



Hay muchos tipos de motores

Motor eléctrico

Existen varios tipos de motores y continuará proliferando nuevos tipos de motores según avance la tecnología. Pero antes de adentrarnos en la clasificación, vamos a definir los elementos que componen a los motores.

- 1. La carcasa** o caja que envuelve las partes eléctricas del motor, es la parte externa.
- 2. El inductor**, llamado **estator** cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado estatórico, que es una parte fija y unida a la carcasa.
- 3. El inducido**, llamado **rotor** cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado rotórico, que constituye la parte móvil del motor y resulta ser la salida o eje del motor.

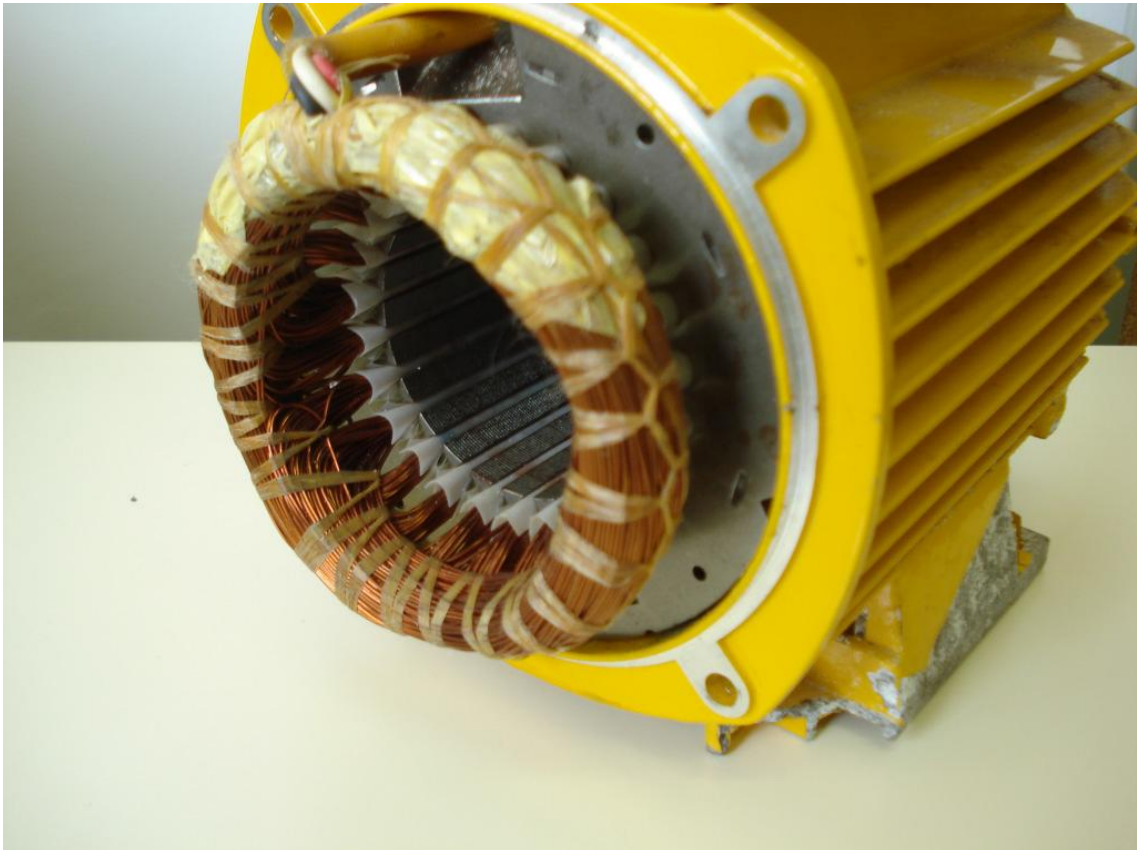
Ahora que ya sabemos diferencias las diferentes partes que componen un motor, vamos a clasificarlos:

1) PARTES DE UN MOTOR

El motor asíncrono trifásico tiene por dos partes fundamentales:

-**Estátor (Inductor)**: es la parte fija del motor, está compuesta por la **carcasa** de acero que contiene al **núcleo magnético** del devanado estatórico o inductor. Esta carcasa sirve para proteger y disipar el calor generado dentro del motor a través de sus aletas. El núcleo estatórico está compuesto por un conjunto de chapas de hierro apiladas, formado un cilindro hueco, en cuyo interior se alojará el rotor. En el interior de de este núcleo se han practicado un conjunto de ranuras donde se bobinan el **devanado inductor**.

- **Rótor (Inducido)**: es la parte móvil del motor. Acoplado al eje se sitúa el núcleo rotórico, en cuya superficie de alojan cierto número de barras conductoras cortocircuitadas en sus extremos mediante anillos conductores. Este tipo de rótores se llaman de **jaula de ardilla**. El eje de giro se sujeta a la carcasa mediante unos **cojinetes** o rodamientos, y transmiten el par de fuerzas a la carga mediante una transmisión mecánica de tipo engranaje, correa, o cadena, con embrague y/o freno mecánico. La transmisión hace la función de **reductor** de velocidad, adecuando la velocidad del motor a la velocidad de la carga.



- **Refrigeración:** si acoplamos un ventilador al eje de giro, éste refrigerará al motor cuando gire, evacuando el calor al exterior, esto se llama auto-ventilación.

MOTOR ELECTRICO – TIPOS Y FUNDAMENTOS

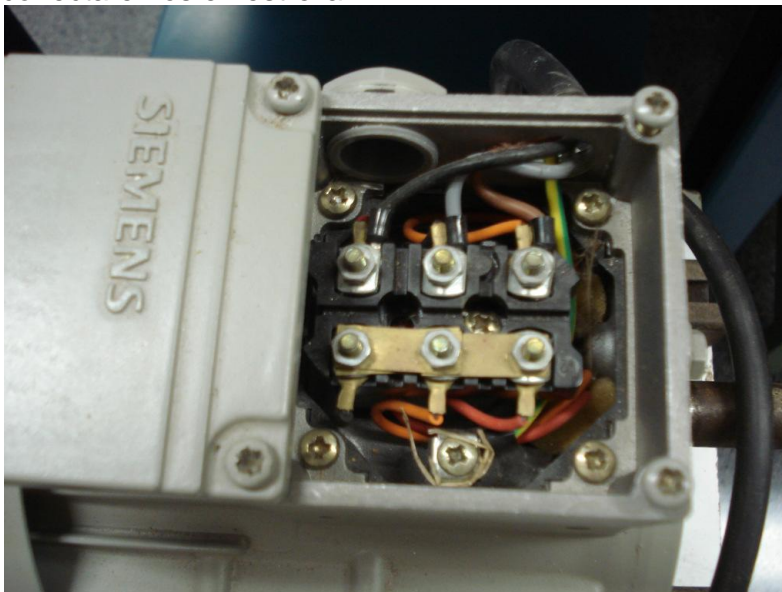
También existen motores con ventilación forzada, si el ventilador tiene su propio motor, o refrigerados con agua, aceite,...

- **Caja de bornes:** Aloja a los terminales de los devanados estatórios para su conexión a la alimentación. Existen 2 terminales por devanado, y un devanado por fase.

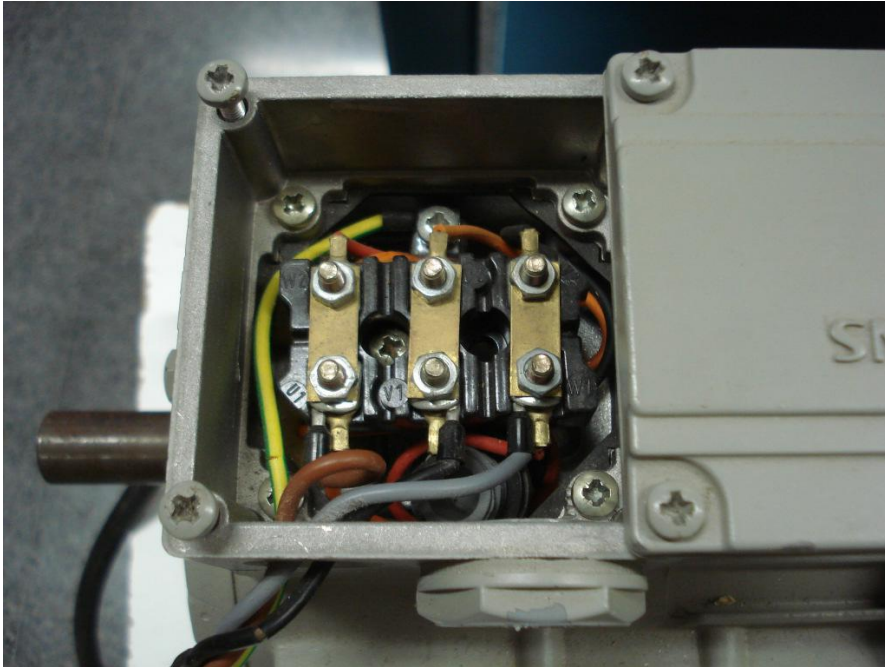
- **Entrehierro:** Es el espacio de aire que separa el estátor del rotor. Debe ser lo más reducido posible para minimizar los flujos de dispersión y reducir la **reluctancia** (La reluctancia magnética de un material o circuito magnético es la resistencia que este posee al paso de un flujo magnético cuando es influenciado por un campo magnético) del circuito magnético (el aire conduce peor el flujo magnético que el hierro).

2) CONEXIONADO y ARRANQUE

Los motores asíncronos trifásicos son motores **bitensión**, puede conectarse a dos tensiones de red diferentes, p.e 220/380 V. La tensión menor indica la tensión de fase nominal, o sea, la máxima tensión a aplicar al bobinado. Un exceso de tensión puede provocar perforaciones en el aislamiento y/o sobrecalentamiento, reduciendo drásticamente la vida útil. Una tensión demasiado pequeña reduce en un tercio potencia útil del motor. Así, ante una red con la tensión menor conectaremos el motor en triángulo, y ante una red con la tensión mayor lo conectaremos en estrella.



Conexión en estrella



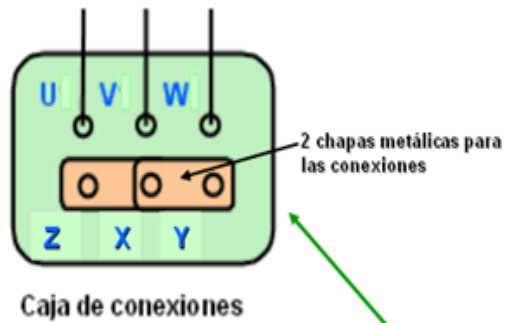
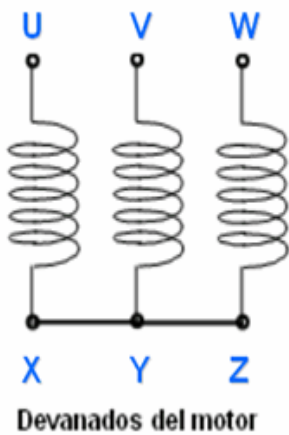
Conexión en triángulo

Los motores trifásicos presentan lógicamente tres devanados (tres impedancias) y seis bornes. Los fabricantes, para facilitar las conexiones (sobretudo el triángulo), disponen en la caja de bornes una colocación especial de estos. Observa la Fig y fíjate que las conexiones para realizar un triángulo son:

- X con V
- Y con W
- Z con U

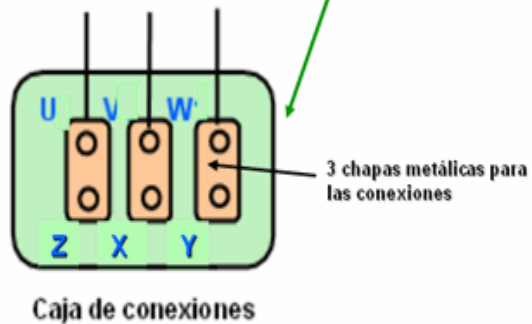
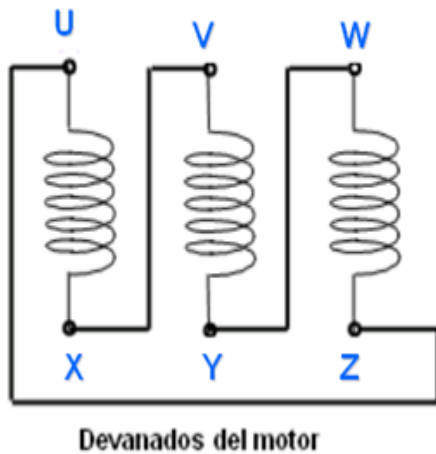
En vista de esto, la caja de bornes viene distribuida como puedes ver, lo que ayuda mucho para conectar en triángulo pues este se realiza uniendo bornes en vertical, mediante conectores o chapas metálicas.

Conexión en Estrella



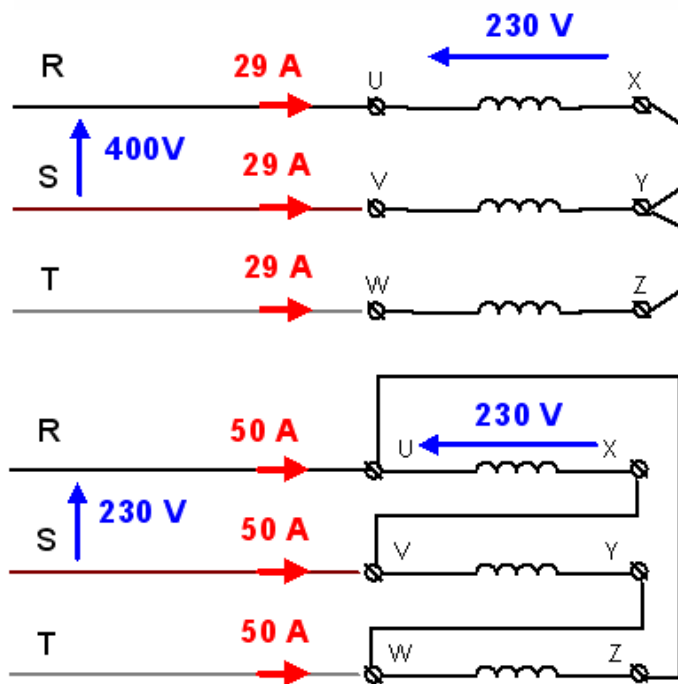
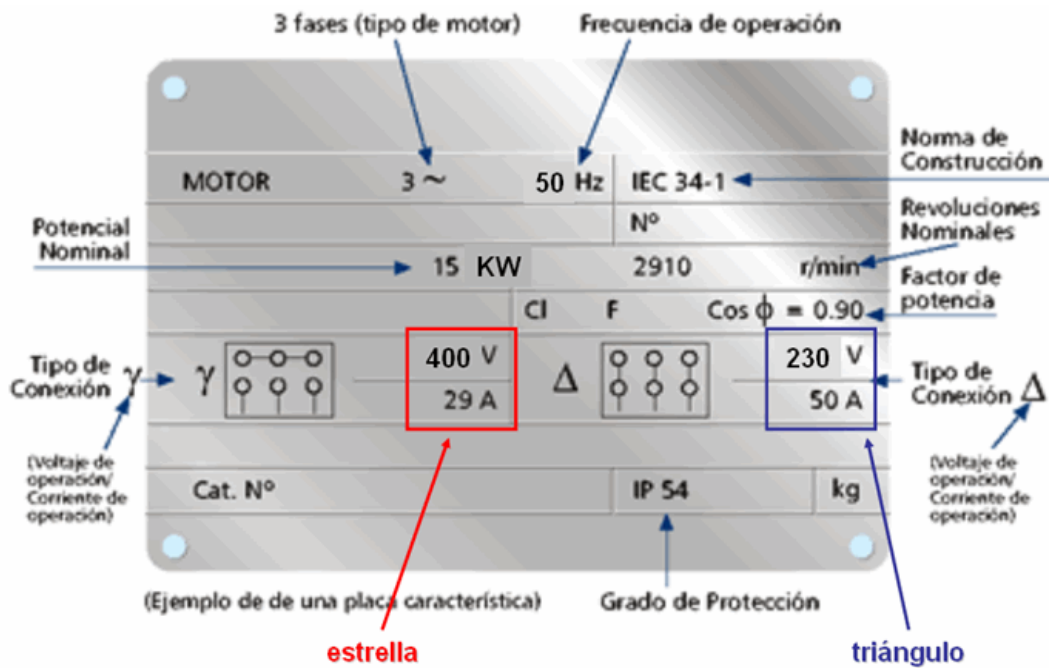
CAJA DE BORNES

Conexión en Triángulo



En la siguiente Fig. podemos ver la placa de características técnicas de un motor trifásico. Observa que la potencia, velocidad y frecuencia nominales son 15 (Kw), 2910 (rpm) y 50 (Hz) respectivamente. Pero ¿y la tensión y corriente nominales?

MOTOR ELECTRICO – TIPOS Y FUNDAMENTOS



Estas magnitudes dependen de la conexión de los devanados del motor. Por un lado puedes ver que la tensión y corriente nominales son 400(V), 29 (A) en conexión estrella y 230 (V), 50 (A) en conexión triángulo. Los motores y las cargas trifásicas en general, son flexibles y pueden conectarse a redes con distinta tensión de línea, sin más que variar la conexión. En Fig. de la derecha puedes ver dibujadas ambas conexiones; observa que **la tensión nominal de cada devanado es 230 (V)**, tanto en estrella como en triángulo y que **este valor no se puede superar**, sino el motor se sufrirá calentamientos excesivos.

En vista de estas características, si vamos a conectar este motor en una instalación de 400 V (de línea), debemos hacerlo en estrella y consumirá 29 (A) nominales de corriente de línea. Si posteriormente tenemos que trasladarlo a una instalación vieja de 230 V (de línea), el motor funcionará sin perder ninguna de sus

MOTOR ELECTRICO – TIPOS Y FUNDAMENTOS

prestaciones, pero debe conectarse en triángulo absorbiendo 50 (A) nominales de corriente de línea. Como en ambos casos se trata de un motor de 15 (Kw), bajo una red de menos tensión, consume más intensidad nominal (en triángulo). Normalmente en la mayoría de placas de características, la tensión y corriente nominales vienen indicadas de la siguiente forma:



Como regla general debes recordar que:

- 1.- La tensión mayor y la corriente menor corresponden a la conexión **estrella**.
- 2.- La tensión menor y la corriente mayor corresponden a la conexión **triángulo**.
- 3.- La relación entre las dos tensiones y entre las dos corrientes es $\sqrt{3}$:

$$230 * \sqrt{3} = 400(V)$$
$$\frac{50}{\sqrt{3}} = 29(A)$$

!!! Cualquier carga trifásica puede conectarse a dos tensiones red, sin más que variar su conexión (estrella o triángulo). Esta característica se puede ver sobretodo en las placas de los motores trifásicos, donde se especifican dos tensiones y dos corrientes nominales!!!

Conexión estrella- triángulo:

https://www.youtube.com/watch?v=XrV_KvimzNq

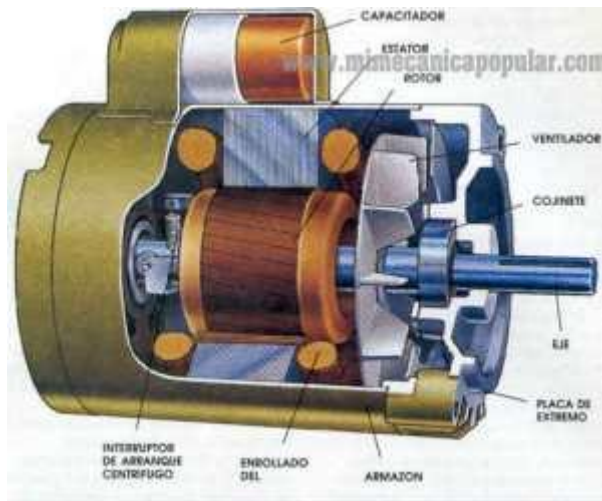
<https://www.youtube.com/watch?v=WCn3jfCWAYE>

<https://www.youtube.com/watch?v=VfaNma0BBUM>

<https://www.youtube.com/watch?v=qlY6SgypAYq>

• CLASIFICACIÓN DE MOTORES

1. **Motores de corriente alterna**, se usan mucho en la industria, sobre todo, el motor trifásico asíncrono de jaula de ardilla.
2. **Motores de corriente continua**, suelen utilizarse cuando se necesita precisión en la velocidad, montacargas, locomoción, etc.
3. **Motores universales**. Son los que pueden funcionar con corriente alterna o continua, se usan mucho en electrodomésticos. Son los motores con colector.
Pero no nos quedemos aquí, realicemos una clasificación más amplia:



- **MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA.**

Podemos clasificarlos de varias maneras, por su velocidad de giro, por el tipo de rotor y por el número de fases de alimentación. Vamos a ello:

1. **Por su velocidad de giro.**

- 1.1 **Asíncronos.** Un motor se considera asíncrono cuando la velocidad del campo magnético generado por el estátor supera a la velocidad de giro del rotor.

- 1.2 **Síncronos.** Un motor se considera síncrono cuando la velocidad del campo magnético del estátor es igual a la velocidad de giro del rotor. Recordar que el rotor es la parte móvil del motor.

2. **Por el tipo de rotor.**

- 2.1 Motores de anillos rozantes.
- 2.2 Motores con colector.
- 2.3 Motores de jaula de ardilla.

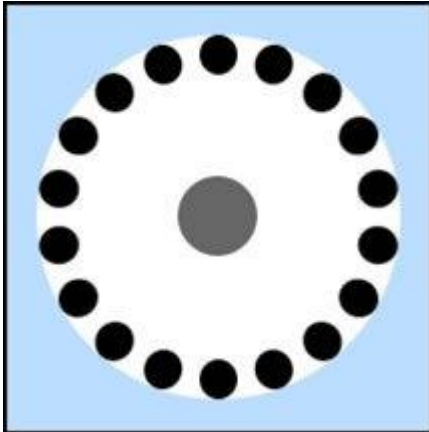
3. **Por su número de fases de alimentación.**

- 3.1 Motores monofásicos.
- 3.2 Motores bifásicos.
- 3.3 Motores trifásicos.
- 3.4 Motores con arranque auxiliar bobinado.
- 3.5 Motores con arranque auxiliar bobinado y con condensador.

Tipos de rotores

Existen varios tipos de estos elementos, pero aquí solamente vamos a tratar los que son más usados en la industria; es decir, los rotores para motores asíncronos de corriente alterna.

Rotor de jaula de ardilla simple.



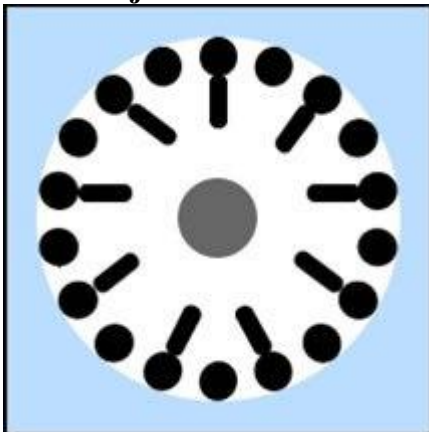
Jaula de Ardilla Simple

En el dibujo se puede observar unos círculos negros, éstos representan las ranuras del rotor donde va introducido el bobinado. Existen varios tipos de ranuras, de ahí que existan varios tipos de rotores.

El rotor representado es de jaula de ardilla simple.

Este tipo de rotor es el usado para motores pequeños, en cuyo arranque la intensidad nominal supera 6 u 8 veces a la intensidad nominal del motor. Soporta mal los picos de cargas. Está siendo sustituido por los rotores de jaula de ardilla doble en motores de potencia media. Su par de arranque no supera el 140 % del normal.

Rotor de jaula de ardilla doble.

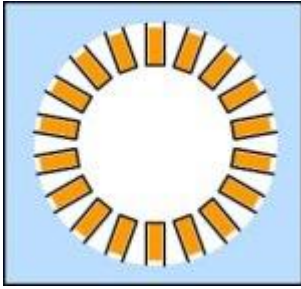


Rotor de jaula de ardilla doble

En este otro dibujo, observáis que la ranura es doble, por este motivo tiene el nombre de jaula de ardilla doble. Las dos ranuras están separadas físicamente, aunque en el dibujo no se observe.

Este tipo de rotor tiene una intensidad de arranque de 3 ó 5 veces la intensidad nominal, y su par de arranque puede ser de 230 % la normal. Éstas características hacen que este tipo de rotor sea muy interesante frente al rotor de jaula de ardilla simple. Es el más empleado en la actualidad, soporta bien las sobrecargas sin necesidad de disminuir la velocidad, lo cual le otorga mejor estabilidad.

Rotor con ranura profunda.



Rotor con ranura profunda

El tipo de rotor que se ve en el dibujo es una variante del rotor de jaula de ardilla simple, pero se le denomina rotor de ranura profunda. Sus características vienen a ser iguales a la del rotor de jaula simple. Es usado para motores de baja potencia que necesitan realizar continuos arranques y paradas.

Rotor de anillos rozantes.

Se denominan rotores de anillos rozantes porque cada extremo del bobinado está conectado con un anillo situado en el eje del rotor. Las fases del bobinado salen al exterior por medio de unas escobillas que rozan en los anillos. Conectando unas resistencias externas a las escobillas se consigue aumentar la resistencia rotórica, de esta forma, se logra variar el par de arranque, que puede ser, dependiendo de dichas resistencias externas, del 150 % y el 250 % del par normal. La intensidad nominal no supera las 2 veces la intensidad nominal del motor.

Motor trifásico asíncrono.

Dentro de la clasificación de los motores trifásicos asíncronos, podemos hacer otra subclasificación, los motores asíncronos de rotor en cortocircuito (rotor de jaula de ardilla y sus derivados) y los motores asíncronos con rotor bobinado (anillos rozantes).

Los motores asíncronos generan un campo magnético giratorio y se les llaman asíncronos porque la parte giratoria, el rotor, y el campo magnético provocado por la parte fija, el estator, tienen velocidad desigual. Ha esta desigualdad de velocidad se denomina **deslizamiento**.

El rotor está unido sobre un eje giratorio. Dicho eje, está atravesado por barras de cobre o aluminio unidas en sus extremos. El estator encapsula al rotor y genera el campo magnético. Como hemos mencionado, es la parte fija. Provoca con su campo magnético fuerzas electromotrices en el rotor que a su vez provocan corrientes eléctricas. Estas dos circunstancias, la fuerza electromotriz y las corrientes eléctricas, provocan una fuerza magnetomotriz, lo cual hace que el rotor gire. La velocidad del rotor siempre será menor que la velocidad de giro del campo magnético. Así tenemos que la velocidad de un motor asíncrono será igual a la velocidad del campo magnético menos el deslizamiento del motor.

La fuerza magnetomotriz que aparece en el rotor deriva en un par de fuerzas, a las que denominados par del motor, siendo las causantes del giro del rotor. El par motor depende directamente de las corrientes del rotor, y tenemos que saber que en el momento del arranque son muy elevadas, disminuyendo a medida que se aumenta la velocidad. De esta forma distinguimos dos tipos de par: el par de arranque y el par normal. Esto sucede porque al ir aumentando la velocidad del rotor se cortan menos líneas de fuerzas en el estator y, claro está, también las fuerzas electromotrices del rotor

disminuyen, de este modo obtenemos que las corrientes del rotor disminuyen junto con el par de motor. Lo importante de toda esta explicación, es que con los motores asíncronos podemos manejar cargas difíciles porque tenemos un par de arranque elevado (hasta tres veces el par normal).

Motor trifásico síncrono.

Funcionan de forma muy similar a un alternador. Dentro de la familia de los motores síncronos debemos distinguir:

- 1. Los motores síncronos.**
- 2. Los motores asíncronos sincronizados.**
- 3. Los motores de imán permanente.**

Los motores síncronos son llamados así, porque la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator son iguales.

Los motores síncronos se usan en máquinas grandes que tienen una carga variable y necesitan una velocidad constante.

Arranque de un motor trifásico síncrono.

Existen cuatro tipos de arranques diferentes para este tipo de motor:

- 1. Como un motor asíncrono.**
- 2. Como un motor asíncrono, pero sincronizado.**
- 3. Utilizando un motor secundario o auxiliar para el arranque.**
- 4. Como un motor asíncrono, usando un tipo de arrollamiento diferente:** llevará unos anillos rozantes que conectarán la rueda polar del motor con el arrancador.

Frenado de un motor trifásico síncrono.

Por regla general, la velocidad deseada de este tipo de motor se realiza por medio de un reostato.

El motor síncrono cuando alcance el par crítico se detendrá, no siendo esta la forma más ortodoxa de hacerlo. El par crítico se alcanza cuando la carga asignada al motor supera al par del motor. Como comentario, no es la forma apropiada para detener el motor, se estropea si abusamos de ello, porque se recalienta.

La mejor forma de hacerlo, es ir variando la carga hasta que la intensidad absorbida de la red sea la menor posible, entonces desconectaremos el motor.

Otra forma de hacerlo, y la más habitual es regulando el reostato, con ello variamos la intensidad y podemos desconectar el motor sin ningún riesgo.

Motor monofásico.

Este tipo de motor es muy utilizado en electrodomésticos porque pueden funcionar con redes monofásicas algo que ocurre con nuestras viviendas.

En los motores monofásicos no resulta sencillo iniciar el campo giratorio, por lo cual, se tiene que usar algún elemento auxiliar. Dependiendo del método empleado en el arranque, podemos distinguir dos grandes grupos de motores monofásicos:

Motor monofásico de inducción.

Su funcionamiento es el mismo que el de los motores asíncronos de inducción. Dentro de este primer grupo disponemos de los siguientes motores:

- 1. De polos auxiliares o también llamados de fase partida.**
- 2. Con condensador.**
- 3. Con espira en cortocircuito o también llamados de polos partidos.**

Motor monofásico de colector.

Son similares a los motores de corriente continua respecto a su funcionamiento. Existen dos clases de estos motores:

- 1. Universales.**
- 2. De repulsión.**

Motor monofásico de fase partida.

Este tipo de motor tiene dos devanados bien diferenciados, un devanado principal y otro devanado auxiliar. El devanado auxiliar es el que provoca el arranque del motor, gracias a que desfasa un flujo magnético respecto al flujo del devanado principal, de esta manera, logra tener dos fases en el momento del arranque.

Al tener el devanado auxiliar la corriente desfasada respecto a la corriente principal, se genera un campo magnético que facilita el giro del rotor. Cuando la velocidad del giro del rotor acelera el par de motor aumenta. Cuando dicha velocidad está próxima al sincronismo, se logran alcanzar un par de motor tan elevado como en un motor trifásico, o casi. Cuando la velocidad alcanza un 75 % de sincronismo, el devanado auxiliar se desconecta gracias a un interruptor centrífugo que llevan incorporados estos motores de serie, lo cual hace que el motor solo funcione con el devanado principal.

Este tipo de motor dispone de un rotor de jaula de ardilla como los utilizados en los motores trifásicos.

El par de motor de éstos motores oscila entre 1500 y 3000 r.p.m., dependiendo si el motor es de 2 ó 4 polos, teniendo unas tensiones de 125 y 220 V. La velocidad es prácticamente constante. Para invertir el giro del motor se intercambian los cables de uno solo de los devanados (principal o auxiliar), algo que se puede realizar fácilmente en la caja de conexiones o bornes que viene de serie con el motor.

Motores monofásicos 2.

Motor monofásico de condensador.

Son técnicamente mejores que los motores de fase partida. También disponen de dos devanados, uno auxiliar y otro principal. Sobre el devanado auxiliar se coloca un condensador en serie, que tiene como función el de aumentar el par de arranque, entre 2 y 4 veces el par normal. Como se sabe, el condensador desfasa la fase afectada en 90°, lo cual quiere decir, que el campo magnético generado por el devanado auxiliar se adelanta 90° respecto al campo magnético generado por el devanado principal. Gracias a esto, el factor de potencia en el momento del arranque, está próximo al 100%, pues la reactancia capacitiva del condensador (X_C) anula la reactancia inductiva del bobinado (X_L).

Por lo demás, se consideran igual que los motores de fase partida, en cuanto a cambio de giro, etc. Lo único importante que debemos saber, es que con un condensador en serie se mejora el arranque.

Motor monofásico con espira en cortocircuito.

Dentro del grupo que habíamos realizado en otra página, el motor monofásico con espira en cortocircuito es el último que vamos a tratar. Son también llamados motores monofásicos de polos partidos.

Este tipo de motor no lleva devanado auxiliar, en su lugar se coloca una espira (vamos a llamarle minibobina) alrededor de una de las masas polares, al menos, en un tercio de la masa.

¿Qué entendemos por masa polar? La masa polar es el conjunto de espiras de un polo. Imaginar por un momento una pelota pequeña a la cual le sobresalen dos cables, pues bien, la minibobina está enrollada en la pelota sin tocar los cables, la masa polar sería el cuerpo de la pelota, y la pelota con los cables vendría a ser el polo.

Con lo expuesto anteriormente, se consigue que al alimentar el motor en las espiras que se encuentran en cortocircuito se genere un flujo diferente respecto a las demás espiras que no están en cortocircuito. La diferencia no llega a alcanzar los 90° , pero es suficiente para lograr arrancar el motor.

La velocidad dependerá del número de polos que tenga el motor. El par de arranque es muy inferior respecto a un motor de fase partida, alrededor del 60%. Si queremos cambiar el sentido del giro, debemos desmontar el motor e invertir el eje. Se fabrican para bajas potencias, de 1 a 20 Cv. Se utiliza poco este tipo de motor.

- **MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA.**
- **Motor eléctrico C.C.**



-
- Motor eléctrico C.C.
-
- Los motores de corriente continua tienen varias particularidades que los hacen muy diferentes a los de corriente alterna. Una de las particularidades principales es que pueden funcionar a la inversa, es decir, no solamente pueden ser usados para transformar la energía eléctrica en energía mecánica, sino que también pueden funcionar como generadores de energía eléctrica. Esto sucede porque tienen la misma constitución física, de este modo, tenemos que un motor eléctrico de corriente continua puede funcionar como un generador y como un motor.

Los motores de corriente continua tienen un par de arranque alto, en comparación con los de corriente alterna, también se puede controlar con mucha facilidad la velocidad. Por estos motivos, son ideales para funciones que requieran un control de velocidad. Son usados para tranvías, trenes, coches eléctricos, ascensores, cadenas productivas, y todas aquellas actividades donde el control de las funcionalidades del motor se hace esencial.

- **Constitución del motor.**
- Los motores de corriente continua están formados principalmente por:
- **1. Estator.** El estator lleva el bobinado inductor. Soporta la culata, que no es otra cosa que un aro acero laminado, donde están situados los núcleos de los polos principales, aquí es donde se sitúa el bobinado encargado de producir el campo magnético de excitación.
- **2. Rotor.** Esta construido con chapas superpuestas y magnéticas. Dichas chapas, tienen unas ranuras en donde se alojan los bobinados.
- **3. Colector.** Es donde se conectan los diferentes bobinados del inducido.
- **4. Escobillas.** Las escobillas son las que recogen la electricidad. Es la principal causa de avería en esta clase de motores, solo hay que cambiarlas con el mantenimiento habitual.

- **5. Truco.** Este es un truco de electricista viejo, cuando el motor deja de funcionar, las entradas de tensión son las correctas, entonces nos queda este truco: quitamos la tensión, desmontamos la tapa del ventilador del motor, la tapa esta unida con tornillos a la carcasa del motor y movemos el ventilador dándole unos giros, el sentido del giro es indiferente, volvemos a tapar el ventilador y conectamos el motor, ¡Ah! Sorpresa, funciona. Sucede que las escobillas llevan unos muelles para la fricción con los aros rozantes y puede ser que penetre suciedad en los muelles o que se queden atascados. Por supuesto, en cuanto dispongamos de tiempo se cambiarán las escobillas y los muelles.

La clasificación de este tipo de motores se realiza en función de los bobinados del inductor y del inducido:

- Motores de excitación en serie.
- Motores de excitación en paralelo.
- Motores de excitación compuesta.

En los motores de corriente continua (c.c.) concurren una serie de características que les hace especialmente indicados para ciertas aplicaciones, por lo que cada día son más empleados en el ámbito industrial.

La amplia gama de velocidad que ofrecen, su fácil control y la gran flexibilidad de las curvas par-velocidad de este tipo de motores, así como el que presenten un alto rendimiento para un amplio margen de velocidades, junto a su elevada capacidad de sobrecarga, los hace más apropiados que los motores de corriente alterna para muchas aplicaciones.

La idoneidad de este tipo de motores para arrastrar máquinas que precisen una amplia gama de regímenes de velocidad con un preciso y ajustado control de las mismas, han provocado que últimamente, estos motores tengan más presencia en diversos procesos industriales que requieren de esta característica. Igualmente son los motores de elección en el ámbito de la juguetería, del tipo de imanes permanentes se pueden conseguir potencias desde algún watio a hasta cientos de watios.

Así como en los equipos lectores de CD, en los giradiscos y en las unidades de almacenamiento magnético, donde se utilizan motores de imán fijo y sin escobillas, estos motores proporcionan un eficaz control de la velocidad y un elevado par de arranque.

Otra significativa ventaja es la facilidad de inversión de giro de los grandes motores con elevadas cargas, al tiempo que son capaces de actuar de modo reversible, devolviendo energía a la línea durante los tiempos de frenado y reducción de velocidad.

Además de que tienen tamaños muy reducidos y no contaminan el medio ambiente.

Motor universal.

El motor universal es un tipo de motor que puede ser alimentado con corriente alterna o con corriente continua, es indistinto. Sus características principales no varían significativamente, sean alimentados de una forma u otra. Por regla general, se utilizan con corriente alterna. También los encontraréis con el sobrenombre de motor monofásico en serie.

Este tipo de motor se puede encontrar tanto para una máquina de afeitar como para una locomotora, esto da una idea del margen de potencia en que pueden llegar a ser construidos.

Las partes principales de este motor son:

1. Estator.
2. Rotor con colector.

MOTOR ELECTRICO – TIPOS Y FUNDAMENTOS

Los bobinados del estator y del rotor están conectados en serie a través de unas escobillas.

El par de arranque se sitúa en 2 ó 3 veces el par normal.

La velocidad cambia según la carga. Cuando aumenta el par motor disminuye la velocidad. Se suelen construir para velocidades de 3000 a 8000 r.p.m., aunque los podemos encontrar para 12000 r.p.m. Para poder variar la velocidad necesitamos variar la tensión de alimentación, normalmente se hace con un reostato o resistencia variable. El cambio de giro es controlable, solo tenemos que intercambiar una fase en el estator o en el rotor, nunca en los dos, lo cual es fácilmente realizable en la caja de conexiones o bornes que viene incorporado con el motor.

Cuando el motor es alimentado, se produce que las corrientes circulan en el mismo sentido, tanto el estator como en el rotor, pero en el cambio de ciclo cambia el sentido en los dos, provocando el arranque del motor.

Motor paso a paso.

Este tipo de motor es empleado cuando se hace imprescindible controlar exactamente las revoluciones o las partes de vueltas.

Son utilizados, principalmente, en máquinas pequeñas de oficina, como pueden ser impresoras, fotocopiadoras, faxes, etc. También se pueden encontrar en instrumentos médicos y científicos.

Hay tres tipos de éstos motores, a saber:

1. De excitación unipolar.

2. De excitación bipolar.

3. Híbridos.

La posición en que se encuentran instalados resulta vital para su correcto funcionamiento, pues la gracia que tienen estos motores es precisamente el absoluto control del movimiento.

Las partes que integran este tipo de motor son:

- 1. Un estator**, que tiene integrado una serie de bobinas alimentadas por impulsos de c.c.
- 2. El rotor**, tiene uno o más imanes permanentes.

Las primeras pruebas caseras con motores se suelen hacer con los de corriente continua (CC), del tipo que se usan en los juguetes. Estos motores giran libremente y a una velocidad alta. Cualquier intento de lograr que uno de estos motores gire una cantidad acotada de recorrido, como por ejemplo dos vueltas, es imposible. Los motores no giran enseguida a una velocidad conocida: hay que calcular un tiempo de arranque, porque la inercia no les permite llegar a la velocidad normal de inmediato. Y cuando se les corta la alimentación continúan girando, también por inercia.

Note el lector que no hablamos de pedirle a uno de estos motores que se mueva sólo *una fracción* de una vuelta, como por ejemplo un cuarto de revolución, o un valor así. Esto sería aún más difícil de lograr.

Lograr que un motor común de corriente continua gire una fracción de vuelta o una cantidad precisa de vueltas no es sólo muy difícil, es prácticamente imposible. Aún si se controla con extremada precisión la corriente necesaria, buscando fijar con exactitud el tiempo de arranque y detención del motor, de todos modos al cortar la corriente la armadura no se detendrá, ya que continúa moviéndose por inercia, y esta inercia tendrá un valor muy difícil de determinar, ya que dependerá del peso del rotor, la fricción del

eje sobre sus cojinetes, la temperatura de las bobinas, núcleos de hierro, imanes y la del propio ambiente, y otras variables del entorno y de la construcción.



Un servo típico

Agregando engranajes para la reducción de la velocidad se logra atenuar el problema. De todos modos, sigue presentándose el problema de la inercia, lo que producirá un error de posición, aunque disminuido por el factor de reducción de los engranajes. Y se agrega ahora la fricción combinada del juego de engranajes, o sea mayor dificultad para cualquier cálculo.

La manera de lograr una posición precisa con motores de corriente continua es utilizarlos en una configuración de [servo](#). Así funcionan los [servomotores](#) que se usan en modelismo (los más accesibles para la experimentación personal), que constan de un pequeño motor de CC, un juego de engranajes de reducción, un mecanismo de realimentación (que usualmente es un potenciómetro unido al eje de salida) y un circuito de control que compara la posición del motor con la que se desea lograr y mueve el motor para realizar el ajuste.

Los motores paso a paso:

Cuestiones básicas

Los motores paso a paso se pueden ver como motores eléctricos sin escobillas. Es típico que todos los bobinados del motor sean parte del estator, y el rotor puede ser un imán permanente o, en el caso de los motores de reluctancia variable (que luego describiremos mejor), un cilindro sólido con un mecanizado en forma de dientes (similar a un engranaje), construido con un material magnéticamente "blando" (como el hierro dulce).

La conmutación se debe manejar de manera externa con un controlador electrónico y, típicamente, los

motores y sus controladores se diseñan de manera que el motor se pueda mantener en una posición fija y también para que se lo pueda hacer girar en un sentido y en el otro. La mayoría de los motores paso a paso conocidos se pueden hacer avanzar a frecuencias de audio, lo que les permite girar muy velozmente. Con un controlador apropiado, se los puede hacer arrancar y detenerse en un instante en posiciones controladas.

Comportamiento propio de los motores paso a paso:

Los motores paso a paso tienen un comportamiento del todo diferente al de los motores de corriente continua. En primer lugar, no giran libremente por sí mismos. Los motores paso a paso, como lo indica su nombre, avanzan girando por pequeños pasos. También difieren de los motores de CC en la relación entre velocidad y torque (un parámetro que también es llamado "par motor" y "par de giro"). Los motores de CC no son buenos para ofrecer un buen torque a baja velocidad sin la ayuda de un mecanismo de reducción.

Los motores paso a paso, en cambio, trabajan de manera opuesta: su mayor capacidad de torque se produce a baja velocidad.



Algunos modelos de motores paso a paso

Los motores paso a paso tienen una característica adicional: el torque de detención (que se puede ver mencionado también como "par de detención", e incluso par/torque "de mantenimiento"), que no existe en los motores de CC. El torque de detención hace que un motor paso a paso se mantenga firmemente en su posición cuando no está girando. Esta característica es muy útil cuando el motor deja de moverse y, mientras está detenido, la fuerza de carga permanece aplicada a su eje. Se elimina así la necesidad de un mecanismo de freno.

Si bien es cierto que los motores paso a paso funcionan controlados por un pulso de avance, el control de un motor paso a paso no se realiza aplicando en directo este pulso eléctrico que lo hace avanzar. Estos motores tienen varios bobinados que, para producir el avance de ese paso, deben ser alimentados en una adecuada secuencia. Si se invierte el orden de esta secuencia, se logra que el motor gire en sentido opuesto. Si los pulsos de alimentación no se proveen en el orden correcto, el motor no se moverá apropiadamente. Puede ser que zumbe y no se mueva, o puede ser que gire, pero de una manera tosca e irregular.

Esto significa que hacer girar un motor paso a paso no es tan simple como hacerlo con un motor de corriente continua, al que se le entrega una corriente y listo. Se requiere un circuito de control, que será el responsable de convertir las señales de avance de un paso y sentido de giro en la necesaria secuencia de energización de los bobinados.

Características comunes de los motores paso a paso:

Un motor paso a paso se define por estos parámetros básicos:

Voltaje

Los motores paso a paso tienen una tensión eléctrica de trabajo. Este valor viene impreso en su carcasa o por lo menos se especifica en su hoja de datos. Algunas veces puede ser necesario aplicar un voltaje superior para lograr que un determinado motor cumpla con el torque deseado, pero esto producirá un calentamiento excesivo y/o acortará la vida útil del motor.

Resistencia eléctrica

Otra característica de un motor paso a paso es la resistencia de los bobinados. Esta resistencia determinará la corriente que consumirá el motor, y su valor afecta la curva de torque del motor y su velocidad máxima de operación.

Grados por paso

Generalmente, este es el factor más importante al elegir un motor paso a paso para un uso determinado. Este factor define la cantidad de grados que rotará el eje para cada paso completo. Una operación de medio-paso o semi-paso (half step) del motor duplicará la cantidad de pasos por revolución al reducir la cantidad de grados por paso. Cuando el valor de grados por paso no está indicado en el motor, es posible contar a mano la cantidad de pasos por vuelta, haciendo girar el motor y sintiendo por el tacto cada "diente" magnético. Los grados por paso se calculan dividiendo 360 (una vuelta completa) por la cantidad de pasos que se contaron. Las cantidades más comunes de grados por paso son: $0,72^\circ$, $1,8^\circ$, $3,6^\circ$, $7,5^\circ$, 15° y hasta 90° . A este valor de grados por paso usualmente se le llama la resolución del motor. En el caso de que un motor no indique los grados por paso en su carcasa, pero sí la cantidad de pasos por revolución, al dividir 360 por ese valor se obtiene la cantidad de grados por paso. Un motor de 200 pasos por vuelta, por ejemplo, tendrá una resolución de $1,8^\circ$ por paso.

Tipos de motores paso a paso:

Los motores paso a paso se dividen en dos categorías principales: **de imán permanente** y de **reluctancia variable**. También existe una combinación de ambos, a los que se les llama **híbridos**.