Arranque estrella-triángulo de motores eléctricos trifásicos

Un repaso por los fundamentos, esquemas de conexión y variantes del clásico arranque estrella-triángulo para motores eléctricos trifásicos, detallando su impacto en la reducción de corrientes y pares iniciales para su correcta aplicación en baja tensión.

Ing. Alberto Farina
ingenierofarina.com.ar

Indudablemente, el desarrollo de la IA, así como el de la electrónica en general (potencia y control), hacen parecer que toda implementación del suministro de la energía eléctrica y el control del funcionamiento de los motores eléctricos trifásicos debe hacerse bajo las más modernas actualizaciones de estas tecnologías. Indudablemente, presentan innumerables ventajas funcionales y económicas, aunque tal vez no sean de tan fácil acceso desde los puntos de vista tecnológico, económico y de mantenimiento. En definitiva, no son tan accesibles para ciertos segmentos de usuarios. Todo esto se suma a otras connotaciones, y por eso consideré oportuno revisar algunos conceptos elementales de una clásica operación de los motores eléctricos trifásicos (MET).

Puesta en marcha

La puesta en marcha implica, por un lado, que el MET comience a impulsar la carga a la cual está acoplado y, por otro, efectos por su inserción en la instalación eléctrica. Ambas acciones tienen importantes connotaciones en los propios sistemas mecánicos y eléctricos respectivamente, y a este último respecto, pueden afectar además a otros usuarios del sistema eléctrico que estén conectados en ese preciso momento.

La puesta en marcha implica, por un lado, que el MET comience a impulsar la carga a la cual está acoplado y, por otro, efectos por su inserción en la instalación eléctrica

Glosario de siglas

- IA: inteligencia artificial
- MET: motores eléctrico trifásico
- PAT: puesta a tierra

URL estable: https://www.editores.com.ar/node/8660

Arranque de los motores eléctricos trifásicos

Arranque a tensión reducida

Existen diversas formas funcionales y, por ende, constructivas. La más simple es la llamada "estrella-triángulo", otras pueden ser empleando resistencias estatóricas, mediante transformador de arranque o con dispositivos electrónicos como lo son los denominados "arrancadores suaves".

A continuación, trataré solamente el primer método por ser históricamente el más simple tecnológicamente y más comúnmente empleado cuando no existen condiciones especiales para el arranque, acelerado y frenado.

La simpleza constructiva favorece la automatización cuando la naturaleza de las funciones o las exigencias operativas así lo requieren. Esto se debe al tipo y a la sencillez de los elementos necesarios para su montaje y funcionamiento, tales como contactores y otros dispositivos auxiliares (temporizadores, luces de señalización, entre otros).

Tipos del arranque estrella-triángulo

Para este tipo existen tres disposiciones constructivas y funcionales: electromecánico automático, electromecánico manual y de estado sólido. Las consideraciones funcionales son idénticas para todos ellos, ya que básicamente el sistema consiste en suministrar alternativamente dos tensiones distintas a los bobinados del estator mediante una conmutación oportuna.

Las conexiones en los bornes de la caja de conexiones para ambos casos se pueden ver en la figura 1.

Para suministrar estas tensiones a los bornes de los bobinados del estator, se puede recurrir al empleo de contactores comandados por un circuito de control adecuado (electromecánico o electrónico), o bien a interruptores conmutadores mecánicos manuales. En el primer caso, la conmutación se realiza empleando un contactor auxiliar y un temporizador, cuyo tiempo se prefija de acuerdo con el lapso requerido para alcanzar la velocidad nominal del MET, lo cual a su vez depende de la inercia del equipo acoplado.

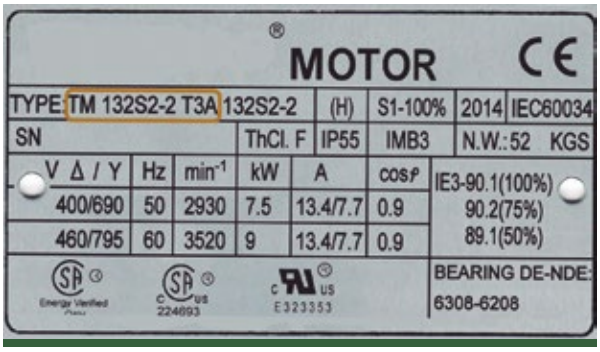

Figura 1. Placa de características de un motor

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 ubicada dentro de la caja de conexiones.

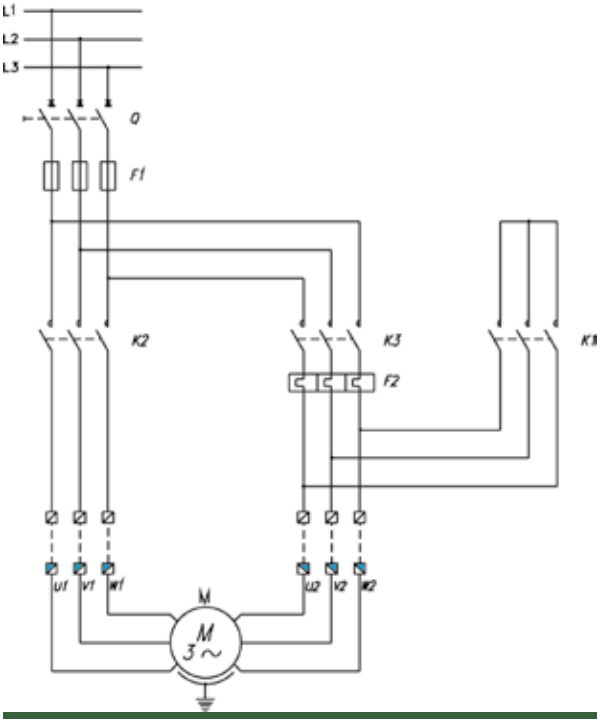

Figura 2. Conexiones de los bornes de un MET

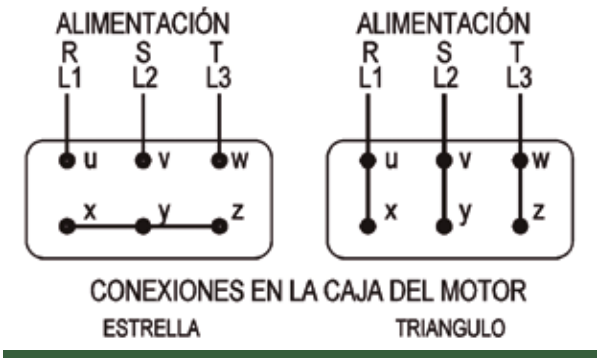

Figura 3. Dos formas de conexión de un MET a una instalación trifásica

Otra característica que se aprecia en la placa de datos del motor es la indicación de tensión nominal 220/380 V, lo cual significa que puede conectarse a la instalación eléctrica en estrella (tres de 380 V) o en triángulo (tres por 220 V). (Figura 2). En cambio, cuando indica 380-660 V, el MET puede funcionar en triángulo en una red de tres por 380 V y en estrella en una de tres por 660. Si bien en la práctica no existen redes de distribución de tres por 660 V, este dato indica que el motor es apto para el arranque estrella-triángulo en redes de tres por 380.

Las bobinas del estator tienen sus terminales marcados con las letras normalizadas U, V, W para los principios de bobina y X, Y, Z para los finales (figura 3). Estos terminales se alojan en la placa de bornes dentro de la caja de conexiones, donde se conectan los cables de alimentación.

En la figura 3 se observan por separado las dos formas de conexión de los MET a una instalación eléctrica trifásica: a la izquierda en estrella y a la derecha en triángulo. En ninguno de los casos se emplea el neutro. Asimismo, se ha omitido intencionalmente en el esquema la conexión de la carcasa del MET al sistema de PAT del lugar de emplazamiento.

Arranque estrella-triángulo de los MET

Este método consiste en poner en marcha el MET conectándolo inicialmente en estrella y, una vez que ha arrancado y alcanzado una marcha estable tras un período determinado, conmutarlo a conexión en triángulo para su funcionamiento definitivo.

Cuando el MET está conectado en estrella, la tensión aplicada a cada bobina es de 220 V, mientras que en triángulo es de 380. Con este artificio se logra aplicar una tensión 1,73 veces (√3) menor en el momento del arranque, reduciendo la corriente inicial a aproximadamente dos veces la nominal y minimizando así las perturbaciones en la instalación eléctrica de baja tensión a la cual se conecta.

Con este artificio se logra aplicar una tensión 1,73 veces (√3) menor en el momento del arranque, reduciendo la corriente inicial a aproximadamente dos veces la nominal y minimizando así las perturbaciones en la instalación eléctrica de baja tensión a la cual se conecta

La corriente inicial de arranque se reduce aproximadamente al 58% (o 57,73 %). Si se estima que el motor posee una corriente de arranque directo de seis veces la corriente inicial, la corriente inicial con este método será:

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

Dado que el par motor es proporcional al cuadrado de la tensión aplicada, el par en el momento del arranque se reduce al 33,33 % del nominal.

En conclusión, con este método se logra disminuir la corriente de arranque a expensas de sacrificar el par motor inicial. La figura 4 muestra el circuito funcional de arranque.

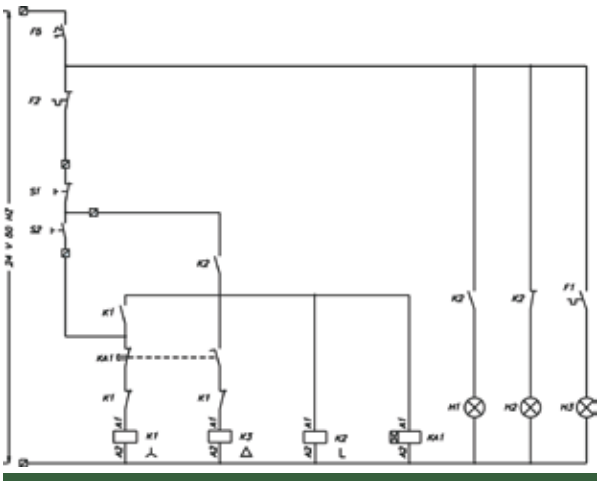

Figura 4. Circuito funcional de arranque

En conclusión, con este método se logra disminuir la corriente de arranque a expensas de sacrificar el par motor inicial

Arranque estrella-triángulo manual

En la figura 5 se muestra el circuito de un arranque estrella-triángulo electromecánico de accionamiento manual, para el cual se emplea un interruptor-conmutador específico disponible en el mercado local.

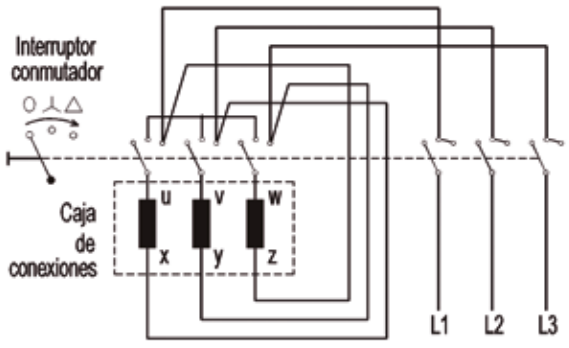

Figura 5. Conexión de un interruptor conmutador manual de estrella-triángulo

Su aplicación está reservada a MET de pequeña potencia con puestas en marcha esporádicas. La secuencia de operación es la siguiente: partiendo de la posición de reposo (cero), al accionar el conmutador hacia la posición Y, los bobinados se conectan a la instalación eléctrica en estrella. Luego de un tiempo prudencial —cuando el motor haya alcanzado una velocidad estable, lo cual debe ser estimado por el operador—, se acciona nuevamente el conmutador llevándolo a la posición delta. En esta última posición, los bobinados quedan conectados en triángulo durante todo el tiempo de operación del equipo acoplado.

En el esquema mostrado se han omitido ex profeso las protecciones contra cortocircuitos y sobrecargas, las cuales deben dimensionarse siguiendo los criterios generales de protección para MET.

Sistemas de arranque de estado sólido

Dentro de esta categoría existen numerosas variantes constructivas. Para ciertas disposiciones o potencias, se fabrican arrancadores estrella-triángulo de estado sólido integrados en una sola unidad, los cuales suelen incluir las protecciones del MET.

Otra alternativa la constituyen los equipos de arranque a tensión reducida denominados "arrancadores suaves" o "arranques progresivos", que permiten realizar la puesta en marcha con corriente reducida y un control óptimo del par. Si bien su empleo se está generalizando para motores de menor potencia, se utilizan principalmente cuando la exigencia mecánica de la carga lo requiere, tanto en ámbitos industriales como comerciales.

Comentario final

La inclusión de este apartado sobre una tecnología tradicional para la puesta en marcha de los MET no implica desconocer los importantes avances actuales en materia de control y automatización de sistemas productivos. Más bien, responde al criterio de seleccionar lo que denominamos "tecnología apropiada", concepto que evalúa no solo las prestaciones técnicas de los equipos, sino también sus costos de adquisición, montaje y mantenimiento en función de cada aplicación.

Más bien, responde al criterio de seleccionar lo que denominamos "tecnología apropiada", concepto que evalúa no solo las prestaciones técnicas de los equipos, sino también sus costos de adquisición, montaje y mantenimiento en función de cada aplicación

Nota del autor

Este artículo cuenta con el respaldo bibliográfico de Accionamientos, de Marcelo Sobrevila, e Instalaciones Eléctricas, del mismo autor y quien suscribe.