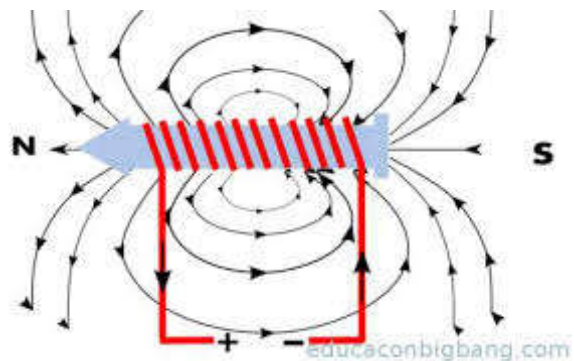
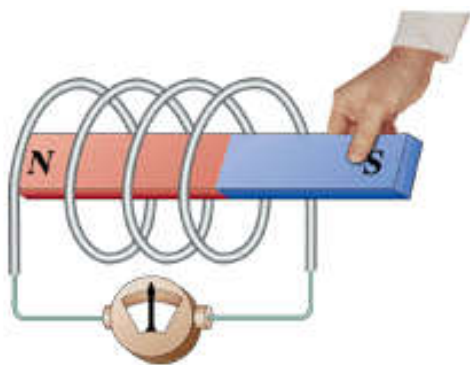


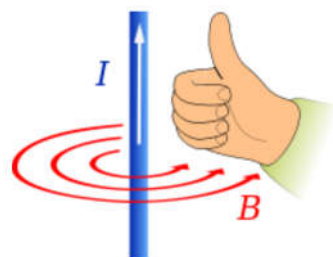
UNIDAD 6. MÁQUINAS ELÉCTRICAS

6.1 INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

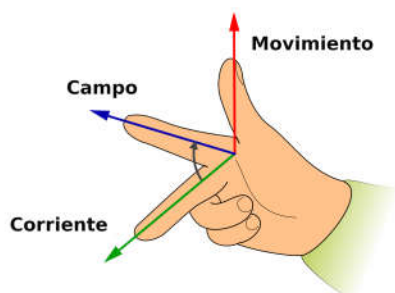
Las máquinas eléctricas funcionan gracias a las ya explicadas leyes de Faraday, Lenz y Lorenz, según las cuales una corriente que atraviese un conductor genera un campo magnético, mientras que cuando un conductor es sometido a la influencia de un campo magnético variable, se induce en él una corriente eléctrica.



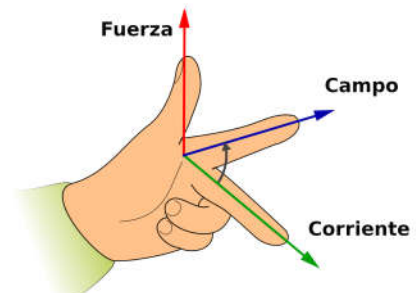
Para el estudio de las máquinas eléctricas, conviene recordar las siguientes reglas mnemotécnicas:



Sentido del campo magnético generado por una corriente



Sentido de la corriente en un conductor que se mueve dentro de un campo



Sentido de la fuerza que experimenta un conductor, que se encuentra dentro de un campo, cuando es atravesado por una corriente

7.2 CLASIFICACIONES DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS

Según su construcción: Las máquinas eléctricas pueden clasificarse, según tengan partes móviles o no, en estáticas y rotativas.

Según el tipo de corriente: Las máquinas rotativas pueden generar o funcionar en corriente continua (CC) o bien en corriente alterna (CA). Existe una excepción: el motor universal, que puede funcionar tanto en CC como en CA

Según su cometido: Las máquinas eléctricas rotativas pueden clasificarse, según su cometido, en motores o generadores.

Según la velocidad de giro: Dependiendo de si el rotor gira a la misma velocidad que el campo magnético del estátor, las máquinas rotativas se clasifican en síncronas o asíncronas. Esta clasificación convierte a los alternadores (generadores de CA) en máquinas síncronas, mientras que los motores pueden ser síncronos o asíncronos. En los asíncronos, el rotor gira a menor velocidad que el campo del estátor, y a esta diferencia de velocidad se la llama deslizamiento

Existen muchos tipos de máquinas eléctricas en buques. esta unidad tratará las siguientes:

ESTÁTICAS : Transformadores

ROTATIVAS:

GENERADORES:

C.Continua: · Dinamos
 · Alternador automotriz

C.Alterna: · Alternador sincrónico

MOTORES:

C.Continua: Motor corriente continua

C.Alterna: Motor sincrónico

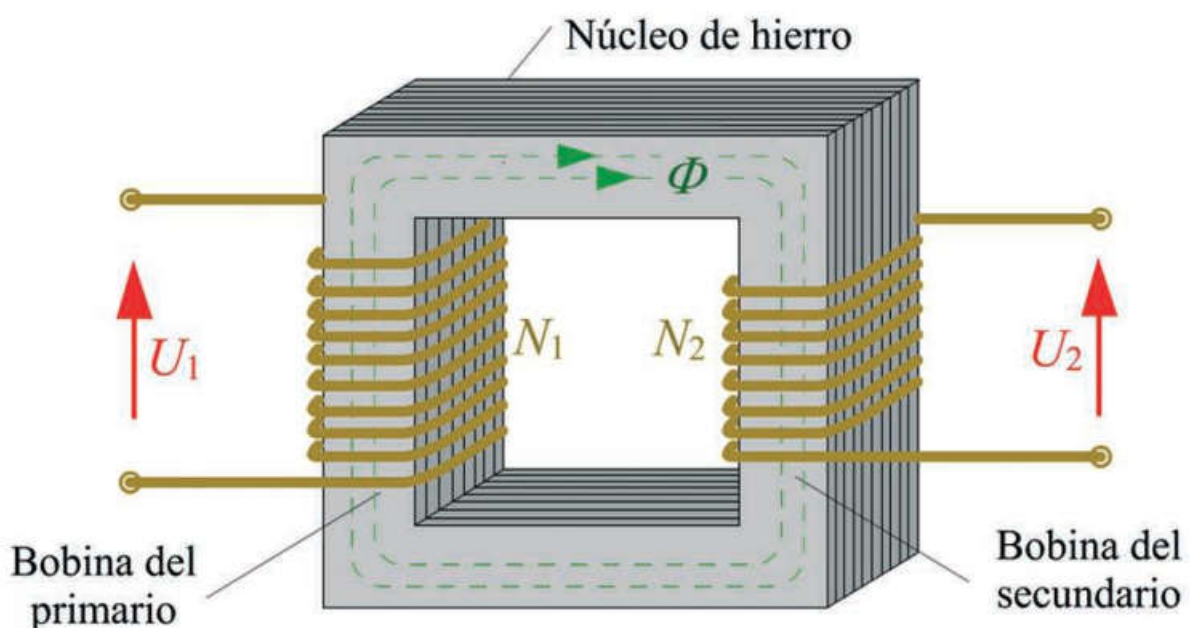
6.3 TRANSFORMADORES

Los transformadores son máquinas eléctricas estáticas (sin movimiento) capaces de cambiar los valores de tensión y de corriente sin alterar la frecuencia ni la potencia de forma significativa. Una de las principales razones por las que se emplea corriente alterna y no corriente continua en la producción eléctrica es que gracias a los transformadores se puede elevar y reducir su tensión mediante el uso de transformadores, permitiendo su transporte a grandes distancias.

Aparte de esta aplicación, los transformadores se utilizan también para separar eléctricamente dos circuitos, para adecuar la tensión a la requerida por los consumidores, o para acondicionar grandes tensiones y corrientes para ser medidas sin dificultad,

Principio de funcionamiento

Un transformador básico posee dos bobinados, llamados primario y secundario, separados eléctricamente entre sí, pero arrollados sobre un núcleo magnético común, que está formado por chapas magnéticas apiladas. Por el bobinado primario se conecta la tensión de entrada y por el secundario obtenemos la tensión de salida. El mismo transformador puede funcionar como elevador o como reductor. Así, en un transformador 400/690V se puede obtener una tensión de 690V a partir de una de 400V, o una de 400V a partir de una de 690V.



El bobinado primario induce un flujo magnético variable que estará condicionado por la intensidad de la corriente en el primario y el número de vueltas del conductor de cobre. Este flujo magnético variable atraviesa el bobinado secundario, por ser su núcleo común con el primario, y se induce en este secundario una corriente cuya tensión dependerá del número de vueltas. La relación entre los números de vueltas de ambos bobinados es proporcional a la relación entre las tensiones resultantes, y se llama relación de transformación. La intensidad en ambos bobinados es, por el contrario, inversamente proporcional.

$$m = \text{relación de transformación} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

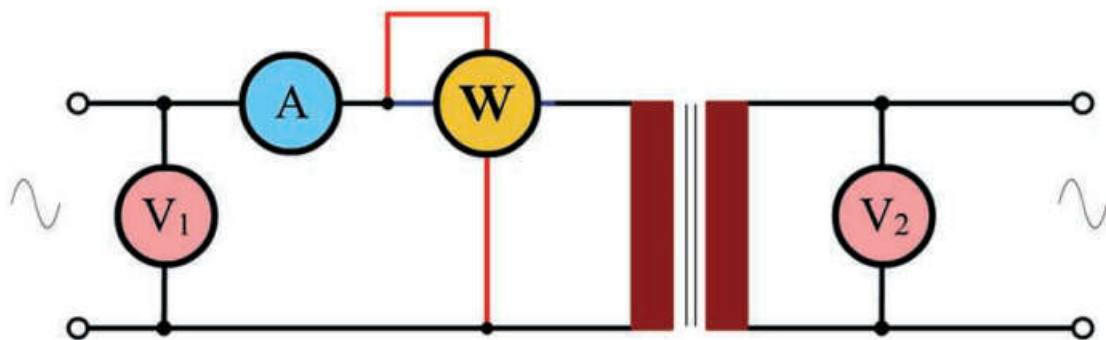
Los transformadores son máquinas muy eficientes, pero aún así tienen pérdidas. Existen dos ensayos normalizados que se realizan con frecuencia en los transformadores, y están destinados a determinar las pérdidas que se producen por diversos fenómenos, tanto en los propios bobinados como en el núcleo.

Ensayo en vacío

Mediante este ensayo se determinan:

- La relación de transformación
- La corriente de vacío
- Las pérdidas en el hierro, es decir, en el material del núcleo, producidas por la histéresis y por las corrientes parásitas de foucault.

Para llevar a cabo este ensayo se deja el bobinado secundario abierto y se le conecta un voltímetro. En el primario se conectan un amperímetro, un voltímetro y un watímetro



La relación de transformación se obtiene de las lecturas de ambos voltímetros $m = \frac{U_1}{U_2}$

El vatímetro indica las pérdidas totales (en las bobinas y en el hierro), pero como la corriente de vacío (indicada por el amperímetro) es muy pequeña, se puede afirmar que las pérdidas por calor en los bobinados son despreciables en comparación con las pérdidas en el hierro por efectos electromagnéticos. Por lo que se puede afirmar que en este ensayo, la lectura del vatímetro indica las pérdidas en el hierro.

Ensayo en cortocircuito

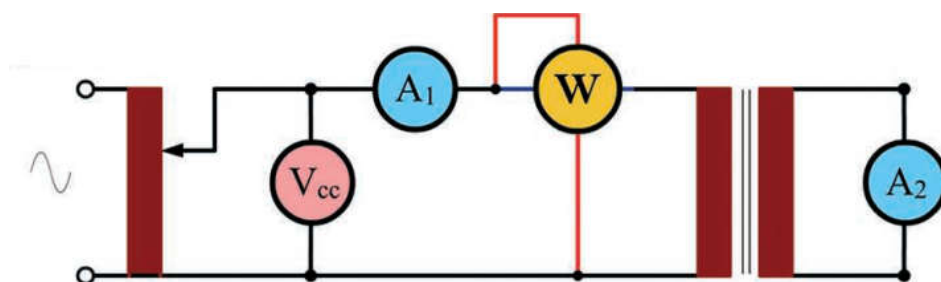
Mediante este ensayo se determina:

- Pérdidas en el cobre, es decir, la potencia que se disipa por pérdidas de calor debido a la resistencia de los bobinados
- Impedancia del transformador

Para llevar a cabo este ensayo se instala un amperímetro en cada bobinado, mientras que en el primario se instalan también un voltímetro y un vatímetro. El primario se conecta a una fuente de tensión variable.

Se comienza el ensayo sin tensión en el primario, y ésta se va subiendo poco a poco hasta que el amperímetro del primario indique la intensidad nominal primaria del transformador. En ese momento el segundo amperímetro estará marcando la intensidad nominal secundaria, y el voltímetro estará marcando una tensión muy baja.

Al circular corriente por ambos bobinados, se producen pérdidas por efecto calorífico en ambos bobinados, cuyo origen es la resistencia de estos. El vatímetro indica en ese momento esas pérdidas. Por otra parte, como el flujo magnético producido en el núcleo es directamente proporcional a la tensión aplicada, y la lectura del voltímetro en ese momento es muy baja, se deduce que el flujo inducido en el núcleo es muy bajo y las consiguientes pérdidas en el hierro del núcleo son despreciables comparadas con las pérdidas en el cobre.



Transformadores trifásicos

Los mismos principios anteriormente descritos aplican a los transformadores trifásicos, que son tres transformadores monofásicos montados sobre un núcleo magnético común.

También es posible instalar un banco de tres transformadores monofásicos. Esta opción es menos económica, pero a efectos de mantenimiento resulta más práctico sustituir uno de los transformadores monofásicos que todo un bloque transformador trifásico

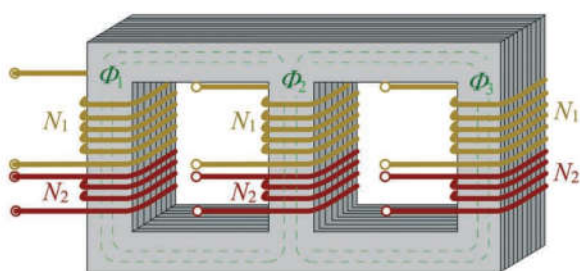
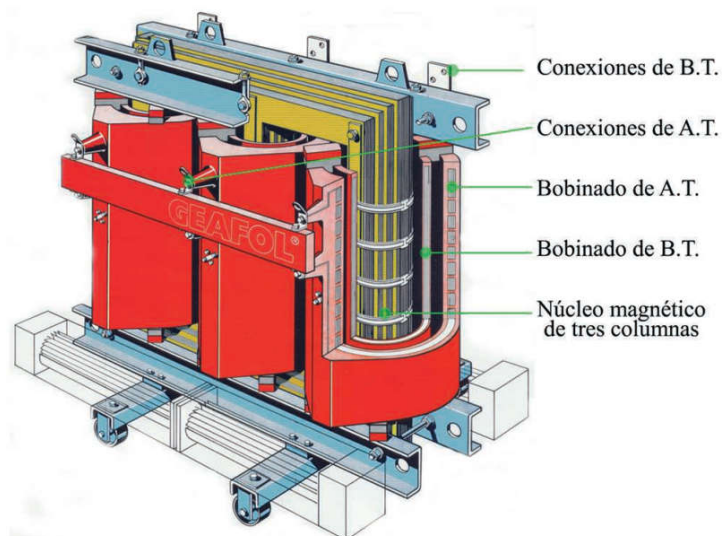
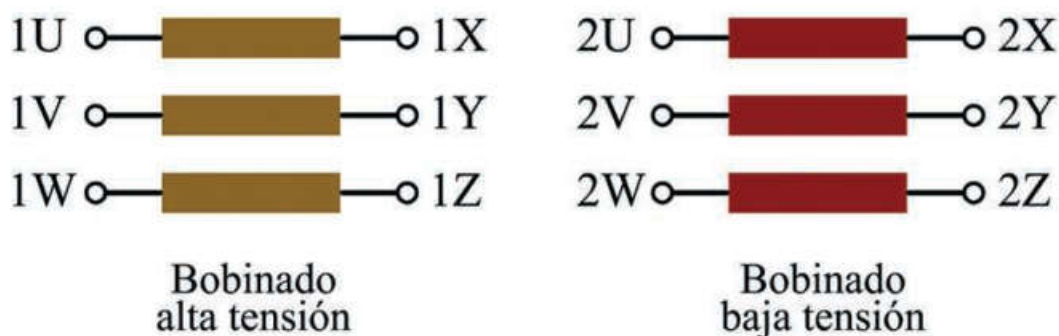


Figura 18.30. Circuitos magnéticos y eléctricos de un transformador trifásico.



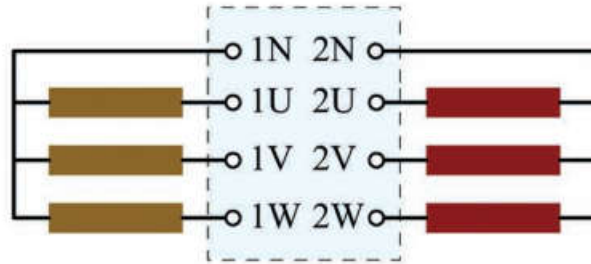
La nomenclatura de los 12 terminales de un transformador trifásico suele ser esta:



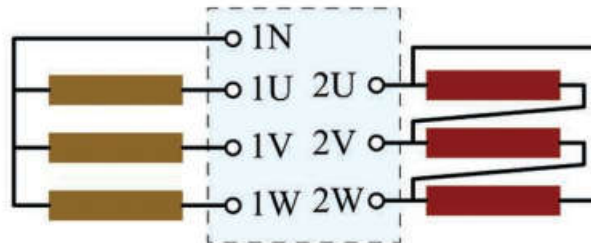
Siendo U, V, W los principios de cada bobinado, y X, Y, Z los finales de cada bobinado, que se denomina (1) si es el de alta tensión y (2) si es el de baja tensión.

Las conexiones en ambos grupos de bobinados pueden hacerse en estrella o en triángulo, y su construcción interna vendrá determinada por el tipo de conexión que se pretenda hacer. En estrella las intensidades en cada fase serán $\sqrt{3}$ veces mayores, así que la sección del cobre de los bobinados debe ser mayor.

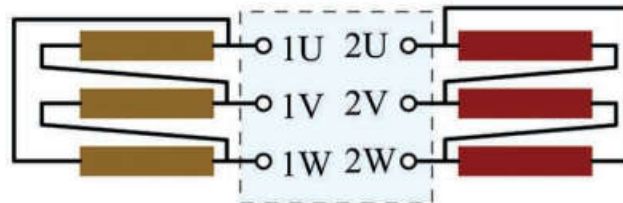
Conexión Yy0



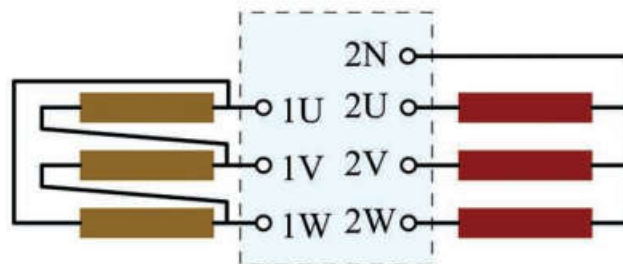
Conexión Yd11



Conexión Dd0



Conexión Dy11



Refrigeración

Si el calor que se produce en los transformadores por efecto de las pérdidas no se disipa, éste puede degradarse. Dependiendo de su potencia, los transformadores pueden estar refrigerados por.

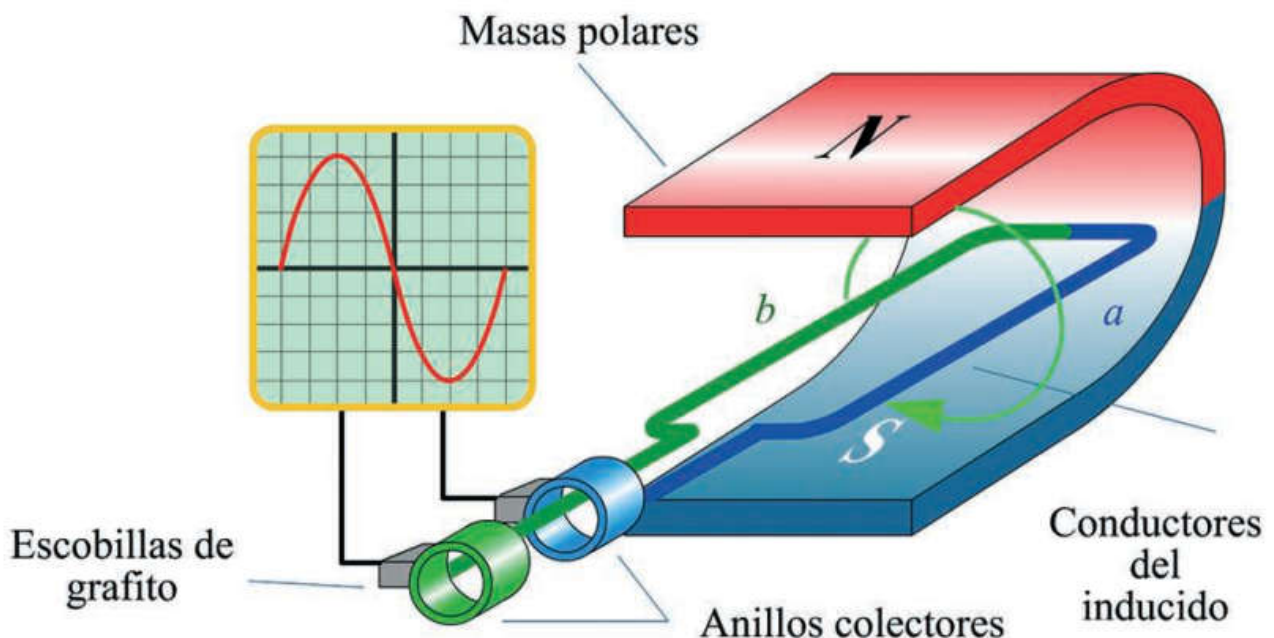
- Aire: se construyen de manera que el aire pueda circular de manera natural, o bien se añaden ventiladores para forzar la refrigeración

- Aceite: se sumergen en aceite mineral. Éste a su vez es refrigerado por convección. El aceite aporta además aislamiento entre los devanados.

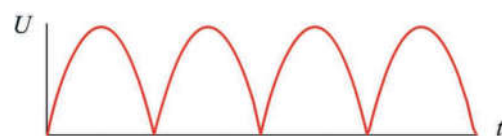
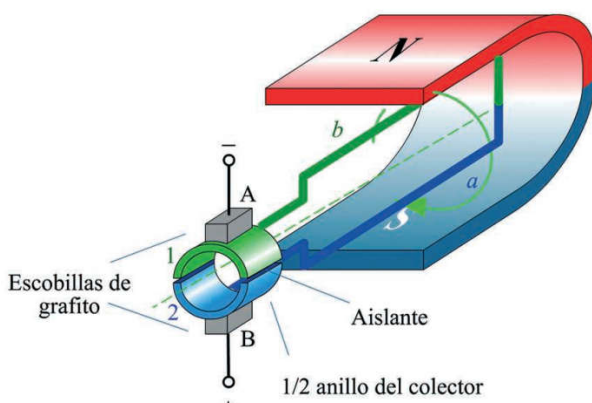
6.4 GENERACIÓN DE CC: DINAMOS

Se puede decir que una dinamo es una máquina eléctrica rotativa que produce energía eléctrica en forma de corriente continua a partir de una fuente rotatoria de energía mecánica, aprovechando el fenómeno de la inducción magnética. En la actualidad la corriente continua se produce a través de acumuladores, o se obtiene de la conversión de corriente alterna mediante puentes rectificadores. Así pues, las dinamos se utilizan poco, y en aplicaciones específicas, como las tacodinamos, que se utilizan para medir la velocidad de rotación de un eje (ya que la tensión producida es proporcional a la velocidad de giro)

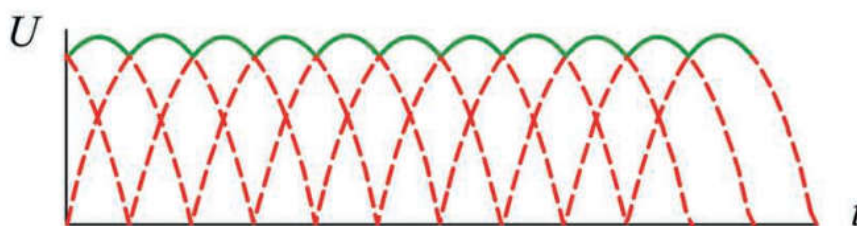
Hasta el momento habíamos considerado la máquina más sencilla capaz de producir corriente (alterna) de la siguiente manera:



Si se desea obtener corriente continua, se pueden sustituir los dos anillos colectores por dos semianillos aislados uno del otro, se obtiene una señal de corriente pulsante. A estos anillos se les llama Delgas.

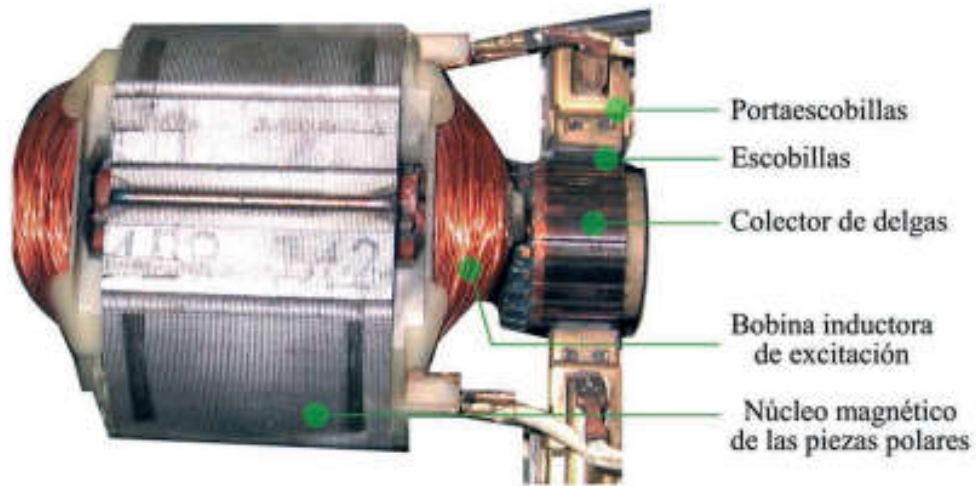


Como se puede ver, la señal presenta demasiado rizado. Pero si añadiéramos más espiras y más delgas, la tensión en las escobillas ya no descendería hasta cero, sino que presentaría el siguiente aspecto:



Las partes fundamentales de una dinamo son el estator (inductor), rotor (inducido), y el colector de delgas. El inductor del estator puede estar constituido por imanes permanentes o por un bobinado formando un electroimán, que necesitará de una fuente de corriente continua para producir el campo magnético necesario. Las dinamos con excitación independiente utilizan una fuente de energía externa, mientras que las autoexcitadas aprovechan la corriente producida por la misma dinamo. Esto es posible gracias al pequeño magnetismo remanente que poseen los núcleos de los polos del estator, que son capaces de inducir una pequeña fuerza electromotriz en el inducido en cuanto se inicia el movimiento del rotor. Si conectamos el inductor al inducido, esta corriente es aprovechable para producir un campo magnético aún mayor en el estator, que a su vez aumenta progresivamente la f.e.m. en el rotor, hasta que se alcanza la tensión nominal.



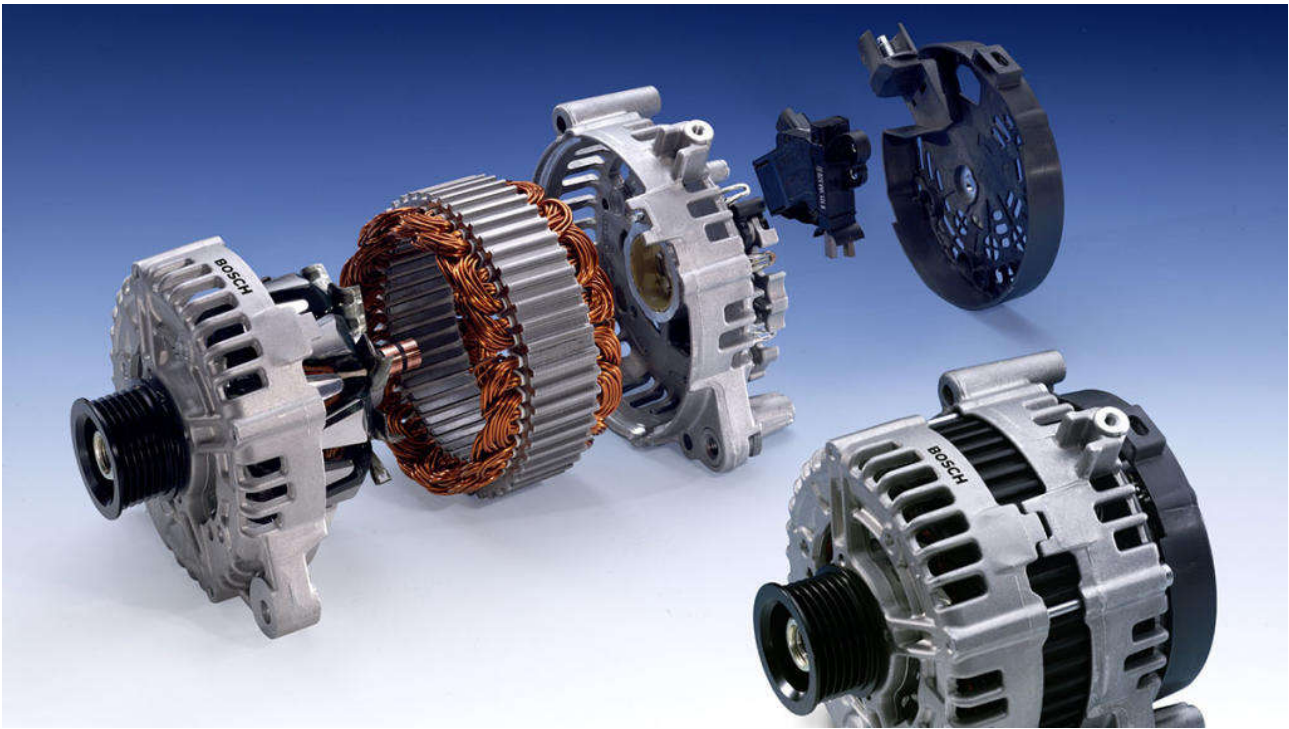


Se puede conectar el inductor del estator en paralelo con la bobina del rotor o se puede conectar en serie. En la práctica se utiliza una combinación mixta, teniendo dos partes independientes en el inductor, una en paralelo y otra en serie. De esta manera se consigue una curva de tensión mucho más estable.

6.5 GENERACIÓN DE CC: ALTERNADOR DE AUTOMOCIÓN

El alternador de automoción es una máquina relativamente pequeña, que acoplada a los motores de combustión interna transforma mediante una correa de transmisión la energía mecánica en energía eléctrica, proporcionando así un suministro eléctrico durante la marcha del motor, que se usará principalmente para la carga directa de baterías, y también para consumo instantáneo.

El principio de funcionamiento es relativamente sencillo: el alternador es un dispositivo que, al girar, genera en su interior una corriente alterna mediante inducción electromagnética; para girar, el alternador va conectado al motor a través de la correa de servicios. Puesto que su principal cometido es la carga de baterías, el alternador suministra corriente continua, y para conseguir esto, dispone de su propio rectificador integrado.



El alternador está formado por:

- Polea: es la que recibe la fuerza mecánica procedente del motor térmico de combustión a través de una correa, normalmente poli V. Esta polea va unida al eje del alternador y se encarga de mover el rotor que hay en su interior y, también, de mover también al ventilador que va situado en el interior en los alternadores de última generación.
- Rotor (inductor): es la parte móvil del alternador, está formada por un electroimán que recibe corriente desde el regulador a través de unas escobillas de carbono y unos anillos rozantes situados en el eje. Este electroimán produce un campo magnético, ante el cual, reaccionan las bobinas del estátor (parte fija) produciendo la corriente eléctrica.
- Regulador: es el encargado de mantener una tensión máxima de salida del alternador de 14,5 voltios en función de la carga que tenga conectada.
- Estátor (inducido): es la parte fija sobre la que se encuentran los bobinados, que suelen ser seis. Éste puede estar constituido en forma de estrella o de triángulo.
- Puente rectificador de diodos: es el elemento encargado de rectificar la corriente de salida del alternador (ya que ésta es alterna) haciendo que se convierta en continua y sea factible para su uso como cargador de baterías o para los consumidores de corriente continua del barco

Funcionamiento:

Cuando accionamos el contacto (llave) en el panel de control, la bobina rotor del alternador es alimentada con corriente continua proveniente de la batería. Cuando ésta comienza a girar, al arrancar el motor, empieza a generar energía. Una vez arrancado el motor, el regulador se autoalimenta con la energía que produce el propio alternador. Cuando esto ocurre, la luz del cuadro de instrumentos se apaga. Si la luz del cuadro no se apaga tras poner en marcha el motor, es una indicación de que podría no haber salida de corriente del alternador. Si la luz realiza destellos (se enciende y se apaga de forma rápida e irregular), es porque existe falta de carga (fallo en el regulador) o bien porque estamos obteniendo corriente alterna (diodos perforados en el puente rectificador).

Para comprobar que el alternador funciona bien, se debe comprobar que llegan la tensión de la batería a la entrada del regulador y que los diodos del puente rectificador no están cortados, ya que en tal caso, no saldría la corriente del mismo aunque éste la generase bien. Así mismo, las escobillas de los anillos rozantes podrían estar desgastadas y no entrar corriente al inductor (rotor)

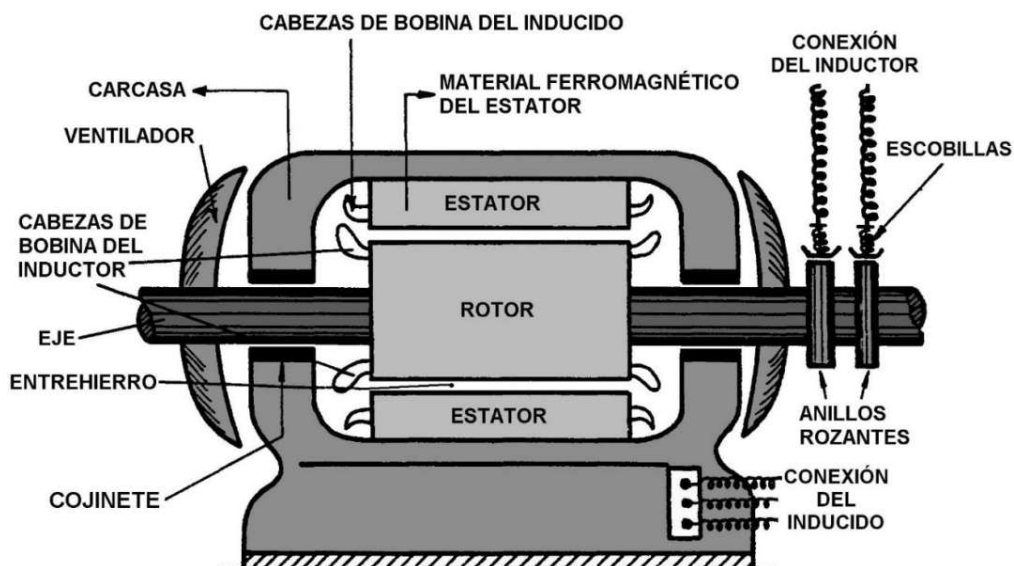
Ventajas del alternador respecto a la dinamo

El alternador, como máquina productora de corriente continua, posee varias ventajas frente a la dinamo, que la convierten en la máquina más utilizada. Son destacables las siguientes:

- Se puede obtener mayor rango de velocidad de giro. La velocidad de giro puede ir desde 500 a 7.000 rpm.
- El conjunto rotor y estátor es muy compacto.
- Cuenta con un solo elemento para regular la tensión.
- Pueden llegar a ser entre un 40 y un 45% más ligeros que las dinamos, y de un 25 a un 35% más pequeños.
- Pueden trabajar en ambos sentidos de giro sin necesidad de modificación.
- Su vida útil es superior a la de la dinamo.

6.6 GENERACIÓN DE C.A: ALTERNADORES SÍNCRONOS

Los alternadores son máquinas síncronas de corriente alterna, lo cual quiere decir que en su inducido se produce corriente alterna, mono o trifásica. Por el contrario, el devanado inductor de estas máquinas funciona con corriente continua. Salvo en máquinas pequeñas, es habitual que el inducido esté situado en el estator y el inductor esté ubicado en el rotor y se alimente a través de un colector de dos anillos y escobillas de carbono. Muchos se construyen así porque interesa que las tensiones y las corrientes en el rotor y, sobre todo, en el colector de anillos sean lo más pequeñas posible y, además, así se necesitan dos anillos y no tres. Algunas máquinas pequeñas carecen de devanado inductor y de colector porque se sustituyen por unos imanes permanentes.



Magnitudes características de un alternador

Las más destacables son la frecuencia y la fuerza electromotriz. Para que un alternador produzca una corriente alterna de frecuencia constante, como corresponde al funcionamiento normal de un generador, debe girar a velocidad constante, conocida como velocidad síncrona. La velocidad se relaciona con la frecuencia mediante la fórmula

$$f = \frac{p \cdot n}{60}$$

siendo n la velocidad en rpm y p el número de pares de polos. De esta

expresión se deduce que para producir una corriente de 50Hz con un alternador cuyo rotor tenga 2 polos (1 par), la velocidad de giro necesaria serán 3000rpm, para un rotor con 4 polos (2 pares), la velocidad será de 1500rpm, para 6 polos será de 750rpm...En cada aplicación, dependiendo de la velocidad de giro de la fuente de energía mecánica,

se usará un tipo de rotor u otro.

La tensión en cada bobina, es decir en cada fase, depende de la constitución de los devanados y del flujo magnético del inductor, que es proporcional a la corriente de excitación. Las bobinas se pueden conectar en triángulo, con lo que la tensión compuesta a la salida del alternador coincidirá con la tensión de fase, o bien pueden conectarse en estrella, en cuyo caso la tensión compuesta será $\sqrt{3}$ veces mayor que la tensión de fase.

Acople de generadores en paralelo

Para realizar con éxito el acoplamiento de varios generadores al mismo embarrado se deben dar las siguientes condiciones:

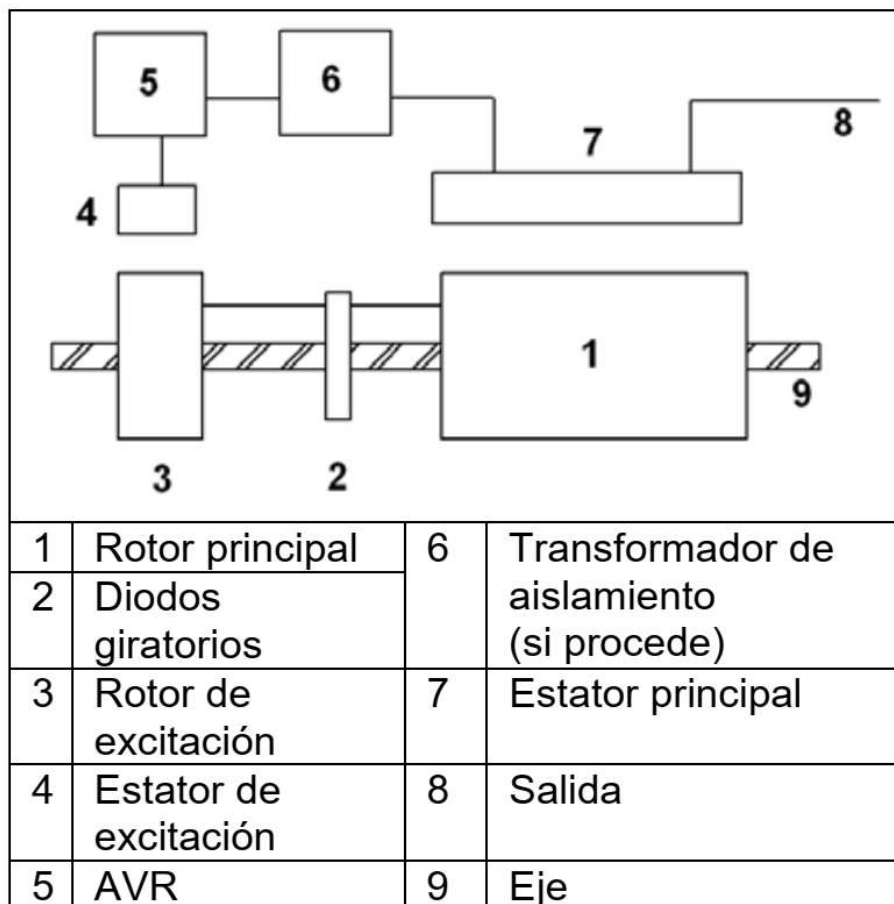
- Misma frecuencia: se controlará la frecuencia del generador entrante ajustando su regulador de velocidad.
- Misma tensión. Se ajustará con el regulador de tensión si es necesario.
- Mismo orden de fases. Los generadores en un buque existente ya estarán conectados en el orden correcto. Solamente en caso de sustituir un generador o en caso de desconectar los cables del embarrado para sustituirlos o por operaciones de mantenimiento se deberá tener la precaución de restablecer el orden de fases correcto.
- Tensiones en fase: En el momento del acople, las tensiones de los alternadores deben estar en fase, es decir, las ondas sinusoidales que representan las tensiones del embarrado con las del generador entrante deben estar superpuestas. Esto se comprueba con un sincronoscopio, que generalmente es una aguja que debe girar en sentido horario a una velocidad no excesiva. Si gira en sentido antihorario deberemos reducir la velocidad. Cerraremos el contacto para meter el nuevo generador en barras cuando esta aguja esté en la posición de las doce menos cinco.

Alternadores sin escobillas

Hoy en día la mayoría de alternadores en buques son de excitación por alternador auxiliar sin escobillas, también llamados *brushless*. Dado que el alternador no genera corriente continua, es imposible llevar a cabo un sistema de autoexcitación como en el caso de las dinamos. En los alternadores brushless el suministro de CC para el rotor inductor se consigue mediante un alternador auxiliar con un arreglo de diodos rectificadores, ambos acoplados al mismo eje que el alternador principal.

Este alternador auxiliar de excitación necesita, como es natural, una corriente inicial que alimente a su inductor hasta que la tensión en el estator principal sea la nominal. Esto se consigue a partir del magnetismo remanente del rotor principal, aprovechándolo para inducir tensión en un bobinado auxiliar que está intercalado con el bobinado del estator principal, en cuanto la máquina se pone en marcha. Esta tensión es inyectada en el estator auxiliar, que puede estar equipado con unos imanes permanentes que ayuden a mantener el campo de excitación auxiliar.

Una vez establecido el campo en el estator auxiliar de excitación, empiezan a inducirse corrientes en el rotor auxiliar, que está acoplado en el mismo eje que el rotor principal. Un puente de diodos colocado en el mismo eje permite rectificar la corriente a continua y alimentar el rotor principal. Con el rotor principal excitado y en movimiento, las corrientes inducidas en el estátor principal van en aumento hasta alcanzar las tensiones nominales de la máquina. Una unidad reguladora llamada AVR (*automatic voltage regulator*) se encarga de detectar la tensión de salida del estátor principal y corregir la corriente de excitación para ajustar esta tensión durante el uso del generador.





PROTECCIÓN DE ALTERNADORES

Los alternadores sincrónicos, y los motores síncronos son al fin y al cabo la misma máquina. Esto quiere decir que si en los bornes del estator de un alternador síncrono aplicamos una tensión, éste puede comportarse como un motor si existe suficiente magnetismo remanente en el rotor.

Esto es particularmente problemático en el caso de tener varios alternadores funcionando en paralelo, conectados al mismo embarrado y a una tensión nominal común a todos ellos. Si uno de ellos, por causas mecánicas, se frena, es decir, pierde la velocidad de sincronismo, la tensión que se estaba generando en los bornes de su inducido (estator) caerá. Como el alternador continúa conectado al embarrado (que sigue a la tensión nominal), su estator percibirá una tensión superior a la que estaba generando, y el alternador problemático se empezará a comportar como un motor, es decir como una carga eléctrica, y empezará a consumir corriente del embarrado, en lugar de aportarla.

En estos casos se dice que el alternador está consumiendo potencia inversa (reverse power). Es una situación frecuente que se puede dar por varios motivos, por ejemplo

-Si el motor de combustión que mueve la alternadora tiene un problema mecánico (por ejemplo en el suministro de combustible, o si falla un cilindro), y no puede mantener la velocidad de rotación nominal.

-Si el alternador tiene un problema interno que dificulte su giro, por ejemplo cojinetes desgastados.

Los sistemas de gestión de la energía a bordo cuentan con elementos de protección activa frente a este fenómeno de la potencia inversa, y mediante un relé son capaces de desacoplar el generador conflictivo del embarrado.

Otros fenómenos indeseables son también controlados por relés de protección. Tal es el caso de:

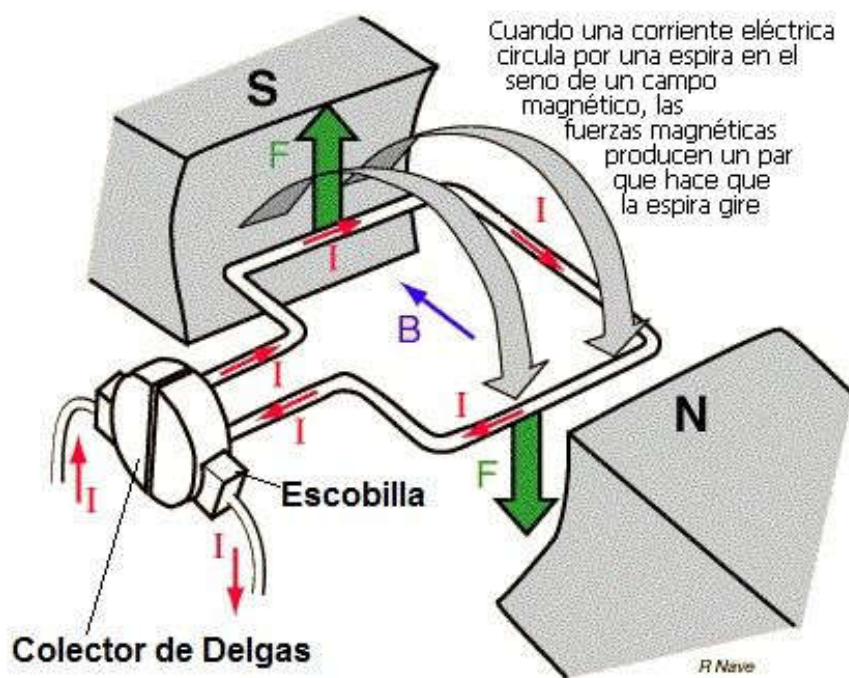
- Relé vigilante de tensión: detecta subtensiones o sobretensiones
- Relé vigilante de frecuencia
- Relé vigilante de potencia: es capaz de desconectar determinados consumidores, o bien de arrancar un segundo generador para dar respuesta a un aumento de carga.
- Relé de carga desequilibrada: compara la carga en cada fase y desconecta el interruptor general si la diferencia es mayor que un valor predeterminado.

7.7 MOTORES

Las máquinas eléctricas tienen la propiedad de ser reversibles. Es decir, que son capaces de transformar indistintamente el trabajo mecánico en energía eléctrica, o la energía eléctrica en trabajo mecánico. El principio de funcionamiento de los electromotores se basa en los fenómenos electromagnéticos estudiados hasta ahora. Cuando una bobina recorrida por una corriente eléctrica se encuentra situada dentro de un campo magnético, se orienta de modo que el flujo magnético le entre por su cara sur, moviéndose hasta que el flujo que la atraviesa alcanza su valor máximo.

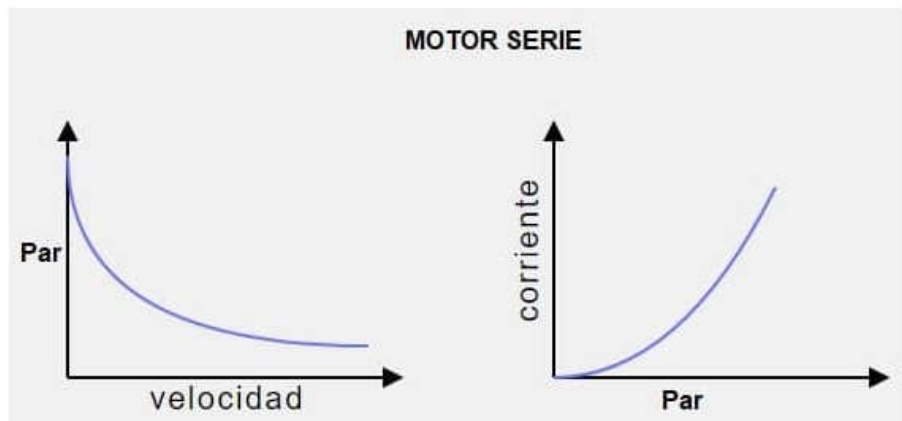
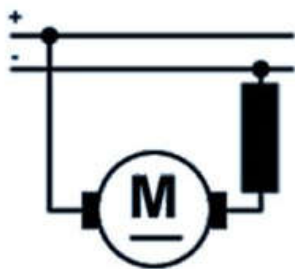
El motor de corriente continua

El motor de corriente continua tiene la misma constitución que la dinamo. Para entender su funcionamiento es útil analizar primero un motor elemental constituido por una espira situada entre dos imanes, por la que hacemos circular una corriente. Como se puede apreciar, y efectuando las comprobaciones necesarias con la regla de la mano izquierda para visualizar la dirección de la fuerza de Laplace, la espira experimenta un par que la hace girar, hasta que su polo sur se encuentra mirando al norte del imán. Si justo en ese momento, mediante un colector de 2 delgas, invertimos el sentido de la corriente, aparecerá un nuevo par que tenderá a seguir girando la espira en el mismo sentido (aprovechando la inercia que ya lleva). Cuantas más espiras y delgas tengamos, más constante será el par sobre el rotor.

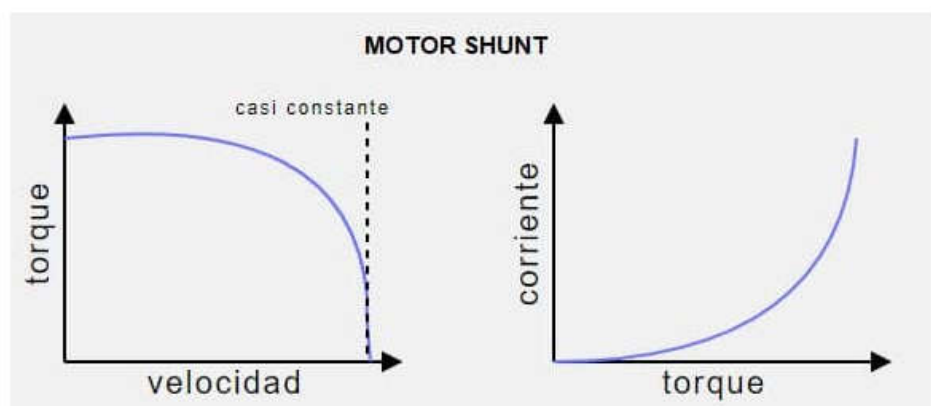
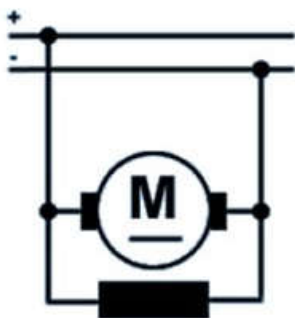


Excitación de los motores de corriente continua

El estator del motor de corriente continua puede estar constituido por imanes permanentes, como en la imagen anterior o por electroimanes, que pueden estar alimentados por una fuente de tensión independiente, o por la misma fuente que alimenta el rotor. En este último caso, igual que ocurría con las dinamos, se distinguen varios tipos de conexiones para la alimentación de los bobinados rotóricos y los estatóricos según estos estén conectados en serie, en paralelo, o una combinación de ambas conexiones.

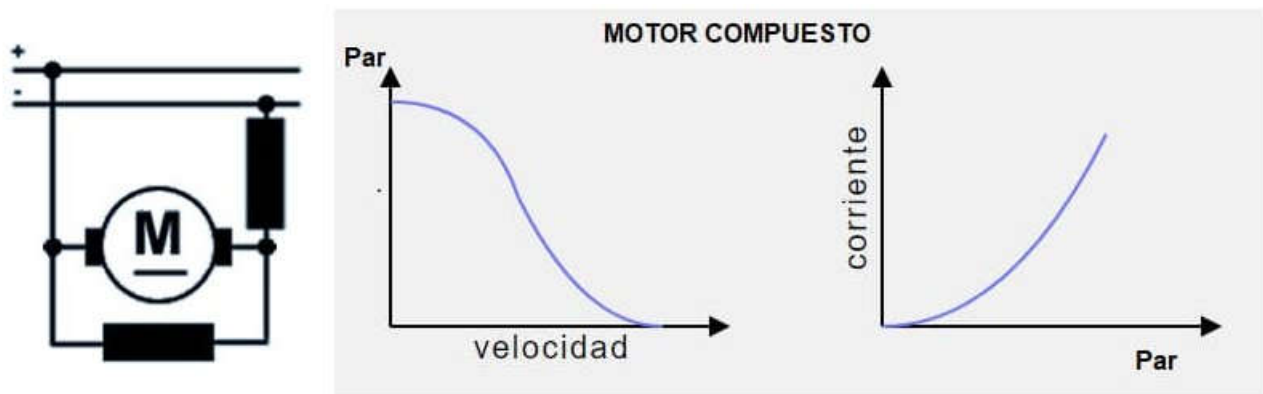


Los motores CC en serie se caracterizan por tener un elevado par de arranque, que disminuye drásticamente con la velocidad. Si durante su funcionamiento el par resistente disminuye, su velocidad continúa aumentando. Esto puede ser peligroso, hasta tal punto que el motor CC en serie no puede trabajar en vacío, pues se **embala** y puede ser inestable. Por este motivo su uso es siempre para casos en los que el arranque sea con carga, típicamente en aplicaciones para vehículos de tracción, polipastos, etc.



Los motores con excitación en paralelo o *shunt* se caracterizan por tener una velocidad prácticamente constante para cualquier régimen de carga, a costa de tener menor par de arranque en comparación con un motor en serie. Cuando aumenta el par resistente, el

consumo de corriente aumenta, pero sin afectar significativamente a la velocidad. Dada su estabilidad, es un motor típicamente utilizado en herramientas para metales, como los tornos, taladros, etc.



En el motor compuesto, o *compound*, se tienen dos devanados inductores. Uno está en serie con el devanado inducido, y el otro está en paralelo. Al combinar ambos métodos se consigue un motor con un elevado par de arranque, como los motores en serie, mientras mediante el devanado shunt se logra una velocidad más o menos constante, y se evita el embalamiento del motor en vacío.

Control de la corriente de arranque

Como se puede ver en las curvas, cuando el par es elevado, como es el caso del momento del arranque en muchas aplicaciones, las corrientes que se producen pueden ser muy elevadas. Por este motivo, se suelen utilizar reostatos de arranque, es decir, resistencias variables que colocadas en serie ayudan a controlar la corriente que llega a los devanados. El Reglamento Electrotécnico de Baja tensión, para instalaciones terrestres, establece que a partir de 0,75 kW es obligatorio el uso de estos reostatos con motores de CC.

Cambio de sentido de rotación en motores CC

Para cambiar el sentido de rotación en estos motores, no basta con invertir la conexión positiva y la negativa, pues de esta manera cambiaría el sentido de la corriente que circula por ambos bobinados (rotórico y estático) y el sentido de giro del rotor sería el mismo. Para conseguir el cambio de giro habría que invertir la conexión de uno de los dos bobinados solamente.

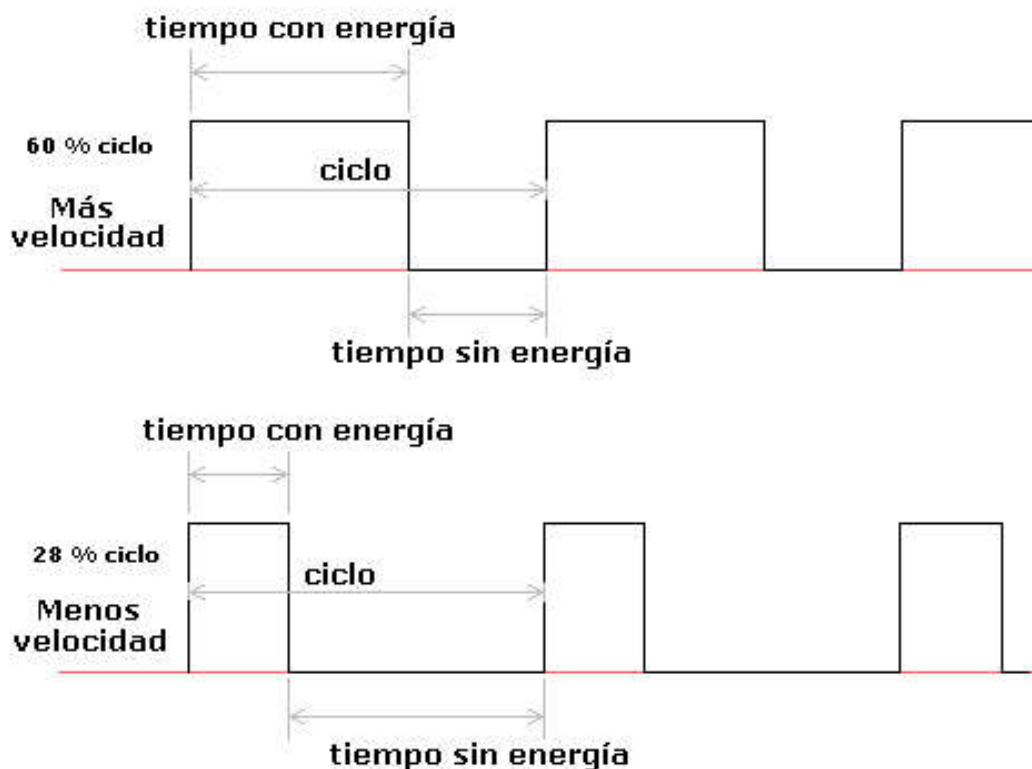
En el caso de estatores de imanes permanentes sí que es posible invertir el sentido de giro invirtiendo la polaridad. Esto hace especialmente crítico vigilar la polaridad al conectar un motor que impulse, por ejemplo, una bomba

Control de la velocidad en motores CC

En muchas aplicaciones marinas no se requiere control de la velocidad y los motores CC funcionan siempre durante un tiempo limitado, al máximo de sus capacidades.

En los casos en los que se requiere una regulación de la velocidad, en estos motores se realiza ajustando el voltaje de alimentación, típicamente con reóstatos puesto que así se reduce la corriente y por ende el par motor y la velocidad. Sin embargo este método conlleva una pérdida de potencia, que puede no ser aceptable en algunas aplicaciones, y es un desperdicio energético en forma de calor disipado en el reóstato.

Existe un método de regulación de la velocidad que se basa en el control electrónico del tiempo que se suministra el voltaje nominal al motor. Este método se llama modulación por ancho de pulso (PWM por sus siglas en inglés).



Aplicaciones

En la práctica, la presencia de motores de corriente continua a bordo de buques se limita a modelos de potencias moderadas, que típicamente accionan cabrestantes, hélices de proa o bombas de trasiego en embarcaciones pequeñas o medianas. No obstante, debido al auge de la propulsión eléctrica, pueden volver a tener una presencia significativa a bordo de algunas embarcaciones..



El motor universal

Un motor universal es un motor de corriente alterna con colector de delgas. Es decir, es un motor DC serie, alimentado con corriente continua. Pese a que la corriente cambia de sentido constantemente, si se tiene en cuenta que los devanados inductor e inducido están conectados entre si, se deduce que el campo cambia de sentido para ambos devanados, y el sentido de giro permanece invariable.

Igual que en los motores CC, se puede regular la velocidad ajustando la tensión, y aquí reside su ventaja, dado que este ajuste es más fácil en corriente alterna. Estos motores son ampliamente usados en herramientas eléctricas y electrodomésticos.

El motor sincrónico

El motor síncrono es en esencia la misma máquina que un alternador, y se caracteriza por girar a la velocidad de sincronismo. En esta máquina el rotor suele estar formado por electroimanes, y es alimentado de corriente continua mediante unos anillos rozantes. Cuando está en movimiento, existe un bloqueo magnético entre el campo rotórico y el estatórico que propicia que ambos giren a la misma velocidad.

No obstante, el motor síncrono no tiene par de arranque. Esto significa que cuando inicialmente alimentamos los devanados estatóricos y producimos un campo giratorio, el rotor no experimenta suficiente par como para vencer su inercia mecánica y ponerse en movimiento. Sólo cuando la velocidad de sincronismo sea extraordinariamente pequeña el rotor puede seguir al campo magnético estatórico y autosincronizarse, empezando así a girar. Por ello los motores síncronos necesitan de algún método de arranque.

Los métodos más frecuentes son:

-Arranque por variador de frecuencia. Este método se usa cuando la función principal del variador es regular la velocidad. En principio no tiene justificación económica el usar un variador de frecuencia sólo para el arranque, si bien estos son cada vez más asequibles.

-Arranque por motor auxiliar. Se utiliza un motor auxiliar, generalmente de corriente continua, para acelerar el motor síncrono hasta una velocidad próxima a la de sincronismo que permita la autosincronización del rotor con el campo estatórico giratorio. En ese momento se desacopla el motor auxiliar.

-Arranque como motor asíncrono. Esta solución consiste en insertar una jaula de ardilla entre los devanados rotóricos. De esta manera, con el rotor sin excitar, se inducen corrientes en la jaula que inician el movimiento hasta una velocidad próxima al sincronismo, En ese momento se excita el rotor para permitir la autosincronización del mismo. Una vez que el rotor gira a la velocidad de sincronismo, la jaula de ardilla deja de ver un campo magnético variable y dejan de inducirse corrientes en ella.

El motor síncrono es más costoso y requiere más mantenimiento que el asíncrono. Además, no soportan variaciones bruscas de carga, puesto que podrían perder la velocidad de sincronismo y pararse. Sin embargo, es un motor con mayor rendimiento (mejor ratio de conversión de energía eléctrica en mecánica), tiene menores corrientes de arranque, y mayor precisión, puesto que mantienen una velocidad constante pese a los cambios de carga.

Su uso suele generalizarse a partir de 10kW.

El motor asíncrono

Los motores asíncronos no poseen una velocidad constante de giro. Su velocidad de giro

es diferente a la velocidad de sincronismo
$$n = f \cdot \frac{60}{p}$$

Esta diferencia de velocidades se llama deslizamiento. Esta magnitud se expresa en tanto

por ciento
$$s = \frac{n_{sincronismo} - n_{rotor}}{n_{sincronismo}}$$

El motor asíncrono más habitual es el de rotor en cortocircuito o en jaula de ardilla, comúnmente llamado Motor de inducción. En este motor, las corrientes que atraviesan los devanados estatóricos crean un campo magnético giratorio. Este campo, al ser variable con respecto al rotor, induce corrientes en éste. Estas corrientes que aparecen en el rotor, crean un nuevo campo magnético, siempre ligeramente inferior al estatórico. Por la interacción entre ambos campos magnéticos, el rotor empieza a girar, no llegando nunca a alcanzar la velocidad de sincronismo, pues esto significaría que el rotor ya no percibe el campo estatórico como variable, y dejarían de inducirse en él las corrientes que producen el campo magnético rotórico.

La conexión de estos motores puede hacerse en estrella o en triángulo, como se verá en las prácticas, según sea el voltaje disponible.

REFERENCIAS

-www.fundacionendesa.org

-Máquinas sincronas. M.A. Rodríguez Pozueta. Universidad de Cantabria

-Electrotecnia. Pablo Alcalde San Miguel.

-WEG-general-care-in-alternators-technical-articles-english.pdf