otro dispositivo no ajustable, de capacidad normal, puede usarse el fusible o dispositivo de capacidad inmediata superior, siempre que esta no exceda del 125% de dicha corriente permisible.

6.1.4.2. UBICACIÓN EN LOS CIRCUITOS.

Los dispositivos de sobrecorriente deben colocarse en el punto de alimentación de los conductores que protejan, o lo más cerca que se pueda de dicho punto.

6.2. MOTORES.

6.2.1. GENERALIDADES.

6.2.1.1. APLICACIÓN.

Esta sección contiene requisitos para la instalación de motores y de sus dispositivos de desconexión, protección y control, así como para los circuitos que alimentan los mismo motores.
(Véase la figura 86.)

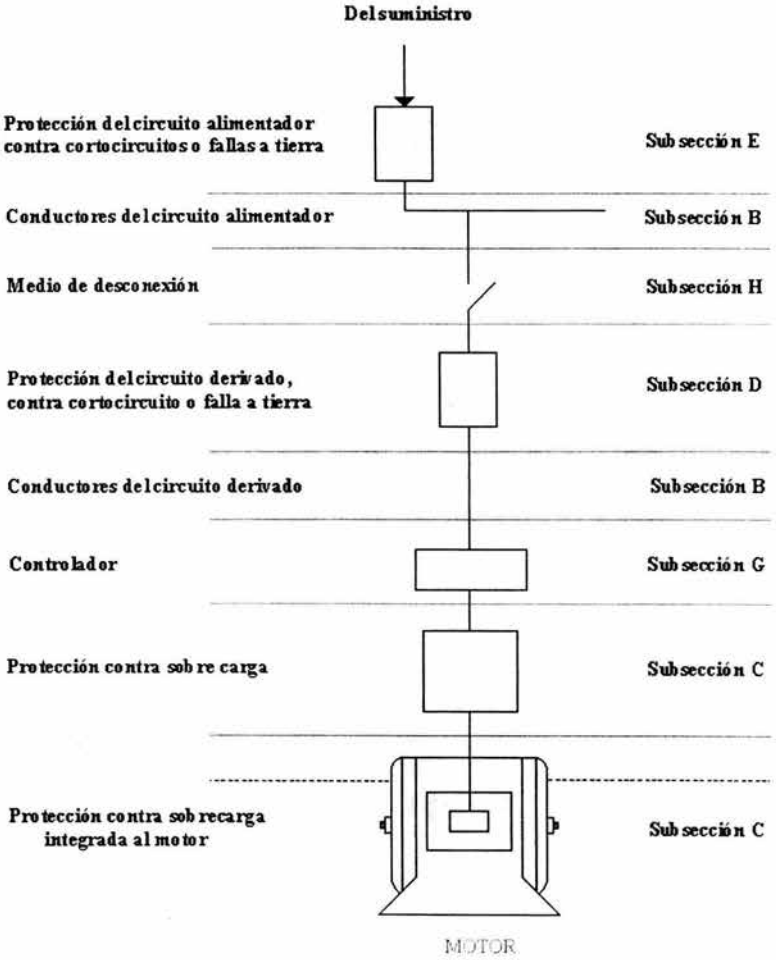


Figura 86. Diagrama que muestra la forma en que se divide la sección de motores eléctricos, Normas Técnicas de Instalaciones eléctricas.

6.2.1.2. DEFINICIONES.

Para la aplicación de los requisitos de esta sección, los siguientes términos se entienden como siguen:

A la vista. Cuando se especifica que un motor está "a la vista" de otro, significa que ese equipo está ubicado a una distancia no mayor de 15 metros y visible desde el otro.

Servicio continuo. Tipo de servicio que se caracteriza por requerir el funcionamiento del motor con una carga substancialmente constante por un tiempo largo indefinido.

Servicio de corto tiempo. Tiempo de servicio que exige el funcionamiento de una carga substancialmente constante por un tiempo corto definido.

Servicio intermitente. Tiempo de servicio que exige el funcionamiento por periodos alternados: 1) con carga y sin carga; 2) con carga y desconectado; o 3) con carga, sin carga y desconectado.

Servicio periódico. Operación intermitente en la cual las condiciones de carga son regularmente recurrentes.

Servicio variable. Tipo de servicio que se caracteriza porque tanto la carga como los intervalos de su duración pueden estar sujetos a variaciones considerables.

6.2.1.3. IDENTIFICACIÓN DE MOTORES.

a) **Motores de uso normal.** Los motores deben estar provistos de placa de datos con la información siguiente, como mínimo:

a.1) Marca o nombre del fabricante.
a.2) Tensión nominal en volts y corriente a plena carga en amperes.
a.3) Frecuencia y numero de fases, en motores de corriente alterna, así como tipo de conexión.
a.4) Velocidad a plena carga.
a.5) Elevación nominal de temperatura (en °C) o clase de aislamiento y temperatura ambiente de referencia.
a.6) Régimen de trabajo (referido al tiempo de duración durante el cual el motor puede funcionar a plena carga sin alcanzar su límite de temperatura). Este régimen puede ser de 5, 15, 30, 60 minutos o "continuo".
a.7) Potencia nominal (en C.P. o en KW) para motores de 1/8 de C.P. y mayores.

Excepción. En motores de soldadoras de arco, la capacidad nominal debe indicarse en amperes y puede omitirse su valor en caballos de potencia.

a.8) Tensión y corriente a plena carga, secundarias, si se trata de un motor de inducción con rotor devanado.
a.9) Tensión y corriente del campo en el caso de motores síncronos.
a.10) Tipo del devanado (paralelo, compuesto o serie) en motores de corriente directa.

b) **Uso de letras clave.** Se recomienda que los motores de c.a. de ½ C.P. en adelante, usen letras clave que indiquen la potencia que toman los motores con el rotor bloqueado. En tal caso deben marcarse en la placa de datos y estar de acuerdo con la tabla 6.3.

6.2.1.4. IDENTIFICACIÓN DE CONTROLADORES.

Los controladores deben tener indicados la marca o el nombre del fabricante, la tensión y la corriente o la capacidad en caballos de potencia, así como otros datos que sean necesarios para indicar para qué motores son adecuados.

Una combinación de controlador-interruptor que incluya un interruptor automático del tipo de disparo instantáneo debe tener indicación clara de los ajustes, en amperes, que tenga el elemento ajustable de disparo.

LETRAS DE CLAVE PARA INDICAR LOS KVA POR C.P. DE LOS MOTORES CON ROTOR BLOQUEADO.

LETRA DE CLAVE.	KVA POR C.P. CON ROTOR BLOQUEADO.
A	0 - 3.14
B	3.15 - 3.54
C	3.55 - 3.99
D	4.0 - 4.49
E	4.5 - 4.99
F	5.0 - 5.59
G	5.6 - 6.29
H	6.3 - 7.09
J	7.1 - 7.99
K	8.0 - 8.99
L	9.0 - 9.99
M	10.0 - 11.19
N	11.2 - 12.49
P	12.5 - 13.99
R	14.0 - 15.99
S	16.0 - 17.99
T	18.0 - 19.99
U	20.0 - 22.39
V	22.4 - y más

Tabla 6.3.

Nota 1. Los motores de velocidades múltiples deben marcarse con la letra de clave que indique los KVA por caballo de potencia con rotor bloqueado para la velocidad más alta, excepto los motores de potencia constante, los cuales deben marcarse con la letra de clave dé el mayor número de KVA por caballo de potencia con rotor bloqueado.

Nota 2. Los motores de una sola velocidad que arranquen en estrella y trabajen en marcha normal en delta, deben identificarse con la letra de clave correspondiente a los KVA por C.P. con rotor bloqueado en la conexión estrella.

Nota 3. Los motores de dos tensiones que tengan distintos KVA por C.P. con rotor bloqueado en las dos tensiones, deben identificarse con la letra de clave para tensión que dé el mayor número de KVA por C.P. con rotor bloqueado.

6.2.1.5. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES.

Las terminales de los motores y controladores deben identificarse, en alguna forma adecuada, cuando esto sea necesario para indicar las conexiones correctas.

6.2.1.6. ESPACIO PARA CUBIERTAS.

Las cubiertas de los controladores y dispositivos de desconexión de motores no deben utilizarse como cajas de conexiones, como ductos auxiliares para conexiones o como canalizaciones para conductores que alimenten a otros aparatos, a menos que dichas cubiertas estén diseñadas de manera que provean espacio adecuado para este propósito.

6.2.1.7. PROTECCIÓN CONTRA LÍQUIDOS.

Cuando se instalen motores debajo de equipo u otros lugares donde pueda caer o salpicar aceite, agua u otro líquido perjudicial, deben colocarse cubiertas o resguardos adecuados para proteger las partes vivas expuestas de los motores y aislamientos de sus conexiones, a menos que dichos motores estén diseñados para las condiciones existentes.

6.2.1.8. UBICACIÓN DE LOS MOTORES.

Los motores deben colocarse de manera que tengan una ventilación adecuada y que el mantenimiento tal como la lubricación de chumaceras y el cambio de escobillas, pueda hacerse fácilmente.

Los motores abiertos que tengan conmutador o anillos colectores, deben estar ubicados o protegidos de manera que las chispas no puedan alcanzar a los materiales combustibles adyacentes. Esto no prohíbe la instalación de dichos motores sobre pisos de madera que ofrezcan suficiente seguridad contra el riesgo de incendio por el chispeo.

6.2.1.9. SOBRECALENTAMIENTO POR ACUMULACIÓN DE POLVO.

En lugares donde el polvo pueda acumularse sobre el motor o dentro del mismo, en cantidades que perturben seriamente su ventilación o enfriamiento y puedan originar temperaturas peligrosas, deben emplearse motores cerrados del tipo adecuado para que no haya sobrecalentamiento en las condiciones existentes.

En condiciones especialmente severas, puede requerirse el uso de motores cerrados y ventilados mediante tuberías, ó ubicar los motores en locales separados que sean herméticos al polvo y estén debidamente ventilados por una fuente de aire puro.

6.2.2. CONDUCTORES PARA CIRCUITOS DE MOTORES.

6.2.2.1. GENERAL.

Los requisitos se aplican a los conductores que alimenten motores, a fin de que sean capaces de conducir la corriente requerida, sin sobrecalentamiento, bajo condiciones que se indican.

Debe cumplirse, además, los requisitos que fijan respecto a la caída de tensión en los circuitos derivados y alimentadores respectivamente.

CAÍDA DE TENSIÓN.

En un circuito derivado que alimente cualquier tipo de carga (alumbrado, fuerza o calefacción), la caída de tensión hasta la salida más lejana del circuito no debe exceder del 3 por

ciento. Por otra parte, la caída de tensión total en el conjunto del circuito alimentador y el circuito derivado no debe exceder del 5 por ciento.

El calibre de los conductores de un circuito alimentador que abastezca a circuitos derivados de alumbrado, fuerza o calefacción, debe ser tal que la caída de tensión desde la entrada del servicio hasta los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados, no exceda del 3 por ciento. Hay que considerar, además, que la caída de tensión total en alimentadores y circuitos derivados no debe exceder del 5 por ciento.

6.2.2.2. CONDUCTORES QUE ALIMENTEN UN SOLO MOTOR.

Los conductores de un circuito derivado que alimenten un solo motor deben tener una capacidad de corriente no menor que el 125 por ciento de la corriente a plena carga del motor.

En caso de un motor de velocidades múltiples, la selección de los conductores ubicados en el lado de alimentación del controlador debe hacerse en base a la mayor de las corrientes a plena carga indicadas en la placa de datos del motor; la selección de los conductores que se encuentran entre el controlador y el motor debe hacerse en base a la corriente nominal que corresponda a la velocidad que se trate en cada caso.

Excepción: los conductores para un motor que presten un servicio del tipo de corto tiempo, intermitente, periódico o variable, deben calcularse en base a los porcentajes mínimos de corriente a plena carga establecidos en la tabla 6.4.

FACTORES PARA SELECCIONAR LOS CONDUCTORES PARA MOTORES QUE NO SEAN DE SERVICIO CONTINUO.

Tipo de servicio que requiere la carga.	Por ciento de la corriente nominal indicada en la placa de datos. Régimen de trabajo para el cual fue diseñado el motor.			
	5 Minutos	15 Minutos	30 y 60 Minutos	Continuo.
De corto tiempo: Accionamiento de válvulas, elevación o descenso de rodillos, etc.	110	120	150	-----
Intermitente: Ascensores y montacargas, máquinas-herramientas, bombas, puentes levadizos o giratorios, plataformas giratorias, etc.	85	85	90	140
Periódico: Rodillos, máquinas para manipulación de minerales, etc.	85	90	95	140
Variable:	110	120	150	200

Tabla 6.4.

6.2.2.3. SECUNDARIO DE MOTOR CON ROTOR DEVANADO.

a) En un motor de corriente alterna con rotor devanado que sea de servicio continuo, los conductores que conecten al secundario del motor con su controlador deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que el 125 por ciento de la corriente a plena carga de secundario del motor.

b) Para un motor que no sea de servicio continuo, dichos conductores deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la indicada en la tabla 6.4., en base a la corriente a plena carga del secundario del motor.

6.2.2.4. CONDUCTORES QUE ALIMENTAN A VARIOS MOTORES.

Como mínimo, los conductores que alimentan a dos o más motores deben tener una capacidad igual a la suma del valor nominal de la corriente a plena carga de todos los motores, más del 125 por ciento de la corriente del motor más grande del grupo.

6.2.2.5. CONDUCTORES QUE ALIMENTEN CARGAS COMBINADAS.

Los conductores que alimenten motores en combinación con cargas de alumbrado y aparatos deben tener una capacidad de corriente suficiente para la carga de los motores más la carga del alumbrado y aparatos.

6.2.2.6. DERIVACIONES DESDE UN ALIMENTADOR.

Las derivaciones que se hagan desde un alimentador para abastecer motores deben tener una capacidad de corriente no menor que la requerida por la carga por alimentar, terminar en un solo dispositivo de sobrecorriente y además cumplir alguno de los requisitos siguientes:

a) No ser mayor de 3 metros de longitud.
b) Tener una capacidad de corriente de por lo menos un tercio de la capacidad de corriente del alimentador cuando sea mayor de 3 metros, pero no mayor de 10 metros de longitud.
c) Tener la misma capacidad de corriente que el alimentador cuando sea mayor de 100 metros de longitud.

6.2.2.7. CONDUCTORES PARA CAPACITORES COMBINADOS CON MOTORES.

La capacidad de corriente de los conductores que conecten un capacitor a las terminales de un motor o los conductores del circuito derivado del motor, no debe ser menor que la tercera parte de la que tienen los conductores del mismo circuito derivado del motor y, en ningún caso, menor del 135 por ciento de la corriente nominal del capacitor.

6.2.3. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA EN EL MOTOR.

6.2.3.1. GENERAL.

Los requisitos se refieren a los dispositivos de sobrecorriente destinados a proteger a los motores, a los aparatos de control de los motores y a los conductores de los circuitos derivados que los abastezcan, contra el calentamiento excesivo debido a sobrecargas en los mismos motores o fallas de arranque.

Una sobrecarga en un aparato eléctrico es una sobrecorriente de operación que, cuando dura un tiempo suficientemente prolongado, puede dañar o sobrecalentar peligrosamente el aparato. Esto no incluye cortocircuitos ni fallas a tierra. Puede omitirse la protección contra sobrecarga en aquellos casos en que la instalación de la misma implique peligros mayores que el riesgo de daño al propio aparato, como es el caso de bombas contra incendios.

6.2.3.2. MOTORES DE SERVICIO CONTINUO.

a) De mas de un caballo de potencia. Cada motor de servicio continuo con capacidad mayor de un caballo de potencia debe protegerse contra sobrecarga por alguno de los medios siguientes:

a.1) **Un dispositivo de sobrecorriente separado** que actúe por efecto de la corriente del motor. La capacidad o el ajuste de este dispositivo **no debe ser mayor del 125 por ciento** de la corriente a plena carga del motor.

En caso de que el dispositivo de sobrecorriente, seleccionado de acuerdo con el criterio anterior, **resulte insuficiente** para el arranque del motor o no corresponda a un tamaño normalizado, puede utilizarse el tamaño inmediato superior, siempre que **no sea mayor del 140 por ciento** de la corriente a plena carga del motor.

En el caso de un motor de varias velocidades cada conexión del devanado debe considerarse separadamente.

a.2) Un protector térmico integrado al motor aprobado para usarse con este, que lo proteja contra sobrecalentamientos peligrosos ocasionados por sobrecargas.

b) De un caballo de potencia o menos, arrancado manualmente. Cada motor de servicio continuo de un caballo de potencia o menos, que se arranque manualmente y esté a la vista desde el punto donde se efectúa su arranque, puede considerarse protegido contra sobrecarga por el dispositivo de protección contra cortocircuitos o fallas a tierras del circuito derivado. La capacidad o ajuste de dicho dispositivo de protección del circuito derivado no debe ser mayor que el especificada en los artículos 5.2.4.2. y 5.2.4.3.

Un motor que no este a la vista desde el punto donde se efectúa su arranque debe protegerse en la forma indicada en el inciso a) de este mismo articulo. En caso de que la impedancia de los devanados sea suficiente para prevenir un sobrecalentamiento debido a fallas en el arranque, el motor puede considerarse protegido como se indica en el párrafo anterior.

c) De un caballo de potencia o menos, arrancado automáticamente. Cada motor de servicio continuo de un caballo de potencia o menos, que se arranque automáticamente, debe protegerse contra sobrecarga en la misma forma que los motores de más de un caballo de potencia a que se refiere el inciso a) de este mismo artículo.

En caso de que la impedancia de los devanados del motor sea suficiente para prevenir un sobrecalentamiento debido a fallas en el arranque, el motor puede considerarse protegido por el dispositivo de protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado como se indica en el inciso b) de este mismo artículo para un motor arrancado manualmente.

d) Secundarios de motores con rotor devanado. Los circuitos secundarios de motores de corriente alterna con rotor devanado, incluyendo conductores, controladores, resistencias, etc. pueden considerarse protegidos por el dispositivo de sobrecarga del circuito primario del motor.

6.2.3.3. MOTORES DE SERVICIO NO CONTINUO.

Un motor que preste un tipo de servicio de corto tiempo, intermitente, periódico variable, puede considerarse protegido contra sobrecarga por el dispositivo de protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado, siempre que este dispositivo tenga una capacidad o ajuste no mayor del especificado en el articulo 5.2.4.2.

Cualquier aplicación de un motor se considera como de servicio continuo, a menos, de que la naturaleza de la máquina o aparato accionado sea tal que el motor no opere continuamente con carga bajo cualquier condición de uso.

6.2.3.4. PUESTA EN DERIVACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE SOBRE CARGA DURANTE EL ARRANQUE.

En el caso de un motor arrancado manualmente (incluyendo el arranque mediante un arrancador magnético con botón pulsador), la protección contra sobrecarga del motor puede ponerse en derivación o excluirse del circuito durante el periodo de arranque, siempre que el dispositivo que lo ponga en derivación o la excluya no pueda dejarse en posición de arranque y, además, que los fusibles o el interruptor automático de acción retardada del circuito derivado del motor tenga una capacidad o ajuste que no exceda del 400 por ciento de la corriente a plena carga del motor.

La protección contra sobrecarga de un motor no debe ponerse en derivación o excluirse durante el periodo de arranque si el motor es arrancado automáticamente.

6.2.3.5. FUSIBLES. CONDUCTORES EN LOS QUE SE INTERCALAN.

Cuando se usen fusibles para la protección contra sobrecarga de un motor, debe intercalarse un fusible en cada conductor activo.

6.2.3.6. DISPOSITIVOS QUE NO SEAN FUSIBLES. CONDUCTORES EN LOS QUE SE INTERCALAN.

Cuando se usen dispositivos que no sean fusibles para la protección contra sobrecarga de un motor, tales como bobinas de disparo, relevadores o dispositivos de tipo térmico, el número mínimo de unidades y su colocación deben estar de acuerdo con la tabla 6.5.

UNIDADES DE PROTECCIÓN DE MOTORES CONTRA SOBRECARGA.

CLASE DE MOTOR.	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.	NÚMERO Y UBICACION DE UNIDADES DE SOBRECARGA QUE NO SEAN FUSIBLES
c.a. monofásico o de C.D.	2 hilos no puestos a tierra, c.a. monofásica o C. D.	Una en cualquiera de los conductores.
c.a. monofásico o de C.D.	2 hilos, c.a. monofásica o C. D. Uno de los hilos puesto a tierra.	Una en el conductor no puesto a tierra.
c.a. monofásico o de C.D.	3 hilos c.a. monofásica o C.D., neutro a tierra.	Una en cada conductor no puesto a tierra.
c.a. trifásico.	Cualquier trifásico.	Dos en conductores cuales quiera, excepto el neutro.

Tabla 6.5.

* **Nota.** Dos el número mínimo de unidades necesario para la protección contra sobrecarga de un motor trifásico.

6.2.3.7. NÚMERO DE CONDUCTORES DESCONECTADOS POR LOS DISPOSITIVOS DE SOBRECARGA.

Los dispositivos de sobrecarga de un motor, que no sean fusibles o protectores térmicos, deben desconectar simultáneamente un número suficiente de conductores activos para interrumpir el flujo de corriente al motor.

Los relevadores de sobrecarga y otros dispositivos de tipo térmico, para la protección de motores contra sobrecarga que no son capaces de abrir corrientes de cortocircuito, deben protegerse por medio de

fusibles o interruptores automáticos cuya capacidad o ajuste esté de acuerdo con él articulo III.2.4.2., o bien con la capacidad que corresponda si dichos dispositivos de sobrecarga están aprobados para operación en grupo y tienen indicada la capacidad máxima del fusible o interruptor automático del tipo de tiempo inverso que debe protegerlos.

6.2.3.9. MOTORES CONECTADOS A CIRCUITOS DERIVADOS DE USO GENERAL.

Para la protección contra sobrecarga de motores conectados a circuitos derivados de uso general (o sea que alimentan también lámpara y contactos), debe de aplicarse lo siguiente:

a) De un caballo de potencia o menos. Pueden conectarse a circuitos derivados de uso general uno o más motores sin protección individual contra sobrecarga, si se cumple con las especificaciones indicadas en el punto 6.2.4.2. , inciso a).

b) De más de un caballo de potencia., pueden conectarse a circuitos derivados de uso general sólo cuando estén provistos de la protección individual contra sobrecarga.

c) Conexión a través de clavija y contacto. Cuando se requiere la protección contra sobrecarga individual, de acuerdo con el inciso b) anterior, para motor o aparato accionado por motor que se alimente a través de clavija y contacto, dicha protección debe ser parte integral del motor o aparato.

d) Acción retardada. El dispositivo de sobrecorriente que proteja un circuito derivado, al cual se conecte un motor o aparato accionado por motor, debe ser de acción lo suficientemente retardada para permitir que el motor arranque y acelere con carga.

6.2.4. PROTECCIÓN DE CIRCUITOS DERIVADOS PARA MOTORES, CONTRA CORTOCIRCUITOS O FALLAS A TIERRA.

6.2.4.1. GENERAL.

Los requisitos se aplican a los dispositivos de sobrecorriente destinados a proteger a los conductores de circuitos derivados para motores, a los aparatos de control de los motores y a los propios motores contra sobrecorrientes debidas a cortocircuitos o a tierra. Estos requisitos complementan a los de la sección descrita con anterioridad.

6.2.4.2. CAPACIDAD O AJUSTE DEL DISPOSITIVO PARA UN SOLO MOTOR.

El dispositivo de protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado de un solo motor, debe ser capaz de soportar la corriente de arranque, pero su capacidad o ajuste no debe exceder de los valores determinados por la tabla 6.6:

PORCIENTO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA A PLENA CARGA				
TIPO DE MOTOR	FUSIBLE SIN RETARDO DE TIEMPO **	FUSIBLE DE DOS ELEMENTOS CON RETARDO DE TIEMPO**	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE DISPARO INSTANTÁNEO	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE TIEMPO INVERSO*
MOTORES MONOFÁSICOS	300	175	800	250
MOTORES DE C.A QUE NO SEAN ROTOR DEVANADO. JAULA DE ARDILLA. QUE NO SEAN DE DISEÑO E.	300	175	800	250

DISEÑO E	300	175	1100	250
MOTORES SÍNCRONOS***	300	175	800	250
ROTOR DEVANADO	150	150	800	250
CC (TENSIÓN ELÉCTRICA CONSTANTE)	150	150	250	150

* Los valores dados en la última columna comprenden también, las capacidades de los tipos no ajustables de tiempo inverso, los cuales pueden modificarse.

** Los valores en la columna para fusible sin retardo de tiempo aplican a fusibles clase CC con retardo de tiempo.

*** Los motores síncronos de bajo par de arranque y baja velocidad (comúnmente 450 R.P.M. o menos), como son los empleados para accionar compresores reciprocicantes, bombas, etc., que arrancan en vacío no requieren una capacidad de fusible o ajuste mayor al 200% de la corriente eléctrica a plena carga.

Tabla 6.6

6.2.4.3. VARIOS MOTORES Y OTRAS CARGAS EN UN CIRCUITO DERIVADO.

Dos o más motores y otras cargas pueden conectarse en el mismo circuito derivado y quedar protegidos contra cortocircuitos o fallas a tierra por el mismo dispositivo de sobrecorriente.

6.2.4.4. PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITO Y CONTRA SOBRECARGA EN UN SOLO DISPOSITIVO.

La protección contra cortocircuito a fallas a tierra del circuito derivado de un motor y la protección contra sobrecarga del mismo motor pueden combinarse en un solo dispositivo de sobrecorriente, y siempre que la capacidad y ajuste de este dispositivo proporcione la protección contra sobrecarga especificada en el articulo 6.2.4.2.

6.2.4.5. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITO. CONDUCTORES EN LOS QUE SE INTERCALAN.

Debe conectarse en serie un dispositivo de protección contra cortocircuito o fallas a tierra en cada conductor activo.

Conductores activos.

a) En cada conductor activo debe conectarse en serie un dispositivo de protección contra sobrecorriente (fusible o unidad de dispara de sobrecorriente de un interruptor automático).

b) Los interruptores automáticos deben conectarse a todos los conductores activos del circuito.

6.2.4.6. TAMAÑO DE PORTAFUSIBLES Y CAPACIDAD DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.

a) Cuando se usen fusibles para la protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado de un motor, el portafusibles para cada uno de ellos no debe ser de menor tamaño que el requerido para acomodar el fusible que se trate.

b) Un interruptor automático usado para la protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado de un motor, debe tener una capacidad de corriente que esté de acuerdo con los artículos 5.2.4.2. y 5.2.8.3.

6.2.5. PROTECCIÓN DE CIRCUITOS ALIMENTADORES QUE ABASTECEN MOTORES, CONTRA CORTOCIRCUITOS O FALLAS A TIERRA.

6.2.5.1. GENERAL.

Los requisitos aplican a los dispositivos de sobrecorriente destinados a proteger a los conductores de circuitos alimentadores que abastecen motores, contra sobrecorrientes debidas a cortocircuito o a tierras.

6.2.5.2. CAPACIDAD O AJUSTE PARA CARGAS DE MOTORES.

a) El dispositivo de sobrecorriente de un circuito alimentador que abastezca a varios circuitos derivados, debe tener una capacidad o ajuste que no exceda de la capacidad o ajuste del dispositivo de protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado correspondiente al motor de mayor potencia, más la suma de las corrientes a plena carga de los motores de los demás circuitos derivados.

b) Cuando se instalen alimentadores que abastecen motores, previniendo futuras adiciones de carga o cambios, su protección contra sobrecorriente puede estar basada en la capacidad de corriente de los conductores de dichos a alimentadores. Esto es, el valor de la capacidad de corriente de conductores de cobre aislados más usados.

	Conductor de :
Circuitos de 20 amperes	Calibre No. 18 AWG o mayor.
Circuitos de 30 amperes	Calibre No. 14 AWG o mayor.
Circuitos de 40 o 50 amperes	Calibre No. 12 AWG o mayor.

6.2.5.3. CAPACIDAD O AJUSTE PARA CARGAS DE MOTORES, ALUMBRADOS Y APARATOS.

Si un alimentador abastece cargas de motores y además cargas de alumbrado y/o aparatos, el dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador debe tener una capacidad o ajuste que sea suficiente para suministrar la carga de alumbrado y/o aparatos, más la capacidad que corresponda a los motores, según se trate de un solo motor o de varios motores.

6.2.6. CIRCUITOS DE MOTORES.

6.2.6.1. GENERAL.

Los requisitos se aplican a las condiciones particulares de los circuitos de control de motores y modifican a las disposiciones generales para la instalación de los mismos motores. Se entiende por circuito de control de un aparato o sistema, aquel que transmite las señales eléctricas que gobiernan el funcionamiento del controlador, pero que no conduce la corriente del circuito principal.

6.2.6.2. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.

a) General. Los conductores de circuitos de control de motores deben protegerse contra sobrecorriente de acuerdo con su capacidad de corriente permisible.

b) Circuito de control con transformador. Cuando el circuito de control de motores sea a través de un transformador, se debe proveer un dispositivo de protección contra sobrecorriente en el circuito secundario. Este dispositivo debe tener una capacidad o ajuste que no exceda del 200 por ciento de la corriente nominal secundaria del transformador y tampoco exceda el 200 por ciento de la corriente permisible en los conductores del propio circuito del control.

6.2.6.3. PROTECCIÓN CONTRA DAÑO MECÁNICO.

Donde el daño mecánico a un circuito de control constituya un peligro, los conductores de dicho circuito que están fuera del dispositivo de control deben alojarse dentro de una canalización, o bien protegerse contra daño mecánico en otra forma adecuada.

Cuando un conductor del circuito de control esté puesto a tierra, el circuito debe de disponerse de manera que una tierra accidental en el dispositivo de control remoto no origine el arranque del motor.

6.2.6.4. MEDIOS DE DESCONEXIÓN.

Los circuitos de control deben disponerse en tal forma que se desconecten de toda fuente de abastecimiento cuando el medio de desconexión, esté en posición de abierto, excepto cuando se use un interruptor separado para el circuito de control. Cuando se utilizan dos dispositivos de desconexión separados, uno para el motor y su controlador y el otro para el circuito de control, deben instalarse cerca uno del otro.

Si se usa un transformador u otro dispositivo para obtener una tensión reducida para los circuitos de control, el transformador o dispositivo debe conectarse del lado de la carga de los medios de desconexión.

6.2.7. CONTROLADORES DE MOTORES.

6.2.7.1. GENERAL

a) Definición. Para efectos de esta sección, el término controlador incluye a cualquier interruptor o dispositivo que se use normalmente para arrancar y para un motor.

b) Motor fijo de 1/8 de C.P. o menos. Para un motor fijo de 1/8 de C.P. o menos, que normalmente se deje en marcha y esté construido de manera que no pueda ser dañado por sobrecargas o fallas en el arranque, tal como el motor de un reloj o similar, puede servir como controlador el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado.

c) Motor portátil de 1/3 de CP. o menos. Para un motor portátil de 1/3 de C.P. o menos, el controlador puede ser una clavija y el contacto.

6.2.7.2. DISEÑO.

Cada controlador debe ser capaz de arrancar y para al motor que controla y, en el caso de un motor de corriente alterna, debe poder interrumpir la corriente a rotor bloqueado.

6.2.7.3. CAPACIDAD.

Los controladores de motores construidos especialmente para tal fin (arrancadores), deben tener una capacidad, en KW o en C.P., no menor que la potencia nominal del motor que controlen.

Los interruptores de cuchillas de uso general pueden usarse como controladores de motores hasta de 2 C.P. y 300 volts como máximo y deben tener una capacidad en amperes de por lo menos el doble de la corriente a plena carga del motor.

Un interruptor automático del tipo de tiempo inverso, con capacidad adecuada para proteger al circuito derivado del motor, también es adecuado para usarse como controlador.

6.2.7.4. CONDUCTORES QUE DEBEN CONECTAR EL CONTROLADOR.

El controlador no necesita desconectar a todos los conductores conectados al motor, excepto en el caso de que sirva también como medio de desconexión.

6.2.7.5. DESCONEXIÓN DEL CONDUCTOR PUESTO A TIERRA.

Un polo del controlador puede desconectar a un conductor puesto a tierra siempre que el controlador esté diseñado de manera que el polo del conductor puesto a tierra no puede abrirse sin que se desconecten simultáneamente todos los conductores del circuito.

6.2.7.6. MOTOR QUE NO ESTÉ A LA VISTA DESDE EL CONTROLADOR.

Cuando un motor y la máquina que accione no estén a la vista desde el controlador, la instalación para efectos de mantenimiento debe cumplir con alguna de las condiciones siguientes:

a) El medio de desconexión del controlador debe ser capaz de asegurarse en la posición de abierto.

b) Un interruptor de operación manual que desconecte al motor de su fuente de alimentación debe instalarse de manera que esté a la vista desde el propio motor.

6.2.7.8. NÚMERO DE MOTORES SERVIDOS PARA CADA CONTROLADOR.

Cada motor debe estar provisto de un controlador individual.

6.2.7.9. MOTORES DE VELOCIDAD AJUSTABLE.

Los motores de velocidad ajustable, controlados mediante un regulador de campo, deben estar equipados y conectados de manera que no puedan arrancar con el campo debilitado, a menos que el motor esté diseñado para tal arranque.

6.2.7.10.LIMITACIÓN DE VELOCIDAD.

Las máquinas de los tipos siguientes deben estar provistas de dispositivos limitadores de velocidad, a menos que las características inherentes de las mismas del sistema o de la carga, sean tales que limiten con seguridad la velocidad, o que las máquinas estén siempre bajo el cuidado del personal idóneo :

a) Motores de C.D. excitados separadamente.
b) Motores de C.D. con excitación en serie.
c) Grupos motor-generador y convertidores que puedan ser impulsados a velocidad excesiva del lado de la corriente directa, como al ocurrir una inversión de corriente o una disminución de la carga.

6.2.7.11. COMBINACIÓN DE INTERRUPTOR Y FUSIBLES COMO CONTROLADOR.

La capacidad de una combinación de interruptor y fusibles que se use como controlador, debe ser tal que el portafusibles admita el tamaño de fusible adecuado para la protección contra sobrecarga del motor.

6.2.7.12. REDUCCIÓN DE LA CORRIENTE DE ARRANQUE.

a) Servicios suministrados en baja tensión. Un motor con capacidad mayor de 10 C.P. debe estar provisto de un controlador que reduzca su corriente de arranque, tal como un controlador a tensión reducida o un controlador conectado al secundario del motor cuando éste sea del tipo de rotor devanado.

b) Servicios suministrados en alta tensión. En sistemas suministrados a través de subestaciones propiedad de los usuario siendo éstas de capacidad suficiente y no habiendo objeción por parte del suministrador, puede prescindirse del uso de controladores a tensión reducida en motores de cualquier capacidad.

En caso de desacuerdo entre el usuario y el suministrador la instalación de los motores debe ser sujetarse a lo que sobre el particular resuelva la secretaría.

6.2.8. MEDIOS DE DESCONEXIÓN.

6.2.8.1. GENERAL.

Esta subsección se refiere a los medios de desconexión que permiten desconectar manualmente a los motores y controladores, del circuito alimentador.

6.2.8.2. TIPO.

El medio de desconexión debe ser un interruptor que sea capaz de abrir la máxima corriente de sobrecarga del motor.

Esta condición se llena con un interruptor automático o un interruptor del tipo aprobado para usarse con motores el cual es designado normalmente por la potencia del motor en que puede usarse.

6.2.8.3. CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE.

El medio de desconexión debe tener capacidad para conducir continuamente por lo menos 115 por ciento de la corriente a plena carga del motor.

6.2.8.4. CONDUCTOR PUESTO A TIERRA.

Un polo del medio de desconexión puede desconectar a un conductor puesto a tierra, siempre que el dispositivo usado esté diseñado de manera que el polo de dicho conductor no pueda abrirse sin que se desconecte simultáneamente todos los conductores del circuito.

6.2.8.5. INDICACIÓN DE POSICIÓN.

El medio de desconexión debe indicar claramente si está en la posición de abierto o cerrado.

6.2.8.6. DEBE DESCONECTAR TANTO AL MOTOR COMO AL CONTROLADOR.

El medio de desconexión debe desconectar tanto al motor como al controlador de todos los conductores activos de abastecimiento.

El medio de desconexión puede estar alojado en la misma cubierta que el controlador.

6.2.8.7. INTERRUPTOR COMO CONTROLADOR Y MEDIO DE DESCONEXIÓN.

Un interruptor que cumpla con lo indicado, puede servir como controlador y como medio de desconexión a la vez, siempre que desconecte a todos los conductores activos que alimentan al motor y esté protegido con un dispositivo de sobrecorriente (el cual puede ser el juego de fusibles del circuito derivado) que interrumpa a todos los conductores activos que van al propio interruptor, y siempre que sea alguno de los tipos siguientes:

a) Un interruptor en aire accionado manualmente.
b) Un interruptor automático de tiempo inverso accionado manualmente.
a) Un interruptor en aceite para no más de 600 volts y 100 amperes, o de mayor capacidad si está bajo vigilancia experta.

6.2.8.8. UBICACIÓN DEL MEDIO DE DESCONEXIÓN.

a) El medio de desconexión debe estar a la vista desde la ubicación del controlador o bien poderse asegurar en la posición de abierto.
b) El medio de desconexión debe colocarse donde sea fácilmente accesible.

6.2.8.9. MOTORES SERVIDOS POR UN SOLO MEDIO DE DESCONEXIÓN

Cada motor debe proveerse de un medio de desconexión individual.

Excepción: un solo medio de desconexión puede servir para un grupo de motores que accionen diferentes partes de una misma máquina o aparato.

6.2.9. REQUISITOS PARA TENSIONES MAYORES A 1000 VOLTS.

6.2.9.1. GENERAL.

Los requisitos complementan o modifican a los demás requisitos de esta sección, considerando el riesgo adicional que representa una tensión mayor.

6.2.9.2. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE.

a) General.
El circuito de alta tensión de cada motor debe incluir una protección coordenada para interrumpir automáticamente las sobrecorrientes producidas por sobrecargas del motor y por fallas en el mismo motor, en los conductores del circuito o en los aparatos de control.

b) Protección contra sobrecarga.
b.1) Cada motor debe protegerse contra calentamiento peligroso, debido a sobrecargas o fallas de arranque del motor, por medio de un protector térmico integrado al mismo motor o un dispositivo externo de sobrecorriente, o con ambos medios.
b.2) Los circuitos secundarios de motores de corriente alterna, con rotor devanado, incluyendo conductores, controladores y resistencias, pueden considerarse protegidos por los medios de protección contra sobrecarga del motor.
b.3) La operación del dispositivo que interrumpa por sobrecarga, debe desconectar simultáneamente todos los conductores activos.
b.4) El dispositivo detector de sobrecarga no debe restaurarse automáticamente después de operar, a menos que su restauración no cause automáticamente el rearranque del motor.

c) Protección contra corrientes de falla.
c.1) La protección contra corrientes de falla debe proveerse en el circuito de cada motor por alguno de los medios siguientes:

- Un interruptor automático del tipo y capacidad adecuados, arreglado de manera que se le pueda dar mantenimiento sin peligro. Este debe desconectar simultáneamente todos los conductores activos. Para detectar la corriente de falla, pueden utilizarse elementos integrados en el propio interruptor automático, ó elementos externos al mismo.
- Fusibles del tipo y capacidad adecuados, intercalados en cada conductor activo. Estos fusibles deben contar con un medio de desconexión o ser del tipo que puedan servir como el mismo medio de desconexión. Los fusibles deben estar arreglados de manera que no se les pueda dar mantenimiento estando energizados.

c.2) El dispositivo que se utilice para interrumpir la corriente de falla no debe restaurar el circuito automáticamente.

c.3) La protección contra sobrecarga y la protección contra fallas pueden proveerse con el mismo dispositivo.

6.2.9.3 CAPACIDAD DE CORRIENTE DEL CONTROLADOR Y DEL MEDIO DE DESCONEXIÓN.

El controlador y el medio de desconexión del circuito del motor deben tener capacidad para conducir continuamente, por lo menos, la corriente a la que están ajustados los dispositivos de protección contra sobrecarga.

CAPÍTULO 7

Diseño de módulos didácticos de control.

7.1 Módulos didácticos.

En este capítulo hablaremos de los detalles de construcción de los módulos didácticos en los cuales se desarrollaran las prácticas diseñadas en el próximo capítulo, se mencionara su diseño, elaboración, materiales utilizados, equipo utilizado, costos, fines y usos prácticos.

7.1.1 Descripción de los módulos didácticos realizados para el laboratorio de máquinas eléctricas.

Los módulos realizados fueron los siguientes:

- Se fabricaron 5 módulos de estación de botones.
- Se fabricaron 4 módulos de relevadores de tiempo.
- Se fabricaron 4 módulos de arrancadores.
- Se fabricaron 4 soportes para transformadores.
- Se fabrico un soporte para un vareador de velocidad.
- Se fabrico un módulo de pruebas para prácticas de laboratorio.

7.1.2 Diseño de los módulos didácticos.

El diseño de los módulos didácticos fue realizado basándose en la falta de dispositivos de control, es decir no se contaba con módulos de este tipo de tal forma se necesitaba realizar el diseño para adaptar el equipo que se tenia en el laboratorio.

El diseño se realiza de acuerdo al módulo de prácticas que se encuentra en el laboratorio, de este se tomaron las medidas para la realización de los módulos, como estación de botones relevadores, arrancadores, ya que en este se montarían los módulos mencionados, a su vez se fabrico un módulo completamente igual al que se tenia en el laboratorio, para implementar el control de motores el cual no se desarrollaba en el área.

7.1.3 Elaboración de módulos didácticos.

Una vez obtenido el diseño y las medidas nos dimos a la tarea de seleccionar el material (los que serán mencionados con detalle en el próximo punto) para la construcción de los módulos. La elaboración de los módulos fue realizada en un taller de uso personal en el cual se realizaron los diferentes cortes de los materiales, esmerilado, soldadura, pintura, y acabados.

Por otra parte se realizo lo conexión de los diferentes dispositivos de control y se perforo la mica donde serian colocados junto con los bornes, es decir el trabajo se realizo en tres etapas primero la elaboración de la base del módulo, segundo la conexión junto con la mica y por ultimo el montaje.

El módulo de pruebas para prácticas de laboratorio fue hecho de diferente manera ya que era muy importante no cometer errores en su elaboración puesto que el módulo es la parte principal para la realización de las prácticas ya que en este se montan los diferentes dispositivos de control, por lo tanto el cuidado en su manufactura fue extremo, primero se cortó y soldó su estructura después se laminó, se lijó y pulió enseguida se le colocaron rieles, puertas y ruedas para poderlo pasar al departamento de pintura y posteriormente al área de secado y acabado.

7.1.4 Materiales utilizados en la elaboración de los módulos didácticos.

Los materiales utilizados en la fabricación de los módulos didácticos fueron los siguientes:

- Angulo de ¾ de plg.
- T de 3/4 de plg.
- Lamina calibre 20.
- Solera de ½ de plg.
- Solera de ¼ de plg.
- Electrodos 6013 1/8 de plg.
- Mica.
- Bornes.
- Cable calibre 12.
- PTR.
- Esmalte acrílico (secado rápido).
- Discos de esmeril.
- Bisagras.
- Tornillos de 3/16 plg ancho cuerda milimétrica.
- Rondanas de presión.

- Tinner.
- Estopa.

7.1.5 Equipo utilizado en la elaboración de los módulos didácticos.

Equipo de corte:

- Esmeril.
- Cortadora de tubo.
- Cortadora de lamina.
- Caladora.
- Pinzas de corte.
- Arco y Segueta.
- Taladro

Equipo de soldadura:

- Máquina de soldar de arco eléctrico.
- Careta.

Equipo de pintura:

- Compresora.
- Pistola de aire.

Equipo de desbaste:

- Esmeril.

7.1.6 Costos de fabricación de los módulos didácticos

- Corte de lamina del módulo de prácticas.$250.
- 8 Tramos de Angulo de ¾ de pulg. $250.
- 2 Tramos de T de 3/4 de pulg. $60.
- Lamina calibre 20.$50
- 1 Tramo Solera de ½ de pulg. $20.
- 1 Tramo Solera de ¼ de pulg. $30
- 1 Hoja de Lamina calibre 12. $1400.
- 3 Kg. De Electrodos 6013 1/8 de pulg. $90.
- 3 Hojas de Mica.$750.
- 150 Bornes.$250.
- Cable calibre 12.$100.

- 4 Tramos de PTR.$1000.
- 4 Litros de Esmalte acrílico (secado rápido). $350.
- 3 Discos de esmeril $75.
- 4 Bisagras. $20.
- Tornillos de 3/16 pulg. ancho cuerda milimétrica.$50.
- Rondanas de presión. $25.
- 4 Litros de Tinner.$35.
- Estopa. $25.
- Un machuelo 3/16 24 hilos.$30.

TOTAL $4865.00

7.1.7 Fines y usos prácticos.

En el transcurso de nuestros estudios en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, hemos observado la falta de equipo en los distintos laboratorios que se imparten en la carrera de IME por eso consideramos y observamos la necesidad de implementar módulos didácticos como los antes descritos para la mejor realización y comprensión de cada una de las prácticas que aquí se enseñan, considerando importantísima la parte práctica. Por otra parte implementar, programas de enseñanza práctica que complementen la instrucción teórica en el área de ingeniería.

Particularmente nos ha interesado aumentar el material didáctico en el área de laboratorio de máquinas eléctricas, con la finalidad de mejorar la preparación de los estudiantes de ésta área, elevando así el nivel académico mediante la experimentación.

El motivo principal del presente trabajo es el de lograr que se tenga el mayor conocimiento, tanto teórico como práctico del funcionamiento de los dispositivos de control implementados en motores eléctricos. (corriente alterna y corriente directa)

Esperamos que esta obra motive a los compañeros de años posteriores para que estos a su vez desarrollen nuevas prácticas en el laboratorio que puedan servir a las siguientes generaciones.

El objetivo por el cual se elaboraron y donaron los módulos de control electromecánico a la UNAM FESC, es para un mejor aprovechamiento de nuestros compañeros y facilitar la enseñanza que imparten nuestros profesores.

CAPITULO 8

PRACTICAS DE CONTROL ELECTROMECÁNICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

PRÁCTICA 1

CONTROL DE ARRANQUE A TENSION PLENA DE UN MOTOR DE INDUCCION JAULA DE ARDILLA

Objetivos:

1. Analizar la estructura de un diagrama de control de arranque a tensión plena.
2. Analizar la estructura de un diagrama de fuerza del arranque a tensión plena de un motor jaula de ardilla.
3. Comprender la utilización de los diferentes dispositivos de control utilizados en esta práctica.
4. Identificar las partes que constituyen un módulo de contactor magnético.
5. Conectar un arrancador magnético trifásico a través de la línea.
6. Controlar un motor trifásico de inducción jaula de ardilla desde una estación de botones.

Introducción.

Hay básicamente dos tipos de controladores de motor para arranque a tensión plena: manuales y magnéticos. Considere el problema simple de arrancar y parar un motor de inducción trifásico con el dispositivo de control localizado en el motor. Para arrancar el motor sólo se necesita suministrar energía de c.a a sus terminales; para pararlo basta con interrumpir la energía de c.a y permitir que el motor reduzca gradualmente su velocidad.
En consecuencia, todo lo que se requiere es un conjunto de contactos en el circuito del motor y la manera de abrirlos y cerrarlos. En un controlador manual, la manera de abrir y cerrar los contactos es simplemente un interruptor operado manualmente.

Uno de las componentes faltantes en este circuito es alguna previsión para proteger al motor contra la sobrecarga. Una unidad de relevador (o protección) contra sobrecarga del motor es un dispositivo que detecta la cantidad de corriente que toma el motor; cuando la corriente excede un valor predeterminado, la unidad de protección responde y desconecta el motor de la línea.

Si se requiere control remoto o desde estaciones múltiples, se necesita un controlador magnético. Todavía se tendrá un conjunto de contactos en el circuito principal del motor para iniciar y parar el flujo de corriente eléctrica al motor, pero en vez de abrir y cerrar estos contactos manualmente, se hará en forma electromecánica. El elemento de control es la bobina de operación del contactor, de allí el nombre de contactor electromagnético o arrancador magnético. Cuando se da energía a esta bobina, su campo magnético cierra los contactos del circuito del motor. Cuando se interrumpe la energía a la bobina, un resorte abre los contactos del circuito del motor. Para fines de control se necesita una fuente de energía para la bobina, además de un medio de suministrar y cortar la energía a voluntad.

Para satisfacer el requerimiento de protección contra sobrecarga, se conecta a los elementos de sobrecarga térmica en serie con cada línea de energía. El relevador de sobre carga tiene un contacto normalmente cerrado (SC) conectado en serie con la bobina de

operación. El sobrecalentamiento de cualquiera de los térmicos hace que este contacto se abra, lo que corta la corriente a la bobina del contactor y abre los contactos principales (M). Con este circuito es necesario que el interruptor de control se mantenga cerrado durante el tiempo que esté encendido el motor, a lo que se conoce corno circuito de "contacto mantenido" o control de dos hilos. Un método común que se utiliza para abrir y cerrar este contacto es un botón de presión de contacto mantenido.

La mayoría de los motores industriales están provistos de un control que protege a los operarios de cualquier arranque automático del motor que pudiera tomarlos desprevenidos y producirles heridas, ya sea debido al movimiento de partes mecánicas o a choques eléctricos. El rearranque automático puede ocurrir después de:

1. La interrupción momentánea del circuito principal de la línea de energía.
2. Una momentánea caída de voltaje de la línea de energía por debajo del "valor de retención" de la bobina del contactor.
3. El cierre de nuevo del relevador de sobrecarga.

La protección puede lograrse sustituyendo los botones de acción momentánea por los de tipo de contacto mantenido y agregando un contacto auxiliar de "retención" o de sellado al contactor electromagnético.

Se necesitan dos características adicionales de control: la manera de desconectar el circuito de rama del motor del circuito alimentador de distribución y un dispositivo de sobrecorriente para proteger al motor y su línea alimentadora contra corto circuitos y tierras.

El controlador del motor debe realizar cuatro funciones básicas:

1. Proporcionar la manera de arrancar y parar el motor.
2. Dar protección contra corto circuitos.
3. Dar la manera de desconectar todo el circuito de rama del motor de su línea de energía.
4. Dar protección contra sobrecarga del motor.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor electromagnético.
Módulo de motor de inducción de jaula de ardilla.
Módulo de medición de c.a. (0 - 8 A c.a)
Módulo de medición de c.a. (0 – 220 V c.a)
Módulo de fuente de energía. (120 / 208 V c.a, 0 – 220 V c.a 3ϕ)
Módulo de electrodinamómetro.
Estación de botones.
Cables para conexión.
Banda de sincronización.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Examine el diagrama de control de arranque a tensión plena que aparece en la figura 1. Suponga que le aplica la potencia especificada.

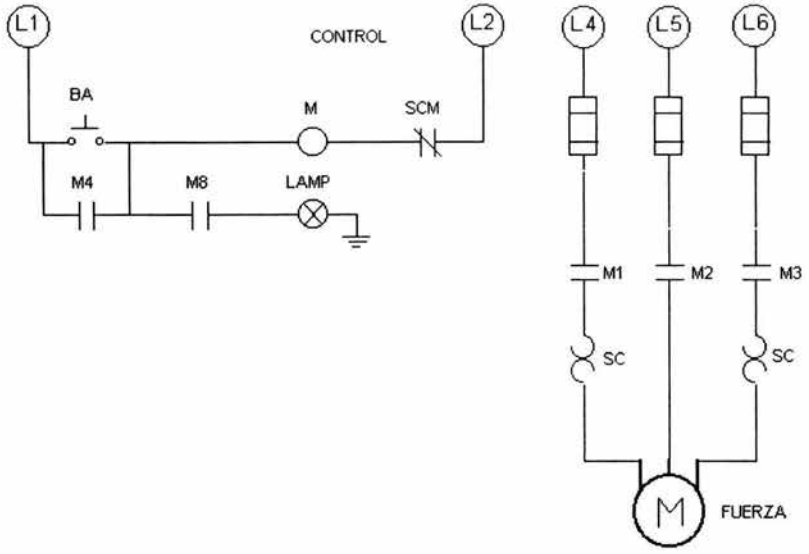


Figura 1

b) ¿Arrancará el motor si se oprime el botón de arranque (BA)? SI

c) ¿La lámpara piloto indicará cuando el motor está encendido? SI

d) ¿Seguirá funcionando el motor cuando se oprima el botón de paro (BP)? NO

Explique su respuesta EN EL MOMENTO EN QUE SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE DESENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA M Y EN ESE MOMENTO SE ABREN LOS CONTACTOS NO (M1, M2, M3) QUE ALIMENTAN AL MOTOR TRIFÁSICO JAULA DE ARDILLA.

2.

a) Conecte el circuito de control como se muestra en la figura 2.

b) Utilice los cables cortos para conectar el botón de paro (BP), botón de arranque (BA) y la bobina electromagnética M a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ 1, 2 y 3.

c) Conecte el contacto NO M4 del contactor electromagnético M en paralelo con el botón de arranque (BA) como se muestra en la figura 2.

d) ¿Se cerrará este contacto NO M4 al oprimir el botón de arranque (BA)? SI

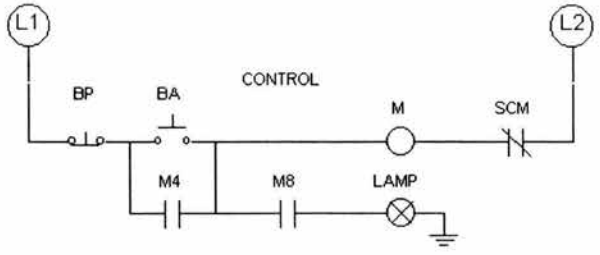


Figura 2

e) ¿Se abrirá este contacto cuando se libera el botón de arranque (BA)? NO
f) ¿Actúa como contacto de retención? SI

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ 1 ,2 y 3.

g) Encienda la fuente de energía y pruebe el control, cerciórese que el botón de arranque (BA) y el botón de paro (BP) funcionen correctamente, verifique que el circuito de sobrecarga funcione correctamente al oprimir el botón que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético M, la bobina electromagnética M se debe desenergizar al oprimir este botón.
h) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de la figura 1. Use dos cables cortos y ponga en cortocircuito las terminales 4, 5 y 6 del motor de inducción jaula de ardilla. Conecte las entradas de los contactos NO (M1, M2, M3) del módulo de contactor magnético M a la salidas variables de 208 V 3ϕ 4, 5 y 6 respectivamente. Conecte las salidas de los contactos NO (M1, M2, M3) del módulo de contactor magnético M a las terminales 1, 2 y 3 del motor de inducción jaula de ardilla respectivamente.
b) Ajuste el relevador de sobrecarga para que se dispare a 1.4 A c.a dando vuelta al dial calibrado en la parte superior de la unidad.
c) Encienda la fuente de energía y ajuste la fuente variable en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
d) Oprima el botón de arranque (BA).
e) ¿Arranca el motor? SI
f) ¿Se enciende la lámpara piloto? SI
g) Suelte el botón de arranque (BA).
h) ¿Se para el motor? SI
i) Apague la fuente de energía.

4.

a) Conecte el botón de paro (BP) en serie con el botón de arranque (BA) como se muestra en la figura 3.

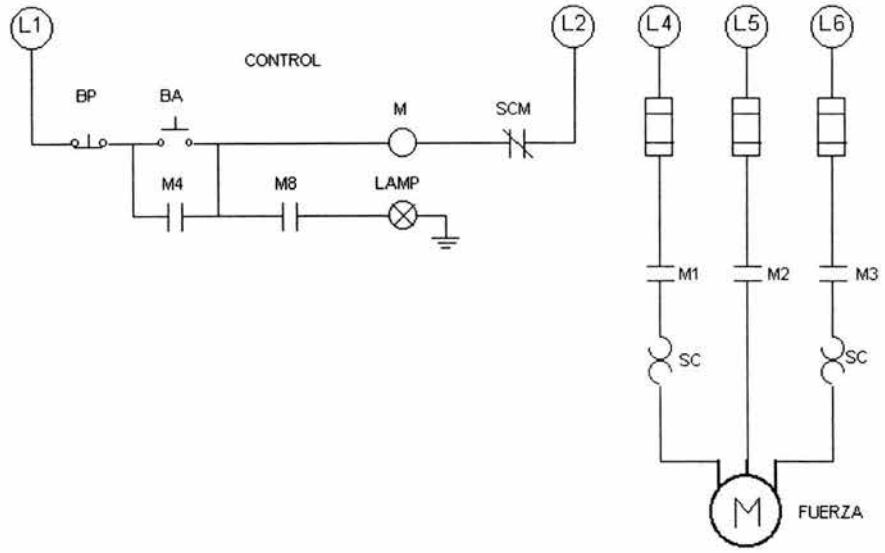


Figura 3

b) Encienda la fuente de energía
c) Ajuste la fuente variable de energía en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
d) Oprima el botón de arranque (BA).
e) ¿Arranca el motor? SI
f) Suelte el botón de arranque (BA).
g) ¿Se para el motor? NO
h) Oprima el botón de paro (BP).
i) ¿Se parará el motor al oprimir el botón de paro (BP)? SI
Explique su respuesta EL MOTOR SE PARA POR QUE AL OPRIMIR EL BOTÓN DE PARO (BP) SE INTERRUMPE EL FLUJO DE CORRIENTE QUE EXCITA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA, EN ESE INSTANTE, TANTO EL CONTACTO DE RETENCIÓN, COMO LOS CONTACTOS NO (M1, M2, M3) SE ABREN Y YA NO DEJAN CIRCULAR LA CORRIENTE HACIA EL MOTOR.
j) Oprima ambos botones a la vez.
k) ¿Arranca el motor? NO

l) Apague la fuente de energía.

5.

a) Para determinar las características de funcionamiento del relevador de sobrecarga es necesario sobrecargar el motor en pasos discretos, vigilando al mismo tiempo la corriente y el tiempo de disparo.
b) Acople el electrodinamómetro al motor de jaula de ardilla con la banda de tiempo.
c) Arme el circuito de la figura 4. Conecte las terminales de entrada del electrodinamómetro a la salidas de los contactos NO M8 y M5. Conecte las salida fija de 120 V c.a de la fuente de energía, terminales 3 y N a las entradas de los contactos NO M8 y M5 del módulo de contactor magnético M.

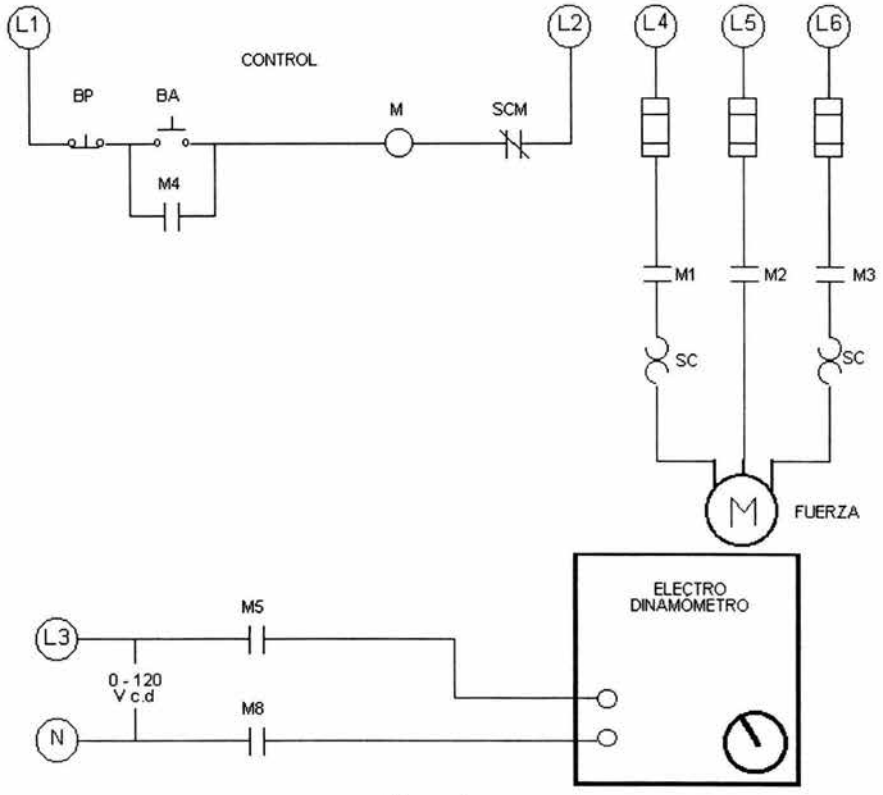


Figura 4

d) Inserte un medidor de corriente alterna, ajustado al rango de 8 A c.a, en serie con una de las terminales de entrada de los contactos NO M.
e) Encienda la fuente de energía.

m) Ajuste la fuente variable de energía en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
f) Oprima el botón de arranque (BA).
g) Ajuste el dial de control del dinamómetro hasta obtener 21 lbf.plg.
h) Usando un cronómetro o reloj de pulsera con segundero para observar el tiempo de disparo cuando el motor tiene una carga de 21 lbf.plg, mida la corriente de sobrecarga antes de que se dispare el relevador de sobrecarga.

$I_{sobrecarga}$ = 2.08 A

$T_{disparo}$ = 120 S

i) ¿Puede rearrancar el motor? NO
j) Pasado un momento el relevador de sobre carga se restaurara automáticamente.
k) Anote sus mediciones en la tabla 1.

Corriente de línea	2.08 A	2.0 A	1.8 A	1.5 A
Tiempo segundos	120 S	122 S	136 S	150 S

Tabla 1

l) Apague la fuente de energía.
m) Ajuste la perilla de control del dinamómetro en su máxima posición en sentido contrario a las manecillas del reloj (para dar una carga mínima al arranque del motor).
n) Cambie el rango del medidor de corriente a 2.5 A c.a.
o) Deje pasar cinco minutos para que se enfríe el relevador de sobrecarga y luego encienda la fuente de energía y arranque el motor.
p) Ajuste la carga del dinamómetro hasta que el motor tome 2.0 A c.a de corriente.
q) Observe y luego anote el tiempo de disparo en la tabla 1.
r) Repita el proceso para corrientes del motor de 1.8 A c.a y 1.5 A c.a, dejando que el relevador de sobrecarga se enfríe cinco minutos entre cada prueba.
s) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. Haga una lista de tres razones por las que es posible rearrancar un motor automáticamente cuando se usa control de dos hilos.

   1. LA INTERRUPCION MOMENTANEA DEL CIRCUITO PRINCIPAL DE LA LINEA DE ENERGIA.
   2. UNA MOMENTANEA CAIDA DE VOLTAJE DE LA LINEA DE ENERGIA POR DEBAJO DEL VALOR DE RETENCION DE LA BOBINA DEL CONTACTOR.

3. EL CIERRE DE NUEVO DEL RELEVADOR DE SOBRECARGA.

2. Listar cuatro funciones básicas que debe realizar un controlador completo de motor.

1. PROPORCIONAR LA MANERA DE ARRANCAR Y PARAR EL MOTOR.
2. DAR PROTECCION CONTRA CORTO CIRCUITO.
3. DAR LA MANERA DE DESCONECTAR TODO EL CIRCUITO DE RAMA DEL MOTOR DE SU LINEA DE ENERGÍA.
4. DAR PROTECCION CONTRA SOBREGARGA DEL MOTOR.

3. Explique por qué se permite al relevador de sobrecargas enfriarse durante cinco minutos entre cada prueba en el procedimiento 5. EL CIRCUITO DE SOBRECARGA ES UN ELEMENTO BIMETALICO EL CUAL FUNCIONA A BASE DE CALOR, LO QUE PERMITE QUE SE INTERRUMPA LA CORRIENTE QUE CIRCULA POR ESTE POR TAL MOTIVO ES NECESARIO DEJARLO ENFRIAR.

PRÁCTICA 2

CONTROL DE ARRANQUE A LÍMITE DE TIEMPO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA

Objetivo:

1. Aprender a conectar un circuito de control de tipo, arranque a límite de tiempo.
2. Realizar diversas operaciones secuénciales utilizando el relevador de retraso de tiempo.
3. Analizar la estructura de un diagrama de control de arranque a limite de tiempo de un motor de inducción jaula de ardilla.

Introducción.

En este tipo de arranque, se utilizan relevadores de control de tiempo, con los cuales se obtiene una secuencia, que permite arrancar el motor después de un tiempo determinado por el operario de la maquina. Esta secuencia depende de los tiempos de apertura y cierre de los contactos de los relevadores.

Por seguridad del operador, cuando se arrancan cargas mecánicas complejas, tales como las que se encuentran en acerías, rotativas de periódicos y demás, con frecuencia es deseable preceder al arranque físico del motor con una señal de advertencia, lo que puede hacerse automáticamente si se hace que el control de arranque del motor active la señal de advertencia, que puede ser una campana, zumbador o lámpara, mientras se retrasa el arranque del motor durante algún intervalo predeterminado.

Para acelerar una carga, es necesario que el motor desarrolle una torsión mayor que la de carga normal. Esta torsión excedente acelera la masa móvil de la carga movida. El tiempo que se requiere para acelerar una carga movida hasta su velocidad total depende de su inercia.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor electromagnético.
Modulo de relevador de tiempo.
Módulo de motor de inducción jaula de ardilla.
Módulo de medición de c.a. (0 – 5 A c.a)
Módulo de fuente de energía. (0 – 120 V c.a 3 ϕ, 120 / 208 V c.a, 0 – 220 V c.a 3 ϕ)
Estación de botones.
Cables para conexión.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Conecte el circuito de la figura 1. Observe que la entrada del circuito está conectada a la salida de 208 V c.a fijos de la fuente de energía, a las terminales 1 y 2.

Nota: Nomenclatura de los contactos TDO (temporizador abierto) y TDC (temporizador cerrado)

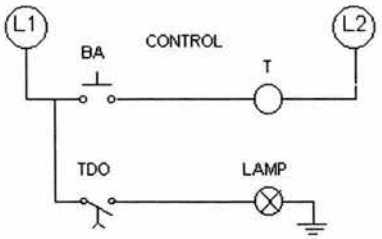


Figura 1

b) Ajuste el retraso a seis segundos.
c) Encienda la fuente de energía. Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el comportamiento de la lámpara piloto.
d) Indique si la lámpara se enciende después de mantener oprimido el botón durante seis segundos SI
e) Indique si la lámpara piloto se apaga al soltar el botón de arranque SI
f) ¿La operación repetida en rápida sucesión del botón de arranque (BA) activa la lámpara? NO
Explique su respuesta LA LÁMPARA PILOTO NO ENCIENDE POR QUE EL CONTACTO DE TIEMPO PERMANECE EN SU POSICIÓN DE ABIERTO, HASTA QUE TRANSCURRAN SEIS SEGUNDOS Y COMO AL OPRIMIR EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) REPETIDAMENTE NO LE DAMOS EL TIEMPO SUFICIENTE PARA QUE SE CIERRE EL CONTACTO (TDO) QUE HACE QUE LA LÁMPARA PILOTO ENCIENDA.
g) Apague la fuente de energía.

2.

a) Agregue un contacto de retención a su circuito de control como se muestra en la figura 2.
b) Encienda la fuente de energía. Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el comportamiento de la lámpara piloto.
c) Indique si la lámpara se enciende cuando se oprime el botón de arranque (BA). NO
d) ¿Qué debe de hacerse para que encienda la lámpara? SE DEBEN DEJAR TRANSCURRIR LOS SEIS SEGUNDOS QUE SE LE ASIGNARON AL

TEMPORIZADOR, PARA QUE EL CONTACTO DE TIEMPO (TDO) CIERRE.

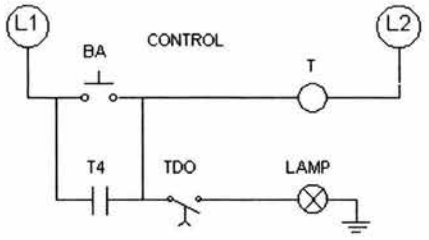


Figura 2

e) ¿Llega a encenderse la lámpara aunque se suelte el botón de arranque (BA) antes de transcurridos los segundos de retraso? SI
Explique su respuesta. AL SOLTAR EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) LA EL RELEVADOR DE TIEMPO T SIGUE ENERGIZADO POR QUE EL CONTACTO (NO T4) SIRVE COMO CONTACTO DE RETENCIÓN DEL RELEVADOR DE TIEMPO.

f) Apague la fuente de energía.

3.

a) Cambie el contacto TDO a un TDC como se muestra en la figura 3.

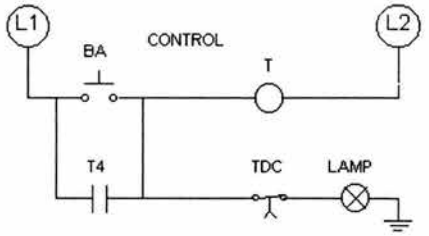


Figura 3

b) Encienda la fuente de energía. Oprima el botón de arranque mientras observa el comportamiento de la lámpara piloto.

c) Indique si la lámpara se apaga cuando oprime el botón. NO

d) Indique si la lámpara se apaga seis segundos después de haber oprimido el botón de arranque (BA). SI

e) Indique si la lámpara llega a apagarse aunque se suelte el botón de arranque (BA) antes de transcurrido el periodo de retraso de seis segundos. SI

f) ¿Se puede utilizar el botón de arranque para encender la lámpara? NO, SOLO PARA ACTIVAR EL TEMPORIZADOR.

g) Apague la fuente de energía.

4.

a) Cambie la conexión del contacto TDC como se muestra en la figura 4.

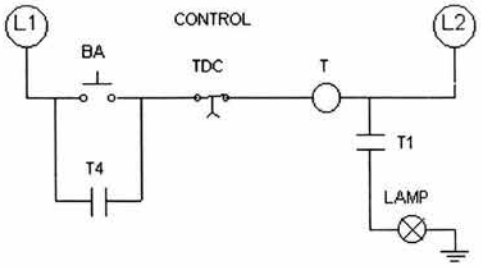


Figura 4

b) Encienda la fuente de energía. Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el funcionamiento de la lámpara piloto.

c) ¿Se enciende la lámpara piloto al oprimir el botón de arranque (BA)? SI

d) Se apaga la lámpara piloto cuando se suelta el botón de arranque (BA)? NO

e) ¿Qué determina el tiempo de apagado de la lámpara piloto? EL TEMPORIZADOR, YA QUE AL TRANSCURRIR LOS SEIS SEGUNDOS DE RETRASO DE TIEMPO EL CONTACTOR DE TIEMPO (TDC) SE ABRE PARA NO DEJAR PASAR LA CORRIENTE.

f) Indique si el botón de arranque (BA) controla la lámpara una vez que ésta ha pasado por un ciclo de encendido-apagado. SI LO CONTROLA

Explique su respuesta. CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE ENERGIZA LA BOBINA T Y EN ESE MOMENTO SE CIERRA EL CONTACTO T4, ESTE CONTACTO MANTIENE AL TEMPORIZADOR ENERGIZADO Y DESPUÉS DE UN TIEMPO EL CONTACTO DE TIEMPO (TDC) SE ABRE APAGANDO LA LÁMPARA PILOTO Y DESCONECTANDO EL TEMPORIZADOR Y SI UNO VUELVE A OPRIMIR EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE ENERGIZA TANTO LA LÁMPARA PILOTO COMO EL TEMPORIZADOR, PARA QUE SE REPITA LA SECUENCIA ANTES MENCIONADA.

g) Apague la fuente de energía.

5.

a) Conecte el circuito de control de la figura 5.

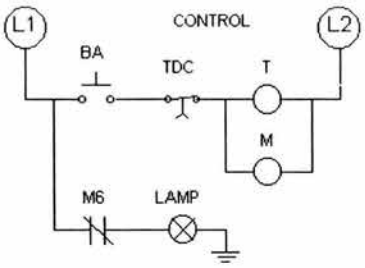


Figura 5

b) Encienda la fuente de energía. Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el comportamiento de la lámpara piloto.

c) ¿Se apaga la lámpara cuando se oprime el botón de arranque (BA)? SI

d) ¿Se mantiene apagada mientras se mantiene oprimido el botón de arranque (BA)? SI

e) Cuando se mantiene el botón de arranque (BA) en la condición de oprimido, ¿qué determina el tiempo de encendido? EL TEMPORIZADOR

f) ¿Se podría llamar a este circuito un circuito oscilador de relevador? SI
Explique su respuesta. AL OPRIMIR EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE ENERGIZA LA BOBINA T Y EN ESE INSTANTE SE ABRE EL CONTACTO (NC) QUE HACE QUE LA LÁMPARA ENCIENDA, DESPUÉS DE PASADO UN TIEMPO QUE SE LLAMA TIEMPO DE RETARDO AL QUE SE LE DIO UN TIEMPO DE SEIS SEGUNDOS, SE ABRE EL CONTACTO DE TIEMPO (TDC) Y ASÍ SE DESCONECTA EL TEMPORIZADOR, AL OCURRIR ESTO TODOS LOS CONTACTOS REGRESAN A SU POSICIÓN NORMAL DE TRABAJO Y COMO EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE MANTIENE OPRIMIDO VUELVE A REALIZAR TODA LA OPERACIÓN ANTES MENCIONADA.

g) Apague la fuente de energía.

6.

a) Arme el circuito de control para arranque a limite de tiempo que aparece en la figura 6.

b) Encienda la fuente de energía.

a) Ajuste el temporizador a diez segundos.

c) Verifique que el control funciona correctamente. Cheque que el botón de arranque (BA), el botón de paro (BP) hagan sus acciones correspondientes y que el relevador

de sobrecarga actúe correctamente, al oprimir el botón que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético M, todo el control se debe de desenergizar.

d) Apague la fuente de energía.

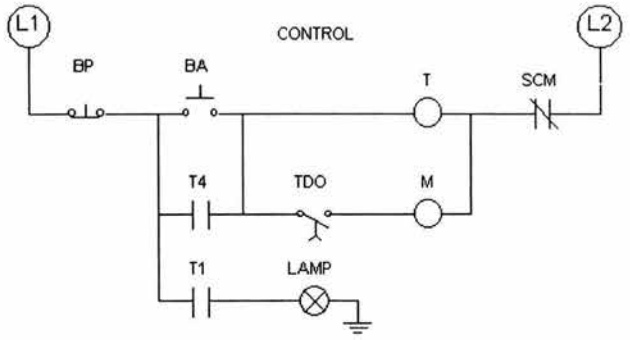


Figura 6.

7.

b) Conecte el circuito de control de la figura 7. Ponga en cortocircuito las tres terminales del motor de jaula de ardilla (4, 5 y 6).
c) Encienda la fuente de energía.
d) Oprima el botón de arranque (BA), deje que pasen los diez segundos que se le dieron al temporizador para que accione el contacto de tiempo (TDO) y después observe el funcionamiento del motor.
e) Oprima el botón de paro (BP). Repita (d y f) varias veces.
f) ¿El circuito se comporta como un arranque a límite de tiempo, es decir, arranca después de un tiempo determinado? SI
g) Apague la fuente de energía.

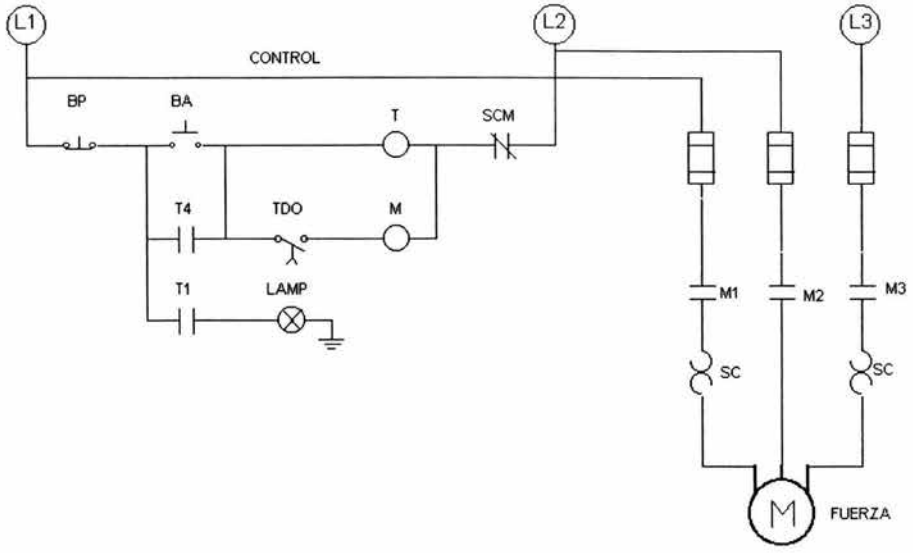


Figura 7

8.

a) Ahora se medirá el tiempo necesario para que un motor sin carga alcance la velocidad máxima cuando se arranca (aceleración) y el tiempo que necesita para pararse (desaceleración) a partir de la velocidad máxima.

Un motor toma la máxima corriente en el arranque. Al acelerar, la corriente de arranque disminuye, y se estabiliza en cierto valor cuando el motor alcanza la velocidad máxima.

b) Inserte un medidor de corriente alterna ajustado en el rango de 2.5 A c.a en serie con una de las terminales de entrada de los contactos NO M.
c) Ajuste el retraso de tiempo a cero.
d) Encienda la fuente de energía.
e) Usando un reloj para observar el tiempo de aceleración, oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el medidor de corriente.

$$t_{\text{aceleración}} = \underline{\quad 1.41 \quad} S$$

f) Oprima el botón de paro (BP) y mida el tiempo de desaceleración.

$$t_{\text{desaceleración}} = \underline{\quad 23 \quad} S$$

g) Repita (e y f) anotando sus mediciones en la tabla 1.

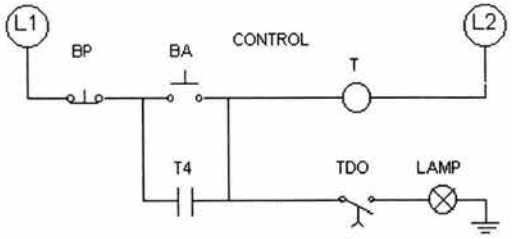
	Tiempo de aceleración	Tiempo de desaceleración
Prueba	Sin carga	Sin carga
No. 1	1.27 Seg.	23.02 Seg.
No. 2	2.05 Seg.	22.50 Seg.
No. 3	1.64 Seg.	21.24 Seg.

Tabla 1

h) Apague la fuente de energía.

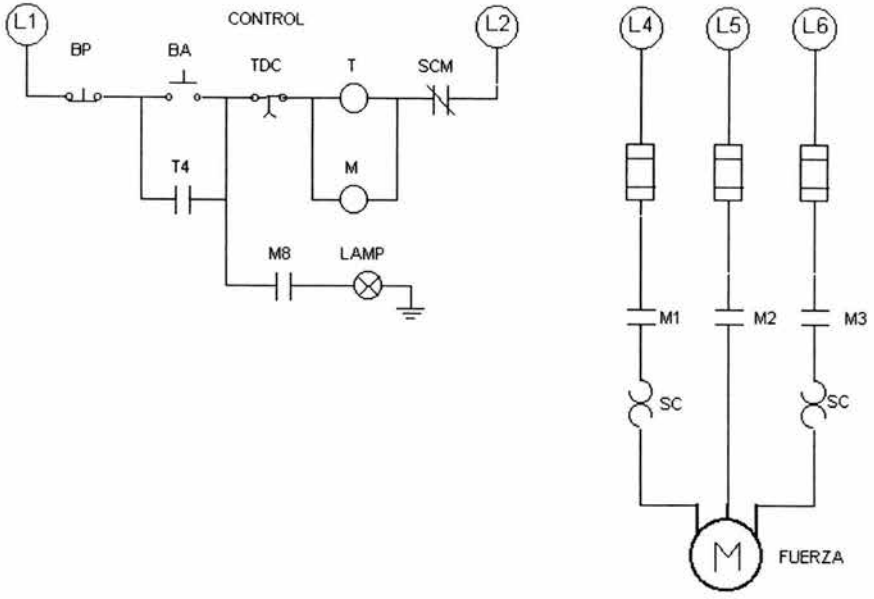
Repase sus conocimientos

1. ¿Qué componente agregaría al circuito secuencial de la figura 2 para que se pueda apagar y encender la lámpara? UN BOTÓN DE PARO (BP)
2. En el espacio dado, vuelva a dibujar el circuito de la figura 2 mostrando cómo conectaría la componente adicional de la pregunta número 1.



3. Explique la razón por la que se debe de probar el control antes de conectar el sistema de fuerza. EL CONTROL SE DEBE PROBAR ANTES PARA COMPROBAR QUE ESTA PERFECTAMENTE CONECTADO, POR QUE DE LO CONTRARIO SE PUEDE PRODUCIR UN CORTO CIRCUITO QUE DAÑARÍA LA FUENTE DE ENERGÍA O UN ELEMENTO DEL CIRCUITO DE CONTROL.
4. Diseñe un circuito de arranque tal que, el motor arranque tan pronto como se oprima el botón de arranque (BA) y que se pare automáticamente después de 15 segundos. El circuito también debe permitir parar el motor manualmente durante el intervalo de 15 segundos. Dibuje el diagrama esquemático en el espacio dado, numere todas las terminales.
5. Si el tiempo lo permite, conecte su circuito. ¿Funciona como lo esperó? SI

Control de arranque a límite de tiempo de un motor
de inducción jaula de ardilla



PRÁCTICA 3

CONTROL DE INVERSIÓN DE ROTACIÓN DE UN MOTOR DE INDUCCION JAULA DE ARDILLA

Objetivos:

1. Analizar un circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor de inducción jaula de ardilla.
2. Aprender a conectar un circuito de control para inversión de rotación de un motor de inducción jaula de ardilla.
3. Determinar las características de un control de arranque de inversión de rotación.

Introducción.

Los experimentos de laboratorio anteriores abarcaron el arranque y parada de motores de jaula de ardilla de velocidad, bajo una diversidad de condiciones Ahora se estudiará la inversión o reversa. Todo lo que se requiere para invertir la dirección de rotación de un motor de jaula de ardilla trifásico es intercambiar dos de sus fases. Se puede bloquear el motor para una inversión rápida conectándolo para girar en dirección inversa mientras todavía funciona en la dirección directa. La corriente durante el periodo de bloqueo es sólo ligeramente más alta que la corriente de arranque. En ocasiones, el bloqueo puede imponer un esfuerzo demasiado grande en la maquinaria movida o en un proceso, en cuyo caso el motor debe pararse por algún otro medio, antes de la inversión.

Ahora se examinarán los tres tipos de circuitos de control de inversión de rotación. El circuito controlador de la versión de la figura 1 consiste en un par de contactos magnéticos, F y R, cerrados con combinación mecánica de manera que no se puedan cerrar simultáneamente. Cuando están cerrados los contactos F y los contactos R están abiertos, el motor corre en la dirección directa (en el sentido de las manecillas del reloj). Cuando los contactos R están cerrados y los contactos F están abiertos, el motor corre en la dirección inversa en dirección contraria al de las manecillas del reloj.

Cuando la bobina de contactor F recibe energía y se cierra se impide que el contactor R se cierre mediante un cierre de combinación mecánica. El contactor F queda bloqueado por el contactor R de la misma manera. El que se cierra primero mueve una palanca a una posición tal que aunque la otra bobina reciba energía, no puede cerrar sus contactos. Una de las desventajas de este circuito es que si la segunda bobina reciba energía, y se le impide que cierre por el efecto del cierre mecánico de combinación, se sobrecalienta y se funde. Debido a ello es necesario oprimir el botón de paro (BP) antes de invertir el motor

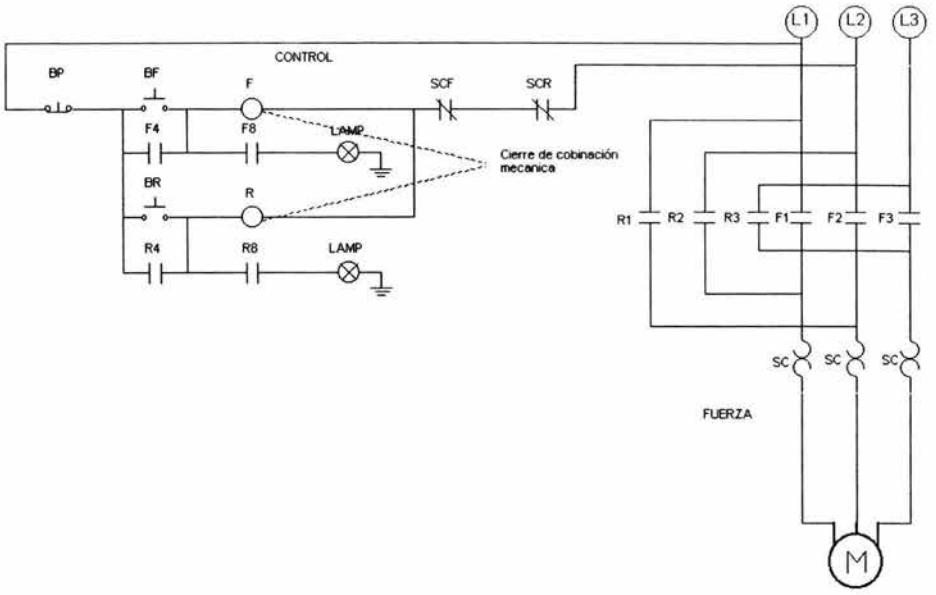


Figura 1

El circuito controlador de inversión de la figura 2 es una mejora con respecto del circuito anterior. Incorpora un cierre de combinación por botón que impide que ambas bobinas reciban energía al mismo tiempo.

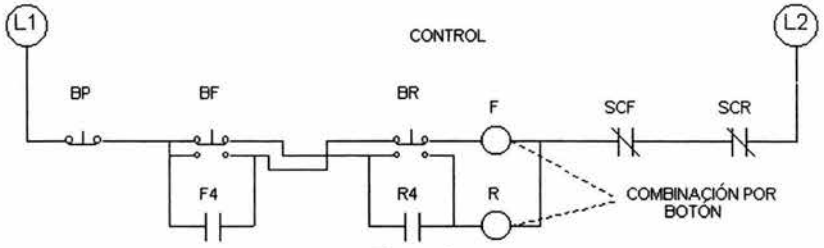


Figura 2

Al oprimir el botón de avance da energía a la bobina F. Los contactos de retención de F se cierran manteniendo energizada a la bobina F. Observe que este circuito de retención está en serie con los contactos normalmente cerrados del botón de reversa (BR). Cuando se oprime éste, la bobina F se desconecta automáticamente y el contactor R recibe energía y se mantiene conectado por los contactos de retención de R en serie con los contactos normalmente cerrados (NO) del botón de directa (BF), No es necesario oprimir el botón de paro (BP) antes de cambiar la dirección de rotación. La operación simultánea de ambos

botones de presión (F y R) produce un circuito abierto en que ninguna de las bobinas recibe energía.

El controlador de inversión de la figura 3 es un circuito de cierre de combinación eléctrica doble. Además de los cierres de combinación de botones de la figura 2, los contactos auxiliares normalmente cerrados de F y R se colocan en serie con las bobinas opuestas. Cuando el motor está corriendo en directa, el contacto F normalmente cerrado en serie con la bobina R está abierto e impide que el contactor R reciba energía y se cierre. La misma operación ocurre si el motor corre en la dirección inversa

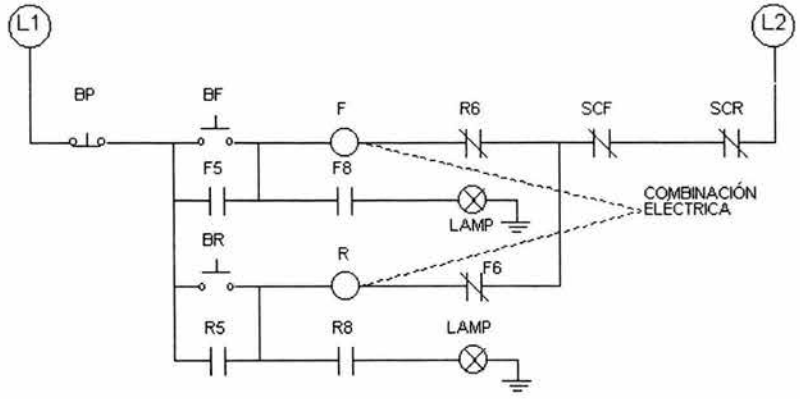


Figura 3

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor magnético. (2)
Módulo de relevador de tiempo.
Módulo de motor de inducción de jaula de ardilla 3ϕ.
Módulo de fuente de energía. (208 V c.a, 0 – 220 V c.a 3ϕ)
Estación de botones. (2)
Cables para conexión.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Examine el diagrama de control de arranque de inversión de rotación que aparece en la figura 4. Suponga que le aplica la potencia especificada.
b) ¿Arrancará el motor en sentido de las manecillas del reloj si se oprime el botón de frente (BF)? SI

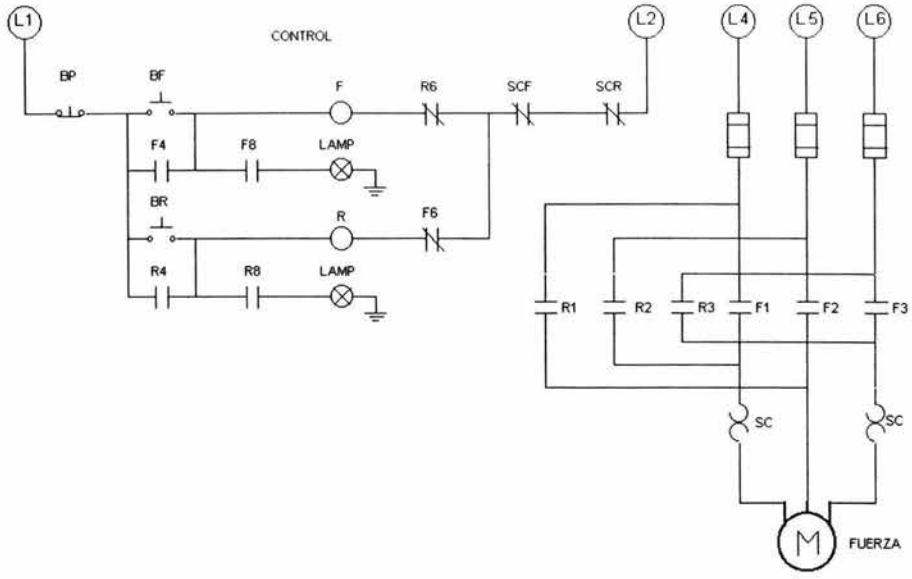


Figura 4

c) ¿La lámpara piloto indicará cuando el motor está encendido? SI

d) ¿Seguirá funcionando el motor cuando se oprima el botón de paro (BP)? NO
Explique su respuesta EN EL MOMENTO EN QUE SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE DESENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA F Y EN ESE MOMENTO SE ABREN LOS CONTACTOS (F1, F2, F3) QUE ALIMENTAN AL MOTOR TRIFÁSICO JAULA DE ARDILLA.

e) ¿El motor gira en sentido contrario a las manecillas del reloj al oprimir el botón de reversa (BR)? SI

f) ¿La lámpara piloto indicara cuando el motor este funcionando en reversa? SI

g) ¿Cuándo el motor esta funcionando de frente se puede pasar a reversa sin oprimir el botón de paro (BP)? NO
Explique su respuesta. CUANDO EL MOTOR ESTA FUNCIONANDO DE FRENTE SE CIERRAN LOS CONTACTOS (NO) (F) Y EN ESE MOMENTO SE ABRE EL CONTACTO (NC) (F6) POR LO QUE NO DEJA PASAR CORRIENTE HACIA LA BOBINA R.

2.

a) Conecte el circuito de control de inversión de rotación como se muestra en la figura 5.

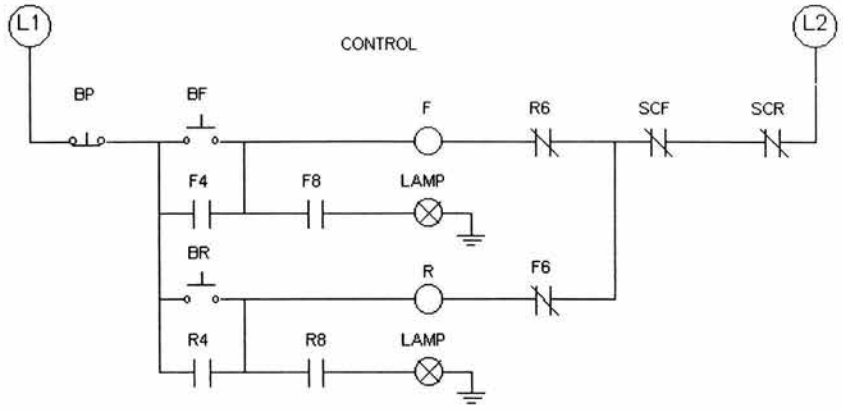


Figura 5

b) Utilice los cables cortos para conectar el botón de paro (BP), botón de frente (BF), botón de reversa (BR) y las bobinas electromagnéticas a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ 1, 2 y 3.

c) Observe que la entrada del botón de paro (BP) está conectada a la salida fija de la fuente de energía terminal 1, la salida del botón de paro (BP) está conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de frente (BF) esta conectada a la entrada de la bobina F, la salida de la bobina F está conectada a la entrada del contacto NC R6, la salida del contacto NC R6 está conectado a la entrada del circuito de sobrecarga SCF, la salida del circuito de sobrecarga SCF esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCR, la salida del circuito de sobrecarga esta conectada a la salida fija de la fuente de energía terminal 2, la entrada del botón de reversa (BR) está conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de reversa (BR) esta conectada a la entrada de la bobina R, la salida de la bobina R esta conectada a la entrada del contacto NC F6, la salida del contacto NC F6 está conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF, el contacto NO F4 esta conectado en paralelo al botón de frente (BF), el contacto NO R4 está en paralelo con el botón de reversa (BR).

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ 1 ,2 y 3.

d) Encienda la fuente de energía.

e) Pruebe el control, cerciórese que el botón de frente (BF) energice solamente la bobina F y que el botón de reversa (BR) solo energice la bobina R, revise que el enclave de las bobinas funcione correctamente, verifique que los circuitos de sobrecarga funcionen correctamente al oprimir el botón del circuito de sobrecarga de cualquiera de los dos relevadores de sobrecarga se debe de desconectar todo el circuito de control.

f) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control de arranque de inversión de rotación como se muestra en la figura 4.
b) Encienda la fuente de energía.
c) Ajuste la fuente variable de energía en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
d) Oprima el botón de frente (BF) y describa lo que sucede. EL MOTOR ARRANQUE EN SENTIDO HORARIO.
e) Oprima el botón de reversa (BR) y describa lo que sucede. NO PASA NADA EL MOTOR SIGUE FUNCIONANDO EN SENTIDO HORARIO.
Explique su respuesta. CUANDO EL MOTOR ESTA FUNCIONANDO DE FRENTE SOLO ESTA ENERGIZADA LA BOBINA F LA CUAL CIERRA LOS CONTACTOS (NO) (F1, F2, F3, F4, F8) Y ABRE EL CONTACTO (NC) (F6) EL CUAL NO DEJA PASAR CORRIENTE A LA BOBINA R AUNQUE SE OPRIMA EL BOTÓN DE REVERSA (BR).
f) Oprima el botón de paro (BP) y luego el botón de reversa (BR), describa lo que sucede. CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE PARA EL MOTOR Y CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE REVERSA EL MOTOR ARRANCA EN SENTIDO ANTI-HORARIO.
g) Oprima el botón de paro (BP).
h) Apague la fuente de energía.

4.

a) Con determinados tipos de cargas es importante que se frene el motor antes de invertir su marcha. El circuito de control de arranque de inversión de rotación de la figura 6 incluye un circuito secuencial que impide que el motor dé marcha inversa hasta que haya transcurrido un tiempo prefijado después de que se oprima el botón de reversa (BR).
b) Conecte el circuito de control de inversión de rotación que se muestra en la figura 6.
c) Ajuste el relevador de tiempo para un retraso de 15 segundos.
d) Encienda la fuente de energía.
e) Ajuste la fuente variable de energía en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
f) Oprima el botón frente (BF).
g) Momentáneamente oprima el botón de reversa (BR) y describa lo que sucede. NO PASA NADA EL MOTOR SIGUE GIRANDO EN SENTIDO HORARIO.
h) Oprima el botón de paro (BP).
i) Oprima el botón de reversa (BR).
j) Oprima el botón de frente (BF) antes de que transcurran los 15 segundos de retraso de tiempo y describa lo que sucede. EL MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA

DE ARDILLA VUELVE A ARRANCAR EN EL SENTIDO DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ.

k) Oprima el botón de paro (BP).

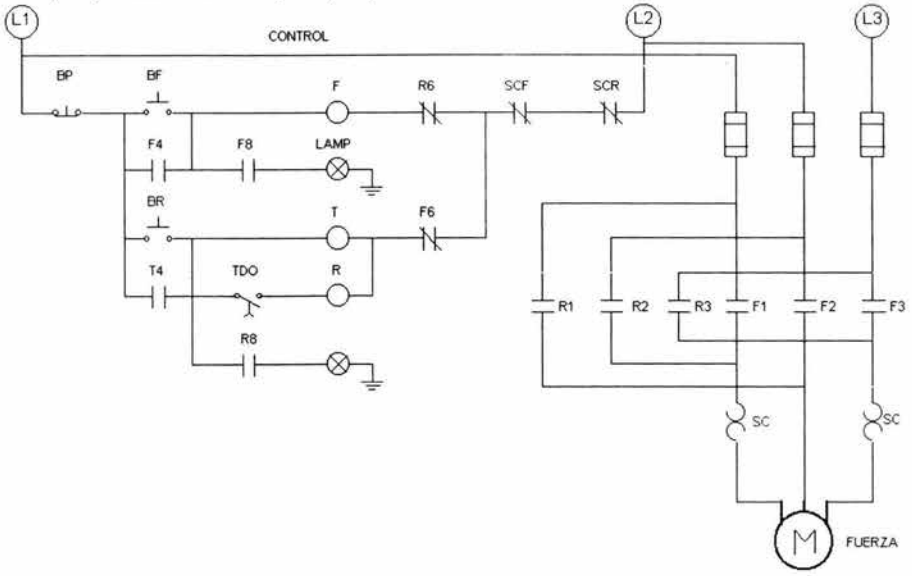


Figura 6

l) Oprima el botón de reversa (BR) y describa lo que sucede. EL MOTOR SE PARA Y DESPUÉS DE TRANSCURRIDOS LOS 15 SEGUNDOS DE RETRASO DE TIEMPO ARRANCA EN SENTIDO CONTRARIO A LAS MANECILLAS DEL RELOJ.

m) Oprima el botón de frente (BF) y describa lo que sucede. NO OCURRE NADA, EL MOTOR SIGUE GIRANDO EN REVERSA.

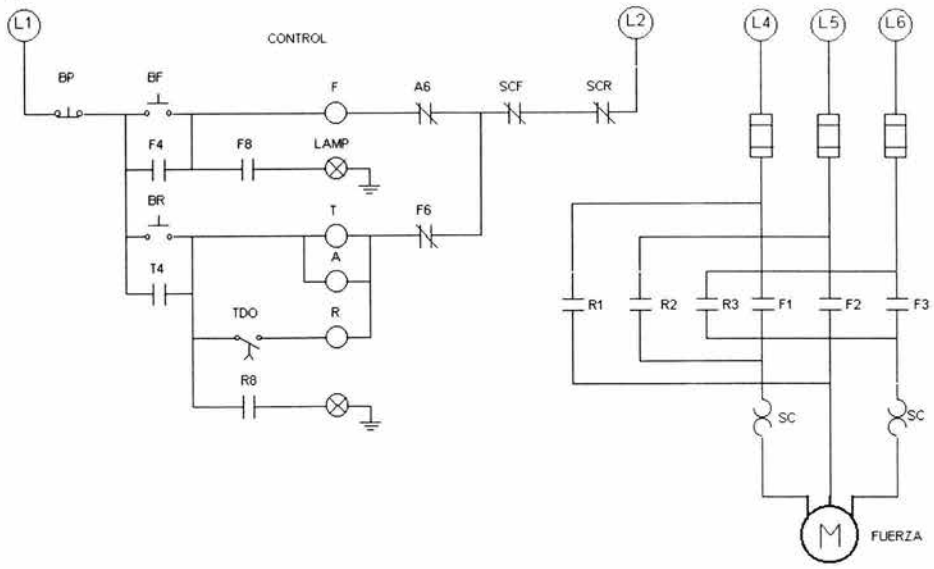
Explique su respuesta. EL MOTOR NO CAMBIA EL SENTIDO DE GIRO YA QUE EL CONTACTO (NC) (R6) ESTÁ ABIERTO Y AUNQUE SE OPRIMA EL BOTÓN DE FRENTE (BF) NO SE ENERGIZA LA BOBINA F.

n) Oprima el botón de paro (BP).

o) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿Qué quiere decir bloquear un motor? ES HACERLO GIRAR EN DIRECCIÓN INVERSA MIENTRAS TODAVÍA FUNCIONA EN LA DIRECCIÓN DIRECTA.
2. Defina el término "cierre de combinación" en la forma como se usa en los controles de inversión de rotación. EL CIERRE DE COMBINACIÓN ES UN MÉTODO QUE SE UTILIZA PARA NO DEJAR PASAR CORRIENTE A LA BOBINA QUE NO SE ESTE UTILIZANDO EN ESE MOMENTO, PARA EVITAR QUE SE ENERGICE ESA BOBINA Y CON ELLO NO OCURRA UN CORTO CIRCUITO.
3. Anote los tres tipos de cierres de combinación que se usan en los circuitos de control de inversión de rotación.
    1. COMBINACIÓN MECÁNICA.
    2. COMBINACIÓN POR BOTÓN.
    3. COMBINACIÓN ELÉCTRICA DOBLE.
4. Los controladores de reversa se pueden utilizar en sistemas en que se requiere parar en los extremos del recorrido directo e inverso. Los interruptores de límite se usan entonces para parar automáticamente el motor en esos puntos. ¿,En qué parte del circuito de la figura 4 se conectarían esos interruptores de límite? PARA FRENTE SE CONECTARÍA ENTRE EL BOTÓN DE FRENTE (BF) Y LA BOBINA F Y PARA REVERSA SE CONECTARÍA ENTRE EL BOTÓN DE REVERSA (BR) Y LA BOBINA R.
5. Anote en secuencia los eventos que ocurren en el procedimiento 4 (i) cuando se oprime el botón de reversa (BR). PRIMERO SE ENERGIZA LA BOBINA T Y DESPUÉS DE TRANSCURRIDOS LOS 15 SEGUNDOS DE RETRASO DE TIEMPO SE CIERRA EL CONTACTO DE TIEMPO (TDO) Y ESTE HACE QUE SE ENERGIZA LA BOBINA R, LA BOBINA R CIERRA LOS CONTACTOS R Y EN ESE MOMENTO ARRANCA EL MOTOR EN REVERSA.
6. En el procedimiento 4 i) se observo que al oprimir el botón de frente (BF) el motor vuelve a arrancar en el sentido de las manecillas del reloj. ¿Se podría modificar el circuito de control de arranque de inversión de rotación de la figura 6 de tal manera que al oprimir el botón de frente (BF) no arrancara el motor en el sentido de las manecillas del reloj? SI
   De ser así dibuje el circuito de control de arranque en el espacio siguiente.



Elaboró: Barrita Rojas Víctor Manuel
Ponce Moreno Andrei

PRÁCTICA 4

CONTROL DE FRENADO POR CONTRACORRIENTE DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA

Objetivos:

1. Familiarizarse con el frenado por contracorriente de un motor de inducción jaula de ardilla a tensión reducida.
2. Construir un circuito de control de frenado por contracorriente de un motor de inducción jaula de ardilla a tensión reducida.
3. Observar las ventajas que se obtienen al utilizar este tipo de frenado.

Introducción.

Los frenos magnéticos se presentan en una diversidad de tamaños cuyas especificaciones de torsión generalmente se expresan en términos de su capacidad para impedir que las cargas se muevan después de llegar al reposo. En este sentido se clasifican como frenos de retención aunque pueden realizar las funciones de detención de carga y de retención. Los frenos se emplean en combinación con el frenado dinámico cuando se necesita parar una carga en un tiempo especificado.

El frenado contracorriente también conocido como por inversión de fases, consiste en cambiar dos fases de la energía del motor, con objeto de desarrollar un par contrario que se oponga al giro de la maquina. Por supuesto, se hace necesaria la desconexión del motor al alcanzar la velocidad cero, ya que de no ser así el motor seguiría girando, pero en sentido contrario. Esto se puede lograr automáticamente con los interruptores de velocidad cero, para efectos de esta práctica se va a utilizar un temporizador ya que no se cuenta con un interruptor de velocidad cero.

Esta práctica se realiza a tensión reducida, por que el motor de inducción jaula de ardilla al estar a tensión plena, la inversión de rotación se hace instantánea y no se alcanza a ver el frenado por contracorriente.

Un aspecto importante que se debe considerar al seleccionar este tipo de frenado, es que al aplicarlo, la generación de calor en el motor, es a veces el doble o el triple de la correspondiente al arranque. Por este motivo, cuando los tipos de frenado sean superiores a tres segundos, habrá necesidad de investigar más a fondo las condiciones de operación del motor para ver si es posible la utilización de este tipo de frenado.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor electromagnético. (2)
Modulo de relevador de tiempo.
Módulo de motor de inducción de jaula de ardilla.
Módulo de medición de c.a. (2.5 - 8 A c.a)
Módulo de medición de c.a. (0 – 220 V c.a)

Módulo de fuente de energía (0 – 120 / 208 V c.a, 120 / 208 V c.a 3 ϕ)
Estación de botones. (2)
Cables para conexión.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Examine el diagrama de control que se muestra en la figura 1. Observe que el circuito se encuentra conectado a 220 V c.a. en las terminales fijas 1 y 2 de la fuente de energía.

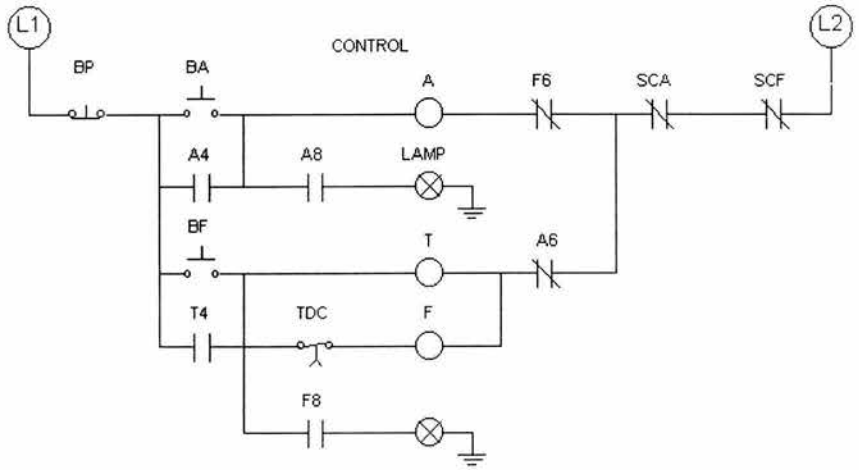


Figura 1

b) ¿Se energizara la bobina electromagnética A al oprimir el botón de arranque (BA)? SI

c) ¿Al oprimir el botón de frenado (BF) el motor se frena? NO
Explique su respuesta: EL MOTOR NO SE FRENA POR QUE AL OPRIMIR EL BOTÓN DE FRENADO (BF) NO SE ENERGIZA LA BOBINA F, YA QUE TANTO LA BOBINA A COMO LA BOBINA R ESTÁN ENCLAVADAS Y POR TAL MOTIVO MIENTRAS UNA-ESTE ENERGIZADA LA OTRA NO SE PODRÁ ENERGIZAR.

d) ¿Al oprimir el botón de paro (BP) se desenergiza la bobina electromagnética A.

e) ¿Al oprimir el botón de frenado (BF), en ese instante se energiza la bobina T? SI
Explique su respuesta: EN EL MOMENTO QUE SE OPRIME EL BOTÓN DE FRENADO (BF) SE ENERGIZA LA BOBINA F Y SE CIERRA EL CONTACTO (NO) (R5), EN ESE INSTANTE SE ENERGIZA LA BOBINA T.

f) ¿La duración del encendido del motor depende del tiempo que se mantenga oprimido el botón de arranque (BA)? NO
Explique su respuesta: AL OPRIMIR EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE ENERGIZA LA BOBINA A CERRANDO EL CONTACTO (NO) (R4), ESTE CONTACTO SIRVE COMO CONTACTO DE RETENCIÓN DE LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA A, Y AUNQUE SE SUELTE EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) LA BOBINA A SE MANTIENE ENERGIZADA.

2.

a) Conecte el circuito de control como se muestra en la figura 1.
b) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ 1 ,2 y 3.

c) Encienda la fuente de energía y cheque el control.
d) Revise que el botón de arranque (BA) sólo energice la bobina A.
e) Verifique que la bobina A y la bobina F estén enclavadas.
f) Cheque que el botón de paro (BP) desenergice todo el sistema de control.
g) Revise que los circuitos de sobrecarga SCA y SCF desconecten todo el circuito de control.
h) Ajuste el temporizador a 95 centésimas de segundo.
i) Cheque que el temporizador cierre y abra los contactos de tiempo.
j) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control de frenado por contracorriente como se muestra en la figura 2.
b) Conecte las entradas del motor de inducción jaula de ardilla terminales 1, 2 y 3 a las salidas de los contactos NO (A1, A2, A3) del modulo de contactor magnético A respectivamente.
c) Conecte las salidas variables de la fuente de energía terminales 4, 5 y 6 a las entradas de los contactos NO (A1, A2, A3) del módulo de contactor magnético A.
d) Ponga en corto circuito las terminales 4, 5 y 6 del motor de inducción jaula de ardilla.

e) Conecte un medidor de c.a (0 – 5 A c.a) en serie con la salida variable de la fuente de energía terminal 4 y la entrada del contacto NO A1.
f) Conecte un medidor de voltaje (0 – 220 V c.a) entre las salidas variables de la fuente de energía terminales 4 y 5.
g) Encienda la fuente de energía.
h) Ajuste las terminales variables 4, 5 y 6 de la fuente de energía a 106 V c.a. de línea a línea.

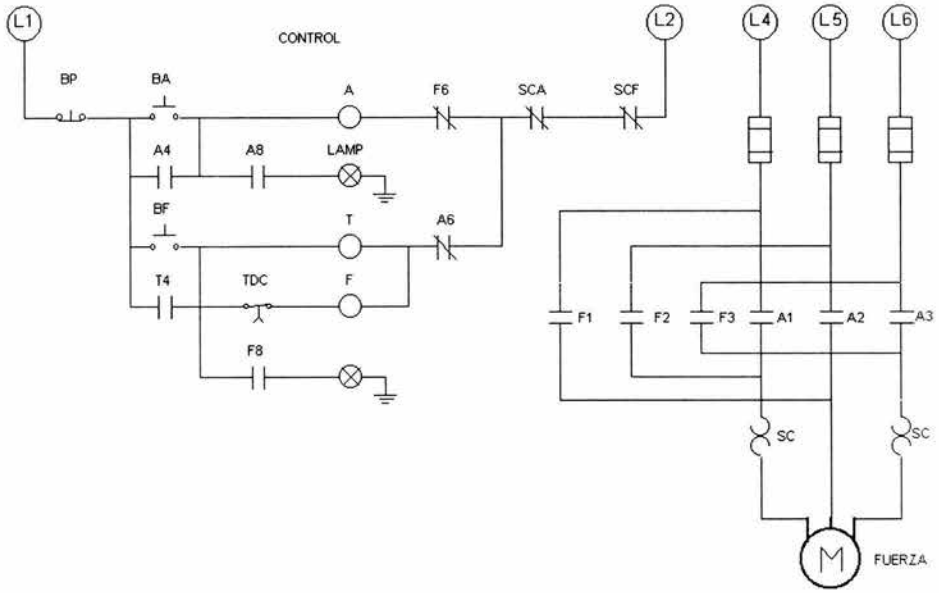


Figura 2

i) Oprima el botón de arranque (BA)
j) Mida y anote corriente de arranque I_A, voltaje de arranque V_A en la tabla 1.
k) Oprima el botón de paro (BP) e inmediatamente oprima el botón de frenado (BF).
l) Mida y anote la corriente de frenado I_F y el voltaje de frenado V_F en la tabla 1.

	Arranque	Frenado
Corriente	1.49 I_A	2.52 I_F
Voltaje	105.8 V_A	102.3 V_F

Tabla 1

Nota: Si el motor no alcanza a frenarse en su totalidad o se invierte el sentido de giro, reajuste el tiempo establecido del temporizador para que el motor se frene en su totalidad.

m) Si el motor no se para en su totalidad repita desde el inciso i).

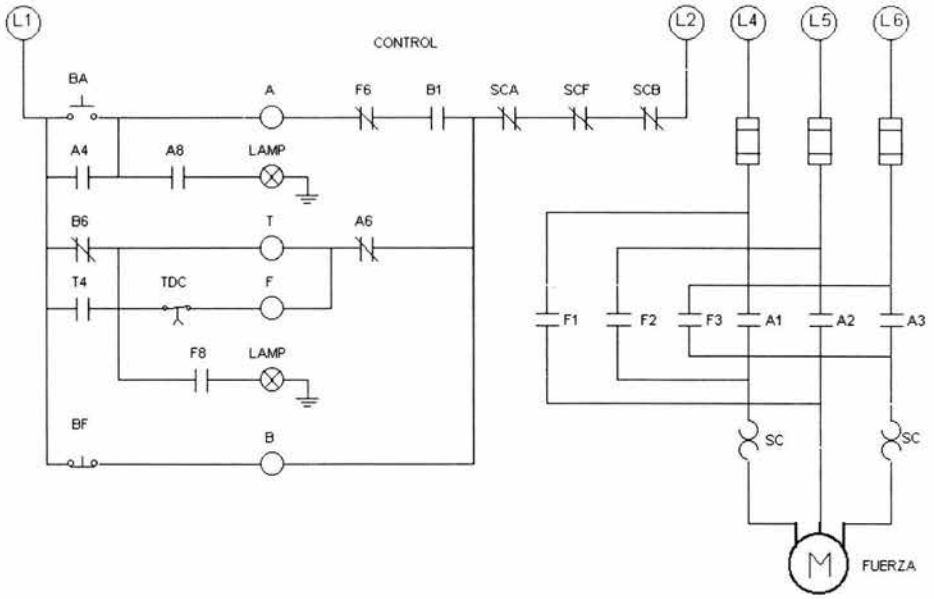
n) ¿La corriente de arranque y de frenado son iguales? NO

o) ¿El voltaje de arranque y de frenado son iguales? NO

Repase sus conocimientos

1. ¿Por que el motor de inducción jaula de ardilla no se conecta a sus valores nominales? EL MOTOR NO DEBE SER CONECTADO A SUS VALORES NOMINALES POR QUE EL EFECTO DE FRENADO NO SE ALCANZARÍA A OBSERVAR COMPLETAMENTE, YA QUE NO SE CUENTA CON UNA CARGA ADICIONAL QUE HAGA QUE LA INERCIA ACTÚE EN ESTE EXPERIMENTO.
2. ¿Qué pasa cuando se oprime el botón de frenado enseguida de que se oprime el botón de paro (BP)? CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE DESENERGIZA LA BOBINA A Y EN ESE MOMENTO SE PUEDE OPRIMIR EL BOTÓN DE FRENADO (BF). CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE FRENADO (BF) SE ENERGIZA LA BOBINA F Y EL RELEVADOR DE TIEMPO (TEMPORIZADOR T), LA BOBINA F HACE QUE SE INVIERTAN DOS DE SUS FASES DEL MOTOR CON OBJETO DE DESARROLLAR UN PAR CONTRARIO QUE SE OPONGA AL GIRO DEL MOTOR. POR SUPUESTO, SE HACE NECESARIA LA DESCONEXIÓN DEL MOTOR AL ALCANZAR LA VELOCIDAD CERO, YA QUE DE NO SER ASÍ EL MOTOR SEGUIRÍA GIRANDO, PERO EN SENTIDO CONTRARIO, PARA ESTO SE UTILIZA EL RELEVADOR DE TIEMPO T QUE ES LA QUE LE DA EL TIEMPO DE FRENADO.
3. ¿Por qué se debe parar primero el motor y después frenarlo? EL MOTOR SE DEBE PARAR PRIMERO YA QUE LAS BOBINAS A Y F SE ENCUENTRAN ENCLAVADAS, POR ESTA RAZÓN, MIENTRAS UNA FUNCIONA LA OTRA NO PUEDE ACTUAR. EN EL MOMENTO QUE SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE DESENERGIZA LA BOBINA A Y ASÍ PUEDE ACTUAR CUALQUIERA DE LAS DOS.
4. ¿Se podría modificar el circuito de control de tal manera que el botón de paro se convirtiera en el botón de frenado, es decir, al momento que se oprima el botón de frenado el motor se detuviera? SI
   De ser así dibuje el diagrama de circuito de control de frenado por contracorriente. Si el tiempo lo permite conecte el circuito de control de frenado por contracorriente que diseño.
5. ¿Funciona como lo esperó? SI

Control de frenado por contracorriente de un motor de inducción jaula de ardilla



Elaboro: Barrita Rojas Víctor Manuel
Ponce Moreno Andrei

PRÁCTICA 5

CONTROL DE ARRANQUE A TENSION REDUCIDA "ESTRELLA-DELTA" DE UN MOTOR DE INDUCCION JAULA DE ARDILLA

Objetivos:

1. Aprender el principio de arranque en estrella-delta.
2. Aprender a conectar un circuito de control en estrella-delta.
3. Comparar las características de funcionamiento del arrancador en estrella-delta contra el arrancador con resistencia primaria.

Introducción.

Otro método de reducir la corriente de arranque y la torsión de arranque es mediante el arranque en estrella-delta. Cuando se designa un motor trifásico de jaula de ardilla para que funcione normalmente con el devanado del estator conectado en delta, el voltaje por devanado (fase) es igual al voltaje de línea. Por tanto, si se conecta el devanado en estrella por medios externos al arrancar, se reducirá el voltaje de fase a:

$$E_L / \sqrt{3},$$

es decir a 58 % del voltaje de línea. Este es otro método de arranque a voltaje reducido que se puede emplear cuando se sacan ambos extremos de cada devanado del estator y se hacen disponibles para la conmutación. En la Figura 1 se muestran las conexiones de arrancador elemental en estrella-delta. Los tres devanados de estator del motor de jaula de ardilla están representados mediante T1-T5, T2-T4 y T3-T6. Se muestran tres contactos, E, D y M diferentes. Los contactos E y D se usan para conectar los devanados de estator en las configuraciones estrella o delta. Luego se conecta el motor a una fuente de 120 V 3ϕ mediante el contacto M de línea.

En la Figura 2 (a) se muestra un diagrama esquemático simplificado que indica cómo se logra esto. Al oprimir un botón de arranque (BA) se cierran los contactos E para conectar en estrella los tres devanados del estator después de lo cual se cierran los tres contactos de línea (M). Por tanto, el motor arranca bajo condiciones que equivalen a un voltaje de línea de 0.58 E_L.

Después del intervalo determinado por el ajuste de un relevador de tiempo, los contactos E se abren y los D se cierran. Con las tres esquinas de la delta conectadas ahora a la línea de energía, el motor funciona normalmente al voltaje especificado como se muestra la Figura 2 (b). Una ventaja importante de este plan de arranque de voltaje reducido es que no se requiere equipo accesorio tal como resistencias, reactores o transformadores.

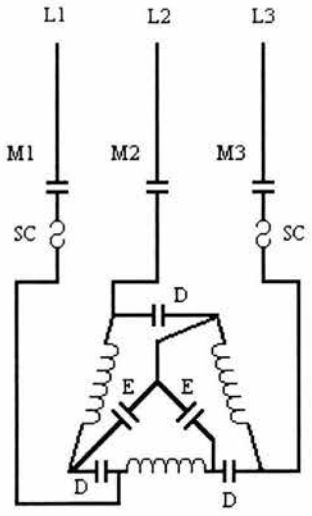
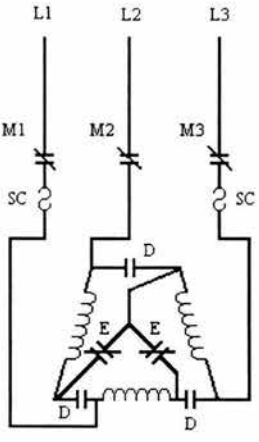
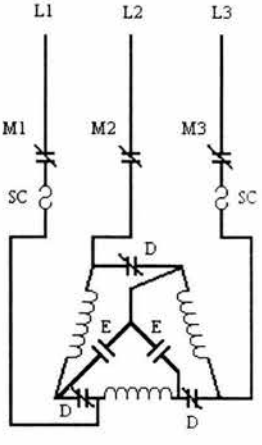


Figura 1

La corriente y torsión de arranque se reducen considerablemente con este método de estrella-delta de aceleración del motor. El motor desarrolla 33 % de la torsión de arranque a voltaje total y toma 33% de corriente de arranque normal de la línea.



Arranque en estrella
(a)



Arranque en delta
(b)

Figura 2

Elaboró: Barrita Rojas Víctor Manuel
Ponce Moreno Andrei

En la Figura 3 se muestra un diagrama esquemático de un circuito de control en estrella-delta conectado a las tres fases de los devanados de un motor de jaula de ardilla. Como se explicó antes, su funcionamiento depende de cerrar primero los contactos E y M, lo que permite al motor acelerar a casi su velocidad total y luego abre los contactos E antes que se permita cerrarse a los contactos D. Es imperativo que los dispositivos de control impongan estas restricciones en los contactores S y D debido a que su funcionamiento simultáneo significaría un corto circuito.

El motor arranca con el devanado conectado en estrella al oprimir el botón de arranque (BA), lo que activa el relevador TR de tiempo que se sostiene mediante el contacto NO M4. Al mismo tiempo se cierra el contactor M de línea y conecta el motor a la línea. Después de un intervalo determinado por el ajuste del relevador TR, un contacto de abertura, de retraso de tiempo, abre el contactor E, desconectando al motor en estrella. El contacto de cierre de retraso de tiempo de TR suministra energía al contactor D, lo que cierra a los contactos D mientras abre los contactos E, cambiando con ello la conexión de los devanados del estator de estrella a delta.

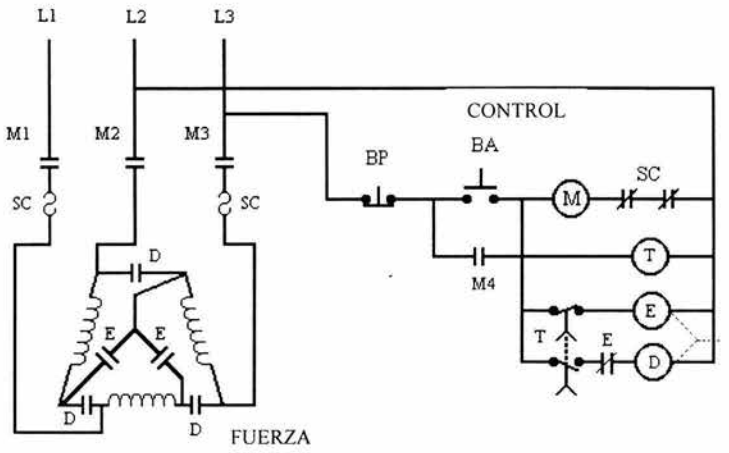


Figura 3

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor electromagnético. (3)
Módulo de relevador de tiempo.
Módulo de motor de inducción de jaula de ardilla.
Módulo medidor de c.a. (2.5 - 8 A c.a)
Módulo de fuente de energía. (0 – 120 / 208 V c.a, 120 / 208 V 3 ϕ)
Cables para conexión.
Estación de botones.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Arme el circuito de control que se muestra en la figura 4. Observe que el control está conectado a 220 V c.a en las salidas fijas terminales 1 y 2 de la fuente de energía.

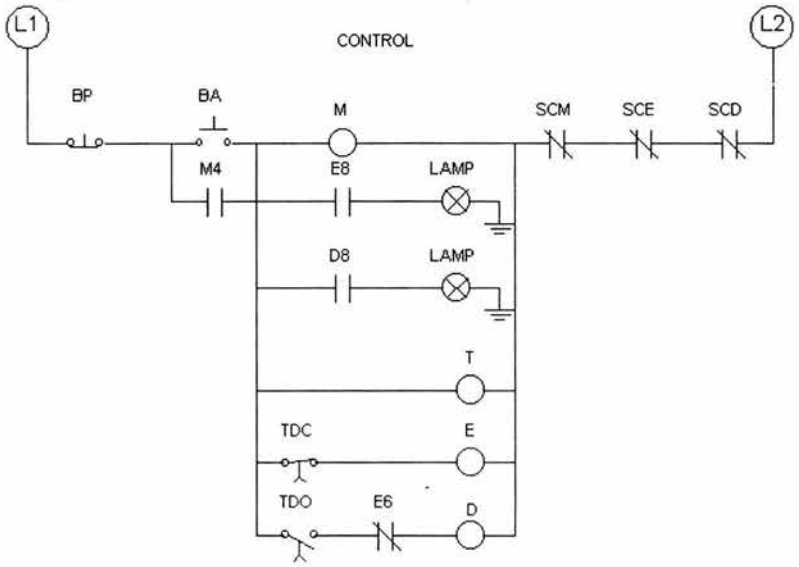


Figura 4

b) Pídale a su instructor que revise las conexiones realizadas.
c) Encienda la fuente de energía.
d) Oprima el botón de arranque (BA) y ajuste el retraso de tiempo a 8 segundos.
e) Examine que tanto la bobina M, la bobina T y la bobina E se energicen en el momento que se oprime el botón de arranque (BA).
f) Revise que después de que hayan pasado los 8 segundos de retraso de tiempo se desenergice la bobina E y se energice la bobina D.
g) Verifique que los circuitos de sobrecarga SCM, SCE, SCD desconecten todo el circuito de control.
h) Oprima el botón de paro (BP).
i) Apague la fuente de energía.

2.

a) Conecte el circuito de control de arranque a tensión reducida estrella-delta como se muestra en la figura 5. Observe que las entradas 1, 2 y 3 del motor de inducción jaula de ardilla están conectadas a las salidas de los contactos NO M1, M2 y M3 respectivamente del módulo de contactor magnético M, la salida variable de la fuente de energía, terminales 4, 5 y 6 están conectadas a las entradas de los contactos NO M1, M2 y M3 del módulo de contactor magnético M respectivamente.

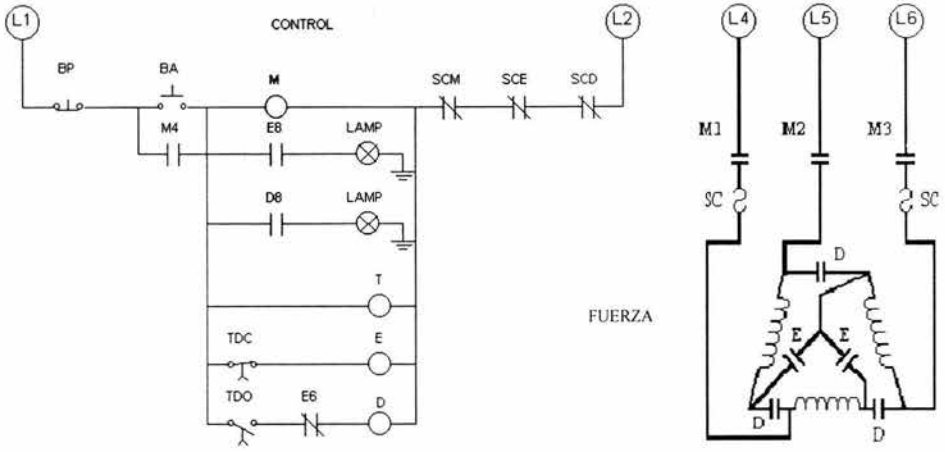


Figura 5

b) Conecte primero el motor de inducción jaula de ardilla en estrella. Observe que la entrada del contacto NO E1 del módulo de contactor magnético E está conectada a la terminal 4 del estator, la salida del contacto NO E1 del módulo de contactor magnético E está conectada a la terminal 6 del estator, la entrada del contacto NO E2 del módulo de contactor magnético E está conectada a la terminal 5 del estator, la salida del contacto NO E2 del módulo de contactor magnético E está conectada a la terminal 6 del estator.

c) Conecte un medidor de c.a (0 – 2.5 A c.a) en serie con la salida variable de la fuente de energía y la entrada del contacto NO M1.

d) Conecte un medidor de voltaje c.a (0 – 220 V c.a) entre las salidas variables de la fuente de energía terminales 4 y 5.

e) Encienda la fuente de energía.

f) Ajuste la fuente variable de energía en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.

g) Oprima el botón de arranque (BA).

h) Observe que el motor arranque en estrella y deje pasar los 8 segundos de retraso de tiempo, después de haber transcurrido ese tiempo el motor se debe parar. De no ser así cheque el control.

i) Apague la fuente de energía.
j) Ahora conecte la segunda parte, que es, la conexión en delta del motor de inducción jaula de ardilla. Observe que la entrada del contacto NO D1 del módulo de contactor magnético D está conectada a la entrada del devanado de estator terminal 1, la salida del contacto NO D1 del módulo de contactor magnético D está conectada a la entrada del devanado de estator terminal 5, la entrada del contacto NO D2 del módulo de contactor magnético D está conectada a la entrada del devanado de estator terminal 2, la salida del contacto NO D2 del módulo de contactor magnético D está conectada a la entrada del devanado de estator terminal 6, la entrada del contacto NO D3 del módulo de contactor magnético D está conectada a la entrada del devanado de estator terminal 4, la salida del contacto NO D3 del módulo de contactor magnético D está conectada a la entrada del devanado de estator terminal 3.
k) Encienda la fuente de energía.
l) Ajuste la fuente variable de energía en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
m) Oprima el botón de arranque (BA) y observe el comportamiento del motor. De ser necesario reajuste la fuente de energía para mantener 220 V durante el arranque.
n) Oprima el botón de parada (BP). Repita varias veces (m) y (n) mientras observa los voltajes en las terminales del estator. Anote el voltaje de arranque y marcha normal indicado por V y la corriente de arranque y marcha normal indicada por I.

$E_{Arranque}$ = _____211_____ $V\ c.a$

$I_{Arranque}$ = _____1.28_____ $A\ c.a$

$E_{No\ min\ al}$ = _____210_____ $V\ c.a$

$I_{No\ min\ al}$ = _____0.72_____ $A\ c.a$

o) Apague la fuente de energía.

3.

a) Después de los 8 segundos de retraso de tiempo el motor se conecta en delta. Anote el voltaje nominal en delta indicado por V y la corriente nominal indicada por I

$E_{No\ min\ al}$ = _____210_____ $V\ c.a$

$I_{No\ min\ al}$ = _____2.32_____ $A\ c.a$

b) Oprima el botón de paro (BP).
c) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. Anote las ventajas de usar arranque en estrella-delta en comparación con otros métodos de arranque a voltaje reducido. UNA VENTAJA IMPORTANTE DE ESTE TIPO DE ARRANQUE ES QUE NO SE REQUIERE EQUIPO ACCESORIO TAL COMO RESISTENCIAS, REACTORES O TRANSFORMADORES. LA CORRIENTE Y TORSIÓN DE ARRANQUE SE REDUCEN CONSIDERABLEMENTE CON ESTE MÉTODO DE ESTRELLA-DELTA DE ACELERACIÓN DEL MOTOR. EL MOTOR DESARROLLA 33 % DE LA TORSIÓN DE ARRANQUE A VOLTAJE TOTAL Y TOMA 33% DE CORRIENTE DE ARRANQUE NORMAL DE LA LÍNEA.

2. ¿Qué característica especial debe tener un motor de inducción jaula de ardilla para que se pueda arrancar usando este método de estrella-delta? EL MOTOR QUE SE UTILIZA PARA ESTE TIPO DE ARRANQUE DEBE FUNCIONAR NORMALMENTE CON CONEXIÓN DELTA.

3. Explique por qué este arrancador en estrella-delta no tiene una transición suave del funcionamiento a voltaje reducido a funcionamiento a voltaje total. EL CAMBIO DE ESTRELLA A DELTA SE HACE INSTANTÁNEAMENTE, YA QUE EL MOTOR TIENE QUE ADQUIRIR POR LO MENOS EL 80 % DE SU VELOCIDAD NOMINAL. CUANDO ESTO SUCEDE SE PASA RÁPIDAMENTE A DELTA, DEJANDO EL MOTOR FUNCIONANDO EN CONDICIONES NORMALES DE TENSIÓN, CORRIENTE Y POTENCIA.

4. ¿Qué valor de tensión adquiere el motor en cada una de sus fases al conectarlo en estrella? LA TENSIÓN EN CADA UNA DE LAS FASES SERÁ $1/\sqrt{3}$

5. ¿Por qué el temporizador requiere de ser ajustado a 15 segundos, para después pasar a delta? PARA QUE EL MOTOR ADQUIERA POR LO MENOS EL 80 % DE SU VELOCIDAD NOMINAL ANTES DE QUE CAMBIE A DELTA.

PRÁCTICA 6

CONTROL DE ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN DE ROTOR DEVANADO

Objetivos:

1. Analizar lá estructura de un diagrama de control de arranque a tensión reducida de un motor de inducción de rotor devanado.
2. Analizar la estructura de un diagrama de fuerza de arranque a tensión reducida de un motor de inducción de rotor devanado.
3. Aprender el principio del arranque de motores de rotor devanado utilizando resistencias externas en el rotor.

Introducción.

Muchas aplicaciones industriales requieren que la corriente de arranque del motor, la torsión de arranque y la velocidad de operación sean ajustables. Un tipo de máquina de c.a que permite estos ajustes es el motor de rotor devanado. Ya que es posible ajustar la corriente, torsión y velocidad, es necesario elegir dispositivos y circuitos de control adecuados para aprovechar esas posibilidades al máximo.

En la Figura 1 se muestra un diagrama simplificado que muestra la manera como se conectan las resistencias externas en el circuito del rotor de un motor de rotor devanado.

La resistencia externa total se elige en la práctica en base a la torsión de arranque deseada y la máxima corriente de arranque permisible. El número de secciones o pasos de resistencia se elige en base a la cantidad de puntos de velocidad y un suavizamiento aceptable de la aceleración. A mayor resistencia externa, menor será la corriente de arranque. Esto es verdadero debido a que en realidad, durante el arranque el devanado del rotor es el secundario de un transformador cuya impedancia total afecta la magnitud no sólo de la corriente en ese devanado, sino por acción de transformador, también de la corriente que toma del estator, es decir, el primario.

Las resistencias externas pueden tener derivaciones para proporcionar valores de resistencia predeterminados. La resistencia total en el circuito del rotor se puede variar cerrando contactos manuales o magnéticos dispuestos para poner en cortocircuito progresivamente a distintas partes de la resistencia total. Este arreglo proporciona cambios escalonados en la aceleración o en la velocidad de operación. El motor arranca con la resistencia externa total en el circuito secundario. Al poner en corto circuito las secciones de la resistencia externa en secuencia hasta quitar toda la resistencia, el motor acelera a través de una serie de puntos característicos definidos de velocidad-torsión que corresponden al valor de la resistencia en cada paso.

El motor con rotor devanado es útil cuando se desea alta torsión de arranque con baja corriente de arranque. Las cargas pesadas se pueden arrancar lenta y suavemente sin alterar la línea excesivamente. También se usa en los casos en que se desea regular la velocidad tal como en ventiladores, bombas centrífugas, alimentadores de fogones, y

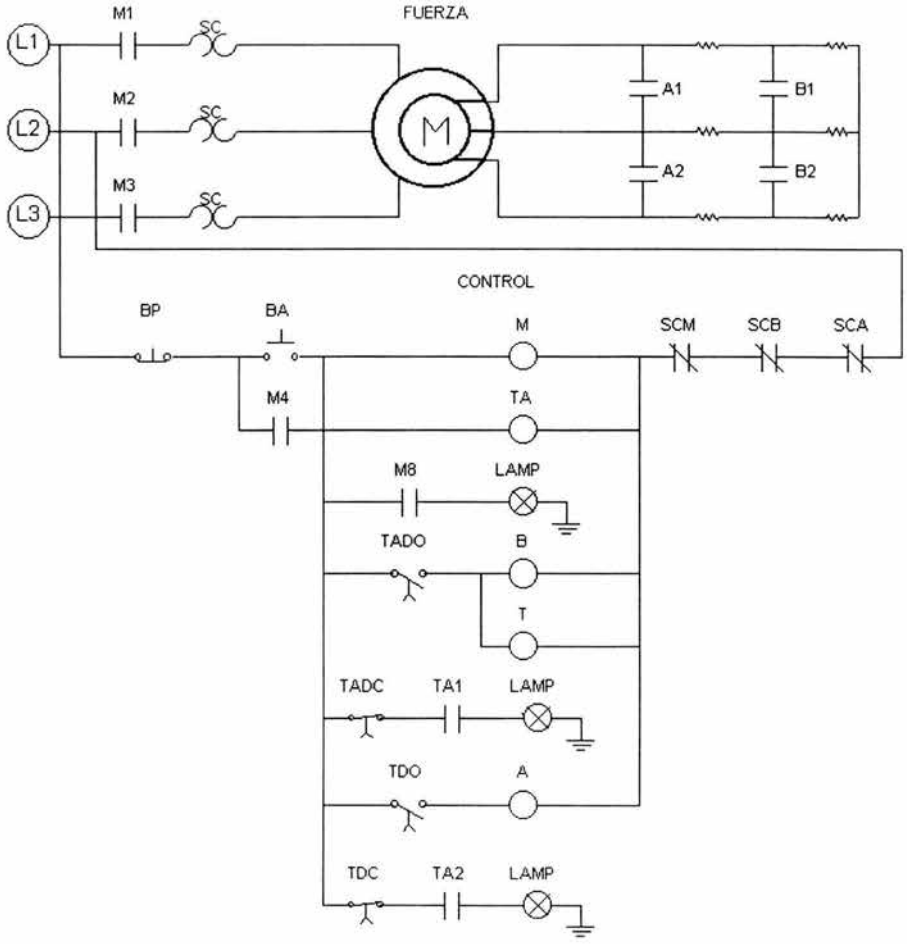


Figura 1

máquinas de imprenta. El motor es especialmente aplicable a grúas, elevadores, puentes de manejo de carbón y aplicaciones semejantes en que se requiere control de velocidad para una diversidad de cargas que deben bajarse con seguridad.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor electromagnético. (2)
Módulo de motor de inducción de jaula de ardilla. (3 ϕ)
Módulo de motor de inducción de rotor devanado. (3 ϕ)
Módulo medición de c.a. (0 - 8 A c.a)

Módulo de medición de c.a. (0 – 220 V c.a)
Módulo de fuente de energía. (0 – 120 / 208 V c.a, 120 / 208 V 3 ϕ)
Módulo de resistencias Italo.
Estación de botones. (2)
Cables para conexión.
Banda de sincronización.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Examine el circuito de control magnético de la figura 2. Las tres corrientes de línea se pueden medir con los amperímetros en serie en cada fase.

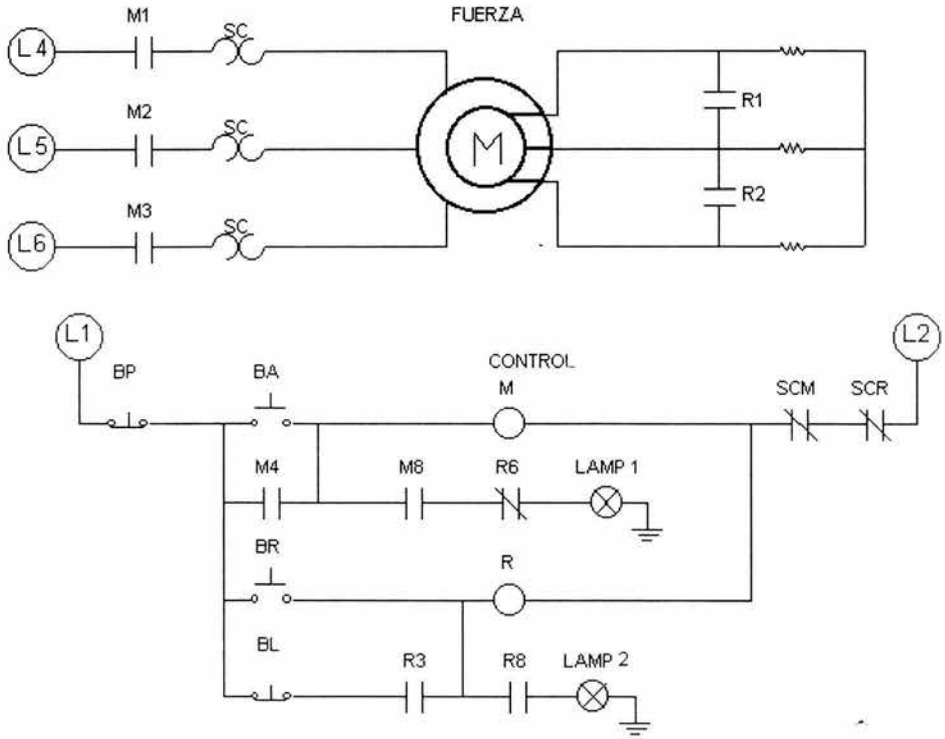


Figura 2

Anote las funciones de los cuatro botones. EL BOTÓN DE PARO (BP) SIRVE PARA PARAR TODO EL SISTEMA EN CUALQUIERA DE SUS ETAPAS, EL BOTÓN DE ARRANQUE SIRVE PARA ENERGIZAR LA BOBINA M Y ASÍ CERRAR LOS CONTACTO (NO) M QUE ENERGIZAN LAS 3 LÍNEAS DEL ESTATOR PARA QUE GIRE EN MARCHA LENTA, EL BOTÓN DE MARCHA RÁPIDA SIRVE PARA ENERGIZAR LA BOBINA R Y ASÍ CERRAR LOS CONTACTOS (NO) R QUE HACEN QUE EL MOTOR GIRE EN MARCHA RÁPIDA Y EL BOTÓN DE MARCHA LENTA SIRVE PARA DESENERGIZAR LA BOBINA R Y ASÍ PASA A MARCHA LENTA.

b) ¿El motor siempre arrancará en la condición de lento? SI
Explique su respuesta. AL OPRIMIR EL BOTÓN DE ARRANQUE SE ENERGIZA LA BOBINA M Y SE CIERRAN LOS CONTACTOS (NO) M QUE HACEN QUE EL MOTOR GIRE, PERO EN ESA CONDICIÓN EL ROTOR SE ENCUENTRA CONECTADO A LAS RESISTENCIAS POR LO QUE SE PRODUCE UNA MAYOR RESISTENCIA EN EL ROTOR.

c) Indique si la lámpara piloto 1 señalara cuando el motor esté en la condición de lento
SI
Explique su respuesta. AL OPRIMIR EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE ENERGIZA LA BOBINA M Y EN ESE MOMENTO SE CIERRAN LOS CONTACTOS (NO) (M1, M2, M3, M8); EL CONTACTO (NO) M8 HACE QUE PRENDA LA LÁMPARA.

d) Diga si la lámpara piloto 2 indicará cuando el motor esté en la condición de rápido. SI
Explique su respuesta. AL OPRIMIR E BOTÓN DE MARCHA RÁPIDA SE ENERGIZA LA BOBINA R Y EN ESE MOMENTO SE CIERRAN LOS CONTACTOS (NO) (R1, R2, R8), EL CONTACTO (NO) R8 ES EL QUE HACE QUE LA LÁMPARA PILOTO ENCIENDA.

2.

a) Conecte el circuito como se muestra en la figura 3. Observe que el motor de jaula de ardilla actúa como carga pasiva para el motor con rotor devanado. Todavía no haga conexiones eléctricas al motor de jaula de ardilla.
b) Use 50 Ω para cada uno de los valores de resistencia en serie.
c) Ponga en corto circuito las tres terminales (4, 5 y 6) del motor con rotor devanado.
d) Acople el motor de jaula de ardilla al motor con rotor devanado con la bãnda de sincronización.
e) Cierre la cara del módulo del motor de rotor devanado y apriete firmemente los dos tornillos prisioneros.
f) Coloque la banda de sincronización entre las dos poleas libres.

g) Cierre y fije la cara del módulo del motor de jaula de ardilla.

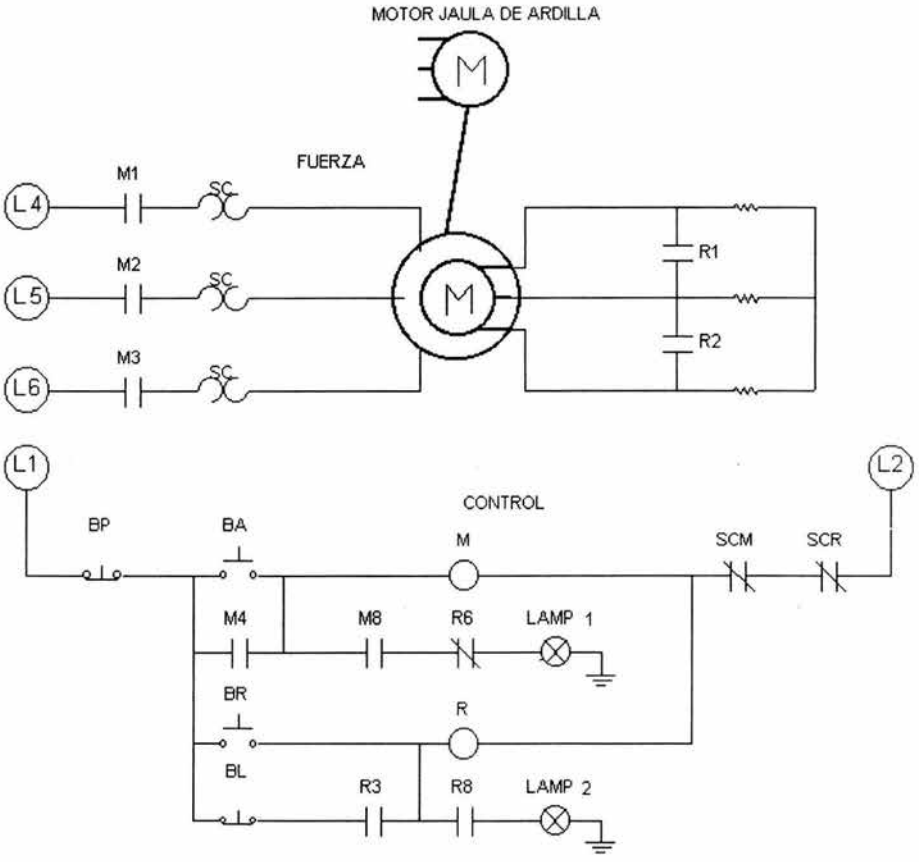


Figura 3

3.

a) Encienda la fuente de energía.
b) Ajuste la fuente variable de energía en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
c) Oprima el botón de arranque (BA) y observe el comportamiento del motor.
d) Oprima el botón de paro (BP). Repita c) y d) varias veces mientras observa las tres corrientes de línea. Estas deben ser máximas cuando arranque el motor y luego deben disminuir gradualmente conforme acelera el motor. Anote las corrientes iniciales indicadas por I_1, I_2, e I_3.

$$I_{1_{Arranque}} = \_\_\_\_\_1.15\_\_\_\_\_ A\ c.a$$

$I_{2\,arranque}$ = 1.10 *A c.a*

$I_{3\,arranque}$ = 1.14 *A c.a*

e) Calcule la corriente promedio de arranque cuando usa resistencia externa de rotor.

$I_{promedio}$ = 1.13 *A c.a*

f) Arranque el motor y oprima los botones de lento y rápido
g) Indique si la lámpara 1 señala cuando el motor está funcionando en la condición de lento. SI
h) Indique si la lámpara 2 señala cuando el motor está funcionando en la condición de rápido. SI
i) Indique si el motor arranca sólo en la condición de lento. SI
j) Indique si el motor debe estar en la condición de lento antes de pararse. NO
Explique su respuesta. EN EL MOMENTO QUE SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE DESENERGIZA TODO EL CIRCUITO DE CONTROL, POR ESO NO IMPORTA EN QUE CONDICIÓN ESTE TRABAJANDO EL MOTOR YA QUE EN CUALQUIERA DE LAS DOS CONDICIONES LAS BOBINAS R Y M SE DESENERGIZAN AL OPRIMIR EL BOTÓN DE PARO (BP)
k) Oprima el botón de paro (BP).
l) Apague la fuente energía.

4.

a) Conecte el circuito de control de arranque a tensión reducida de un motor de inducción de rotor devanado como se muestra en la figura 4.
b) Encienda la fuente de energía.
c) Oprima el botón de arranque (BA) y observe el comportamiento del motor.
d) Oprima el botón de paro (BP). Repita (c) y (d) varias veces mientras observa las tres corrientes de línea. Anote las corrientes iniciales indicadas por I_1, I_2 e I_3.

$I_{1\,arranque}$ = 2.20 *A c.a*

$I_{2\,arranque}$ = 2.11 *A c.a*

$I_{3\,arranque}$ = 2.03 *A c.a*

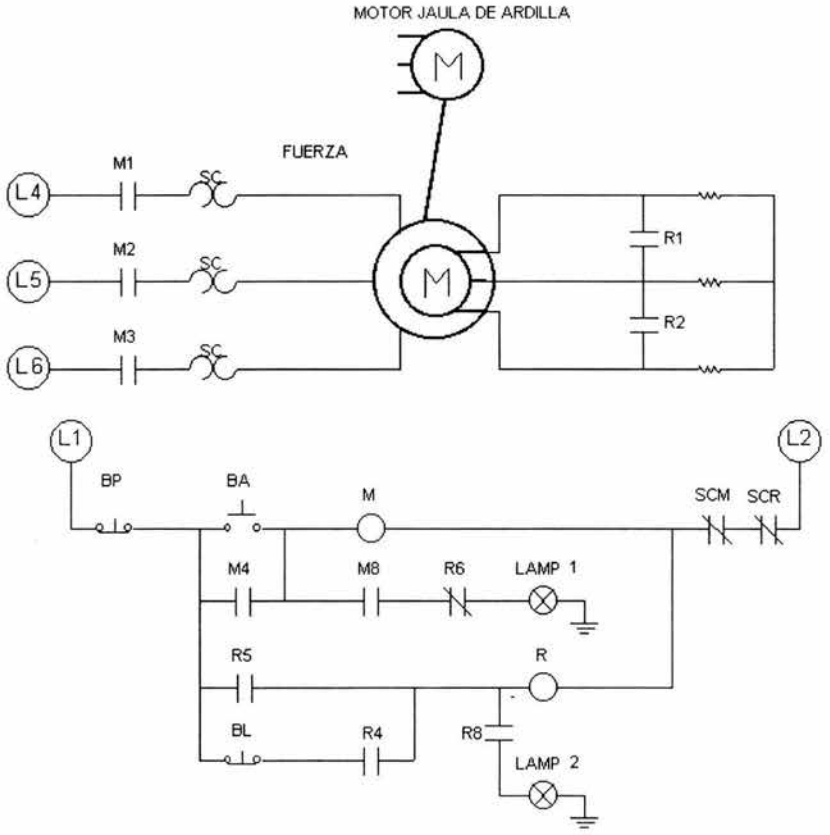


Figura 4

e) Calcule la corriente promedio de arranque cuando no usa resistencia externa del rotor.

$$I_{promedio} = \_\_\_\_\_2.11\_\_\_\_\_ A\,c.a$$

f) Oprima el botón de paro (BP).
g) Apague la fuente de energía.
h) Regrese el circuito como estaba conectado en la figura 3.

5.

a) Ahora se utilizará el motor de jaula de ardilla como carga gravitacional para el motor de rotor devanado. El motor de jaula de ardilla debe girar en la dirección opuesta al motor de rotor devanado para simular una carga de gravedad. Un

voltaje de línea de 3ϕ de 75 V c.a aplicado al estator del motor de jaula de ardilla, como se muestra en la figura 3.

Nota: El motor de jaula de ardilla se calienta cuando se activa con 75 V c.a. La corriente de línea cuando el motor está parado es entonces aproximadamente de 2.9 A c.a. No haga funcionar el motor de esta manera durante más de unos cuantos minutos cada vez.

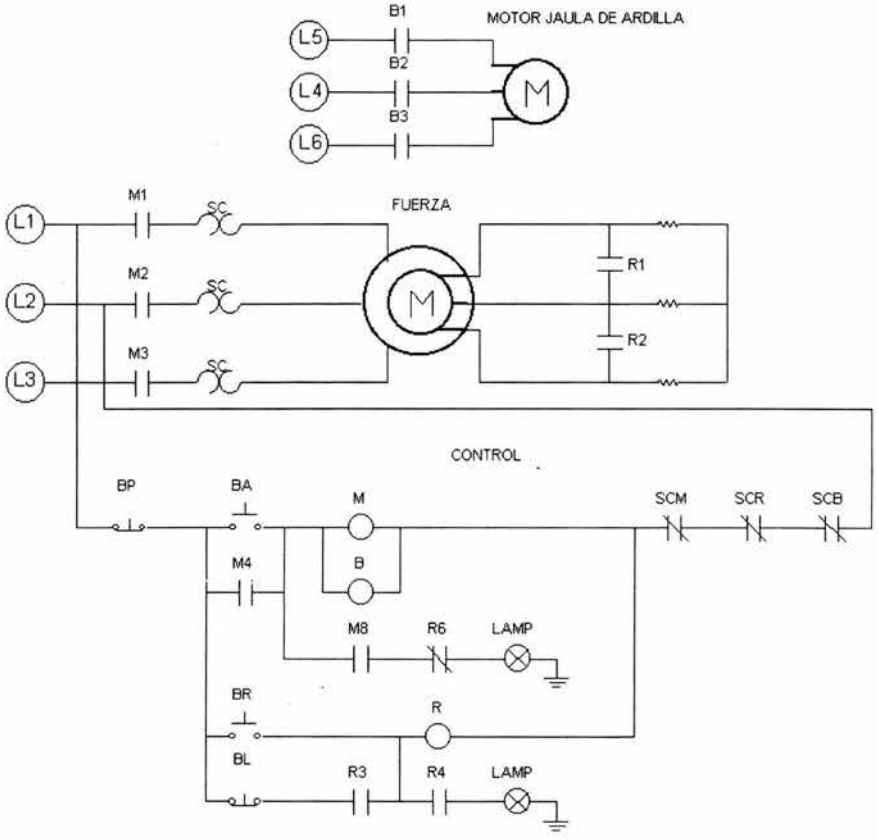


Figura 5

b) Conecte los tres devanados del estator del motor de jaula de ardilla a la salida de los contactos NO (B1, B2 y B3) del módulo de contactor magnético B, las entradas de los contactos NO (B1, B2 y B3) del módulo de contactor magnético B a las salidas variables de 3ϕ de la fuente de energía, terminales 5, 4 y 6 respectivamente. Como se muestra en la figura 5. Observe que para que el motor se mueva en dirección inversa, se intercambian dos de las fases.

c) Ponga en corto circuito las tres terminales (4, 5 y 6) del motor de jaula de ardilla.
d) Cambie los valores de las tres resistencias en serie a 23 Ω.
e) Gire el dial de control de voltaje de la fuente de energía a su mínima posición en sentido contrario a las manecillas del reloj para cero voltaje variable de salida.

6.

a) Encienda la fuente de energía.
b) Oprima el botón de arranque. El motor con rotor devanado debe funcionar y hacer funcionar al motor de jaula de ardilla.
c) Ahora ajuste la salida variable de 3 ϕ de la fuente de energía para dar 150 V de línea a línea para el motor de jaula de ardilla.
d) ¿Se frena algo el motor de rotor devanado con carga? SI
e) Haga funcionar el motor de tracción en las condiciones de rápido y lento.
f) Oprima el botón de paro (BP) mientras observa la rotación del motor de tracción.
g) ¿El motor de jaula de ardilla simula una carga de gravedad? SI
h) Vuelva el voltaje a cero y apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿Por qué a mayor resistencia en el circuito del rotor disminuye la velocidad del rotor? A MAYOR RESISTENCIA EXTERNA, MENOR SERÁ LA CORRIENTE DE ARRANQUE. ESTO ES VERDADERO DEBIDO A QUE EN REALIDAD, DURANTE EL ARRANQUE EL DEVANADO DEL ROTOR ES EL SECUNDARIO DE UN TRANSFORMADOR CUYA IMPEDANCIA TOTAL AFECTA LA MAGNITUD NO SÓLO DE LA CORRIENTE EN ESE DEVANADO, SINO POR ACCIÓN DE TRANSFORMADOR, TAMBIÉN DE LA CORRIENTE QUE TOMA DEL ESTATOR, ES DECIR, EL PRIMARIO.
2. Explique la segunda ventaja importante de utilizar resistencia externa en el circuito del rotor. EL MOTOR CON ROTOR DEVANADO ES ÚTIL CUANDO SE DESEA ALTA TORSIÓN DE ARRANQUE CON BAJA CORRIENTE DE ARRANQUE. LAS CARGAS PESADAS SE PUEDEN ARRANCAR LENTA Y SUAVEMENTE SIN ALTERAR LA LÍNEA EXCESIVAMENTE. TAMBIÉN SE USA EN LOS CASOS EN QUE SE DESEA REGULAR LA VELOCIDAD.
3. Explique por que es aconsejable arrancar un motor de rotor devanado en la condición de lento. POR QUE ES POSIBLE AJUSTAR LA CORRIENTE, TORSIÓN Y VELOCIDAD, ES NECESARIO ELEGIR DISPOSITIVOS Y CIRCUITOS DE CONTROL ADECUADOS PARA APROVECHAR ESAS POSIBILIDADES AL MÁXIMO.

PRÁCTICA 7

CONTROL DE ARRANQUE A TENSION PLENA DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN MONOFASICO DE FASE HENDIDA Y DE ARRANQUE POR CAPACITOR

Objetivos:

1. Aprender las propiedades de arranque de los motores de fase dividida y de arranque por capacitor.
2. Construir y evaluar el comportamiento de un circuito de control para motores de fase dividida y arranque por capacitor.

Introducción.

MOTOR DE FASE DIVIDIDA

De los motores monofásicos, el motor de fase dividida es uno de los más importantes y que tienen un uso más difundido. Se encuentra en máquinas lavadoras, calderas de petróleo, sopladores, bombas centrífugas, herramientas para trabajo en madera, máquinas comerciales, lavadoras de botellas, molinos, instrumentos musicales automáticos, máquinas de cepillado, esmeriles, máquinas herramienta y una diversidad de otras aplicaciones. Generalmente se especifican desde 1/20 a 1/2 hp.

Un motor de fase dividida es un motor de inducción de una fase que tiene un devanado principal y uno auxiliar (de arranque). Los dos devanados están desplazados 90 grados eléctricos entre si. El devanado auxiliar tiene una relación más alta de resistencia a reactancia que el devanado principal, para lograr un efecto de división de fases. Para propósitos de arranque, tanto el devanado principal como el auxiliar están conectados en paralelo a través de la línea. En serie con el devanado auxiliar hay un interruptor de arranque centrífugo que abre entre 75 y 80 por ciento de la velocidad sincrona. En reposo, ambos devanados deben estar conectados en el circuito para desarrollar la torsión de arranque; pero después de que el motor ha llegado hasta 75 a 80 por ciento de la velocidad sincrona, el devanado principal sólo puede desarrollar tanta torsión como los devanados combinados.

MOTOR DE ARRANQUE POR CAPACITOR

Para las aplicaciones de trabajo pesado y propósito general que requieren alta torsión de arranque, el motor de arranque por capacitor es con mucho, el tipo más popular de motor monofásico. Está disponible en todas las especificaciones desde 1/20 hp hasta varios caballos de fuerza.

Un motor de arranque por capacitor, como el motor de fase dividida estándar (resistencia), tiene dos devanados, el principal y el auxiliar. El devanado auxiliar (de

arranque) está desplazado en el espacio con respecto al devanado principal en 90 grados eléctricos y esta conectado en serie con un capacitor e interruptor centrífugo.

Se puede hacer que un motor de fase dividida por resistencia sea un motor de arranque por capacitor, insertando simplemente un capacitor en serie con el, devanado auxiliar. Esto no quiere decir, que los motores comerciales de arranque por capacitor sean simplemente motores de fase dividida a los que se agrega un capacitor, ya que es necesario que los devanados estén diseñados y proporcionados especialmente.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor magnético. (4)
Módulo de motor fase dividida / arranque por capacitor.
Módulo de medidores de c.a.
Módulo de fuente de energía. (0 – 120 V / 208 V c.a, 12O V / 2.08 V c.a)
Estación de botones. (2)
Cables para conexión.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Examine el circuito de control de arranque del motor monofásico de la figura 1. El módulo del motor de fase dividida / arranque por capacitor esta conectado para funcionamiento de fase dividida. El funcionamiento del motor está controlado directamente por el botón de paro (BP). Debido a las grandes corrientes nominales de arranque y operación del motor de fase dividida, el relevador de sobrecarga está conectado en serie con el circuito de control. Tome nota de los dos amperímetros de c.a, en serie con el motor de fase dividida, que permiten medir tanto las corrientes de arranque como de marcha normal sin necesitar interrumpir su circuito para cambiar los rangos de los medidores. El circuito de control está conectado a la salida fija de 220 V c.a de la fuente de energía, terminales 1 y 2.

2.

a) Conecte el circuito de control como se muestra en la figura 2.
b) Utilice los cables cortos para conectar el botón de paro (BP), botón de arranque (BA) y la bobina electromagnética a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ 1, 2 y 3.
c) Conecte el contacto NO FH5 del contactor electromagnético FH en paralelo con el botón de arranque (BA) como se indica en la figura 2.

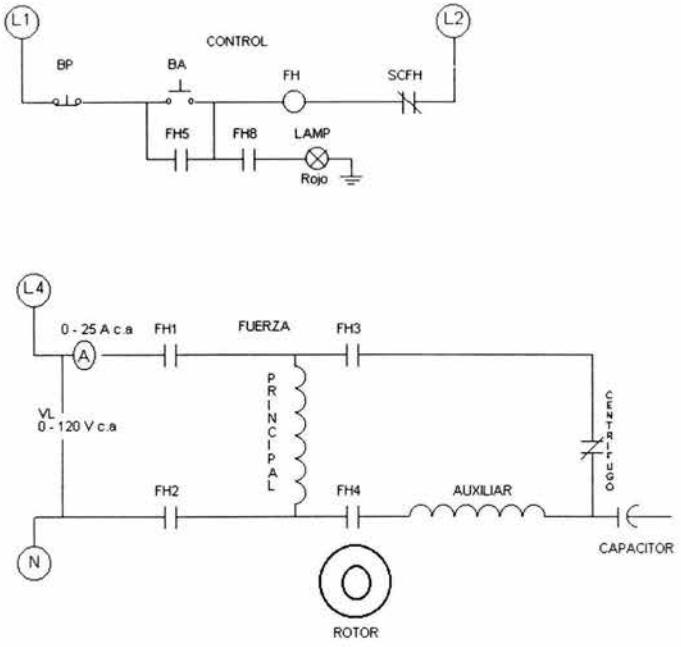


Figura 1

d) ¿Se cerrará este contacto FH5 al oprimir el botón de arranque? SI
e) ¿Se abrirá este contacto cuando se libera el botón de arranque? NO
f) ¿Actúa como contacto de retención? SI

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ 1 ,2 y 3.

g) Encienda la fuente de energía y pruebe el control, cerciórese que el botón de arranque (BA) y el botón de paro (BP) funcionen correctamente, verifique que el circuito de sobrecarga funcione correctamente al oprimir el botón del circuito de sobrecarga de relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético FH, la bobina electromagnética FH dejará de funcionar al oprimir este botón.
h) Apague la fuente de energía.

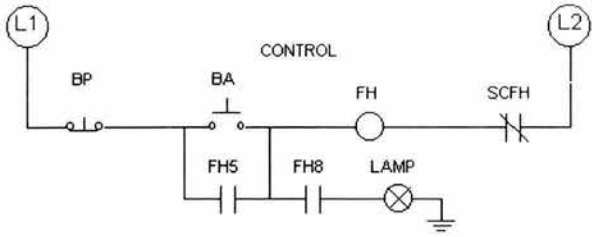


Figura 2.

3.

a) Arme el circuito de control de arranque de un motor de fase hendida como se muestra en la figura 1.
b) Conecte entre si las terminales 4 y 7 del motor de fase hendida.
c) Encienda la fuente de energía.
d) Ajuste la perilla de la fuente de energía a su máxima posición haciendo la girar en el sentido de las manecillas del reloj.
e) Arranque el motor de fase hendida oprimiendo el botón de arranque (BA)
f) ¿Oyó el "click" del interruptor centrífugo al acelerar el motor? SI
g) Pare el motor oprimiendo el botón de paro (BP).
h) ¿Oyó el "click" de cierre del interruptor centrífugo al desacelerar el motor. SI
i) Arranque y pare cinco veces el motor mientras observa las corrientes máximas de arranque y marcha normal indicadas por I_1, e I_2. Antes de rearrancar permita que el motor se pare completamente.

$$I_{1_{arranque}} = \_\_\_\_21.00\_\_\_\_ A\,c.a$$

$$I_{2_{nominal}} = \_\_\_\_3.28\_\_\_\_ A\,c.a$$

j) ¿Hay una gran diferencia entre las corrientes de arranque y marcha normal? SI
k) Rearranque el motor y mida el tiempo que requiere para acelerar hasta su velocidad máxima. La velocidad máxima se alcanza cuando la corriente del motor se estabiliza como lo indica I_2.

$$t_{aceleración} = \_\_\_\_1.60\_\_\_\_ Seg.$$

l) Oprima el botón de paro (BP).
m) Apague la fuente de energía.

4.

b) Ahora se investigarán las propiedades de arranque del motor cuando está conectado para operación de arranque por capacitor. Examine el circuito de control del motor

monofásico de la figura 3. Con excepción del capacitor de 180 μf, el circuito es idéntico al de la figura 1.

c) Conecte el cable de conexión entre las terminales 5 y 7 del motor de arranque por capacitor con el capacitor de 180 μf como se muestra en la figura 3.

d) Coloque en serie el relevador de sobrecarga SCC con el circuito de control como se muestra en la figura 3.

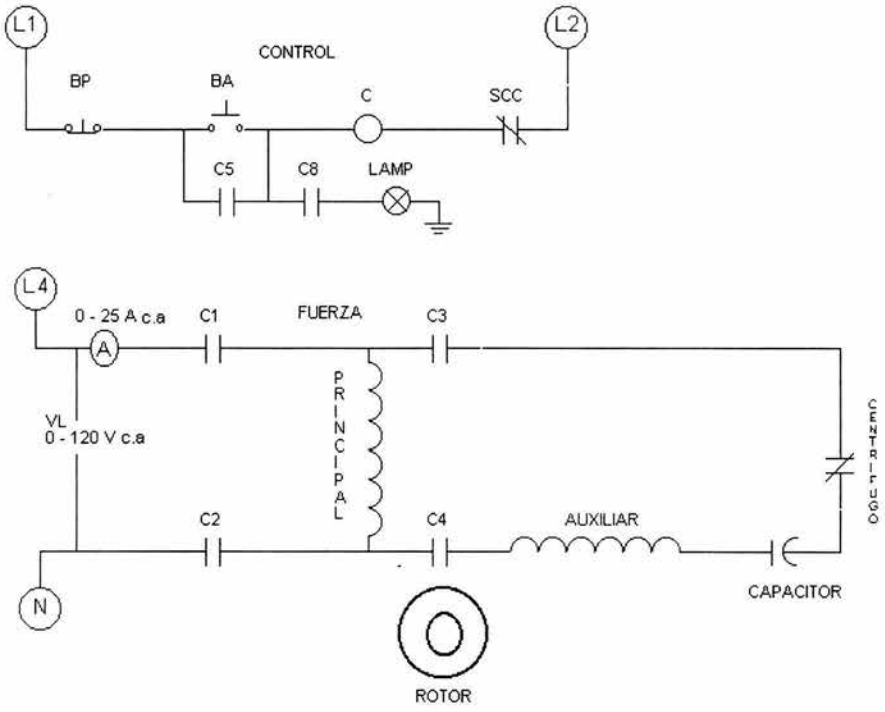


Figura 3

5.

a) Encienda la fuente de energía.

b) Ajuste la perilla de control de la fuente de energía a su máxima posición haciendo la girar en el sentido de las manecillas del reloj.

c) Arranque y pare varias veces el motor mientras observa las corrientes pico de arranque y de marcha normal. Permita que el motor se pare completamente antes de volver a arrancarlo.

$$I_{1_{arranque}} = \_\_\_\_14.05\_\_\_\_ A\ c.a$$

$$I_{2_{normal}} = \_\_\_\_\_3.26\_\_\_\_\_ A\,c.a$$

d) Vuelva a arrancar el motor y mida el tiempo de aceleración.

$$t_{aceleración} = \_\_\_\_\_1.78\_\_\_\_\_ Seg.$$

e) Oprima el botón de paro (BP).
f) Apague la fuente de energía.

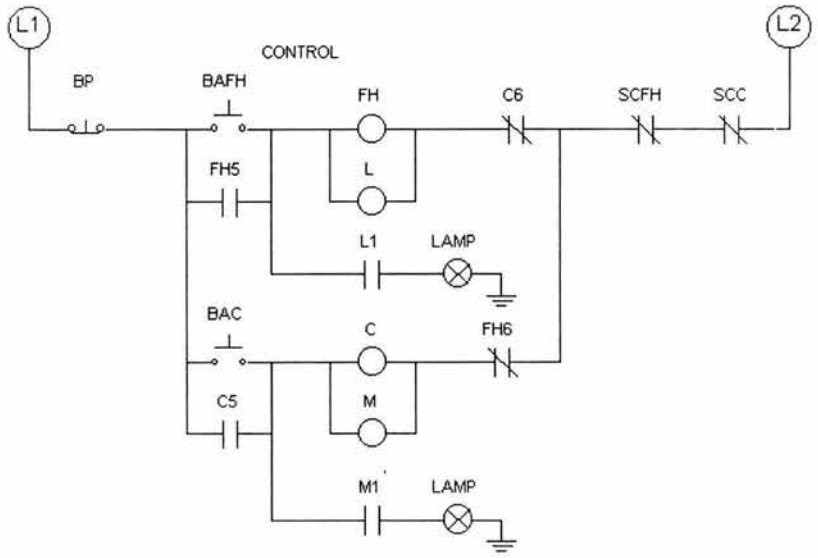


Figura 4

6.

a) Arme el circuito de control que se muestra en la figura 4, para arranque de un motor de fase hendida y arranque por capacitor.
b) Observe que la bobina L está conectada en paralelo con la bobina FH, por que solo sirve para encender la lámpara piloto que nos indica el arranque del motor de fase hendida.
c) Observe que la bobina M está conectada en paralelo con la bobina C, por que solo sirve para encender la lámpara piloto que nos indica el arranque del motor por capacitor.
d) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.
e) Encienda la fuente de energía.

f) Pruebe el circuito de control. Verifique que las bobinas FH Y C estén enclavadas, al oprimir el botón de arranque para fase hendida (BAFH) el botón de arranque para arranque por capacitor (BAC) no debe funcionar y viceversa. Compruebe que los relevadores de sobrecarga funcionen correctamente, al oprimir cualquiera de los dos botones de los circuitos de sobrecarga todo el circuito de control se debe de interrumpir. Cheque que el botón de paro (BP) funciona correctamente, al oprimir el botón de paro (BP) cualquier bobina que este funcionando en ese momento se debe de desenergizar.
g) Oprima el botón de paro (BP).
h) Apague la fuente de energía.

6.

a) Arme el circuito de control de arranque de un motor de fase hendida y de arranque por capacitor como se muestra en la figura 5.
b) Para mejores resultados en la conexión del circuito de control arme primero la parte de arranque de fase hendida.
c) Observe que la entrada del contacto NO FH1 esta conectada a la salida variable de la fuente de energía terminal 4, la salida variable de la fuente de energía terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO FH2.
d) Conecte la salida del devanado auxiliar terminal 4 a la entrada del contacto NO FH8 y la salida del contacto NO FH8 a la entrada del interruptor centrífugo terminal 7.
e) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.
f) Encienda la fuente de energía.
g) Ajuste la perilla de control de la fuente de energía a su posición máxima haciendo la girar en el sentido de las manecillas del reloj.
h) Oprima el botón de arranque para fase hendida (BAFH).
i) El motor solo debe de arrancar como fase hendida.
j) Oprima el botón de paro (BP).
k) Oprima el botón de arranca para arranque por capacitor (BAC).
l) El motor no debe de funcionar.
m) Oprima el botón de paro (BP).
n) Apague la fuente de energía.
o) Ahora sin desconectar nada, arme la parte de arranque por capacitor.
p) Conecte la salida del capacitor terminal 4 a la entrada del contacto NO C8 y la salida del contacto NO C8 a la entrada del interruptor centrífugo terminal 7.
q) Observe que el contacto NO C1 esta en paralelo con el contacto NO FH1, el contacto NO C2 esta en paralelo con el contacto NO FH2, el contacto NO C3 esta en paralelo con el contacto NO FH3, el contacto NO C4 esta en paralelo con el contacto NO FH4.
r) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.
s) Encienda la fuente de energía.
t) Oprima el botón de arranque para arranque por capacitor (BAC).
u) El motor debe de funcionar como motor de arranque por capacitor.
v) Oprima el botón de paro (BP) y deje que el motor se pare por completo.
w) Oprima el botón de arranque para arranque de fase hendida (BAFH).
x) El motor debe de funcionar como motor de fase hendida.

y) Oprima el botón de paro (BP) y deje que el motor se pare por completo.
z) Repita varias veces los pasos q), r), t) y v) mientras observa el comportamiento del motor en sus dos tipos de arranque.

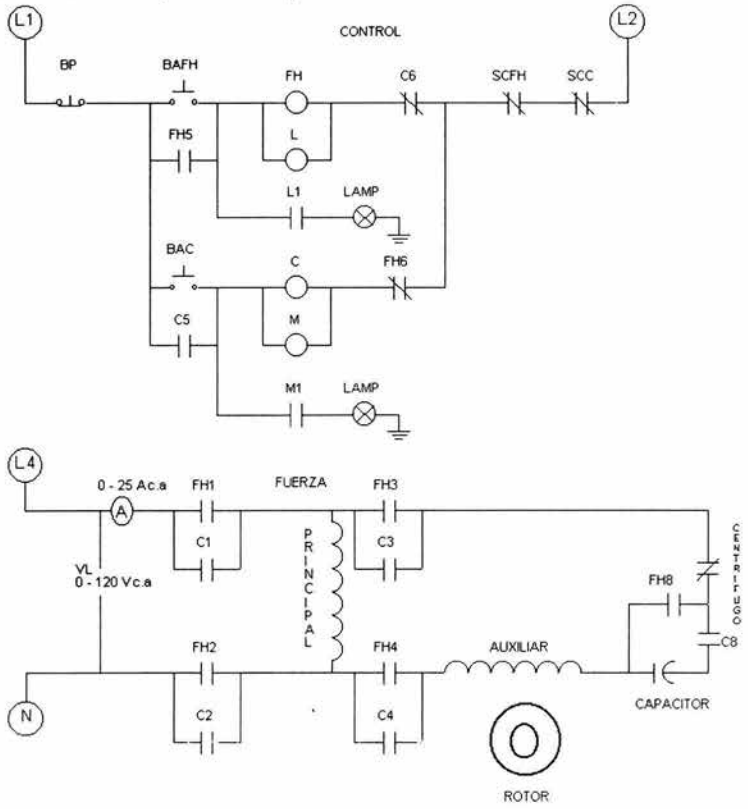


Figura 5

Repase sus conocimientos

1. Explique cómo se produce un campo rotatorio en un motor de fase dividida por resistencia. PARA PROPÓSITOS DE ARRANQUE, TANTO EL DEVANADO PRINCIPAL COMO EL AUXILIAR ESTÁN CONECTADOS EN PARALELO A TRAVÉS DE LA LÍNEA Y LOS DOS DEVANADOS DEBEN DE ESTAR DESPLAZADOS 90 GRADOS ELÉCTRICOS ENTRE SI, AMBOS DEVANADOS DEBEN ESTAR CONECTADOS EN EL CIRCUITO PARA DESARROLLAR LA TORSIÓN DE ARRANQUE

2. Explique cómo se produce un campo rotatorio en un motor de arranque por capacitor. DEBEN DE TENER DOS DEVANADOS EN EL ESTATOR, EL PRINCIPAL Y EL AUXILIAR, ESTOS DOS DEVANADOS DEBEN ESTAR DESFASADOS 90 GRADOS.
3. ¿Cuál es el propósito del interruptor centrífugo que se usa en motores de fase dividida y arranque por capacitor? ES EL DE DESCONECTAR EL DEVANADO AUXILIAR DEL ESTATOR, POR QUE ESTE SOLO PUEDE TRABAJAR UN PERIODO CORTO DE TIEMPO.

PRÁCTICA 8

CONTROL DE INVERSIÓN DE ROTACIÓN DE UN MOTOR DE INDUCCION MONOFÁSICO DE FASE HENDIDA Y ARRANQUE POR CAPACITOR

Objetivos:

1. Analizar un circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor de inducción monofásico de fase hendida.
2. Aprender a conectar un circuito de control para inversión de rotación de un motor de inducción monofásico de fase hendida.
3. Analizar un circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor de inducción con arranque por capacitor.
4. Aprender a conectar un circuito de control para inversión de rotación que contenga inversión de rotación de fase hendida e inversión de rotación de arranque por capacitor.

Introducción.

Motor de fase hendida

Este motor está integrado en el estator por dos devanados, que se conocen con el nombre de devanado de arranque (auxiliar), y devanado de operación (principal).
El devanado de arranque se utiliza sólo para poner en marcha el motor, y tiene una resistencia elevada y poca reactancia inductiva. El devanado de operación tiene poca resistencia y elevada reactancia.

Cuando se aplica potencia a un motor de inducción de fase hendida, tanto el devanado de operación (principal) como el de arranque (auxiliar) toman una corriente de carga que es de 4 a 5 veces mayor que la normal. Esto significa que la pérdida de calor en estos devanados es de 16 a 25 veces mayor que la normal. Como resultado, el periodo de arranque debe ser corto para evitar que se sobrecalienten los devanados.

El alambre de diámetro pequeño que se utiliza en el devanado auxiliar de los motores de fase hendida, es especialmente vulnerable al sobre calentamiento y, si no se desconecta de la línea de energía puede quemarse, pasados 4 o 6 segundos.

La inversión de rotación de un motor de fase hendida se puede lograr al invertir la polaridad de cualquiera de sus dos devanados, ya sea del principal o del auxiliar.

Motor con arranque por capacitor

Cuando se describió el campo rotatorio de fase hendida, se señalo que la diferencia de fase entre las corrientes de los devanados de arranque y operación era mucho menor que 90°. El par de arranque desarrollado en un motor que utiliza un estator de fase hendida tampoco alcanza el máximo que se podría obtener si se tuviera una diferencia de fase ideal, o sea, 90°.

Se puede obtener una variación de fase más cercana a los 90°, mediante el sistema de arranque por capacitor para crear un campo giratorio en el estator este sistema, que es una modificación del método de fase hendida, utiliza un capacitor de poca reactancia

conectado en serie con el devanado de arranque del estator que proporcionar una variación de fase de aproximadamente 90° para la corriente de arranque, dando como resultado un par de arranque muy superior al obtenido en el sistema normal de fase hendida. Los motores con arranque por capacitor tienen las mismas características de operación que sus equivalentes de fase hendida.

El capacitor y el devanado de arranque se desconectan mediante un interruptor centrífugo, como se hizo en el caso del motor normal de fase hendida. Para invertir el sentido de rotación de un motor de arranque por capacitor, se hace lo mismo que en el caso del motor de fase hendida, esto es, se invierten las conexiones de los cables a los devanados de arranque u operación

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor magnético. (4)
Módulo de motor fase dividida / arranque por capacitor.
Módulo de medición de c.a. (0 – 25 A c.a)
Módulo de fuente de energía. *(120 / 208 V c.a, 0 – 120 / 208 V c.a)*
Estación de botones. (4)
Cables para conexión.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Examine el diagrama de control de arranque de inversión de rotación de fase hendida que aparece en la figura 1. Suponga que le aplica la potencia especificada.
b) ¿Arrancará el motor en sentido de las manecillas del reloj si se oprime el botón de frente (BF)? SI
c) ¿La lámpara piloto indicará cuando el motor está encendido? SI
d) ¿Seguirá funcionando el motor cuando se oprima el botón de paro (BP)? NO
Explique su respuesta EN EL MOMENTO EN QUE SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE DESENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA F Y EN ESE MOMENTO SE ABREN LOS CONTACTOS F1, F2, F3 Y F4 QUE ALIMENTAN AL MOTOR MONOFÁSICO DE FASE HENDIDA.
e) ¿Si se oprime el botón de paro (BP) y enseguida el botón de reversa (BR) el motor invierte el sentido de giro? NO
Explique su respuesta. SI EL MOTOR DE FASE HENDIDA NO SE A PARADO POR COMPLETO O POR LO MENOS HASTA QUE EL INTERRUPTOR CENTRÍFUGO CONECTE EL DEVANADO AUXILIAR EL

MOTOR NO INVERTIRÁ SU SENTIDO DE GIRO, YA QUE EL DEVANADO DE TRABAJO POR SI SOLO NO CREA UN PAR DE ARRANQUE QUE HAGA QUE EL MOTOR INVIERTA SU SENTIDO DE GIRO.

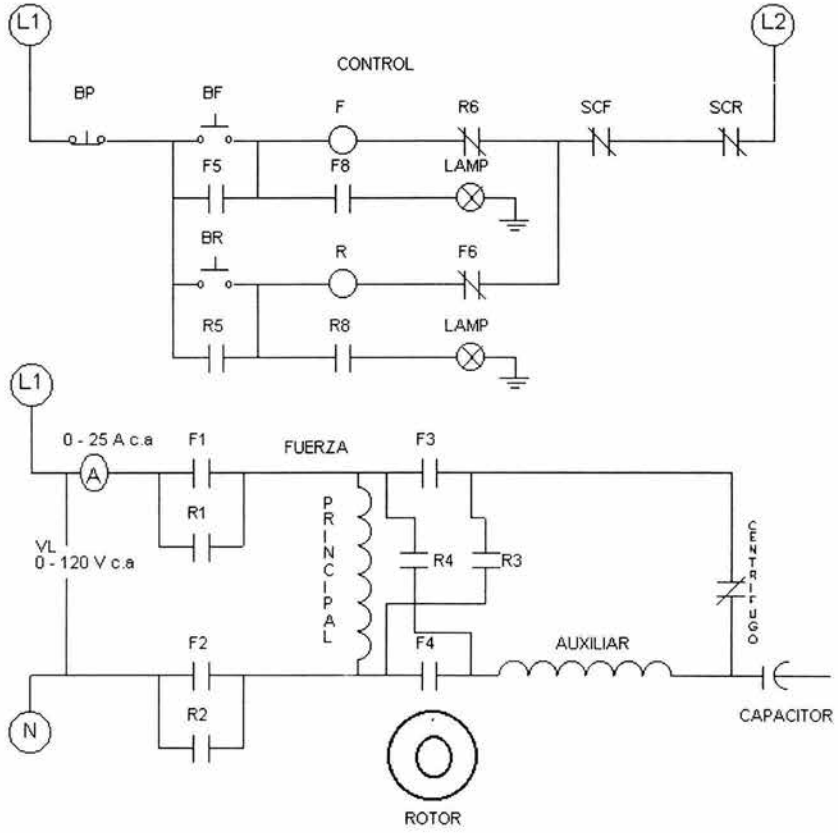


Figura 1

f) ¿Si el motor esta parado por completo y se oprime el botón de reversa (BR) girara en sentido contrario a las manecillas del reloj al oprimir el botón de reversa (BR)? SI

g) ¿La lámpara piloto roja indicara cuando el motor este funcionando en reversa? SI

h) ¿Cuándo el motor esta funcionando de frente se puede pasar a reversa sin oprimir el botón de paro (BP)? NO

Explique su respuesta. CUANDO EL MOTOR ESTA FUNCIONANDO

Elaboró: Barrita Rojas Víctor Manuel
Ponce Moreno Andrei

DE FRENTE SE CIERRAN LOS CONTACTOS (NO) F Y EN ESE MOMENTO SE ABRE EL CONTACTO (NC) F6 POR LO QUE NO DEJA PASAR CORRIENTE HACIA LA BOBINA R.

2.

a) Conecte el circuito de control para inversión de rotación de un motor de fase hendida como se muestra en la figura 2.

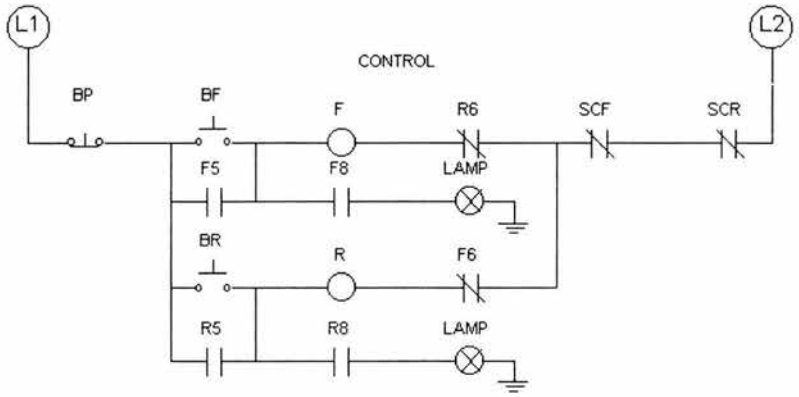


Figura 2

b) Utilice los cables cortos para conectar el botón de paro (BP), botón de frente (BF). botón de reversa (BR) y las bobinas electromagnéticas a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ *1, 2 y 3.*

c) Observe que la entrada del botón de paro (BP) está conectada a la salida 1 de la fuente de energía, la salida del botón de paro (BP) está conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de frente (BF) esta conectada a la entrada de la bobina F, la salida de la bobina F está conectada a la entrada del contacto NC R6, la salida del contacto NC R6 está conectado a la entrada del circuito de sobrecarga SCF, la salida del circuito de sobrecarga SCF esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCR, la salida del circuito de sobrecarga SCR esta conectada a la salida fija de la fuente de energía terminal 2, la entrada del botón de reversa (BR) está conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de reversa (BR) esta conectada a la entrada de la bobina R, la salida de la bobina R esta conectada a la entrada del contacto NC F6, la salida del contacto NC F6 está conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF, el contacto NO F5 esta conectado en paralelo al botón de frente (BF), el contacto NO R5 está conectado en paralelo con el botón de reversa (BR).

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ *1 ,2 y 3.*

d) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.
e) Encienda la fuente de energía.
f) Pruebe el control, cerciórese que el botón de frente (BF) energice solamente la bobina F y que el botón de reversa (BR) solo energice la bobina R, revise que el enclave de las bobinas funcione correctamente, verifique que los circuitos de sobrecarga funcione correctamente al oprimir el botón del relevador de sobrecarga de cualquiera de los dos relevadores de sobrecarga se debe de desconectar todo el circuito de control.
g) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control de inversión de rotación para un motor de fase hendida como se muestra en la figura 1.
b) Encienda la fuente de energía.
c) Ajuste la perilla de control de la fuente de energía a su posición máxima haciendo la girar en el sentido de las manecillas del reloj.
d) Oprima el botón de frente (BF) y describa lo que sucede. EL MOTOR DE FASE HENDIDA ARRANQUE EN SENTIDO HORARIO.
e) Oprima el botón de reversa (BR) y describa lo que sucede. NO PASA NADA EL MOTOR SIGUE FUNCIONANDO EN SENTIDO HORARIO.
Explique su respuesta. CUANDO EL MOTOR ESTA FUNCIONANDO DE FRENTE SOLO ESTA ENERGIZADA LA BOBINA F LA CUAL CIERRA LOS CONTACTOS (NO) (F1, F2, F3, F4, F5 Y F8) Y ABRE EL CONTACTO (NC) (F6)0 EL CUAL NO PERMITE QUE LA BOBINA R SE ENERGICE.
f) Oprima el botón de paro (BP) y luego el de reversa, describa lo que sucede. CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE PARA EL MOTOR Y CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE REVERSA EL MOTOR SIGUE GIRANDO EN SENTIDO HORARIO.
g) Oprima el botón de paro (BP).
h) Deje que el interruptor centrífugo conecte el devanado auxiliar y oprima el botón de reversa (BR).
i) ¿Se invierte el sentido de giro del motor de fase hendida? SI
j) Mida la corriente en el momento que se invierte el sentido de giro.

$$I_{IR} = \_\_\_\_19.56\_\_\_\_ A\,c.a$$

k) Oprima el botón de paro (BP).
l) Apague la fuente de energía.

4.

a) Conecte el circuito de control de inversión de rotación para motor con capacitor de arranque como se muestra en la figura 3.

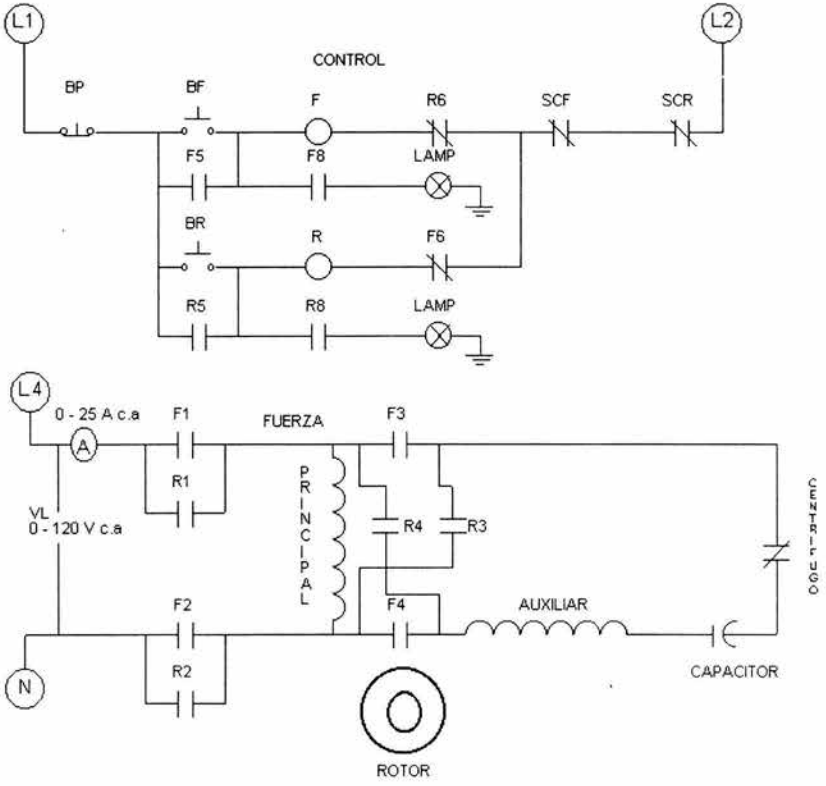


Figura 3

b) Observe que el circuito de control de arranque es idéntico al de la figura 1 excepto por que aquí se conecta el capacitor de arranque en serie entre el devanado auxiliar y el interruptor centrífugo.
c) Con un cable de conexión conecte entre si las terminales 5 y 7.
d) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.
e) Encienda la fuente de energía.
f) Ajuste la perilla de control de la fuente de energía a su posición máxima haciendo la girar en el sentido de las manecillas del reloj.
g) Oprima el botón de frente (BF).
h) ¿El motor gira en sentido horario? SI
i) Oprima el botón de paro (BP) y enseguida oprima el botón de reversa (BR).

j) Describa lo que sucede. EL MOTOR NO INVIERTE EL SENTIDO DE GIRO SIGUE FUNCIONANDO EN SENTIDO HORARIO.

k) Oprima el botón de paro (BP) y deje que el interruptor centrífugo conecte el devanado auxiliar.

l) En el momento que el interruptor centrífugo conecte el devanado auxiliar oprima el botón de reversa (BR).

m) Describa lo que sucede. EL MOTOR INVIERTE EL SENTIDO DE GIRO.

n) Mida la corriente de inversión de rotación del motor con arranque por capacitor.

$$I_{IR} = \underline{\quad 13.80 \quad} A\ c.a$$

o) Compare las corrientes de inversión de rotación de arranque de fase hendida y arranque con capacitor.

p) ¿La corriente de inversión de rotación de arranque de fase hendida es mayor que la de arranque con capacitor? SI

q) Oprima el botón de paro (BP).

r) Apague la fuente de energía.

5.

a) Arme el circuito de control de arranque de inversión de rotación de fase hedida y de arranque por capacitor como se muestra en la figura 4.

b) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.

c) Encienda la fuente de energía.

d) Ajuste la perilla de control de la fuente de energía a su posición máxima haciendo la girar en el sentido de las manecillas del reloj.

e) Oprima el botón de frente para fase hendida (BFFH).

f) ¿El motor arranca en sentido horario como motor de fase hendida? SI

g) ¿Al oprimir el botón de reversa para fase hedida (BRFH) el motor invierte el sentido de giro? NO

h) Oprima el botón de paro (BP) y deje que el interruptor centrífugo conecte el devanado auxiliar.

i) Oprima el botón de reversa para fase hendida (BRFH) inmediatamente después de que el interruptor centrífugo conecte el devanado auxiliar.

j) ¿El motor invierte el sentido de giro? SI

k) Oprima el botón paro (BP) y deje que el interruptor centrífugo conecte el devanado auxiliar.

l) Oprima el botón de frente para arranque con capacitor (BFC).

m) ¿El motor arranca en sentido horario como motor de arranque con capacitor? SI

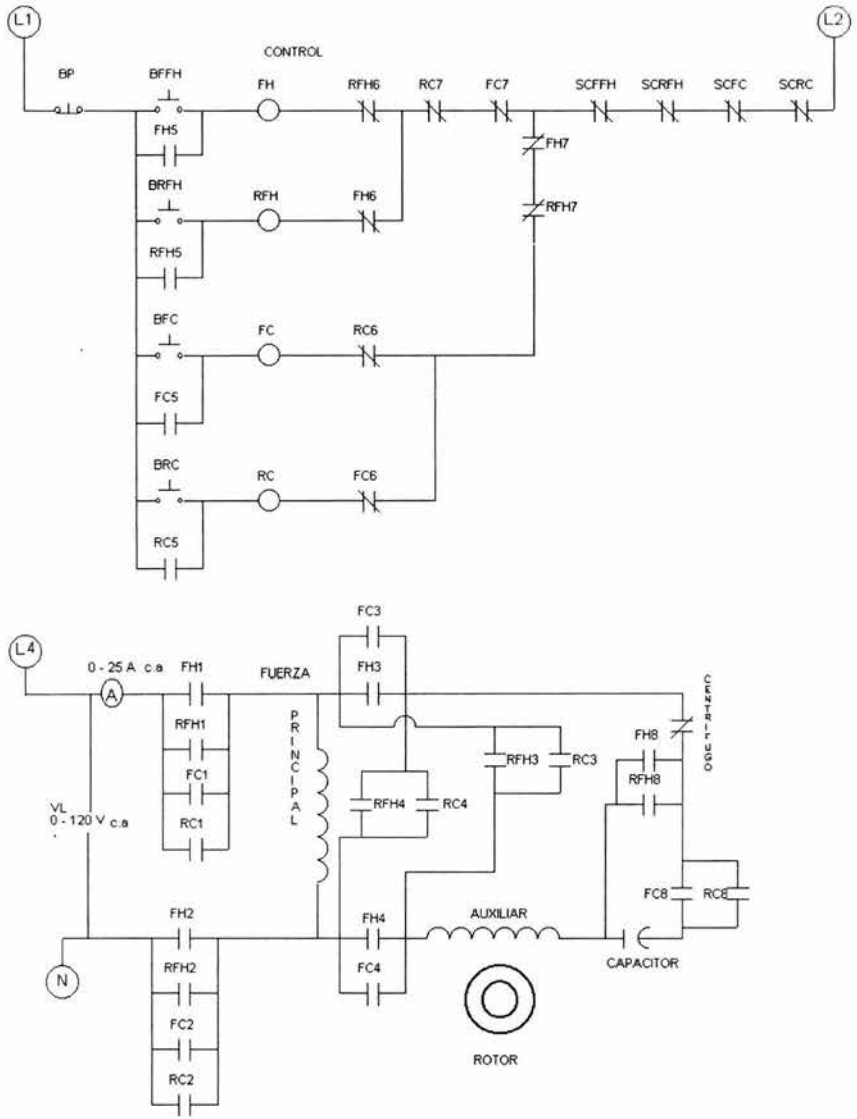


Figura 4

n) Oprima el botón de paro (BP) y deje que el interruptor centrífugo conecte el devanado auxiliar.
o) Oprima el botón de reversa para arranque con capacitor (BRC).
p) Observe el comportamiento del motor.
q) Oprima el botón de paro (BP).

r) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿Que diferencia hay entre un motor polifásico de inducción y un motor monofásico de inducción. EL MOTOR POLIFÁSICO DE INDUCCIÓN POSEE UN PAR DE ARRANQUE Y UN MONOFÁSICO DE INDUCCIÓN NO TIENE PAR DE ARRANQUE
2. ¿A que % de velocidad se desconecta el devanado auxiliar? EL DEVANADO AUXILIAR SE DESCONECTA CUANDO EL MOTOR A ALCANZADO APROXIMADAMENTE EL 75 % DE SU VELOCIDAD DE REGIMEN.
3. ¿Cuantos grados debe de tener la diferencia de fase entre las dos corrientes, para que esta sea ideal? LA DIFERENCIA DE FASE DEBE DE SER DE 90° PARA QUE SEA IDEAL; AUNQUE FÍSICAMENTE ES MUCHO MENOR.
4. ¿Qué tipo de condensadores se utilizan el los motores de arranque con capacitor? SE UTILIZAN LOS DE TIPO ELECTROLÍTICO NO POLARIZADOS, CON DIELÉCTRICO DE PAPEL Y EN ACEITE.
5. ¿Por qué el periodo de arranque de los motores de arranque de fase hendida y arranque con capacitor debe ser corto. POR QUE EN EL ARRANQUE EL DEVANADO AUXILIAR TOMA UNA CORRIENTE DE CARGA QUE ES DE 4 A 5 VECES MAYOR QUE LA NOMINAL, ESTO SIGNIFICA QUE LA PÉRDIDA DE CALOR EN ESTOS DEVANADOS ES DE 16 A 25 VECES MAYOR QUE LA NOMINAL.

PRÁCTICA 9

CONTROL DE ARRANQUE A TENSION PLENA DE UN MOTOR DE INDUCCION MONOFÁSICO CON CAPACITOR PERMANENTE

Objetivos:

1. Analizar la estructura de un diagrama de fuerza de arranque a tensión plena de un motor monofásico con capacitor permanente.
2. Comprender el funcionamiento de un motor de arranque con capacitor permanente.
3. Controlar un motor de inducción monofásico con capacitor permanente desde una estación de botones.

Introducción.

El motor de operación continua por capacitor es muy útil, porque su diseño permite eliminar gran parte de las vibraciones cuando trabaja a plena carga. El capacitor sirve para variar la fase de la corriente de uno de los devanados de modo que la corriente en un devanado está desfasada 90° con respecto a la corriente del otro devanado, gracias a lo cual el motor de operación continua por capacitor funciona realmente como un aparato bifásico con carga nominal. Puesto que el capacitor forma parte del circuito en todo momento, no se requiere interruptor centrífugo.

Cuando el motor funciona en vacío, es siempre más ruidoso que a plena carga. debido a que sólo opera como verdadero motor bifásico cuando lo hace a plena carga. Si se escoge el valor adecuado de capacitancia, las corrientes que pasan por cada uno de los dos devanados iguales del estator, a plena carga, serán tales que el factor de potencia del motor se acerque al 100%. Sin embargo, su par de arranque es bajo y, por lo tanto, el motor de operación continua por capacitor no es el adecuado para condiciones difíciles de arranque.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor electromagnético. (2)
Módulo de motor de operación continua por capacitor.
Módulo medidor de c.a. (2.5 – 25 A c.a)
Módulo de medición de c.a. (0 – 200 V c.a)
Módulo de fuente de energía. (0 – 120 V c.a, 120 / 208 V c.a 3ϕ)
Módulo de electrodinamómetro.
Estación de botones.
Cables para conexión.
Banda de sincronización.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Examine el diagrama de control de arranque a tensión plena que aparece en la figura 1. Suponga que le aplica la potencia especificada.

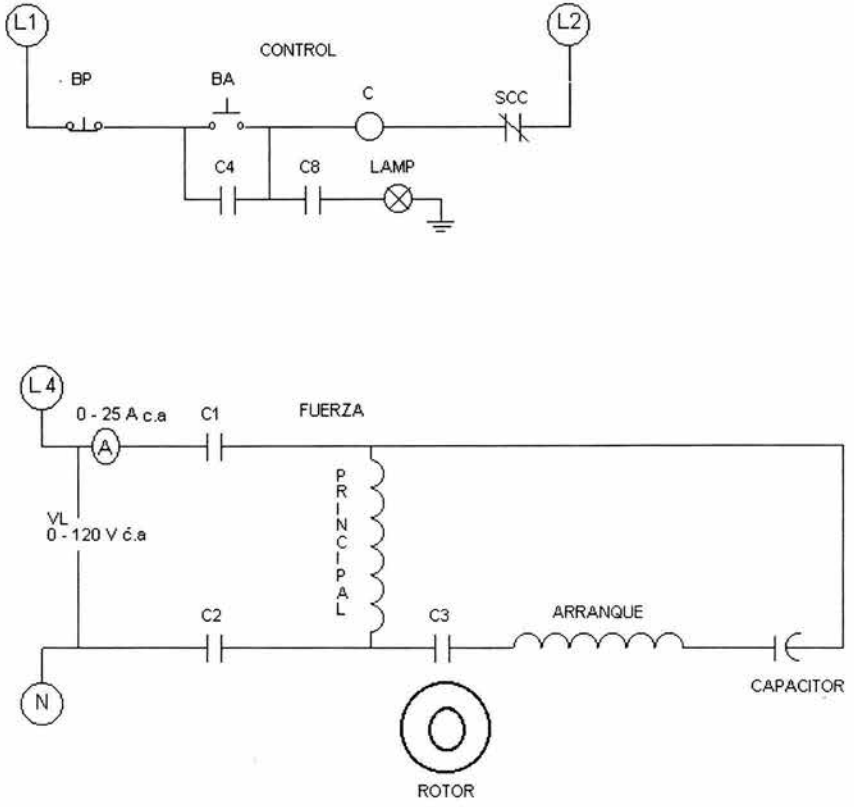


Figura 1

b) ¿Arrancará el motor si se oprime el botón de arranque (BA)? SI

c) ¿El motor desconectara el devanado auxiliar después de un tiempo? NO

Explique su respuesta. EL MOTOR NO DESCONECTA EL DEVANADO AUXILIAR POR QUE NO CUENTA CON UN INTERRUPTOR

CENTRÍFUGO, POR QUE ES DE OPERACIÓN CONTINUA POR CAPACITOR.

d) ¿Seguirá funcionando el motor cuando se oprima el botón de paro (BP)? NO
Explique su respuesta EN EL MOMENTO EN QUE SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE DESENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA C Y EN ESE MOMENTO SE ABREN LOS CONTACTOS (NO) (C1, C2, C3 Y C4) QUE ALIMENTAN AL MOTOR MONOFÁSICO DE ARRANQUE CON CAPACITOR PERMANENTE.

e) ¿La lámpara piloto indicara cuando el motor este funcionando? SI

2.

a) Conecte el circuito de control como se muestra en la figura 2.

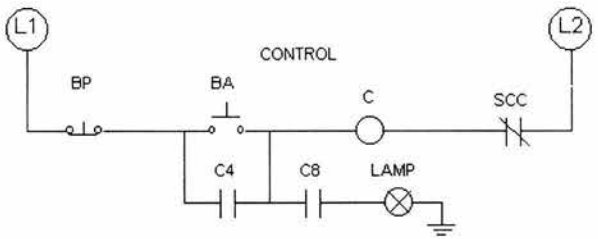


Figura 2

b) Utilice los cables cortos para conectar el botón de paro (BP), botón de arranque (BA) y la bobina electromagnética C a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ 1, 2 y 3.

c) Conecte el contacto NO C4 en paralelo con el botón de arranque como se muestra en la figura 2.

d) ¿Se cerrará este contacto C4 al oprimir el botón de arranque (BA)? SI
Explique su respuesta. CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE ENERGIZA LA BOBINA ELECTRMAGNÉTICA C Y EN ESE MOMENTO SE CIERRAN LOS CONTACTOS (NO) (C1, C2, C3, Y C4).

e) ¿Se abrirá este contacto cuando se libera el botón de arranque (BA)? NO
Explique su respuesta. CUANDO SE LIBERA EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) LA CORRIENTE SIGUE CIRCULANDO POR EL CONTACTO (NO) (C4) LO QUE HACE QUE LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA C ÑO SE DESENERGICE.

f) ¿Actúa como contacto de retención? SI

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ 1 ,2 y 3.

g) Encienda la fuente de energía.
h) Pruebe el control, cerciórese que el botón de arranque (BA) y el botón de paro (BP) funcionen correctamente, verifique que el circuito de sobrecarga funcione correctamente al oprimir el botón que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético C la bobina electromagnética C dejará de funcionar al oprimir este botón, verifique que la lámpara piloto encienda al oprimir el botón de arranque (BA).
i) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de arranque a tensión plena de un motor con capacitor permanente como se muestra en la figura 1.
b) Observe que el motor de arranque con capacitor permanente esta conectado a la fuente de energía de 120 V c.a en las terminales fijas 4 y N.
c) La salida variable de la fuente de energía terminal 4 esta conectada a la entrada del contacto NO C1, la salida del contacto NO C1 esta conectada a la terminal 2 del motor de arranque con capacitor permanente, la salida variable de la fuente de energía terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO C2, la salida del contacto NO C2 esta conectada a la terminal 1 del motor de arranque con capacitor permanente, la terminal 1 del motor de arranque con capacitor permanente esta conectada a la entrada del contacto NO C3, la salida del contacto NO C3 esta conectada a la terminal 3 del motor de arranque con capacitor permanente, la entrada del contacto NO C4 esta conectada a la entrada del capacitor terminal 5, la salida del contacto NO C4 esta conectada a la entrada del devanado principal terminal 2.
d) Conecte entre si las terminales 4 y 6 del motor con capacitor permanente.
e) Encienda la fuente de energía y ajuste la fuente variable en su máxima posición. girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
f) Oprima el botón de arranque (BA).
g) Arranca el motor con capacitor permanente? SI
h) ¿Enciende la lámpara piloto? SI
i) Suelte el botón de arranque (BA).
j) ¿Se para el motor? NO
k) Oprima el botón de paro (BP).
l) Apague la fuente de energía.

4.

a) Conecte el circuito de control de arranque a tensión plena como se muestra en la figura 3.
b) Observe que el electrodinomómetro esta conectado a la fuente de energía en las terminales fijas 3 y N.

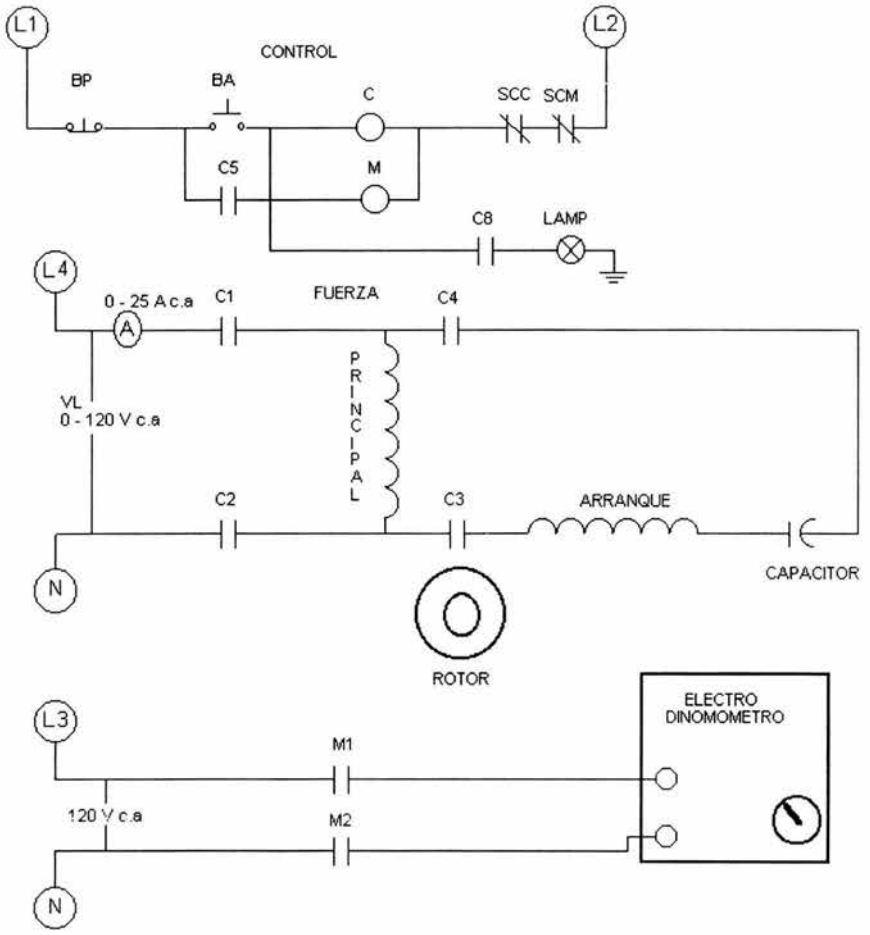


Figura 3

c) La salida fija de la fuente de energía terminal 3 esta conectada a la entrada del contacto NO M1, la salida del contacto NO M1 esta conectada a la entrada del electrodinamómetro terminal 1, la salida fija de la fuente de energía terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO M2, la salida del contacto NO M2 esta conectada a la entrada del electrodinamómetro terminal 2 o N.
d) Acople el electrodinamómetro al motor de operación continua por capacitor mediante la banda de sincronización.
e) Dele toda la vuelta a la perilla de control del electrodinamómetro, en sentido contrario a las manecillas del reloj (para proporcionar una mínima carga en el arranque del motor de operación continua por capacitor).

f) Oprima el botón de arranque (BA).
g) Mida y anote en la tabla 1 la corriente de línea y la velocidad del motor.
h) Repita la operación para cada uno de los pares indicados en la tabla, manteniendo el voltaje de entrada a 120 V c.a.

PAR (lbf-plg)	I (ampers)	VA	Velocidad (r/min)
0	1.09	120.0	1750
6	2.00	118.3	1725
12	3.28	117.0	1650

Tabla 1

Repase sus conocimientos

1. ¿Qué ventajas brinda un motor de operación continúa por capacitor? A PLENA CARGA EL PAR ES RELATIVAMENTE CONSTANTE, EN VEZ DE PULSANTE A 120 HZ, ASÍ QUE OPERA CON MENOS VIBRACIÓN Y RUIDO, Y CON UN FACTOR DE POTENCIA SUPERIOR QUE EL DE LOS OTROS TIPOS DE MOTOR. (FASE HEDIDA Y ARRANQUE CON CAPACITOR)
2. ¿Puede explicar por qué se debe usar capacitores en aceite en motores de operación continua por capacitor, en lugar de emplear capacitores de tipo electrolítico de c.a. que son más económicos? LOS CAPACITORES ELECTROLÍTICOS TIENEN UN FACTOR DE FUGA MUY GRANDE Y SON POCOS SEGUROS EN FUNCIONAMIENTO CONTINUO CON APLICACIONES DE CORRIENTE ALTA. LOS CAPACITORES EN ACEITE SON MUCHO MÁS ESTABLES Y PIERDEN MENOS.
3. ¿Cuándo se considera que un motor de arranque con capacitor permanente opera como verdadero motor bifásico? CUANDO EL MOTOR SE ENCUENTRA FUNCIONANDO A PLENA CARGA.
4. ¿Para que condiciones de arranque el motor de capacitor permanente no es el adecuado? CUANDO EXISTEN CONDICIONES DIFÍCILES DE ARRANQUE.

PRÁCTICA 10

CONTROL DE ARRANQUE A LÍMITE DE TIEMPO DE UN MOTOR MONOFÁSICO DE INDUCCIÓN CON CAPACITOR PERMANENTE

Objetivo:

1. Aprender a conectar un circuito de control de tipo, arranque a límite de tiempo.
2. Realizar diversas operaciones secuénciales utilizando el relevador de retraso de tiempo.
3. Analizar la estructura de un diagrama de control de arranque a limite de tiempo de un motor de inducción monofásico con capacitor permanente.

Introducción.

La aceleración de tiempo definido (o límite de tiempo) es un método de arranque que permite poner en corto circuito a las resistencias de arranque y conectar el motor a la línea de energía en el mismo intervalo para cada arranque, sin importar la carga que tenga el motor. Los contactores de aceleración son enteramente independientes de la corriente del motor. Los intervalos entre los cierres de contactores se ajustan de manera que se obtenga aceleración suave, así como corriente y torsión uniformes bajo condiciones de carga normal.

En esta práctica de laboratorio se llevará acabo el arranque a límite de tiempo del motor con capacitor permanente solamente conectándolo a la línea de energía después de un tiempo, es decir, en el momento que se oprime el botón de arranque (BA) el motor no comenzará a funcionar hasta que haya pasado un determinado tiempo el cual se le asignará por medio de un relevador de tiempo.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor electromagnético.
Modulo de relevador de tiempo. (temporizador)
Módulo de motor de operación continua por capacitor.
Módulo de medición de c.a. (0 – 25 A c.a)
Módulo de fuente de energía. (120 / 208 V c.a, 0 – 120 V c.a 3ϕ)
Estación de botones.
Cables para conexión.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Conecte el circuito de control de la figura 1. Observe que la entrada del circuito de control está conectada a la salida de 208 V c.a fijos de la fuente de energía, terminales 1 y 2.

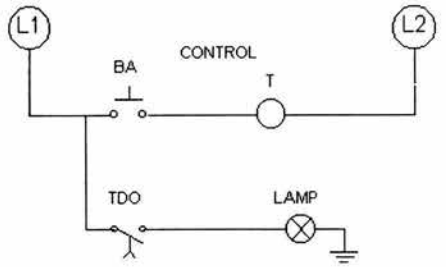


Figura 1

b) Ajuste el retraso de tiempo a 7 segundos.
c) Encienda la fuente de energía.
d) Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el comportamiento de la lámpara piloto.
e) Indique si la lámpara se enciende después de mantener oprimido el botón de arranque (BA) durante 7 segundos SI
f) Indique si la lámpara se apaga al soltar el botón de arranque (BA) SI
g) ¿La operación repetida en rápida sucesión del botón de arranque activa la lámpara? NO
Explique su respuesta LA LÁMPARA PILOTO NO ENCIENDE POR QUE EL CONTACTO DE TIEMPO (TDO) PERMANECE EN SU POSICIÓN DE ABIERTO, HASTA QUE TRANSCURRAN 7 SEGUNDOS Y COMO AL OPRIMIR EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) REPETIDAMENTE NO SE LE DA EL TIEMPO SUFICIENTE PARA QUE SE CIERRE EL CONTACTO DE TIEMPO (TDO) QUE HACE QUE LA LÁMPARA PILOTO ENCIENDA.
h) Apague la fuente de energía.

2.

a) Agregue un contacto de retención a su circuito de control como se muestra en la figura 2.
b) Encienda la fuente de energía.
c) Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el comportamiento de la lámpara piloto.
d) Indique si la lámpara se enciende cuando se oprime el botón de arranque. NO
e) ¿Qué debe de hacerse para que encienda la lámpara? SE DEBEN DEJAR TRANSCURRIR LOS 7 SEGUNDOS QUE SE LE ASIGNARON AL

TEMPORIZADOR, PARA QUE EL CONTACTO DE TIEMPO (TDO) CIERRE.

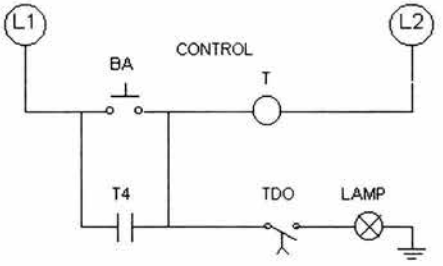


Figura 2

f) ¿Llega a encenderse la lámpara aunque se suelte el botón de arranque antes de transcurridos los segundos de retraso? SI
Explique su respuesta. POR QUE LA BOBINA T ESTA ENERGIZADA Y ESTA CIERRA LOS CONTACTOS T, Y EL CONTACTO T ACTÚA COMO CONTACTO DE RETENCIÓN PARA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA T.

g) Apague la fuente de energía.

3.

a) Cambie el contacto TDO a un TDC como se muestra en la figura 3.
b) Encienda la fuente de energía.

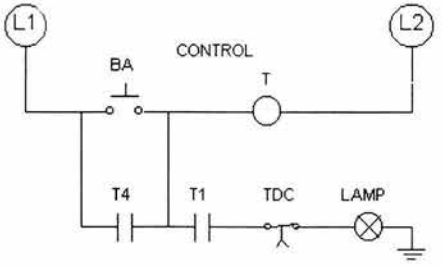


Figura 3

c) Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el comportamiento de la lámpara piloto.
d) Indique si la lámpara se apaga cuando se oprime el botón de arranque (BA). NO

e) Indique si la lámpara se apaga 7 segundos después de haber oprimido el botón de arranque (BA). SI

f) Indique si la lámpara llega a apagarse aunque se suelte el botón de arranque (BA) antes de transcurrido el periodo de retraso de 7 segundos. SI

g) ¿Se puede utilizar el botón de arranque (BA) para encender la lámpara? NO, SOLO PARA ACTIVAR EL TEMPORIZADOR.

h) Apague la fuente de energía.

4.

a) Cambie la conexión del contacto TDC como se muestra en la figura 4.

b) Encienda la fuente de energía.

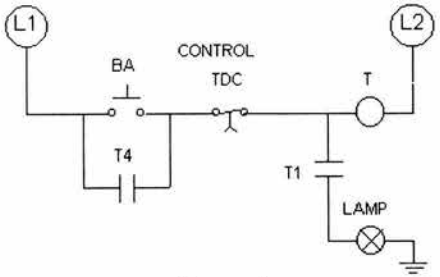


Figura 4

c) Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el funcionamiento de la lámpara piloto.

d) ¿Se enciende la lámpara piloto al oprimir el botón de arranque (BA)? SI

e) Se apaga la lámpara cuando se suelta el botón de arranque? NO

f) ¿Qué determina el tiempo de apagado de la lámpara? EL TEMPORIZADOR, YA QUE AL TRANSCURRIR LOS 7 SEGUNDOS DE RETRASO DE TIEMPO EL CONTACTO DE TIEMPO (TDC) SE ABRE PARA NO DEJAR PASAR LA CORRIENTE.

g) Indique si el botón controla la lámpara una vez que ésta ha pasado por un ciclo de encendido-apagado. SI LO CONTROLA

Explique su respuesta. CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE ARRANQUE SE ENERGIZA LA BOBINA T Y EN ESE MOMENTO SE CIERRA EL CONTACTO (NO) (T4), ESTE CONTACTO MANTIENE AL TEMPORIZADOR ENERGIZADO Y DESPUÉS DE UN TIEMPO EL CONTACTO DE TIEMPO (TDC) SE ABRE APAGANDO LA LÁMPARA PILOTO Y DESCONECTANDO EL TEMPORIZADOR, Y SI UNO VUELVE A OPRIMIR EL BOTÓN DE ARRANQUE SE ENERGIZA TANTO LA

LÁMPARA PILOTO COMO EL TEMPORIZADOR, PARA QUE SE REPITA LA SECUENCIA ANTES MENCIONADA.

h) Apague la fuente de energía.

5.

a) Conecte el circuito de control de la figura 5.

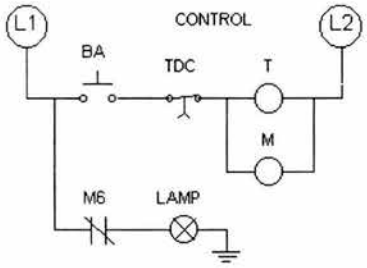


Figura 5

b) Encienda la fuente de energía.
c) Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el comportamiento de la lámpara piloto.
d) ¿Se apaga la lámpara cuando se oprime el botón de arranque (BA)? SI
e) ¿Se mantiene apagada mientras se mantiene oprimido el botón de arranque (BA)? SI
f) Cuando se mantiene el botón de arranque (BA) en la condición de oprimido, ¿qué determina el tiempo de encendido de la lámpara piloto? EL TEMPORIZADOR
g) ¿Se podría llamar a este circuito oscilador de relevador? SI
Explique su respuesta. AL OPRIMIR EL BOTÓN DE ARRANQUE SE ENERGIZA LA BOBINA T Y LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA M. EN ESE INSTANTE SE ABRE EL CONTACTO (NC) (M6) QUE HACE QUE LA LÁMPARA ENCIENDA, DESPUÉS DE PASADO UN TIEMPO QUE SE LLAMA RETARDO DE TIEMPO, AL QUE SE LE DIO UN TIEMPO DE 7 SEGUNDOS, SE ABRE EL CONTACTO DE TIEMPO (TDC) Y ASÍ SE DESCONECTA EL TEMPORIZADOR, AL OCURRIR ESTO TODOS LOS CONTACTOS REGRESAN A SU POSICIÓN NORMAL DE TRABAJO Y COMO EL BOTÓN DE ARRANQUE SE MANTIENE OPRIMIDO VUELVE A REALIZAR TODA LA OPERACIÓN ANTES MENCIONADA.
h) Apague la fuente de energía.

6.

a) Arme el circuito de control para arranque a limite de tiempo como se muestra en la figura 6.

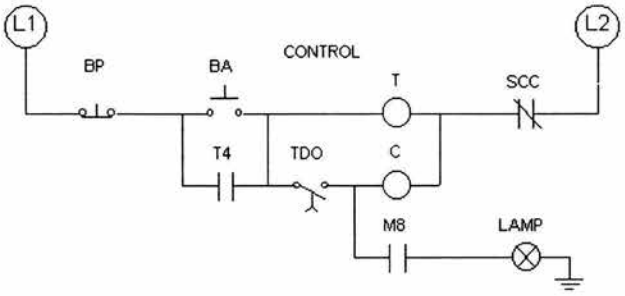


Figura 6

b) Encienda la fuente de energía.
c) Verifique que el control funciona correctamente. Cheque que el botón de arranque (BA), el botón de paro (BP) hagan sus acciones correspondientes y que el relevador de sobrecarga actúe correctamente, al oprimir el botón que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético C, todo el circuito de control se debe de desenergizar.
d) Apague la fuente de energía.

7.

a) Conecte el circuito de control de arranque a limite de tiempo de un motor con capacitor permanente como se muestra en la figura 7.
b) Ajuste el temporizador a 7 segundos.
c) Encienda la fuente de energía.
d) Ajuste la fuente variable en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
e) Oprima el botón de arranque (BA), deje que pasen los 7 segundos que se le dieron al temporizador para que cierre el contacto de tiempo (TDO) y después observe el funcionamiento del motor.
f) Oprima el botón de paro (BP). Repita (e y f) varias veces.
g) ¿El circuito se comporta como un arranque a límite de tiempo, es decir, arranca después de un tiempo determinado? SI
h) Apague la fuente de energía.

8.

a) Ahora se medirá el tiempo necesario para que un motor con capacitor permanente sin carga alcance la velocidad máxima cuando se arranca (aceleración) y el tiempo que necesita para pararse (desaceleración) a partir de la velocidad máxima.

Un motor toma la máxima corriente en el arranque. Al acelerar, la corriente de arranque disminuye, y se estabiliza en cierto valor cuando el motor alcanza la velocidad máxima.

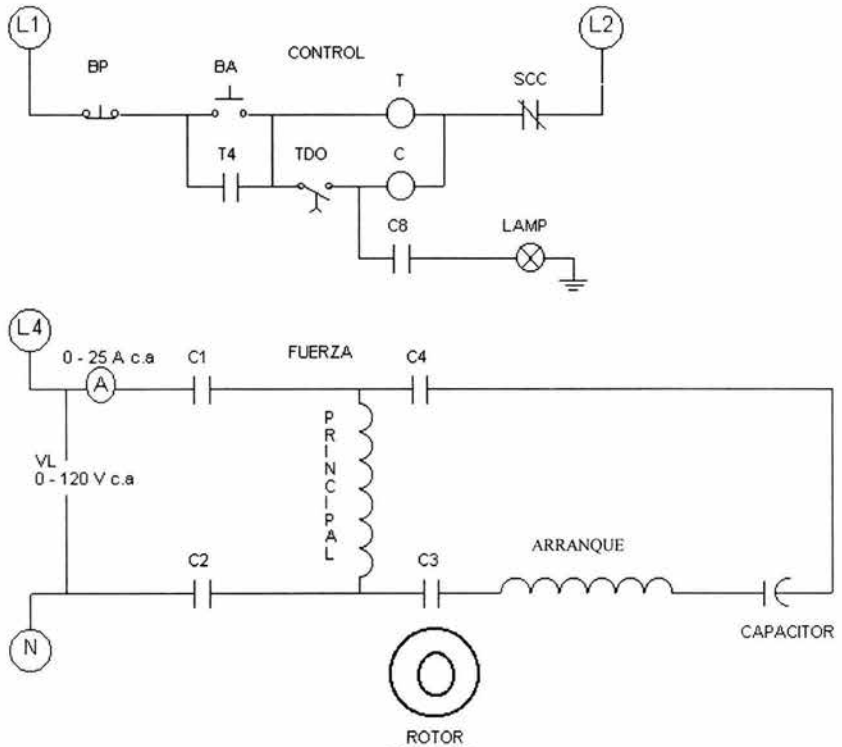


Figura 7

b) Inserte un medidor de corriente alterna ajustado en el rango de 8A en serie con la salida variable de la fuente de energía terminal 4 y la entrada del contacto NO C1.
c) Ajuste el retraso de tiempo a cero.
d) Encienda la fuente de energía.
i) Ajuste la fuente variable en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
e) Oprima el botón de arranque (BA).
f) Usando un reloj para observar el tiempo de aceleración, oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el medidor de corriente.

$t_{\text{aceleración}} =$ 1.81 S

g) Oprima el botón de paro (BP) y mida el tiempo de desaceleración.

$t_{\text{desaceleración}} =$ 8.74 S

h) Repita (f y g) anotando sus mediciones en la tabla 1.

	Tiempo de aceleración	Tiempo de desaceleración
Prueba	Sin carga	Sin carga
No. 1	1.49 Seg.	7.35 Seg.
No. 2	2.00 Seg.	7.76 Seg.
No. 3	1.75 Seg.	8.43 Seg.

Tabla 1

i) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿Qué función tiene la bobina electromagnética M en el procedimiento 5? LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA M ABRE EL CONTACTO NC M6, ESTE CONTACTO ES EL QUE ENERGIZA LA LÁMPARA PILOTO Y EN EL MOMENTO QUE SE ABRE ESTE CONTACTO SE APAGA LA LÁMPARA PILOTO.
2. Anote en secuencia los eventos del procedimiento 7. AL OPRIMIR EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE ENERGIZA EL RELEVADOR DE TIEMPO T EL CUAL CIERRA EL CONTACTO (NO) (T4), ESTE CONTACTO SIRVE COMO CONTACTO DE RETENCIÓN DEL RELEVADOR DE TIEMPO, DESPUÉS DE HABER TRANSCURRIDO LOS 7 SEGUNDOS DE RETRASO DE TIEMPO SE CIERRA EL CONTACTO DE TIEMPO (TDO) EN ESE MOMENTO SE ENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA C LA CUAL CIERRA LOS CONTACTOS (NO) (C1, C2 Y C3) ESTOS CONTACTOS ENERGIZAN EL MOTOR DE ARRANQUE CON CAPACITOR PERMANENTE PARA QUE ARRANQUE EL MOTOR Y EL CONTACTO (NO) (C8) EL CUAL ENERGIZA LA LÁMPARA PILOTO.

PRÁCTICA 11

INVERSIÓN DE ROTACIÓN DE UN MOTOR MONOFÁSICO DE INDUCCIÓN CON CAPACITOR PERMANENTE

Objetivos:

1. Analizar un circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor de inducción monofásico con capacitor permanente.
2. Aprender a conectar un circuito de control para inversión de rotación de un motor de inducción monofásico con capacitor permanente.

Introducción.

En los motores monofásicos, la inversión del sentido de giro, se efectúa invirtiendo las terminales de cualquiera de sus devanados; sin embargo, la operación más empleada consiste en invertir el sentido de la corriente que circula por el devanado de trabajo, lo cual puede efectuarse permutando las terminales del mismo.

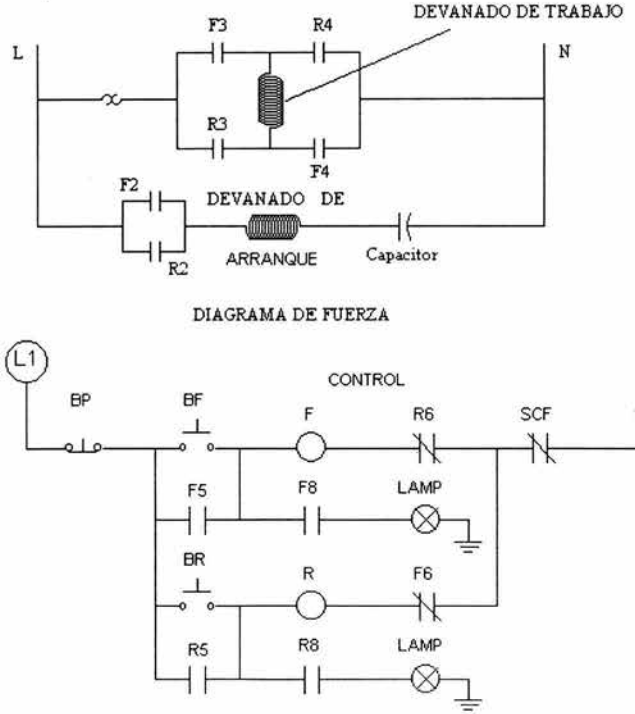


Figura 1

La figura 1 muestra el diagrama lineal de un arrancador para un motor monofásico con capacitor permanente de inversión de rotación.

Una vez que el motor se ha puesto en operación en el sentido deseado y se requiere invertir el sentido de giro, se debe esperar a que la máquina se detenga, para que el motor no tenga una fuerte inercia y así reiniciar la marcha en el sentido opuesto.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor magnético. (2)
Módulo de motor monofásico con capacitor permanente.
Módulo de fuente de energía. (120 / 208V c.a 3ϕ, 0-120 / 208 V c.a.)
Estación de botones. (2)
Cables para conexión.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Arme el circuito de control de inversión de rotación que aparece en la figura 2.
b) Observe que la entrada del botón de paro (BP) esta conectada a la salida fija de la fuente de energía terminal 1, la salida del botón de paro (BP) esta conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de frente (BF) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética F, la salida de la bobina electromagnética F esta conectada a la entrada del contacto NC R6, la salida del contacto NC R6 esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF, la salida del circuito de sobrecarga SCF esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCR, la salida del circuito de sobrecarga SCR esta conectada a la salida fija de la fuente de energía terminal 2.

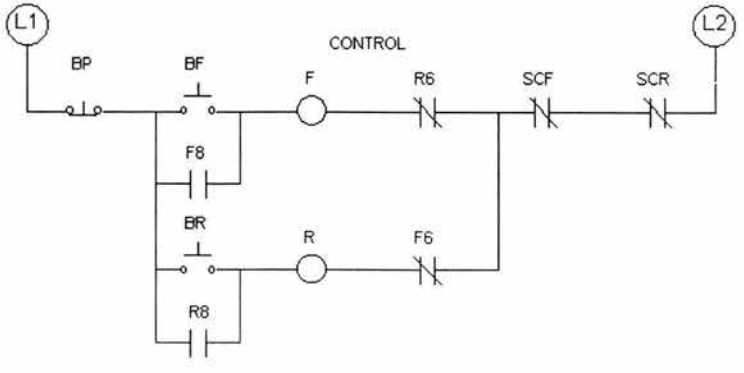


Figura 2

c) Observe que el contacto NO F8 esta conectado en paralelo con el botón de frente (BF). Este contacto sirve como contacto de retención de la bobina electromagnética F.
d) Observe que la entrada del botón de reversa (BR) esta conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de reversa (BR) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética R, la salida de la bobina electromagnética R esta conectada a la entrada del contacto NC F6, la salida del contacto NC F6 esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF.
e) Observe que el contacto NO R8 esta conectado en paralelo con el botón de reversa (BR). Este contacto sirve como contacto de retención de la bobina electromagnética R.
f) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ *1 ,2 y 3.*

2.

a) Encienda la fuente de energía y pruebe el control de inversión de rotación.
b) Oprima el botón de frente (BF).
c) ¿La bobina electromagnética F se energizar? SI
d) Oprima el botón de reversa (BR).
e) ¿La bobina electromagnética R se energiza? NO
Explique su respuesta. CUANDO LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA F ESTA ENERGIZADA EL CONTACTO NC F6 ESTA ABIERTO, ESTE CONTACTO AL ESTAR ABIERTO NO DEJA PASAR CORRIENTE HACIA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R AUNQUE SE OPRIMA EL BOTÓN DE REVERSA (BR).
f) Oprima el botón de paro (BP).
g) Oprima el botón de reversa (BR).
h) ¿La bobina electromagnética R se energiza? SI
i) Oprima el botón de frente (BF).
j) ¿La bobina electromagnética F se energiza? NO
k) Oprima el botón del circuito de sobrecarga SCF.
l) ¿La boina electromagnética R se desenergiza? SI
m) Oprima el botón de frente (BF).
n) Oprima el botón del circuito de sobrecarga SCR.
o) ¿El circuito de control se desenergiza? SI
p) Oprima el botón de paro (BP).
q) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control de arranque de inversión de rotación de la figura 3.

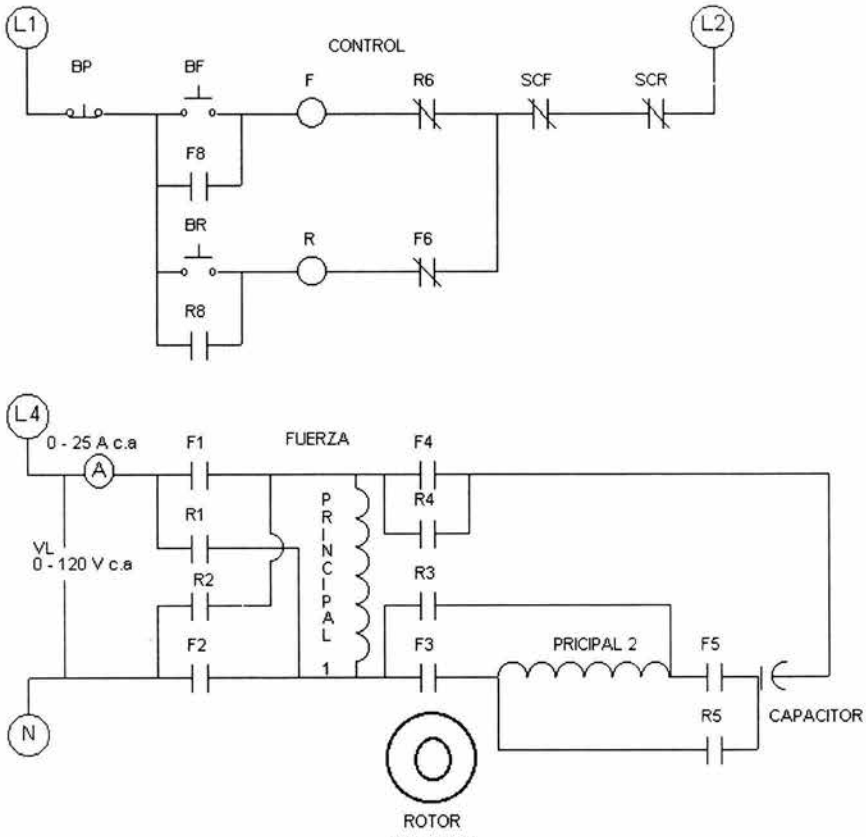


Figura 3

b) Observe que la salida variable de la fuente de energía terminal 4 esta conectada a la entrada del contacto NO F1, la salida del contacto NO F1 esta conectada a la entrada de la bobina de trabajo del motor de arranque con capacitor permanente terminal 2, la salida variable de la fuente de energía terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO F2, la salida del contacto NO F2 esta conectada a la entrada de la bobina de trabajo del motor de arranque con capacitor permanente terminal 1, la entrada de la terminal 1 del motor de arranque con capacitor permanente esta conectada a la entrada del contacto NO F3, la salida del contacto NO F3 esta conectada a la entrada la bobina de trabajo 2 del motor de arranque con capacitor permanente terminal 3, la entrada del devanado de arranque terminal 4 esta conectada a la entrada del contacto NO F5, la salida del contacto NO f5 esta conectada a la entrada del capacitor terminal 5, la entrada del capacitor terminal 6 esta conectada a la entrada del contacto NO F4, la salida del contacto NO F4 esta conectada a la entrada del devanado principal terminal 2.

c) Observe que la entrada del contacto NO R1 esta conectada a la entrada del contacto NO F1, la salida del contacto R1 esta conectada a la entrada de la bobina de trabajo terminal 1, la entrada del contacto NO R2 esta conectada a la entrada del contacto NO F2, la salida del contacto NO R2 esta conectada a la entrada de la bobina de trabajo terminal 1, la entrada del contacto NO R3 esta conectada a la entrada del devanado principal terminal 1, la salida del contacto NO R3 esta conectada a la entrada del devanado de arranque terminal 4, la entrada del contacto NO R5 esta conectada a la entrada del devanado de arranque terminal 3, la salida del contacto NO R5 esta conectada a la entrada del capacitor terminal 5, el contacto NO R4 esta en paralelo con el contacto NO F4.
d) Encienda la fuente de energía.
e) Ajuste la fuente variable en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
f) Oprima el botón de frente (BF).
g) ¿El motor arranca en sentido horario? SI
h) Oprima el botón de reversa (BR).
i) ¿El motor invierte el sentido de giro? NO
Explique su respuesta. EL MOTOR SIGUE FUNCIONANDO EN SENTIDO HORARIO POR QUE AL OPRIMIR EL BOTÓN DE REVERSA (BR) NO SE ENERGIZA LA BOBINA R YA QUE EL CONTACTO NC F6 ESTA ABIERTO Y NO DEJA PASAR LA CORRIENTE HACIA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R.
j) Oprima el botón de paro (BP) y enseguida oprima el botón de reversa (BR), describa lo que sucede. CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE PARA EL MOTOR Y CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE REVERSA EL MOTOR VUELVE A ARRANCA EN SENTIDO HORARIO.
k) Oprima el botón de paro (BP) y deje que el motor se pare por completo.
l) Oprima el botón de reversa (BR).
m) ¿El motor invirtió el sentido de giro? SI
n) Oprima el botón de paro (BP).
o) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿Cómo se consigue la inversión de rotación de un motor monofásico con capacitor permanente? LA INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO, SE EFECTÚA INVIRTIENDO LAS TERMINALES DE CUALQUIERA DE SUS DEVANADOS.
2. ¿Cuál sería la operación más empleada para invertir el sentido de giro del motor de arranque con capacitor? LA OPERACIÓN MÁS EMPLEADA CONSISTE EN INVERTIR EL SENTIDO DE LA CORRIENTE QUE

CIRCULA POR EL DEBANADO DE TRABAJO, LA CUAL PUEDE EFECTUARSE INTERCAMBIANDO LAS TERMINALES DEL MISMO.

PRÁCTICA 12

CONTROL DE ARRANQUE A TENSION PLENA DE UN MOTOR UNIVERSAL CUANDO FUNCIONA CON CORRIENTE ALTERNA Y CON CORRIENTE DIRECTA

Objetivos:

1. Evaluar el comportamiento de un circuito de control de arranque de un motor universal cuando funciona con corriente alterna y con corriente directa.
2. Analizar la estructura del circuito de control de arranque de un motor universal cuando funciona con corriente alterna y con corriente directa.
3. Construir un circuito de control de arranque de un motor universal que contenga el arranque con corriente alterna y corriente directa.

Introducción.

El motor universal es fundamentalmente un motor de c.d diseñado especialmente para funcionar con c.a y con c.d. Un motor serie normal de c.d funciona muy deficientemente en c.a., debido sobre todo a dos razones:

a) La alta reactancia de los devanados de armadura y campo limitan la corriente de c.a a un valor mucho menor que la corriente directa (para el mismo voltaje de la línea).
b) Si se usa acero sólido para el marco o yugo del estator, el flujo de c.a producirá grandes corrientes parásitas en él y, por lo tanto, se calentará.

La reactancia del devanado de armadura puede reducirse colocando un devanado de compensación en el estator, de tal modo que los flujos se opongan o "anulen" entre si. Este mismo devanado de compensación se puede conectar en serie con el de la armadura. En este caso se dice que el motor está conductivamente compensado. En estas condiciones, el motor universal tendrá características de operación similares, ya sea que funcione en c.a o en c.d.

El devanado de compensación puede conectarse en circuito corto para que se comporte como el secundario de un transformador en corto circuito. (el devanado de armadura actúa como primario) La corriente inducida de c.a en el devanado de compensación produce un flujo que se opone o "neutraliza" al de la corriente de armadura y se dice que el motor está inductivamente compensado. La reactancia del devanado de campo se puede mantener en un valor bajo limitando el número de vueltas.

En esta práctica de laboratorio se llevará acabo el arranque a tensión plena de un motor universal con corriente alterna y con corriente directa, es decir, con un botón de arranque (BA c.a) se arrancará el motor universal con corriente alterna, después se detendrá el motor universal con un botón de paro (BP), enseguida se pondrá en marcha el motor universal con corriente directa por medio de un botón de arranque (BA c.d). Esto se logra con la utilización de contactores electromagnéticos y botoneras.

Control de arranque a tensión plena de un motor universal cuando funciona con corriente alterna y con corriente directa

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor magnético. (2)
Módulo de motor universal.
Módulo de medición de c.a. (0 - 8 A c.a)
Módulo de medición de c.a. (0 – 200 V c.a)
Módulo de medición de c.d. (0 - 200 V c.d, 0 - 5 A c.d)
Módulo de fuente de energía. *(0 - 12O V c.a, 120 / 208 V c.a, 0 – 120 V c.d, 120 V c.d)*
Tacómetro de mano.
Estación de botones. (2)
Cables para conexión.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Conecte el circuito de control de arranque de motor universal cuando funciona con corriente alterna que aparece en la figura 1.
b) Observe que el circuito de control esta conectado a 220 V en las salidas fijas 1 y 2 de la fuente de energía.
c) Observe que la entrada del botón de paro (BP) esta conectada a la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal 1, la salida del botón de paro (BP) esta conectada a la entrada del botón de arranque de corriente alterna (BA c.a), la salida del botón de arranque de corriente alterna (BA c.a) esta conectada a la enterada de la bobina electromagnética A c.a, la salida de la bobina electromagnética A c.a esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga de corriente alterna SCA c.a, la salida del circuito de sobrecarga esta conectada a la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal fija 2.
d) Observe que el contacto NO A5 c.a esta conectado en paralelo con el botón de arranque de corriente alterna (BA c.a).

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ *1 ,2 y 3.*

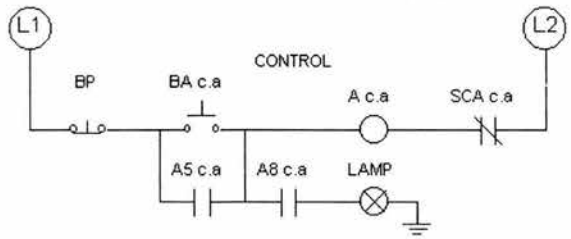


Figura 1

2.

a) Encienda la fuente de energía.
b) Oprima el botón de arranque de corriente alterna (BA c.a).
c) ¿La bobina electromagnética A c.a se energiza? SI
d) Oprima el botón de sobrecarga que se encuentra en el relevador de sobrecarga de corriente alterna SCA c.a.
e) La bobina electromagnética A c.a se desenergiza? SI
f) Oprima el botón de arranque de corriente alterna (BA c.a).
g) Verifique que el botón de paro (BP) desenergiza la bobina electromagnética.
h) Apague la fuente de energía.

3.

a) A continuación se determinará la posición neutra de las escobillas del motor, utilizando corriente alterna. Conecte el circuito que aparece en la figura 2 utilizando los módulos de fuente de energía, medición de c.a. y motor universal. Las terminales variables 4 y N de la fuente de energía proporcionan los 0 -120 V c.a conforme se haga girar la perilla de control de la salida de voltaje.

¡NO APLIQUE POTENCIA POR AHORA!

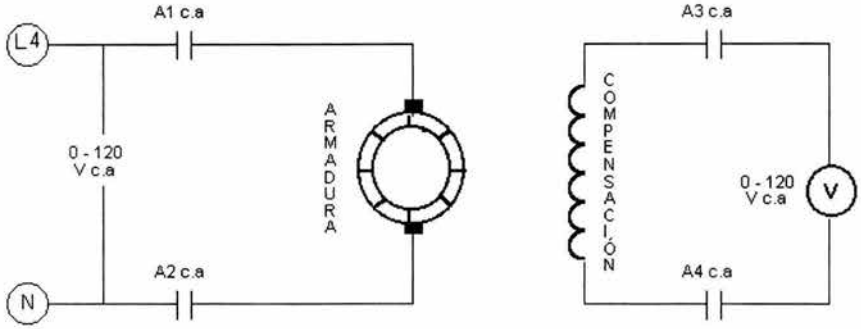


Figura 2

b) Desprenda el módulo de motor universal y jálelo aproximadamente 10 cm hacia adelante. Meta la mano detrás de la carátula delantera del módulo y mueva la palanca para que las escobillas giren en el sentido de las manecillas del reloj y lleguen a su posición máxima. Deje el módulo donde está. (porque más tarde tendrá que mover otra vez las escobillas)
c) Encienda la fuente de energía y ajuste el control de salida hasta que se aplique aproximadamente 80 V c.a a la armadura.
d) Oprima el botón de arranque de corriente alterna (BA c.a).
e) El voltaje de c.a que aparece en el devanado de compensación se induce por medio de la corriente alterna que pasa por la armadura.

f) Meta la mano con cuidado detrás de la cara delantera del módulo (no olvide meter la otra mano en el bolsillo), y mueva las escobillas de una posición extrema a la otra. Observará que al girar las escobillas el voltaje aumenta y luego disminuye cuando éstas se acercan a la otra posición extrema.
g) Deje las escobillas en la posición en que el voltaje inducido llega al máximo; éste es el punto neutral del motor universal.
h) Oprima el botón de paro (BP).
i) Vuelva el voltaje a cero y desconecte la fuente de energía. Coloque el módulo de motor universal en su lugar.

4.

a) Conecte el circuito de control de arranque de motor universal cuando funciona con corriente alterna como se muestra en la figura 3.

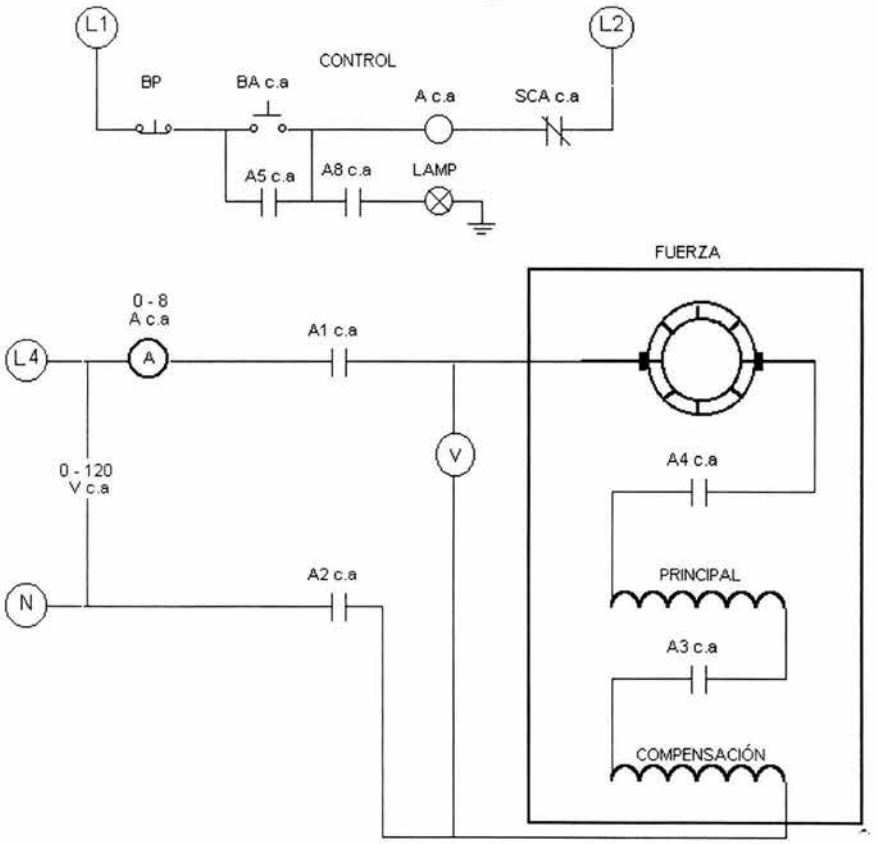


Figura 3

b) Observe que la entrada del contacto NO A1 c.a esta conectada a la salida variable terminal 4 de la fuente de energía de c.a, la salida del contacto NO A1 c.a esta

conectada a la salida de la escobilla del motor universal terminal 1, la entrada del contacto NO A2 c.a esta conectada a la salida variable terminal N de la fuente de energía de c.a, la salida del contacto NO A2 c.a esta conectada a la entrada del devanado de compensación terminal 6, la entrada del devanado de compensación terminal 5 esta conectada a la entrada del contacto NO A3 c.a, la salida del contacto NO A3 c.a esta conectada a la entrada del devanado principal terminal 4, la entrada del devanado principal terminal 3 esta conectada a la entrada del contacto NO A4 c.a, la salida del contacto NO A4 c.a esta conectada a la entrada de la escobilla terminal 2.

c) Conecte un medidor de c.a (0 – 8 A c.a) en serie con la salida variable terminal 4 de la fuente de energía y la entrada del contacto NO A1 c.a, como se muestra en la figura 3.
d) Conecte un medidor de c.a (0 – 120 V c.a) entre las salidas variables terminales 4 y N.
e) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.
f) Encienda la fuente de energía.
g) Debido a que el motor universal no se encuentra en sus condiciones optimas de trabajo para que funcione a sus valores nominales se debe ajustar la fuente variable de energía terminales 4 y N a 40 V c.a. (Este voltaje se toma como valor nominal)
h) Oprima el botón de arranque de corriente alterna (BA c.a).
i) Mida y anote la corriente de arranque del motor universal cuando funciona con corriente alterna.

$$I_{Arranque} = \underline{\quad 1.56 \quad} A\ c.a$$

j) Mida y anote la corriente nominal del motor universal cuando funciona con corriente alterna.

$$I_{No\ min\ al} = \underline{\quad 0.77 \quad} A\ \text{c.a}$$

k) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor universal cuando funciona con corriente alterna.

$$Velocidad\ del\ motor = \underline{\quad 2400 \quad} {}^{r}/_{\min}$$

l) Oprima el botón de paro (BP).
m) Apague la fuente de energía.

5.

a) Conecte el circuito de control de arranque de motor universal cuando funciona con corriente alterna y corriente directa como se muestra en la figura 4.
b) Observe que se agrega un contacto NC D6 c.d entre la bobina electromagnética A c.a y el circuito de sobrecarga de corriente alterna SCA c.a.

c) Observe que la entrada del botón de arranque de corriente directa (BA c.d) esta conectada a la entrada del botón de arranque de corriente alterna (BA c.a), la salida del botón de arranque de corriente directa (BA c.d) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética D, la salida de la bobina electromagnética D esta conectada a la entrada del contacto NC A6 c.a, la salida del contacto NC A6 c.a esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga de corriente alterna SCA c.a.

d) Observe que se agrega un circuito de sobrecarga de corriente directa SCD c.d entre el circuito de sobrecarga de corriente alterna SCA c.a y la salida fija de la fuente de energía terminal 2.

e) Encienda la fuente de energía.

f) Oprima el botón de arranque de corriente alterna (BA c.a).

g) Oprima el botón de arranque de corriente directa (BA c.d).

h) ¿Se energiza la bobina D c.d? NO

i) Oprima el botón del circuito de sobrecarga de corriente directa SCD c.d que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético D.

j) ¿La bobina electromagnética D c.d se desenergiza? SI

k) Apague la fuente de energía.

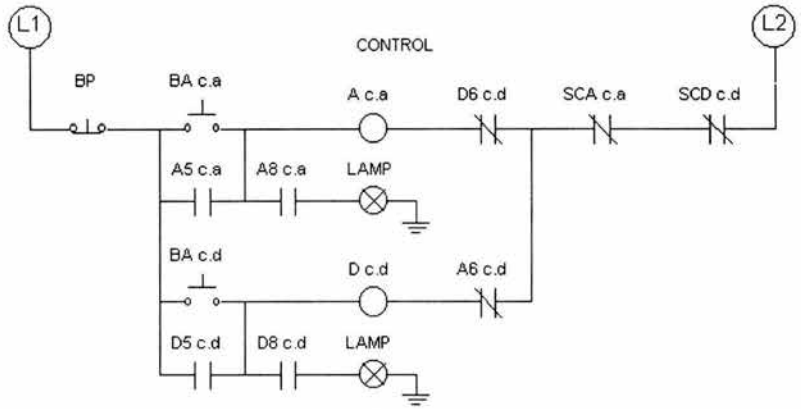


Figura 4

6.

a) Arme el circuito de control de arranque de motor universal cuando funciona con corriente alterna y cuando funciona con corriente directa que se muestra en la figura 5.

b) Observe que la entrada del contacto NO D1 c.d esta conectada a la salida variable de corriente directa terminal 7 de la fuente de energía, la salida del contacto NO D1 c.d esta conectada a la entrada de la escobilla del motor universal terminal 1, la entrada del contacto NO D2 c.d esta conectada a la salida variable de corriente directa termina N de la fuente de energía, la salida del contacto NO D2 c.d esta conectada a la entrada del devanado de compensación terminal 6.

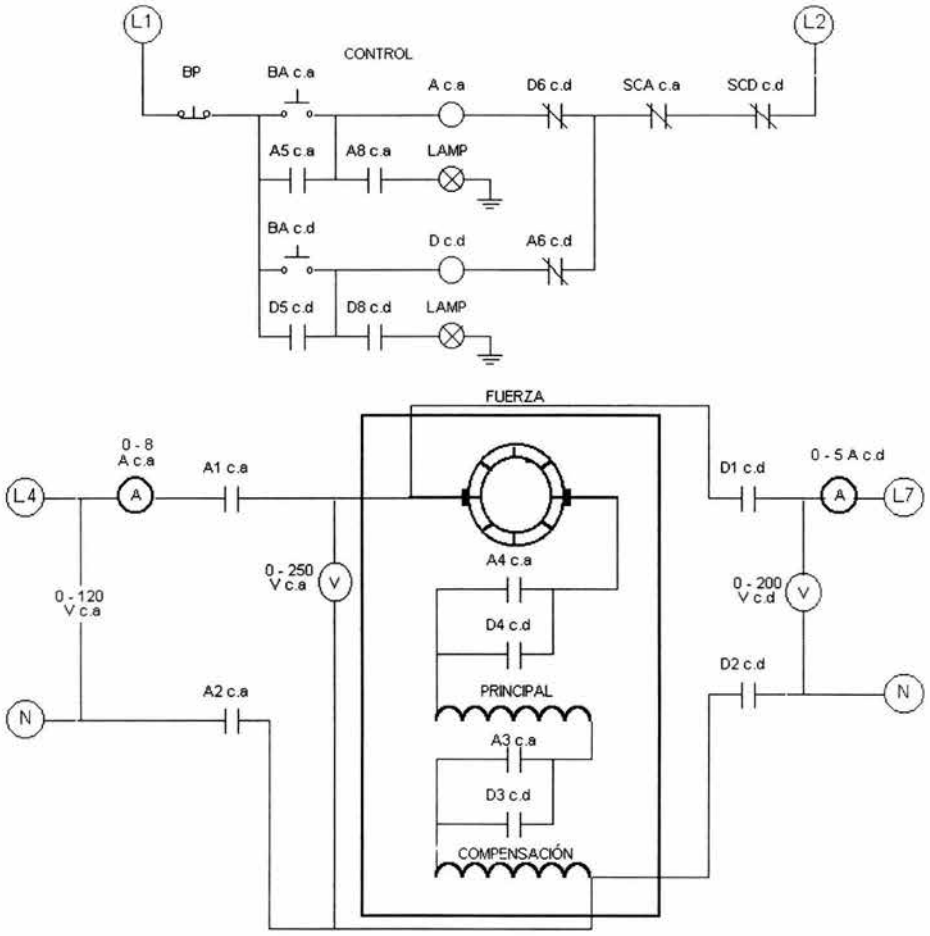


Figura 5

c) Observe que el contacto NO D3 c.d esta en paralelo con el contacto NO A3 c.a y el contacto NO D4 c.d esta en paralelo con el contacto NO A4 c.a.
d) Conecte un medidor de c.d (0 – 5 A c.d) en serie con la salida variable de corriente directa terminal 7 de la fuente de energía y la entrada del contacto NO D1 c.d.
e) Conecte un medidor de voltaje de c.d (0 – 200 V c.d) entre las salidas variables de corriente directa terminales 7 y N de la fuente de energía.
f) Encienda la fuente de energía.
g) Calibre la fuente de energía a 40 V c.d.
h) Oprima el botón de arranque de corriente alterna (BA c.a).

i) Oprima el botón de arranque de corriente directa (BA c.d) y describa lo que sucede. EL MOTOR SIGUE FUNCIONANDO CON CORRIENTE ALTERNA.

j) Oprima el botón de paro (BP).

k) Oprima el botón de arranque de corriente directa (BA c.d).

l) ¿El motor arranca con corriente directa? SI

m) Mida y anote la corriente del motor universal cuando funciona con corriente directa.

$$I_{Arranque} = \_\_\_\_2.21\_\_\_\_ A\ c.d$$

n) Mida y anote la corriente nominal del motor universal cuando funciona con corriente directa.

$$I_{No\ min\ al} = \_\_\_\_0.8\_\_\_\_ A\ c.d$$

o) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor universal cuando funciona con corriente directa.

$$Velocidad\ del\ motor = \_\_\_\_2000\_\_\_\_ {}^{r}/_{\min}$$

p) Oprima el botón de paro (BP).

q) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿En que tipo de herramientas se utiliza el motor universal de c.a / c.d? SE UTILIZA EN HERRAMIENTAS PORTÁTILES TALES COMO TALADROS, SIERRAS, PULIDORAS ELÉCTRICAS, ETC., Y TAMBIÉN EN APARATOS CASEROS TALES COMO ASPIRADORAS, BATIDORAS, LICUADORAS, ETC.
2. ¿Cuál es la principal desventaja que tiene el motor universal con respecto a los motores de inducción? CONSISTE EN QUE NECESITAN CONMUTACIÓN Y ESCOBILLAS.
3. ¿Por qué un motor serie normal de c.d funciona muy deficientemente en c.a? ESTO SE DEBE A DOS RAZONES, LA PRIMERA ES QUE LA ALTA REACTANCIA DE LOS DEVANADOS DE ARMADURA Y CAMPO LIMITAN LA CORRIENTE DE C.A A UN VALOR MUCHO MENOR QUE LA CORRIENTE DIRECTA. (PARA EL MISMO VALOR DE LÍNEA), LA SEGUNDA RAZÓN ES QUE SI SE USA ACERO SÓLIDO PARA EL

MARCO O YUGO DEL ESTATOR, EL FLUJO DE C.A PRODUCIRÁ GRANDES CORRIENTES PARÁSITAS EN ÉL Y, POR LO TANTO, SE CALENTARÁ.

4. ¿Cómo se puede reducir la reactancia del devanado de armadura? COLOCANDO UN DEVANADO DE COMPENSACIÓN EN EL ESTATOR, DE TAL MODO QUE LOS FLUJOS SE OPONGAN O ANULEN ENTRE SÍ.

PRÁCTICA 13

CONTROL DE INVERSIÓN DE ROTACIÓN DE UN MOTOR UNIVERSAL

Objetivos:

1. Analizar un circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor universal cuando funciona con corriente alterna.
2. Aprender a conectar un circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor universal cuando funciona con corriente alterna.
3. Analizar un circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor universal cuando funciona con corriente directa.
4. Aprender a conectar un circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor universal cuando funciona con corriente directa.
5. Armar un circuito de control para inversión de rotación de un motor universal cuando funciona con corriente alterna y cuando funciona con corriente directa.

Introducción.

Los motores universales son pequeños motores conocidos también como motores serie de c.a, que operan con voltaje de corriente directa o corriente alterna, sin experimentar cambios sensibles en sus características de operación. Se construyen en el rango de 1/150 o menores, hasta ¾ de Hp.

la inversión de rotación del motor universal se puede realizar de dos formas; la más empleada consiste en invertir el sentido de la corriente que circula por el devanado inducido, lo cual puede efectuarse permutando las terminales de las escobillas como se muestra en la figura 1. El otro método requiere invertir el sentido de la corriente por el campo, por tal motivo algunos motores universales de aplicación especial se diseñan con dos devanados de campo conectados en sentido inverso. El flujo producido por cada uno de ellos, corresponde a un sentido de rotación.

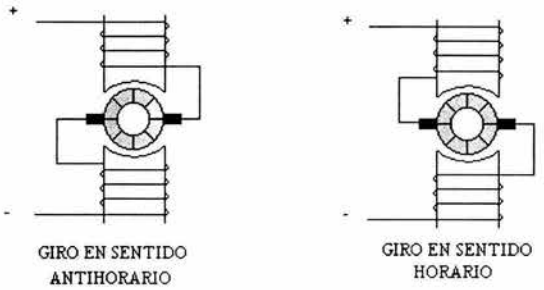


Figura 1

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor magnético. (4)
Módulo de motor universal.
Módulo de fuente de energía. (0 – 120 V c.a, 208 V c.a, 0 – 120 V c.d)
Módulo de medición de c.a. (2.5 / 8 A c.a)
Módulo de medición de c.a. (100 / 200 V c.a)
Módulo de medición de c.d. (200 V c.d, 2.5 / 5 A c.d)
Estación de botones. (4)
Tacómetro de mano.
Cables para conexión.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Conecte el circuito de control de inversión de rotación de motor universal cuando funciona con corriente alterna como se muestra en la figura 2.
b) Observe que la entrada del botón de paro (BP) esta conectada a la salida fija terminal 1 de la fuente de energía, la salida del botón de paro (BP) esta conectada a la entrada del botón de frente de corriente alterna (BF c.a), la salida del botón de frente de corriente alterna (BF c.a) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética F c.a, la salida de la bobina electromagnética F c.a esta conectada a la entrada del contacto NC R6 c.a, la salida del contacto NC R6 c.a esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga de corriente alterna SCF c.a, la salida del circuito de sobrecarga de corriente alterna SCF c.a esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga de corriente alterna SCR c.a, la salida del circuito de sobrecarga de corriente alterna SCR c.a esta conectada a la salida fija terminal 2 de la fuente de energía. Observe que el contacto NO F5 c.a esta en paralelo con el botón de frente de corriente alterna (BF c.a).
c) Observe que la entrada del botón de reversa de corriente alterna (BR c.a) esta conectada a la entrada del botón de frente de corriente alterna (BF c.a), la salida del botón de reversa de corriente alterna (BR c.a) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética R c.a, la salida de la bobina electromagnética R c.a esta conectada a la entrada del contacto NC F6 c.a, la salida del contacto NC F6 c.a esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga de corriente alterna SCF c.a. observe que el contacto NO R5 c.a esta conectado en paralelo con el botón de reversa de corriente alterna (BR c.a).
d) Encienda la fuente de energía.
e) Oprima el botón de frente de corriente alterna (BF c.a).
f) ¿La bobina electromagnética F c.a se energiza? SI
g) Oprima el botón de reversa de corriente alterna (BR c.a).
h) ¿La bobina electromagnética R c.a se energiza? NO

i) Oprima el botón del circuito de sobrecarga que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético F c.a.

j) ¿Se desenergiza la bobina F c.a? SI

k) Oprima el botón de reversa de corriente alterna (BR c.a).

l) ¿La bobina electromagnética R c.a se energiza? SI

m) oprima el botón de paro (BP).

n) Apague la fuente de energía.

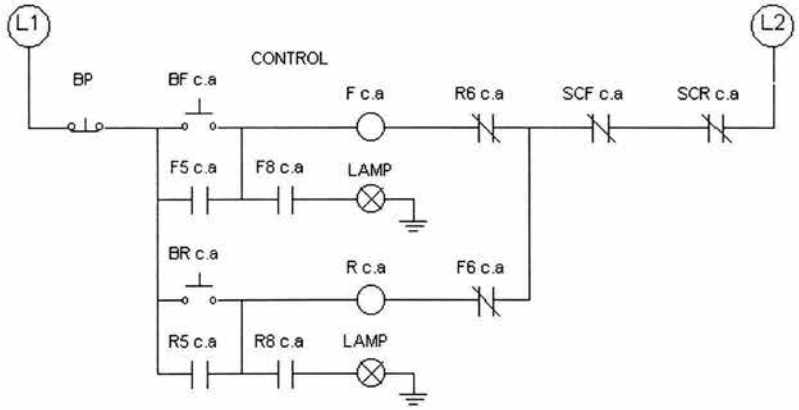


Figura 2

2.

a) Conecte el circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor universal cuando funciona con corriente alterna como se muestra en la figura 3.

b) Observe que la entrada del contacto NO F1 c.a esta conectada a la salida variable terminal 4 de la fuente de energía, la salida del contacto NO F1 c.a esta conectada a la entrada de las escobillas terminal 1, la entrada del contacto NO F2 c.a esta conectada a la salida variable terminal N de la fuente de energía, la salida del contacto NO F2 c.a esta conectada a la entrada del devanado de compensación terminal 6, la entrada del devanado de compensación terminal 5 esta conectada a la entrada del contacto NO F3 c.a, la salida del contacto NO F3 c.a esta conectada a la entrada del devanado principal terminal 4, la entrada del devanado principal terminal 3 esta conectada a la entrada del contacto NO F4 c.a, la salida del contacto NO F4 c.a esta conectada a la entrada de la escobilla terminal 2.

c) Observe que la entrada del contacto NO R1 c.a esta conectada a la entrada del contacto NO F1 c.a, la salida del contacto NO R1 c.a esta conectada a la entrada de la escobilla terminal 2, la entrada del contacto NO R2 c.a esta conectada a la entrada del contacto NO F2 c.a, la salida del contacto NO R2 c.a esta conectada al devanado de compensación terminal 5, la entrada del contacto NO R3 c.a esta conectada al devanado de compensación terminal 6, la salida del contacto NO R3 c.a esta conectada a la entrada del devanado principal terminal 4, la entrada del contacto NO

R4 c.a esta conectada a la entrada del contacto NO F4 c.a, la salida del contacto NO R4 c.a esta conectada a la entrada de la escobilla terminal 1.

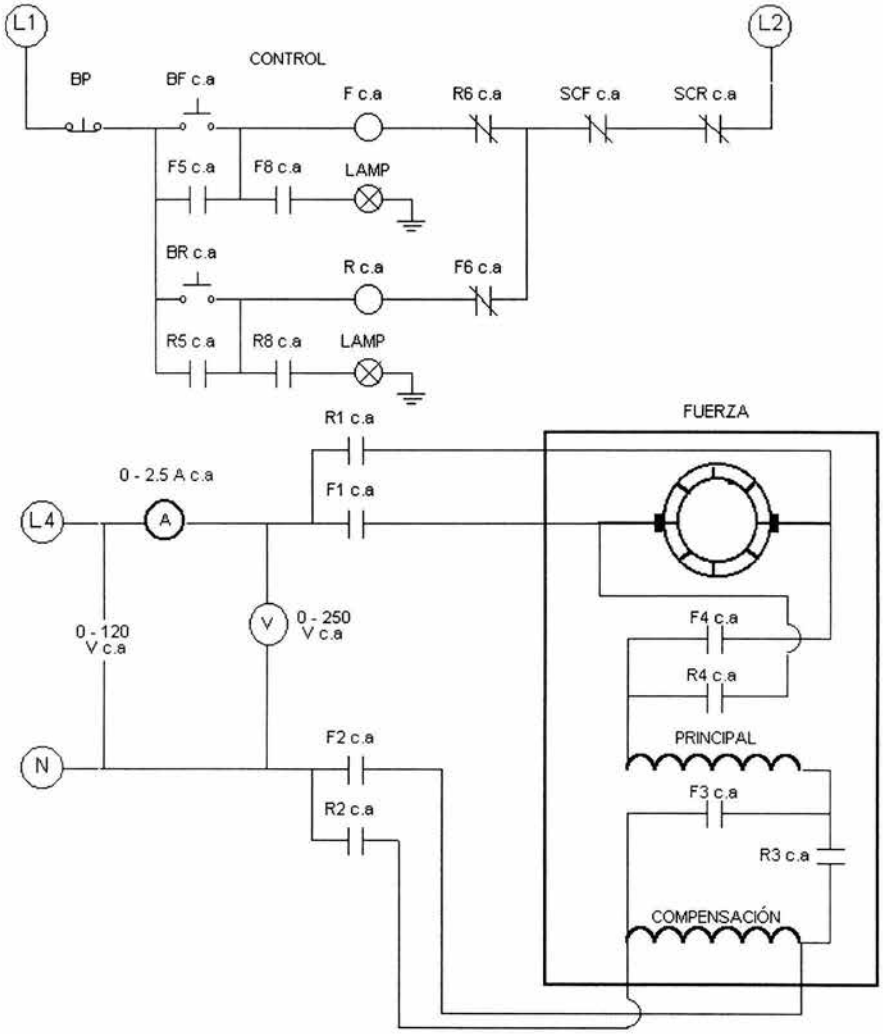


Figura 3

d) Conecte un medidor de c.a (0 – 8 A c.a) en serie con la salida variable de la fuente de energía terminal 4 y la entrada del contacto NO F1 c.a.
e) Conecte un medidor de voltaje de c.a (0 –200 V c.a) entre las salidas variables terminales 4 y N de la fuente de energía.

f) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.
g) Encienda la fuente de energía.
h) Calibre la fuente de energía a 40 V c.a.
i) Oprima el botón de frente de corriente alterna BF c.a.
j) Mida y anote la corriente de arranque y tensión plena cuando funciona con corriente alterna.

$I_{Arranque}$ = _____1.40_____ A c.a

$I_{No\ min\ al}$ = _____0.72_____ A c.a

k) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor universal cuando funciona con corriente alterna.

Velocidad del motor = _____2500_____ r/min

l) ¿El motor gira en sentido horario? SI
m) Oprima el botón de reversa de corriente alterna y describa lo que sucede. EL MOTOR NO INVIERTE EL SNTIDO DE GIRO, SIGUE GIRANDO EN SENTIDO HORARIO.
n) Oprima el botón de paro BP.
o) Oprima el botón de reversa de corriente alterna BR c.a.
p) Mida y anote la corriente de arranque y plena carga cuando funciona con corriente alterna en sentido antihorario.

$I_{Arranque}$ = _____1.37_____ A c.a

$I_{No\ min\ al}$ = _____0.70_____ A c.a

q) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor universal cuando funciona con corriente alterna.

Velocidad del motor = _____1900_____ r/min

r) Oprima el botón de paro BP.
s) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control para inversión de un motor universal cuando funciona con corriente directa como se muestra en la figura 4.

Control de inversión de rotación
de un motor universal

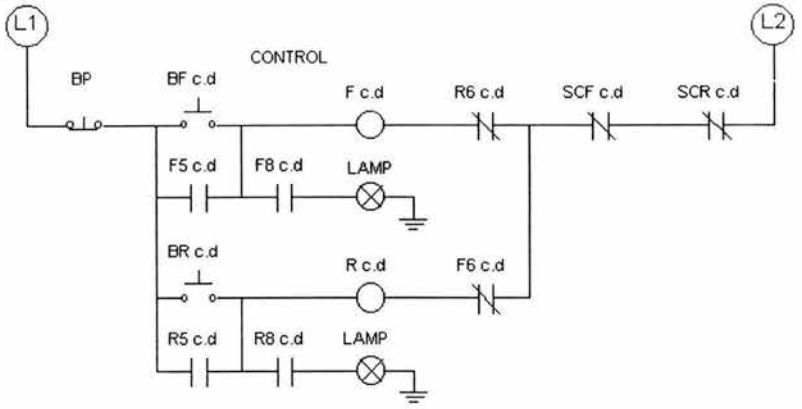


Figura 4

b) Observe que la entrada del botón de paro (BP) esta conectada a la salida fija terminal 1 de la fuente de energía, la salida del botón de paro (BP) esta conectada a la entrada del botón de frente de corriente directa (BF c.d), la salida del botón de frente de corriente directa (BF c.d) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética F c.d, la salida de la bobina electromagnética F c.d esta conectada a la entrada del contacto NC R6 c.d, la salida del contacto NC R6 c.d esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga de corriente directa SCF c.d, la salida del circuito de sobrecarga de corriente directa SCF c.d esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga de corriente directa SCR c.d, la salida del circuito de sobrecarga de corriente directa SCR c.d esta conectada a la salida fija terminal 2 de la fuente de energía. Observe que el contacto NO F5 c.d esta conectado en paralelo con el botón de frente de corriente directa (BF c.d).

c) Observe que la entrada del botón de reversa de corriente directa (BR c.d), esta conectada a la entrada del botón de frente de corriente directa (BF c.d), la salida del botón de reversa de corriente directa (BR c.d) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética R c.d, la salida de la bobina electromagnética R c.d esta conectada a la entrada del contacto NC F6 c.d, la salida del contacto NC F6 c.d esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga de corriente directa SCF c.d. observe que el contacto NO R5 c.d esta en paralelo con el botón de reversa de corriente directa (BR c.d).

d) Encienda la fuente de energía.

e) Oprima el botón de frente de corriente directa (BF c.d).

f) ¿La bobina electromagnética F c.d se energiza? SI

g) Oprima el botón de reversa de corriente directa (BR c.d).

h) ¿La bobina electromagnética R c.d se energiza? NO

i) Oprima el botón de paro (BP).

j) Oprima el botón de reversa de corriente directa (BR c.d).

k) ¿La bobina electromagnética R c.d se energiza? SI
l) Oprima el botón del circuito de sobrecarga SCR c.d que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético R c.d.
m) ¿La bobina electromagnética R c.d se desenergiza? SI
n) Oprima el botón de frente de corriente directa (BF c.d).
o) Oprima el botón del circuito de sobrecarga SCF c.d que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético F c.d.
p) ¿La bobina electromagnética F c.d se desenergiza? SI
q) Apague la fuente de energía.

4.

a) Conecte el circuito de control de inversión de rotación de un motor universal cuando funciona con corriente directa como se muestra en la figura 5.
b) Observe que la entrada del contacto NO F1 c.d esta conectada a la salida variable terminal 7 de la fuente de energía, la salida del contacto NO F1 c.d esta conectada a la entrada de las escobillas terminal 1, la entrada del contacto NO F2 c.d esta conectada a la salida variable terminal N de la fuente de energía, la salida del contacto NO F2 c.d esta conectada a la entrada del devanado de compensación terminal 6, la entrada del devanado de compensación esta conectada a la entrada del contacto NO F3 c.d, la salida del contacto NO F3 c.d esta conectada a la entrada del devanado principal terminal 4, la entrada del devanado principal terminal 3 esta conectada a la entrada del contacto NO F4 c.d, la salida del contacto NO F4 c.d esta conectada a la entrada de la escobilla terminal 2.
c) Observe que la entrada del contacto NO R1 c.d esta conectada a la entrada del contacto NO F1 c.d, la salida del contacto NO R1 c.d esta conectada a la entrada de la escobilla terminal 2, la entrada del contacto NO R2 c.d esta conectada a la entrada del contacto NO F2 c.d, la salida del contacto NO R2 c.d esta conectada a la entrada del devanado de compensación terminal 5, la entrada del contacto NO R3 c.d esta conectada a la entrada del devanado de compensación terminal 6, la salida del contacto NO R3 c.d esta conectada a la entrada del devanado principal terminal 4, la entrada del contacto NO R4 c.d esta conectada a la entrada del contacto NO F4 c.d, la salida del contacto NO R4 c.d esta conectada a la entrada de la escobilla terminal 1.
d) Conecte un medidor de c.d (0 – 5 A c.d) en serie con la salida variable terminal 7 y el contacto NO F1 c.d.
e) Conecte un medidor de voltaje de c.d (0 – 200 V c.d) entre las salidas variables terminales 7 y N de la fuente de energía.
f) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.
g) Encienda la fuente de energía.
h) Ajuste la fuente de energía a 40 V c.d.
i) Oprima el botón de frente de corriente directa (BF c.d).
j) Mida y anote la corriente de arranque y corriente nominal del motor universal cuando funciona con corriente directa de frente.

$I_{Arranque}$ = _____1.61_____ A c.a

$I_{No\,min\,al}$ = _____0.78_____ A c.a

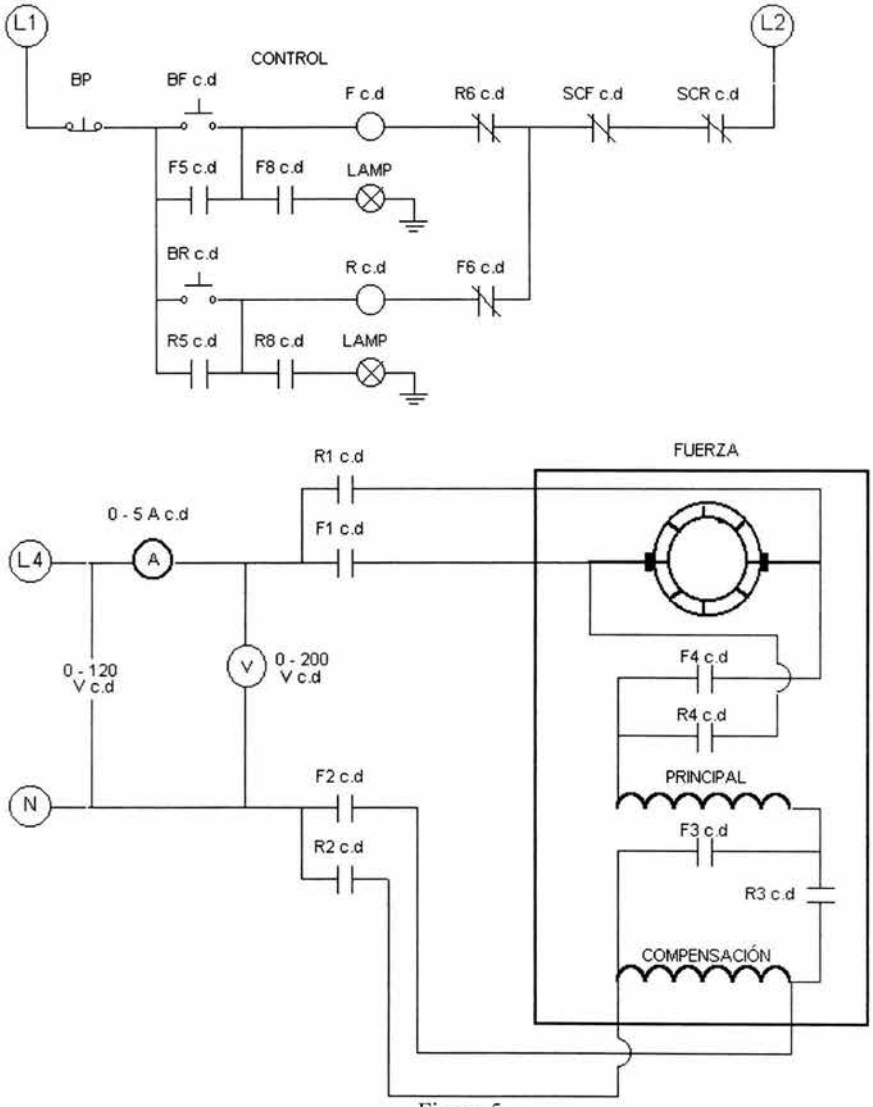


Figura 5

k) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor universal cuando funciona con corriente directa de frente.

Velocidad del motor = 2000 r/min

l) Opima el botón del circuito de sobrecarga de corriente directa SCF c.d del relevador de sobrecarga que se encuentra en el módulo de contactor magnético F c.d.

m) ¿La bobina electromagnética se desenergiza? SI

n) Oprima el botón de reversa de corriente directa (BR c.d).

o) Mida y anote la corriente de arranque y corriente nominal del motor universal cuando funciona con corriente directa en reversa.

$I_{Arranque}$ = 1.76 A c.a

$I_{No\ min\ al}$ = 0.70 A c.a

p) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor universal cuando funciona con corriente directa en reversa.

Velocidad del motor = 1600 r/min

q) Oprima el botón del circuito de sobrecarga del relevador de sobrecarga que se encuentra en el módulo de contactor magnético R c.d.

r) ¿La bobina electromagnética R c.d se desenergiza? SI

s) Apague la fuente de energía.

5.

a) Conecte el circuito de control de arranque de inversión de rotación de motor universal cuando funciona con corriente alterna y cuando funciona con corriente directa como se muestra en la figura 6.

b) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.

c) Encienda la fuente de energía.

d) Calibre la fuente de energía a 40 V. c.a entre las terminales variables 4 y N de la fuente de energía.

e) Oprima el botón de frente de corriente alterna (BF c.a).

f) ¿El motor arranque en sentido horario con corriente alterna? SI

g) Oprima el botón de reversa de corriente alterna (BR c.a).

h) ¿El motor invierte el sentido de giro? NO

i) Oprima el botón de paro (BP).

j) Oprima el botón de reversa de corriente alterna (BR c.a).

k) ¿El motor gira en sentido anti-horario con corriente alterna? SI

l) Oprima el botón de frente de corriente directa (BF c.d).

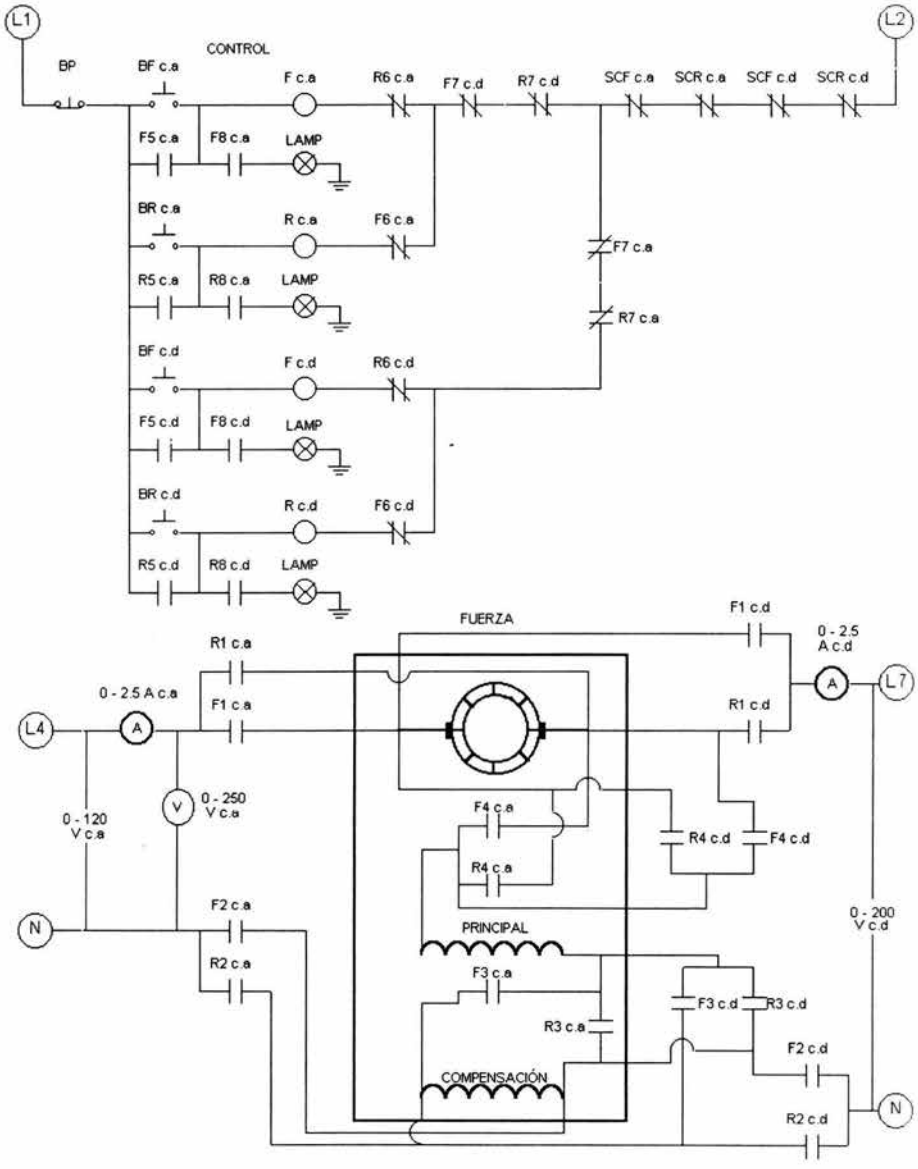


Figura 6

m) ¿El motor gira en sentido horario con corriente directa? NO

n) Oprima el botón de paro (BP).

o) Oprima el botón de frente de corriente directa (BF c.d).

p) ¿El motor arranca en sentido horario con corriente directa? SI
q) Oprima el botón de reversa de corriente directa (BR c.d).
r) ¿El motor invierte el sentido de giro con corriente directa? NO
s) Oprima el botón de paro (BP).
t) Oprima el botón de reversa de corriente directa (BR c.d).
u) ¿El motor gira en sentido anti-horario con corriente directa? SI
v) Oprima el botón de frente de corriente alterna (BF c.a).
w) ¿El motor invierte el sentido de giro con corriente alterna? NO
x) Oprima el botón de paro (BP).
y) Apague la fuente de energía.

PRÁCTICA 14

CONTROL DE ARRANQUE A TENSION PLENA DE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA CONECTADO EN DERIVACIÓN

Objetivos:

1. Comprender el funcionamiento de un motor de corriente directa conectado en derivación.
2. Aprender a conectar un circuito de control de arranque a tensión plena de un motor de corriente directa conectado en derivación.
3. Controlar un motor de corriente directa conectado en derivación desde una estación de botones.

Introducción.

La velocidad de cualquier motor de c.d depende principalmente de su voltaje de armadura y de la intensidad del campo magnético en un motor en derivación, el devanado de campo y el de la armadura se conectan en paralelo directamente a las líneas de alimentación de c.d. Si el voltaje de la línea de c.d es constante, el voltaje de la armadura y la intensidad del campo serán constantes también. Por lo tanto, el motor en paralelo debería funcionar a una velocidad razonablemente constante.

Conviene mencionar que el arranque de pequeños motores, hasta ½ HP puede realizarse conectándolos directamente a la red, debido a la rapidez con que estos motores alcanzan su velocidad nominal que son lo suficientemente elevadas para mantener la corriente dentro de los valores admisibles.

Las secuencias de arranque y de control en los motores de c.d puede realizarse también utilizando dispositivos de control magnético, lo cual simplifica la operación y proporciona cierta seguridad en la manipulación de la máquina. La secuencia de arranque se realiza en tiempos adecuados, que permite la aceleración uniforme impidiendo así, que la corriente de armadura sobrepase los límites que la seguridad impone. La operación de estos arrancadores, puede ser automática o semiautomática.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor electromagnético. (2)
Módulo de motor / generador de c.d.
Módulo medidor de c.d. (200 V c.d , 5 A c.d)
Módulo de fuente de energía. *(120 / 208 V c.a, 0 - 120 V c.d).*
Estación de botones.
Cables para conexión.
Tacómetro de mano.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Examine el circuito de control de arranque a tensión plena de un motor de corriente directa conectado en derivación que aparece en la figura 1. Suponga que le aplica la potencia especificada.

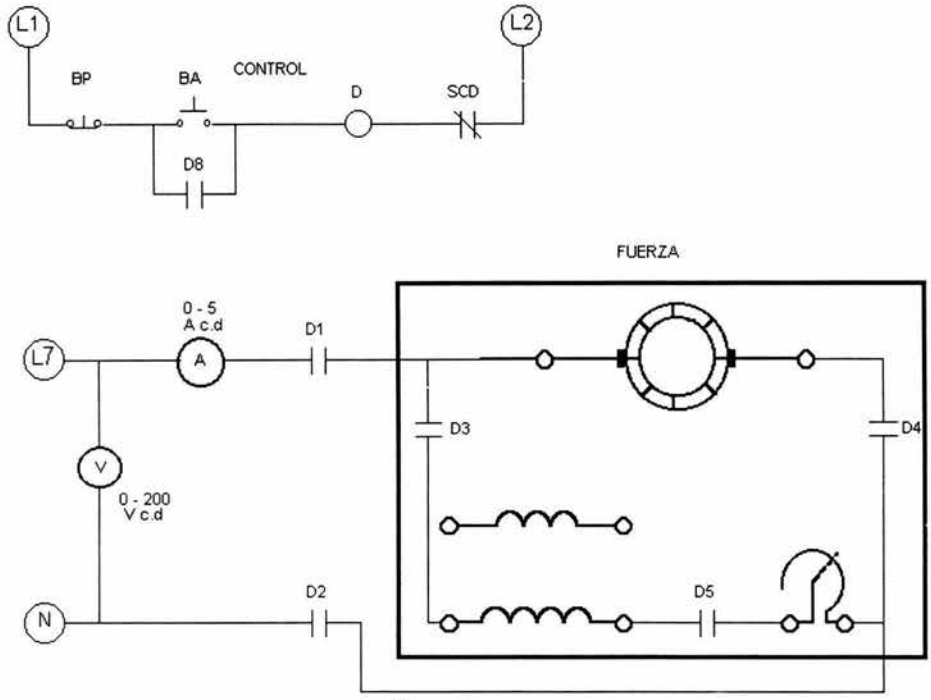


Figura 1

b) ¿Arrancará el motor si se oprime el botón de arranque (BA)? SI

c) ¿Seguirá funcionando el motor cuando se oprima el botón de paro (BP)? NO

Explique su respuesta EN EL MOMENTO EN QUE SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE DESENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA C Y EN ESE MOMENTO SE ABREN LOS CONTACTOS (NO) (C1, C2, C3 Y C4) QUE ALIMENTAN AL MOTOR DE CORREINTE DIRECTA CONECTADO EN DERIVACIÓN.

d) ¿La lámpara piloto indicara cuando el motor este funcionando? SI

2.

a) Conecte el circuito de control como se muestra en la figura 2.

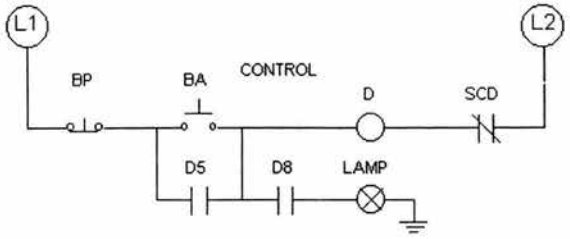


Figura 2

b) Observe que la entrada del botón de paro (BP) esta conectada a la salida fija terminal 1 de la fuente de energía, la salida del botón de paro (BP) esta conectada a la entrada del botón de arranque (BA), la salida del botón de arranque (BA) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética D, la salida de la bobina electromagnética D esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCD, la salida del circuito de sobrecarga SCD esta conectada a la salida fija terminal 2 de la fuente de energía.

c) Observe que el contacto NO D8 del contactor electromagnético D en paralelo con el botón de arranque (BA) como se indica en la figura 2.

d) ¿Se cerrará este contacto D8 al oprimir el botón de arranque (BA)? SI
Explique su respuesta. CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE ENERGIZA LA BOBINA ELECTRMAGNÉTICA D Y EN ESE MOMENTO SE CIERRAN LOS CONTACTOS (NO) (D1, D2, D3, D4 Y D5).

e) ¿Se abrirá este contacto cuando se libera el botón de arranque (BA)? NO
Explique su respuesta. CUANDO SE LIBERA EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) LA CORRIENTE SIGUE CIRCULANDO POR EL CONTACTO (NO) (C4) LO QUE HACE QUE LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA D NO SE DESENERGICE.

f) ¿El contacto NO D8 actúa como contacto de retención? SI

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ *1 ,2 y 3.*

g) Encienda la fuente de energía.

h) Oprima el botón de arranque (BA).

i) ¿La bobina electromagnética D se energiza? SI

j) ¿La lámpara se enciende? SI
k) Oprima el botón del relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético D.
l) ¿La bobina electromagnética D se desenergiza? SI
m) Oprima el botón de arranque (BA).
n) Oprima el botón de paro (BP).
o) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control de arranque a tensión plena de la figura 1.
b) Observe que el motor de corriente directa conectado en derivación esta conectado a la fuente energía de 120 V c.d en las terminales variables 7 y N.
c) La salida variable de la fuente de energía terminal 7 esta conectada a la entrada del contacto NO D1, la salida del contacto NO D1 esta conectada a la escobilla terminal 1 del motor de corriente directa, la salida variable de la fuente de energía terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO D2, la salida del contacto NO D2 esta conectada a la entrada del reóstato de campo en derivación terminal 8, la entrada del contacto NO D4 esta conectada a la entrada del reóstato en derivación terminal 8, la salida del contacto NO D4 esta conectada a la escobilla del motor de corriente directa terminal 2, la entrada del contacto NO D3 esta conectada a la entrada del devanado de campo terminal 5, la salida del contacto NO D3 esta conectada a la entrada de la escobilla terminal 1 del motor de corriente directa la entrada del contacto NO D5 esta conectada a la entrada del devanado de campo en derivación terminal 6, la salida del contacto NO D5 esta conectada a la entrada del reóstato de campo terminal 7.
d) Conecte un medidor de c.d (0 – 5 A c.d) en serie con la fuente variable de energía terminal 7 y la entrada del contacto NO D1.
e) Conecte un medidor de voltaje (0 – 200 V c.d) entre las salidas variables de la fuente de energía terminales 7 y N.
f) Encienda la fuente de energía y ajuste la fuente variable en su máxima posición. girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
g) Ajuste la perilla de control de reóstato de campo en derivación en su posición extrema haciéndolo girar en el sentido de las manecillas del reloj. (para obtener una máxima excitación del campo en derivación) Verifique que las escobillas están en la posición neutra.
h) Oprima el botón de arranque (BA).
i) Arranca el motor? SI
j) ¿Se enciende la lámpara piloto? SI
k) Suelte el botón de arranque (BA).
l) ¿Se para el motor? NO
m) Mida y anote la corriente de arranque y de tensión nominal del motor de corriente directa conectado en derivación.

$$I_{Arranque} = \_\_12.35\_\_ A \text{ c.d}$$

$I_{No\,min\,al}$ = _____0.74_____ *A* c.d

n) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor.

Vlocidad del motor = _____1600_____ $^{r}/_{min}$

o) Oprima el botón de paro (BP).
p) Apague la fuente de energía.

4.

a) Conecte el circuito de control de arranque a tensión plena de un motor de corriente directa conectado en derivación como se muestra en la figura 3.
b) Observe que el electrodinomómetro esta conectado a la fuente de energía de corriente alterna en las terminales fijas 3 y N.
c) La salida de la fuente de energía de corriente alterna terminal fija 3 esta conectada a la entrada del contacto NO M1, la salida del contacto NO M1 esta conectada a la entrada del electrodinamómetro terminal 1, la salida de la fuente de energía terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO M2, la salida del contacto NO M2 esta conectada a la salida del electrodinamómetro terminal 2 o N.
d) Acople el electrodinamómetro al motor de operación continua por capacitor mediante la banda.
e) Dele toda la vuelta a la perilla de control del electrodinamómetro, en sentido contrario a las manecillas del reloj. (para proporcionar una mínima carga en el arranque del motor de corriente directa conectado en derivación)
f) Oprima el botón de arranque (BA).
g) Mida y anote en la tabla 1 la corriente de línea y la velocidad del motor.
h) Repita la operación para cada uno de los pares indicados en la tabla, manteniendo el voltaje de entrada a 120 V c.d.

PAR (lbf-plg)	I (ampers)	VA	Velocidad (r/min)
0	0.75	120 V c.d.	1375
6	1.64	120 V c.d	1300
12	2.55	120 V c.d	1200

Tabla 1

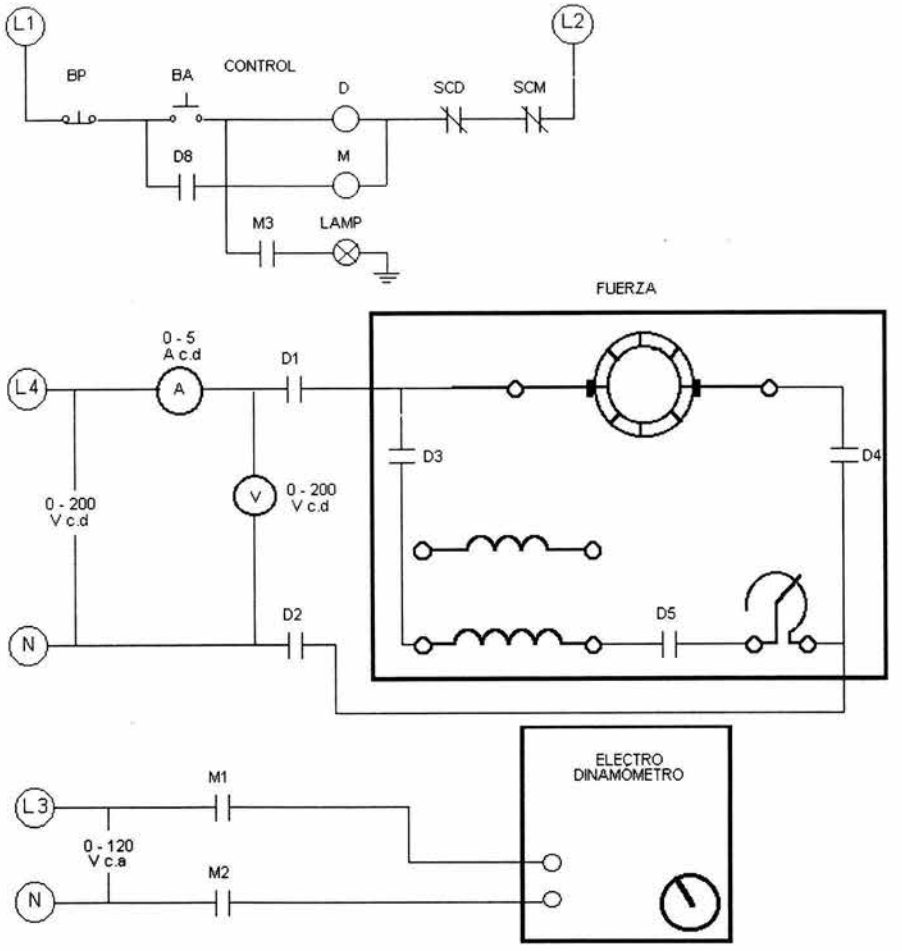


Figura 3

Repase sus conocimientos

1. De una característica del motor de corriente directa conectado en derivación UNA CARACTERÍSTICA DE ESTE MOTOR ES QUE POSEE UNA REGULACIÓN DE VELOCIDAD MÍNIMA EN RELACIÓN CON LOS TRES TIPOS DE MOTORES DE C.D.
2. ¿Cuál es la función del reóstato de campo en derivación? ES LA DE PROPORCIONAR UNA VARIACIÓN DE TENSIÓN EN EL DEVANADO DE CAMPO LIMITANDO EL PASO DE LA CORRIENTE AL MISMO.

3. ¿En que tipo de procesos se emplea el motor de corriente directa conectado en derivación? SE EMPLEA EN PROCESOS DONDE SE REQUIERE VELOCIDAD CONSTANTE O DONDE SE REQUIERE EFECTUAR UN RIGUROSO CONTROL DE LA VELOCIDAD.
4. ¿Qué función tiene el contacto NO D8 en el circuito de control? TIENE LA FUNCIÓN DE MANTENER ENERGIZADA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA D, A ESTE CONTACTO SE LE LLAMA CONTACTO DE RETENSIÓN.
5. ¿Por qué el circuito de sobrecarga SCD debe estar conectado en serie con la bobina electromagnética D y la salida variable de la fuente de energía terminal 2? SI EL MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA CONECTADO EN DERIVACIÓN SE LLEGARA A SOBRECARGAR EL CIRCUITO DE SOBRECARGA SE DISPARARÍA Y DESCONECTARÍA LA ALIMENTACIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL PARA EVITAR UN REARRANQUE AL ENFRIARSE ESTE CIRCUITO DE SOBRECARGA.

PRÁCTICA 15

CONTROL DE INVERSIÓN DE ROTACIÓN DE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA CONECTADO EN DERIVACIÓN

Objetivos:

1. Analizar un circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en derivación.
2. Aprender a conectar un circuito de control para inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en derivación.

Introducción.

El motor de c.d en derivación. Como su nombre da a entender, el devanado de campo y el de la armadura se conectan en derivación, o en paralelo, a través de las líneas de alimentación. El devanado de la armadura consiste relativamente de pocas vueltas de alambre de calibre ancho. El voltaje a través de los dos devanados es del mismo valor, pero la armadura toma considerablemente más corriente que el devanado de campo. El par, o la rotación es producida por la interacción de la corriente que fluye por el devanado de la armadura, y el campo magnético producido por el devanado de campo. Aunque la regulación de velocidad es razonablemente buena, la velocidad no es exactamente constante como es en el caso del motor síncrono.

En los procesos donde se requiere cambiar la dirección del motor de c.d, es necesario, invertir el sentido de la corriente en el campo o en la armadura, si el cambio se realiza en ambas partes, la dirección se mantiene en el mismo sentido.

En esta practica se llevara acabo la inversión de rotación del motor de corriente directa conectado en derivación invirtiendo la polaridad tanto del devanado de armadura como del devanado de campo, ya que el motor de corriente directa del laboratorio de maquinas eléctricas no cumple con los requerimientos establecidos.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor electromagnético. (2)
Módulo de motor / generador de c.d.
Módulo medidor de c.d. (200 V c.d , 5 A c.d)
Módulo de fuente de energía. *(120 / 208 V c.a, 0 - 120 V c.d)*
Estación de botones. (2)
Cables para conexión.
Tacómetro de mano.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Arme el circuito de control de inversión de rotación que aparece en la figura 1.

b) Observe que la entrada del botón de paro (BP) esta conectada a la salida fija de la fuente de energía terminal 1, la salida del botón de paro (BP) esta conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de frente (BF) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética F, la salida de la bobina electromagnética F esta conectada a la entrada del contacto NC R6, la salida del contacto NC R6 esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF, la salida del circuito de sobrecarga SCF esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCR, la salida del circuito de sobrecarga SCR esta conectada a la salida fija de la fuente de energía terminal 2.

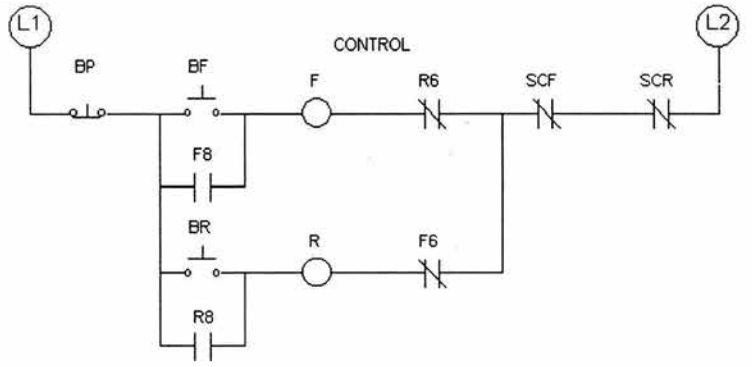


Figura 1

c) Observe que el contacto NO F8 esta conectado en paralelo con el botón de frente (BF). Este contacto sirve como contacto de retención de la bobina electromagnética F.

d) Observe que la entrada del botón de reversa (BR) esta conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de reversa (BR) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética R, la salida de la bobina electromagnética R esta conectada a la entrada del contacto NC F6, la salida del contacto NC F6 esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF.

e) Observe que el contacto NO R8 esta conectado en paralelo con el botón de reversa (BR). Este contacto sirve como contacto de retención de la bobina electromagnética R.

f) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ *1 ,2 y 3.*

2.

a) Encienda la fuente de energía y pruebe el control de inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en derivación.
b) Oprima el botón de frente (BF).
c) ¿La bobina electromagnética F se energizar? SI
d) Oprima el botón de reversa (BR).
e) ¿La bobina electromagnética R se energiza? NO
Explique su respuesta. CUANDO LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA F ESTA ENERGIZADA EL CONTACTO NC F6 ESTA ABIERTO, ESTE CONTACTO AL ESTAR ABIERTO NO DEJA PASAR CORRIENTE HACIA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R AUNQUE SE OPRIMA EL BOTÓN DE REVERSA (BR).
f) Oprima el botón de paro (BP).
g) Oprima el botón de reversa (BR).
h) ¿La bobina electromagnética R se energiza? SI
i) Oprima el botón de frente (BF).
j) ¿La bobina electromagnética F se energiza? NO
k) Oprima el botón del circuito de sobrecarga SCF que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético F.
l) ¿La boina electromagnética R se desenergiza? SI
m) Oprima el botón de frente (BF).
n) Oprima el botón del circuito de sobrecarga SCR que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético R.
o) ¿El circuito de control se desenergiza? SI
p) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en derivación que se muestra en la figura 2.
b) Observe que la salida variable de la fuente de energía de corriente directa terminal 7 esta conectada a la entrada del contacto NO F1, la salida del contacto F1 esta conectada a la entrada de la escobilla del motor de corriente directa conectado en derivación terminal 1, la salida fija de la fuente de energía terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO F2, la salida del contacto NO F2 esta conectada a la entrada del reóstato de campo en derivación terminal 8, la entrada del contacto NO F4 esta conectada a la entrada del reóstato de campo en derivación terminal 8, la salida del contacto NO F4 esta conectada a la entrada de la escobilla del motor de corriente directa conectado en derivación terminal 2, la entrada del contacto NO F3 esta conectada a la entrada del devanado de campo del motor de corriente directa

terminal 5, la salida del contacto NO F3 esta conectada a la escobilla terminal 1, la entrada del contacto NO F5 esta conectada a la entrada del devanado de campo en derivación terminal 6, la salida del contacto NO F 5 esta conectada a la entrada del reóstato de campo terminal 7.

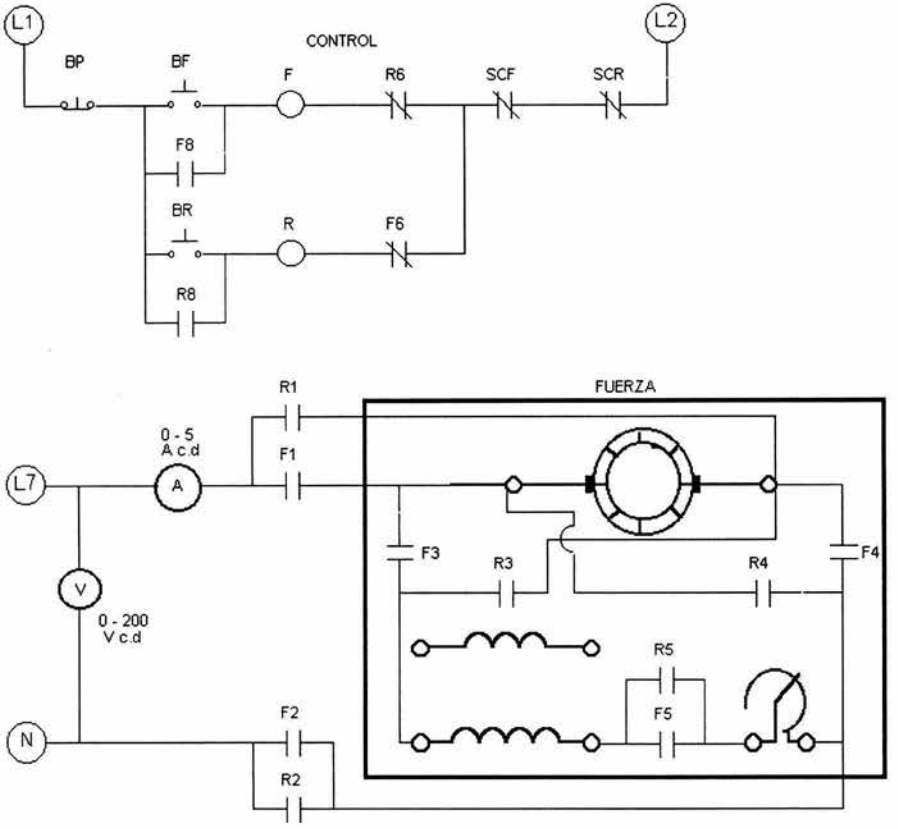


Figura 2

c) Observe que la entrada del contacto NO R1 esta conectada a la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal 7 la salida del contacto NO R1 esta conectada a la escobilla del motor de corriente directa conectado en derivación terminal 2. Observe que el contacto NO R2 esta conectado en paralelo con el contacto NO F2, la entrada del contacto NO R3 esta conectada a la entrada del devanado de campo del motor de corriente directa conectado en derivación terminal 5, la salida del contacto NO R3 esta conectada a la escobilla del motor de corriente directa conectado en derivación terminal 2, la entrada del contacto NO R4 esta conectada a la entrada del reóstato de campo en derivación del motor de corriente directa terminal 8, la salida del contacto NO R4 esta conectada a la escobilla del motor de corriente directa conectado en

derivación terminal 1, el contacto NO R5 esta conectado en paralelo con el contacto NO F5.

d) Conecte un medidor de c.d (0 – 5 A c.d) en serie con la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal 7 y la entrada del contacto NO F1.
e) Conecte un medidor de voltaje de c.d (0 – 200 V c.d) entre las salidas variables de la fuente de energía de c.d terminales 7 y N.
f) Encienda la fuente de energía y ajuste la fuente variable en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
g) Ajuste la perilla de control de reóstato de campo en derivación en su posición extrema haciéndolo girar en el sentido de las manecillas del reloj. (para obtener una máxima excitación del campo en derivación) Verifique que las escobillas están en la posición neutra.
h) Oprima el botón de frente (BF).
i) ¿El motor arranca en sentido horario? SI
j) mida y anote la corriente de arranque y tensión nominal cuando el motor gira en sentido horario.

$$I_{Arranque} = \underline{\quad 2.50 \quad} \text{ A c.d}$$

$$I_{No\,min\,al} = \underline{\quad 0.60 \quad} \text{ A c.d}$$

k) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor de corriente directa conectado en derivación.

$$\text{Velocidad del motor} = \underline{\quad 1400 \quad} \; r/\text{min}$$

l) Oprima el botón de reversa (BR).
m) ¿El motor invierte el sentido de giro? NO
Explique su respuesta. EL MOTOR SIGUE FUNCIONANDO EN SENTIDO HORARIO POR QUE AL OPRIMIR EL BOTÓN DE REVERSA (BR) NO SE ENERGIZA LA BOBINA R YA QUE EL CONTACTO NC F6 ESTA ABIERTO Y NO DEJA PASAR LA CORRIENTE HACIA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R.
n) Oprima el botón de paro (BP) y enseguida el botón de reversa (BR), describa lo que sucede. EL MOTOR SE DETIENE Y AL OPRIMIR EL BOTÓN DE REVERSA (BR) INVIERTE EL SENTIDO DE GIRO.
o) Mida y anote la corriente de arranque y tensión plena del motor de corriente directa cuando gira en sentido hanti-horario.

$$I_{Arranque} = \underline{\quad 2.20 \quad} \text{ A c.d}$$

$I_{Nominal}$ = 0.59 A c.d

p) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor de corriente directa cuando gira en sentido hanti-horario.

Velocidad del motor = 1400 $r/\min$

q) Oprima el botón de paro (BP).
r) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿Cómo se consigue la inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en derivación? LA INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO, SE EFECTÚA INVIRTIENDO LA POLARIDAD DEL DEVANADO DE ARMADURA, ESTO SE EFECTUA PERMUTANDO LAS TERMINALES DE LAS ESCOBILLAS.
2. ¿La corriente de arranque cuando el motor arranca en sentido horario es igual a la corriente de arranque cuando arranca en sentido anti-horario? SI
3. ¿Qué función tienen los contactos NC, F6 y R6 en el circuito de control de inversión de rotación del motor de corriente directa conectado en derivación? ES LA DE MANTENER ENCLAVADO EL CIRCUITO DE CONTROL, ES DECIR, MIENTRAS UNA BOBINA ESTA ENERGIZADA LA OTRO NO PUEDE SER ENERGIZADA AUNQUE SE OPRIMA SU BOTÓN CORRESPONDIENTE DE ARRANQUE POR QUE EL CONTACTO NC CORRESPONDIENTE A LA BOBINA ENERGIZADA NO DEJA PASAR LA CORRIENTE A LA OTRA BOBINA.

PRÁCTICA 16

CONTROL DE ARRANQUE A LÍMITE DE TIEMPO DE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA CONECTADO EN DERIVACIÓN

Objetivo:

1. Aprender los principios del arranque en tiempo definido de un motor de c.d.
2. Construir un arrancador de motor de c.d en tiempo definido.

Introducción.

La aceleración de tiempo definido (o límite de tiempo) es un método de arranque que permite poner en corto circuito a las resistencias de arranque y conectar el motor a la línea de energía en el mismo intervalo para cada arranque, sin importar la carga que tenga el motor. Los contactores de aceleración son enteramente independientes de la corriente del motor. Los intervalos entre los cierres de contactores se ajustan de manera que se obtenga aceleración suave, así como corriente y torsión uniformes bajo condiciones de carga normal.

Ya que la velocidad de un motor de c.d es inversamente proporcional al flujo magnético se puede aumentar la velocidad de un motor de devanado en paralelo debilitando su corriente de campo paralelo.

En este experimento de laboratorio se llevara a cabo el arranque a limite de tiempo del motor de corriente directa conectado en derivación sin utilizar resistencias en el arranque del motor, solo se arrancara el motor a sus valores nominales después de transcurrido un tiempo.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor electromagnético.
Modulo de relevador de tiempo. (temporizador)
Módulo de motor de corriente directa.
Módulo de medición de c.d. (0 - 2.5 A c.d)
Módulo de fuente de energía. (120 V c.d, 0 – 120 V c.d, 208 V c.a)
Estación de botones.
Cables para conexión.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.
   a) Conecte el circuito de control como se muestra en la figura 1.
   b) Encienda la fuente de energía.
   c) Ajuste el temporizador a 3 segundos.

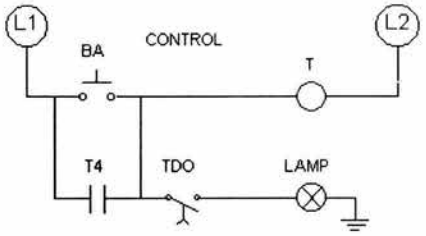


Figura 1

d) Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el comportamiento de la lámpara piloto.

e) Indique si la lámpara se enciende cuando se oprime el botón de arranque (BA). NO

f) ¿Qué debe de hacerse para que encienda la lámpara? SE DEBEN DEJAR TRANSCURRIR LOS 3 SEGUNDOS QUE SE LE ASIGNARON AL TEMPORIZADOR, PARA QUE EL CONTACTO DE TIEMPO (TDO) CIERRE.

g) ¿Llega a encenderse la lámpara aunque se suelte el botón de arranque (BA) antes de transcurridos los segundos de retraso? SI

Explique su respuesta. AL SOLTAR EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) EL RELEVADOR DE TIEMPO T SIGUE ENERGIZADO POR QUE EL CONTACTO (NO T4) SIRVE COMO CONTACTO DE RETENCIÓN DEL RELEVADOR DE TIEMPO.

h) Apague la fuente de energía.

2.

a) Cambie el contacto TDO a un TDC como se muestra en la figura 3.

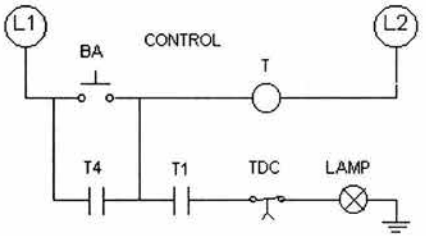


Figura 2

b) Encienda la fuente de energía. Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el comportamiento de la lámpara piloto.

c) Indique si la lámpara se apaga cuando oprime el botón de arranque (BA). NO

d) Indique si la lámpara se apaga 3 segundos después de haber oprimido el botón de arranque (BA). SI

e) Indique si la lámpara llega a apagarse aunque se suelte el botón de arranque (BA) antes de transcurrido el periodo de retraso de 3 segundos. SI

f) ¿Se puede utilizar el botón de arranque para encender la lámpara? NO, SOLO PARA ACTIVAR EL TEMPORIZADOR.

g) Apague la fuente de energía.

3.

a) Cambie la conexión del contacto TDC como se muestra en la figura 3.

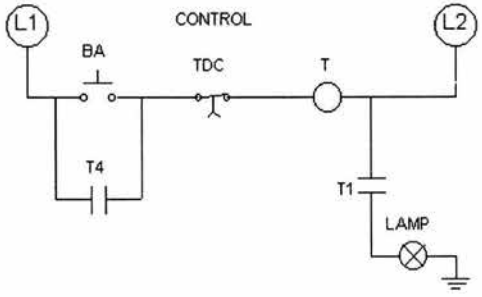


Figura 3

b) Encienda la fuente de energía.

c) Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el funcionamiento de la lámpara piloto.

d) ¿Se enciende la lámpara piloto al oprimir el botón de arranque (BA)? SI

e) Se apaga la lámpara piloto cuando se suelta el botón de arranque (BA)? NO

f) ¿Qué determina el tiempo de apagado de la lámpara piloto? EL TEMPORIZADOR, YA QUE AL TRANSCURRIR LOS 3 SEGUNDOS DE RETRASO DE TIEMPO EL CONTACTO DE TIEMPO (TDC) SE ABRE Y EN ESE MOMENTO SE DESENERGIZA LA LÁMPARA PILOTO.

g) Indique si el botón de arranque (BA) controla la lámpara una vez que ésta ha pasado por un ciclo de encendido-apagado. SI LO CONTROLA

Explique su respuesta. CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE ENERGIZA LA BOBINA T Y EN ESE MOMENTO SE CIERRA EL CONTACTO T4, ESTE CONTACTO MANTIENE AL TEMPORIZADOR ENERGIZADO Y DESPUÉS DE UN TIEMPO EL CONTACTO DE TIEMPO (TDC) SE ABRE APAGANDO LA LÁMPARA PILOTO Y DESCONECTANDO EL TEMPORIZADOR Y SI UNO VUELVE A OPRIMIR EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE ENERGIZA TANTO LA

LÁMPARA PILOTO COMO EL TEMPORIZADOR, PARA QUE SE REPITA LA SECUENCIA ANTES MENCIONADA.

h) Apague la fuente de energía.

4.

a) Conecte el circuito de control de la figura 4.

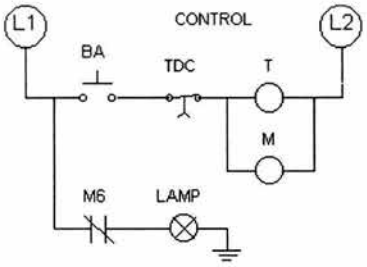


Figura 4

b) Encienda la fuente de energía.
c) Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el comportamiento de la lámpara piloto.
d) ¿Se apaga la lámpara piloto cuando se oprime el botón de arranque (BA)? SI
e) ¿Se mantiene apagada mientras se mantiene oprimido el botón de arranque (BA)? SI
f) Cuando se mantiene el botón de arranque (BA) en la condición de oprimido, ¿qué determina el tiempo de encendido? EL TEMPORIZADOR
g) ¿Se podría llamar a este circuito un circuito oscilador de relevador? SI
Explique su respuesta. AL OPRIMIR EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE ENERGIZA LA BOBINA T Y EN ESE INSTANTE SE ABRE EL CONTACTO (NC) (M6) QUE HACE QUE LA LÁMPARA ENCIENDA, DESPUÉS DE PASADO UN TIEMPO QUE SE LLAMA TIEMPO DE RETARDO AL QUE SE LE DIO UN TIEMPO DE 3 SEGUNDOS, SE ABRE EL CONTACTO DE TIEMPO (TDC) Y ASÍ SE DESCONECTA EL TEMPORIZADOR Y LA BOBINA M, AL OCURRIR ESTO TODOS LOS CONTACTOS REGRESAN A SU POSICIÓN NORMAL DE TRABAJO Y COMO EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE MANTIENE OPRIMIDO VUELVE A REALIZAR TODA LA OPERACIÓN ANTES MENCIONADA.
h) Apague la fuente de energía.

5.

a) Arme el circuito de control para limite de tiempo de un motor de corriente directa conectado en derivación como se muestra en la figura 5.

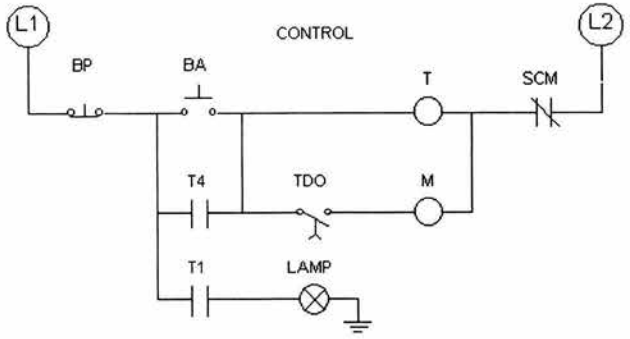


Figura 5

b) Encienda la fuente de energía.
c) Verifique que el control funciona correctamente. Cheque que el botón de arranque (BA), el botón de paro (BP) hagan sus acciones correspondientes y que el relevador de sobrecarga actúe correctamente, al oprimir el botón que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético M, todo el control se debe de desenergizar.
d) Apague la fuente de energía.

7.

a) Conecte el circuito de control de arranque a limite de tiempo de un motor de corriente directa conectado en derivación como se muestra en la figura 6.
b) Observe que la salida variable de la fuente de energía terminal 7 esta conectada a la entrada del contacto NO D1, la salida del contacto NO D1 esta conectada a la entrada de la escobilla del motor de corriente directa conectado en derivación terminal 1, la salida variable de la fuente de energía de corriente directa terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO D2, la salida del contacto NO D2 esta conectada a la entrada del devanada de campo en derivación terminal 8, la entrada del contacto NO D3 esta conectada a la entrada del devanado de campo en derivación terminal 5, la salida del contacto NO D3 esta conectada a al entrada de la escobilla del motor de corriente directa conectado en derivación terminal 1, la entrada del contacto NO D4 esta conectada a la entrada del devanado de campo en derivación terminal 8, la salida del contacto NO D4 esta conectada a la entrada de la escobilla del motor de corriente directa conectado en derivación terminal 2, la entrada del contacto NO D5 esta conectada al devanado de campo en derivación terminal 6 la salida del contacto NO D5 esta conectada a la entrada del devanado de campo en derivación terminal 7.
c) Encienda la fuente de energía.

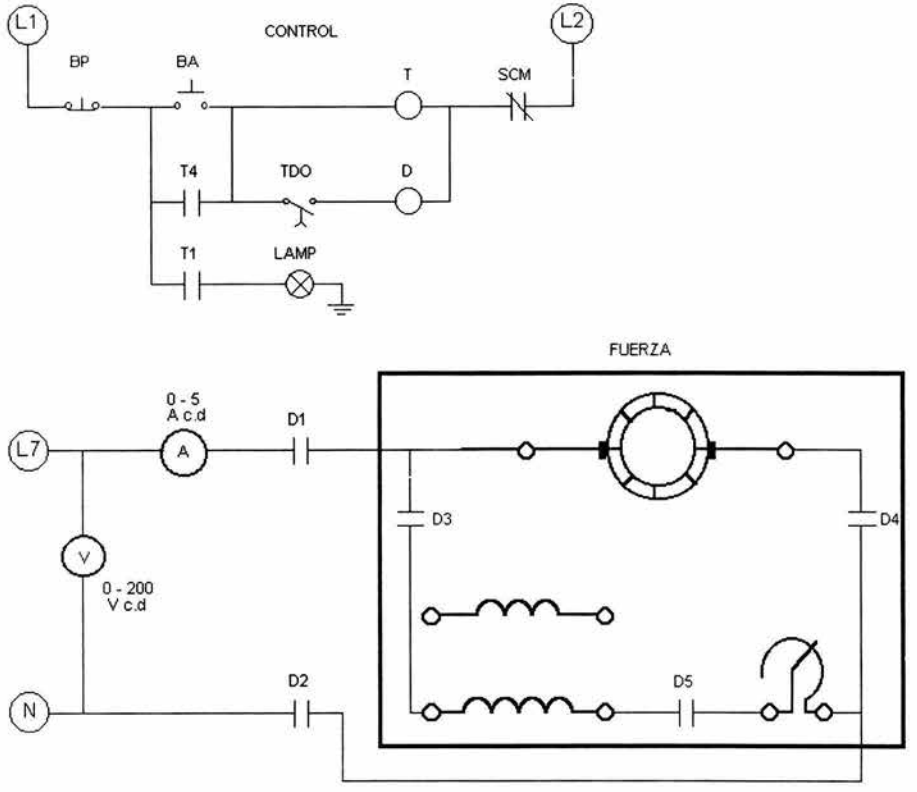


Figura 6

d) Ajuste la fuente variable en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
e) Oprima el botón de arranque (BA), deje que pasen los 3 segundos que se le dieron al temporizador para que accione el contacto de tiempo (TDO) y después observe el funcionamiento del motor.
f) Oprima el botón de paro (BP). Repita (d y e) varias veces.
g) ¿El circuito se comporta como un arranque a límite de tiempo, es decir, arranca el motor de corriente directa conectado en derivación después de un tiempo determinado? SI
h) Apague la fuente de energía.

7.

a) Ahora se medirá el tiempo necesario para que un motor sin carga alcance la velocidad máxima cuando se arranca (aceleración) y el tiempo que necesita para pararse (desaceleración) a partir de la velocidad máxima.

Un motor toma la máxima corriente en el arranque. Al acelerar, la corriente de arranque disminuye, y se estabiliza en cierto valor cuando el motor alcanza la velocidad máxima.

b) Inserte un medidor de c.d ajustado en el rango de 5 A c.d en serie con la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal 7 y la entrada del contacto NO D1.
c) Ajuste el retraso de tiempo a cero.
d) Encienda la fuente de energía.
e) Usando un reloj para observar el tiempo de aceleración.
f) Oprima el botón de arranque (BA) mientras observa el medidor de corriente.

$t_{aceleración}$ = 2.30 S

g) Oprima el botón de paro (BP) y mida el tiempo de desaceleración.

$t_{desaceleración}$ = 5.07 S

h) Repita (f y g) anotando sus mediciones en la tabla 1.

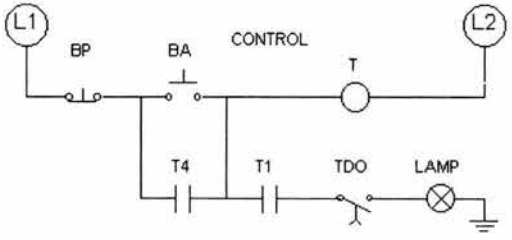
	Tiempo de aceleración	Tiempo de desaceleración
Prueba	Sin carga	Sin carga
No. 1	1.88 seg.	4.75 Seg.
No. 2	2.25 seg.	5.09 Seg.
No. 3	2.53 seg.	5.70 Seg.

Tabla 1

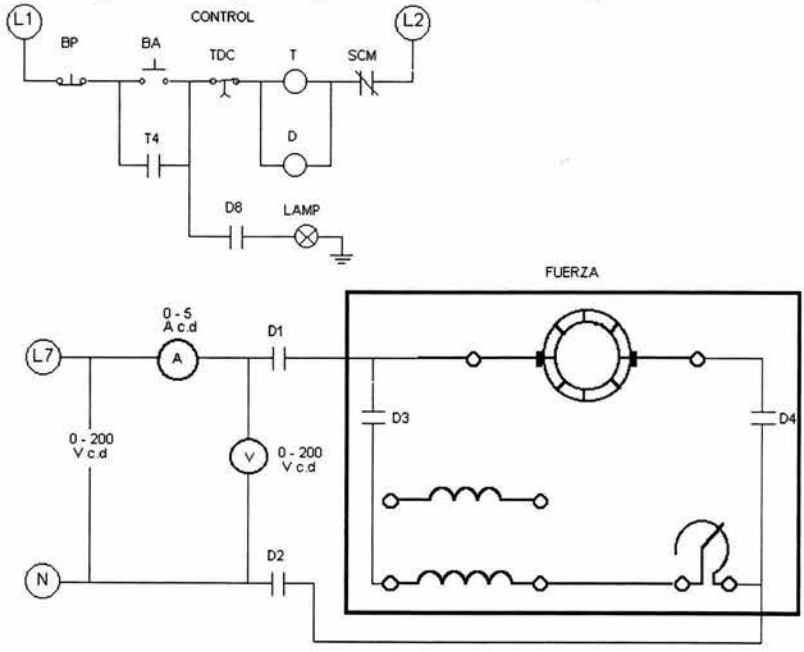
i) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿Qué componente agregaría al circuito secuencial de la figura 2 para que se pueda apagar y encender la lámpara? UN BOTÓN DE PARO (BP)
2. En el espacio dado, vuelva a dibujar el circuito de la figura 2 mostrando cómo conectaría la componente adicional de la pregunta número 1.



3. Explique la razón por la que se debe de probar el control antes de conectar el sistema de fuerza. EL CONTROL SE DEBE PROBAR ANTES PARA COMPROBAR QUE ESTA PERFECTAMENTE CONECTADO, POR QUE DE LO CONTRARIO SE PUEDE PRODUCIR UN CORTO CIRCUITO QUE DAÑARÍA LA FUENTE DE ENERGÍA O UN ELEMENTO DEL CIRCUITO DE CONTROL.
4. Diseñe un circuito de arranque tal que, el motor arranque tan pronto como se oprima el botón de arranque (BA) y que se pare automáticamente después de 15 segundos. El circuito también debe permitir parar el motor manualmente durante el intervalo de 15 segundos. Dibuje el diagrama esquemático en el espacio dado.



5. Si el tiempo lo permite, conecte su circuito. ¿Funciona como lo esperó? SI

PRÁCTICA 17

CONTROL DE ARRANQUE A TENSION PLENA DE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA CONECTADO EN SERIE

Objetivos:

Evaluar el comportamiento de un circuito de control de arranque de un motor de corriente directa conectado en serie.
Analizar la estructura del circuito de control de arranque de un motor de corriente directa conectado en serie.

Introducción.

El motor de c.d en serie, tiene el devanado de campo y el de la armadura conectados en serie a través de la fuente de potencia. Puesto que la corriente de la armadura fluye por él, el devanado de campo es bobinado con unas cuantas vueltas de alambre de calibre ancho. Desemejante al motor en derivación, el flujo de campo de un motor en serie varía mientras varía la corriente de la armadura. Cuando la carga del motor en serie es pequeña, y muy poca corriente de la armadura fluye, el flujo de campo es débil, muy poca CFEM es inducida en el devanado de la armadura, así que la velocidad del motor es muy alta. Mientras se aumenta la carga, la corriente de la armadura y la fuerza del flujo de campo se aumenta, así que la velocidad del motor se baja. Si se remueve la carga completamente, el motor se aceleraría excesivamente hasta deshacerse. Los motores en serie pequeños usualmente tienen suficiente fricción causada por el aire y fricción del soporte para limitar a un nivel ileso la velocidad máxima en vacío. Comparándolo con el motor en derivación, el motor de c.d en serie tiene un par de arranque muy grande, y no es muy satisfactoria la regulación de su velocidad.
En esta práctica de laboratorio se llevará a cabo el arranque a tensión plena de un motor de corriente directa conectado en serie, conectándolo directamente a la línea de energía de c.d por medio de dispositivos de control magnético, lo cual simplifica la operación y proporciona seguridad en el arranque de este tipo de motor. También se utilizara un electrodinamómetro para proporcionarle una cierta carga al motor de corriente directa conectado en serie, ya que si el motor de c.d conectado en serie trabajara a sus valores nominales sin ningún tipo de carga podría sufrir una excesiva velocidad que podría destruir el motor de c.d.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor magnético. (2)
Módulo de motor / generador de c.d..
Módulo de electrodinamómetro.
Módulo de medición de c.d. (200 V c.d, 0 – 5 A c.d)
Módulo de fuente de energía. *(120 / 208 V c.a, 0 – 120 V c.d)*

Tacómetro de mano.
Estación de botones.
Cables para conexión.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Conecte el circuito de control a tensión plena como se muestra en la figura 1.

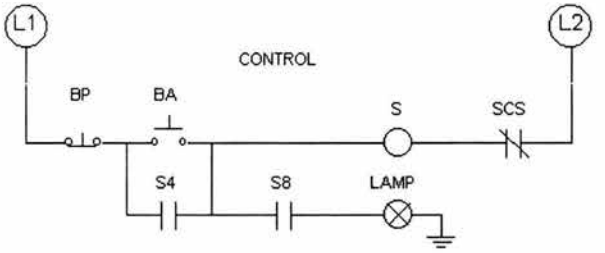


Figura 1

b) Observe que la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal 1 esta conectada a la entrada del botón de paro (BP), la salida del botón de paro (BP) esta conectada a la entrada del botón de arranque (BA), la salida del botón de arranque (BA) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética S, la salida de la bobina electromagnética S esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCS, la salida del circuito de sobrecarga SCS esta conectada a la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal 2.

c) Observe que el contacto NO S4 esta conectado en paralelo con el botón de arranque (BA), la entrada del contacto NO S8 esta conectada a la salida del contacto NO S5. la salida del contacto NO S8 esta conectada a la entrada de la lámpara piloto, la salida de la lámpara piloto esta conectada a la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal N.

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de alimentación en las terminales fijas de 208 V 3ϕ *1 ,2 y 3.*

2.

a) Encienda la fuente de energía.
b) Oprima el botón de arranque (BA).
c) ¿La bobina electromagnética S se energiza? SI

d) Oprima el botón del circuito de sobrecarga (SCS) que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético S.
e) La bobina electromagnética S se desenergiza? SI
f) Oprima el botón de arranque (BA).
g) Verifique que el botón de paro (BP) desenergiza la bobina electromagnética S.
h) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control de arranque a tensión plena de un motor de corriente directa conectado en serie como se muestra en la figura 2.

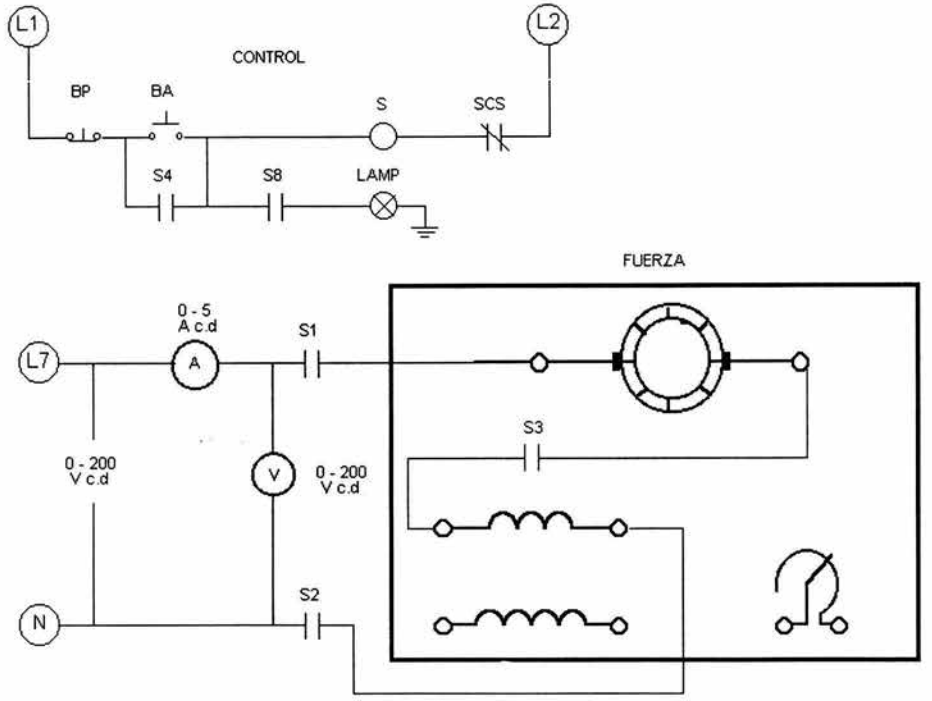


Figura 2

b) Observe que la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal 7 esta conectada a la entrada del contacto NO S1, la salida del contacto NO S1 esta conectada a la entrada de la escobilla del motor de corriente directa conectado en serie terminal 1, la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO S2, la salida del contacto NO S2 esta conectada a la entrada del devanado de campo en serie del motor de corriente directa terminal 4, la entrada del contacto NO S3 esta conectada a la entrada del devanado de campo en serie terminal 3, la salida del contacto NO S3 esta

conectada a la entrada de la escobilla del motor de corriente directa conectado en serie terminal 2.

c) Conecte un medidor de c.d (0 – 5 A c.d) en serie con la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal 7 y la entrada del contacto NO S1.
d) Conecte un medidor de voltaje de c.d (0 – 200 V c.d) entre las terminales variables de la fuente de energía de c.d terminales 7 y N.
e) Encienda la fuente de energía.
f) Ajuste el voltaje variable de salida a 90 V c.d, guiándose por las lecturas tomadas en el medidor de voltaje.
g) Ajuste la perilla de control del reóstato de campo en derivación en su posición extrema haciéndolo girar en sentido de las manecillas del reloj. (para obtener una máxima excitación del campo en derivación) Verifique que las escobillas estén en su posición neutra.
h) Oprima el botón de arranque (BA).
i) ¿Arranca el motor de corriente directa conectado en serie? SI
j) ¿La lámpara piloto indica cuando el motor de corriente directa conectado en serie esta trabajando? SI
k) Mida y anote la corriente de arranque y la corriente de tensión nominal, cuando el motor de corriente directa conectado en serie cuando esta trabajando a 50 V c.d.

$I_{Arranque}$ = 0.90 A c.d

$I_{Nominal}$ = 0.60 A c.d

l) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor de corriente directa conectado en serie está trabajando a 90 V c.d.

Velocidad del motor = 2500 r/min

m) Oprima el botón del circuito de sobrecarga del relevador de sobrecarga del módulo electromagnético S.
n) ¿El motor de corriente directa conectado en serie se apaga? SI
o) Oprima el botón de arranque (BA).
p) Oprima el botón de paro (BP).
q) Apague la fuente de energía.

4.

a) Conecte el circuito de control de arranque a tensión plena de un motor de corriente directa conectado en serie como se muestra en la figura 3.
b) Observe que la bobina electromagnética M esta conectada en paralelo con la bobina electromagnética S.
c) Observe que la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal 3 esta conectada a la entrada del contacto NO M1, la salida del contacto NO M1 esta conectada a la

entrada del módulo de electrodinamómetro terminal 1, la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO M2, la salida del contacto NO M2 esta conectada a la entrada del módulo de electrodinamómetro terminal N ó 2.

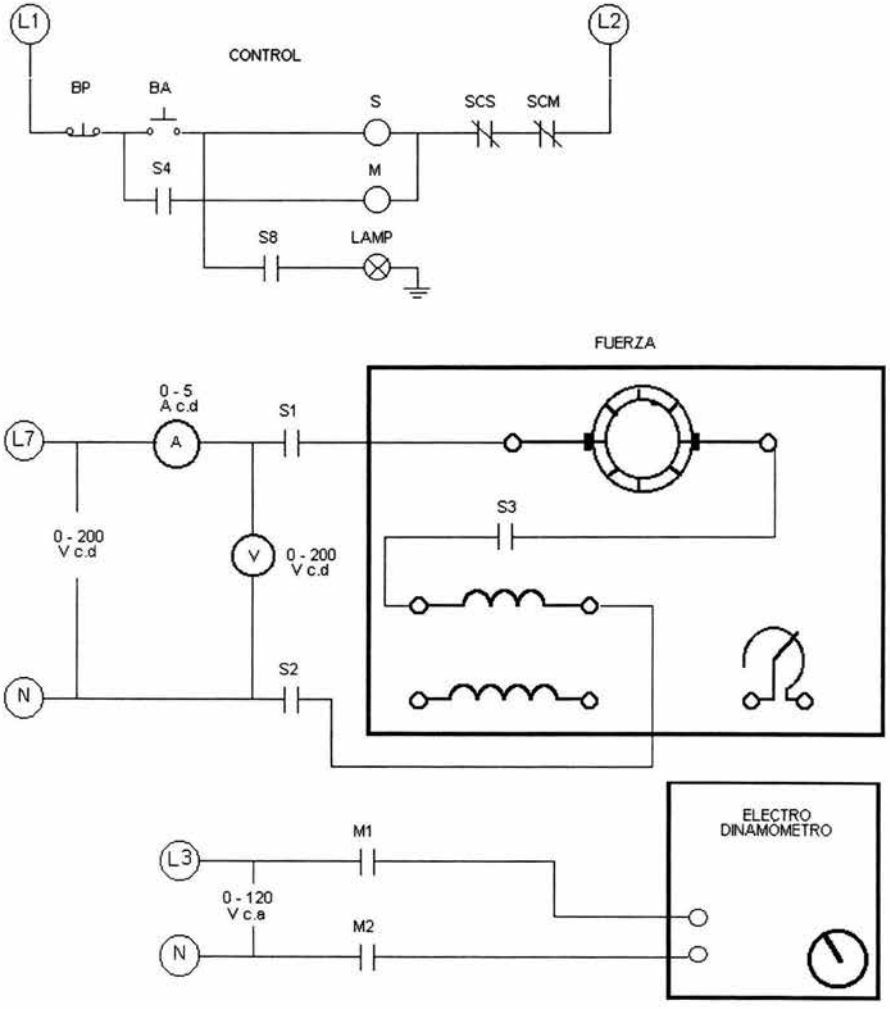


Figura 3

d) Acople el electrodinamómetro por medio de la banda de sincronización.
e) Encienda la fuente de energía.
f) Ajuste la perilla del electrodinamómetro a su posición media (65 % de la carga)

g) Ajuste el voltaje variable de salida a 120 V c.d, guiándose por las lecturas tomadas en el medidor de voltaje.
h) Ajuste la perilla de control del reóstato de campo en derivación en su posición extrema haciéndolo girar en sentido de las manecillas del reloj. (para obtener una máxima excitación del campo en derivación) Verifique que las escobillas estén en su posición neutra.
i) Oprima el botón de arranque (BA).
j) ¿Arranca el motor de corriente directa conectado en serie? SI
k) ¿El electrodinamómetro ejerce una carga al motor de corriente directa conectado en serie? SI
l) Mida y anote la corriente nominal del motor de corriente directa conectado en serie cuando tiene una carga de 6.5 lbf.plg.

$$I_{No\,min\,al} = \_\_\_\_2.24\_\_\_\_ A \text{ c.a}$$

m) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor de corriente directa conectado en serie cuando tiene una carga de 6.5 lbf.plg.

$$\text{Velocidad del motor} = \_\_\_\_1800\_\_\_\_ r/\text{min}$$

n) Oprima el botón de paro (BP).
o) Ajuste la perilla de control del dinamómetro a 72 % de la carga.
p) Oprima el botón de arranque (BA).
q) Mida y anote la corriente nominal del motor de corriente directa conectado en serie.

$$I_{No\,min\,al} = \_\_\_\_3.01\_\_\_\_ A \text{ c.a}$$

r) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor de corriente directa conectado en serie.

$$\text{Velocidad del motor} = \_\_\_\_1400\_\_\_\_ r/\text{min}$$

s) Oprima el botón de paro (BP).
t) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿Por qué en este experimento de laboratorio el motor de corriente directa conectado en serie no se arranca a sus valores nominales sin carga? EL MOTIVO ES QUE SI EL MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA CONECTADO EN SERIE TRABAJA EN VACÍO CON SUS VALORES NOMINALES PUEDE SUFRIR UNA EXCESIVA VELOCIDAD QUE DAÑARÍA EL MOTOR.

2. ¿Cómo se produce el campo magnético en el motor de corriente directa conectado en serie? SE PRODUCE POR MEDIO DE LA CORRIENTE QUE FLUYE A TRAVÉS DEL DEVANADO DE ARMADURA.
3. ¿Qué función tiene la bobina electromagnética M en el procedimiento 4? TIENE LA FUNCIÓN DE CERRAR LAS CONTACTOS (NO) (M1 Y M2) QUE ENERGIZAN EL ELECTRODINAMÓMETRO.
4. ¿Qué características de funcionamiento tiene el motor de corriente directa conectado en serie en comparación con el motor de corriente directa conectado en derivación? EL MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA CONECTADO EN SERIE TIENE UN PAR DE ARRANQUE MUY GRANDE Y NO ES MUY SATISFACTORIA LA REGULACIÓN DE VELOCIDAD.

PRÁCTICA 18

CONTROL DE INVERSIÓN DE ROTACIÓN DE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA CONECTADO EN SERIE

Objetivos:

1. Analizar un circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en serie.
2. Aprender a conectar un circuito de control para inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en serie.

Introducción.

El motor de c.d conectado en serie

Se designa así al motor de corriente continua cuyo bobinado inductor principal está conectado en serie con el bobinado inducido. Al igual que en las dínamos serie, las bobinas polares principales son construidas de pocas espiras y con conductor de gran sección.

El motor serie se caracteriza por tener un elevado par de arranque. En defecto, el bobinado inductor principal, conectado en serie con el bobinado inducido, es recorrido por la corriente total I_a. Por consiguiente, la excitación del campo magnético aumenta mucho en el arranque.

El motor serie es muy inestable, ya que presenta el peligro de embalarse cuando disminuye mucho la carga resistente. Recordemos que cuando disminuye el valor de la intensidad de corriente también se reduce el valor del flujo. Por consiguiente, el numerador de la anterior expresión aumenta mientras que decrece el flujo, en consecuencia, crece la velocidad del rotor.

El peligro de embalamiento se hace más grave si, por error o avería, llega el motor a trabajar en vacío, por ejemplo, por rotura de la correa, llegando entonces a alcanzar velocidades peligrosas.

En esta práctica de laboratorio se llevará a cabo la inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en serie, conectándolo directamente a la línea de energía de c.d por medio de dispositivos de control magnético, lo cual simplifica la operación y proporciona seguridad en el arranque de este tipo de motor. También se utilizara un electrodinamómetro para proporcionarle una cierta carga al motor de corriente directa conectado en serie, ya que si el motor de c.d conectado en serie trabajara a sus valores nominales sin ningún tipo de carga podría sufrir una excesiva velocidad que podría destruir el motor de c.d.

también se llevara acabo la inversión de rotación del motor de corriente directa conectado en serie, invirtiendo la polaridad tanto del devanado de armadura como del devanado de campo conectado en serie, ya que el motor de corriente directa del laboratorio de maquinas eléctricas no cumple con los requerimientos establecidos.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor electromagnético. (2)
Módulo de motor / generador de c.d.
Módulo medidor de c.d. (200 V c.d, 5 A c.d)
Módulo de fuente de energía *(120 / 208 V c.a, 0 - 120 V c.d)*
Estación de botones. (2)
Cables para conexión
Tacómetro de mano.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Arme el circuito de control de inversión de rotación que aparece en la figura 1.
b) Observe que la entrada del botón de paro (BP) esta conectada a la salida fija de la fuente de energía terminal 1, la salida del botón de paro (BP) esta conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de frente (BF) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética F, la salida de la bobina electromagnética F esta conectada a la entrada del contacto NC R6, la salida del contacto NC R6 esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF, la salida del circuito de sobrecarga SCF esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCR, la salida del circuito de sobrecarga esta conectada a la salida fija de la fuente de energía terminal 2.

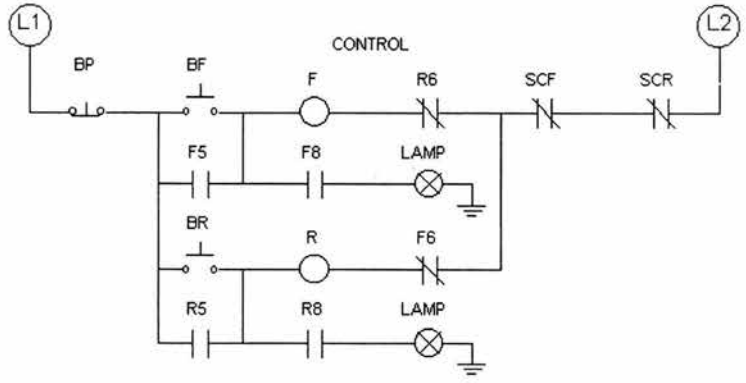


Figura 1

c) Observe que el contacto NO F5 esta conectado en paralelo con el botón de frente (BF). Este contacto sirve como contacto de retención de la bobina electromagnética F.

d) Observe que la entrada del botón de reversa (BR) esta conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de reversa (BR) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética R, la salida de la bobina electromagnética R esta conectada a la entrada del contacto NC F6, la salida del contacto NC F6 esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF.
e) Observe que el contacto NO R5 esta conectado en paralelo con el botón de reversa (BR). Este contacto sirve como contacto de retención de la bobina electromagnética R.
f) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ *1 ,2 y 3.*

2.

a) Encienda la fuente de energía y pruebe el control de inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en serie.
b) Oprima el botón de frente (BF).
c) ¿La bobina electromagnética F se energizar? SI
d) Oprima el botón de reversa (BR).
e) ¿La bobina electromagnética R se energiza? NO
Explique su respuesta. CUANDO LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA F ESTA ENERGIZADA EL CONTACTO NC F6 ESTA ABIERTO, ESTE CONTACTO AL ESTAR ABIERTO NO DEJA PASAR CORRIENTE HACIA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R AUNQUE SE OPRIMA EL BOTÓN DE REVERSA (BR) A ESTO SE LE LLAMA ENCLAVE DE LAS BOBINAS F Y R.
f) Oprima el botón de paro (BP).
g) Oprima el botón de reversa (BR).
h) ¿La bobina electromagnética R se energiza? SI
i) Oprima el botón de frente (BF).
j) ¿La bobina electromagnética F se energiza? NO
k) Oprima el botón del circuito de sobrecarga SCF que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético F.
l) ¿La boina electromagnética R se desenergiza? SI
m) Oprima el botón de frente (BF).
n) Oprima el botón del circuito de sobrecarga SCR que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético R.
o) ¿El circuito de control se desenergiza? SI
p) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control de inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en serie como se muestra en la figura 2.

b) Observe que la salida variable de la fuente de energía de corriente directa terminal 7 esta conectada a la entrada del contacto NO F1, la salida del contacto NO F1 esta conectada a la entrada de la escobilla del motor de corriente directa conectado en serie terminal 1, la salida variable de la fuente de energía de corriente directa terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO F2, la salida del contacto NO F2 esta conectada a la entrada del devanado de campo en serie terminal 4, la entrada del contacto NO F3 esta conectada a la entrada del devanado de campo en serie del motor de corriente directa conectado en serie terminal 3, la salida del contacto NO F3 esta conectada a la entrada de la escobilla terminal 2.

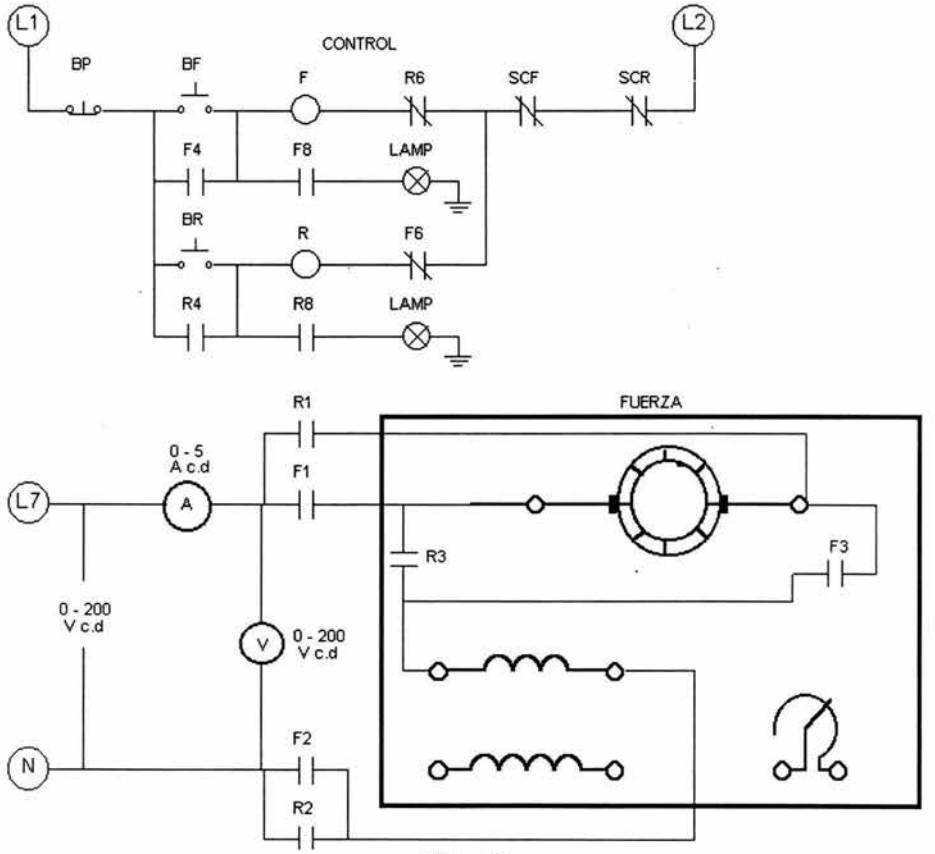


Figura 2

c) Observe que la entrada del contacto NO R1 esta conectada a la entrada del contacto NO F1, la salida del contacto NO R1 esta conectada a la escobilla del motor de corriente directa conectado en serie terminal 2. Observe que el contacto NO R2 esta conectado en paralelo con el contacto NO F2, la entrada del contacto NO R3 esta conectada a la entrada del devanado de campo en serie del motor de corriente directa conectado en serie terminal 3, la salida del contacto NO R3 esta conectada a la escobilla del motor de corriente directa conectado en serie terminal 1.
d) Conecte un medidor de c.d (0 – 5 A c.d) en serie con la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal 7 y la entrada del contacto NO F1.
e) Conecte un medidor de voltaje de c.d (0 – 200 V c.d) entre las salidas variables de la fuente de energía de c.d terminales 7 y N.
f) Encienda la fuente de energía.
g) Ajuste el voltaje variable de salida a 90 V c.d, guiándose por las lecturas tomadas en el medidor de voltaje.
h) Oprima el botón de frente (BF).
i) ¿El motor de corriente directa conectado en serie arranca en sentido horario? SI
j) Mida y anote la corriente de arranque y tensión nominal cuando el motor de corriente directa conectado en serie gira en sentido horario a 90 V c.d.

$$I_{Arranque} = \underline{\quad 2.00 \quad} \text{ A c.d}$$

$$I_{No\,min\,al} = \underline{\quad 0.60 \quad} \text{ A c.d}$$

k) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor de corriente directa conectado en serie cuando tiene un voltaje de línea de 90 V c.d.

$$\text{Velocidad del motor} = \underline{\quad 3500 \quad} \, {}^{r}/_{\min}$$

l) Oprima el botón de reversa (BR).
m) ¿El motor invierte el sentido de giro? NO
Explique su respuesta. EL MOTOR SIGUE FUNCIONANDO EN SENTIDO HORARIO POR QUE AL OPRIMIR EL BOTÓN DE REVERSA (BR) NO SE ENERGIZA LA BOBINA R YA QUE EL CONTACTO NC F6 ESTA ABIERTO Y NO DEJA PASAR LA CORRIENTE HACIA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R.
n) Oprima el botón de paro (BP) y enseguida el botón de reversa (BR), describa lo que sucede. EL MOTOR SE DETIENE Y AL OPRIMIR EL BOTÓN DE REVERSA INVIERTE EL SENTIDO DE GIRO.
o) Mida y anote la corriente de arranque y tensión plena del motor de corriente directa conectado en serie cuando gira en sentido hanti-horario a 90 V c.d.

$I_{Arranque}$ = _____1.46_____ A c.d

$I_{No\ min\ al}$ = _____0.63_____ A c.d

p) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor de corriente directa conectado en serie cuando gira en sentido hanti-horario a 90 V c.d.

Velocidad del motor = _____3600_____ $r/\min$

q) Oprima el botón de paro (BP).
r) Apague la fuente de energía.

4.

a) Conecte el circuito de control de inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en serie como se muestra en la figura 3.
b) Observe que la entrada del contacto NO F5 esta conectada a la entrada del contacto NO F4, la salida del contacto NO F5 esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética M, la salida de la bobina electromagnética M esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF. Observe que el contacto NO R5 esta conectado en paralelo con el contacto NO F5.
c) Observe que la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal 3 esta conectada a la entrada del contacto NO M1, la salida del contacto NO M1 esta conectada a la entrada del módulo de electrodinamómetro terminal 1, la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO M2, la salida del contacto NO M2 esta conectada a la entrada del módulo de electrodinamómetro terminal N ó 2.
d) Observe que se agregó un circuito de control SCM en serie entre la salida del circuito de sobrecarga SCR y la salida fija de la fuente de energía terminal 2.
e) Encienda la fuente de energía.
f) Ajuste la perilla del electrodinamómetro a su posición media (50 % de la carga)
g) Ajuste el voltaje variable de salida a 120 V c.d, guiándose por las lecturas tomadas en el medidor de voltaje.
h) Oprima el botón de frente (BF).
i) ¿Arranca en sentido horario el motor de corriente directa conectado en serie? SI
j) ¿El electrodinamómetro ejerce una carga al motor de corriente directa conectado en serie? SI
k) Mida y anote la corriente de arranque y tensión nominal del motor de corriente directa conectado en serie cuando tiene una carga de 3 lbf.plg.

$I_{Arranque}$ = _____3.09_____ A c.a

$I_{No\ min\ al}$ = _____1.89_____ A c.a

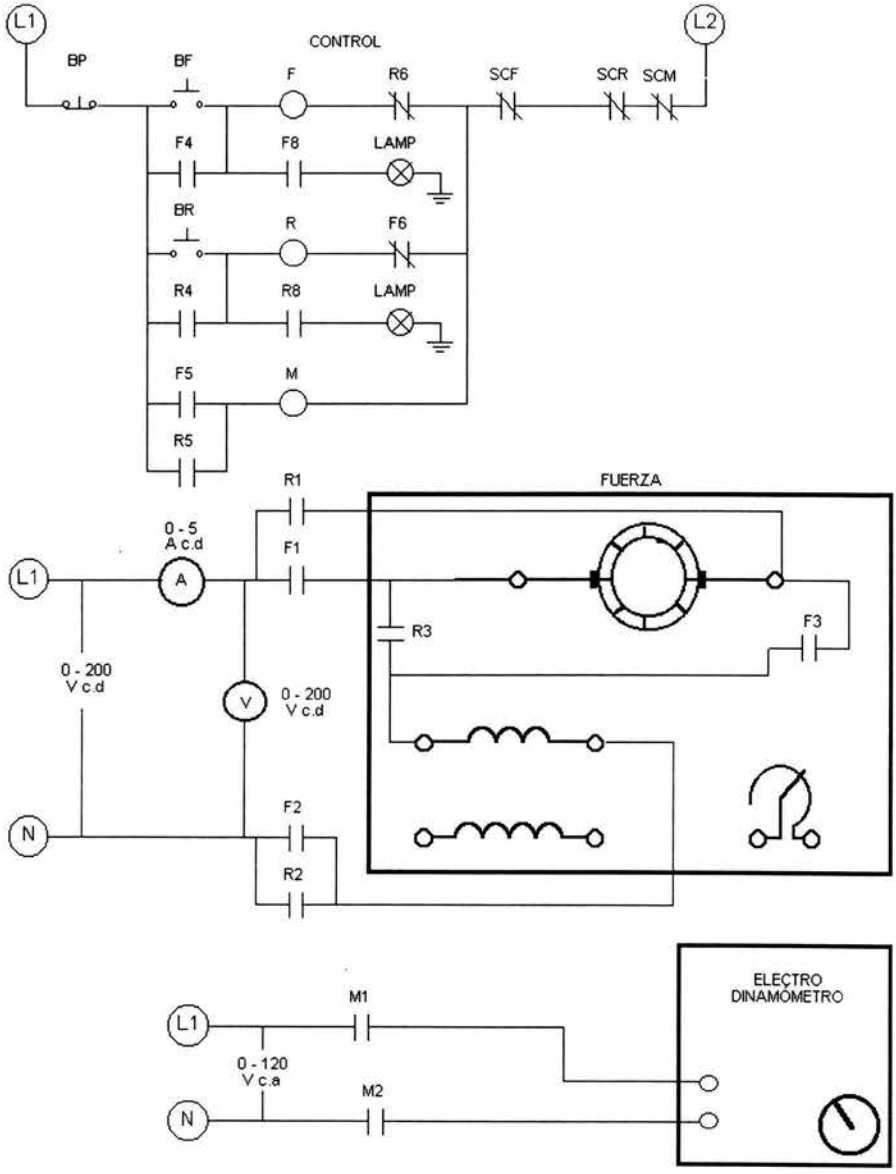

L1
L2
CONTROL
BP
BF
F
R6
SCF
SCR
SCM
F4
F8
LAMP
BR
R
F6
R4
R8
LAMP
F5
M
R5
R1
FUERZA
0 - 5
A c.d
F1
L1
A
R3
F3
0 - 200
V c.d
V
0 - 200
V c.d
F2
N
R2
ELECTRO
DINAMOMETRO
M1
L1
0 - 120
V c.a
M2
N

Figura 3

l) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor de corriente directa conectado en serie cuando se ejerce en él, una carga de 3 lbf.plg.

Velocidad del motor = _____2100_____ $r/_{min}$

m) Oprima el botón de reversa (BR).
n) ¿El motor de corriente directa conectado en serie invierte el sentido de giro? NO
o) Oprima el botón de paro (BP).
p) Oprima el botón de reversa (BR).
q) ¿El motor de corriente directa conectado en serie invirtió el sentido de giro?
r) Mida y anote la corriente nominal del motor de corriente directa conectado en serie cuando trabaja en sentido hanti-horario.

$I_{No\,min\,al}$ = _____1.65_____ A c.a

s) Oprima el botón del relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético F.
t) ¿Se para el motor de corriente directa conectado en serie? SI
u) ¿El electrodinamómetro sigue energizado? NO
v) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿Cómo se consigue la inversión de rotación de un motor de corriente directa conectado en serie? LA INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO SE LLEVA A CABO CAMBIANDO LA POLARIDAD DEL DEVANADO DE ARMADURA, ES DECIR, PERMUTADO LAS ESCOBILLAS DE LA ARMADURA.
2. ¿La corriente nominal cuando el motor funciona en sentido horario es igual a la corriente nominal cuando funciona en sentido anti-horario? NO
3. ¿Qué función tienen los contactos NC, F6 y R6 en el circuito de control de inversión de rotación del motor de corriente directa conectado en serie? ES LA DE MANTENER ENCLAVADO EL CIRCUITO DE CONTROL, ES DECIR, MIENTRAS UNA BOBINA ESTA ENERGIZADA LA OTRO NO PUEDE SER ENERGIZADA AUNQUE SE OPRIMA SU BOTÓN CORRESPONDIENTE DE ARRANQUE POR QUE EL CONTACTO NC CORRESPONDIENTE A LA BOBINA ENERGIZADA NO DEJA PASAR LA CORRIENTE A LA OTRA BOBINA.

PRÁCTICA 19

CONTROL DE ARRANQUE A TENSION PLENA DE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA EN CONEXIÓN COMPUESTA

Objetivos:

1. Evaluar el comportamiento de un circuito de control de arranque de un motor de corriente directa en conexión compuesta.
2. Analizar la estructura del circuito de control de arranque de un motor de corriente directa en conexión compuesta.
3. Aprender a conectar un circuito de control de arranque a tensión plena de un motor de corriente directa en conexión compuesta.

Introducción.

Este tipo de motor aprovecha el acoplamiento de los dos devanados serie y paralelo con la armadura, para producir una velocidad constante y un gran par de arranque inicial.

El acoplamiento de la conexión del devanado serie, sea en un sentido o en otro. aunado al del arrollamiento en derivación con respecto a la armadura, genera dos tipos de motores de c.d compuestos, conocidos como: motor de c.d compuesto acumulativo y motor de c.d compuesto diferencial.

Al aplicar una carga al motor compuesto acumulativo, la intensidad del campo serie experimenta un aumento que sumado al flujo del campo en derivación, da lugar a un aumento del par, en mayor proporción que un motor en derivación. Su aplicación se encuentra, en el accionamiento de máquinas destinadas a soportar cargas de arranque intensas.

En esta práctica de laboratorio se llevará a cabo el arranque a tensión plena de un motor de corriente directa en conexión compuesta, conectándolo directamente a la línea de energía de c.d por medio de dispositivos de control magnético, lo cual simplifica la operación y proporciona seguridad en el arranque de este tipo de motor.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor magnético. (2)
Módulo de motor / generador de c.d.
Módulo de electrodinamómetro.
Módulo de medición de c.d. (200 V c.d, 0 – 5 A c.d)
Módulo de fuente de energía. *(120 / 208 V c.a, 0 – 120 V c.d)*
Tacómetro de mano.
Estación de botones.
Cables para conexión.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Conecte el circuito de control a tensión plena como se muestra en la figura 1.

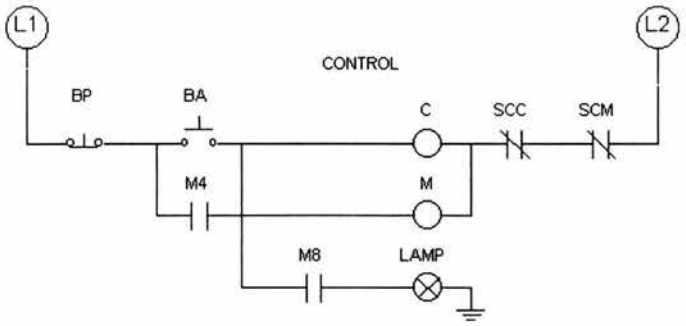


Figura 1

b) Observe que la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal 1 esta conectada a la entrada del botón de paro (BP), la salida del botón de paro (BP) esta conectada a la entrada del botón de arranque (BA), la salida del botón de arranque (BA) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética C, la salida de la bobina electromagnética C esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCC, la salida del circuito de sobrecarga SCC esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCM, la salida del circuito de sobrecarga SCM esta conectada a la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal 2.

c) Observe que la bobina electromagnética M esta conectada en paralelo con la bobina electromagnética C.

d) Observe que el contacto NO M4 esta conectado en paralelo con el botón de arranque (BA), la entrada del contacto NO M8 esta conectada a la salida del contacto NO M4, la salida del contacto NO M8 esta conectada a la entrada de la lámpara piloto, la salida de la lámpara piloto esta conectada a la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal N.

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ *1 ,2 y 3.*

2.

a) Encienda la fuente de energía.

b) Oprima el botón de arranque (BA).

c) ¿La bobina electromagnética C se energiza? SI

d) Oprima el botón del circuito de sobrecarga (SCC) que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético C.

e) ¿La bobina electromagnética C se desenergiza? SI

f) Oprima el botón de arranque (BA).

g) Verifique que el botón de paro (BP) desenergiza la bobina electromagnética C.

h) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control de arranque a tensión plena de un motor de corriente directa en conexión compuesta como se muestra en la figura 2.

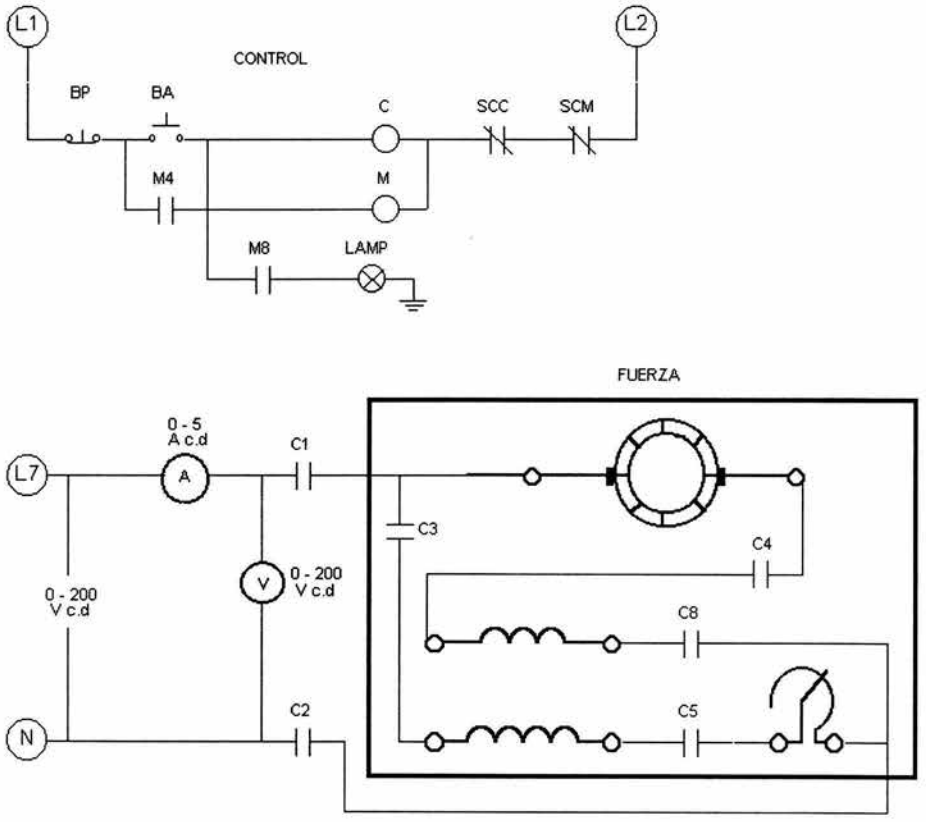


Figura 2

b) Observe que la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal 7 esta conectada a la entrada del contacto NO C1, la salida del contacto NO C1 esta conectada a la entrada de la escobilla del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 1, la salida fija de la fuente de energía de c.d terminal N esta

conectada a la entrada del contacto NO C2, la salida del contacto NO C2 esta conectada a la entrada del reóstato de campo en derivación del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 8, la entrada del contacto NO C3 esta conectada a la entrada del devanado de campo en derivación terminal 5, la salida del contacto NO C3 esta conectada a la entrada de la escobilla del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 1, la entrada del contacto NO C4 esta conectada a la entrada del devanado de campo en serie del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 3, la salida del contacto NO C4 esta conectada a la entrada de la escobilla del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 2, la entrada del contacto NO C5 esta conectada a la entrada del devanado de campo terminal 6, la salida del contacto NO C5 esta conectada a la entrada del reóstato de campo terminal 7, la entrada del contacto NO C8 esta conectada a la entrada del reóstato de campo terminal 8, la salida del contacto NO C8 esta conectada a la entrada del devanado en serie terminal 4..

c) Conecte un medidor de c.d (0 – 5 A c.d) en serie con la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal 7 y la entrada del contacto NO C1.
d) Conecte un medidor de voltaje de c.d (0 – 200 V c.d) entre las terminales variables de la fuente de energía de c.d terminales 7 y N.
e) Encienda la fuente de energía.
f) Ajuste el voltaje variable de salida a 120 V c.d, guiándose por las lecturas tomadas en el medidor de voltaje.
g) Ajuste la perilla de control del reóstato de campo en derivación en su posición extrema haciéndolo girar en sentido de las manecillas del reloj. (para obtener una máxima excitación del campo en derivación) Verifique que las escobillas estén en su posición neutra.
h) Oprima el botón de arranque (BA).
i) ¿Arranca el motor de corriente directa en conexión compuesta?__SI__
j) ¿La lámpara piloto indica cuando el motor de corriente directa en conexión compuesta esta trabajando?__SI__
k) Mida y anote la corriente de arranque y tensión nominal, del motor de corriente directa en conexión compuesta.

$$I_{Arranque} = \_\_\_\_2.08\_\_\_\_ \text{A c.d}$$

$$I_{No\ min\ al} = \_\_\_\_0.58\_\_\_\_ \text{A c.d}$$

l) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor de corriente directa en conexión compuesta.

$$\text{Velocidad del motor} = \_\_\_\_1300\_\_\_\_ \ r/\text{min}$$

m) Oprima el botón del circuito de sobrecarga del relevador de sobrecarga del módulo electromagnético C.
n) ¿El motor de corriente directa en conexión compuesta se para?__SI__

o) Oprima el botón de arranque (BA).
p) Oprima el Botón de paro (BP).
q) Apague la fuente de energía.

4.

a) Conecte el circuito de control de arranque a tensión plena de un motor de corriente directa en conexión compuesta como se muestra en la figura 3.

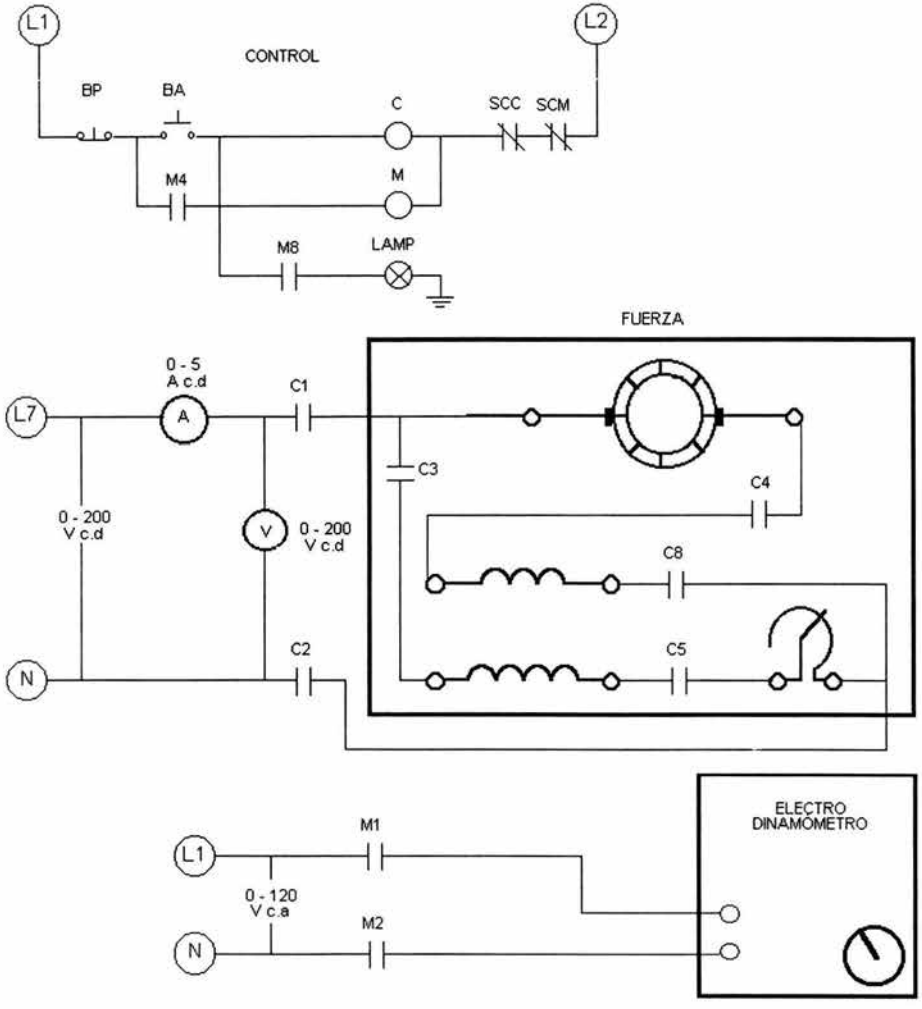


Figura 3

b) Observe que la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal 3 esta conectada a la entrada del contacto NO M1, la salida del contacto NO M1 esta conectada a la entrada del módulo de electrodinamómetro terminal 1, la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO M2, la salida del contacto NO M2 esta conectada a la entrada del módulo de electrodinamómetro terminal N ó 2.
c) Acople el electrodinamómetro por medio de la banda de sincronización.
d) Encienda la fuente de energía.
e) Ajuste la perilla del electrodinamómetro a su posición media. (50 % de la carga)
f) Ajuste el voltaje variable de salida a 120 V c.d, guiándose por las lecturas tomadas en el medidor de voltaje.
g) Ajuste la perilla de control del reóstato de campo en derivación en su posición extrema haciéndolo girar en sentido de las manecillas del reloj. (para obtener una máxima excitación del campo en derivación) Verifique que las escobillas estén en su posición neutra.
h) Oprima el botón de arranque (BA).
i) ¿Arranca el motor de corriente directa en conexión compuesta? SI
j) ¿El electrodinamómetro ejerce una carga al motor de corriente directa en conexión compuesta? SI
k) Mida y anote la corriente nominal del motor de corriente directa en conexión compuesta cuando tiene una carga de 4 lbf.plg.

$$I_{No\,min\,al} = \underline{\quad 1.33 \quad} A\,\text{c.d}$$

l) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor de corriente directa en conexión compuesta cuando tiene una carga de 4 lbf.plg.

$$\text{Velocidad del motor} = \underline{\quad 1300 \quad} {}^{r}/_{\min}$$

m) Ajuste la perilla de control del dinamómetro hasta obtener una carga de 9 lbf.plg.
n) Mida y anote la corriente nominal del motor de corriente directa en conexión compuesta cuando tiene una carga de 9 lbf.plg.

$$I_{No\,min\,al} = \underline{\quad 2.00 \quad} A\,\text{c.d}$$

o) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor de corriente directa en conexión compuesta cuando tiene una carga de 9 lbf.plg.

$$\text{Velocidad del motor} = \underline{\quad 1200 \quad} {}^{r}/_{\min}$$

p) Oprima el botón de paro (BP).
q) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

¿Qué función tiene la bobina electromagnética M en el circuito de control de arranque a tensión plena en el procedimiento 4? LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA M SIRVE PARA CERRAR LOS CONTACTOS (NO) (M1, M2, M4 Y M8), LOS CONTACTOS (NO) (M1 Y M2) HACEN QUE SE QUE ENERGICE EL ELECTRODINAMÓMETRO, EL CONTACTO (NO) (M4) SIRVE COMO CONTAVCTO DE RETENCIÓN DE LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA C, EL CONTACTO (NO) (M8) SIRVE PARA ENCENDER LA LÁMPARA PILOTO.

PRÁCTICA 20

CONTROL DE INVERSIÓN DE ROTACIÓN DE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA EN CONEXIÓN COMPUESTA

Objetivos:

1. Analizar un circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor de corriente directa en conexión compuesta.
2. Aprender a conectar un circuito de control para inversión de rotación de un motor de corriente directa en conexión compuesta.

Introducción.

Motor de corriente directa en conexión compuesta

La cualidad principal de un motor serie es su alto valor de par, con la desventaja de que con cargas ligeras tiende a sobrecalentarse. En el caso de un motor de corriente directa conectado en derivación este tiene la cualidad de que su velocidad es casi constante para una carga dada, con el inconveniente de un par relativamente bajo en comparación con un motor serie. Una manera de combinar las características de ambas máquinas consiste en utilizar los devanados serie y paralelo a la vez, transformando a la máquina en un motor compuesto. Si se conecta como compuesto diferencial tiene muy pocas aplicaciones debido a la alta inestabilidad que este presenta, al contrario como compuesto acumulativo tiene una característica Par-Velocidad que puede ser muy útil en algunos trabajos. La forma de trabajo que se analiza en esta practica es esta última.

En esta práctica de laboratorio se llevará a cabo la inversión de rotación de un motor de corriente directa en conexión compuesta, conectándolo directamente a la línea de energía de c.d por medio de dispositivos de control magnético, lo cual simplifica la operación y proporciona seguridad en el arranque de este tipo de motor.

También se llevara acabo la inversión de rotación del motor de corriente directa en conexión compuesta, invirtiendo la polaridad tanto del devanado de armadura como del devanado de campo conectado derivación, ya que el motor de corriente directa del laboratorio de maquinas eléctricas no cumple con los requerimientos establecidos.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor electromagnético. (2)
Módulo de motor / generador de c.d.
Módulo medidor de c.d. (200 V c.d, 5 A c.d)
Módulo de fuente de energía *(120 / 208 V c.a, 0 - 120 V c.d)*
Estación de botones. (2)
Cables para conexión
Tacómetro de mano.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Arme el circuito de control de inversión de rotación que aparece en la figura 1.

b) Observe que la entrada del botón de paro (BP) esta conectada a la salida fija de la fuente de energía terminal 1, la salida del botón de paro (BP) esta conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de frente (BF) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética F, la salida de la bobina electromagnética F esta conectada a la entrada del contacto NC R6, la salida del contacto NC R6 esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF, la salida del circuito de sobrecarga SCF esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCR, la salida del circuito de sobrecarga esta conectada a la salida fija de la fuente de energía terminal 2.

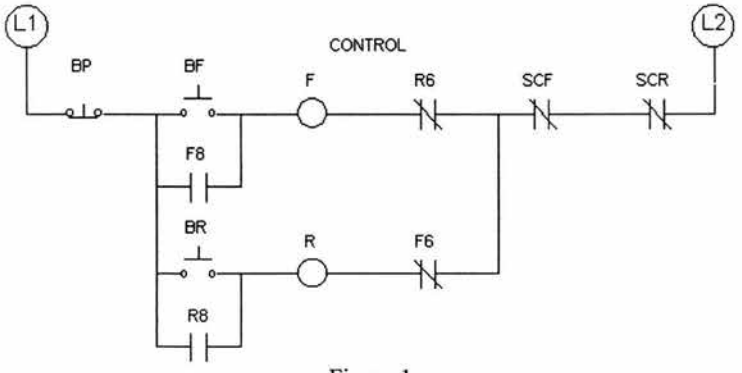


Figura 1

c) Observe que el contacto NO F8 esta conectado en paralelo con el botón de frente (BF). Este contacto sirve como contacto de retención de la bobina electromagnética F.

d) Observe que la entrada del botón de reversa (BR) esta conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de reversa (BR) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética R, la salida de la bobina electromagnética R esta conectada a la entrada del contacto NC F6, la salida del contacto NC F6 esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF.

e) Observe que el contacto NO R8 esta conectado en paralelo con el botón de reversa (BR). Este contacto sirve como contacto de retención de la bobina electromagnética R.

f) Pida a su instructor que revise las conexiones realizadas.

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ *1 ,2 y 3.*

2.

a) Encienda la fuente de energía y pruebe el control de inversión de rotación de un motor de corriente directa en conexión compuesta.
b) Oprima el botón de frente (BF).
c) ¿La bobina electromagnética F se energizar? SI
d) Oprima el botón de reversa (BR).
e) ¿La bobina electromagnética R se energiza? NO
Explique su respuesta. CUANDO LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA F ESTA ENERGIZADA EL CONTACTO NC F6 ESTA ABIERTO, ESTE CONTACTO AL ESTAR ABIERTO NO DEJA PASAR CORRIENTE HACIA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R AUNQUE SE OPRIMA EL BOTÓN DE REVERSA (BR) A ESTO SE LE LLAMA ENCLAVE DE LAS BOBINAS F Y R.
f) Oprima el botón de paro (BP).
g) Oprima el botón de reversa (BR).
h) ¿La bobina electromagnética R se energiza? SI
i) Oprima el botón de frente (BF).
j) ¿La bobina electromagnética F se energiza? NO
k) Oprima el botón del circuito de sobrecarga SCF que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético F.
l) ¿La boina electromagnética R se desenergiza? SI
m) Oprima el botón de frente (BF).
n) Oprima el botón del circuito de sobrecarga SCR que se encuentra en el relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético R.
o) ¿El circuito de control se desenergiza? SI
p) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor de corriente directa en conexión compuesta como se muestra en la figura 2.
b) Observe que la salida variable de la fuente de energía de corriente directa terminal 7 esta conectada a la entrada del contacto NO F1, la salida del contacto NO F1 esta conectada a la entrada de la escobilla del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 1, la salida variable de la fuente de energía de corriente directa terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO F2, la salida del contacto NO F2 esta conectada a la entrada del devanado de campo en derivación terminal 8, la entrada del contacto NO F3 esta conectada a la entrada del devanado de campo en derivación del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 5, la salida del contacto NO F3 esta conectada a la entrada de la escobilla del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 1, la entrada del contacto NO F4 esta

conectada a la entrada del devanado de campo en serie terminal 3, la salida del contacto NO F4 esta conectada a la escobilla del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 2, la entrada del contacto NO F5 esta conectada a la entrada del devanado de campo en derivación terminal 6, la salida del contacto NO F5 esta conectada a la entrada del reóstato de campo terminal 7.

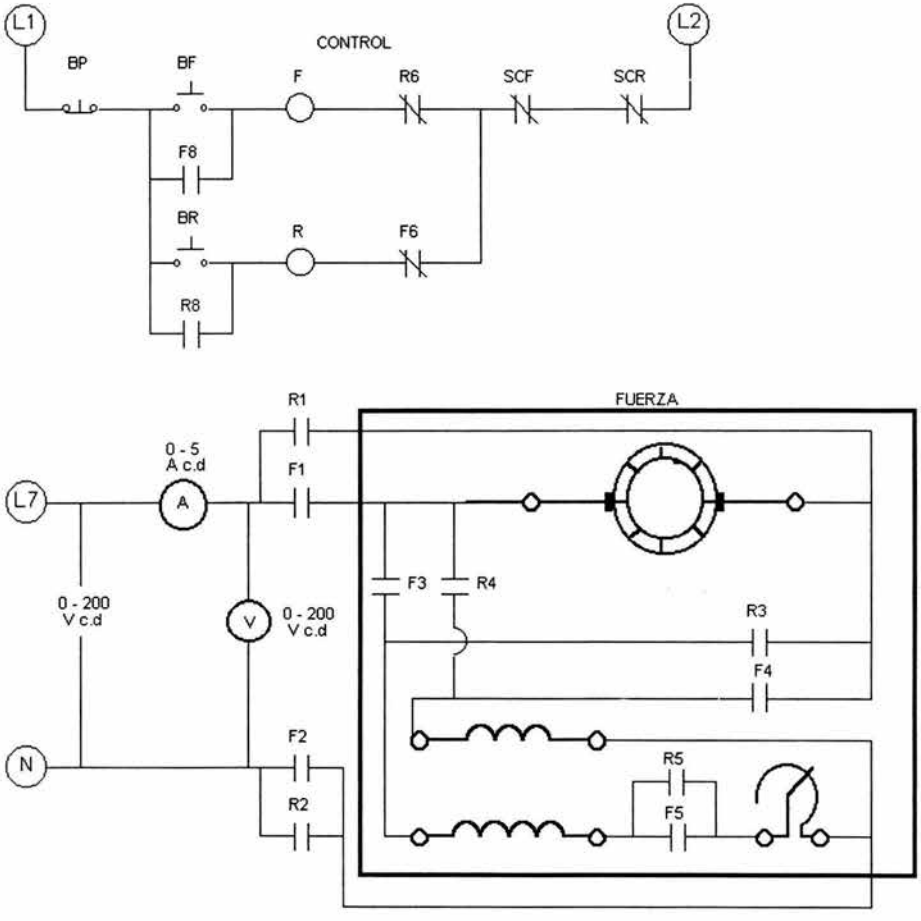


Figura 2

c) Conecte entre si las terminales 8 y 4 del motor de corriente directa en conexión compuesta.

d) Observe que la entrada del contacto NO R1 esta conectada a la entrada del contacto NO F1, la salida del contacto NO R1 esta conectada a la escobilla del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 2. Observe que el contacto NO R2 esta conectado en paralelo con el contacto NO F2, la entrada del contacto NO R3

esta conectada a la entrada del devanado de campo en derivación del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 5, la salida del contacto NO R3 esta conectada a la escobilla del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 2, la entrada del contacto NO R4 esta conectada a la entrada del devanado de campo en serie del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 3, la salida del contacto NO R4 esta conectada a la entrada de la escobilla del motor de corriente directa en conexión compuesta terminal 1, el contacto NO R5 esta conectado en paralelo con el contacto NO F5.

f) Conecte un medidor de c.d (0 – 5 A c.d) en serie con la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal 7 y la entrada del contacto NO F1.
g) Conecte un medidor de voltaje de c.d (0 – 200 V c.d) entre las salidas variables de la fuente de energía de c.d terminales 7 y N.
h) Encienda la fuente de energía.
i) Ajuste el voltaje variable de salida a 120 V c.d, guiándose por las lecturas tomadas en el medidor de voltaje.
j) Oprima el botón de frente (BF).
k) ¿El motor de corriente directa en conexión compuesta arranca en sentido horario? SI
l) Mida y anote la corriente de arranque y tensión nominal cuando el motor de corriente directa en conexión compuesta gira en sentido horario.

$$I_{Arranque} = \_\_\_\_0.85\_\_\_\_ \text{A c.d}$$

$$I_{No\ min\ al} = \_\_\_\_0.52\_\_\_\_ \text{A c.d}$$

m) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor de corriente directa en conexión compuesta.

$$\text{Velocidad del motor} = \_\_\_\_1230\_\_\_\_ \ r/\text{min}$$

n) Oprima el botón de reversa (BR).
o) ¿El motor invierte el sentido de giro? NO
Explique su respuesta. EL MOTOR SIGUE FUNCIONANDO EN SENTIDO HORARIO POR QUE AL OPRIMIR EL BOTÓN DE REVERSA (BR) NO SE ENERGIZA LA BOBINA R YA QUE EL CONTACTO NC F6 ESTA ABIERTO Y NO DEJA PASAR LA CORRIENTE HACIA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R.
p) Oprima el botón del circuito de sobrecarga de relevador de sobrecarga del módulo de contactor magnético R.
q) ¿El motor de corriente directa en conexión compuesta se para? SI

r) Oprima el botón de reversa (BR), describa lo que sucede. AL OPRIMIR EL BOTÓN DE REVERSA EL MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA EN CONEXIÓN COMPUESTA INVIERTE EL SENTIDO DE GIRO.

s) Mida y anote la corriente de arranque y tensión plena del motor de corriente directa en conexión compuesta cuando gira en sentido hanti-horario.

$$I_{Arranque} = \_\_\_\_0.85\_\_\_\_ \text{A c.d}$$

$$I_{No\ min\ al} = \_\_\_\_0.49\_\_\_\_ \text{A c.d}$$

t) Con el tacómetro de mano mida y anote la velocidad del motor de corriente directa en conexión compuesta cuando gira en sentido hanti-horario.

$$\text{Velocidad del motor} = \_\_\_\_1200\_\_\_\_ {}^{r}/_{\min}$$

u) Oprima el botón de paro (BP).
v) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿Cómo se consigue la inversión de rotación de un motor de corriente directa en conexión compuesta? LA INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO SE LLEVA A CABO CAMBIANDO LA POLARIDAD DEL DEVANADO DE ARMADURA, ES DECIR, PERMUTADO LAS ESCOBILLAS DE LA ARMADURA Y CAMBIANDO LA POLARIDAD DEL DEVANADO DE CAMPO EN DERIVACIÓN.
2. ¿La corriente de arranque cuando el motor arranca en sentido horario es igual a la corriente de arranque cuando arranca en sentido anti-horario? SI
3. ¿Qué función tienen los contactos NC, F6 y R6 en el circuito de control de inversión de rotación del motor de corriente directa en conexión compuesta? ES LA DE MANTENER ENCLAVADO EL CIRCUITO DE CONTROL, ES DECIR, MIENTRAS UNA BOBINA ESTA ENERGIZADA LA OTRO NO PUEDE SER ENERGIZADA AUNQUE SE OPRIMA SU BOTÓN CORRESPONDIENTE DE ARRANQUE POR QUE EL CONTACTO NC CORRESPONDIENTE A LA BOBINA ENERGIZADA NO DEJA PASAR LA CORRIENTE A LA OTRA BOBINA.
4. Explique la razón por la que se debe de probar el control antes de conectar el sistema de fuerza. EL CONTROL SE DEBE PROBAR ANTES PARA COMPROBAR QUE ESTA PERFECTAMENTE CONECTADO, POR QUE DE LO CONTRARIO SE PUEDE PRODUCIR UN CORTO CIRCUITO QUE

DAÑARÍA LA FUENTE DE ENERGÍA O UN ELEMENTO DEL CIRCUITO DE CONTROL.

5. Anote en secuencia los eventos que ocurren en el procedimiento 3 (R) cuando se oprime el botón de reversa (BR). CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE REVERSA(BR) SE ENERGIZA LA BOBINA R Y EN ESE MOMENTO SE CIERRA EL CONTACTO (NO) R5 EL CUAL RETIENE A LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R. TAMBIEN CIERRA LOS CONTACTOS (NO) (R1, R2, R3, R4) QUE HACEN QUE EL MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA EN CONEXIÓN COMPUESTA GIRE EN SENTIDO HATI-HORARIO.

PRÁCTICA 21

CONTROL DE ARRANQUE A TENSION PLENA DE UN MOTOR SÍNCRONO

Objetivos:

1. Analizar la estructura de un diagrama de control de arranque a tensión plena de motor síncrono.
2. Analizar la estructura de un diagrama de fuerza de arranque a tensión plena de un motor síncrono.

Introducción.

Puesto que el estator de un motor síncrono, es el mismo que el un motor de inducción, el motor síncrono polifásico puede ponerse en marcha como un motor de inducción con sus devanados amortiguadores, por alguno de los método de arranque a tensión plena, sin embargo en cualquiera de ellos, el circuito de excitación rotórico debe estar desenergizado durante el periodo de arranque, hasta que el rotor se encuentre cerca de la velocidad de sincronismo; es en este punto donde el circuito de excitación es energizado con tensión de c.d, llevando al motor al sincronismo, propiciando una velocidad constante independiente a la carga que se suministre.

Este tipo de arranque, utiliza circuitos de control para poner en funcionamiento el motor síncrono.

Como primer paso se alimenta el estator por medio de unos contactos NO M que son cerrados por medio de la bobina electromagnética M, lo que genera que el motor funcione como si fuera tipo jaula de ardilla.

Posteriormente, cuando el motor llega aproximadamente al 90% de su velocidad nominal, se cierran otros contactos NO N que alimentan corriente directa de una fuente externa al rotor propiciando que el motor funcione como maquina síncrona.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor electromagnético. (2)
Módulo de motor síncrono / generador.
Módulo de electrodinamómetro.
Módulo de medición de c.a. (0 - 8 A c.a)
Módulo de medición de c.a. (250 V c.a)
Módulo de fuente de energía. (0 – 120 / 208 V c.a 3 ϕ, 120 V c.d, 0 – 120 V c.d)
Estación de botones. (2)
Cables para conexión.
Banda de sincronización.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Examine el diagrama de control de arranque a tensión plena de un motor síncrono de la figura 1. Suponga que le aplica la potencia especificada.

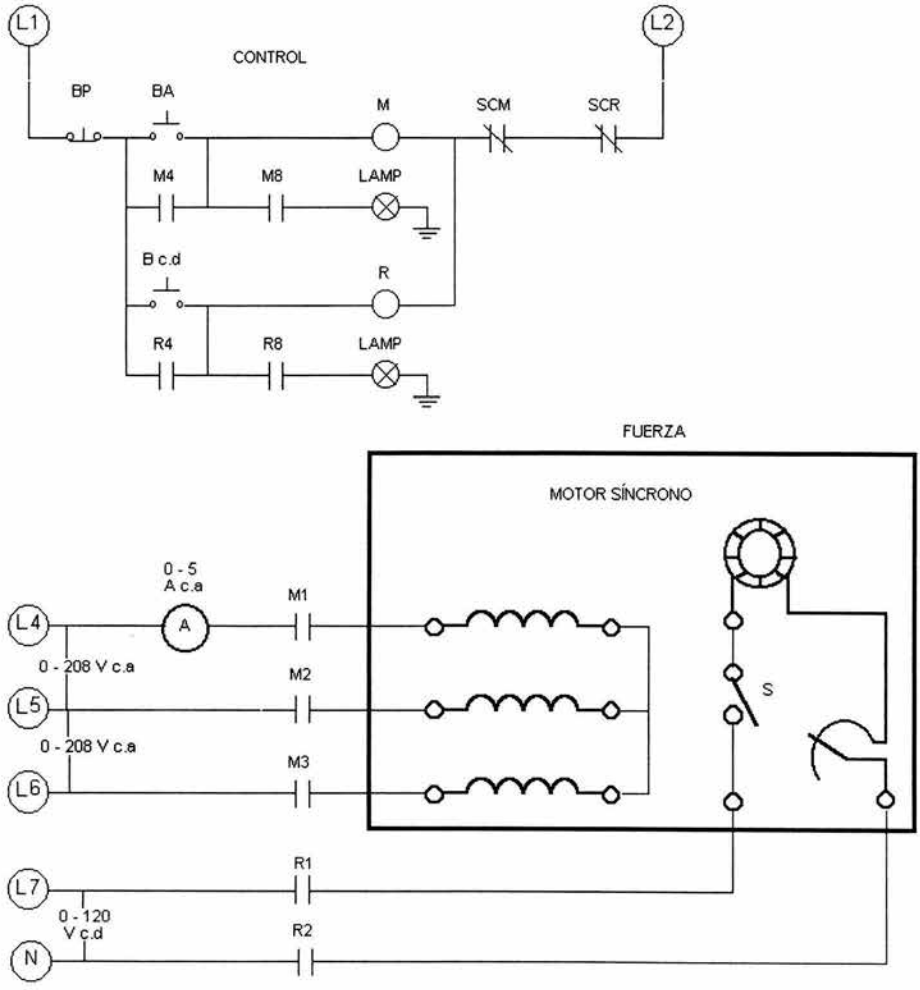


Figura 1

b) ¿Arrancará el motor si se oprime el botón de arranque (BA)? SI

c) ¿La lámpara piloto indicará cuando el motor está encendido? SI

d) ¿Seguirá funcionando el motor cuando se oprima el botón de paro (BP)? NO
Explique su respuesta EN EL MOMENTO EN QUE SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE DESENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA M Y EN ESE MOMENTO SE ABREN LOS CONTACTOS NO (M1, M2, M3) QUE ALIMENTAN AL MOTOR SÍNCRONO.

e) ¿Se energizara el rotor al oprimir el botón de corriente directa (B c.d)? SI

f) ¿Seguirá energizado el rotor al oprimir el botón de paro (BP)? NO
Explique su respuesta. AL OPRIMIR EL BOTÓN DE PARO (BP) SE DESENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R Y EN ESE MOMENTO SE ABREN LOS CONTACTOS (NO) (R1 Y R2), ESTOS CONTACTOS DESENERGIZAL EL ROTOR.

2.

a) Conecte el circuito de control como se muestra en la figura 2.

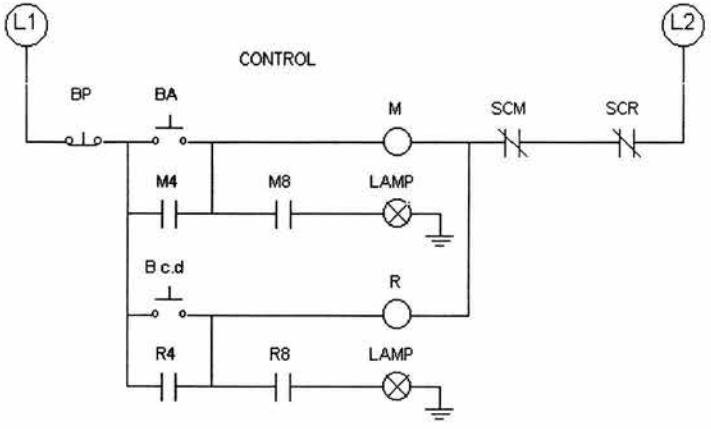


Figura 2

b) Observe que la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal 1 esta conectada a la entrada del botón de paro (BP), la salida del botón de paro (BP) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética M, la salida de la bobina electromagnética M esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCM, la salida del circuito de sobrecarga SCM esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCR, la salida del circuito de sobrecarga SCR esta conectada a la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal 2.

c) Conecte el contacto NO M4 en paralelo con el botón de arranque (BA) como se muestra en la figura 2.
d) Observe que la entrada del botón de corriente directa (B c.d) esta conectada a la entrada del botón de arranque (BA), la salida del botón de corriente directa (B c.d) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética R, la salida de la bobina electromagnética R esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCM.
e) Conecte el contacto NO R4 en paralelo con el botón de corriente directa (B c.d).
f) ¿Se cerrará este contacto NO M4 al oprimir el botón de arranque (BA)? SI
g) ¿Se abrirá este contacto cuando se libera el botón de arranque (BA)? NO
h) ¿Actúa como contacto de retención? SI

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ 1 ,2 y 3.

i) Encienda la fuente de energía y pruebe el control, cerciórese que el botón de arranque (BA), botón de corriente directa (B c.d) y el botón de paro (BP) funcionen correctamente, verifique que el circuito de sobrecarga funcione correctamente al oprimir cualquiera de los dos botones de los relevadores de sobrecarga todo el circuito de control se debe de desenergizar.
j) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control de arranque de un motor síncrono como se muestra en la figura 1.
b) Use dos cables cortos y ponga en cortocircuito las terminales 4, 5 y 6 del motor síncrono.
c) Conecte las entradas de los contactos NO (M1, M2, M3) del módulo de contactor magnético M a la salidas variables de 208 V 3ϕ 4, 5 y 6 respectivamente. Conecte las salidas de los contactos NO (M1, M2, M3) del módulo de contactor magnético M a las terminales 1, 2 y 3 del motor síncrono respectivamente.
d) Conecte un medidor de c.a (0 – 2.5 A c.a) en serie con la salida variable de la fuente de energía de c.a terminal 4 y la entrada del contacto NO M1.
e) Observe que la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal 7 esta conectada a la entrada del contacto NO R1, la salida del contacto NO R1 esta conectada a la entrada del interruptor S del motor síncrono terminal 7, la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO R2, la salida del contacto NO R2 esta conectada a la entrada del reóstato de armadura terminal 8.
f) Conecte un medidor de voltaje c.a (0 – 220 V c.a) entre las salidas fijas de la fuente de energía de c.a terminales 4 y 5.
g) Encienda la fuente de energía y ajuste la fuente variable en su máxima posición. girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
h) Ajuste el reóstato del motor síncrono a su máxima resistencia. (Dele toda la vuelta a la perilla de control en sentido contrario a las manecillas del reloj)

i) Asegúrese de que el interruptor S esté cerrado. (Posición alta)
j) Oprima el botón de arranque (BA).
k) ¿Arranca el motor? SI
l) ¿Se enciende la lámpara piloto? SI
m) Suelte el botón de arranque (BA).
n) ¿Se para el motor? NO
o) mida y anote la corriente de arranque del motor síncrono.

$$I_{Arranque} = \_\_\_\_2.22\_\_\_\_ A \text{ c.a}$$

p) Mida y anote la corriente nominal antes de oprimir el botón de corriente directa (B c.d).

$$I_{No\ min\ al} = \_\_\_\_1.05\_\_\_\_ A \text{ c.a}$$

q) Oprima el botón de corriente directa (B c.d).
r) Haga girar la perilla de control del reóstato para obtener la mínima corriente de estator. Cuando se obtenga la mínima corriente de estator observe y anote la posición de la perilla de control del reóstato. (en todos los procedimientos subsiguientes la perilla del reóstato debe de encontrarse en esta posición)
s) Mida y anote la corriente nominal que se obtiene al girar la perilla del reóstato.

$$I_{No\ min\ al} = \_\_\_\_0.07\_\_\_\_ A \text{ c.a}$$

t) Oprima el botón de paro (BP).
u) Apague la fuente de energía.

4.

a) Conecte el circuito de control de arranque a tensión plena de un motor síncrono como se muestra en la figura 3.
b) Observe que la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal 3 esta conectada a la entrada del contacto NO N1, la salida del contacto NO N1 esta conectada a la entrada del electrodinamómetro terminal 1, la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal N esta conectada a la entrada del contacto NO N2, la salida del contacto NO N2 esta conectada a la entrada del electrodinamómetro terminal 2 o N.
c) Observe que al circuito de control se le agregó una bobina electromagnética N conectada en paralelo con la bobina electromagnética M.
d) Acople el electrodinamómetro con el motor síncrono por medio de la banda de sincronización.
e) Encienda la fuente de energía.
f) Ajuste la perilla de control del electrodinamómetro al 60 por ciento aproximadamente de excitación.

g) Oprima el botón de arranque (BA).

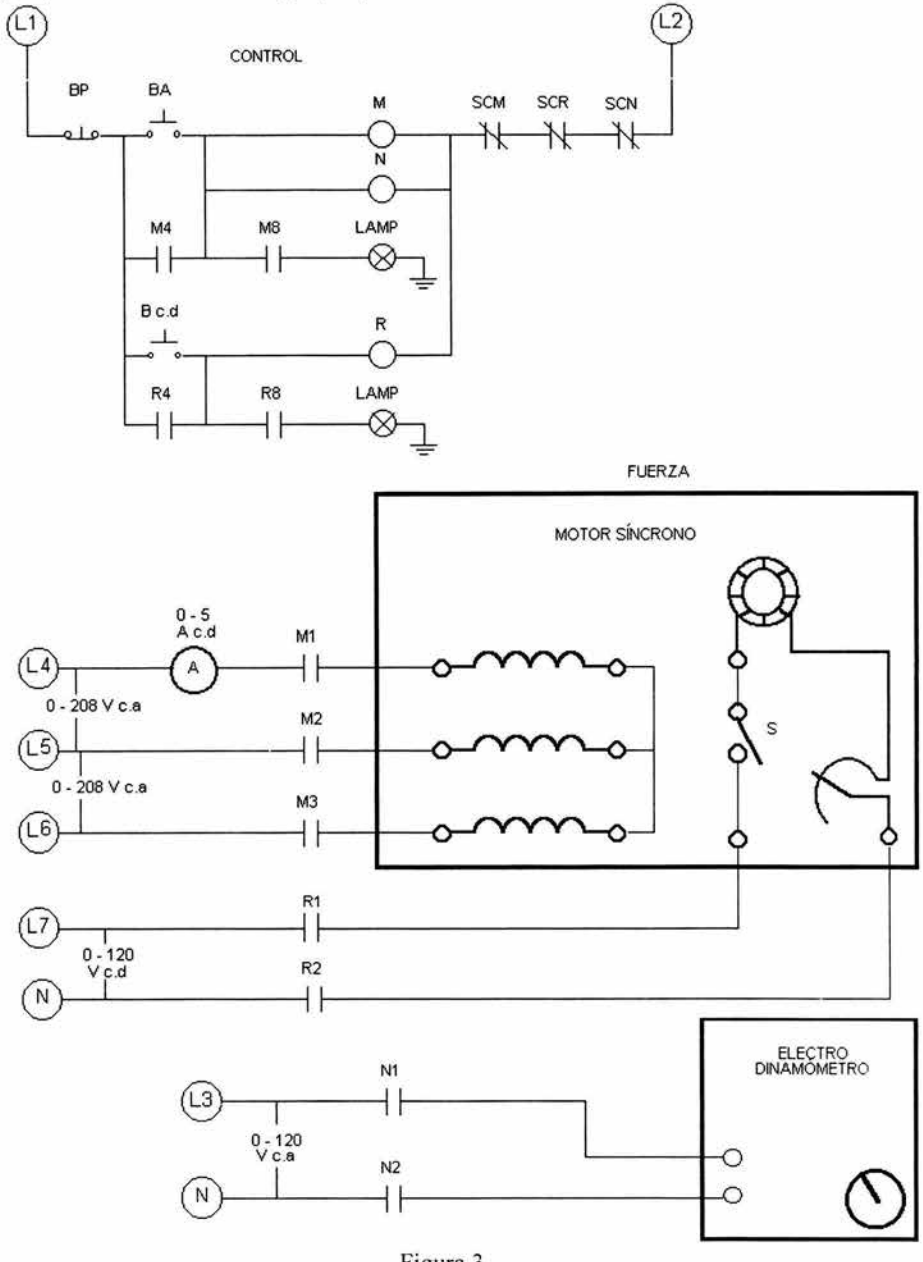


Figura 3

h) Describa lo que sucede. EL MOTOR ARRANCO SUAVEMENTE CON CARGA.

i) Mida y anote la corriente nominal del motor síncrono.

$$I_{No\,min\,al} = \_\_\_\_1.23\_\_\_\_ A \text{ c.a}$$

j) ¿Funciona el motor como motor de inducción? SI

k) Oprima el botón de corriente directa (B c.d).

l) Mida y anote la corriente nominal cuando se oprime el botón de corriente directa (B c.d).

$$I_{No\,min\,al} = \_\_\_\_1.52\_\_\_\_ A \text{ c.a}$$

m) Mida y anote la corriente nominal cuando se estabilice.

$$I_{No\,min\,al} = \_\_\_\_0.47\_\_\_\_ A \text{ c.a}$$

n) Describa lo que sucede cuando se oprimió el botón de corriente directa (B c.d). AL OPRIMIR EL BOTÓN DE CORRIENTE DIRECTA (B C.D) LA CORRIENTE DEL ESTATOR DISMINUYO A 0.47 A C.A.

o) ¿Esta operando el motor como motor síncrono? SI

p) Oprima el botón de paro (BP).

q) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿Qué función tiene el botón de corriente directa (B c.d)? ES LA DE ENERGIZAR LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R, ESTA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R CIERRA LOS CONTACTOS (NO) (R1 Y R2) QUE ENERGIZAN EL ROTOR DEL MOTOR SÍNCRONO CON CORRIENTE DIRECTA.
2. ¿Qué función tiene la bobina electromagnética N? ES LA DE CERRAR LOS CONTACTOS (NO) (N1 Y N2), ESTOS CONTACTOS ENERGIZAN EL ELECTRODINAMÓMETRO CON CORRIENTE ALTERNA.
3. Anote en secuencia los eventos del circuito de control de arranque a tensión plena del procedimiento 4 (g a q). AL OPRIMIR EL BOTÓN DE ARRANQUE (BA) SE ENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA M Y LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA N, LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA M CIERRA LOS CONTACTOS (NO) (M1, M2, Y M3) ESTOS CONTACTOS

ENERGIZAN EL MOTOR SÍNCRONO PARA QUE GIRE COMO MOTOR DE INDUCCIÓN Y TAMBIÉN CIERRA EL CONTACTO (NO) (M4) EL CUAL SIRVE COMO CONTACTO DE RETENCIÓN DE LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA M. LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA N CIERRA LOS CONTACTOS (NO) (N1 Y N2) ESTOS CONTACTOS ENERGIZAN EL ELECTRODINAMÓMETRO PARA QUE LE PROPORCIONE UNA CARGA AL MOTOR SÍNCRONO. DESPUÉS DE QUE EL MOTOR SÍNCRONO SE A ESTABILIZADO EN SUS VALORES NOMINALES SE OPRIME EL BOTÓN DE CORRIENTE DIRECTA (B C.D) EL CUAL ENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R ESTA BOBINA CIERRA LOS CONTACTOS NO (R1, R2 Y R4), EL CONTACTO NO R4 SIRVE COMO CONTACTO DE RETENCIÓN DE LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA R, LOS CONTACTOS (NO) (R1 Y R2) ENERGIZAN EL ROTOR DEL MOTOR SÍNCRONO CON CORRIENTE DIRECTA Y POR ULTIMO AL OPRIMIR EL BOTÓN DE PARO (BP) SE DESENERGIZA TODO EL CIRCUITO DE CONTROL Y POR CONSIGUIENTE SE PARA EL MOTOR SÍNCRONO.

PRÁCTICA 22

CONTROL DE INVERSIÓN DE ROTACIÓN DE UN MOTOR SÍNCRONO

Objetivos:

1. Analizar un circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor síncrono.
2. Aprender a conectar un circuito de control para inversión de rotación de un motor síncrono.
3. Determinar las características de un control de arranque de inversión de rotación de un motor síncrono.

Introducción.

Ahora se estudiará la inversión de rotación o reversa de un motor síncrono. Todo lo que se requiere para invertir la dirección de rotación de un motor síncrono es intercambiar dos de sus fases. Un motor síncrono sin alimentar al rotor con corriente directa se comporta como un motor de jaula de ardilla trifásico, por tal motivo se puede invertir el sentido de giro del motor síncrono como se menciono anteriormente. Además se debe de invertir la polaridad del rotor, es decir, en el momento que el motor síncrono invierta el sentido de giro la corriente de la armadura o rotor también se debe invertir.

Esto se llevará acabo por medio de contactores magnéticos, relevadores de tiempo y estaciones de botones con el fin de controlar la inversión de rotación del motor síncrono desde una estación de botones para reducir los riesgos que este tipo de operación trae consigo.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor magnético. (4)
Módulo de relevador de tiempo. (2)
Módulo de motor / generador síncrono.
Módulo de medición de c.d. (200 V c.d, 500 mA c.d)
Módulo de medición de c.a. (0 – 220 V c.a, 0 – 2.5 A c.a)
Módulo de fuente de energía. (0 – 208 V c.a, 120 / 208 V c.a, 0 – 120 V c.d)
Estación de botones. (2)
Cables para conexión.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Examine el diagrama de control de arranque de inversión de rotación que aparece en la figura 1. Suponga que le aplica la potencia especificada.

b) ¿Arrancará el motor en sentido de las manecillas del reloj si se oprime el botón de frente (BF)? SI

c) ¿La armadura recibirá corriente directa después de haber pasado el tiempo que se le asigno al relevador de tiempo? SI

d) ¿La lámpara piloto indicará cuando el motor está funcionando como motor síncrono en sentido horario? SI

e) ¿Seguirá funcionando el motor cuando se oprima el botón de paro (BP)? NO
Explique su respuesta EN EL MOMENTO EN QUE SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE DESENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA F Y LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA AF, EN ESE MOMENTO SE ABREN LOS CONTACTOS (NO) (F1, F2, F3) Y LAS CONTACTOS (NO) (AF1 Y AF2) QUE ALIMENTAN AL MOTOR SÍNCRONO Y LA ARMADRA.

f) ¿El motor gira en sentido contrario a las manecillas del reloj al oprimir el botón de reversa (BR)? SI

g) ¿La armadura recibe corriente directa en inversa al transcurrir el periodo de retraso de tiempo que se asigno al relevador de tiempo? SI

h) ¿La lámpara piloto indicara cuando el motor está funcionando como motor síncrono? SI

i) ¿Cuándo el motor esta funcionando de frente se puede pasar a reversa sin oprimir el botón de paro (BP)? NO
Explique su respuesta. CUANDO EL MOTOR ESTA FUNCIONANDO DE FRENTE SE CIERRAN LOS CONTACTOS (NO) (F) Y EN ESE MOMENTO SE ABRE EL CONTACTO (NC) (F6) El CUAL NO DEJA PASAR CORRIENTE HACIA LA BOBINA R.

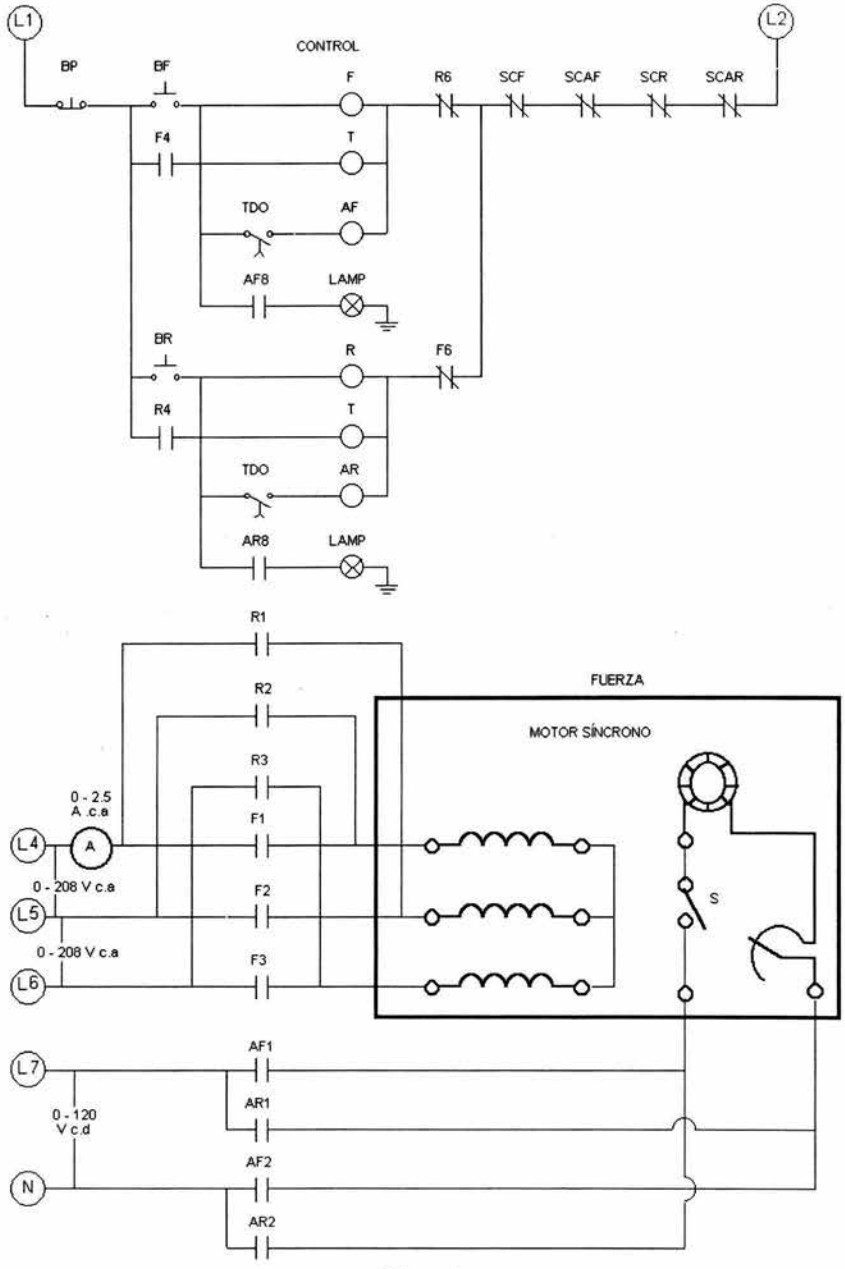

L1
L2
CONTROL
BP
BF
F
R6
SCF
SCAF
SCR
SCAR
F4
T
TDO
AF
AF8
LAMP
BR
R
F6
R4
T
TDO
AR
AR8
LAMP
R1
R2
R3
F1
F2
F3
FUERZA
MOTOR SÍNCRONO
S
0 - 2.5
A .c.a
A
L4
0 - 208 V c.a
L5
0 - 208 V c.a
L6
L7
0 - 120
V c.d
N
AF1
AR1
AF2
AR2

Figura 1

2.

a) Conecte el circuito de control de inversión de rotación como se muestra en la figura 2.

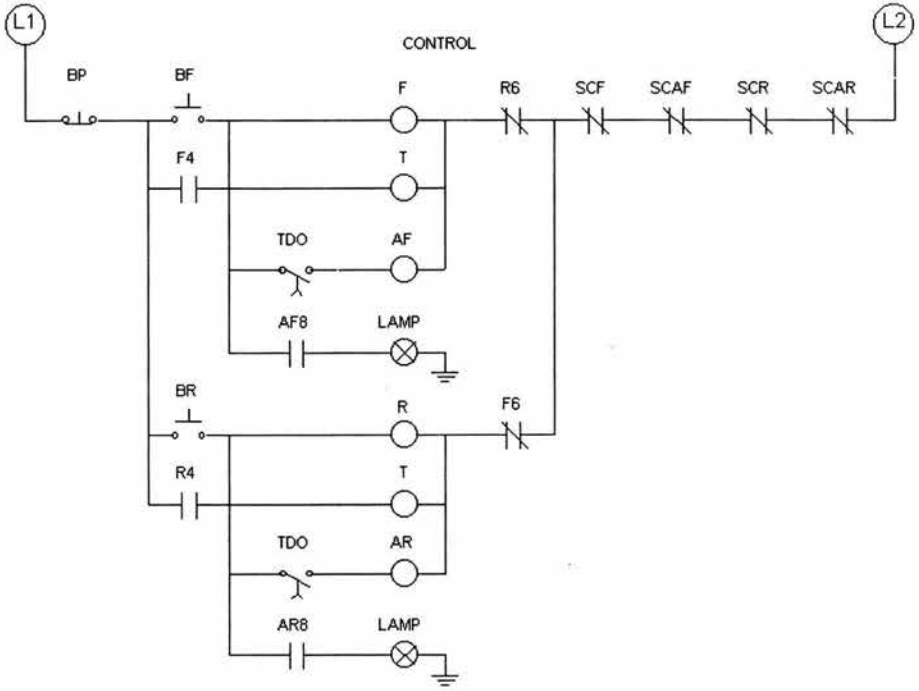


Figura 2

b) Observe que la entrada del botón de paro (BP) está conectada a la salida fija de la fuente de energía terminal 1, la salida del botón de paro (BP) está conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de frente (BF) esta conectada a la entrada de la bobina F, la salida de la bobina F está conectada a la entrada del contacto NC R6, la salida del contacto NC R6 está conectado a la entrada del circuito de sobrecarga SCF, la salida del circuito de sobrecarga SCF esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCAF, la salida del circuito de sobrecarga SCAF esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCR, la salida del circuito de sobrecarga SCR esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCAR, la salida del circuito de sobrecarga SCAR esta conectada a la salida fija de la fuente de energía terminal 2.

c) Observe que el contacto NO F4 esta en paralelo con el botón de frente (BF).

d) Observe que el relevador de tiempo T esta conectado en paralelo con la bobina electromagnética F, la entrada del contacto de tiempo (TDO) esta conectada a la salida del botón de frente (BF), la salida del contacto de tiempo (TDO) esta

conectada a la entrada de la bobina electromagnética AF, la salida de la bobina electromagnética AF esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF.

e) Observe que la entrada del botón de reversa (BR) está conectada a la entrada del botón de frente (BF), la salida del botón de reversa (BR) esta conectada a la entrada de la bobina R, la salida de la bobina R esta conectada a la entrada del contacto NC F6, la salida del contacto NO F6 está conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF.
f) Observe que el relevador de tiempo T esta en paralelo con la bobina electromagnética R, la entrada del contacto de tiempo TDO esta conectada a la salida del botón de reversa (BR), la salida del contacto de tiempo TDO esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética AR, la salida de la bobina electromagnética AR esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCF.
g) Observe que el contacto NO R4 está en paralelo con el botón de reversa (BR).

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ *1 ,2 y 3.*

h) Encienda la fuente de energía.
i) Calibre los relevadores de tiempo a 5 segundos de retraso de tiempo.
j) Pruebe el control, cerciórese que el botón de frente (BF) energice solamente la bobina F y que el botón de reversa (BR) solo energice la bobina R, verifique que los relevadores de tiempo funcione correctamente, revise que el enclave de las bobinas funcione correctamente, verifique que los circuitos de sobrecarga funcionen correctamente al oprimir el botón del circuito de sobrecarga de cualquiera de los relevadores de sobrecarga se debe de desconectar todo el circuito de control.
k) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control de arranque de inversión de rotación de un motor síncrono como se muestra en la figura 1.
b) Conecte las salidas variables de la fuente de energía de c.a terminales 4, 5 y 6 a las entradas de los contactos NO (F1, F2 y F3) respectivamente. Conecte las salidas de los contactos NO (F1, F2 y F3) a las entradas de los devanados de estator de motor síncrono terminales 1, 2 y 3 respectivamente.
c) Ponga en corto circuito las terminales 4, 5 y 6 de los devanados de estator del motor síncrono.
d) Observe que la entrada del contacto NO AF1 esta conectada a la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal 7, la salida del contacto NO AF1 esta conectada a la entrada del interruptor S terminal 7, la entrada del contacto NO AF2 esta conectada a la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal N, la salida del contacto NO AF2 esta conectada a la entrada del reóstato del motor síncrono terminal 8.
e) Observe que la entrada del contacto NO R1 esta conectada a la entrada del contacto NO F1, la salida del contacto NO R1 esta conectada a la salida del contacto NO F2, la entrada del contacto NO R2 esta conectada a la entrada del contacto NO F2, la

salida del contacto NO R2 esta conectada a la entrada del contacto NO F1. Observe que el contacto NO R3 esta en paralelo con el contacto NO F3.

f) Observe que la entrada del contacto NO AR1 esta conectada a la entrada del contacto NO AF1, la salida del contacto NO AR1 esta conectada a la salida del contacto NO AF2, la entrada del contacto NO AR2 esta conectada a la entrada del contacto NO AF2, la salida del contacto NO AR2 esta conectada a la salida del contacto NO AF1.
g) Encienda la fuente de energía.
h) Calibre los relevadores de tiempo a 5 segundos de retraso de tiempo.
i) Ajuste la fuente variable en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
j) Ajuste el reóstato del motor síncrono a su máxima resistencia. (Dele toda la vuelta a la perilla de control en sentido contrario a las manecillas del reloj)
k) Asegúrese de que el interruptor S esté cerrado. (Posición alta)
l) Oprima el botón de frente (BF) y describa lo que sucede. EL MOTOR ARRANCA EN SENTIDO HORARIO, DESPUÉS DE HABER TRANCURRIDO LOS 5 SEGUNDOS DE RETRASO DE TIEMPO SE ALIMENTA LA ARMADURA CON CORRIENTE DIRECTA.
m) ¿La lámpara piloto enciende en el momento que la armadura recibe corriente directa? SI
n) Haga girar la perilla de control del reóstato para obtener la mínima corriente de estator. Cuando se obtenga la mínima corriente de estator observe y anote la posición de la perilla de control del reóstato. (en todos los procedimientos subsiguientes la perilla del reóstato debe de encontrarse en esta posición)
o) Oprima el botón de reversa (BR) y describa lo que sucede. NO PASA NADA EL MOTOR SIGUE FUNCIONANDO EN SENTIDO HORARIO.
Explique su respuesta. CUANDO EL MOTOR ESTA FUNCIONANDO DE FRENTE ESTA ENERGIZADA LA BOBINA F LA CUAL CIERRA LOS CONTACTOS (NO) (F1, F2, F3, F4, F8) Y ABRE EL CONTACTO (NC) (F6) ESTE CONTACTO NO DEJA PASAR CORRIENTE HACIA LA BOBINA R AUNQUE SE OPRIMA EL BOTÓN DE REVERSA (BR).
p) Oprima el botón de paro (BP) y luego el botón de reversa (BR), describa lo que sucede. CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE PARO (BP) SE PARA EL MOTOR Y CUANDO SE OPRIME EL BOTÓN DE REVERSA EL MOTOR ARRANCA EN SENTIDO ANTI-HORARIO Y DESPUÉS DE HABER TRANSCURRIDO LOS 5 SEGUNDOS DE RETRASO DE TIEMPO EL ROTOR RECIBE CORRIENTE DIRETA.
q) ¿La lámpara piloto indica cuando el rotor recibe corriente directa? SI
r) Oprima el botón de paro (BP).
s) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿Qué quiere decir bloquear un motor? ES HACERLO GIRAR EN DIRECCIÓN INVERSA MIENTRAS TODAVÍA FUNCIONA EN LA DIRECCIÓN DIRECTA.
2. Anote en secuencia los eventos que ocurren en el procedimiento 4 (l) cuando se oprime el botón de frente (BF). EN EL MOMENTO QUE SE OPRIME EL BOTÓN DE FRENTE (BF) SE ENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA F Y EL RELEVADOR DE TIEMPO T. LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA F CIERRA EL CONTACTO (NO) (F4) ESTE CONTACTO SIRVE COMO CONTACTO DE RETENCIÓN DE LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA F, TAMBIÉN CIERRA LOS CONTACTOS (NO) (F1, F2 Y F3) Y EN ESE MOMENTO SE ENERGIZAN EL MOTOR SÍNCRONO PARA HACERLO GIRAR EN SENTIDO HORARIO. DESPUÉS DE QUE TRANSCURREN LOS 5 SEGUNDOS DE RETRASO DE TIEMPO SE CIERRA EL CONTACTO DE TIEMPO (TDO) Y EN ESE MOMENTO SE ENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA AF LA CUAL CIERRA LOS CONTACTOS (NO) (AF1 Y AF2) Y EN ESE INSTANTE SE ALIMENTA LA ARMADURA CON CORRIENTE DIRECTA.

PRÁCTICA 23

CONTROL DE ARRANQUE DE UN GENERADOR DE C.D IMPULSADO POR UN MOTOR SÍNCRONO

Objetivos:

1. Analizar un circuito de control de arranque de un generador de c.d impulsado por un motor síncrono.
2. Aprender a conectar un circuito de control para arranque de un generador de c.d impulsado por un motor síncrono.
3. Determinar las características de un circuito de control de arranque de un generador de c.d impulsado por un motor síncrono.

Introducción.

En esta práctica de laboratorio se llevará acabo la generación de corriente directa por medio de un generador en derivación de corriente directa con excitación independiente impulsado por un motor síncrono.

Esto se realizará por medio de contactores magnéticos, relevadores de tiempo y estaciones de botones con el fin de controlar el arranque del motor síncrono y la conexión del generador en derivación de corriente directa con excitación independiente desde una estación de botones para reducir los riesgos que este tipo de operación trae consigo.

Instrumentos y componentes

Módulo de contactor magnético. (2)
Módulo de relevador de tiempo.
Módulo de motor / generador síncrono.
Módulo de motor generador de c.d.
Módulo de medición de c.d. (200 V c.d, 500mA c.d, 2.5 A c.d)
Módulo de medición de c.a. (0 – 220 V c.a, 0 – 2.5 A c.a)
Módulo de fuente de energía. (120 / 208 V c.a, 0 – 208 V c.a, 0 – 120 V c.d)
Estación de botones. (2)
Cables para conexión.
Banda de sincronización.

Procedimiento

Precaución: ¡En este experimento de laboratorio se utilizan altos voltajes! ¡No haga conexiones con la fuente de energía encendida!

1.

a) Conecte el circuito de control para un generador en derivación de corriente directa con excitación independiente impulsado por un motor síncrono como se muestra en la figura 1.

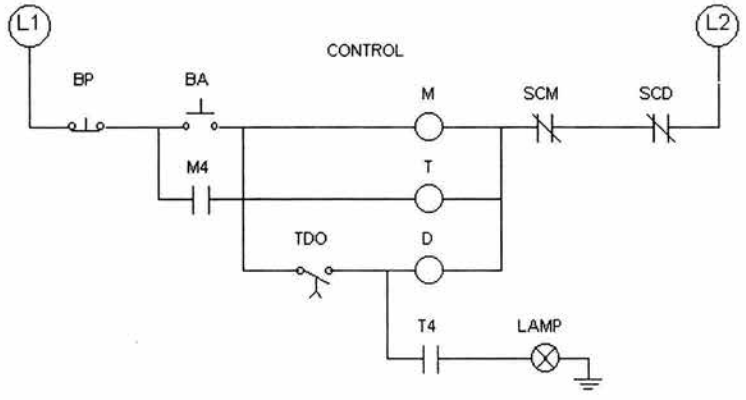


Figura 1

b) Observe que la entrada del botón de paro (BP) está conectada a la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal 1, la salida del botón de paro (BP) está conectada a la entrada del botón de arranque (BA), la salida del botón de arranque (BA) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética M, la salida de la bobina electromagnética M está conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCM, la salida del circuito de sobrecarga SCM esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCD, la salida del circuito de sobrecarga SCD esta conectada a la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal 2.

c) Observe que el contacto NO M4 esta en paralelo con el botón de arranque (BA).

d) Observe que el relevador de tiempo T esta conectado en paralelo con la bobina electromagnética M, la entrada del contacto de tiempo (TDO) esta conectada a la salida del botón de arranque (BA), la salida del contacto de tiempo (TDO) esta conectada a la entrada de la bobina electromagnética D, la salida de la bobina electromagnética D esta conectada a la entrada del circuito de sobrecarga SCM.

e) Observe que la entrada del contacto NO T4 esta conectada a la salida del contacto de tiempo TDO, la salida del contacto NO T4 esta conectada a la entrada de la lámpara piloto, la salida de la lámpara piloto esta conectada a la salida fija de la fuente de energía de c.a terminal N.

Nota: Todo el control que se utiliza en esta práctica es a 208 V y se debe conectar a la fuente de energía en las terminales fijas de 208 V 3ϕ *1 ,2 y 3.*

f) Encienda la fuente de energía.

g) Calibre el relevador de tiempo a 5 segundos de retraso de tiempo.
h) Pruebe el control, cerciórese que el botón de arranque (BA) energice solamente la bobina M, verifique que el relevador de tiempo funcione correctamente, cheque que los circuitos de sobrecarga funcionen correctamente al oprimir el botón del circuito de sobrecarga de cualquiera de los relevadores de sobrecarga se debe de desenergizar todo el circuito de control.
i) Apague la fuente de energía.

3.

a) Conecte el circuito de control de arranque de un motor síncrono como se muestra en la figura 2.

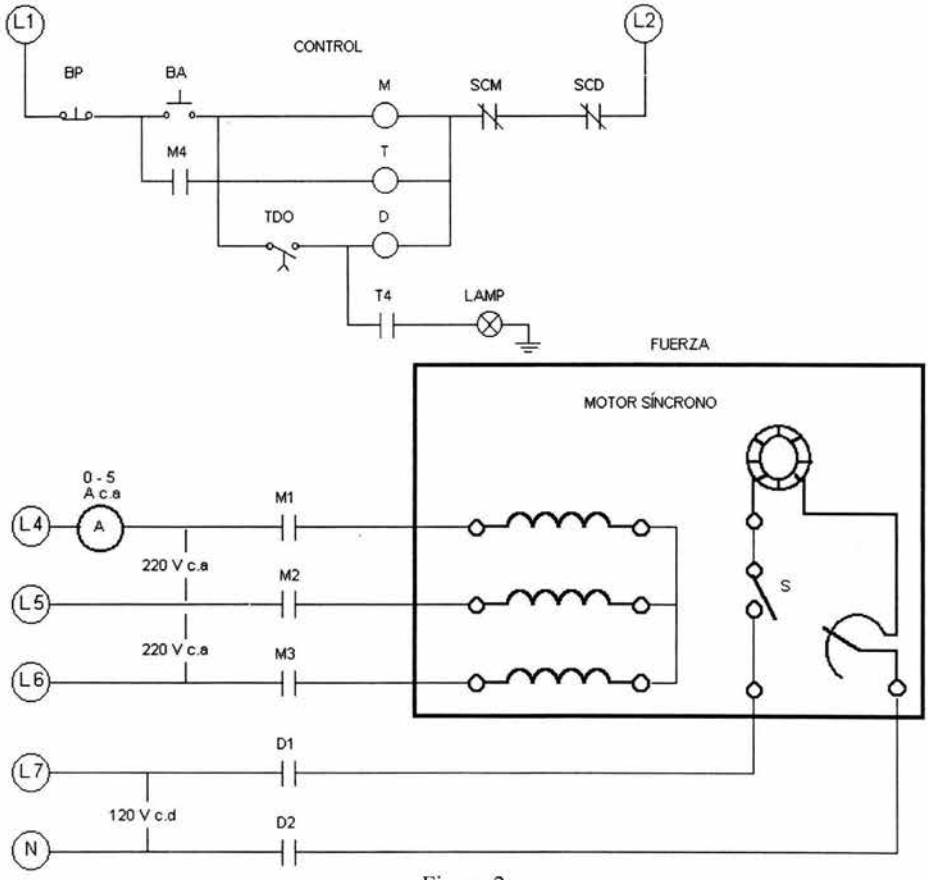


Figura 2

b) Conecte las salidas variables de la fuente de energía de c.a terminales 4, 5 y 6 a las entradas de los contactos NO M1, M2 y M3 respectivamente. Conecte las salidas de los contactos NO M1, M2 y M3 a las entradas de los devanados de estator de motor síncrono terminales 1, 2 y 3 respectivamente.
c) Ponga en corto circuito las terminales 4, 5 y 6 de los devanados de estator del motor síncrono.
d) Conecte un medidor de c.a (0 – 5 A c.a) en serie con la salida variable de la fuente de energía de c.a terminal 4 y la entrada del contacto NO M1.
e) Conecte un medidor de voltaje (0 – 220 V c.a) entre las salidas variables de la fuente de energía de c.a terminales 4 y 5.
f) Observe que la entrada del contacto NO D1 esta conectada a la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal 7, la salida del contacto NO D1 esta conectada a la entrada del interruptor S terminal 7, la entrada del contacto NO D2 esta conectada a la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal N, la salida del contacto NO D2 esta conectada a la entrada del reóstato del motor síncrono terminal 8.
g) Conecte un medidor de voltaje (0 – 120 V c.d) entre las salidas variables de la fuente de energía de c.d terminales 7 y N.
h) Encienda la fuente de energía.
i) Calibre el relevador de tiempo a 5 segundos de retraso de tiempo.
j) Ajuste la fuente variable en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
k) Ajuste el reóstato del motor síncrono a su máxima resistencia. (Dele toda la vuelta a la perilla de control en sentido contrario a las manecillas del reloj)
l) Asegúrese de que el interruptor S esté cerrado. (Posición alta)
m) Oprima el botón de arranque (BA) y describa lo que sucede. EL MOTOR ARRANCA, DESPUÉS DE HABER TRANCURRIDO LOS 5 SEGUNDOS DE RETRASO DE TIEMPO SE ALIMENTA LA ARMADURA CON CORRIENTE DIRECTA.
n) ¿La lámpara piloto enciende en el momento que la armadura recibe corriente directa? SI
o) Haga girar la perilla de control del reóstato para obtener la mínima corriente de estator. Cuando se obtenga la mínima corriente de estator observe y anote la posición de la perilla de control del reóstato. (en todos los procedimientos subsiguientes la perilla del reóstato debe de encontrarse en esta posición)
p) Oprima el botón de paro (BP).
q) apague la fuente de energía.

4.

a) Conecte el circuito de control de arranque de un generador en derivación con excitación independiente impulsado por un motor síncrono como se muestra en la figura 3.

Control de arranque de un generador de c.d impulsado por un motor síncrono

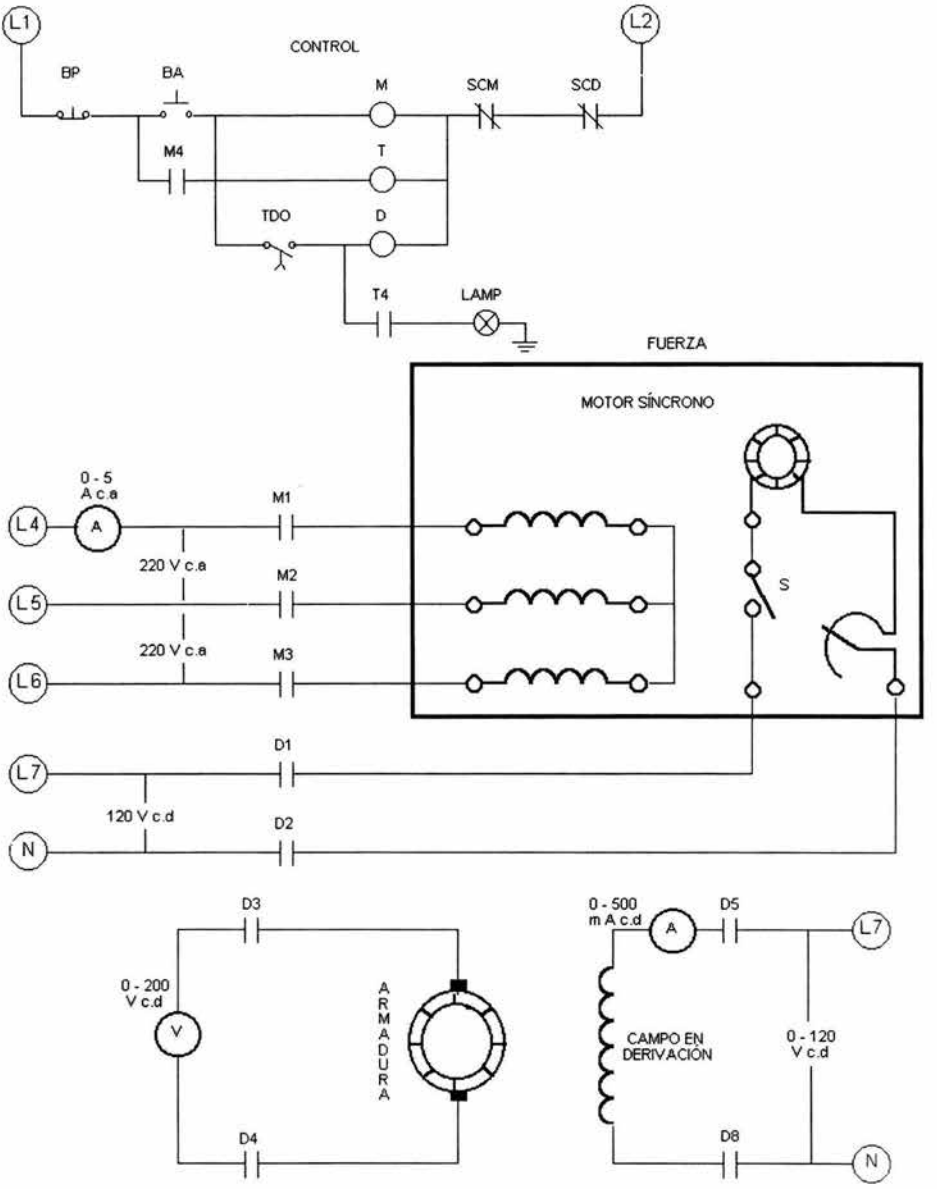


Figura 3

Elaboró: Barrita Rojas Víctor Manuel
Ponce Moreno Andrei

b) Observe que la entrada del contacto NO D3 esta conectada a la entrada del medidor de voltaje (0 – 200 V c.d) terminal positiva, la salida del contacto NO D3 esta conectada a la entrada de la escobilla del generador en derivación con excitación independiente terminal 1, la entrada del contacto NO D4 esta conectada a la entrada del medidor de voltaje (0 – 200 V c.d) terminal negativa, la salida del contacto NO D4 esta conectada a la escobilla del generador en derivación con excitación independiente terminal 2, la entrada del contacto NO D5 esta conectada a la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal 7, la salida del contacto NO D5 esta conectada a la entrada del devanado de campo en derivación del generador en derivación con excitación independiente terminal 5 la entrada del contacto NO D8 esta conectada a la salida variable de la fuente de energía de c.d terminal N, la salida del contacto NO D8 esta conectada a la entrada del devanado de campo en derivación del generador en derivación con excitación independiente terminal 6.
c) Conecte un medidor de c.d (0 – 500 mA c.d) en serie con la salida del contacto NO D5 y la entrada del devanado de campo en derivación terminal 5.
d) Conecte un medidor de voltaje (0 – 200 V c.d) entre las entradas de los contactos NO (D3 y D4).
e) Encienda la fuente de energía.
f) Calibre el relevador de tiempo a 5 segundos de retraso de tiempo.
g) Ajuste la fuente variable en su máxima posición, girando el reóstato en sentido de las manecillas del reloj.
h) Asegúrese de que el interruptor S esté cerrado. (Posición alta)
i) Oprima el botón de arranque (BA).
j) ¿El motor arranca como motor de jaula de ardilla? SI
k) Mida y anote la corriente de arranque del motor síncrono.

$$I_{Arranque} = \underline{\quad 2.35 \quad} \text{ A c.a}$$

l) Mida y anote la corriente nominal del motor síncrono.

$$I_{No\,min\,al} = \underline{\quad 1.26 \quad} \text{ A c.a}$$

m) ¿Después de transcurridos los 5 segundos de retraso de tiempo el motor trabaja como motor síncrono? SI
n) Mida y anote la corriente nominal cuando se haya estabilizado.

$$I_{No\,min\,al} = \underline{\quad 0.22 \quad} \text{ A c.a}$$

o) ¿El generador en derivación con excitación independiente empieza a generar corriente directa? SI
p) Mida y anote la corriente de campo del generador en derivación de corriente directa con excitación independiente.

I_F = 0.39 A c.d

q) ¿La lámpara piloto indica cuando el rotor recibe corriente directa? SI

r) Mida y anote la corriente de armadura del generador en derivación de corriente directa con excitación independiente.

E_A = 152 V c.d

s) Oprima el botón de paro (BP).

t) Apague la fuente de energía.

Repase sus conocimientos

1. ¿Qué función tiene el contacto de tiempo (TDO)? EL CONTACTO DE TIEMPO (TDO) SIRVE PARA ENERGIZAR LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA D, ES DECIR, EN EL MOMENTO QUE ESTE CONTACTO DE TIEMPO (TDO) SE CIERRA SE ENERGIZA LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA D.

u) ¿Para que sirve la bobina electromagnética D? LA BOBINA ELECTROMAGNÉTICA D SIRVE PARA CERRAR LOS CONTACTOS (NO) (D1, D2, D3, D4, D5 Y D8), QUE HACEN QUE EL GENERADOR DE C.D SE EXITE Y COMIENCE A GENERAR CORRIENTE DIRECTA.

v) ¿Qué función tienen los contactos NO (D1 y D2) en el momento que se cierran? CUANDO LOS CONTACTOS (NO) (D1 Y D2) SE CIERRAN HACEN QUE EL ROTOR DEL MOTOR SÍNCRONO RECIBA CORRIENTE DIRECTA.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

Este trabajo a demás de dejarnos una satisfacción muy especial que es la de obtener nuestro titulo universitario que nos acredita como ingenieros mecánicos electricistas, también nos deja un conocimiento general de los motores eléctricos y todo lo que se refiere a ellos.

Por otra parte compartir el conocimiento adquirido con las próximas generaciones de ingenieros al dejar plasmado dicho conocimiento.

A su vez nos permitió desarrollar las habilidades obtenidas durante la estancia en esta facultad y poder aplicar el conocimiento adquirido.

Además obtuvimos el mayor conocimiento, tanto teórico como práctico del funcionamiento de los dispositivos de control implementados en motores eléctricos (corriente alterna y corriente directa).

Esperamos que esta obra sea un buen material de apoyo para todos los estudiantes de maquinas eléctricas.

La finalidad con la que se genero la siguiente tesis será cumplida al obtener un mejor aprovechamiento de nuestros compañeros y facilitar la enseñanza .

APÉNDICE

A.I. EQUIVALENCIAS Y FÓRMULAS.

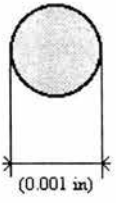
CIRCULAR MIL.- Es una sección de un conductor de área circular que tiene un diámetro de una milésima de pulgada (0.001in).

De acuerdo a normas se identifican por calibre; AWG (american wire gauge), los conductores utilizados en instalaciones eléctricas:

- Del número 20 al número 1.
- De 1/0 a 4/0

Para conductores con un área mayor se hace una designación que esta en función de su área en pulgadas, denominada **CIRCULAR MIL**, siendo así, como un conductor de 300 mcm corresponde a aquel cuya sección es 300,000 CM, donde:

$$1CM = \frac{1}{1000}in$$



$1mm^2 \cong 2000CM$

$$1in = 25.4mm$$

$$1CM = .0.0254m$$

$$1CM = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$1CM = \frac{3.141598(0.0254)^2}{4}$$

$$1CM = 5.067 \times 10^{-4} mm^2$$

$$1mm^2 = \frac{10^4}{5.067} = 1973CM$$

$$1mm^2 \cong 2000CM$$

CORRIENTE ALTERNA.

$$V = IR \qquad \textit{Ley de ohm.}$$
$$V = IZ$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \qquad \textit{Impedancia.}$$

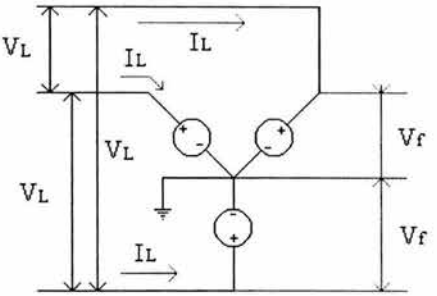
$$X_L = 2\pi f L \qquad \textit{Reactancia Inductiva.}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \qquad \textit{Reactancia Capacitiva.}$$

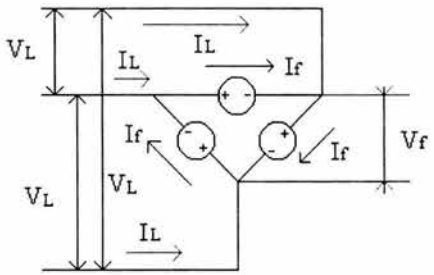
$$P = VI\cos\theta \qquad \textit{Potencia.}$$

SISTEMA TRIFÁSICO CONECTADO EN ESTRELLA.

$$V_L = \sqrt{3}V_f$$
$$I_L = I_f$$
$$P = \sqrt{3}V_L I_L fp$$
$$P_{3\phi} = 3V_L I_L$$
$$fp = \frac{P}{\sqrt{3}V_L I_L}$$

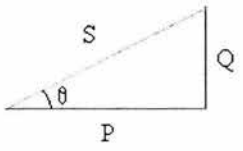


SISTEMA TRIFÁSICO CONECTADO EN DELTA.



$$V_L = V_f$$
$$I_L = \sqrt{3}I_f$$
$$P = \sqrt{3}V_L I_L fp$$
$$P_{3\phi} = 3V_L I_L$$
$$fp = \frac{P}{\sqrt{3}V_L I_L}$$

TRIANGULO DE POTENCIAS.



$S = V_L I_L \quad [KVA]$ *Potencia Aparente.*

$P = V_L I_L Cos\theta \quad [KW]$ *Potencia Real.*

$Q = V_L I_L Sen\theta \quad [KVAR]$ *Potencia Reactiva.*

$Cos\theta = fp$ *Factor de Potencia.*

$$fp = \frac{P}{S}$$

A.II. CAÍDA DE TENSIÓN EN CONDUCTORES.

Para él calculo de caída de tensión de los conductores alimentadores considérese la siguiente tabla.

AREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL PARA CONDUCTORES (AWG-MCM)

CALIBRE AWG-MCM	AREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL (mm^2)	CALIBRE AWG-MCM	AREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL (mm^2)
		1/0	53.48
18	0.8235	2/0	62.43
16	1.307	3/0	85.01
14	2.082	4/0	107.2
12	3.307	250	126.7
10	5.260	300	152.0
8	8.367	350	177.3
6	13.30	400	202.7
4	21.15	500	253.4
2	33.62	600	304.0
1	42.41	750	380.0
		1000	506

Tabla A.1.

A.III. CORRIENTE A PLENA CARGA EN MOTORES.

Para la obtención de corriente a plena carga de cualquier tipo de motor, considérense las siguiente tablas:

EQUIVALENCIA EN AMPERES DE MOTORES TRIFÁSICOS

MOTOR JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO (AMPERES)				MOTOR SÍNCRONO CON FACTOR DE POTENCIA UNITARIO (AMPERES)			
C.P.	220 V.	440.	2400 V.	C.P.	220 V.	440 V.	2400 V.
½	2.1	1.0					
¾	2.9	1.5					
1	3.8	1.9					
1 ½	5.4	2.7					
2	7.1	3.6					
3	10.0	5.0					
5	15.9	7.9					
7 ½	23.0	11.0					
10	29.0	15.0					
15	44.0	22.0					
20	56.0	28.0					
25	71.0	36.0		25	54	27	
30	84.0	42.0		30	65	33	
40	109.0	54.0		40	86	43	
50	136.0	68.0		50	108	54	
60	161.0	80.0	15.0	60	128	64	11
75	201.0	100.0	19.0	75	161	81	14
100	259.0	130.0	25	100	211	106	19
125	326.0	163.0	30	125	264	132	24
150	376.0	188.0	35			158	29
200	502.0	251.0	47			210	38

Tabla A.2.

CORRIENTE A PLENA CARGA EN AMPERES, DE MOTORES DE C.D.

CP	TENSION NOMINAL DE ARMADURA		
	120 V	240 V	500 V
¼	3.1	1.6	
1/3	4.1	2	
½	5.4	2.7	
¾	7.6	3.8	
1	9.5	4.7	
1 ½	13.2	6.6	
2	17	8.5	
3	25	12.2	
5	40	20	
7 ½	58	29	13.6
10	76	38	18
15		55	27
20		72	34
25		89	43
30		106	51
40		140	67
50		173	83
60		206	99
75		255	123
100		341	164
125		425	205
150		506	246
200		675	330

Los valores dados en esta tabla son para motores funcionando a velocidad normal.

TABLA A.3.

CORRIENTE A PLENA CARGA EN AMPERES DE MOTORES MONOFÁSICOS Y BIFÁSICOS

CP	127 V	220 V
1/6	4	2.3
¼	5.3	3
1/3	6.5	3.8
½	8.9	5.1
¾	11.5	7.2
1	14	8.4
1 ½	18	10
2	22	13
3	31	18
5	51	29
7 ½	72	42
10	91	52

TABLA A.4.

A.IV. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.

CUADROS DE FUERZA Y PROTECCIONES

CAPACIDAD DEL MOTOR EN HP	TENSIÓN VOLTS	INTERRUPTOR DE SEGURIDAD (A)	ELEMENTOS FUSIBLES DE EN (A)	ARRANCADOR		ELEMENTO TÉRMICO	
				MAN CLASE 2510	MAG CLASE 8536	MAN	MAG
¼	127	2*30	15	AG-2	BG-1	W-5.94	B-6.90
1/3	127	2*30	20	AG-2	BG-1	W-6.65	B-7.70
½	127	2*30	25	AG-2	BG-1	W-9.75	B-10.2
¾	127	2*30	30	AG-2	BG-1	W-13.0	B-15.5
1.0	127	2*60	40	AG-2	BG-1	W-15.0	B-19.5
¼	220	3*30	5	BG-2	BG-2	B-1.30	B-1.30
1/3	220	3*30	5	BG-2	BG-2	B-1.67	B-1.88
1/2	220	3*30	10	BG-2	BG-2	B-2.10	B-2.40
¾	220	3*30	10	BG-2	BG-2	B-3.00	B-3.30
1.0	220	3*30	15	BG-2	BG-2	B-4.15	B-4.15
11/2	220	3*30	15	BG-2	BG-2	B-5.50	B-6.90
2.0	220	3*30	20	BG-2	BG-2	B-6.90	B -7.70
3.0	220	3*30	30	CG-3	BG-2	B-10.2	B-12.8
5.0	220	3*60	50	CG-3	CG-3	B-17.5	B-19.5
71/2	220	3*60	60		CG-3		B-32.0
10	220	3*100	100		DG-1		B-36.0

TABLA A.5. CUADROS DE FUERZA Y PROTECCIONES, CONSIDERANDO DATOS SQUARE D Y PROTECCIÓN CON INTERRUPTORES DE SEGURIDAD.

CAPACIDAD HP	TENSIÓN VOLTS	INTERRUPTOR TERMOMAG. (A)	ELEMENTOS FUSIBLES DE EN (A)	ARRANCADOR		ELEMENTO TÉRMICO	
				MAN CLASE 2510	MAG CLASE 8536	MAN	MAG
¼	127	1*15	15	AG-2	BG-1	W-5.94	B-6.90
1/3	127	1*15	20	AG-2	BG-1	W-6.65	B-7.70
½	127	1*20	25	AG-2	BG-1	W-9.75	B-10.2
1/3	127	1*20	30	AG-2	BG-1	W-13.0	B-15.5
1.0	127	1*30	40	AG-2	BG-1	W-15.0	B-19.5
¼	220	3*15	5	BG-2	BG-2	B-1.30	B-1.30
1/3	220	3*15	5	BG-2	BG-2	B-1.67	B-1.88
1/2	220	3*15	10	BG-2	BG-2	B-2.10	B-2.40
3/4	220	3*15	10	BG-2	BG-2	B-3.00	B-3.30
1.0	220	3*15	15	BG-2	BG-2	B-4.15	B-4.15
11/2	220	3*15	15	BG-2	BG-2	B-5.50	B-6.90
2.0	220	3*15	20	BG-2	BG-2	B-6.90	B -7.70
3.0	220	3*20	30	CG-3	BG-2	B-10.2	B-12.8
5.0	220	3*30	50	CG-3	CG-3	B-17.5	B-19.5
71/2	220	3*50	60		CG-3		B-32.0
10	220	3*100	100		DG-1		B-36.0

TABLA A.6. CUADROS DE FUERZA Y PROTECCIONES, CONSIDERANDO DATOS SQUARE D Y PROTECCIÓN CON INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS.

Interruptores termomagnéticos
tipos ED2,QJ2, CQD, ED4, ED6, FXD6, JXD6, LXD6, LMXD6, NXD6

Tabla de selección

Marco /	Corriente nominal In A	Rango de disparo instantáneo mínimo	máximo	Interruptor tipo completo	No. Catálogo	Peso Aprox. Kg
ED2 3 polos 240 V.c.a.	15 20 30 40 50 60 70 100			ED23B015 ED23B020 ED23B030 ED23B040 ED23B050 ED23B060 ED23B070 ED23B100	3000 4481 3000 4482 3000 4483 3000 4484 3000 4485 3000 4486 3000 4487 3000 4488	1,72
QJ2 3 polos 240 V.c.a.	70 100 150 200 225			QJ23B070 QJ23B100 QJ23B150 QJ23B200 QJ23B225	4000 1346 4000 1347 4000 1348 4001 5363 4000 1350	2,0
CQD 3 polos 220/440 V.c.a.	15 20 30 40 50 70 100			CQD315 CQD320 CQD330 CQD340 CQD350 CQD370 CQD3100	4000 1429 4000 1430 4000 1431 4000 1432 4000 1433 4000 1434 4000 1435	1,0
ED4 3 polos 240/480Vc.a	15 20 30 40 50 70 100 125			ED43B015 ED43B020 ED43B030 ED43B040 ED43B050 ED43B070 ED43B100 ED43B125	3001 0892 3001 0893 3001 0894 3001 0895 3001 0896 3001 0897 3001 0898 3001 0899	
ED6 3 polos 600 V.c.a 500 V.c.c	15 20 30 40 50 70 100 125			ED63B015 ED63B020 ED63B030 ED63B040 ED63B050 ED63B070 ED63B100 ED63B125	3000 4489 3000 4490 3000 4491 3000 4492 3000 4493 3000 4494 3000 4495 3000 4496	1,72
FXD6 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.c.	150 175 200 225 250	800 900 900 1 100 1 100	1 500 2 000 2 000 2 500 2 500	FXD63B150 FXD63B175 FXD63B200 FXD63B225 FXD63B250	4000 1536 4000 1594 4000 1595 4000 1596 4000 1597	4,55
JXD6 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.c.	300 400	1 250 2 000	2 500 4 000	JXD63B300 JXD63B400	4000 1598 4000 1599	8,85
LXD6 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.c.	500 600	3 000 3 000	6 000 6 000	LXD63B500 LXD63B600	4000 1600 4000 1601	8,85
LMXD6 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.c.	700 800	4 000 4 000	8 000 8 000	LMXD63B700 LMXD63B800	4000 1351 4000 1352	27,90
NXD6 3 polos 600 V.c.a. 600 V.c.a.	1 000 1 200	5 000 5 000	10 000 * 10 000 *	ND63B100 ND63B120	4000 1339 4000 1340	27,90

Datos Técnicos

Marco tamaño / tipo		ED2	QJ2	CQ2	ED4	ED6	FXD6	JXD6	LXD6	LMXD6	NDe
Max. corriente nominal (In max) a 40°C 60 Hz		100	225	100		125	250	400	600	800	1200
Capacidad interruptiva UL	240V	10 000A	10 000A	65 000A		65 000A	65 000A	65 000A	65 000A	65 000A	65 000A
Amperes Simétricos RMS	480V			14 000A		25 000A	35 000A	35 000A	35 000A	50 000A	50 000A
	600V					18 000A	18 000A	25 000A	25 000A	25 000A	25 000A

NOTA: La operación automática de todos los interruptores arriba indicados, se realiza por medio de los dispositivos térmicos y magnéticos, localizados en cada polo y poseen características de disparo con retardo de tiempo inverso y disparo instantáneo para la protección de circuitos. Los interruptores han sido calibrados para llevar al 100% de su corriente nominal y a una temperatura ambiente de 40°C. El disparo magnético instantáneo, se ajusta en forma fácil y accesible mediante un dado en el interruptor para los marcos con corriente nominal de 250 A y mayores.

* Sin ensamblar

Elaboro: Barrita Rojas Victor Manuel
Ponce Moreno Andrei

Interruptores Termomagnéticos 5SX1

Tabla de selección

Interruptores termomagnéticos para montaje en Riel DIN 10KA a 240/120 c.a. Operación máx. 440V. 60Hz.







Interruptor tipo	Modelo	Corriente nominal de servicio A	No. de Catálogo	No. de piezas por empaque	Peso aprox. Kg
1 polo	102-7	2	40002643	1	0,140
	104-7	4	40002644	1	0,140
	106-7	6	40002645	1	0,140
	110-7	10	40002646	1	0,140
	116-7	16	40002647	1	0,140
	120-7	20	40002928	1	0,140
	125-7	25	40002929	1	0,140
	132-7	32	40002930	1	0,140
	140-7	40	40002931	1	0,140
2 polos	202-7	2	40002932	1	0,280
	204-7	4	40002933	1	0,280
	206-7	6	40002934	1	0,280
	210-7	10	40002935	1	0,280
	216-7	16	40002936	1	0,280
	220-7	20	40002937	1	0,280
	225-7	25	40002938	1	0,280
	232-7	32	40002939	1	0,280
	240-7	40	40002940	1	0,280
3 polos	302-7	2	40002941	1	0,420
	304-7	4	40002942	1	0,420
	306-7	6	40002943	1	0,420
	310-7	10	40002944	1	0,420
	316-7	16	40002945	1	0,420
	320-7	20	40002946	1	0,420
	325-7	25	40002947	1	0,420
	332-7	32	40002948	1	0,420
	340-7	40	40002949	1	0,420

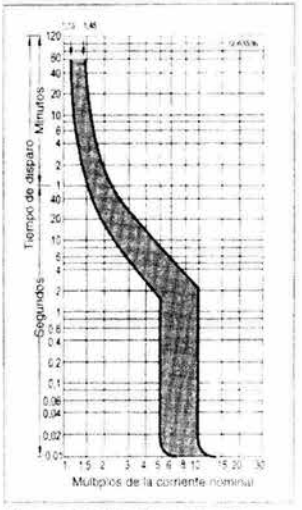
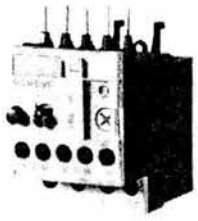
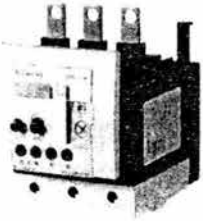


Tabla característica de disparo "C"

Relés de sobrecarga térmicos 3R11

Tabla de selección

Relevadores bimetalicos	Tamaño	Tipo	Ajuste A	Numero de catalogo	Peso kg
	S00	3RU1116 - 0JB0	0,7 - 1,0	40015144	0,12
		3RU1116 - 1AB0	1,1 - 1,6	40015145	0,12
		3RU1116 - 1BB0	1,4 - 2,0	40016874	
		3RU1116 - 1CB0	1,8 - 2,5	40015146	0,12
		3RU1116 - 1DB0	2,2 - 3,2	40016875	
		3RU1116 - 1EB0	2,8 - 4,0	40015161	0,12
		3RU1116 - 1FB0	3,5 - 5	40016884	
		3RU1116 - 1GB0	4,5 - 6,3	40015162	0,12
		3RU1116 - 1HB0	5,5 - 8	40016885	
		3RU1116 - 1JB0	7 - 10	40015820	0,12
	S0	3RU1126 - 1CB0	1,8 - 2,5	40015164	0,16
		3RU1126 - 1EB0	2,8 - 4,0	40015165	0,16
		3RU1126 - 1FB0	3,5 - 5	40016892	
		3RU1126 - 1GB0	4,5 - 6,3	40015169	0,16
		3RU1126 - 1HB0	5,5 - 8	40016893	
		3RU1126 - 1JB0	7 - 10	40015190	0,16
		3RU1126 - 1KB0	9 - 12,5	40016886	
		3RU1126 - 4AB0	11 - 16	40015191	0,16
	S2	3RU1136 - 1HB0	5,5 - 8,0	40015821	0,3
		3RU1136 - 1JB0	7 - 10	40015195	0,3
		3RU1136 - 4AB0	11 - 16	40015192	0,3
		3RU1136 - 4DB0	18 - 25	40015193	0,3
		3RU1136 - 4EB0	22 - 32	40016887	
		3RU1136 - 4FB0	28 - 40	40015194	0,3
		3RU1136 - 4GB0	36 - 45	40017416	
		3RU1136 - 4HB0	40 - 50	40016914	
	S3	3RU1146 - 4FB0	28 - 40	40015196	0,5
		3RU1146 - 4JB0	45 - 63	40015197	0,5
		3RU1146 - 4KB0	57 - 75	40015198	0,5
		3RU1146 - 4LB0	70 - 90	40016888	

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.

- **Maquinas Eléctricas y Transformadores**
  Irvíng L. Kosow
  Pearson Educación
  Segunda edición

- **Maquinas Motrices, Generadores de Energía Eléctrica**
  D. José Ramírez Vázquez
  Ceac
  Segunda edición

- **Control de Motores Eléctricos**
  Teoría y aplicaciones
  Walter N. Alerich
  Diana
  1982

- **El Arte y la Ciencia de la Protección por Relevadores**
  C. Russel Masson
  Continental
  1971

- **Control de Maquinas Eléctricas**
  Irving L. Kosow
  Continental
  1996

- **Maquinas de Corriente Alterna**
  Michael Liwschitz Gank
  Continental
  1977

- **Maquinas de Corriente Continua**
  Michael Liwschitz Gank
  Continental
  1977

- **Instalaciones Eléctricas**
  Teoría y prácticas

Lbbetson
Continental
1980

- **Motores Eléctricos (variación de velocidad)**
  J. Roldán Viloria
  Paraninfo
  1977

- **Motores Eléctricos Industriales y Dispositivos de Control**
  F. T. bartha
  Urmo
  1983

- **WWW.simens.com.**

- **WWW.schneider.com.**