



UF0897: Montaje y mantenimiento de máquinas eléctricas rotativas

Certificado de Profesionalidad

*ELEE0109 - Montaje y mantenimiento de
instalaciones eléctricas de baja tensión*



ELEE0109 > MF0825_2 > UF0897

ic editorial

Montaje y mantenimiento de máquinas eléctricas rotativas. ELEE0109

Joaquín González Pérez

ic editorial

Editado por:

INNOVACIÓN Y CUALIFICACIÓN, S. L.

C.I.F.: B-92.041.839

Avda. El Romeral, 2. Polígono Industrial de Antequera

29200 ANTEQUERA, Málaga

Teléfono: 952 70 60 04

Fax: 952 84 55 03

Correo electrónico: iceditorial@iceditorial.com

Internet: www.iceditorial.com

Montaje y mantenimiento de máquinas eléctricas rotativas. ELEE0109

Autor: Joaquín González Pérez

1ª Edición

© De la edición INNOVA 2012

INNOVACIÓN Y CUALIFICACIÓN, S. L., ha puesto el máximo empeño en ofrecer una información completa y precisa. Sin embargo, no asume ninguna responsabilidad derivada de su uso, ni tampoco la violación de patentes ni otros derechos de terceras partes que pudieran ocurrir. Mediante esta publicación se pretende proporcionar unos conocimientos precisos y acreditados sobre el tema tratado. Su venta no supone para INNOVACIÓN Y CUALIFICACIÓN, S. L., ninguna forma de asistencia legal, administrativa ni de ningún otro tipo.

Reservados todos los derechos de publicación en cualquier idioma.

Según el Código Penal vigente ninguna parte de este o cualquier otro libro puede ser reproducida, grabada en

alguno de los sistemas de almacenamiento existentes o transmitida por cualquier procedimiento, ya sea electrónico, mecánico, reprográfico, magnético o cualquier otro, sin autorización previa y por escrito de INNOVACIÓN Y CUALIFICACIÓN, S. L.; su contenido está protegido por la Ley vigente que establece penas de prisión y/o multas a quienes intencionadamente reprodujeran o plagiaren, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica.

ISBN: 978-84-15670-57-5

Presentación del manual

El **Certificado de Profesionalidad** es el instrumento de acreditación, en el ámbito de la Administración laboral, de las cualificaciones profesionales del Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales adquiridas a través de procesos formativos o del proceso de reconocimiento de la experiencia laboral y de vías no formales de formación.

El elemento mínimo acreditable es la **Unidad de Competencia**. La suma de las acreditaciones de las unidades de competencia conforma la acreditación de la competencia general.

Una **Unidad de Competencia** se define como una agrupación de tareas productivas específica que realiza el profesional. Las diferentes unidades de competencia de un certificado de profesionalidad conforman la **Competencia General**, definiendo el conjunto de conocimientos y capacidades que permiten el ejercicio de una actividad profesional determinada.

Cada **Unidad de Competencia** lleva asociado un **Módulo Formativo**, donde se describe la formación necesaria para adquirir esa **Unidad de Competencia**, pudiendo dividirse en **Unidades Formativas**.

El presente manual desarrolla la Unidad Formativa **UF0897: Montaje y mantenimiento de máquinas eléctricas rotativas**,

perteneciente al Módulo Formativo **MF0825_2: Montaje y mantenimiento de máquinas eléctricas**,

asociado a la unidad de competencia **UC0825_2: Montar y mantener máquinas eléctricas,**

del Certificado de Profesionalidad **Montaje y mantenimiento de instalaciones eléctricas de baja tensión.**

Capítulo 1

Máquinas eléctricas rotativas de Corriente Continua (CC) y Corriente Alterna (CA): generadores y motores

1. Introducción

En el desarrollo de este capítulo se van a analizar las principales características y el funcionamiento de las máquinas eléctricas rotativas de corriente continua y corriente alterna. Dicho funcionamiento se basa en un cambio energético entre energía eléctrica en mecánica, en el caso de los motores, y de energía mecánica en eléctrica, en el caso de los generadores.

Además, se va a realizar un recorrido por las distintas partes de las máquinas, incidiendo en las características constructivas y funcionales de las mismas.

Por otro lado, el análisis de las curvas características ayudará a comprender el funcionamiento real de las máquinas y la influencia de unos parámetros sobre otros.

Para terminar, se descubrirán las aplicaciones más importantes de las máquinas eléctricas, las cuales se hacen fundamentales en la sociedad actual.

2. Principios de funcionamiento

El descubrimiento de las máquinas eléctricas como tales tiene lugar en 1832 y, desde ese año hasta nuestros días, los avances en este sector han sido increíbles, siendo las máquinas eléctricas elementos fundamentales en la vida cotidiana de las personas.

Su principio básico de es la conversión energética: de movimiento (energía mecánica) a electricidad (energía eléctrica) o viceversa.

2.1. Definición de máquina eléctrica

Se entiende por máquina eléctrica el conjunto de elementos capaces de producir, aprovechar o transformar la energía eléctrica.

Las máquinas eléctricas son elementos que realizan una conversión de energía, pasando de una forma a otra, siendo al menos una de ellas energía eléctrica.

Si dicha serie de elementos son capaces de convertir la energía mecánica en energía eléctrica, se llamará a esa máquina eléctrica generador.

Si los elementos transforman la energía eléctrica en energía mecánica, se llamará a esa máquina eléctrica motor.

La relación existida en la conversión de energía mecánica en eléctrica o viceversa es lo que se llama Principio de conservación de la energía electromecánica.



Recuerde

Se entiende por máquina eléctrica el conjunto de elementos capaces de producir, aprovechar o transformar la energía eléctrica.

En los esquemas que se presentan a continuación, se representa la transformación energética que realizan las máquinas eléctricas.



2.2. Principios de funcionamiento de las máquinas eléctricas rotativas

La base del funcionamiento de las máquinas eléctricas rotativas se encuentra en los tres principios fundamentales de la inducción electromagnética:

- Una corriente eléctrica que circula por un conductor arrollado en un núcleo metálico de acero o hierro hace que este tenga comportamiento magnético, es decir, que se comporte como un imán.
- Se dan fuerzas a distancia entre dos conductores por los que circulan corrientes eléctricas.
- Cuando un conductor se mueve en el seno de un campo magnético, se produce en él una corriente eléctrica.

Para realizar una correcta descripción del principio de funcionamiento de las máquinas rotativas, se va a separar el funcionamiento de los generadores y de los motores.

Principio de funcionamiento de las máquinas eléctricas: generadores

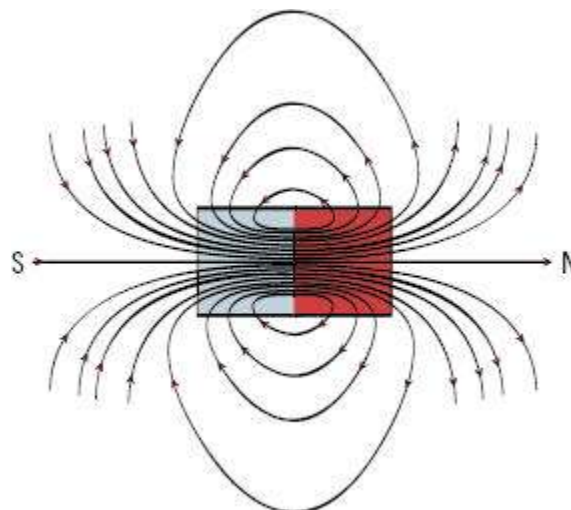
Se sabe que cuando un conductor se mueve dentro de un campo magnético se produce (induce) en él una corriente eléctrica. A esta corriente eléctrica se le llama fuerza electromotriz y se representa con las siglas f.e.m.

Por tanto, según esto, lo que se debe tener para conseguir crear un generador es:

- Campo magnético.
- Movimiento de un conductor.

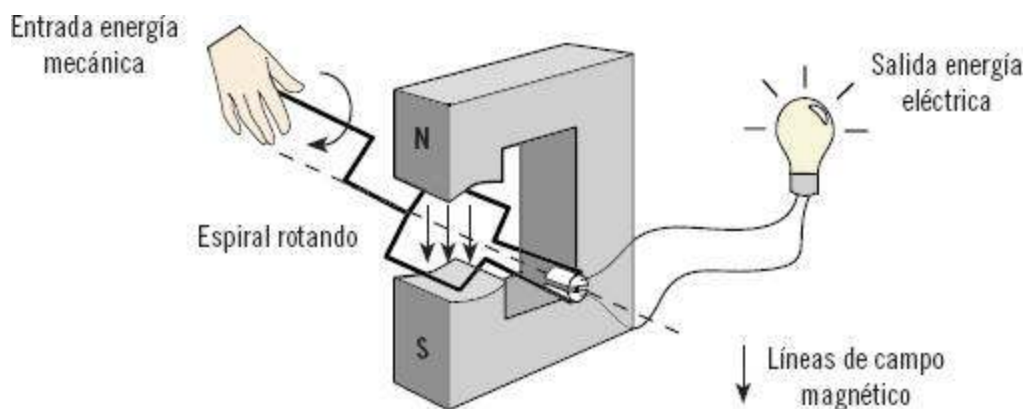
El campo magnético en los generadores se obtiene de un núcleo metálico con comportamiento magnético (imán). El imán, con sus correspondientes polos, crea el campo magnético caracterizado por sus líneas de campo, que van desde el polo norte hasta el polo sur.

Líneas de campo magnético creado por un imán



El movimiento del conductor se consigue mediante energía de movimiento que pueda provocar un giro del conductor en el seno del campo magnético creado por el imán. Dicho giro debe hacerse de tal forma que el campo magnético corte al conductor.

Funcionamiento del generador eléctrico



En la imagen, puede observarse un imán representado por sus polos norte y sur. Este imán crea un campo magnético, representado por sus líneas de campo. Si se introduce entre los polos de ese imán un hilo de material conductor de electricidad, por ejemplo de cobre, y se comienza a girar, se ve cómo se produce una circulación de electricidad en el conductor, y si se conectan dos extremos del mismo a una bombilla, se ve cómo la misma se enciende.



Nota

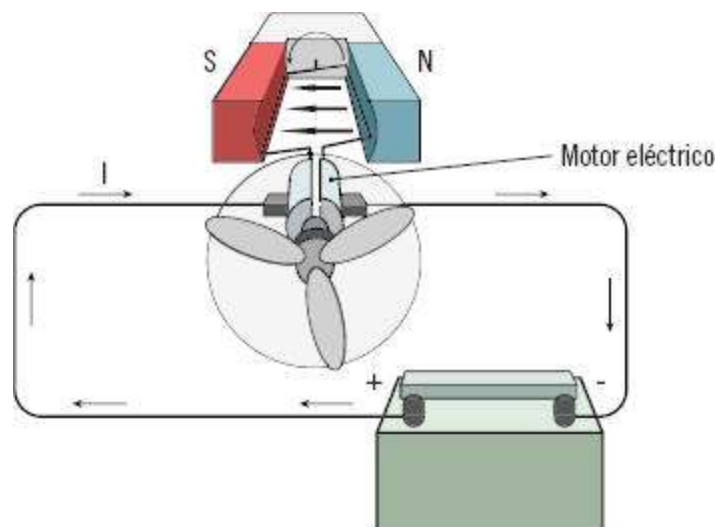
El sentido de la corriente eléctrica dependerá del sentido de rotación. Así, si se gira en sentido contrario, la corriente eléctrica también cambiará de sentido.

Principio de funcionamiento de las máquinas eléctricas: motores

Si se aplica una corriente a un conductor en el seno de un campo magnético (cuyo origen puede ser un imán), este girará cortando las líneas de campo. El sentido de giro dependerá del sentido de circulación de la corriente eléctrica y cambiará si la corriente cambia de sentido.

En la imagen que se presenta a continuación, puede observarse un imán con sus respectivos polos y las líneas de campo N-S. En el interior, se tiene un conductor conectado a una pila por el que circula corriente eléctrica. Cuando por dicho conductor comienza a circular corriente eléctrica, empieza a producirse el giro de la espira del interior del campo eléctrico.

Funcionamiento del motor eléctrico



Nota

Este movimiento se podrá utilizar para determinadas operaciones, dependiendo de la función del motor eléctrico. En este caso, se utiliza para producir el giro de un pequeño ventilador.

2.3. Componentes básicos de las máquinas eléctricas rotativas

Puede decirse que toda máquina rotativa, en general, consta principalmente de los siguientes elementos:

- Inductor.
- Inducido.
- Escobillas.
- Culata o carcasa.
- Entrehierro.
- Cojinetes.

A continuación, se va a realizar una descripción más detallada de dichas partes.

Inductor

Es una de las partes fundamentales de las máquinas eléctricas. Su función es la producción y conducción del flujo magnético. Dicha parte también se denomina estator, ya que constituye la parte fija de la máquina. Básicamente, se constituye por un electroimán formado por un número par de polos. Estos polos se encuentran arrollados por unas bobinas (devanado) que producen el campo magnético del inductor al circular por ellos la corriente de excitación.

El inductor o estator consta de las siguientes partes:

- **Pieza polar:** es la parte del inductor sujeta a la culata de la misma. En ella, se incluye el núcleo que produce el campo magnético y las expansiones polares.
- **Núcleo:** es una de las partes del circuito magnético de la máquina, junto con los polos, la expansión de estos, el entrehierro, el inducido y la culata.
- **Devanado inductor:** está formado por el conjunto de espiras que producen el flujo magnético cuando circula por ellas la energía eléctrica.
- **La expansión polar:** es la parte más ancha de la pieza polar. Se encuentra próxima al inducido o rotor de la máquina.



Nota

El número de espiras depende del tipo y función de la máquina.

En conclusión, puede decirse que el inductor es el imán que produce el campo magnético en las máquinas eléctricas rotativas.

Inducido

Es otra de las partes fundamentales de las máquinas rotativas. Se denomina también rotor, por ser la parte giratoria de la máquina eléctrica. El inducido se constituye por una serie de elementos:

- **Núcleo del inducido:** está formado por un cilindro de chapas de carácter magnético. El material de estas chapas suele ser acero laminado con,

aproximadamente, un 2% de silicio en su composición para reducir las pérdidas magnéticas. En estas chapas, se realizan unas ranuras que servirán para alojar los hilos de cobre del devanado inducido. Este cilindro se fija al eje de la máquina, el cual descansa sobre los cojinetes de apoyo.

- **Devanado inducido:** se encuentra conectado al circuito exterior de la máquina a través del colector y es en él donde se produce la conversión de energía. El hilo de cobre utilizado para el devanado inducido y para el devanado inductor es de cobre electrolítico, que presenta una resistividad eléctrica de $0,017 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ a 20°C de temperatura. Es el cable por el que circula la corriente eléctrica al generarla con el generador y es el cable en el que se produce el giro al circular por él corriente de una fuente exterior.
- **Colector:** está constituido por una serie de láminas de cobre aisladas, llamadas delgas. Estas láminas están aisladas entre sí y conectadas a las secciones del devanado del inducido. Sobre las delgas se deslizan las escobillas.



Definición

Resistividad eléctrica

Resistencia eléctrica asociada a un material. Da una idea de la dificultad o facilidad que tiene el material para conducir la electricidad. cuanto más alto es el valor, más dificultosa es la conducción de la energía eléctrica por el material. Sus unidades son: $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ [ohmios por milímetro cuadrado entre metro].

Escobillas

Generalmente, se constituyen de carbón o grafito. Se alojan en el portaescobillas, desde donde se deslizan sobre las delgas del colector y, mediante un conductor flexible, se unen a los bornes del inducido.

Culata

La culata es la envoltura de la máquina eléctrica. Está hecha de material ferromagnético. Su función es conducir el flujo creado por el devanado inductor. También se unen a la culata los polos de la máquina.

Entrehierro

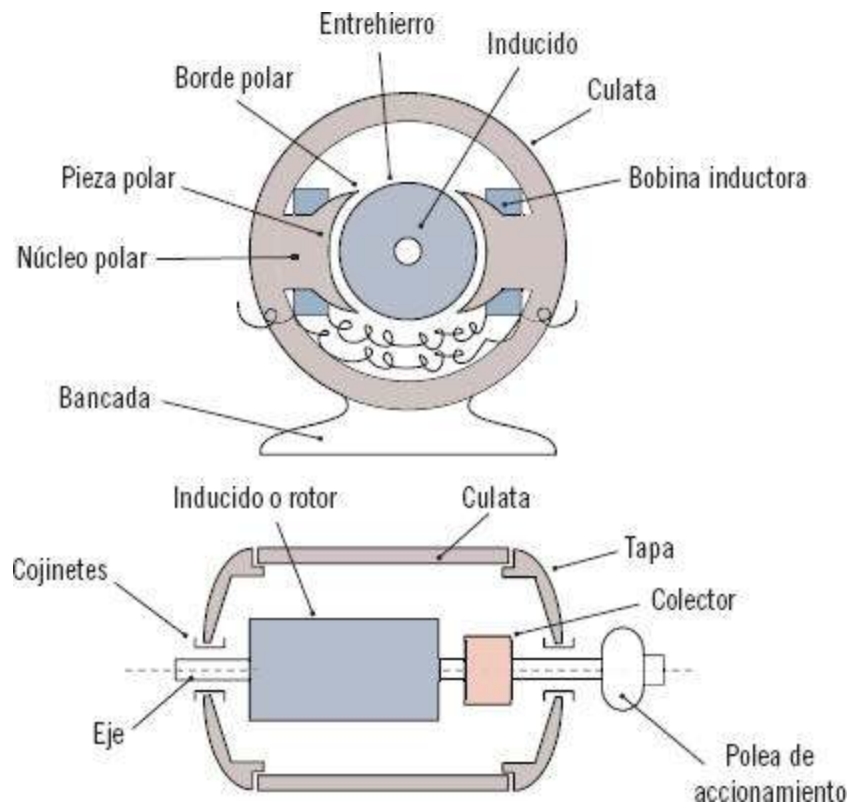
Es el espacio existente entre la parte fija y la móvil de la máquina, es decir, entre el rotor y las expansiones polares. Su misión es evitar el rozamiento entre ambas partes.

Cojinetes

Son los elementos que sirven de apoyo al eje del rotor de la máquina.

En el siguiente esquema, pueden verse representadas cada una de las partes de las máquinas eléctricas rotativas.

Esquema representativo de las partes de las máquinas

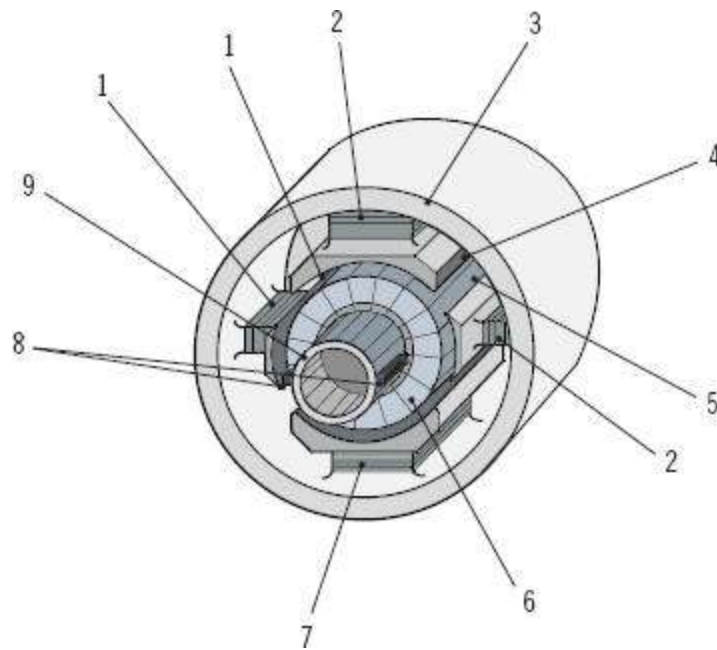


2.4. Aplicación práctica

Identifique en el dibujo las siguientes partes de la máquina rotativa:

- Estator o inductor.
- Rotor o inducido.
- Entrehierro.
- Culata.
- Núcleo polar.
- Arrollamientos del inductor.
- Colector de delgas.
- Escobillas.
- Arrollamiento del inducido.
- Pieza polar.

Partes de la máquina rotativa



Solución

Cada número corresponde con las siguientes partes de la máquina eléctrica rotativa:

1. Entrehierro.
2. Núcleo polar.
3. Culata.
4. Pieza polar.
5. Rotor o inducido.
6. Arrollamiento del inducido.
7. Arrollamiento del inductor.
8. Escobillas.
9. Colector de delgas.
10. Estator o inductor.

3. Clasificación de las máquinas eléctricas. ITC-BT-47

Las máquinas eléctricas se pueden clasificar en general tal y como se observa en el siguiente cuadro.

CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS							
		Tipo de corriente					
Máquina eléctrica	Generadores	Corriente continua		Corriente alterna			
	Motor	Dinamo	Independiente Serie	Alternador	Monofásico Trifásico Polos lisos Polos salientes		
		Motor	Shunt o derivación Compound Independiente Serie Shunt o derivación Compound	Motor monofásico	Inducción	Jaula	Fase partida Condensador Espira de sombra
						Rotor devanado	Repulsión Repulsión en arranque Repulsión-Inducción
					Síncrono	Histéresis Reluctancia Imán permanente	
				Polifásicos	Inducción	Jaula de ardilla Rotor devanado	
					Síncronos		
				Universales			

Cuadro de clasificación de máquinas

3.1. ITC-BT-47

La Instrucción Técnica Complementaria de Baja Tensión 47 (ITC-BT-47) se centra en la instalación de receptores, centrándose en los motores.



Nota

Este texto sirve para ver las condiciones de funcionamiento e instalación de los motores.

A continuación, se realizará un resumen de los puntos principales tratados por la Instrucción.

Objeto y campo de aplicación

El objetivo principal es definir las condiciones de instalación de los motores. Dichas máquinas deben cumplir los requisitos aplicables de las directivas europeas conforme a lo establecido en el artículo 6 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Condiciones generales de instalación

La instalación de motores ha de estar de acuerdo con la norma UNE 20.460 y con las especificaciones correspondientes al lugar donde se va a instalar el motor. Asimismo, hay que tener en cuenta que las partes móviles del motor no puedan provocar accidentes y que el motor no esté en contacto con materias combustibles.

Conductores de conexión

Los conductores eléctricos encargados de transportar la electricidad hasta el motor deben cumplir una serie de premisas, dependiendo del número de motores que conectan:

- **Un solo motor:** los conductores que alimentan un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor.
- **Varios motores:** los conductores que alimentan a varios motores deben estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.
- **Carga combinada:** los conductores que alimentan a motores y otros receptores deben estar dimensionados para la intensidad de los receptores, más la intensidad de los motores calculada como se indica en los puntos anteriores.



Definición

Dimensionado de conductores

Cálculo que se realiza en los cableados de los elementos eléctricos para que resistan la corriente que circula por ellos. Dicho dimensionado da una idea del espesor del conductor, que suele ser de aluminio o cobre, y cuanto más espesor tenga, mejor estará dimensionado para soportar la corriente eléctrica.

Protección contra sobreintensidades

Los motores siempre deben de estar protegidos contra sobreintensidades y sobrecargas. Esta protección dependerá del tipo de motor y de las condiciones de servicio de este.



Importante

Siempre deben seguirse las recomendaciones dadas por el fabricante.

Uno de los elementos más comunes que sirve de protección contra las sobreintensidades son los fusibles, cuyo uso es muy común en algunos motores.



Fusibles

Protección contra la falta de tensión

Los motores deben protegerse contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, en los casos en los que el arranque falla y puede producirse un accidente.

Este dispositivo puede estar incluido en la protección contra sobreintensidades o sobrecargas y puede proteger a más de un motor si se cumple una de estas dos circunstancias:

- Los motores están instalados en el mismo local y la suma de las potencias absorbidas no es superior a 10 kW.

- Los motores están instalados en el mismo local y cada uno de ellos se queda en el estado inicial de arranque ante una falta de tensión.

Sobreintensidad de arranque

Los motores deben tener limitada la intensidad que absorben en el arranque, cuando por este hecho pueden afectar a la instalación o a otros receptores.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kW deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación entre la intensidad de arranque y la intensidad de marcha normal sea superior al valor indicado en la siguiente tabla.

Motores de corriente continua		Motores de corriente alterna	
Potencia nominal del motor	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y la de plena carga	Potencia nominal del motor	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y la de plena carga
De 0,75 kW a 1,5 kW	2,5	De 0,75 kW a 1,5 kW	4,5
De 1,5 kW a 5,0 kW	2,0	De 1,5 kW a 5,0 kW	3,0
De más de 5,0 kW	1,5	De 5,0 kW a 15,0 kW	2,0
		De más de 15,0 kW	1,5

Tabla de sobreintensidades de arranque, ITC.BT.47



Definición

Reóstato de arranque

Elemento cuya resistencia al paso de corriente eléctrica es elevada. Su uso en el arranque de

motores es muy común, ya que reduce la intensidad de arranque a valores no perjudiciales.

En los motores de ascensores y grúas, la intensidad normal a plena carga se multiplicará por 1,3 antes de hallar la sobreintensidad de arranque máxima.

Instalación de reóstatos y resistencias

Los reóstatos de arranque y regulación de velocidad y las resistencias adicionales de los motores se colocarán de modo que estén separados de los muros 5 cm como mínimo.

Para su colocación, se debe tener en cuenta que no causen deterioros por radiación térmica o acumulación de polvo.



Nota

También se debe de tener en cuenta que no se pongan en contacto con objetos combustibles. Si esto no fuera posible, se debe realizar en ellos un revestimiento ignífugo.

Por otro lado, se deben poder separar de la instalación estos elementos por dispositivos de corte onnipolar, como pueden ser los interruptores generales del receptor correspondiente.



Reóstato de arranque

Herramientas portátiles

Las herramientas portátiles usadas en las obras civiles y de construcción deben ser de Clase II o III. Si se usan herramientas de Clase I, se deben conectar a un transformador de separación de circuitos.

En el caso de desarrollar con esas máquinas trabajos en ambientes conductores, tales como hormigonado en el interior de calderas, tuberías metálicas o ambientes similares, las herramientas portátiles deben ser de Clase III.



Sabía que...

La clase de las máquinas indica el grado de protección de las mismas. cuanto más elevada es la clase, más protecciones tendrán.

Además, siempre es importante cumplir las 5 reglas de oro para trabajar sin tensión en trabajos con corriente eléctrica.

Las "5 Reglas de oro" para trabajar en Instalaciones eléctricas (Art, 62 Y 67 de O.G.S.H.T.)		Tipo de instalación	
		Baja Tensión $U < 1000 \text{ V}$	Alta tensión $U \geq 1000 \text{ V}$
1ª	Abrir todas las fuentes de tensión.	Obligatorio	Obligatorio
2ª	Enclavamiento o bloqueo si es posible» de los aparatos de corte.	Obligatorio si es posible	Obligatorio si es posible
3ª	Reconocimiento de la ausencia de tensión.	Obligatorio	Obligatorio
4ª	Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.	Recomendable	Obligatorio
5ª	Delimitar la zona de trabajo mediante señalización o pantallas aislantes.	Recomendable	Obligatorio



Aplicación práctica

Según la ITC-BT, resuelva los siguientes casos prácticos:

¿Cuál es la intensidad máxima de arranque de un motor de corriente continua de 3 kW cuya intensidad de funcionamiento a plena carga es de 8 A (amperios)?

¿Cuál es la intensidad máxima de arranque de un motor de corriente continua de 6 kW cuya intensidad de funcionamiento a plena carga es de 7,5 A?

¿Cuál es la intensidad máxima de arranque de un motor de corriente alterna de 7 kW cuya intensidad de funcionamiento a plena carga es de 9 A?

SOLUCIÓN

Como se tiene un motor de corriente continua de 3 kW, según la tabla de la ITC-BT, la constante de proporcionalidad entre intensidad de arranque y funcionamiento a plena carga es de 2. Por tanto:

$$\text{Int. Arranque} = 2 \times 8 = 16 \text{ A}$$

Como se tiene un motor de corriente continua de 6 kW, según la tabla de la ITC-BT, la constante de proporcionalidad entre intensidad de arranque y funcionamiento a plena carga es de 2,5. Por tanto:

$$\text{Int. Arranque} = 2,5 \times 7,5 = 18,75 \text{ A}$$

Como se tiene un motor de corriente alterna de 7 KW, según la tabla de la ITC-BT, la constante de proporcionalidad entre intensidad de arranque y funcionamiento a plena carga es de 2. Por tanto:

$$\text{Int. Arranque} = 2 \times 9 = 9 \text{ A}$$

4. Máquinas de Corriente Continua (CC)

Las máquinas de corriente continua son las primeras máquinas que se lograron generalizar para su uso industrial. Este hecho se debió a la gran capacidad de las mismas en la regulación de la velocidad, si se habla de motores de corriente continua.

Dada su gran capacidad de regulación de velocidad, pueden encontrarse motores de CC en arrastres de cintas

transportadoras, alimentadores, etcétera.

Los generadores de corriente continua se utilizan para excitar a generadores síncronos de grandes centros de producción eléctrica, como pueden ser centrales térmicas e hidráulicas.

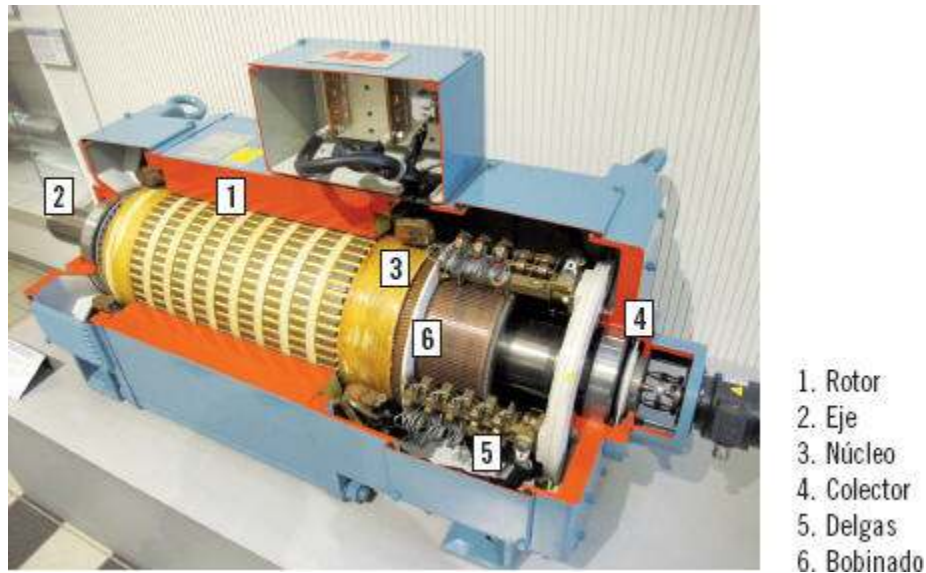


Nota

Actualmente, los motores de CC están cayendo en desuso, ya que están siendo reemplazados por motores asíncronos gobernados por variadores de velocidad.

Estructuralmente, las máquinas de corriente continua se diferencian de las máquinas de corriente alterna en que sus polos, alojados en el estator, son salientes y su rotor es liso. Por otra parte, otra característica común a estas máquinas es el colector de delgas y las escobillas en el eje de rotación de la máquina.

Máquina de JC



4.1. Magnitudes fundamentales en las máquinas de corriente continua: la fuerza electromagnética (FEM) y el par electromagnético

La fuerza electromotriz y el par electromagnético son dos magnitudes que es fundamental conocer para comprender el correcto funcionamiento de estas máquinas.

La Fuerza Electromotriz (FEM)

Tal y como se vio en apartados anteriores, un conductor eléctrico que se mueve en el interior de un campo magnético origina una fuerza electromotriz.

El valor de dicha fuerza electromotriz, en el caso de motores de corriente continua, en los que el devanado del rotor se encuentran de forma perpendicular al campo magnético, viene dado por:

$$E = L \times v \times B$$

Donde:

- E: fuerza electromotriz inducida.
- v: velocidad a la que se mueve el conductor.
- B: valor del campo magnético.

Pero en una máquina de corriente continua no hay un único conductor. Por tanto, se realiza una generalización de la fórmula, quedando:

$$E = K_e \times \Phi \times N$$

Donde:

- K_e : constante propia de la máquina.
- Φ : flujo magnético, es el producto del campo magnético y el área de uno de los polos del estator.
- N: frecuencia de giro del motor (cuanta más velocidad, mayor es la frecuencia de giro),

Por tanto, puede decirse que la fuerza electromotriz en el devanado del inducido de una máquina de corriente continua es proporcional a la velocidad de giro del rotor y al flujo magnético por polo.

Esta fuerza acompañará en su funcionamiento tanto a los generadores como a los motores de corriente continua.