

A – ARRANQUE

La máquina acoplada al motor ofrece, durante el arranque, un par resistente y una inercia. Para un par de arranque dado, el par resistente y la inercia determinan la duración del período de arranque; el valor de la corriente de arranque debe permanecer aceptable para la red, durante todo este período.

Por lo tanto, el par resistente, la inercia y la red son los elementos básicos para la elección del motor y la forma de arranque. Constituyen los tres elementos propios de la máquina y de la instalación que, por lo general, no se pueden modificar.

Las diferentes formas de arranque hacen variar el par de arranque (por lo tanto, también la duración de la puesta en velocidad) y la corriente de arranque.

Un arrancador debe elegirse de forma que se pueda obtener una aceptable puesta en velocidad para el motor (par de arranque suficiente) y para la máquina accionada, y esto con una corriente de arranque admisible para la red.

En los motores con rotor en cortocircuito (jaula de ardilla) se adoptan estos cuatro sistemas de arranque:

- 1) Arranque directo
- 2) Arranque estrella-triángulo
- 3) Arranque por resistencias estáticas
- 4) Arranque por autotransformador

1) Arranque directo

a) Características

Consiste en conectar directamente el motor a la red, sin ningún dispositivo de arranque. De esta forma, el motor absorbe una corriente de arranque 5 a 7 veces la nominal, con un par de arranque aproximadamente el doble del par nominal.

b) Ventajas

Simplicidad de la aparatada empleada. Par de arranque muy enérgico.

Inconvenientes

Corriente de arranque muy elevada.

c) Campos de aplicación

Para motores de pequeña potencia o de potencia débil con relación a la potencia de la red. Para máquinas que no necesitan una progresiva puesta en velocidad.

d) Precauciones

La elevada corriente de arranque puede provocar una importante caída de tensión; por lo tanto, debe tenerse en cuenta en el proyecto de la caseta de transformación y de la línea de alimentación de la aparatada y de su circuito de mando.

Esta caída de tensión debe limitarse a un 5% con objeto de obtener el cierre franco de los elementos de conexión (interruptores, contactores, etc.) y para no disminuir el par de arranque del motor.

El sistema de protección contra cortocircuitos, sobrecargas, etc., debe poder soportar la corriente de arranque sin perder su eficacia durante el funcionamiento del motor a su régimen normal.

ESCUELA TÉCNICA N°17 CORNELIO SAAVEDRA

MÁQUINAS ELÉCTRICAS
MOTORES ASINCRÓNICOS

PROF: LUIS BIGLIERI

ALUMNO:

DIVISIÓN:

AÑO: 2004

2) Arranque estrella - triángulo

a) Características

Este procedimiento de arranque se aplica cuando el motor está proyectado para funcionar normalmente en triángulo. Se conecta a la red el motor acoplado en estrella y, al cabo de unos segundos, se conecta el motor en triángulo para su régimen normal de funcionamiento. De esta forma, se consigue que la corriente de arranque sea solamente de 2 a 3 veces el valor de la corriente nominal aunque se reduce proporcionalmente el par de arranque.

b) Ventajas

Valor de la corriente de arranque reducido a 1/3 parte de su valor respecto al arranque directo.

c) Inconvenientes

Par de arranque reducido a 1/3 parte de su valor respecto al arranque directo.

Importantes corrientes transitorias en el momento de paso de la conexión estrella a la conexión triángulo.

Corriente de arranque muy elevada.

d) Campo de aplicación

Este procedimiento de arranque está limitado a las máquinas que arrancan en vacío, como son:

- máquinas-herramienta
- compresores centrífugos
- máquinas para trabajar la madera
- grupos convertidores
- máquinas agrícolas

e) Precauciones

Como se ha dicho anteriormente, el motor deberá preverse con sus devanados acoplados en triángulo para marcha normal, y con 6 bornes de salida. Por ejemplo: un motor destinado al arranque estrella - triángulo a 220V, deberá bobinarse para 220/380 V.

3) Arranque por resistencias estáticas

a) Características

Este procedimiento de arranque consiste en intercalar, durante el periodo de arranque, una resistencia en serie entre la línea y el estator del motor, con objeto de limitar el valor de la corriente de arranque a un valor previamente fijado. La eliminación de esta resistencia se realiza manual o automáticamente en uno o dos puntos, según la potencia del motor y las características de la máquina accionada. Su característica más interesante es la reducción del par motor durante el período de arranque, teniendo un interés secundario la reducción de la corriente de arranque.

b) Ventajas

Posibilidad de elegir el par de arranque. Posibilidad de elegir el número de escalones de arranque (en la práctica, este número de escalones se reduce a 2).

Paso de los diversos escalones sin cortes.

c) Inconvenientes

La corriente de arranque sólo disminuye proporcionalmente a la raíz cuadrada del par motor.

Consumo de energía activa durante el período de arranque.

d) Campo de aplicación

Accionamiento de máquina centrífuga y cuyo par resistente es bajo durante el periodo de arranque, aunque después puede aumentar durante el periodo de puesta en velocidad.

compresores centrífugos
bombas
ventiladores

e) Precauciones

Debe dimensionarse correctamente la resistencia de arranque.

4) Arranque por autotransformador

a) Características

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

Por lo general los autotransformadores se equipan con tomas para el 55 %, 65 % y 80 % de la tensión de línea. El número de puntos de arranque depende de la potencia del motor y de las características de la máquina accionada.

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

b) Ventajas

Posibilidad de elegir el valor del par de arranque. Reducción, en la misma proporción, del par y de la corriente de arranque.

Arranque en 2 ó 3 tiempos.

Paso de uno a otro punto de arranque sin corte.

c) Inconvenientes

Excesivamente caro para potencias inferiores a unos 100 kW.

d) Campo de aplicación

En los casos en que debe limitarse la punta de corriente de arranque, conservando par de arranque aceptable:

ventiladores

bombas

compresores rotativos y de pistones

e) Precauciones

En los casos de arranque en 3 tiempos, el autotransformador debe estar calculado para que el paso sobre la bobina de autoinducción no provoque un par de frenado. El constructor del autotransformador debe estar informado de este detalle.

B - INVERSION DEL SENTIDO DE GIRO

Una de las principales ventajas de los motores con rotor en cortocircuito, consiste en la facilidad para invertir el sentido de giro: basta con intercambiar dos fases cualesquiera de la línea de alimentación.

Los dispositivos utilizados para la inversión han de ser muy robustos y los motores destinados a funcionar con frecuentes inversiones del sentido de giro deben diseñarse con aislantes especiales, a prueba de los sobrecalentamientos que se producen con este régimen de funcionamiento.

C - REGULACION DE LA VELOCIDAD

Aunque muy frecuentemente basta con que la velocidad se mantenga aproximadamente constante; en bastantes ocasiones resulta necesario poder variar la velocidad, de forma gradual o escalonada.

En los motores trifásicos asíncronos con rotor en cortocircuito, el procedimiento más utilizado para la regulación de la velocidad es la conmutación del número de polos, que está basado en las siguientes consideraciones:

La velocidad síncrona de un motor asíncrono depende de la frecuencia de la red f , y del número de pares de polos del estator. según la expresión:

$$n = \frac{60f}{p} \text{ r.p.m.}$$

Suponiendo constante la frecuencia, se tiene que:

$$k = 60f$$

y por lo tanto:

$$n = k \frac{1}{p} \text{ r.p.m.}$$

o sea que la velocidad de un motor asíncrono es inversamente proporcional al número de polos del motor. Como consecuencia, si se varía el número de polos, se puede variar también la velocidad.

En la práctica se obtienen, de esta forma, motores para dos, tres o cuatro velocidades, con regulación de la velocidad no progresiva pero sí escalonada.

Este procedimiento de regulación es económico y de excelentes características mecánicas.

Los motores con conmutación del número de polos tienen gran empleo en aquellas aplicaciones donde no tiene que regularse la velocidad de forma progresiva, por ejemplo, en muchas máquinas-herramienta para trabajar los metales por arranque de viruta y con objeto de reducir el número de transmisiones mecánicas. También se emplean para accionamiento de ventiladores, bombas, montacargas, etc., en diferentes ramas de la industria.

Refiriéndonos a los motores de 2 velocidades, en la práctica, la conmutación de polos puede realizarse de dos formas diferentes:

- a) Por medio de Z devanados independientes
- b) Por medio de un solo devanado en conexión Dahlander

En el primer caso (dos devanados independientes), ambos devanados están completamente separados y conectados en estrella. Los motores con dos devanados independientes permiten teóricamente cualquier relación de velocidades y de potencias, aunque se prefieren los montajes a potencia constante y relaciones de velocidades distintas a 2 : 1 que, como veremos, no resultan posibles en el caso de la conexión Dahlander (para relaciones de velocidades 2 : 1) es más económica la conexión Dahlander, como comprobaremos enseguida.

Así pues, se dan preferencia a las siguientes relaciones de velocidades:

Velocidades	500/750	750/1000	1000/1500
Número de polos	12/8	8/6	6/4

En la conexión Dahlander se utiliza un solo devanado conectado adecuadamente de forma que, por conmutación, se obtengan las dos velocidades deseadas. En la velocidad menor o lenta (mayor número de polos), el devanado queda conectado en triángulo mientras que en la velocidad mayor o rápida (menor número de polos), el devanado se divide en dos partes, conectadas en estrella y en paralelo entre sí (conexión doble estrella). Deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

La relación de potencias entre la conexión triángulo (velocidad lenta) y la conexión doble estrella (velocidad rápida) es de 1:1,5.

2) Al pasar de la conexión triángulo a la conexión doble estrella se produce una inversión del campo giratorio del motor, con lo que éste invertirá su sentido de giro; si se quiere que conserve su sentido de giro original, debe preverse esta inversión en los dispositivos de mando.

3) La conexión Dahlander sólo permite relaciones de velocidades de 2 : 1; en este campo de aplicación el empleo de la conexión Dahlander es preferible al de 2 devanados independientes, ya que los motores correspondientes son menos voluminosos y más económicos. Para relaciones de velocidades distintas a 2 : 1 debe recurrirse necesariamente a motores de 2 devanados independientes.

4) La conexión Dahlander triángulo / doble estrella permite el arranque estrella-triángulo en la velocidad lenta, obteniéndose de esta forma un arranque suave y con reducida corriente de arranque.

Las relaciones de velocidades más empleadas con la conexión Dahlander, son las siguientes:

Velocidades	500/1000	750/1500	1500/3000
Número de polos	12/6	8/4	4/2

Para los motores de 3 velocidades se emplea un devanado en conexión Dahlander y relación de velocidades 2 : 1, complementado por un devanado independiente que proporciona la tercera velocidad.

Esta última puede estar situada debajo, en medio o por encima de las 2 velocidades de la conexión Dahlander. Para el diseño de los elementos de mando deben tenerse en cuenta estas posibilidades. Se recurre preferentemente a las siguientes relaciones de velocidades:

Velocidades	1000/1500/3000	750/1000/1500	750/1500/3000
Número de polos	6 / 4 / 2	8 / 6 / 4	8 / 4 / 2

Nota: En la tabla anterior figuran en cursiva las velocidades correspondientes al devanado independiente.

En los motores de 4 velocidades se utilizan dos devanados en conexión Dahlander situados sucesivamente (1." - 1." - 2." - 2.") o alternativamente (1." - 2." - 1." - 2."). Por ejemplo, si el primer devanado es de 500/1 000 r.p.m. y el segundo de 1 500/3 000 r.p.m., se emplearán, sucesivamente, de la siguiente forma:

Velocidades	500/1000/1500/3000
Devanado	1°/ 1°/ 2°/ 2°

Si el primer devanado es de 500/1000 r.p.m. y el segundo de 750/1500 r.p.m., la secuencia de velocidades se realizará alternativamente de la siguiente manera:

Velocidades	500/750/1000/1500
Devanado	1°/2°/ 1°/ 2°

Naturalmente, para el diseño de los dispositivos de mando, deben tenerse en cuenta estas circunstancias.

D – PROTECCIÓN

Los aparatos de protección de un motor eléctrico deben proteger a éste en las siguientes condiciones anormales de funcionamiento:

- Bloqueo
- Sobrecarga durante el funcionamiento
- Cortocircuitos
- Subtensión

En los relés térmicos se aprovecha la deformación de materiales apropiados, bajo el efecto del calor, para accionar a un valor determinado un contacto auxiliar (relé) o bien actuar sobre un mecanismo (desconector). El calentamiento se provoca con ayuda de resistencias recorridas por la corriente que absorbe el motor. El equilibrio entre el calor producido y el calor disipado se establece mediante la intensidad de corriente a las diferentes temperaturas. La desconexión se realiza cuando se supera la temperatura de trabajo. El tiempo de desconexión depende de la intensidad de la corriente que circule y de la temperatura inicial del relé: este tiempo debe de ser inferior al que podría hacer peligrar el aislamiento del motor. Con objeto de evitar desconexiones innecesarias, se debe fijar la intensidad límite y la intensidad del motor bloqueado a dos tiempo mínimos. Por lo tanto, el relé térmico actúa directamente sobre el aumento de temperatura provocado durante el funcionamiento del motor por bloqueo de éste o por sobrecarga, es decir, una sobreintensidad moderada que actúa durante cierto tiempo. Estos relés tienen características de tiempo inverso, es decir, que responden más rápidamente a las corrientes más elevadas y recíprocamente.

Para proteger a un motor cortocircuitos, o sea, sobreintensidades muy elevadas y que actúan durante corto tiempo, deben utilizarse, sobre todo, fusibles cortocircuitos y relés electromagnéticos instantáneos.

Los cortocircuitos fusibles (o simplemente fusibles) consisten, esencialmente, en un alambre o tira metálica inserta en el circuito de la corriente que, al rebasarse una determinada intensidad, se funde, provocando la desconexión. Los fusibles para la protección de motores deben cumplir las siguientes condiciones:

1) Resistir, sin fundirse, la intensidad de la corriente durante el periodo de arranque, es decir, una intensidad de arranque

6 veces el valor de la intensidad nominal durante 5 segundos (caso de arranque directo), o bien, una intensidad de arranque de 2 veces el valor de la intensidad nominal durante 15 segundos (caso de arranque estrella / triángulo, por resistencias estáticas o por autotransformador)

Provocar la desconexión cuando la intensidad sobrepasa en 15 veces la intensidad nominal en un tiempo igual o inferior a 0,2 segundos, durante el funcionamiento normal del motor.

Los relés electromagnéticos instantáneos tienen, como elemento básico, una bobina, con su respectivo núcleo, por la que pasa toda o una parte de la corriente de carga. Cuando esta corriente alcanza un valor determinado, la bobina produce suficiente fuerza magnética para atraer una armadura móvil que, por un juego de palancas y resortes, acciona los elementos de desconexión del disyuntor, contactor, etc. El tiempo de disparo es muy pequeño, de orden de algunos milisegundos.

Los relés magnetotérmicos de sobrecarga se construyen combinando un relé térmico y un relé electromagnético y, de esta forma, se consigue aunar las ventajas del relé térmico de tiempo inverso para sobrecargas relativamente débiles y de larga duración, con las del relé electromagnético de disparo instantáneo, para sobreintensidades elevadas, en las que la protección del relé térmico resultaría demasiado lenta.

Para la protección contra las subtensiones se emplean relés electromagnéticos, cuya bobina se conecta entre dos fases del circuito principal. En circunstancias normales, la tensión de la bobina hace que su armadura permanezca atraída. Cuando la tensión desciende por debajo del límite ajustado, cae la armadura y los contactos solidarios con ella abren un circuito auxiliar, con lo que se desexcita la bobina del disyuntor. En el caso de instalaciones con contactores, estos aparatos, por su propio funcionamiento, aseguran una protección contra subtensiones, siempre que estén mandados por impulsos.

Cuando baja la tensión, se desexcita la bobina del contactor y, cualquiera que sea la duración del fallo, el motor accionado permanece parado y solamente arranca cuando ha desaparecido la causa, es decir, la subtensión.

