

Motores eléctricos trifásicos: arranque e inversión del giro

Prof. Ing. Alberto Luis Farina
Asesor en ingeniería eléctrica y supervisión de obras
alberto@ingenierofarina.com.ar



A partir de los aspectos constructivos y sus parámetros básicos, se continuará con la forma de arrancar e invertir el sentido de giro. Si bien se enunciaron las formas de arrancar, a continuación se tratará particularmente el denominado “estrella-triángulo”, luego de lo cual se expondrá sobre la forma de invertir el sentido de giro, como lo exigen algunas aplicaciones, debido a las características del equipo impulsado, no sin descuidar las implicancias que tienen estas disposiciones para las instalaciones eléctricas que los alimentan.

Introducción

La puesta en marcha significa, por un lado, que el motor eléctrico trifásico (MET) comience a impulsar la carga a la cual está acoplado y, por otro lado, su inserción en la instalación eléctrica (IE). Ambas acciones tienen importantes connotaciones en el sistema mecánico y eléctrico; no se debe descuidar que en el proceso de la segunda hay riesgo de afectar a otros de los usuarios del sistema del sistema eléctrico. Estas consideraciones también deben tenerse en cuenta cuando se efectúa el cambio del sentido de giro.

Tipos de arranque de los motores eléctricos trifásicos [continuación]

Arranque de tensión reducida

Existen diversas formas constructivas, la más simple es la llamada “estrella-triángulo”, otras

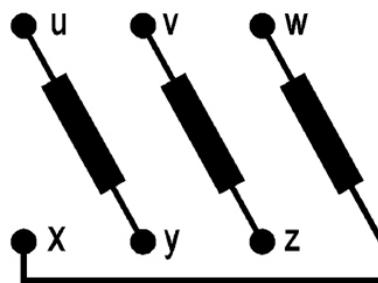


Figura 1. Bornes de las bobinas estáticas

pueden ser: emplear resistencias estáticas, mediante transformador de arranque y con dispositivos electrónicos como lo son los denominados “arrancadores suaves”.

A continuación se tratará solamente el primer método por ser el más comúnmente empleado, o sea cuando no existen condiciones especiales de arranque, acelerado y frenado.

Este método puede ser automatizado, cuando la naturaleza de las funciones que cumple o cuando se trata de potencias relativamente grandes así lo requieran, para lo cual se necesita emplear contactores y dispositivos auxiliares como temporizadores, luces de señalización, etc. convenientemente conectados.

Arranque estrella-triángulo automático

Constructivamente, se pueden tener tres disposiciones para este método: la clásica del tipo electromecánico automático, electromecánico manual y de estado sólido. Las consideraciones funcionales que se hagan son idénticas para todos ellos, porque

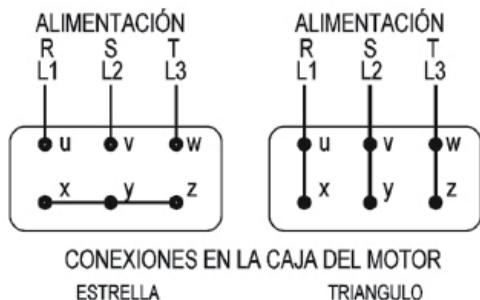


Figura 2. Esquema de conexiones de los bornes

MOTOR		CE	
TYPE	TM 132S2-2 T3A 132S2-2	(H)	S1-100%
SN		ThCl F	IP55
		IMB3	N.W: 52 KGS
V Δ / Y	Hz	min ⁻¹	kW
400/690	50	2930	7.5
460/795	60	3520	9
		A	cosφ
		13.4/7.7	0.9
			IE3-90.1(100%)
			90.2(75%)
			89.1(50%)
BEARING DE-NDE			6308-6208

Figura 3. Chapa de características de un motor trifásico

básicamente este sistema consiste en suministrarle alternativamente dos tensiones a los bobinados del estator mediante una conmutación apropiada. Las conexiones en los bornes de la caja de conexión para un caso y para el otro se pueden ver en la figura 1).

Para suministrarles estas tensiones a los bornes de los bobinados del estator, se puede recurrir a los contactores comandados por un circuito de control adecuado (electromecánico o electrónico) o bien a interruptores conmutadores manuales. En el primer caso, la conmutación se hace con un temporizador, prefijando el tiempo de acuerdo a lo que se requiera para llegar a la velocidad nominal del motor, lo cual a su vez depende de la inercia del equipo acoplado. El MET destinado a arrancar mediante este método requiere que, constructivamente, los extremos de las bobinas del estator sean accesibles en la placa de bornes dentro de la caja de conexiones.

Otra característica se puede apreciar en la chapa, en donde, si la tensión nominal indica '220/380 V', es posible conectarlo a la red: en estrella 3 x 380 volts o en triángulo 3 x 220 volts (ver figura 3).

En cambio, si la placa reza '380/660 V', el MET puede funcionar en triángulo en una red de 3 x 380 volts y también en estrella con una red de 3 x 660 volts. Aclaro que no existen redes de 3 x 660 volts, pero esto indica a su vez que el MET es apto para arrancar en estrella-triángulo.

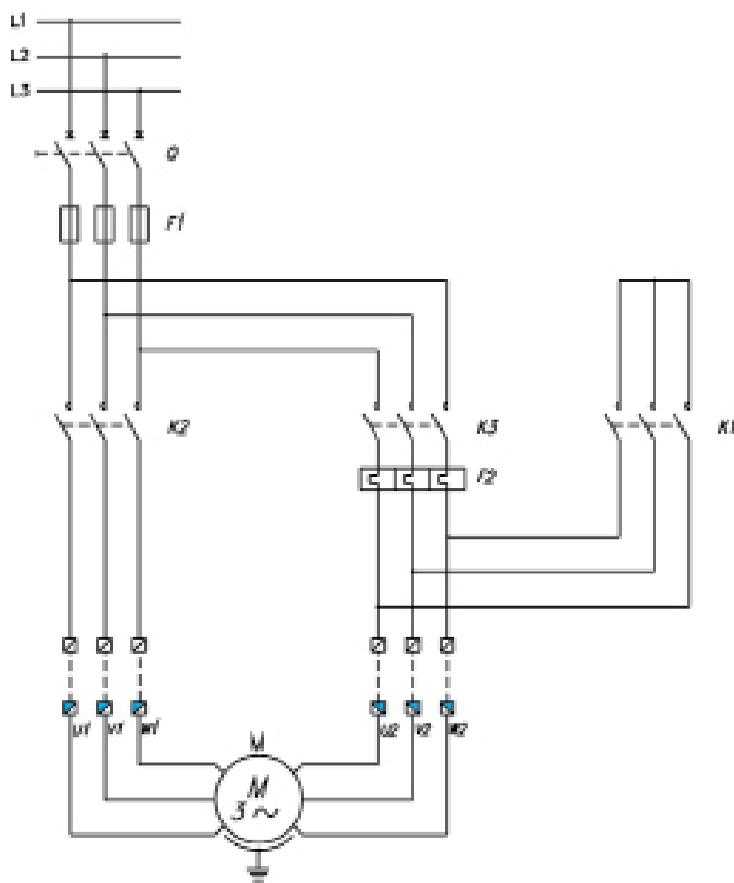


Figura 4. Circuito FM de arranque estrella-triángulo

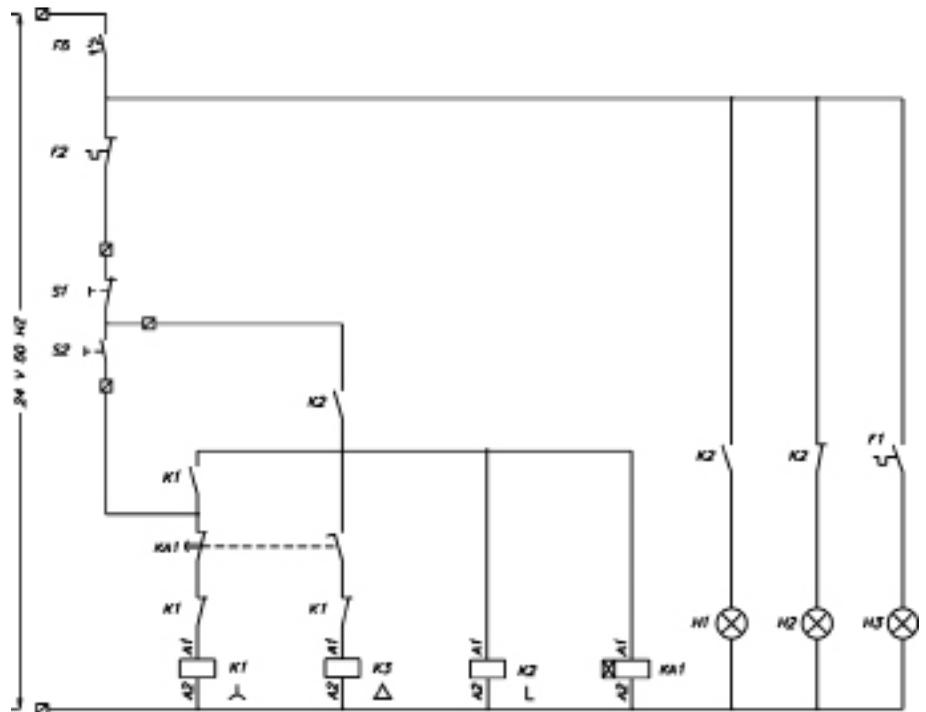


Figura 5. Circuito funcional de arranque estrella-triángulo

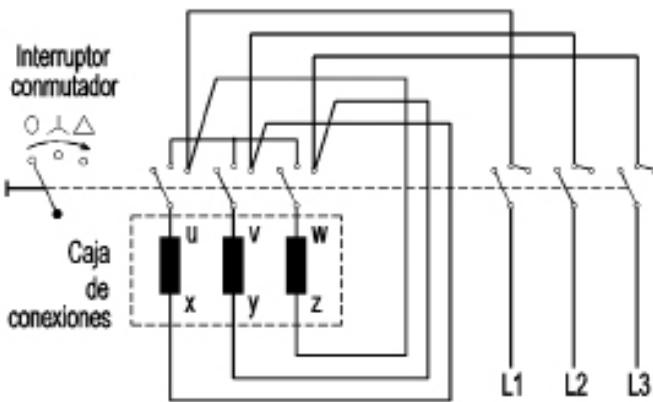


Figura 6. Esquema de conexión de un interruptor conmutador manual de estrella-triángulo

Las bobinas del estator tienen sus terminales marcados con las letras normalizadas 'U', 'V', 'W' para los principios de bobinas 'X', 'Y', 'Z', para los finales de bobinas (ver figura 2). Los terminales están en la placa de bornes dentro de la caja de conexiones, lugar en donde se conectan los cables destinados a proveer la energía eléctrica necesaria.

En la figura 2 se pueden ver las dos formas de conexión de los MET a una instalación eléctrica trifásica. En el caso de la izquierda, en estrella, y a la derecha, en triángulo. En ninguno de los casos se emplea el neutro, aunque sí se debe conectar la carcasa al sistema de puesta a tierra en el borne dispuesto para ello.

Este tipo de arranque consiste en poner en marcha el MET conectándolo en estrella, y una vez que arrancó, al cabo de un cierto periodo de tiempo, cuando alcanzó su marcha estable, se lo pasa a triángulo, quedando así en funcionamiento para el uso previsto.



Quando el motor eléctrico está conectado en estrella, la tensión aplicada a cada bobina es de 220 volts, y cuando está conectado en triángulo, es de 380.

Con este artificio, se consigue aplicar una tensión 1,73 veces menor en el momento de arranque, disminuyendo de esta manera la corriente de arranque. Es solo dos veces la nominal, con lo cual se minimiza el efecto producido a la red de baja tensión antes mencionado.

La corriente inicial de arranque en ese momento se reduce al 59 por ciento. Si se estima que tiene una corriente eléctrica de arranque de $6 I_n$, la corriente eléctrica de arranque inicial será:

$$(1) I_{arr\ inicial} = 6 \times I_n \times 0,5773 = 3,46 A$$

El par motor es función del cuadrado de la tensión aplicada, por tal causa, en el momento del arranque es el 33,33 por ciento de la nominal.

Conclusión: con este método se logra disminuir la corriente eléctrica de arranque, pero se sacrifica el par en ese momento. La figura 4 muestra el circuito de FM y la figura 5, un circuito funcional.

Arranque estrella-triángulo manual

En la figura 6 se muestra el circuito de un arranque estrella-triángulo electromecánico de accionamiento manual, para lo cual es necesario emplear un interruptor-conmutador fabricado especialmente para esta función y que se puede encontrar

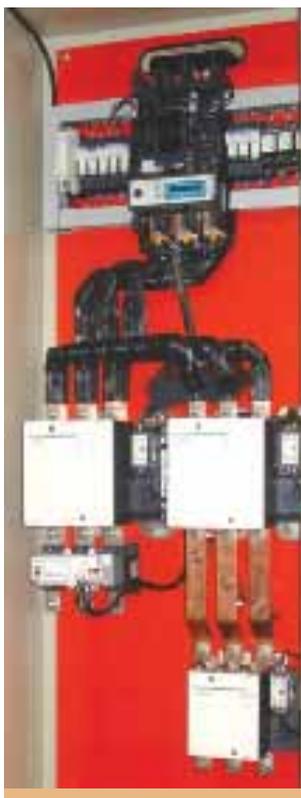


Figura 7. Tablero estrella-triángulo

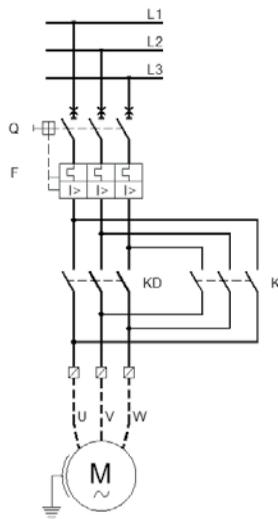


Figura 8. Circuito FM de inversión de marcha

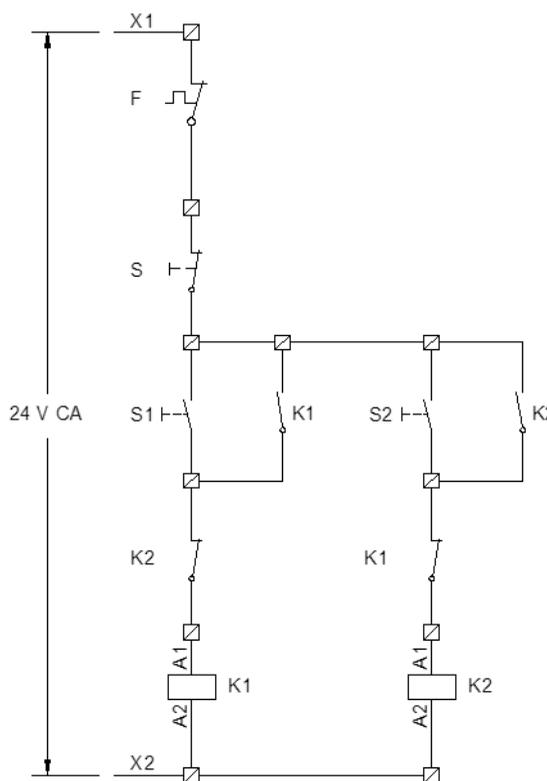


Figura 9. Circuito funcional para la inversión de marcha

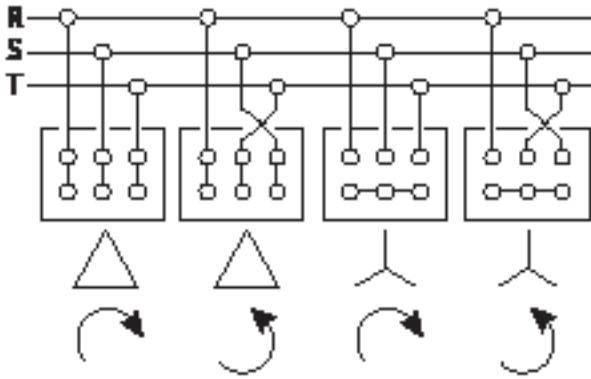


Figura 10. Sentidos de giros de motores eléctricos trifásicos

fácilmente en el mercado local.

Su aplicación está reservada a MET de pequeñas potencias con puestas en marcha esporádicas. A partir de la posición de reposo (0), accionando el interruptor-conmutador a la posición 'Y', los bobinados se conectarán a la instalación eléctrica en estrella y luego de un cierto tiempo (cuando el mismo haya alcanzado una cierta velocidad estable, lo cual debe ser apreciada por el operador) se accionará nuevamente el interruptor conmutador llevándolo al posición 'D'. En esta última posición, los bobinados pasarán a estar conectados en triángulo, permaneciendo de esta manera durante el tiempo de funcionamiento del equipo acoplado. En el circuito de la figura no se incluyó la protección por cortocircuito y sobrecarga ex profeso, aunque no escapa a las consideraciones para la protección de los MET.

Sistemas de estado sólido

En los sistemas de estado sólido puede haber variantes constructivas. Para ciertas potencias existen arrancadores estrella-triángulo de estado sólido que se presentan como una sola unidad e incluyen las protecciones del MET.

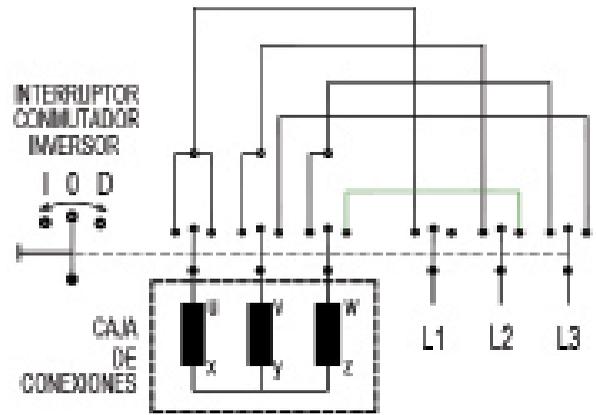


Figura 11. Interruptor conmutador manual inversor de marcha

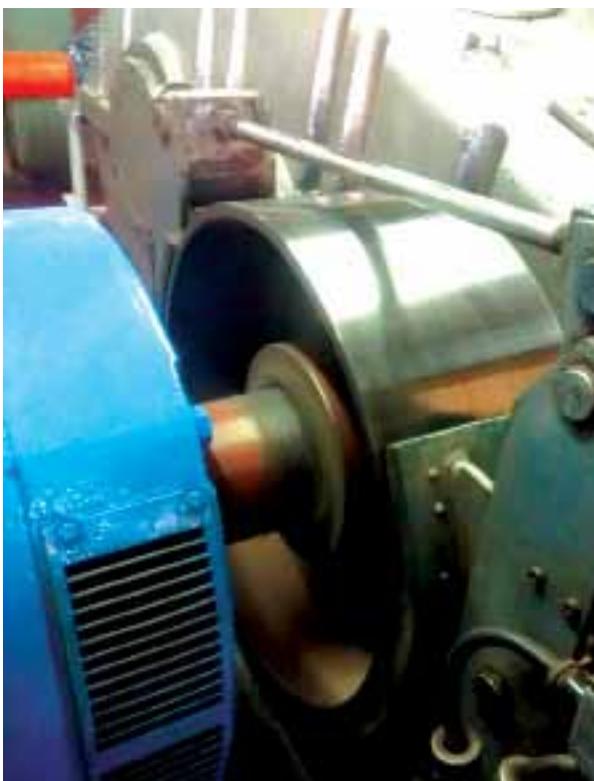
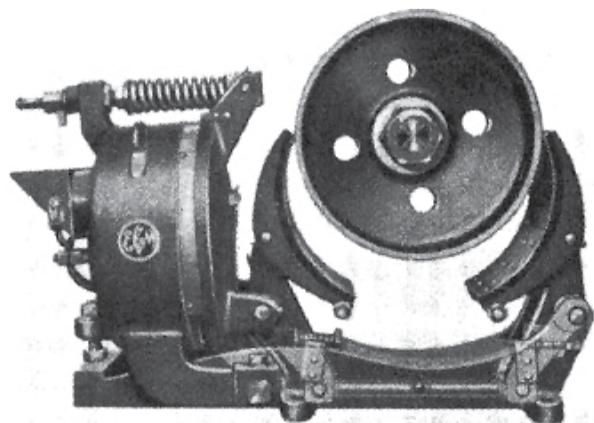
Otra de las formas lo constituyen los equipos de arranque con tensión reducida denominados "arranques suaves" o "arranques progresivos". Estos últimos permiten arrancar con alto par y baja corriente.

El empleo de estos sistemas no está aún generalizado para aplicaciones comunes, se los emplea cuando la exigencia de la carga lo requiere, sobre todo en el ámbito industrial.

Inversión de marcha de los motores eléctricos trifásicos

Una posibilidad que presentan los MET es la de invertir el sentido de giro. La figura 9 muestra el circuito de fuerza para realizarlo y la 10, el circuito funcional.

El cambio de sentido de marcha también es posible mediante un interruptor-conmutador, el cual se acciona manualmente. La figura 11 muestra una disposición típica.



Figuras 12. Freno con zapatas

Frenado de los motores eléctricos trifásicos

La necesidad de frenar un MET no es tan común, pero hay muchas aplicaciones que lo requieren por razones operativas o de seguridad.

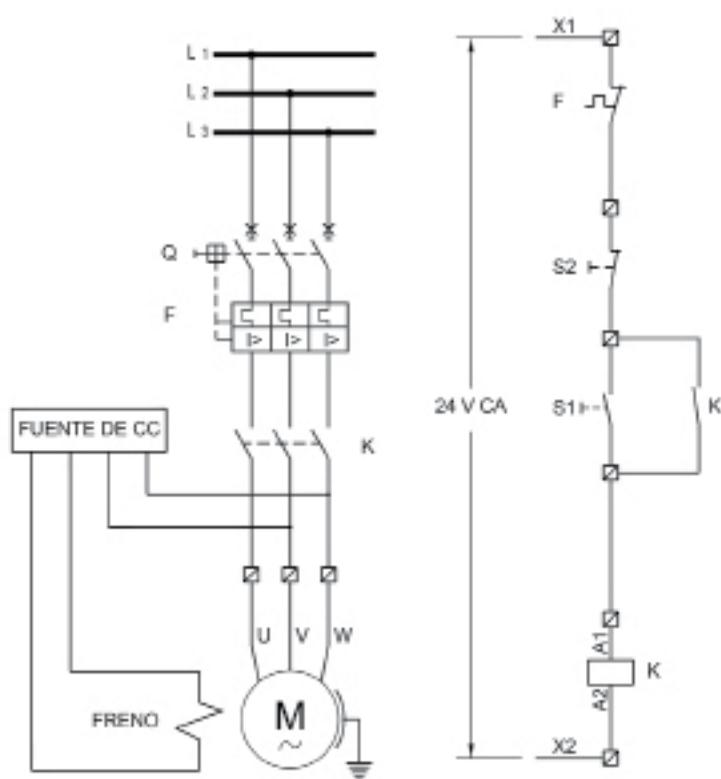


Figura 13. Esquema de frenado por corriente continua

Cuando se quiere detener la marcha de un MET, lo primero que se debe hacer es desconectarlo de la instalación eléctrica, o sea interrumpir el suministro de la energía eléctrica. Una vez que esto ocurre, puede ser que la inercia del equipo acoplado haga que el conjunto se detenga, siga girando o bien que invierta el sentido de giro (caso de una grúa o un ascensor). Cualquiera de las dos últimas situaciones entraña un riesgo tanto sea para los operadores, como para el proceso en sí y para la producción, es por eso que se debe emplear un sistema de frenado.

Otras situaciones que también pueden darse son, por ejemplo, máquinas operadas por personal que vea comprometida su seguridad y deba pararla; en este caso se debe hacer una parada de emergencia. Distinto es cuando por cuestiones del

proceso de debe detener cuando finaliza una tarea o bien antes de invertir el sentido de giro para continuar.

Para poder realizar cualquier tipo de parada normal, en emergencia, de proceso, etcétera, se hace necesario contar con algún dispositivo o equipo auxiliar. La determinación de sistema apropiado la hacen quienes se ocupan de diseñar el sistema de control, para lo cual cuentan con las siguientes posibilidades:

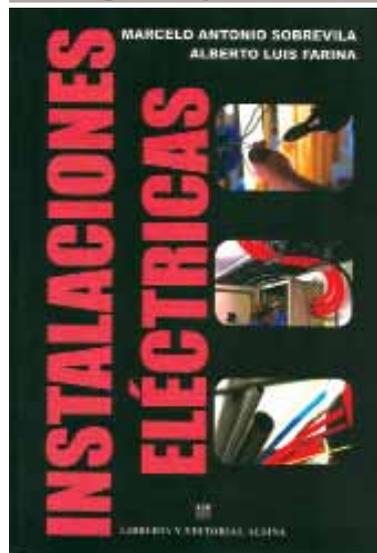
- » Freno mecánico acoplado al eje del motor. Puede ser interno o externo al mismo. Se forma con dos zapatas que se acciona contra un volante fijo al eje del motor. Mediante resortes se trata que las zapatas se cierren sobre el volante, pero un electroimán se lo impide. Este último se energiza en el mismo momento en que se conecta el MET, al desconectarse este también lo hace el electroimán y es el momento en que los resortes accionan las zapatas contra el volante.
- » Frenado por inyección de corriente continua. Es un sistema electromecánico que una vez desconectado el motor se le inyecta una corriente continua proveniente de una fuente dispuesta para esta maniobra. En el caso de los variadores de velocidad o arrancadores suaves, esta función puede estar incluida en el circuito de los mismos.

Las figuras 12 muestra el aspecto de un freno electromecánico. Allí se aprecia el resorte cierra las zapatas de frenado propiamente dichas sobre un volante. En la figura 13 se puede apreciar un circuito elemental del sistema de frenado por inyección de corriente continua. ■

Bibliografía

- [1] Sobrevila, Marcelo, Accionamientos, Librería y Editorial Alsina, Rosario
- [2] Sobrevila, Marcelo; Farina, Alberto Luis, Instalaciones eléctricas, Librería y Editorial Alsina, Rosario

Para seguir ampliando conocimientos...



Alberto Luis Farina es ingeniero electricista especializado en ingeniería destinada al empleo de la energía eléctrica y profesor universitario. De la mano de la Librería y Editorial Alsina, ha publicado libros sobre los temas de su especialidad:

- » Instalaciones eléctricas de viviendas, locales y oficinas
- » Introducción a las instalaciones eléctricas de los inmuebles
- » Cables y conductores eléctricos
- » Seguridad e higiene, riesgos eléctricos, iluminación
- » Riesgo eléctrico

Nota del autor. Los motores eléctricos son máquinas que están presentes en numerosas aplicaciones que van desde los ámbitos hogareño, hospitalario, de servicios, hasta los industriales, entre otros. Oportunamente, se ha publicado una serie de notas sobre los motores de tipo monofásico, y a partir de la edición de Ingeniería Eléctrica 330 (abril de 2018) se editan notas acerca de los trifásicos. La variedad constructiva de estas máquinas es muy grande, por lo cual el centro de la atención estará en aquellos que tienen aplicaciones más comunes en los ámbitos generales. Estas publicaciones se hacen con tono práctico para quienes tienen que reemplazar, instalar y mantener motores, dejando de lado las aplicaciones más complejas o particulares.

- Parte 1: Usos, componentes y funcionamiento (Ingeniería Eléctrica 330, abril de 2018)
- Parte 2: Características constructivas y tipos de arranques (Ingeniería Eléctrica 332, junio de 2018)
- Parte 3: Arranque e inversión del giro
- Parte 4: Protección*
- Parte 5: Montajes y puesta en marcha*
- Parte 6: Los MET y los RIEI b*

*Aún no publicados