

Práctica no. 1

“Arrancador a plena tensión e inversión de un MIJA”

- Objetivos:** Construir un arrancador magnético trifásico.
Construir un arrancador de reversa trifásico con cierre doble de combinación: mecánica y eléctrica.
Construir un arrancador de reversa instantánea.

Introducción

Existen básicamente dos tipos de controladores de motores para funcionamiento a voltaje total: manuales y magnéticos. Para arrancar el motor sólo se necesita suministrar energía de ca a sus terminales; para detenerlo basta con interrumpir la energía de ca y permitir que el motor reduzca gradualmente su velocidad. En consecuencia lo único que se requiere es un conjunto de contactos en el circuito del motor, la manera de abrirlos y cerrarlos es simplemente un interruptor operado manualmente. Un componente adicional que forma parte de cualquier arrancador es el que se encarga de proteger al motor contra sobrecarga. Una unidad de protección contra sobrecorriente 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 al motor de la línea.

Si se requiere control remoto o desde estaciones múltiples se necesita un controlador magnético. En este caso, se tiene un conjunto de contactos en las líneas de alimentación 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. Cuando se energiza la 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 circuito.

Todo controlador de motores debe realizar cuatro funciones básicas:

1. Proporcionar la manera de arrancar y parar el motor.
2. Proteger contra corto circuitos.
3. Proporcionar la manera de desconectar todo el circuito de rama del motor de su línea de alimentación.
4. Proteger contra sobrecargas del motor.

Cuando se requiere invertir la dirección de rotación de un motor de inducción jaula de ardilla trifásico, lo que se debe hacer es intercambiar dos cualesquiera de los tres cables de energía. Para una inversión rápida se puede bloquear el motor conectándolo para girar en dirección opuesta a la que se encuentra girando. La corriente durante el bloqueo es ligeramente más alta que la corriente de arranque. El bloqueo puede ser inadecuado en máquinas grandes o con carga acoplada considerable ya que puede provocar un esfuerzo demasiado grande en la máquina o en el proceso; es por esto que el motor debe detenerse por algún medio antes de llevar a cabo la inversión del giro.

El circuito mostrado en la Figura 1.2 controla la inversión de giro de un motor de inducción trifásico, el cual debe estar protegido contra cualquier daño que pueda presentarse al operar el motor en ambos sentidos. El circuito controlador incluye dos tipos de cierre de combinación: eléctrico y mecánico. El cierre de combinación mecánico es un acoplamiento mecánico entre las bobinas del circuito de control (R y D), el cual impide que las dos bobinas cierren sus contactos simultáneamente. El cierre de combinación eléctrico está formado por dos elementos: el cierre de combinación por botones (que impide que ambas bobinas se energicen al mismo tiempo) y los contactos auxiliares normalmente cerrados de las bobinas R y D que se colocan en serie con las bobinas opuestas. En términos generales el cierre de combinación, mecánico o eléctrico, es una protección que impide que se produzca un cortocircuito al momento de invertir el sentido de giro en el motor.

Instrumental y equipo:

- Módulo de control electromagnético

- Máquina de inducción jaula de ardilla (3 ϕ)
- Electrodinamómetro
- Banda de sincronización
- Módulo medidor de ca
- Cables de conexión

Actividades:

1. Arme el circuito mostrado en la Figura 1.1 y pruébelo en vacío, observe las corrientes durante y después del arranque.

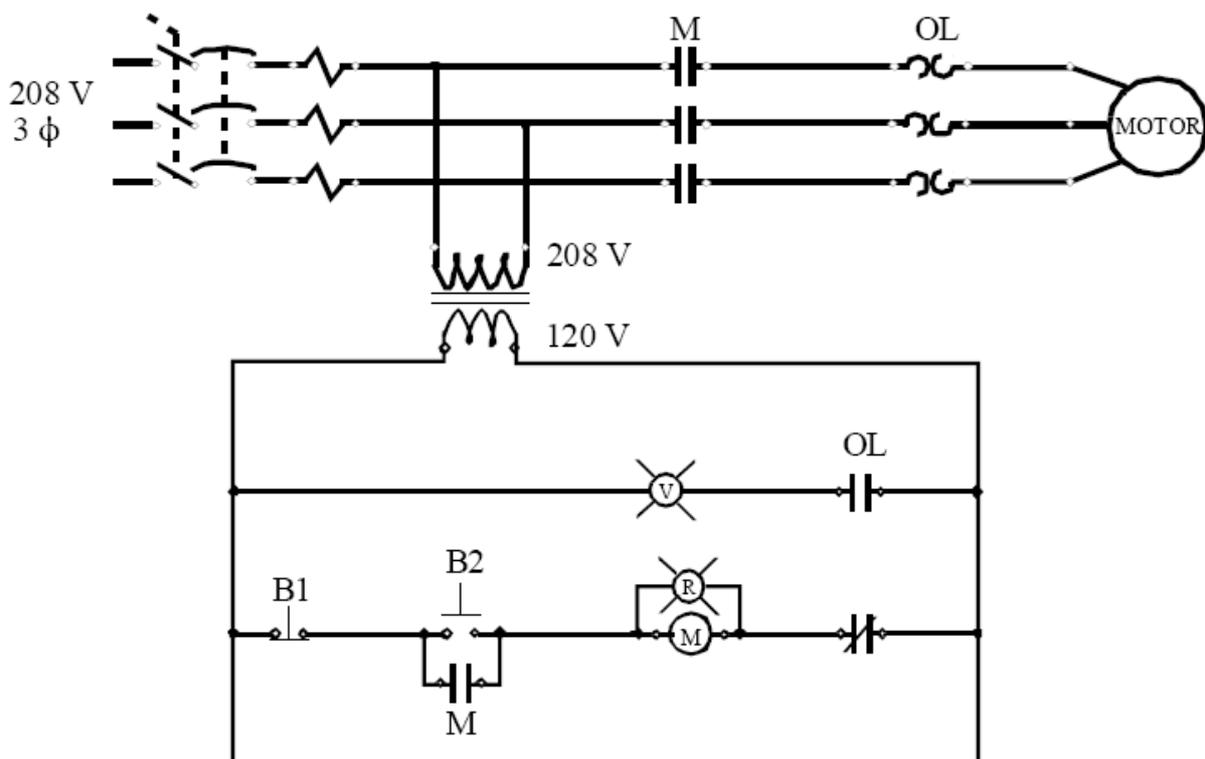


Figura 1.1 Arranque a plena tensión de un motor trifásico

2. Acople el electrodinamómetro al motor y aplique una carga 1.25 veces sus condiciones nominales. Observe las corrientes.

- ¿Cómo funciona la protección de sobrecarga del circuito cuando se le aplica una carga mínima y una carga máxima, utilizando el electrodinamómetro?
- Arme el circuito mostrado en la Figura 1.2 y pruébelo sin acoplar carga.

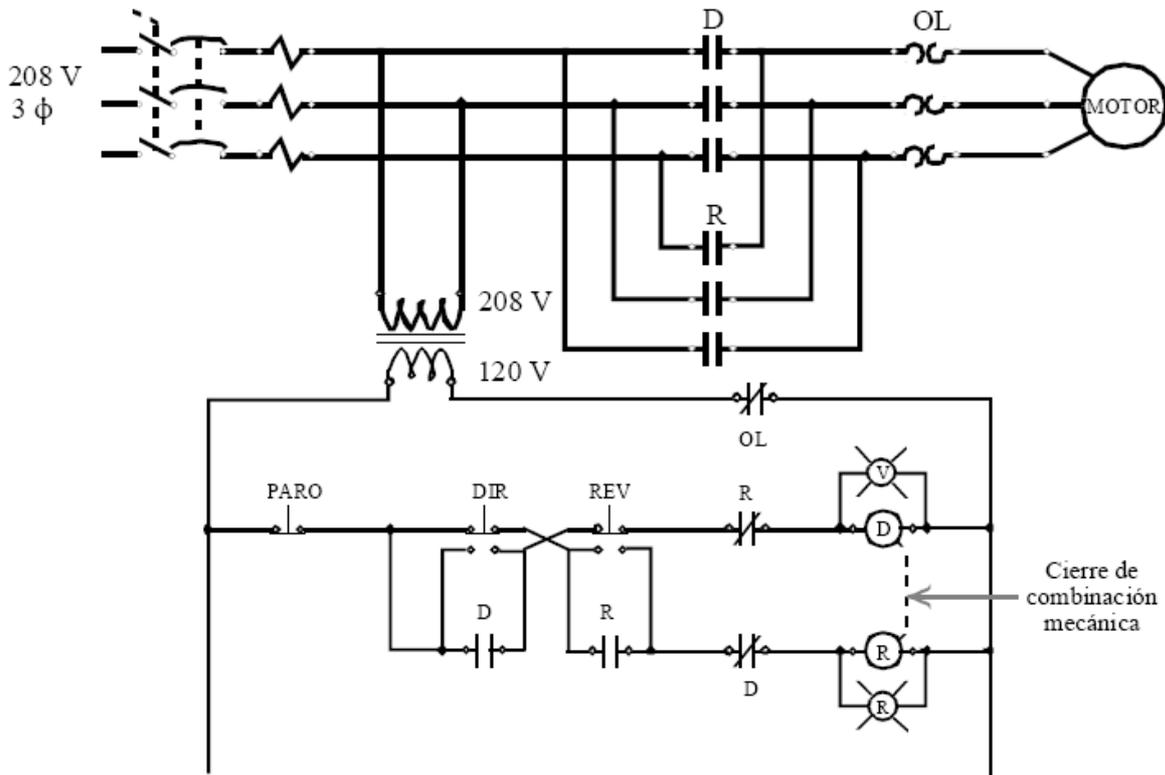


Figura 1.2 Circuito de control directa-reversa

- Pruebe el funcionamiento de los tres botones, accionando varios de ellos a la vez y observe que sucede.

Preguntas:

- ♣ ¿Que sucede si se quita el contactor M que se encuentra conectado en paralelo con el botón de arranque, en la Figura 1.1?
- ♣ En la Figura 1.1, ¿qué pasa si en lugar de conectar el foco rojo en paralelo con la bobina M, se conecta en serie con la misma?
- ♣ En el circuito de control directa-reversa, ¿qué sucede si se oprimen al mismo tiempo ambos botones, es decir, el botón de directa y el botón de reversa?

- ♣ ¿Se puede invertir el sentido de giro de un motor sin antes detenerlo?
- ♣ ¿Qué sucede si se retira el cierre de combinación mecánica en el circuito de control directa-reversa?
- ♣ ¿Cuál es la función que tiene el transformador en los circuitos analizados?
- ♣ ¿Qué sucedería si la protección de sobrecarga, en cualquier arrancador de motores, no funcionara?

Práctica no. 2

“Arrancador por resistencias primarias de un MIJA”

- Objetivos:** Observar las ventajas del arranque a voltaje reducido.
Aprender el principio del arranque desbalanceado de un motor trifásico.
Construir un arrancador de voltaje reducido utilizando resistencias primarias y construir un arrancador desbalanceado trifásico.
Observar las características de funcionamiento de un motor trifásico cuando se vuelve monofásico.

Introducción

Cualquier motor de inducción jaula de ardilla se puede arrancar aplicando voltaje completo a sus terminales. Sin embargo, dependiendo de la aplicación, puede ser deseable reducir la torsión de arranque, la corriente de arranque o ambas. Para reducir el esfuerzo en la máquina movida puede ser necesario reducir la torsión de arranque, como sucede en algunas aplicaciones de maquinaria textil. Para impedir una caída excesiva en el voltaje de la línea de energía, puede ser necesario reducir la corriente de arranque. En un sistema de energía de bajo voltaje o en líneas alimentadoras largas, el arranque de un motor grande puede reducir el voltaje de línea hasta el punto en que se dificulte el funcionamiento de otros motores, luces o dispositivos en el mismo circuito.

La corriente y torsión de arranque se pueden reducir limitando el voltaje aplicado a las terminales del estator del motor. Un cambio en el voltaje aplicado a las terminales del estator produce un cambio proporcional en el flujo y corriente del rotor. Puesto que la torsión del motor es proporcional al producto del flujo por la corriente del rotor, la torsión es proporcional al cuadrado del voltaje aplicado al estator.

La resistencia primaria del arranque de la Figura 2.1 es una manera de reducir la corriente de arranque. La caída de voltaje en la resistencia, debida a la corriente del motor, reduce el voltaje en las terminales del mismo.

Para determinar el voltaje deseado en el arranque del motor, se debe conocer la corriente de arranque (o de rotor bloqueado) y el factor de potencia. La caída través de la resistencia primaria debe restarse vectorialmente del voltaje de línea para determinar el voltaje que aparece en las terminales del motor. Conforme aumenta la velocidad del motor, la corriente del estator disminuye y con ella la caída de voltaje a través de las resistencias de arranque primarias. El voltaje en las terminales del motor aumenta hasta que se desarrolla la velocidad máxima

Por otro lado, volver monofásico a un motor es un caso especial de desbalanceo del voltaje aplicado a las terminales del mismo. Normalmente, tener una sola fase no es una acción deliberada de control, sino que ocurre accidentalmente al interrumpir el flujo de potencia a través de una fase al motor. Esta pérdida de una fase puede deberse a que se queme un fusible, se dispare un solo ruptor de circuito de línea o a que se interrumpa una de las líneas de energía.

Cuando se interrumpe una fase de la fuente trifásica, el voltaje de línea aparece a través de dos terminales del estator y el motor funciona como si estuviera conectado a un sistema monofásico.

La máxima torsión que se puede esperar en funcionamiento con una sola fase está entre un medio y dos tercios de la torsión de ruptura que se obtiene durante el funcionamiento trifásico. La máxima torsión de un motor durante el funcionamiento monofásico es un poco mayor que la torsión normal a carga total. En consecuencia, si el motor queda con una sola fase mientras está funcionando, continúa trabajando y soportando la carga normal.

Un motor trifásico con una sola fase no desarrolla torsión de arranque, por lo que si se conecta un motor trifásico a una línea monofásica mientras esta detenido, no arranca. Si se descarga un motor y se convierte en monofásico mientras acelera, tiende a continuar acelerando hasta alcanzar su velocidad de operación total.

Insertando un resistencia en serie con una de las líneas de energía, como se muestra en la Figura 2.2, el funcionamiento del motor cae en algún punto entre el funcionamiento trifásico y monofásico. Dependiendo del valor de la resistencia el motor puede desarrollar torsión de arranque, acelerar y trabajar a su torsión especificada a carga total.

Instrumental y equipo:

- Módulo de control electromagnético
- Máquina de inducción jaula de ardilla (3 ϕ)
- Máquina de corriente directa
- Electrodinamómetro
- Banda de sincronización.
- Módulo medidor de ca (2.5/8 A)
- Módulo medidor de ca (208 V 3 fases)
- Cables de conexión
- Volante de inercia

Actividades:

1. Arme el circuito mostrado en la Figura 2.1 y pruébelo en vacío (sin acoplar carga alguna); observe el comportamiento de las corrientes y voltajes durante y después del arranque.
2. Observe y compare el comportamiento de los voltajes y corrientes con la carga que proporciona el generador de cd y el volante de inercia, en el circuito de la Figura 2.1
3. Cambie las resistencias primarias de 10 Ω por 100 Ω y observe cómo se comporta el arrancador de la Figura 2.1.

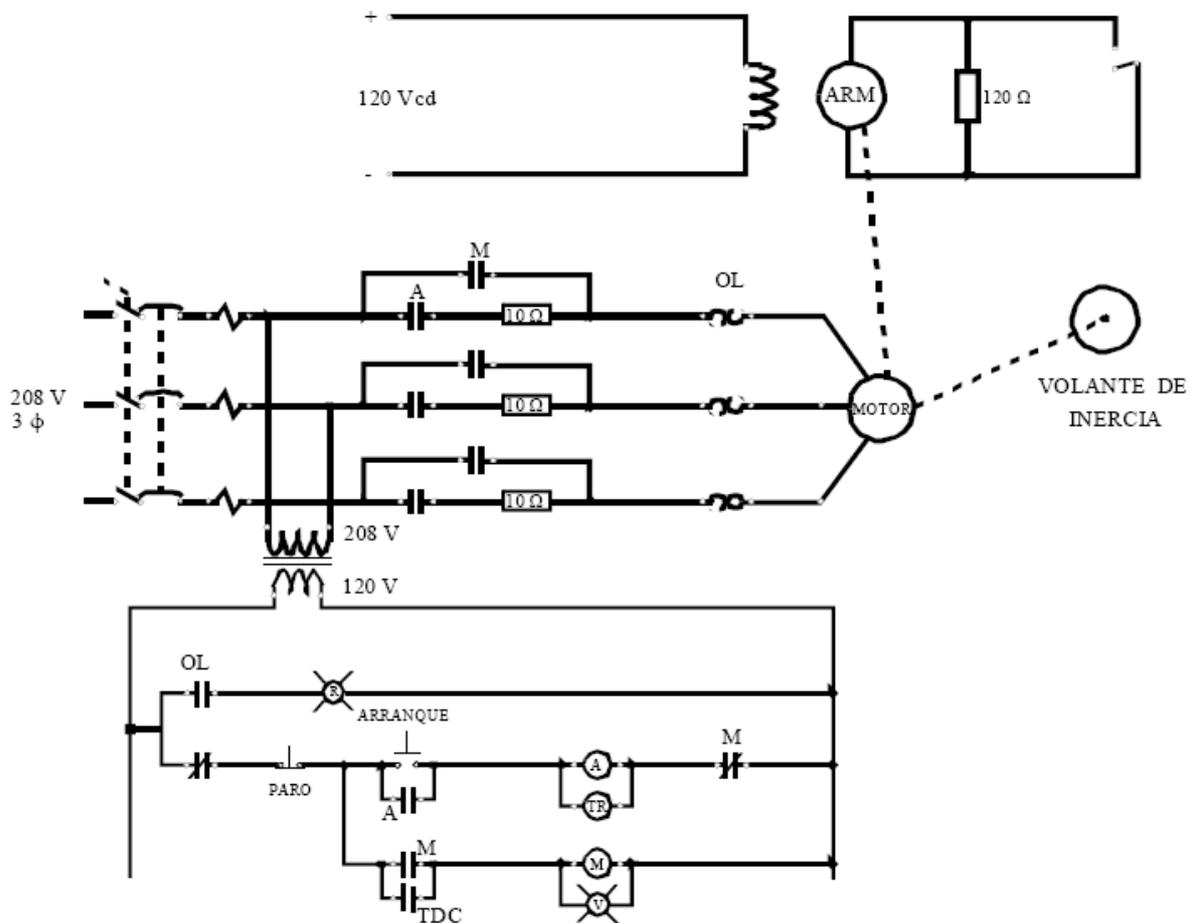


Figura 2.1 Arrancador por resistencia primaria de un motor de inducción trifásico

4. Conecte el circuito de la Figura 2.2, usando diferentes valores para la resistencia R. No acople carga alguna. Observe las corrientes y el funcionamiento del arrancador.
5. Acople el volante de inercia (carga pasiva) al circuito de la Figura 2.2 y observe que sucede.
6. Desacople el volante de inercia del circuito de la Figura 2.2 y conecte eléctricamente el electrodinamómetro para tener una carga activa. Ajústelo al valor máximo. Para diferentes valores de resistencia utilice retrasos de tiempo de 0 y 10 segundos y observe los valores de torsión del motor

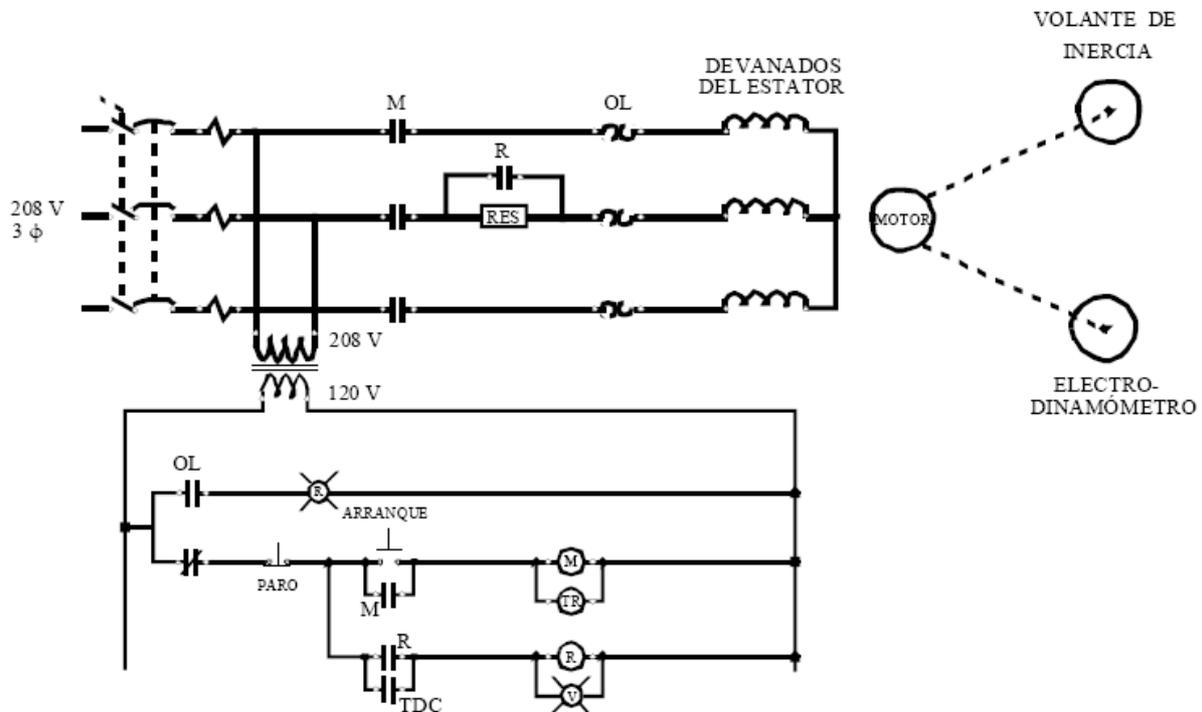


Figura 2.2 Arranque desbalanceado del motor de inducción trifásico

Preguntas:

- ♣ ¿Cómo se comporta la corriente durante el periodo de arranque en un arranque por resistencias primarias?
- ♣ En la Figura 2.1, ¿Qué sucedería si se utiliza un periodo de arranque extremadamente prolongado?
- ♣ ¿Las resistencias de 10Ω para limitar la corriente en el arranque por resistencias primarias, nos permiten arrancar cualquier tipo de carga?
- ♣ Al desbalancear una línea trifásica insertando resistencias, ¿qué le sucede a las corrientes en las dos líneas restantes?
- ♣ ¿Qué le sucede a los voltajes del estator del motor de inducción trifásico al desbalancear una de las líneas trifásicas?
- ♣ ¿Qué sucedería si utilizamos una resistencia de valor muy grande en la etapa de arranque del motor?

Práctica no. 3

“Arrancador estrella-delta de un MIJA”

- Objetivos:**
- Aprender el principio del arranque Y-Delta.
 - Construir un arrancador Y-Delta.
 - Comparar las características de funcionamiento del arrancador en Y-Delta contra los arrancadores con resistencia primaria y autotransformador.

Introducción

Otro método de reducir la corriente de arranque y la torsión de arranque es mediante el arranque Y-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 lo tanto, si se conecta el devanado en Y por medios externos al arrancar, se reducirá el voltaje de fase a $EL/\sqrt{3}$, es decir a 58% del voltaje de línea. Este es otro método de arranque a tensión reducida que se puede emplear cuando se sacan ambos extremos de cada devanado del estator y se hacen disponibles para la conmutación.

La corriente y torsión de arranque se reducen considerablemente con este método de Y-Delta de aceleración del motor. El motor desarrolla 33% de corriente de corriente de arranque normal de la línea.

Instrumental y equipo:

- Módulo de control electromagnético
- Máquina de inducción jaula de ardilla (3 ϕ)
- Módulo de electrodinamómetro

- Banda de sincronización
- Módulo medidor de ca (2.5/8 A)
- Módulo medidor de ca (208 V 3 fases)
- Cables de conexión
- Volante de inercia

Actividades:

1. Arme el circuito mostrado en la Figura 3.1 y explique su funcionamiento.
2. Pruébalo en vacío y posteriormente con carga a 1.5 de su valor nominal. Observe las corrientes y voltajes.

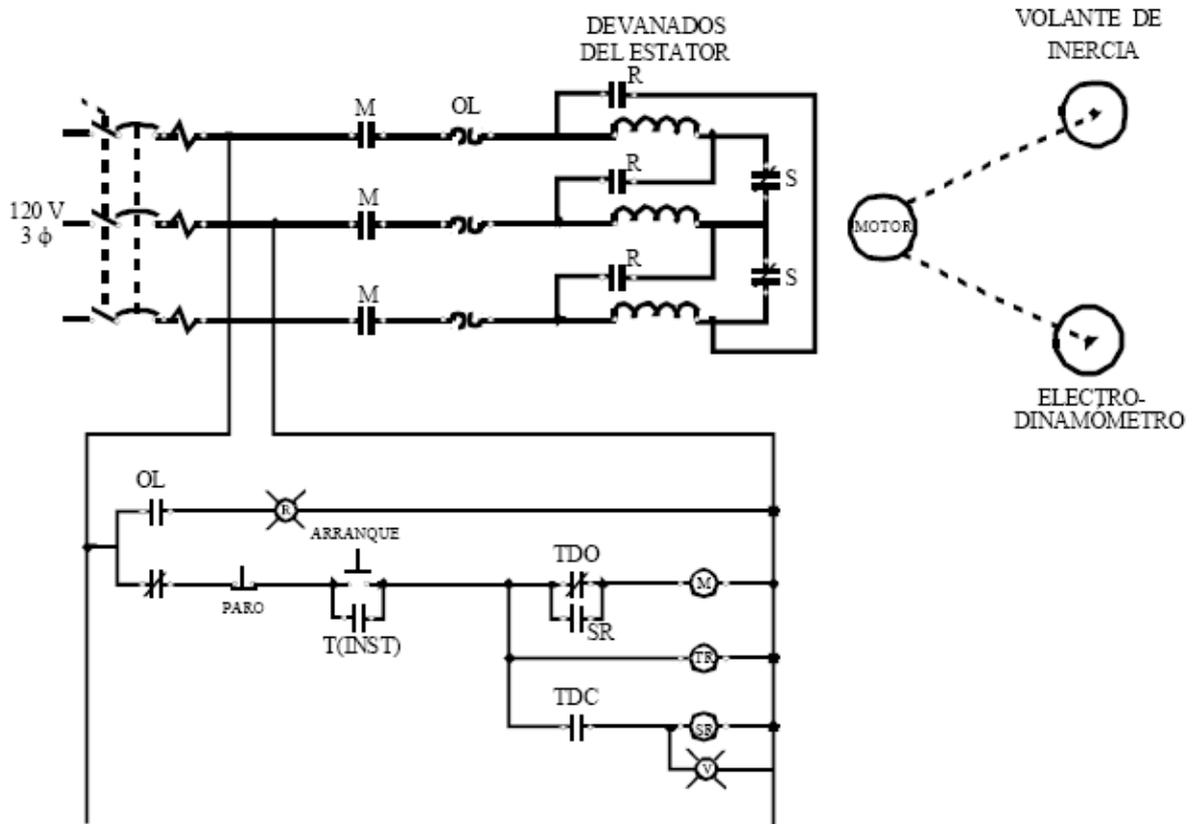


Figura 3.1 Arrancador Y-Delta para el motor de inducción trifásico

Preguntas:

- ♣ Diga si en algún momento el motor queda desconectado de la línea de energía.
- ♣ Explique cuales son las ventajas y desventajas respecto a los arrancadores por resistencias y por autotransformadores.
- ♣ Explique porque se debe reducir el voltaje trifásico de entrada de 208V a 120V.
- ♣ ¿Qué característica especial debe tener el motor jaula de ardilla para que se pueda arrancar usando el método Y-Delta?
- ♣ Explique porqué este arrancador Y-Delta no tiene una transición suave del funcionamiento a voltaje reducido a funcionamiento a voltaje total.

Práctica no. 4

“Arrancador de un motor de CD por TD y FCEM ”

- Objetivos:**
- Aprender el principio de operación del arrancador por FCEM.
 - Construir un arrancador de motor de cd por FCEM.
 - Agregar frenado dinámico al arrancador magnético.
 - Aprender el principio del arranque en tiempo definido de un motor de cd.
 - Construir un arrancador de motor de cd por tiempo definido.
 - Construir un controlador de motor de tiempo definido que incorpore frenado dinámico y magnético.

Introducción

El control automático de la aceleración abarca los medios de controlar el cierre de los contactores de aceleración de la secuencia debida, después de haber cerrado el contactor de línea. Hay muchos tipos de arrancadores automáticos para los motores de cd, aunque se puede clasificar a todos bajo dos métodos generales de aceleración: la aceleración de límite e corriente y la aceleración de tiempo definido. En la primera se hace que funcione un conjunto de relevadores detectores de la corriente para cambiar los valores de la corriente de armadura conforme acelera el motor. A su vez, los relevadores funcionan para suministrar energía a los contactores conforme cortan (ponen en cortocircuito) sucesivamente a un número igual de resistencias.

Con el control por límite de corriente, la carga determina la rapidez a la que le motor llega a su velocidad total, en tanto que con el control de tiempo definido la sincronización prefijada de los relevadores acelera al motor a una rapidez independiente de las condiciones de carga. Un arrancador por límite e corriente lleva un motor cargado ligeramente hasta su velocidad de operación con mayor rapidez que un motor cargado fuertemente, lo que constituye una ventaja sobre el arrancador de tiempo definido.

La aceleración de tiempo definido (o límite de tiempo) es un método de arranque que permite poner en cortocircuito 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 cd es inversamente proporcional al flujo magnético, se puede aumentar la velocidad de un motor de devanado en paralelo, lo que se hace conectando una resistencia en serie con el campo en paralelo. Con frecuencia se usan reóstatos de control de velocidad para este propósito. Cuando se arranca un motor de velocidad ajustable, se prefija el reóstato y el motor acelera a su velocidad de carga total, la que se determina por el ajuste del reóstato. Sin embargo, la torsión de arranque que se puede obtener con el campo debilitado solo es una fracción de la torsión de arranque que se puede obtener con el campo total. Para obtener torsión total de arranque se debe disponer de corriente de campo total cuando se arranca el motor.

Instrumental y equipo:

- Módulo de control electromagnético
- Máquina de inducción jaula de ardilla (3 ϕ)
- Módulo de motor/generador de cd
- Banda de sincronización
- Cables de conexión
- Volante de inercia
- Freno electromagnético

Actividades:

1. Arme el circuito mostrado en la Figura 4.1 y pruébelo en vacío.
2. Agregue carga pasiva. Observe los cambios en el comportamiento del arrancador.

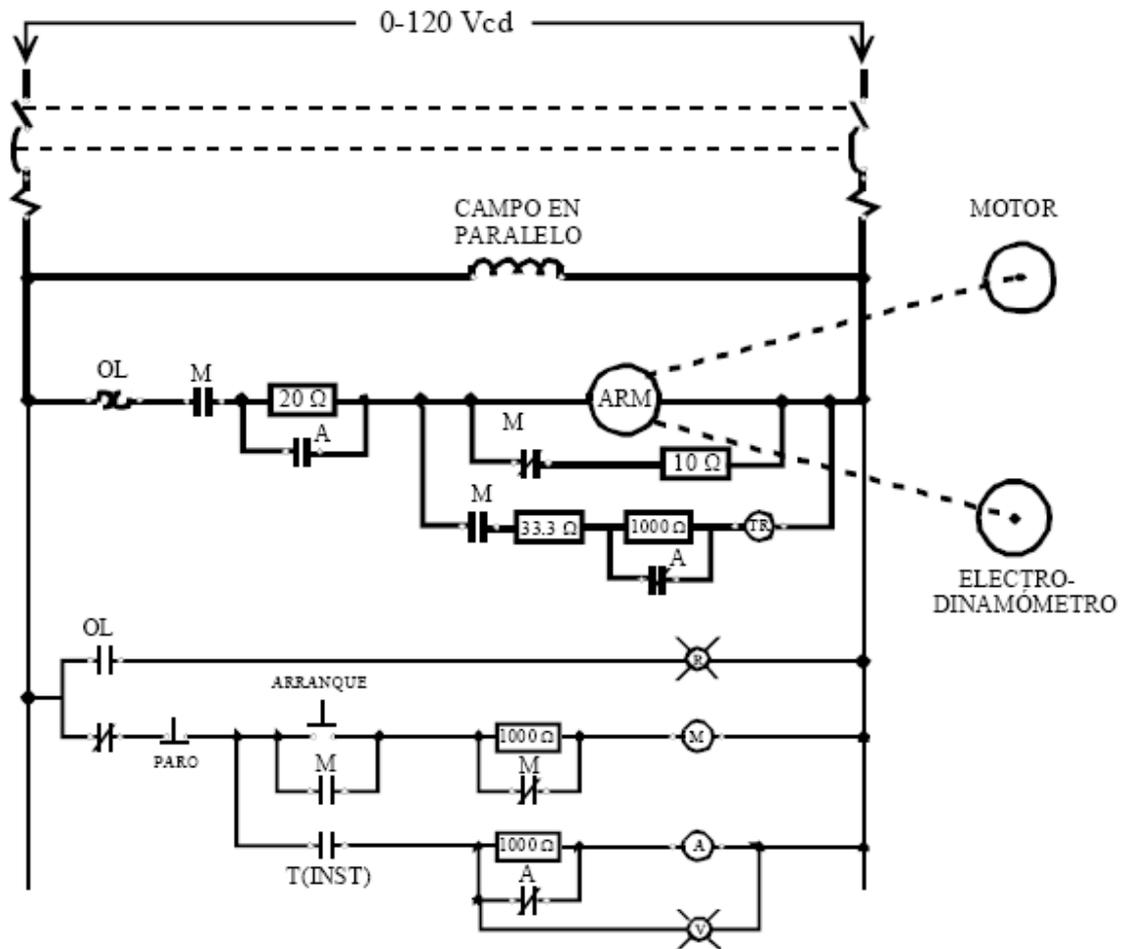


Figura 4.1 Arrancador por FCEM de un motor de cd

3. Arme el circuito mostrado en la Figura 4.2 y pruébelo en vacío.
4. Compare el comportamiento del circuito cuando se le agrega carga.

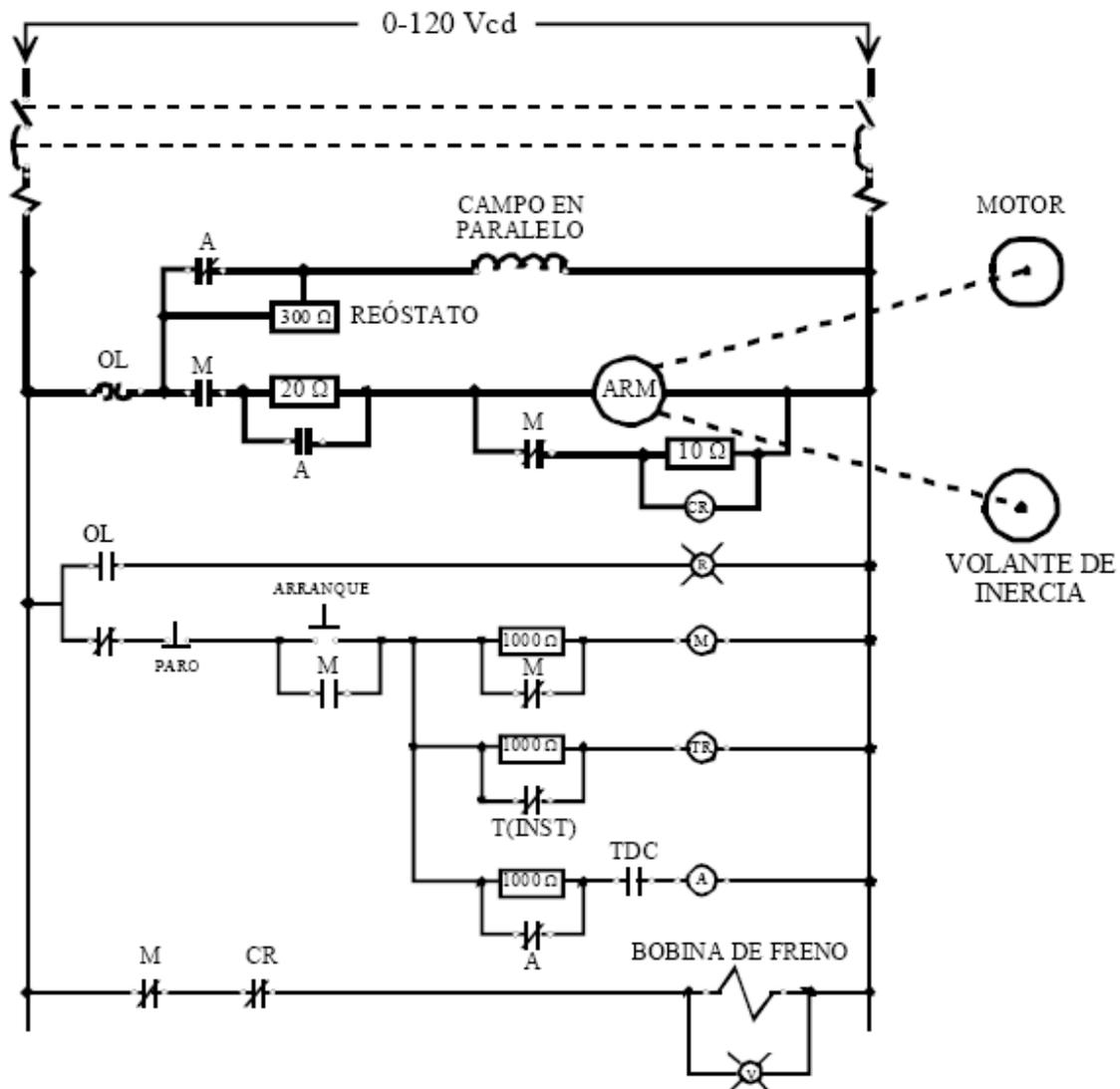


Figura 4.2 Arrancador de tiempo definido para motor de cd

Preguntas:

- ♣ Indique cuál es la función de las resistencias de 1000Ω .
- ♣ ¿Porqué se llama arrancador de motor por FCEM?
- ♣ ¿Cuál es la función que realizan las resistencias de 33.3Ω y la bobina TR?
- ♣ ¿Este arrancador se podría clasificar como de lazo abierto o lazo cerrado?. Explicar.

- ♣ ¿Cómo funciona el frenado dinámico y que pasaría si la resistencia de 10Ω se cambia por otra de valor más pequeño?
- ♣ ¿Cuál es el principio de operación de la aceleración de tiempo definido?
- ♣ ¿Cuáles son las ventajas de utilizar el arranque de tiempo definido en comparación con el arranque de FCEM?
- ♣ Explique la función que realiza la resistencia de 20Ω y el reóstato de 300Ω
- ♣ Explique cuál es la función de la bobina CR.

Práctica no. 5

“Parámetros y puertos de un PLC”

Objetivos: Familiarizarse con el PLC.
Hacer uso adecuado de las entradas y salidas
Observar los voltajes que deben usarse para el PLC (control) y para la etapa de potencia .

Introducción

Las entradas deben ser alimentadas con voltaje de cd de 24 V. Puede ser usada la misma fuente con que se energiza el PLC. Los voltajes que presentan las salidas del PLC dependen de la fuente de voltaje que se desee usar. Se recomienda usar una fuente de 127 V de ca para energizar las salidas y con estas salidas controlar las bobinas de los relevadores electromagnéticos. No se recomienda usar las salidas directamente para controlar un motor.

El estado de cada una de las entradas puede ser en un nivel alto “1” o un nivel bajo “0” y se muestran sobre el PLC con LED’s de color verde. Las salidas tienen capacidad de almacenamiento, esto es, después de ser activadas permanecen en ese estado hasta que se vuelvan a desactivar. También se indican por medio de LED’s de color ámbar.

Instrumental y equipo:

- Módulo de control electromagnético con PLC
- Dos motores de inducción jaula de ardilla
- Cables de conexión

Actividades:

1. Realizar el diagrama de escalera de acuerdo a las siguientes instrucciones:
 - a) Se activará la salida 1 con la entrada 1 y se activará la salida 2 con las entradas 1 y 2 simultáneamente.
 - b) Se desactivará la salida 1 con la entrada 3 y se desactivará la salida 2 con las entradas 3 y 4 simultáneamente.
2. Hacer el programa en lista de mnemónicos e introducirlo al PLC.
3. Probar el programa sin armar la parte de potencia.
4. Agregue la parte de potencia y el circuito de control mostrado en la Figura 5.1

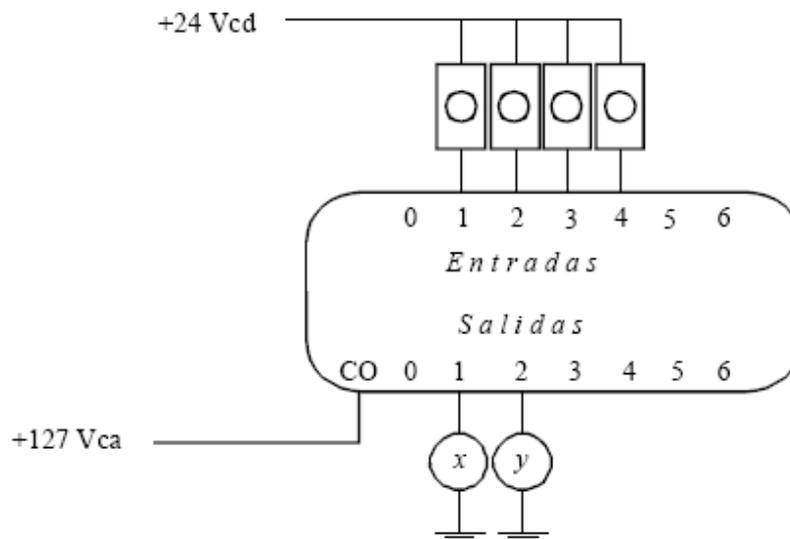


Figura 5.1 Conexión de las entradas y salidas del PLC

Preguntas:

- ♣ ¿Qué ventajas y desventajas hay entre el control por medio del PLC y por otra parte usando elementos de control electromagnético?
- ♣ ¿Qué sucedería si accionamos los dos botones de arranque y los dos botones de paro simultáneamente?

Práctica no. 6

“Arrancador de un MIJA por resistencias primarias mediante un PLC”

Objetivos: Realizar el control de dos motores con la ayuda del PLC.
Utilizar los elementos de sobrecorriente como sensores.

Introducción

La intención de esta práctica es simular una situación de emergencia durante la operación de un motor de inducción. Por un lado, se tendrá el motor de inducción acoplado a un electrodinamómetro, el cual será utilizado para cargar al motor de inducción de tal manera que se activen las protecciones de sobrecorriente. Para indicarle al PLC el momento en que se presente una falla se utilizarán los contactores de los relevadores de sobrecorriente, puesto que estos cambiarán de estado cuando exista una sobrecorriente. Por supuesto esta señal será alimentada al PLC a través de una de sus entradas.

Por otro lado y como consecuencia de la señal de falla, el PLC arrancará otro motor que en este caso será un motor de CD, el cual permanecerá funcionando hasta que la falla haya sido liberada, es decir, hasta que el relevador de sobrecarga se restablezca.

Instrumental y equipo:

- Módulo de control electromagnético con PLC
- Módulo de motor/generador de CD
- Máquina de inducción
- Electrodinamómetro
- Módulo de amperímetros de CA
- Banda de sincronización
- Cables de conexión

Actividades:

1. Realizar el diagrama de escalera de acuerdo a las siguientes instrucciones:
 - a) Arrancar el motor de inducción con una etapa de aceleración a base de resistencias con una duración de 4 segundos.
 - b) El motor de inducción debe permanecer encendido a menos que las protecciones de sobrecorriente se activen en cuyo caso se debe detener el motor hasta que las protecciones se restablezcan.
 - c) Cuando el motor de inducción se detenga debido a una falla, debe entrar en operación el motor de CD en conexión shunt y permanecer encendido hasta que se restablezcan las protecciones de sobrecorriente.
2. Usar un botón de arranque y otro de paro.
3. Codificar el diagrama e introducirlo al PLC. Comprobar el funcionamiento del programa de control sin armar el circuito de potencia.
4. Hacer las conexiones propias del motor de inducción, el motor de CD y del electrodinamómetro. Determine también el número de bobinas a ser utilizadas para energizar los motores.

Práctica no. 7

“Arrancador de un motor de CD mediante PLC”

Objetivos: Llevar a cabo el cambio de rotación en el motor de cd.
Utilizar el frenado dinámico para detener la máquina de cd.
Proporcionar una etapa de aceleración que permita disminuir la corriente en el arranque.

Introducción

Como ya es sabido, es posible cambiar el sentido de rotación del motor de cd cambiando la polariza de la armadura o la polaridad del campo, pero no ambas. Debido a que el campo es un circuito altamente inductivo, es recomendable cambiar la rotación mediante el cambio de polaridad de la armadura. En esta práctica se armará un circuito para cambiar la rotación de un motor shunt.

A diferencia con las prácticas en donde se usaron bobinas de retardo de tiempo para llevar a cabo el control del motor, ahora se usarán los temporizadores que poseen los PLC FESTO y SQUARE D para obtener estos retardos. Adicionalmente, usando los contadores del PLC se tiene el control del número de eventos.

Instrumental y equipo:

- Módulo de control electromagnético con PLC
- Módulo de motor/generador de cd
- Cables de conexión

Actividades:

1. Realizar el diagrama de escalera de acuerdo a las siguientes instrucciones:
 - a) Esperar 5 segundos y arrancar el motor de manera que gire en el sentido de las manecillas del reloj durante 10 segundos.
 - b) Detener el motor por 10 segundos y arrancarlo nuevamente pero ahora en sentido contrario y por solo 5 segundos.
 - c) La etapa de aceleración en ambos sentidos del giro debe durar 3 segundos.
 - d) Utilizar un solo botón para arrancar y detener al motor.
2. Repetir el evento de cambio de giro y paro del motor 5 veces.
3. En caso de que se use el botón de paro antes de que se terminen las 5 repeticiones del evento, entonces encender un foco rojo. Si se termina normalmente el proceso entonces encender un foco verde.
4. Comprobar el funcionamiento del programa de control sin armar el circuito de potencia.
5. Hacer las conexiones propias del motor shunt con freno dinámico y una etapa de aceleración y probar su funcionamiento.

Preguntas:

- ♣ ¿Qué desventajas o inconvenientes encuentra al arrancador propuesto?
- ♣ ¿Qué modificaciones se podrían adicionar para mejorar al arrancador?

Práctica no. 8

“Arrancador de un MIJA mediante un inversor 3 ϕ de manera local”

Objetivos: Conocer el funcionamiento del inversor de frecuencia.
Realizar el control de velocidad del motor de inducción trifásico mediante el inversor de forma local.

Introducción

Una de las necesidades más frecuentes de la industria es el control de la velocidad de un motor de corriente alterna. Para realizar ese control normalmente se recurre a variar la frecuencia de la tensión con que se alimenta el motor . Puesto que la energía eléctrica disponible en la red es fija, necesitamos disponer de un sistema electrónico que nos permita realizar la conversión de la energía eléctrica de la red a frecuencia variable y además que realice el control de esta frecuencia de manera que nos permita regular la velocidad del motor según las necesidades del proceso.

Un inversor de frecuencia, es una unidad electrónica para control de velocidad de motores de CA. El inversor de frecuencia controla la velocidad del motor convirtiendo los valores fijos de voltaje y frecuencia de la línea de CA (Ej. 127 V/60 Hz), a valores variables. El inversor de frecuencia hace esto rectificando el voltaje de corriente alterna a voltaje de CD y convirtiendo este a un voltaje de CA con amplitud y frecuencia variable.

La alimentación de voltaje y frecuencia variable hace posible control de velocidad infinita de motores asíncronos trifásicos. En la actualidad el motor de CA controlado por un inversor de frecuencia es una parte natural de todas las plantas automatizadas. Aparte de utilizar los aspectos favorables del motor de CA, el control de velocidad da al usuario una multitud de ventajas adicionales, entre las que destacan las siguientes:

- Ahorro de Energía
- Procesos mejorados
- Calidad Mejorada
- Menos Mantenimiento

La Figura 8.1 muestra el esquema a bloques del circuito de potencia de un variador de velocidad.

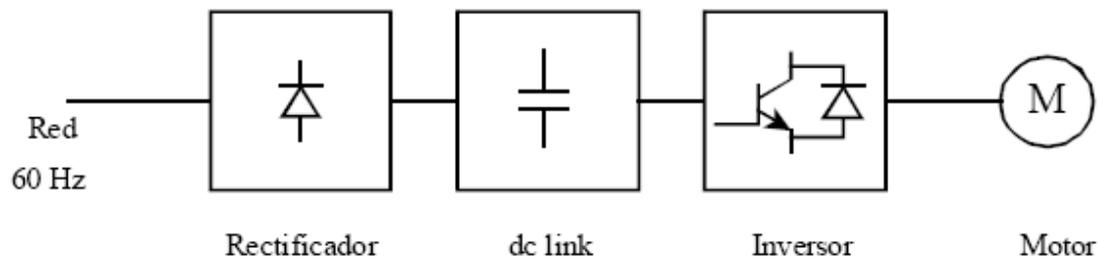


Figura 8.1 Diagrama de bloques de un variador de velocidad

La alimentación se obtiene a partir de la tensión de red, alterna trifásica o monofásica de 60 Hz, obteniendo una etapa de intermedia de tensión continua, denominada “dc link”, por medio del conjunto formado por un rectificador y filtro. Después se coloca el inversor entre la “dc link” y el motor, como se muestra en la Figura 8.1

Otra aplicación donde se utiliza el inversor, es en fuentes de alimentación ininterrumpidas. En este caso se requiere que a partir de energía continua, previamente almacenadas en baterías, se obtenga corriente alterna de frecuencia fija para la alimentación de centros de consumo, donde no se puede permitir una pérdida de suministro (quirófanos, unidades de cuidados intensivos, etc.).

Operación del inversor.

La frecuencia se controla y se programa vía el panel de control mostrado en la Figura 8.2.

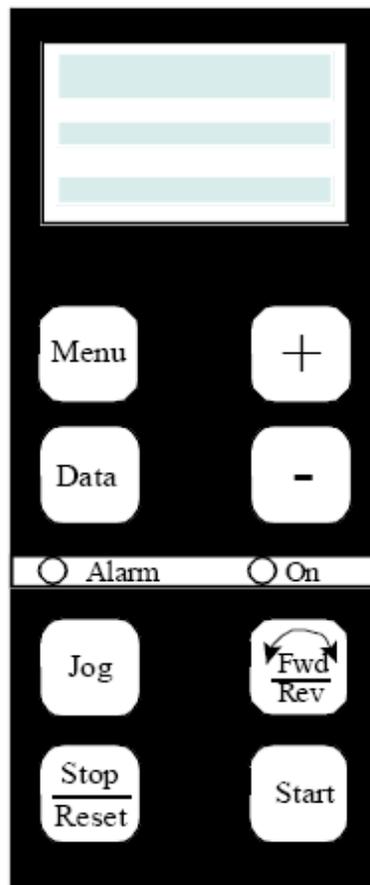


Figura 8.2 Menú frontal del inversor

El panel de control consiste de:

- Un display, que permite la interfase con el inversor,
- Push Buttons, los cuales pueden tener una o varias funciones,
- Dos Led's
 - o Luz verde: Muestra que esta encendido,
 - o Luz roja: Indica alarma.

El display.

Si hay luz en el display, indica que el inversor de frecuencia esta conectado a la fuente de voltaje. El display tiene tres líneas como se indica en la Figura 8.3, que indican:

- Línea A. El texto escrito en letras mayúsculas es mostrado permanentemente también mientras se esta programando el inversor de frecuencia.
- Línea B. Establece los parámetro y la dirección de rotación del motor.
- Línea C. Indica los valores de los parámetros y el menú actual.

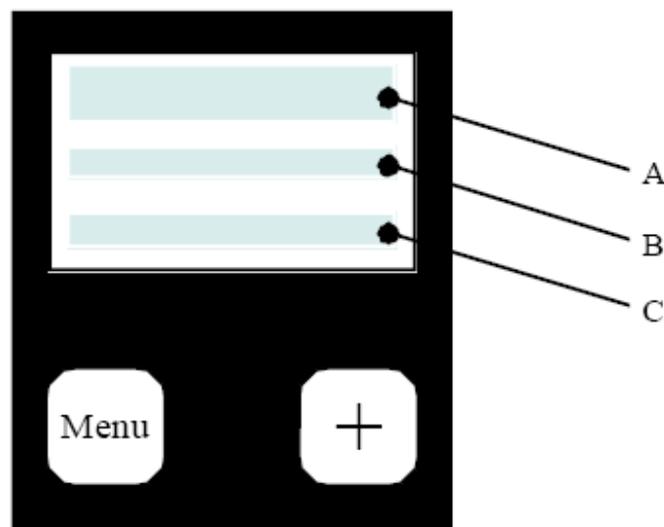


Figura 8.3 El display del inversor

El teclado.

El teclado del inversor, consiste de varios push-buttons, los cuales se muestran en la figura 8.4. La función de cada uno de ellos será discutida en la sesión teórica.

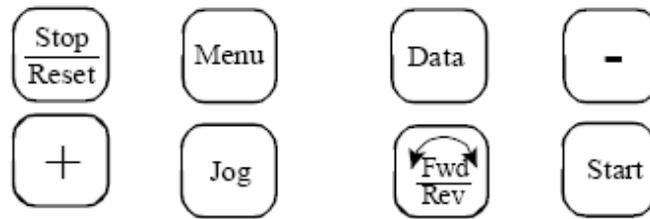


Figura 8.4 El teclado del inversor

Las terminales del inversor

En la Figura 8.5 se muestran las terminales del inversor, las cuales serán discutidas en la sesión teórica.

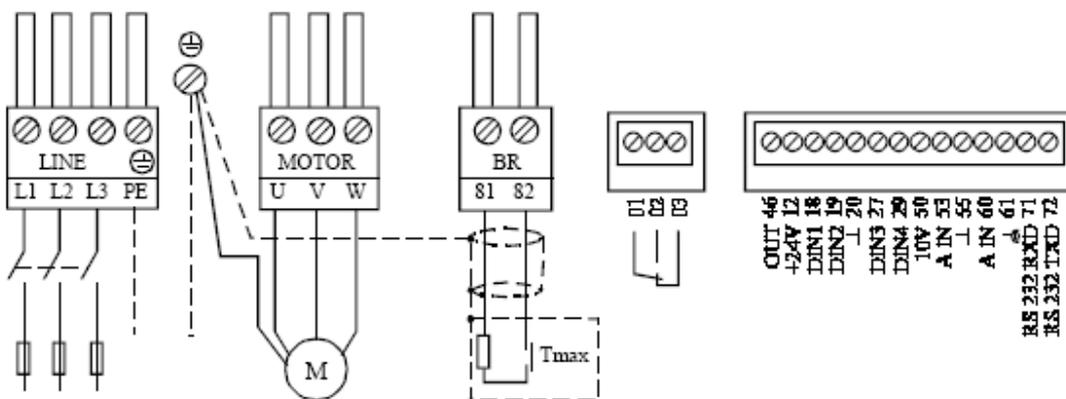


Figura 8.5 El terminales del inversor

Instrumental y equipo:

- o Inversor de frecuencia trifásico
- o Máquina de inducción Jaula de Ardilla

Actividades:

1. Arrancar un motor de inducción vía panel de control y pruebe los diferentes comandos.

Práctica no. 9

“Control de un motor de inducción mediante un inversor 3 ϕ de manera remota, usando en PLC.”

Objetivos: Realizar el control de la velocidad de un motor de inducción trifásico mediante el inversor de forma remota.
Utilizar el PLC para controlar el funcionamiento del inversor de frecuencia.

Introducción

El inversor de frecuencia es un dispositivo de uso común en procesos donde se requiere controlar la velocidad de un motor de corriente alterna. Las ventajas de utilizar este dispositivo son entre otras las siguientes:

- Ahorro de energía. La posibilidad de ajustar la velocidad de manera precisa dependiendo de las necesidades del procesos, permite reducir el consumo de energía en los intervalos en que el motor no requiera ser operado a plena tensión y condiciones nominales.
- Mejora en los procesos. El uso de estos dispositivos hace más eficientes los procesos en donde se le da aplicación; como consecuencia, un aumento en la producción y ahorro de materiales.
- Mejoramiento del uso de las máquinas. El número de arranque y paros a los que es sometido un motos se reducen. Esto evita someter a las máquinas a desgastes innecesarios.
- Mantenimiento. Los convertidores de frecuencia no requieren mayor mantenimiento y su vida útil es prolongada.

Esta práctica pretende llevar a cabo el control del arranque y paro del inversor por medio del PLC. Así mismo, se implementará con la ayuda de este las tres etapas de aceleración para el motor de inducción y se controlará la inversión de giro del motor.

Instrumental y equipo:

- Módulo de control electromagnético con PLC
- Inversor de frecuencia trifásico
- Máquina de inducción Jaula de Ardilla
- Cables de conexión

Actividades:

El programa en el PLC debe cumplir con el diagrama de estados que se ilustra en la Figura 9.1.

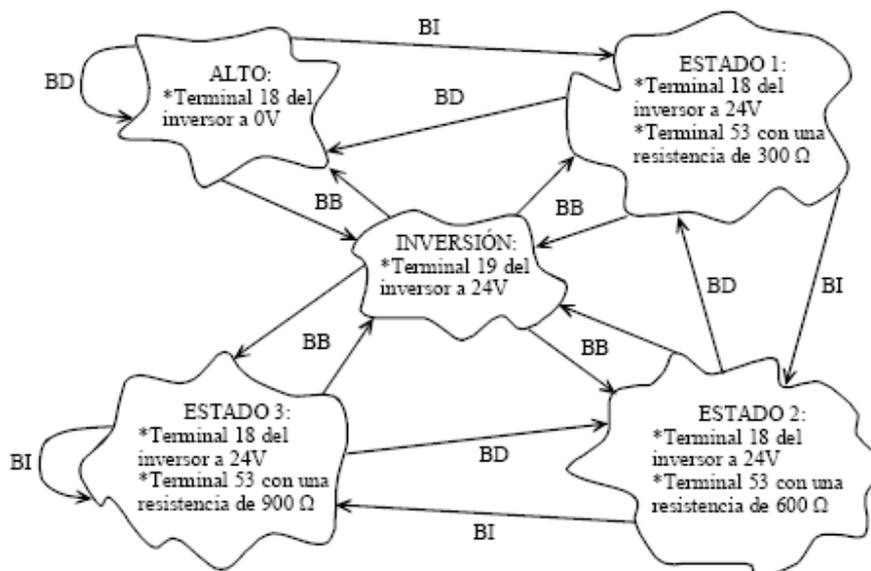


Figura 9.1 Diagrama de estado del control de velocidad por pasos de un motor de inducción

donde:

- BI Botón para incrementar la velocidad cada vez que se oprima
- BD Botón para decrementar la velocidad cada vez que se oprima
- BB Botón para invertir el giro del motor cada vez que se oprima

- Terminal 18 Controla el estado de inicio y paro del inversor
- Terminal 19 Invierte el giro del motor al aplicar +24V a esta terminal
- Terminal 53 Esta terminal está en combinación con la 50 y 51 se utilizan para controlar de manera externa la velocidad

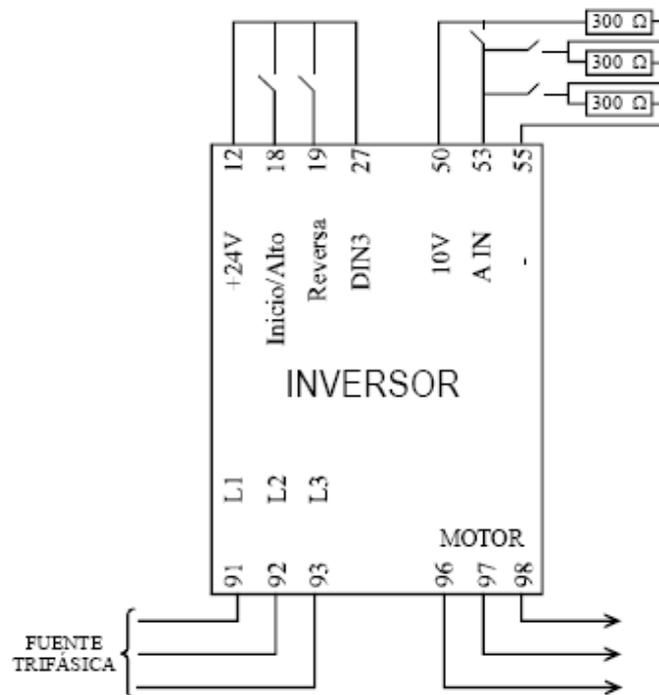


Figura 9.2 Diagrama de conexión del inversor

La Figura 9.2 muestra las conexiones necesarias para operar el inversor de frecuencia con la opción de cambio del sentido de giro de la máquina incorporando un control externo de tres pasos para la aceleración de dicha máquina de inducción.

Práctica no. 10

“Control de un motor CD. Mediante un puente rectificador controlado completamente y frenado regenerativo”

- Objetivos:** Conocer el funcionamiento de un tipo de manejador de CD, también conocidos como propulsores.
- Realizar el control de velocidad de un motor de CD mediante un propulsor con convertidor de media honda monofásico usando un SCR como elemento de control de rectificación.
- Conocer el efecto de utilización de inductores y capacitares para mejorar el funcionamiento del manejador de CD.
- Observar los beneficios de utilizar un sistema de control retroalimentado para mejorar el funcionamiento de la máquina.

Introducción

Es posible controlar la velocidad de un motor de CD, desde cero hasta el máximo, haciendo variar el voltaje de armadura en tanto que se mantenga constante el voltaje de campo en derivación.

Muchos controladores para motores en derivación de CD están provistos de rectificadores al silicio (SCR) que se utilizan para hacer variar la potencia aplicada al motor. EL SCR es un dispositivo semiconductor cuya función es dejar pasar la corriente en un solo sentido (rectificación) al recibir una señal de excitación o disparo en un electrodo de control denominado compuerta. Una vez en estado de conducción, el SCR sigue conduciendo mientras haya voltaje o hasta que se invierta la polaridad del voltaje aplicado.

Cuando se utiliza un SCR para rectificar corrientes alternas, el instante durante el medio ciclo positivo de la corriente de entrada en el que se vuelve conductor el rectificador, se puede ajustar mediante la aplicación de una señal o excitación de la compuerta. Al final del medio ciclo positivo, el SCR deja de conducir debido a la inversión de la polaridad del voltaje.

Si se controla el instante en que se aplica la excitación o señal de disparo con respecto al cero correspondiente al inicio del medio ciclo positivo de la corriente alterna, se puede hacer variar la potencia transmitida a través del SCR. Esto se conoce con el nombre de control de fase.

Aunque existen varios tipos de controladores electrónicos de velocidad para motores en derivación de CD, todos tienen en común una característica: convierten la corriente alterna en corriente pulsante unidireccional utilizando la rectificación de media onda o de onda completa. Estas corrientes difieren mucho de la corriente directa de valor constante. La magnitud de la desviación de una corriente unidireccional pulsante y no filtrada en relación a la corriente directa de valor constante, se denomina factor de forma. La corriente directa de valor constante tiene un factor de forma igual a uno. Para mejorar el factor de forma se pueden utilizar filtros tipo capacitor o inductor-capacitor.

Por otra parte, el factor de forma de la corriente directa suministrada al motor tiene una relevancia especial. Cuando el motor opera a base de potencia rectificada, su calentamiento aumenta de modo aproximadamente proporcional al cuadrado del factor de forma. Además de las pérdidas por efecto joule, se producen pérdidas en la carcasa del motor y en las piezas de los polos debido al flujo pulsante producido por corriente intermitentes de valores de cresta elevados.

Adicionalmente, otra cosa que se debe tomar en cuenta es la vida de las escobillas y del conmutador. Cuando se opera con una corriente de alto factor de forma, las corrientes deben ser elevadas a fin de obtener un valor medio de la corriente de entrada que sea requerido para una salida de potencia dada, lo cual acelera el desgaste de las escobillas y del conmutador.

Por otra parte, un controlador de velocidad sin retroalimentación está compuesto de una fuente de alimentación del campo y una fuente de alimentación de la armadura, la cual se puede ajustar manualmente. Sin embargo, con este controlador no se pueden evitar los cambios de velocidad debidos a variaciones de carga.

En cambio, el controlador de velocidad con retroalimentación se puede ajustar a fin de obtener la velocidad de motor que se desee. Está provisto de circuitos que detectan la velocidad del motor para mantener constante dicha velocidad aun cuando varíe la carga.

Instrumental y equipo:

- Módulo de control de velocidad RCS
- Módulo motor/generador de CD
- Módulo de electrodinamómetro
- Módulo de medición de CD
- Tacómetro
- Banda de sincronización
- Cables de conexión

Actividades:

1. Arme el controlador de la máquina de CD que se muestra en la Figura 10.1 y acople con una banda la máquina de CD y el electrodinamómetro. Ponga todos los reóstatos en su posición extrema en sentido contrario de las manecillas del reloj. Energice el controlador y ajuste la velocidad de la máquina a 1500 rpm con el reóstato R1 y una carga de 3 lb-in en el electrodinamómetro. Una vez realizado lo anterior reduzca la carga del electrodinamómetro hasta cero y realice las observaciones pertinentes tanto en los medidores como con el tacómetro.

MÓDULO RCS

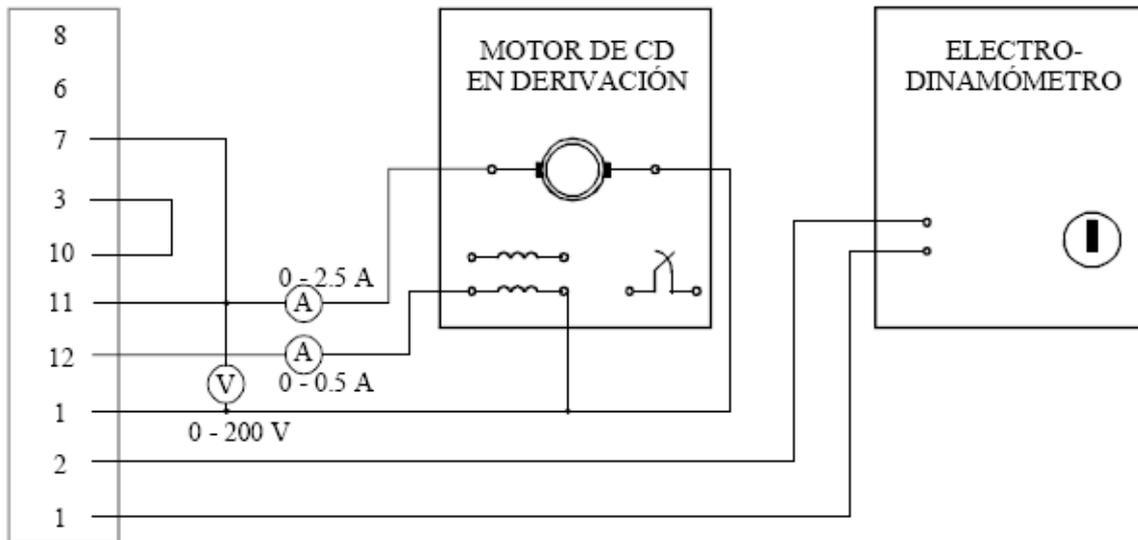


Figura 10.1 Control de velocidad con SCR de la máquina de CD sin inductor ni capacitor

- Arme el controlador mostrado en la Figura 10.2, el cual representa al mismo controlador de velocidad del punto anterior pero agregando el inductor en serie con la armadura y un capacitor en paralelo con la misma. Repita la actividad del punto anterior y realice sus observaciones.

MÓDULO RCS

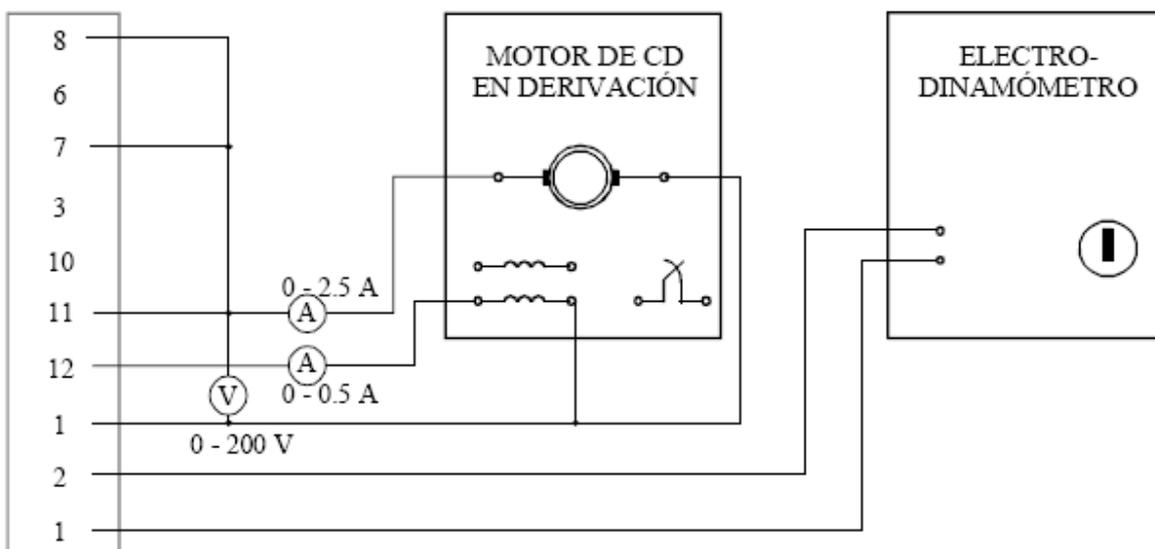


Figura 10.2 Control de velocidad con SCR de la máquina de CD con inductor y capacitor

3. Arme el controlador mostrado en la Figura 10.3, el cual representa el mismo control de velocidad usado hasta el momento pero agregándole un lazo de retroalimentación de la velocidad. Coloque todos los reóstatos a su valor mínimo a excepción del reóstato R1 el cual debe estar en su posición intermedia. Encienda el equipo y ajuste el potenciómetro de control de velocidad R2 y el control del electrodinamómetro, para una velocidad del motor de 1000 rpm y una carga de 9 lb-in. Una vez hecho lo anterior, sin mover ningún otro de los controles, vaya reduciendo paulatinamente la carga aplicada al motor y realice sus observaciones. Repita el experimento anterior pero ajustando la velocidad a 1600 rpm y una carga de 9 lb-in.

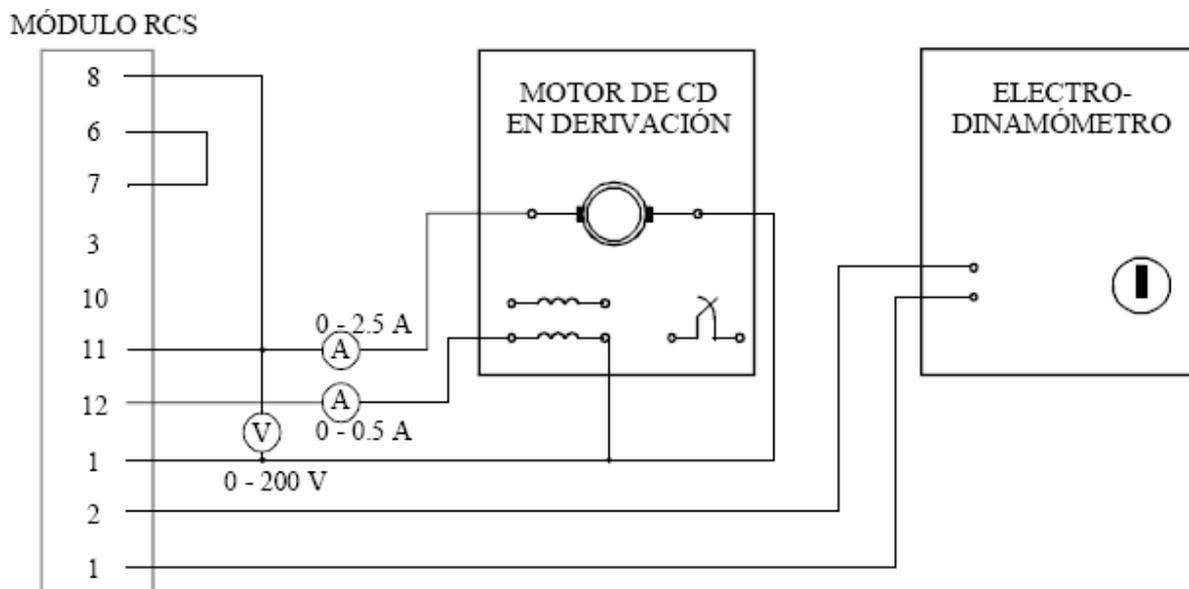


Figura 10.3 Control de velocidad de lazo cerrado con SCR de la máquina de CD con inductor y capacitor

A lo largo de esta práctica deben realizarse las observaciones pertinentes para tener claro el estado de funcionamiento de la máquina. Para llevar a cabo dichas observaciones se debe de auxiliar de los medidores de CD y del tacómetro.

Al final de la práctica cada equipo deberá mostrar las mediciones realizadas y un reporte de una cuartilla, el cual debe comentar las actividades y mediciones realizadas y sobretodo las conclusiones a las que se llegó.

Referencias

- 1 T. Wildi y M. J. de Vito, Control de Motores Industriales, Editorial LIMUSA, México 1978.
- 2 T. Wildi y M. J. de Vito, Experimentos con equipo eléctrico, Editorial LIMUSA, México 1991.
- 3 Festo FPC 202, Programmable Controller, User Manual.
- 4 SQUARE D COMPANY, Programming Guide.
- 5 Manual de Inversores modelo VLT Series 2000 y 3000, Danfoss.

Vo.Bo.

Ing. Carlos Manuel Sánchez González
Jefe de Laboratorio de Ingeniería Eléctrica