

# Motores eléctricos trifásicos: características constructivas y tipos de arranques

**Prof. Ing. Alberto Luis Farina**

Asesor en ingeniería eléctrica y supervisión de obras  
[alberto@ingenierofarina.com.ar](mailto:alberto@ingenierofarina.com.ar)



En la continuidad de la serie de notas sobre los motores eléctricos trifásicos (MET), en esta edición se abordarán sus aspectos constructivos más importantes, así como también los principales parámetros funcionales. Estos conceptos son indispensables para lograr un buen aprovechamiento de estas máquinas, todo lo cual se complementa con los distintos tipos de arranques.

## Introducción

En lo que sigue, se abordarán los temas que hacen a las características constructivas de los MET y las formas de ponerlos en marcha, a los fines de hacer un mejor uso y un mayor aprovechamiento de las propiedades funcionales de este tipo de máquina eléctrica y, por ende, del equipo acoplado.

## Características constructivas

En la placa de las características de los MET se dan los parámetros electromecánicos constructivos fundamentales y las condiciones nominales de funcionamiento, todo ello según ha sido diseñado, respondiendo a una determinada norma: IRAM, IEC o NEMA, según se trate.

Cuando se hace referencia a estos parámetros, es necesario conocer la norma que los ampara, ya que hay diferencias importantes entre ellos según sea la que se adopte.

La forma constructiva involucra a todo el MET y variará de acuerdo al tipo de exigencia que le imponga el equipo acoplado.

En general una placa característica contiene los siguientes datos:

- » Marca
- » Modelo
- » Número de serie
- » Norma de fabricación
- » Tensión nominal
- » Corriente nominal
- » Frecuencia nominal
- » Potencia eléctrica
- » Forma constructiva
- » Velocidad
- » Factor de potencia
- » Grado de protección mecánica
- » Clase térmica del aislamiento

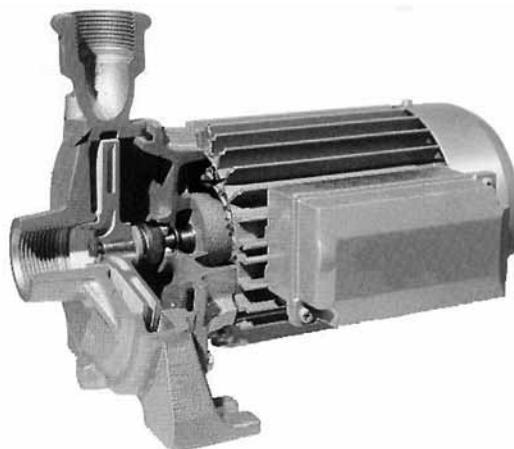


Figura 1. MET acoplado a una bomba centrífuga



» Servicio

Del listado precedente, algunos de los nombres de los parámetros lo definen, pero en cambio hay otros que merecen algunas consideraciones, como las que siguen.

### Forma de fijación

La forma de fijación define cómo se puede fijar mecánicamente el MET, lo cual puede ser: por una base propia o bien directamente a la carga. Generalmente, esto se expresa como "forma constructiva".

Las formas de fijarlos están relacionadas con las formas de acoplamiento entre los MET y sus equipos impulsados, las cuales pueden ser:

- » en forma directa cuando forma parte del equipo (figura 1);
- » empleando su propia base (figura 2);
- » mediante una brida, en su tapa delantera, la cual tiene perforaciones por las cuales pasan los tornillos para hacer la fijación mecánica propiamente dicha (figura 3).

En todos los casos se debe tener en cuenta la posición de la caja de conexión, si bien las formas, dimensiones y posiciones de estas en relación con el eje están normalizadas.



Figura 2. MET con base

### Velocidad

La velocidad se mide en revoluciones por minuto, que se abrevian con las letras rpm. La determinación de las rpm nominales necesarias se hace en función del requerimiento del equipo impulsado. Existe una relación entre esta última, el par motriz y la potencia requerida.

Los valores teóricos nominales normalmente encontrados en el mercado son 3.000, 1.500, 900 y 700 rpm. Estos valores, debido a las características funcionales de este tipo de máquina eléctrica, varían según este orden en 2.850 a 2975; 1415 a 1.490; 910 a 990 y de 680 a 740 rpm.

### Factor de potencia

El factor de potencia es una consecuencia del funcionamiento de los circuitos alimentados con una tensión alterna, en este caso tres por 380 volts-cincuenta hertz, por lo tanto también es válido para el caso de los MET, solo que este varía de acuerdo al valor de la carga que está impulsando. El mejor valor se obtiene cuando desarrolla aproximadamente el total de su potencia nominal.

Habitualmente, la información técnica brindada por los fabricantes lo hace para cincuenta, 75 y cien por ciento de la potencia nominal.



Figura 3. MET con brida

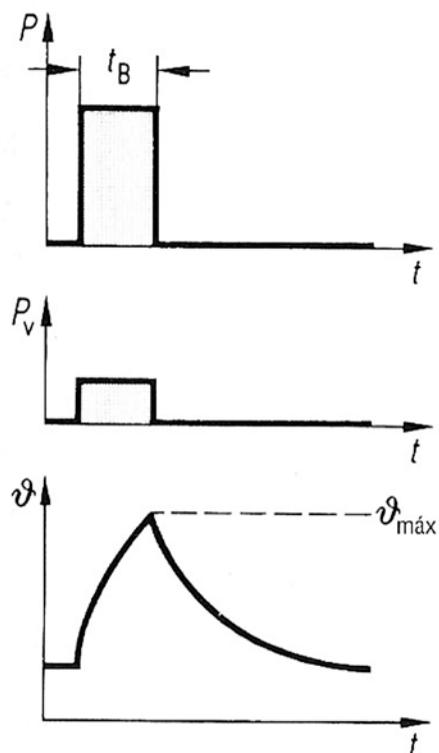


Figura 4. Servicio S2

### Rendimiento

El rendimiento es la relación entre la potencia suministrada y la obtenida. El valor de este parámetro es un índice de la eficiencia que tiene el motor. De manera parecida al factor de potencia, se indica en función del porcentaje de la carga que impulsa.

### Grado de protección mecánica

La norma IRAM 2444, titulada "Grados de protección mecánica proporcionados por las envolturas de equipos eléctricos", establece los distintos grados de protección mecánica de los equipos eléctricos en general.

La clasificación se hace con las siglas IP, seguidas de dos dígitos, el primero de ellos: X, se relaciona con la protección contra el ingreso de los cuerpos sólidos y el segundo, con los líquidos. Por ejemplo: IP 55.

### Clase térmica del aislamiento

Durante el funcionamiento de un MET se desarrolla inevitablemente una cierta cantidad de calor como parte de la conversión de la energía eléctrica en energía mecánica, lo cual está relacionado con el rendimiento, o sea, la eficiencia que tenga.

El MET se diseña para que, suministrándole una cierta cantidad de energía eléctrica, pueda desarrollar una determinada potencia mecánica; esa transformación se hace generando una cantidad de calor que es evacuada a través de la carcasa y con la ayuda del ventilador, estableciéndose un equilibrio térmico (lo cual se traduce en la temperatura nominal) que le permite funcionar adecuadamente.

Este calor se disipa en el medioambiente en el cual está instalado. A la vez, tiene su propia temperatura y esto hace que le aporte una cantidad de calor al MET, la cual se suma, haciendo que se eleve la de este último.

Esto nos dice que los MET trabajan a distintos rangos de temperatura y es por eso que el alambre de cobre que se usa para hacer el bobinado estático debe tener un aislamiento acorde, lo cual lleva a que haya distintos materiales para hacerlo. Para establecer un orden, las normas han definido las clases térmicas de los alambres que se pueden usar.

Es así que encontramos desde los noventa grados hasta los que están por encima de los 240, como lo muestra la tabla 1, la cual es orientativa, pero permite apreciar que se refiere a dos normas internacionales distintas.

Temperatura	IEC 60085	UL 1446
90 °C	Y	-
105 °C	A	-
120 °C	E	E
130 °C	B	B
155 °C	F	F
180 °C	H	H
200 °C	N	N
220 °C	R	R
240 °C	-	S

Tabla 1. Temperatura admisible por los aislamientos

**Servicio**

Estrechamente relacionado con lo anterior, cada motor eléctrico se diseña para que entregue una cierta potencia mecánica y evacue una determinada cantidad de calor con lo cual establece un equilibrio, pero ello no impide que en un momento y por un tiempo determinado se lo pueda sobrecargar, con lo cual se incrementará el calor generado y, por ende, la temperatura, es por esto que se han normalizado las formas de trabajo bajo el nombre de 'servicio', y es así como se pueden encontrar los siguientes:

- » S1. Servicio continuo
- » S2. Servicio temporario
- » S3. Servicio intermitente periódico
- » S4. Servicio ininterrumpido con carga intermitente
- » S5. Servicio intermitente periódico con arranque
- » S6. Servicio ininterrumpido con carga intermitente
- » S7. Servicio ininterrumpido con arranque y frenado eléctrico

- » S8. Servicio ininterrumpido con cambios periódicos de velocidad

A modo de ejemplo, se muestran en las figuras 4 a 6 las representaciones gráficas de los servicios más comunes. Cada uno de ellos tiene un período de marcha y uno de parada. Durante la marcha, se eleva la temperatura y durante la parada, se restablece la temperatura del motor disipando el calor al medioambiente.

Los gráficos muestran más claramente estos conceptos. En todos se aprecian las variaciones en función del tiempo de marcha. En estos se muestran: en el superior (P) la potencia desarrollada; en el medio ( $P_v$ ), las pérdidas eléctricas, y en el inferior, la temperatura.

El tipo de servicio queda determinado por la carga mecánica a la cual esta acoplado el MET.

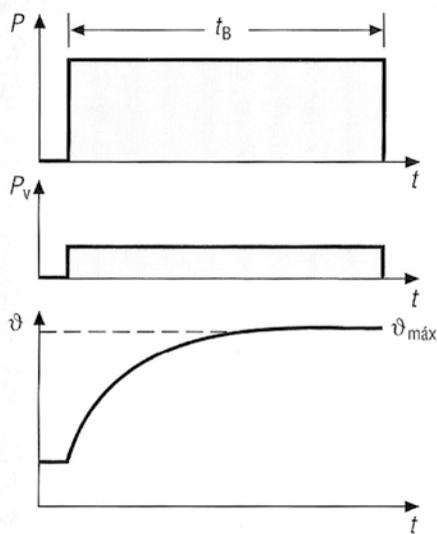


Figura 5. Servicio S1

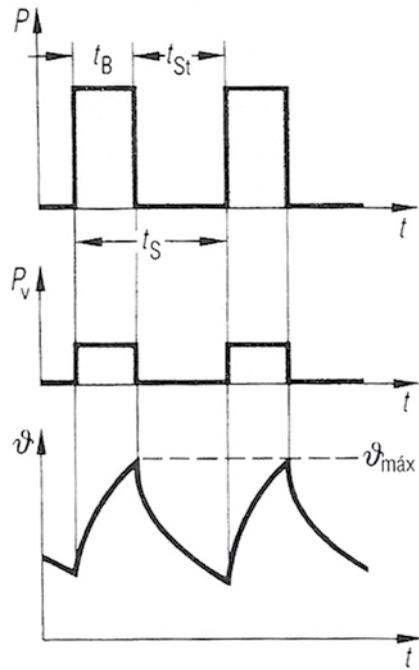


Figura 6. Servicio S3

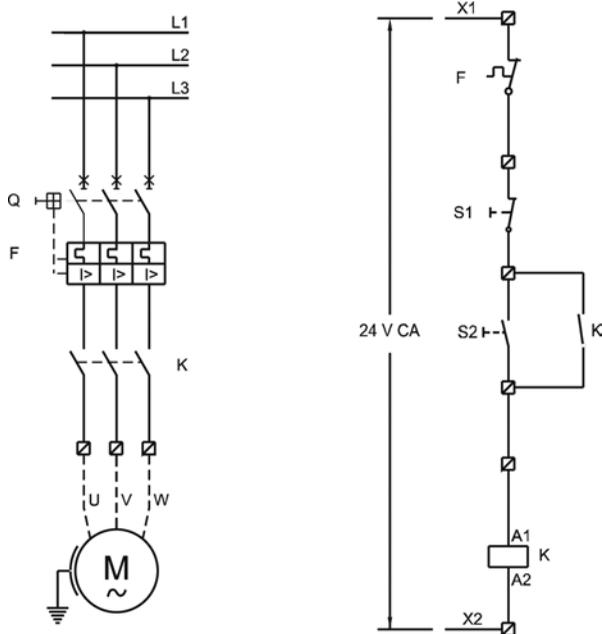


Figura 7. Arranque directo; circuito de comando, control y protección de un MET

### Arranque de los motores eléctricos trifásicos

El tipo de arranque de los MET está relacionado con el tipo de carga acoplada, la potencia y el par de arranque requerido, así como la instalación eléctrica a la cual se conecta.

Los MET con rotor en cortocircuito, cuando se conectan a la instalación eléctrica demandan la denominada “corriente de conexión” (*inrush current*), la cual es mucho mayor de la corriente nominal o asignada. El valor de esta última está directamente relacionado con la potencia eléctrica del motor, la carga acoplada y la forma de conexión.

Para la determinación de la forma de arranque, es necesario conocer el tipo de carga, entendiendo como tal: los requerimientos de potencia mecánica, cupla de arranque, la velocidad de funcionamiento y el tipo de acoplamiento (elástico, con correas, etc.) que se tiene. Los que proyectan y construyen las máquinas tienen experiencia sobre los requerimientos particulares y determinan cómo hacerlo.

Los tipos de arranque pueden ser dos: uno en forma directa, o sea, plena tensión (a la tensión de la instalación eléctrica) y el otro a tensión reducida

(se reduce el valor de la tensión que se le aplica en el momento del arranque).

### Arranque de los motores eléctricos trifásicos

Los distintos tipos de arranque de los MET se implementan con equipos y materiales apropiados, dispuestos en distintos circuitos.

A continuación, se describirán los tipos de arranque más comunes de encontrar en las aplicaciones simples. Tal como se anticipara, el arranque puede ser a plena tensión, o arranque directo, o bien a tensión reducida.

#### Arranque a plena tensión o arranque directo

Se entiende como arranque a plena tensión cuando al MET se lo conecta mediante los dispositivos adecuados directamente a la instalación eléctrica. En la figura 7, a la izquierda se muestra el circuito trifilar o de fuerza motriz y a la derecha. El circuito funcional o de control. Se aprecia la utilización de un guardamotor para la protección y un contactor para maniobrar, existen otras posibilidades de hacerlo.

Este sistema se puede utilizar si la carga acoplada mecánicamente lo admite, porque significa la aplicación de un esfuerzo (par de arranque) mecánico importante.

Es el método más simple, y la corriente eléctrica de arranque se evalúa en función de la nominal y varía aproximadamente entre seis y ocho veces.

La información técnica se puede encontrar también bajo el título de “Corriente de rotor bloqueado IP/IN”. Ella varía según el número de revoluciones por minuto y la potencia eléctrica.

La importancia de este tema radica en que la corriente eléctrica de conexión, cuando es elevada, produce una caída de tensión importante en la instalación eléctrica durante el tiempo que dura el arranque. Ella se manifiesta en los sistemas de iluminación, haciéndole decaer el flujo emitido a las lámparas incandescentes, y llegando a apagar a las de descarga, televisores y computadoras. Estas



razones implican la necesidad de prestar la debida atención al tema.

La caída de tensión en los bornes de un MET debe ser como máximo del diez por ciento de la nominal en funcionamiento normal (342 volts) y del quince por ciento durante el periodo de arranque (323 volts).

Existen regulaciones por parte de algunas empresas distribuidoras de la energía eléctrica al respecto, limitando la potencia de los MET que arrancan en forma directa.

Otra repercusión importante de esta corriente de conexión es su incidencia sobre la regulación de las protecciones, ya que al ser un valor elevado, puede llegarse a valores cercanos a la corriente de cortocircuito disponible en el lugar. ■

#### Bibliografía

- [1] Sobrevila, M. Máquinas eléctricas, Librería y Editorial Alsina, Rosario
- [2] Sobrevila, M. Accionamientos, Librería y Editorial Alsina, Rosario
- [3] Sobrevila, M., Farina, A. Instalaciones eléctricas, Librería y Editorial Alsina, Rosario

**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 estrella-triángulo e inversión del giro\*
- Parte 4: Protección\*
- Parte 5: Montajes y puesta en marcha\*
- Parte 6: Los MET y los RIEI b\*

\*A publicar

#### 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*

