

Máquinas de corriente continua

Autor: Andrés Murillo P.

amurillo@est.ups.edu.ec

Resumen— En el presente documento se desarrollara una breve explicación acerca de los diferentes parámetros que involucran a las máquinas de corriente continua tanto los motores como los generadores como son su construcción, tipos diferencias, métodos de construcción y todas aquellas variables que debemos tomar en cuenta al momento de elegir una máquina de corriente continua, además de las posibles soluciones y los aspectos que esto implica ante una posible necesidad de la máquina.

Palabras Clave—Generador, motor, corriente continua.

I. INTRODUCCIÓN

La corriente continua presenta grandes ventajas, entre las cuales está su capacidad para ser almacenada de una forma relativamente sencilla. Esto, junto a una serie de características peculiares de los motores de corriente continua, y de aplicaciones de procesos electrolíticos, tracción eléctrica, entre otros, hacen que existen diversas instalaciones que trabajan basándose en la corriente continua.

Los generadores de corriente continua son las mismas máquinas que transforman la energía mecánica en eléctrica. No existe diferencia real entre un generador y un motor, a excepción del sentido de flujo de potencia. Los generadores se clasifican de acuerdo con la forma en que se provee el flujo de campo, y éstos son de excitación independiente, derivación, serie, excitación compuesta acumulativa y compuesta diferencial, y además difieren de sus características terminales (voltaje, corriente) y por lo tanto en el tipo de utilización.

Las máquinas de corriente continua son generadores que convierten energía mecánica en energía eléctrica de corriente continua, y motores que convierten energía eléctrica de corriente continua en energía mecánica.

La mayoría las máquinas de corriente continua son semejantes a las máquinas de corriente alterna ya que en su interior tienen corrientes y voltajes de corriente alterna. Las máquinas de corriente continua tienen corriente continua sólo en su circuito exterior debido a la existencia de un mecanismo que convierte los voltajes internos de corriente alterna en voltajes corriente continua en los terminales.

Este mecanismo se llama colector, y por ello las máquinas de corriente continua se conocen también como máquinas con colector

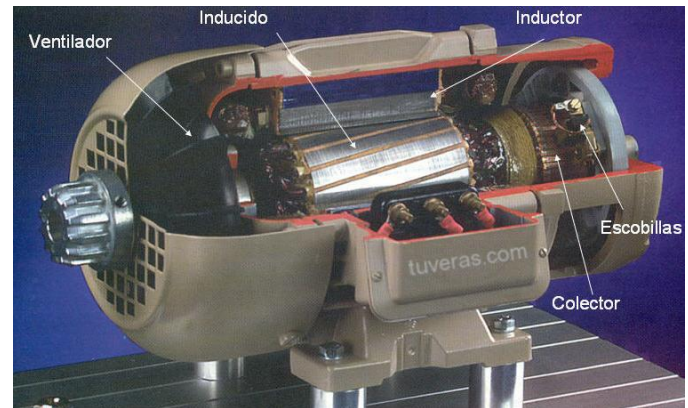


Figura 1.- Maquina de corriente continua

II. PARTES DE UNA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA

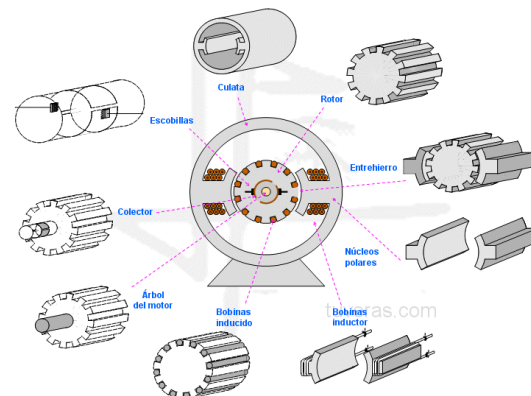


Figura 2.- Estructura de una máquina de corriente continua

A. Estator

Formado por una corona de material ferromagnético denominada culata o yugo en cuyo interior, regularmente distribuidos y en número par, van dispuestos unos salientes radiales con una expansión en su extremo, denominados polos, sujetos por tornillos a la culata. Rodeando los polos, se hallan unas bobinas de hilo, o pletina de cobre aislado, cuya misión es, al ser alimentadas por corriente continua, crear el campo magnético inductor de la máquina, el cual presentará alternativamente polaridades norte y sur. Salvo las máquinas de potencia reducida, en general de menos de 1 kW, encontramos también en el estator, alternando los polos antes citados, otros llamados polos de conmutación.

1) Partes del estator

- **Yugo.-** Es necesario para cerrar el circuito magnético de la máquina. Generalmente está constituido de hierro fundido o de acero.
- **Polos.-** Están fabricados de acero al silicio laminado. Las láminas del polo no están aislados entre si debido a que el flujo principal no varía con el tiempo.
- **Bobinas de Campo.-** Están arrollados sobre los polos, el material empleado es el cobre, ya que tiene menor resistividad y por lo tanto menos pérdidas (i^2R)
- **Interpolos.-** Están fabricadas de láminas de acero al silicio y llevan un arrollamiento de alambre grueso. La finalidad de los interpolos es evitar chispas en el colector cuando se cortocircuitan las delgas del colector o conmutador, es decir durante el proceso de conmutación.

B. Rotor

Formado por una columna de material ferromagnético, a base de chapas de hierro, aisladas unas de las otras por una capa de barniz o de óxido. La corona de chapa magnética presenta en su superficie externa un ranurado donde se aloja el devanado inducido de la máquina. Este devanado está constituido por bobinas de hilo o de pletina de cobre convenientemente aislados, cerrado sobre sí mismo al conectar el final de la última bobina con el principio de la primera.

2) Partes del rotor

- **Núcleo de la armadura.-** Está constituido por láminas de acero silicio de sección circular. La circunferencia de ranurado para que puedan alojarse los conductores de arrollamiento de armadura. Los conductores y las ranuras generalmente van paralelos el eje pero en otros casos son oblicuos. El hierro de la armadura debe estar laminado y las chapas aisladas entre sí de otra manera el flujo del polo, induce una f.e.m. En el hierro (como lo hace en los conductores) que producirá elevadas corrientes parasitas y las correspondientes pérdidas (i^2R) en la superficie del hierro. La laminación del núcleo aumenta la resistencia de los caminos de las corrientes parasitas y reduce la magnitud de las corrientes.
- **Bobina de Armadura.-** Existen 2 tipos de bobinados de armadura las cuales son: el imbricado y el ondulado.

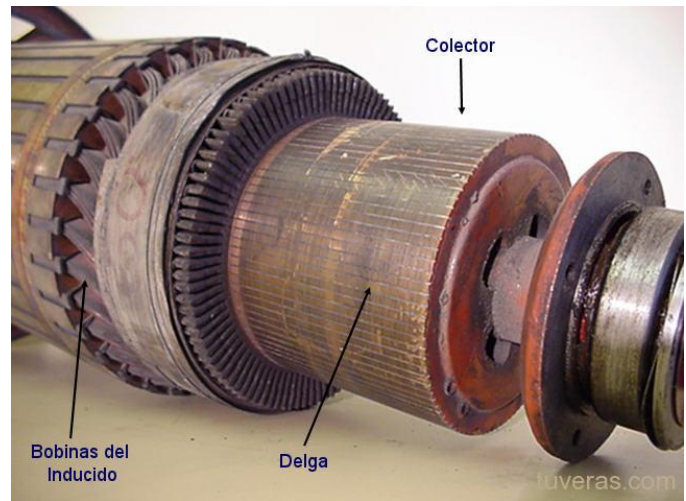


Figura 3.- Estructura del rotor

C. Colector

Constituido esencialmente por piezas planas de cobre duro de sección trapezoidal, llamadas **delgas**, separadas y aisladas unas de otras por delgadas láminas de mica, formando el conjunto un tubo cilíndrico aprisionado fuertemente. El colector tiene tantas delgas como bobinas posee el devanado inducido de la máquina.

D. Escobillas

Dispuestas en los porta escobillas, de bronce o latón, que retienen las escobillas que establecerán el enlace eléctrico entre las delgas y el colector y el circuito de corriente continua exterior.

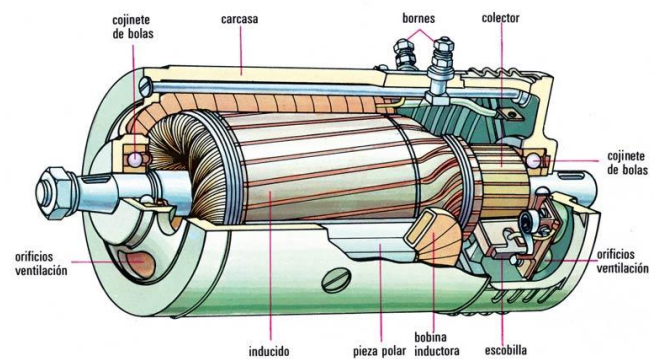


Figura 4.- Estructura completa de una máquina de corriente continua

III. ESTRUCTURA DE LOS DEVANADOS

A. Devanados del estator

El objetivo del devanado de estator es producir un campo en el entrehierro, constante en el tiempo y fijo en el espacio.

Devanado del estator = devanado de campo.
El devanado es del tipo concentrado, es decir que únicamente

está formado por un paquete (bobina) constituido por “n” espiras.

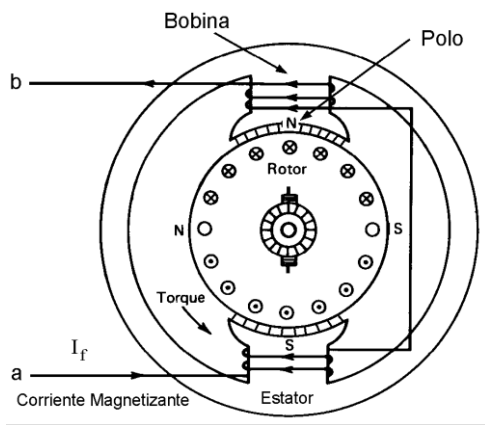


Figura 5.- Bobinados de un estator de una máquina de 2 polos

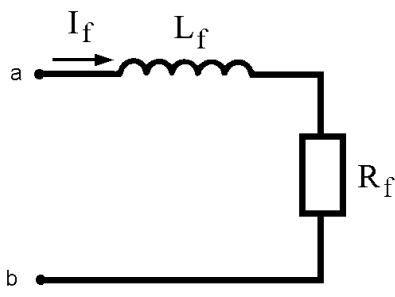


Figura 6.- Circuito equivalente del estator

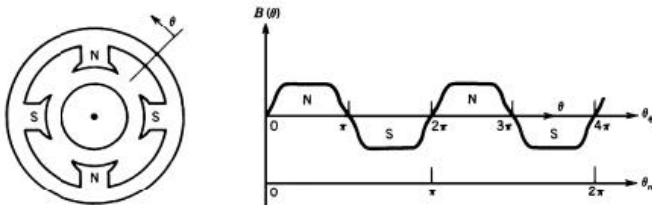


Figura 7.- Forma de onda en el tiempo producida por una máquina de 4 polos

El sentido de la corriente de estos bobinados deben ser de tal forma que origine polos alternados, en una máquina bipolar los polos están diametralmente opuestos.

B. Devanados del rotor

Las espiras del rotor se pueden conectar de diferentes maneras a las delgas del colector. La forma como se conecten determina el número de ramas en paralelo en que se divide la corriente del rotor, las magnitudes del voltaje final de salida y la cantidad y ubicación de las escobillas.

La mayoría de los arrollamientos de los rotores están conformados por bobinas hexagonales que se colocan en las ranuras del rotor. Cada bobina consta de un cierto número de

vueltas (espiras) de alambre, cada una aislada de las demás. Cada uno de los lados de una espira se denomina un conductor. El número total de conductores en la armadura de una máquina está dado por:

$$Z = 2 C N_c$$

Dónde:

Z : # de conductores del rotor

C : # de bobinas del rotor

N_c : # de espiras de una bobina

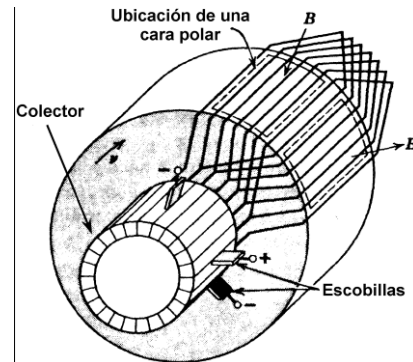


Figura 8.- Conexión del bobinado al colector

Normalmente una bobina abarca 180 grados eléctricos. Esto significa que cuando un lado de la bobina está frente al centro de un polo, el otro lado está frente al centro del polo de polaridad contraria. Los polos físicos pueden encontrarse separados por una distancia diferente de 180 grados mecánicos, pero el campo magnético invierte su polaridad de un polo al siguiente.

$$\Theta_e = (P/2) \Theta_m$$

Θ_e : Angulo medido en grados eléctricos

Θ_m : Angulo medido en grados mecánicos

P : Número de polos de la máquina.

Si una bobina abarca 180 grados eléctricos, los voltajes en los conductores de los dos lados de la bobina tendrán exactamente la misma magnitud y sentido opuesto en todo momento. Esta bobina se llama bobina de paso diametral o de paso total.

En algunos casos las bobinas tienen menos de 180 grados eléctricos. Entonces se llaman bobinas de paso fraccionario, y el devanado del rotor que tenga estas bobinas se llama devanado de cuerda. El nivel de acortamiento de un devanado se puede describir mediante el factor de paso o factor de ancho de bobina, que está definido por la ecuación.

$$p = \frac{\text{Angulo eléctrico de la bobina}}{180^\circ}$$

Con frecuencia se emplean, en máquinas de cc, los devanados con un pequeño acortamiento en el paso de bobina para mejorar la conmutación.

C. Tipos de devanado del rotor

Los inducidos generalmente tienen 2 tipos de arrollamientos o devanados; el imbricado y el ondulado.

Para que el colector cumpla su función los arrollamientos de los inducidos de las máquinas de c.c debe ser tal que partiendo de un punto, recorremos toda la periferia del rotor (a través de las espiras) llegaremos al punto de partida.

La fem inducida en la bobina es mayor cuando el ancho de bobina es igual al paso polar (paso entero). Por esta razón el ancho de bobina se hace igual o prácticamente igual al paso polar. Además todos los elementos del devanado deben conectarse entre sí de tal manera que las f.e.m. de cada elemento se sumen, caso contrario la maquina simplemente no funciona.

Que las f.e.m. de los elementos se sumen se consigue conectando la salida de un elemento con la entrada del siguiente elemento ubicados en polos opuestos o de distinta polaridad.

1) Devanado imbricado

En este tipo de devanados sus 2 extremos están conectados a 2 delgas adyacentes. Si el extremo final de la bobina se conecta a la delga siguiente se tiene un devanado imbricado progresivo $Y_c=1$, si el extremo final se conecta a la delga anterior se tiene un devanado imbricado regresivo $Y_c=-1$

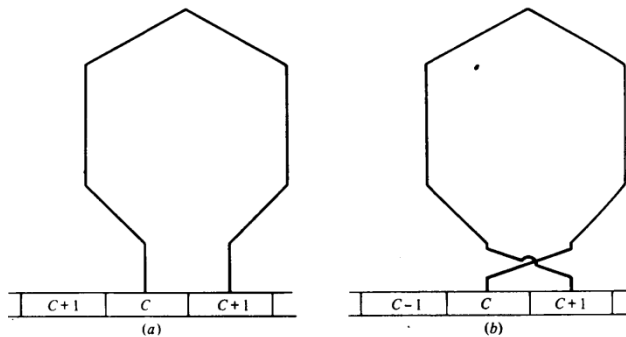


Figura 9.- (a) Bobina de un devanado progresivo
(b) Bobina de un devanado regresivo

Un aspecto interesante del devanado imbricado simple es que tiene tantas ramas en paralelo como polos tenga la máquina, este hecho hace que el devanado imbricado resulte bastante favorable para máquinas de bajo voltaje y alta corriente.

$$Y_p = \frac{k}{P}$$

P: # de polos de la maquina

k: # delgas del colector; # de ranuras

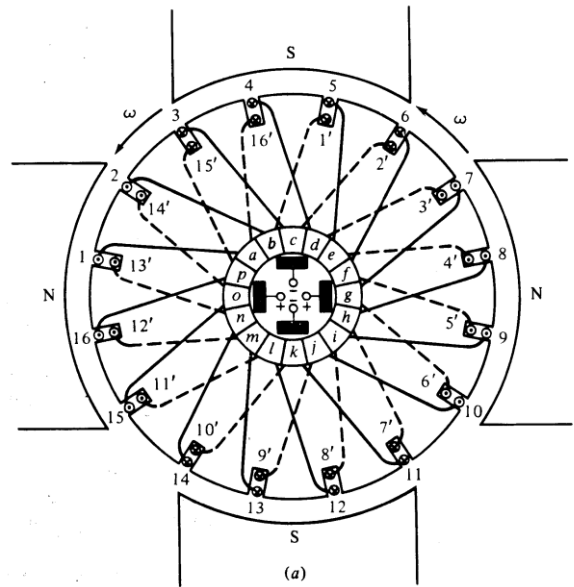


Figura 10.- Arrollamiento progresivo máquina de 4 polos

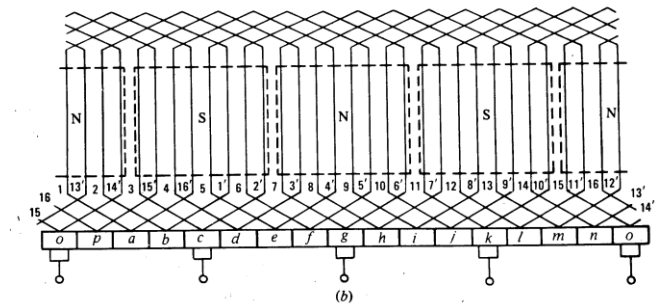


Figura 11.- Diagrama del devanado imbricado del rotor

2) Devanado ondulado

El devanado ondulado o serie es otra manera de conectar las bobinas a las delgas del colector, en este arrollamiento el final de la segunda bobina se conecta a una delga adyacente donde comenzó la primera. Es decir entre dos delgas adyacentes hay 2 bobinas en serie cada una de las cuales tiene un lado frente a un polo. El Voltaje final es la suma de los voltajes inducidos frente a cada polo y no puede haber desequilibrio de tensión.

Si la conexión se hace a la delga siguiente el devanado es progresivo si se hace a la delga anterior el devanado es regresivo. En general si la maquina tiene "P" polos hay P/2 bobinas en serie entre delgas adyacentes.

Se usan en voltajes elevados.

$$Y_c = \frac{2(c+1)}{P}$$

c: # de bobinas del rotor (+) Progresivo; (-) Regresivo

P: # de polos de la maquina

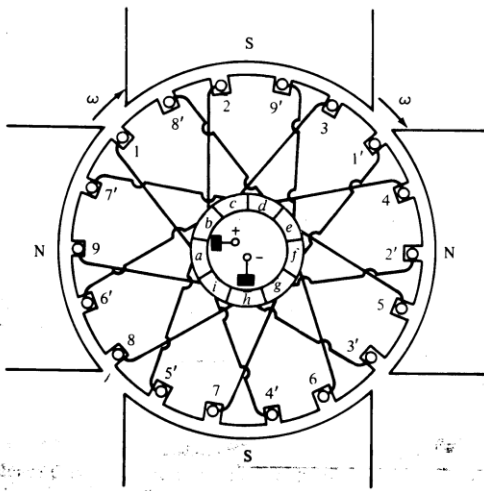


Figura 12.- Devanado ondulado del rotor

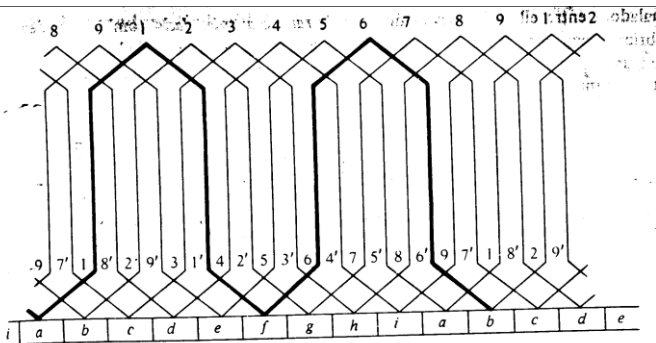


Figura 13.- Diagrama del devanado ondulado del rotor

IV. CONSTRUCCIÓN DE MAQUINAS

Existen varios procesos y modificaciones en cuanto a la construcción de las maquinas en dc.

Se dividen en:

- Construcción de los polos y la estructura.
- Construcción del rotor o armadura.
- Colector y escobillas.
- Aislamiento de los devanados.

A. Construcción de los polos y la estructura

1) Piezas embutidas de polo principal y de conmutación

Estas piezas suelen ser más gruesas que las del rotor porque sólo las caras polares están sujetas a cambios de flujo de alta frecuencia; las piezas son de 0.062 a 0.125 pulgadas de grueso y por lo general van remachadas.

2) Guarnición de carcasa

Es común que esta pieza esté fabricada de placa de acero blando laminado pero, en grandes generadores de alta demanda en donde se presentan cambios rápidos de carga, se pueden usar laminaciones. La carcasa sólida tiene una

constante magnética de tiempo de 1/2 s o más, dependiendo de su grosor; la de la carcasa laminada va de 0.05 a 0.005 s.

B. Construcción del rotor o armadura

1) Piezas embutidas del núcleo de armadura

Por lo general, estas piezas son de acero laminado eléctrico de alta permeabilidad, de 0.017 a 0.025 pulgadas de grueso, y tienen entre ellas una película aislante. Las unidades pequeñas y medianas utilizan piezas embutidas segmentales como las que se ilustran en la figura 4, que también muestra los dedos que se usan para formar los ductos de ventilación.



Figura 14.- Ranuras para la ventilación del rotor

2) Diseño de armadura

- **Velocidades de rotor.** Las normas enumeran las velocidades de generadores de cd tan altas como sea razonable para reducir su tamaño y costo. Las velocidades pueden ser limitadas por la conmutación, volts máximos por barra, o las velocidades periféricas del rotor o conmutador. Los conmutadores de generadores raras veces rebasan los 5000 ft/min, aun cuando los conmutadores de los motores pueden exceder de 7500 ft/min a altas velocidades; los rotores de generadores raras veces sobrepasan los 9500 ft/min.

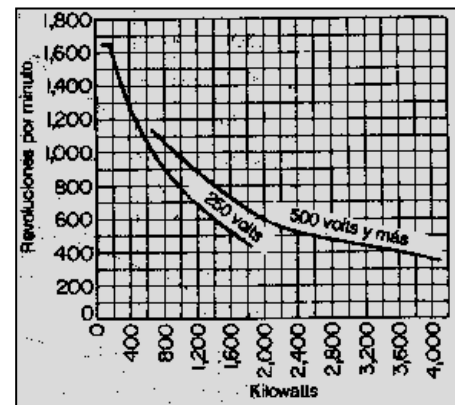


Figura 15.- Velocidades estándar en máquinas dc

- **Diámetros del rotor:** Los generadores conmutadores difíciles se benefician con el uso de diámetros grandes de rotor, pero los diámetros están limitados por los mismos factores que las velocidades de rotor enumeradas líneas arriba. La longitud resultante de armadura no debe ser menor que 60% del paso polar, debido a que una porción tan pequeña de la bobina de armadura se usaría para generar voltaje.

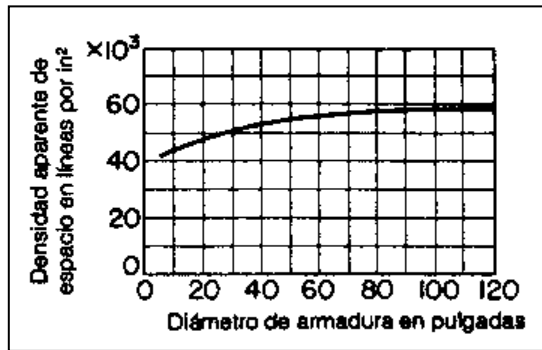


Figura 16.- Curva de densidad aparente de espacio contra diámetro de armadura

C. Colector y escobillas

1) Colector

El colector consta de delgas de cobre electrolítico, aisladas entre sí por separadores de micanita. Forma un cuerpo anular estratificado en todo el perímetro, que va aislado respecto a las piezas soporte. Para evitar vibraciones posteriores por solicitaciones térmicas o mecánicas y para conferirle mayor estabilidad mecánica, se trabaja con micanita especial con un reducido contenido en conglomerante del 3 % para las láminas aislantes y del 5 % para el aislamiento del cuerpo.

De acuerdo con la aplicación, se diferencian cinco tipos básicos de construcción de colectores:

- **El cuerpo anular del colector de cola de milano**, tras un prensado radial cuidadoso, se le tornea en forma de cola de milano por ambos extremos y se le sujeta con un anillo aislante de la forma correspondiente. En colectores largos de alta velocidad periférica, a veces es necesario emplear un colector de cola de milano doble debido a la muy alta sollicitación.
- **El colector suspendido o de membrana**, se utiliza en máquinas de muy altas revoluciones, por ejemplo, en turbogeneradores o máquinas de vaivén. El cuerpo anular, que es sostenido radialmente con anillos de contracción, va fijado en el lado del devanado a un anillo soporte prensado al eje, mientras que el otro lado es guiado por un disco elástico (membrana) apoyado sobre el eje. Este permite una dilatación axial del colector, y reduce con ello la sollicitación por efectos mecánicos y térmicos. Este tipo de construcción es efectivamente cara, pero satisface cualquier exigencia especial en relación con la resistencia.
- **El colector cónico** surgió con motivo de la exigencia de un diámetro grande del eje y un diámetro pequeño del colector para velocidad periférica máxima. El cuerpo anular tiene en ambos extremos un taladro cónico. Se le soporta en sentido radial mediante anillos de contracción, en el lado del devanado se

apoya en el eje cónico y se retiene con un anillo cónico.

- **El colector de material prensado** posee un cuerpo soporte de conglomerado de resina sintética, en el que se funde el cuerpo formado por las delgas. Los suplementos previstos en el canto interior de las delgas de cobre aseguran la unión con el material prensado. Un casquillo de acero incrustado ofrece una transmisión directa de todo el colector con el eje. El colector de material prensado se utiliza fundamentalmente en pequeñas máquinas hasta un diámetro de colector de 200 mm.

2) Carbones y portacarbonos

Estas piezas se seleccionan de diseños disponibles para limitar la densidad de corriente de carbones entre 60 y 70 A/in² a plena carga, para obtener la distancia de guarda individual necesaria, y para obtener un calentamiento aceptable del conmutador.

- **Escobilla de carbón (o simplemente carbones)**: Estas piezas se deslizan sobre las barras del conmutador y llevan la corriente de carga de las bobinas del rotor al circuito externo. Los porta carbonos sujetan los carbones contra la superficie del conmutador mediante resortes, para mantener una presión razonablemente constante y que se deslicen de modo uniforme.

D. Aislamiento de los devanados

Las elevaciones permisibles en la temperatura de las partes están limitadas por la temperatura máxima de "lugar caliente" que el aislamiento puede resistir y aún tener vida útil razonable. Las temperaturas máximas superficiales están fijadas por el gradiente de temperatura por el aislamiento desde el lugar caliente hasta la superficie.

Las normas de aislamiento del IEEE han establecido las temperaturas de límite para lugar caliente para sistemas de aislamiento. La norma C50.4 del American National Standards Institute para máquinas de cd enumera los gradientes típicos para esos sistemas e indica calentamientos aceptables de superficies y de promedio de cobre arriba de las temperaturas especificadas, para diversos recintos en máquinas y ciclos de trabajo. Los valores típicos son elevaciones de 40°C para sistemas Clase A, 60°C para Clase B y 80°C para Clase F en bobinas de armadura. Por lo general, los sistemas Clase H contienen siliconas y raras veces se usan en máquinas de cd de tamaño mediano y grande. Los vapores de siliconas pueden ocasionar un desgaste muy acelerado en los carbones del conmutador e intenso chisporroteo, en particular en máquinas cerradas.

V. REACCIÓN DEL INDUCIDO

Cuando la dinamo está en carga el flujo del inductor se distorsiona debido al flujo magnético creado por la corriente del inducido, el cual es perpendicular al flujo magnético principal creado por los polos inductores

Φ_p

Aunque aparentemente el flujo principal Φ_p no varía, pues se reduce en los cuernos de entrada pero aumenta en los cuernos de salida, e realidad el flujo principal disminuye pues la distorsión de del mismo aumenta su recorrido, es decir su reluctancia magnética, se crea saturación de los cuernos polares y además aumentan las fugas magnéticas, coadyugando todo ello en la disminución de Φ_p y disminuyendo por tanto la fem en carga E_c respecto a la fem en vacío E_v . Este fenómeno se conoce con el nombre de reacción magnética en el inducido.

$$\varepsilon = E_v - E_c = KN(\Phi_v - \Phi_c)$$

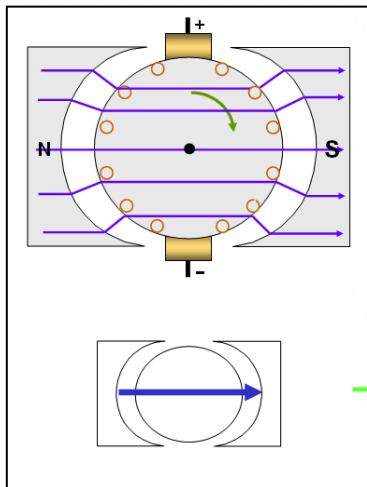


Figura 17.- Campo magnético del inductor

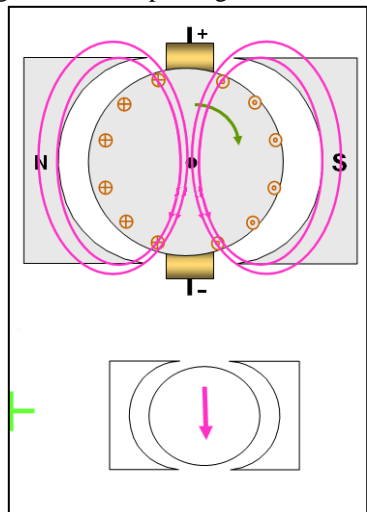


Figura 18.- Campo magnético del inducido

En las figuras 17 y 18 se representa los dos campos magnéticos presentes en una maquina en dc, si sumamos los dos campos encontramos nuestro campo resultante que podremos apreciar en la figura 19.

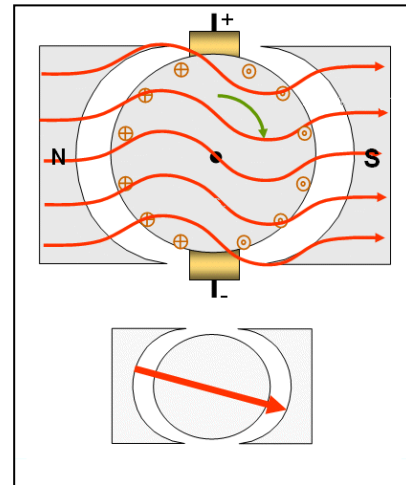


Figura 19.- Campo magnético resultante

Como observamos en la figura 19 la corriente en el inducido provoca un cambio de magnitud y dirección del campo lo que conlleva a la consecuencia de que la línea neutra (línea que une los conductores que no producen fem) en carga, adelanta respecto del sentido de giro un ángulo α , tomada como referencia la línea neutra en vacío:

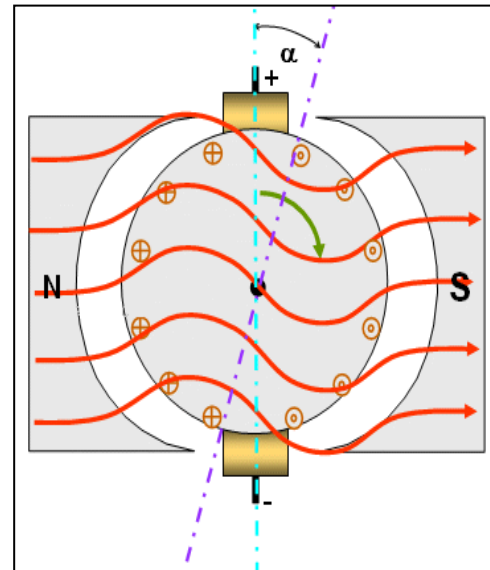


Figura 20.- Desviación de la línea neutra

A. Inconvenientes de la reacción del inducido.

- Disminuye la fem en carga E_c .
- Disminuye indirectamente el rendimiento (pues se ha de aumentar la corriente de excitación para compensar el efecto anterior, disminuye el rendimiento).
- Crea peligro de chispas en el colector

- Aumenta las dificultades para realizar una buena conmutación.
- Deformación del campo magnético en la máquina, lo que da origen al desplazamiento de la línea teórica.
- Aumento considerable de las pérdidas en el hierro al existir una mayor densidad de flujo.
- Disminución del flujo útil originando una menor fem inducida.

B. Conmutación

El proceso de conmutación no es tan simple ya que se debe realizar un exhaustivo diseño para lograr la menor pérdida posible.

El problema de la conmutación es originado cuando fruto del desplazamiento del rotor, las escobillas quedan pisando diferentes delgas, por lo que se puede dar el caso de que la escobilla pise una delga al inicio al final o pise dos delgas a la vez.

Esto produce picos en la conmutación provocando:

- Pérdidas de potencia.
- Generación de voltajes $L \frac{di}{dt}$.
- Reduce el funcionamiento de la máquina.

1) Posibles soluciones:

Devanados de compensación: Para eliminar el debilitamiento del flujo, se desarrolló una técnica diferente que incluye la disposición de devanados de compensación en ranuras labradas en las caras de los polos paralelos a los conductores del rotor para cancelar el efecto de distorsión de la reacción del inducido. Estos devanados están conectados en serie con los devanados del rotor, de modo que cuando cambia la carga en el rotor, cambia también la corriente en los devanados de compensación. Como se muestra en la figura:

La figura muestra un desarrollo más cuidadoso del efecto de los devanados de compensación en una máquina de. Nótese que la fuerza magnetomotriz debida a los devanados de compensación es igual y opuesta a la fuerza magnetomotriz debida al rotor cada punto situado bajo las caras polares. La fuerza magnetomotriz neta resultante es causada por los polos, de modo que el flujo en la máquina no se modifica, independientemente de la carga.

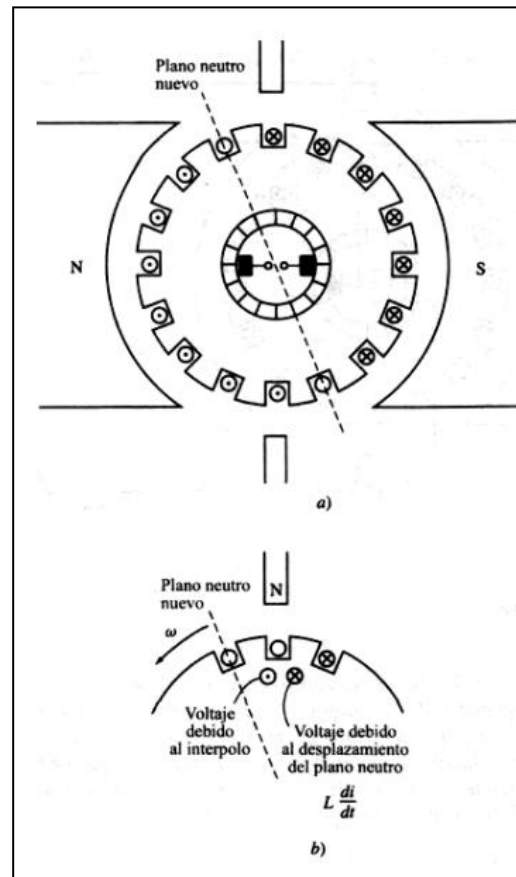


Figura 21.- Devanados de compensación

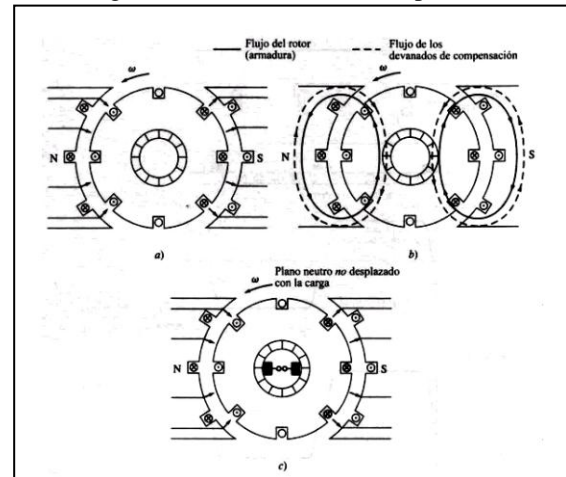


Figura 22.- Estator DC con devanados de compensación

Desventaja

La principal desventaja de los devanados de compensación es que son costosos, puesto que deben maquinarse las caras de los polos. Todo motor que los utiliza debe tener interpolos ya que los devanados de compensación no cancelan los efectos $L \frac{di}{dt}$.

Los interpolos no deben ser tan robustos sin embargo, puesto que cancelan únicamente los voltajes $L \frac{di}{dt}$ en los devanados y no los voltajes debidos al desplazamiento del plano neutral.

Debido a lo costoso que resulta tener devanados de compensación e interpolos en tal máquina, éstos devanados sólo se utilizan cuando la naturaleza muy pesada del trabajo del motor lo demanda.

VI. FUNCIONAMIENTO

A. Funcionamiento como motor

En general, los motores de corriente continua son similares en su construcción a los generadores. De hecho podrían describirse como generadores que funcionan al revés.

Cuando la corriente pasa a través de la armadura de un motor de corriente continua, se genera un par de fuerzas por la reacción magnética, y la armadura gira. La acción del conmutador y de las conexiones de las bobinas del campo de los motores son exactamente las mismas que usan los generadores.

La revolución de la armadura induce un voltaje en las bobinas de ésta. Este voltaje es opuesto en la dirección al voltaje exterior que se aplica a la armadura, y de ahí que se conozca como voltaje inducido o fuerza contraelectromotriz.

Cuando el motor gira más rápido, el voltaje inducido aumenta hasta que es casi igual al aplicado. La corriente entonces es pequeña, y la velocidad del motor permanecerá constante siempre que el motor no esté bajo carga y tenga que realizar otro trabajo mecánico que no sea el requerido para mover la armadura. Bajo carga, la armadura gira más lentamente, reduciendo el voltaje inducido y permitiendo que fluya una corriente mayor en la armadura.

El motor puede así recibir más potencia eléctrica de la fuente, suministrándola y haciendo más trabajo mecánico.

B. Funcionamiento como generador

Si una armadura gira entre dos polos de campo fijos, la corriente en la armadura se mueve en una dirección durante la mitad de cada revolución, y en la otra dirección durante la otra mitad. Para producir un flujo constante de corriente en una dirección, o continua, en un aparato determinado, es necesario disponer de un medio para invertir el flujo de corriente fuera del generador una vez durante cada revolución. En las máquinas antiguas esta inversión se llevaba a cabo mediante un conmutador, un anillo de metal partido montado sobre el eje de una armadura.

Las dos mitades del anillo se aislaban entre sí y servían como bornes de la bobina. Las escobillas fijas de metal o de carbón se mantenían en contra del conmutador, que al girar conectaba eléctricamente la bobina a los cables externos.

Cuando la armadura giraba, cada escobilla estaba en contacto de forma alternativa con las mitades del conmutador, cambiando la posición en el momento en el que la corriente invertía su dirección dentro de la bobina de la armadura. Así se producía un flujo de corriente de una dirección en el circuito exterior al que el generador estaba conectado.

Los generadores de corriente continua funcionan normalmente a voltajes bastante bajos para evitar las chispas que se producen entre las escobillas y el conmutador a voltajes altos.

El potencial más alto desarrollado para este tipo de generadores suele ser de 1.500 V. En algunas máquinas más modernas esta inversión se realiza usando aparatos de potencia electrónica, como por ejemplo rectificadores de diodo.

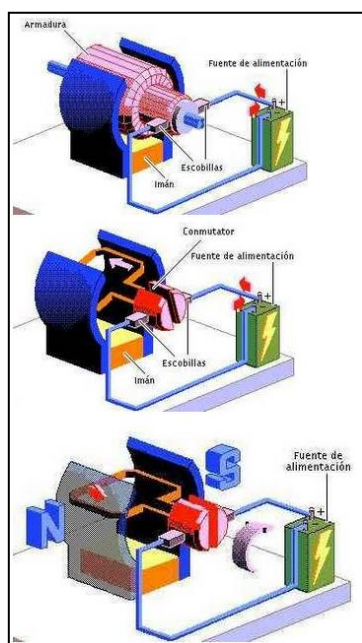


Figura 23.- Funcionamiento de un motor en dc.

VII. CONCLUSIONES

Al concluir el presente ensayo se pudieron obtener varios resultados los cuales nos han servido para tener en cuenta al momento en el que necesitemos utilizar una máquina de corriente continua saber escoger correctamente la máquina dependiendo del tipo de aplicación en la que se vaya a utilizar la máquina, se ha podido observar que las máquinas de corriente continua son utilizadas ampliamente en lo que son aplicaciones de pequeño tamaño como son en motores de herramientas manuales ya que al estos necesitar de escobillas resultaría un elevado costo de operación y mantenimiento en aplicaciones grandes, siendo una gran desventaja ante las máquinas de corriente alterna.

Una gran ventaja que poseen estas máquinas es que pueden ser utilizadas tanto como motores y generadores, lo cual significa que la máquina puede ser utilizada en diferentes aplicaciones, lo cual no limita su uso y por lo tanto equipara las desventajas ante las máquinas de CA.

La forma de construcción de estas máquinas resulta un poco costosa por las diferentes partes que se utilizan, pero se tiene una gran variedad de formas de construir estas máquinas, pudiéndose acomodar fácilmente la persona que va a construir la máquina.

Actualmente estas máquinas son bastante utilizadas en pequeñas aplicaciones y están en nuestro cotidiano vivir, por lo que es de gran utilidad saber el funcionamiento de las mismas y los posibles problemas que podríamos tener ante estas.

REFERENCIAS

- [1] Página web: [http://avaluos1.blogspot.com/2008/01/construccion maquinas .html](http://avaluos1.blogspot.com/2008/01/construccion%20maquinas.html)
- [2] Referencias bibliográficas: MONTILLA, Alexander, “Maquinas Eléctricas”
MORA, Jesús, “Maquinas Eléctricas”, quinta edición
A.E.FitzGerald, “Teoría y análisis de las Maquina Eléctricas”
- [3] Página web: www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448141784.pdf
- [4] Página web:
[http://www.mitecnologico.com/iem/Main/Maquinas dc](http://www.mitecnologico.com/iem/Main/Maquinas%20dc)
- [5] Página web:
[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~41001719/electricos/2fp2/t2fp205. html](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~41001719/electricos/2fp2/t2fp205.html)

BIOGRAFÍA



Nombre: Andrés Francisco Murillo Peñafiel
 Email: and1ec@hotmail.com
 Carrera: Ingeniería Electrónica
 Lugar de estudio: Universidad Politécnica Salesiana
 Títulos: Bachiller Técnico en Instalaciones, Equipos y Maquinas Eléctricas.
 Residencia: Cuenca-Ecuador