



ÍNDICE M3

Capítulo 12. Motores de corriente continua. Teoría de Generadores

12.0. GENERALIDADES.....	3.12.3
12.1. TEORIA BASICA DE MOTORES Y GENERADORES.	3.12.3
12.2. COMPONENTES DE UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA.	3.12.6
12.3. FUERZA CONTRAELECTROMOTRIZ Y FUERZA ELECTROMOTRIZ NETA.....	3.12.9
12.4. FACTORES QUE AFECTAN A LA POTENCIA DE SALIDA, PAR DE TORSION, VELOCIDAD Y SENTIDO DE GIRO DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA.	3.12.10
12.5. TIPOS DE MOTOR. MOTOR BOBINADO SERIE, BOBINADO PARALELO Y BOBINADO COMPUESTO.	3.12.13
12.6. CONSTRUCCION DE MOTORES DE AVIACION.....	3.12.15
12.7. MOTORES DE SERVICIO CONTINUO Y DE SERVICIO INTERMITENTE.	3.12.15
12.8. MOTORES REVERSIBLES O DE CAMPO DIVIDIDO.	3.12.15
12.9. ACTUADORES DE MOTOR.....	3.12.16
12.10. INTERRUPTOR DE FIN DE RECORRIDO.	3.12.16
12.11. FRENOS Y EMBRAGUES.	3.12.17
12.12. MOTOR DE ARRANQUE.....	3.12.18
12.13. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR.....	3.12.19
12.14. FABRICACION Y FINALIDAD DE LOS COMPONENTES DE UN GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA.	3.12.21
12.14.1. Culata o carcasa.	3.12.21
12.14.2. Inducido.....	3.12.22
12.14.3. Conjunto portaescobillas y escobillas.....	3.12.23
12.14.4. Bloques de terminales.	3.12.23
12.14.5. Refrigeración de un generador.	3.12.23

12.15. FACTORES QUE AFECTAN A LA CORRIENTE DE SALIDA Y DIRECCION DE FLUJO DE CORRIENTE EN LOS GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA.	3.12.25
12.16. CLASIFICACION DE LOS GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA.	3.12.27
12.17. MAGNETISMO REMANENTE.	3.12.30
12.18. REACCION DEL INDUCIDO.	3.12.31
12.19. ARRANCADOR – GENERADOR.....	3.12.33
12.20. CONTROL DEL GENERADOR.	3.12.34
12.20.1. Monitorización de la salida del generador.	3.12.34
12.20.2. Regulación de tensión.....	3.12.34
12.20.3. Regulador por placas de resistencia de carbón.	3.12.35
12.20.4. Circuito de ecualización.....	3.12.36
12.21. INSPECCION, REVISION Y REPARACION DE LOS GENERADORES.....	3.12.39
12.21.0. Generalidades.	3.12.39
12.21.1. Localización de averías en sistemas de generación.	3.12.39
12.21.2. Mantenimiento del generador – arrancador.	3.12.40

CAPÍTULO 12

MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA. TEORIA DE GENERADORES.

12.0. GENERALIDADES.

La energía eléctrica que precisan los aviones para su funcionamiento está suministrada por los **generadores**. Un generador es una máquina que convierte la energía mecánica en energía eléctrica, es decir es una máquina accionada por el motor del avión que genera una f.e.m. utilizable para hacer funcionar los sistemas eléctricos. Si la energía necesaria es de corriente continua se utiliza un **generador de corriente continua**, incluso para recargar la batería del avión, mientras que la energía de corriente alterna necesaria en los grandes aviones de transporte es generada por el **generador de corriente alterna o alternador**.

Un **motor eléctrico** es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica. Cuando un motor funciona cuando se le aplica una corriente continua, el motor es de corriente continua, , mientras que cuando funciona con corriente alterna se conoce como motor de corriente alterna.

12.1. TEORIA BASICA DE MOTORES Y GENERADORES.

Ambos, generador y motor, funcionan basados en los principios del electromagnetismo y de la inducción electromagnética. Un motor basa su funcionamiento en los siguientes puntos:

1º. Se ha estudiado en el apartado 11.1 del capítulo 11, que si se hace circular una corriente eléctrica por un conductor situado en el seno de un campo magnético, se produce el movimiento de ese conductor. Esto mismo se puede apreciar en la figura 3.12.1 siguiente:

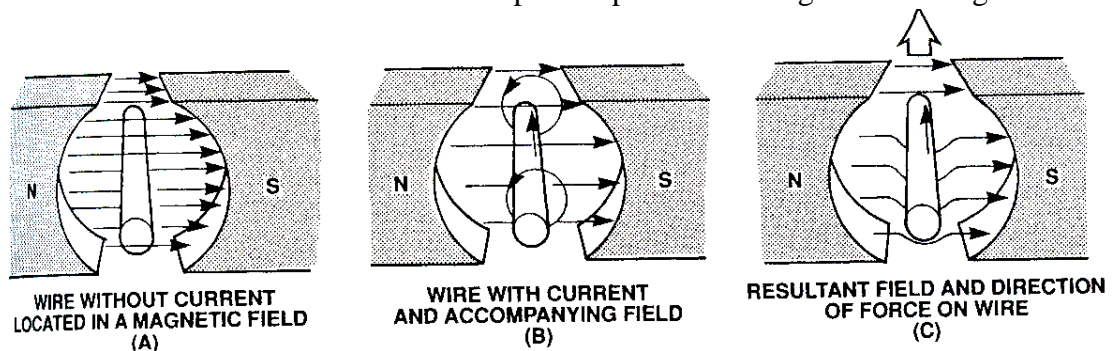


Fig. 3.12.1. Acción de un campo magnético sobre un conductor

En (A) se ve que, cuando el conductor no transporta corriente, no se ejerce sobre él acción alguna al ser introducido en el campo magnético creado por los polos del imán cuyas líneas de fuerza van de norte a sur.

En (B) se aprecia que, al hacer circular una corriente por el conductor en el sentido indicado, se crea un campo magnético alrededor del conductor con el sentido obtenido al aplicar la ley de la mano izquierda (según USA, párrafo 10.9) que haciendo el conductor de manera que el

dedo pulgar indique el sentido de la corriente el resto de los dedos marcan el sentido del campo magnético.

En (C) se ve que el campo magnético resultante se debilita en la parte superior del conductor y se refuerza en su parte inferior, lo que hace que el conductor, si se puede mover libremente, se desplace hacia arriba, o desde el campo reforzado al campo debilitado. Si se invirtiera el sentido de la corriente, se invertiría el sentido de la fuerza ejercida sobre el conductor.

2°. Si, ahora, en lugar de un conductor, se sumerge una espira en el seno del campo magnético creado por los polos de un imán, se producirá un par de torsión que hará girar a la espira en el sentido indicado en a) de la figura 3.12.2 siguiente, lo que se determina aplicando la regla de mano derecha expuesta en b) de la misma figura 3.12 .2.

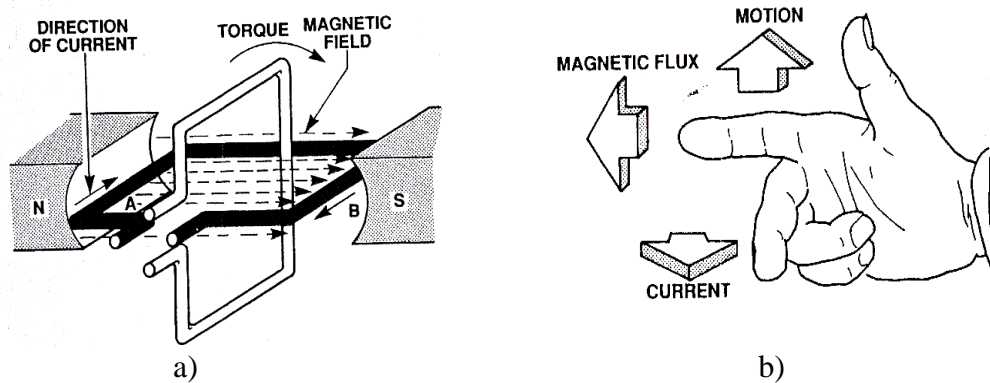


Fig. 3.12.2. Acción de un campo magnético sobre una espira.
 Regla de los tres dedos de la mano derecha (USA)

La Regla de los tres dedos de la mano derecha (en USA) o de la mano izquierda (en Europa) se usa para determinar el sentido de giro del motor y dice: Poniendo los dedos de la mano perpendiculares entre sí de modo que el dedo índice marque el sentido del campo magnético y el dedo medio el sentido de la corriente, el dedo pulgar marcará el sentido de la fuerza aplicada al conductor, o el sentido de giro del motor.

Nótese en la figura 3.12.2 que, cuando el lado A de la espira está en posición vertical (color blanco) ni corta líneas de fuerza y no hay, por tanto, fuerza ejercida sobre el conductor, ni hay par de torsión, por lo que no hay giro. Si la corriente siguiese circulando en el mismo sentido, en el instante de pasar la posición vertical, la espira A recibiría la fuerza hacia arriba y la espira B hacia abajo luego se invertiría el par. La solución se puede ver en la figura 3.12.3, en la que se muestra un motor básico de corriente continua.

Para que el motor siga girando es preciso un elemento que invierta el sentido de la corriente en el instante en que el conductor activo de la espira esté paralelo a las líneas de fuerza del campo. Esto hará que la fuerza ejercida sobre el conductor tenga el mismo sentido que la anterior y la espira siga girando. Un método para conseguirlo consiste en conectar la fuente de energía eléctrica a unas escobillas o elementos conductores sobre las que desliza un anillo giratorio formado por dos semi-mitades en cada una de las que está conectada una cara de la bobina. En (A) de la figura 3.12.3, el positivo de la batería está conectado al lado A de la bobina que se encuentra junto a la cara Norte del imán mientras que en (C) de la misma

figura es el negativo de la batería el que está conectado al lado A de la bobina. Se ha conseguido invertir el sentido de la corriente en la bobina.

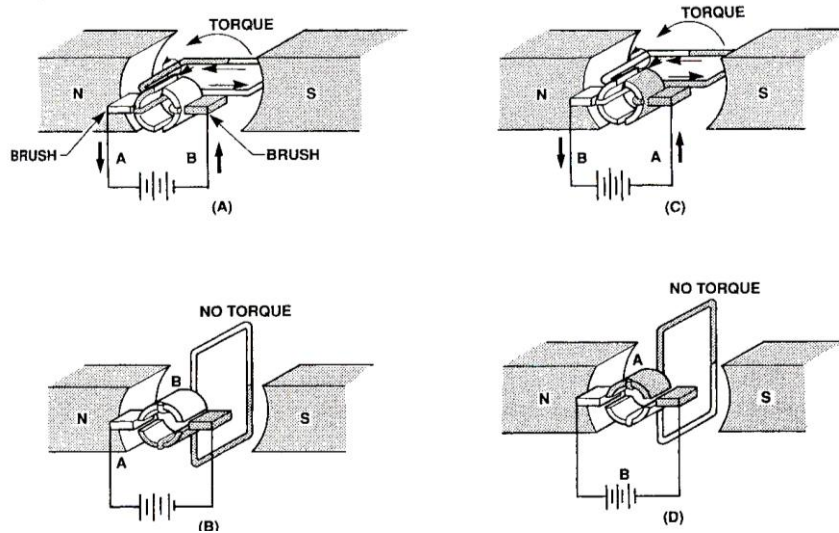


Fig. 3.12.3. Par giratorio sobre una espira en un campo magnético

Quizá más claramente se vea en una sección de la figura 3.12.3 mostrada en la figura 3.12.4.

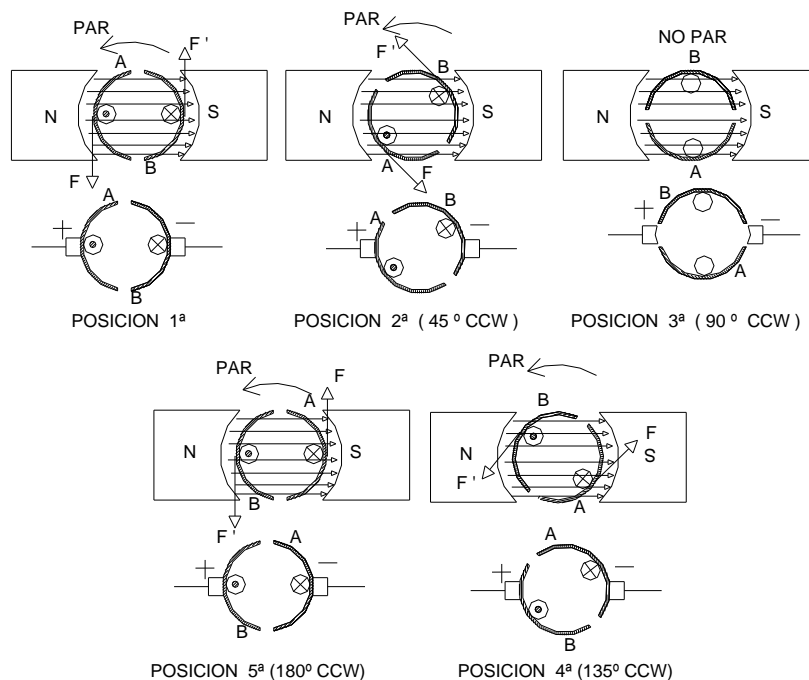


Fig. 3.12.4. Efecto de la inversión de corriente sobre el par

Aclaración de la figura 3.12.4. Para que sea concordante con la figura 3.12.3 se ha considerado sentido de la corriente de izquierda a derecha – USA. Regla de los tres dedos de la mano derecha para sentido de giro.

En la posición 1, el semi-segmento A del colector está conectado a la escobilla positiva y el B a la negativa. Por el conductor asociado al semi-segmento A la corriente circula saliendo del papel y por el conductor de B la corriente penetra en el papel. Con el campo magnético en la dirección indicada, los conductores reciben unas fuerzas F y F' que componen un par que hace girar al conjunto de los conductores en el sentido del reloj (CW = clockwise).

En la posición 2, la espira ha girado 45° , las corrientes siguen circulando en el mismo sentido y las fuerzas que actúan sobre los conductores de la espira tienen el mismo sentido.

En la posición 3, la espira ha girado 90° , las escobillas se encuentran situadas en el hueco del colector y sus semi-segmentos no están en contacto con las escobillas, no hay intensidad de corriente, no hay fuerza sobre los conductores, tampoco hay par.

En la posición 4, el semi-segmento A del colector pasa a estar en contacto con la escobilla negativa y el semi-segmento B con la positiva.

El conductor de la espira asociado al semi-segmento A recibe la corriente en el mismo sentido que la recibía el semi-segmento B, luego recibe la fuerza en ese mismo sentido. Luego se ha invertido el sentido de la corriente en el conductor para mantener el sentido de la fuerza. El par se mantiene en el mismo sentido, haciendo que el motor gire continuamente.

12.2. COMPONENTES DE UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA.

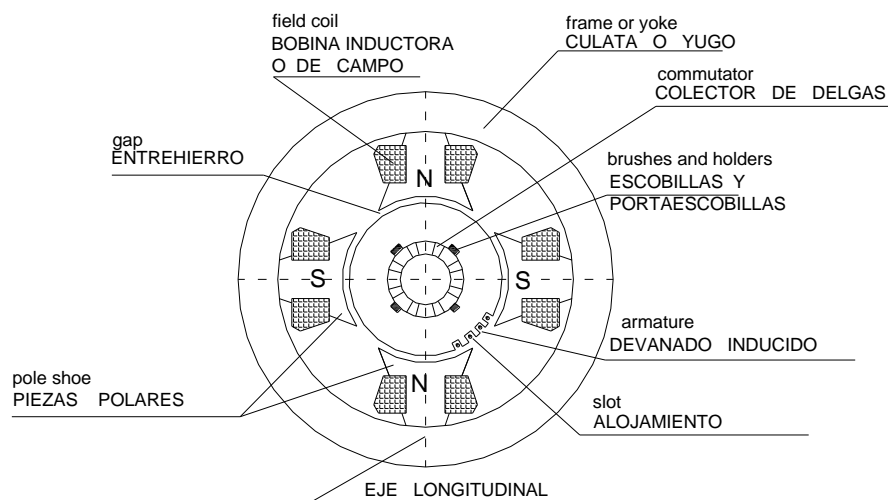


Fig.3.12.5. Partes de un motor

Estató. Formado por una corona de material ferromagnético o fundición de acero, conocido como culata o yugo, en cuyo interior están regularmente distribuidos, y en número par, van dispuestos unos salientes radiales de planchas de hierro dulce atornillados al yugo que constituyen los polos principales. Cada dos polos forman el par de piezas polares sobre las que se bobinan las bobinas inductoras encargadas de crear el campo magnético. Se ve, pues, que las bobinas del campo de un motor forman parte del estató. O sea, realmente el campo magnético creado por el imán de las figuras 2.3 y 2.4 está creado por un electroimán.

Rotor o Inducido. El inducido esta formado por una corona de material ferromagnético, a base de chapas de hierro con un débil contenido en silicio, calada directamente sobre el eje de giro. La corona presenta en su superficie externa un ranurado donde se aloja el devanado inducido del motor, constituido por bobinas de hilo o de pletina de cobre convenientemente aisladas, cerrado sobre sí mismo al conectar el final de la última bobina con el principio de la primera. El rotor actúa como cierre del circuito magnético del estator y del circuito magnético de los conductores del inducido, por lo que se fabrica con piezas de hierro laminado para evitar las corrientes de Eddy o de Foucault, producidas cuando un conductor atraviesa un campo magnético variable.

La figura 12.6 siguiente muestra el devanado típico ondulado de un inducido. En a) se muestran seis bobinas con sus lados activos y las conexiones frontales o cabezas de bobina. Los extremos de cada bobina se conectan a las respectivas delgas del colector. Se llama paso de la bobina a la separación entre delgas, medida en número de ranuras o alojamientos o en grados, y depende del número de pares de piezas polares que tenga el estator o campo. En este caso, el paso de la bobina es de 90° por ser un estator de 4 piezas polares, o de seis delgas, por ser de 24 delgas para 4 piezas polares o zapatas. Este tipo de bobinado es el más común. La espira de las figuras 3.12.3 y 3.12.4 se ha convertido, entonces, en un conjunto de espiras bobinadas sobre el tambor del inducido.

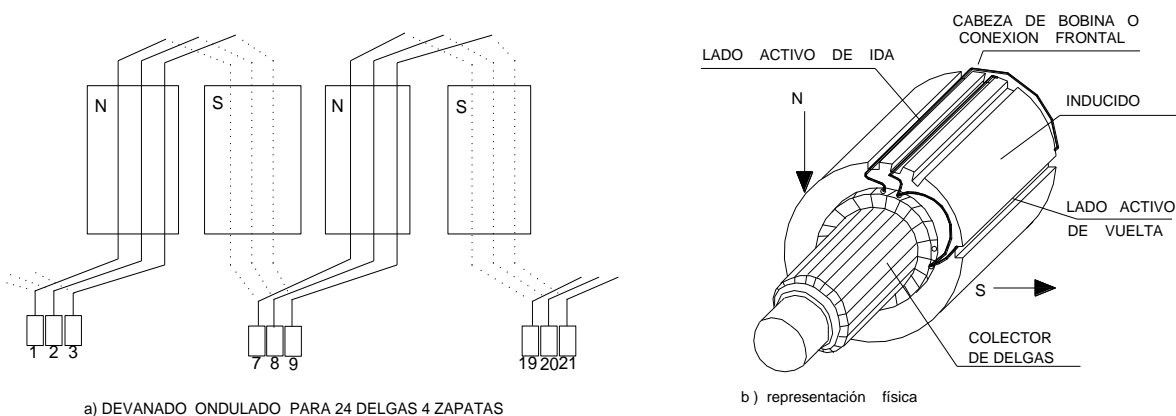


Fig. 3.12.6. Devanado en tambor de un inducido

En la figura 3.12.7 se ve el inducido de un motor de dos polos. Las espiras del inducido se han numerado de 1 a 6, correspondiendo el número 1 al lado activo de ida y el número 1' al lado activo de vuelta de la espira nº 1. Cada espira recibe una fuerza F (F_1 para el lado 1 de la espira 1 y F'_1 para el lado 1' de la misma espira) con el sentido indicado en la figura tras aplicar la regla de los tres dedos de la mano derecha, según la cual el dedo índice marca el sentido del campo magnético, B (de N a S), el dedo medio marca el sentido de la corriente (del centro a 1, retornando por 1') y el dedo pulgar el sentido de la fuerza que actúa sobre el conductor.

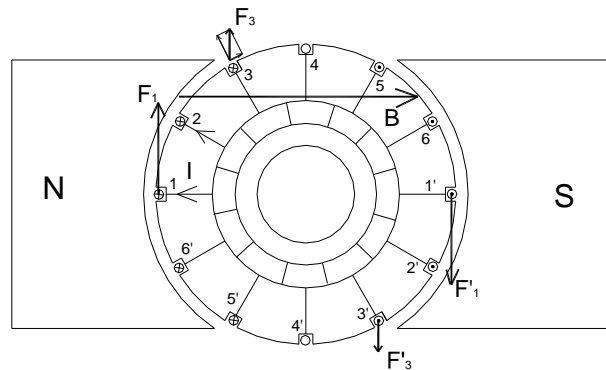


Fig. 3.12.7. Sección de un inducido

Colector de delgas Está formado por piezas planas de cobre duro de sección trapezoidal, llamadas delgas, separadas y aisladas unas de otras por delgadas láminas de mica pura que, en su conjunto, forma un tubo cilíndrico que se monta sobre el eje del motor. El colector tiene tantas delgas como bobinas el inducido. El eje del motor se apoyará en la carcasa por ambos extremos sobre cojinetes. Las bobinas del inducido se conectan al colector de delgas de modo que la función del colector es la de establecer el paso de la corriente eléctrica desde la fuente al inducido a través de las escobillas. La figura 3.12.8 muestra un colector y dos tipos de escobillas.

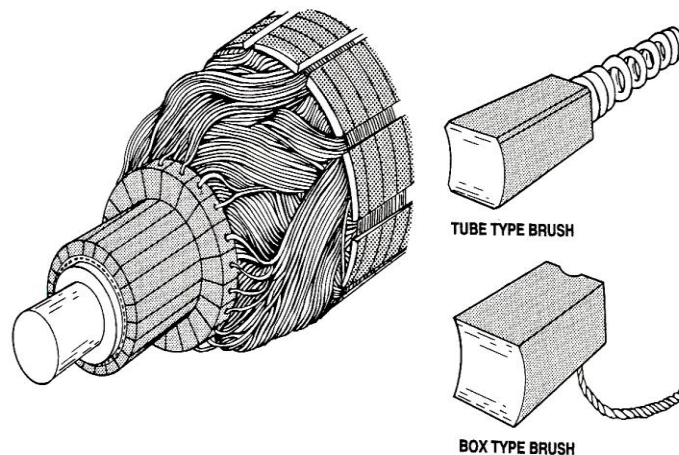


Fig. 3.12.8. Colector y escobillas

Escobillas y porta escobillas. Las escobillas son bloques pequeños de carbón grafito, material que tiene una vida larga y produce un desgaste mínimo en el colector de delgas. Las escobillas son las responsables de mantener el contacto eléctrico entre la alimentación al motor y las bobinas del inducido a través de las delgas del colector. El porta escobillas está constituido por un collar porta escobillas o aro de fundición de hierro al que van sujetas las cajas porta escobillas de bronce o de latón que retienen las escobillas.

12.3. FUERZA CONTRAELECTROMOTRIZ Y FUERZA ELECTROMOTRIZ NETA.

Se sabe que cuando un conductor se mueve en el seno de un campo magnético, se induce en él una fuerza electromotriz que, según la Ley de Lenz, se opone a la causa que la produjo o sea que se opone a la fuerza electromotriz aplicada, por lo que se llama Fuerza Contraelectromotriz. La Fuerza Electromotriz Neta es la diferencia entre la fuerza electromotriz aplicada y la fuerza contraelectromotriz.

$$\text{F.e.m. neta} = V_{ab} - E$$

$$V_{ab} = \text{f.e.m. aplicada}$$

$$E = \text{f.c.e.m.}$$

La fuerza contraelectromotriz de un motor viene dada por la fórmula:

$$E = \phi n N \frac{p}{C}$$

p = número de pares de polos
 C = número de pares de derivaciones
 N = N° revoluciones del inducido
 n = N° conductores activos del inducido
 ϕ = flujo útil por polo

con la fórmula simplificada $E = k N$

La **fuerza contraelectromotriz** queda, pues, definida como la **originada en el rotor** como consecuencia de **las revoluciones del motor**.

La fcem juega un papel de gran importancia en el diseño de un motor, ya que es preciso tener en cuenta que el motor debe funcionar eficientemente con la fem neta, por lo que la resistencia del devanado del inducido tiene que ser relativamente baja. La intensidad que circula por el inducido será

$$I_a = \frac{V_{ab} - E}{R_a}$$

V_{ab} = tensión aplicada
 R_a = Resistencia del inducido
 E = f.c.e.m.

Antes de que un motor gane velocidad, la intensidad en el inducido, con baja resistencia, es alta. Cuando aumenta la velocidad, aumenta la fcem que se opone a la fem y la intensidad disminuye, por lo que disminuye la velocidad hasta que se encuentra un compromiso entre velocidad, fcem y fuerza electromotriz aplicada. Con esta fórmula se explica que en el arranque el consumo de un motor sea alto y luego se reduzca a su valor nominal.

12.4. FACTORES QUE AFECTAN A LA POTENCIA DE SALIDA, PAR DE TORSION, VELOCIDAD Y SENTIDO DE GIRO DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA.

El par de torsión de un motor de corriente continua viene dado por la fórmula:

$$M = \frac{1}{2\pi} \phi n I_a \frac{P}{c}$$

$M =$ Par motor (N . m)
 $\phi =$ Flujo útil por polo
 $n =$ N° conductores activos del inducido
 $I_a =$ Intensidad del inducido
 $P =$ N° pares de polos
 $c =$ N° pares derivaciones

lógico, puesto que el par que se aplique sobre cada conductor del inducido depende de la intensidad del campo y de la intensidad que circule por el conductor. Asimismo, el par total será la suma de los pares que se ejerzan sobre cada conductor.

La velocidad de un motor de corriente continua viene dada por la fórmula:

$$N = \frac{V_{ab} - I_a R_a}{\phi n \frac{P}{c}}$$

$N =$ Velocidad (r.p.s.)
 $V_{ab} =$ Tensión aplicada
 $I_a =$ Intensidad en el inducido
 $\phi =$ Flujo útil por polo
 $n =$ N° conductores activos del inducido
 $P =$ N° pares de polos
 $c =$ N° pares derivaciones
 $R_a =$ Resistencia inducido

En la que se ve que el mejor procedimiento para variar la velocidad de un motor de corriente continua es el de variar la tensión aplicada al inducido ($I_a R_a$) o la tensión aplicada al campo o estator (V_{ab}).

En todo motor eléctrico, se pueden distinguir tres potencias diferentes:

- Potencia útil.
- Potencia interna.
- Potencia absorbida.

La potencia útil de un motor es la desarrollada por su eje de salida arrastrando una carga o el producto del par útil en su eje por la velocidad angular del mismo eje:

$$P_u = M_u \omega$$

$P_u =$ Potencia útil (vatios)
 $M_u =$ Par útil (Newton . metro)
 $\omega =$ Velocidad angular (rad / s)

La potencia interna se definirá como el producto del par electromagnético desarrollado por la velocidad angular.

$$P_i = M \omega$$

P_i = Potencia interna (vatios)
 M = Par (Newton . metro)
 ω = Velocidad angular (rad / s)

La potencia absorbida por el motor será el producto de la tensión en bornes por la intensidad consumida.

$$P_{ab} = V_{ab} \cdot I \text{ (W)}$$

La diferencia entre la potencia absorbida y la potencia útil corresponde a la potencia perdida en el motor y el rendimiento del motor, η , será el cociente entre la potencia útil y la potencia absorbida.

$$\eta = \frac{P_u}{P_{ab}}$$

Las pérdidas eléctricas en un motor de corriente continua son:

- Pérdidas por efecto Joule en el inducido $P_{Ra} = R_a I_a^2$
- Pérdidas por efecto Joule en el campo $P_{Re} = R_e I_e^2$
- Pérdidas en el paso de corriente de las escobillas al colector, en el que se produce una caída de tensión, V , que multiplicada por la corriente del inducido da lugar a la potencia perdida.

Las pérdidas mecánicas son las producidas en el sistema magnético o pérdidas en el hierro y las producidas en el sistema mecánico o pérdidas por rozamiento y ventilación. Las primeras son las pérdidas por histéresis y por corrientes parásitas en el paquete magnético del rotor y las segundas son las producidas por el rozamiento en los cojinetes y por el rozamiento entre escobillas y colector.

El sentido de giro de los motores de corriente continua se puede invertir invirtiendo la polaridad del voltaje aplicado al inducido o a las bobinas de campo, pero nunca a los dos simultáneamente, como se ve en b) de la figura 3.12.9. Otro procedimiento para invertir el sentido de giro de un motor de corriente es el de alimentar el inducido desde la toma central de la bobina del campo como se puede ver en a) de la figura 3.12.9 o de devanar dos bobinas de campo en las piezas polares de modo que se puedan crear dos campos opuestos como se verá en el apartado 12.8 de este capítulo, motor de campo dividido.

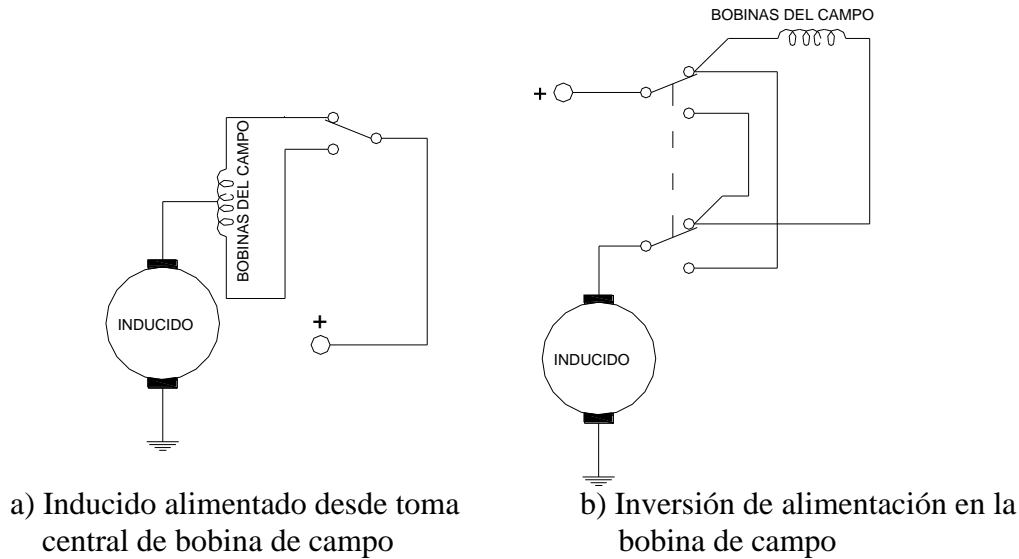


Fig. 3.12.9 Inversión de giro en motor de corriente continua

La velocidad de giro de un motor de corriente continua se puede variar mediante reostato conectado en serie o en paralelo con campo y/o inducido. La figura 3.12.10 muestra dos ejemplos para variar mediante reostato la velocidad de giro de un motor DC.

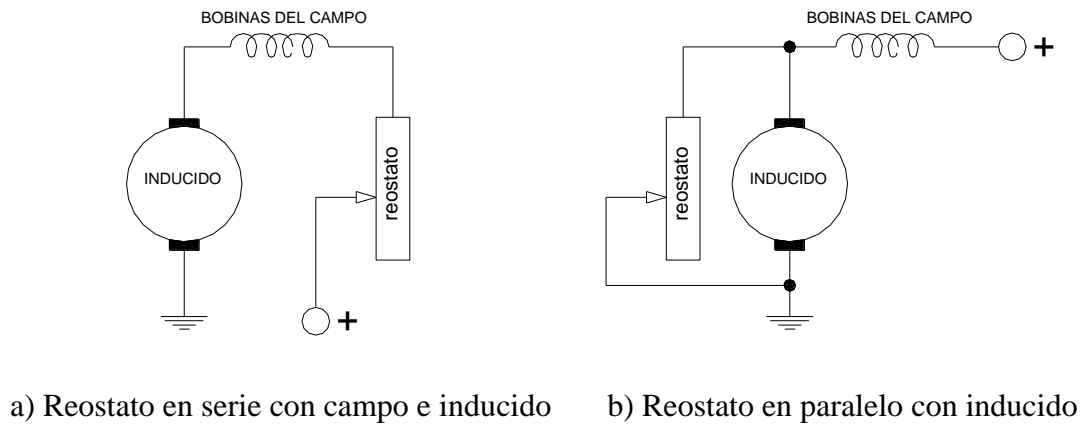


Fig. 3.12.10. Variación de velocidad de motor de corriente continua

En a) de la figura anterior el reostato esta instalado en serie con la alimentación al motor de modo que cuando aumenta la resistencia (cursor del reostato se mueve hacia abajo) serie con el motor, disminuye la alimentación y se reduce la velocidad del motor.

En b) de la misma figura anterior, cuando disminuye la resistencia en paralelo con el rotor disminuye el voltaje aplicado al inducido y, consecuentemente, la intensidad del inducido con una disminución de la velocidad del motor.

12.5. TIPOS DE MOTOR. MOTOR BOBINADO SERIE, BOBINADO PARALELO Y BOBINADO COMPUESTO.

En función del tipo de conexión utilizado entre las bobinas del campo y las del inducido en un motor de corriente continua, los motores se clasifican en:

- Motor bobinado serie
- Motor bobinado paralelo.
- Motor bobinado compuesto

En un **motor bobinado serie**, las bobinas del campo, que son de pocas espiras y de hilo grueso, y las del inducido están conectadas en serie, por lo que circula por ellos la misma intensidad y un aumento en la intensidad de corriente provoca un incremento en ambos campos magnéticos, el del campo y el del inducido. La figura 3.12.11 muestra diagrama y esquema de este tipo de motor.

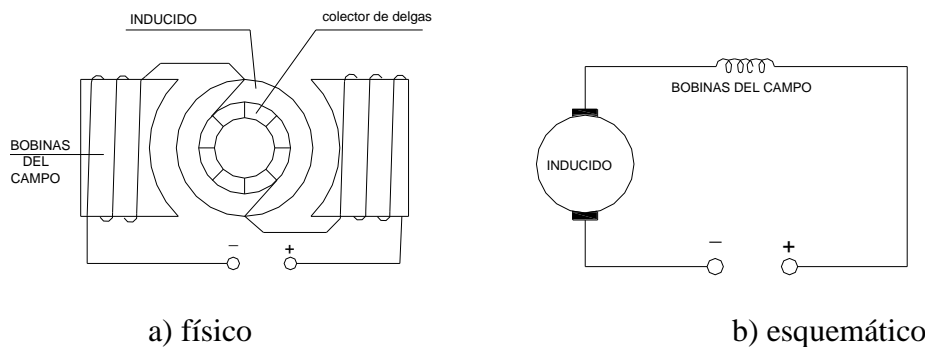


Fig. 3.12.11. Motor bobinado serie

Debido a la baja resistencia de los devanados, el motor serie consume una intensidad muy alta en el arranque, por lo que en ese momento del arranque el par es muy alto. Cuando aumenta la velocidad, la fem solo afecta al inducido por lo que la reducción de la fem es parcial y afecta solo relativamente al campo magnético conjunto. Si el motor no está acoplado mecánicamente a una carga que lo frene, la velocidad seguiría aumentando y, como la fem estaría siempre por debajo de la fem aplicada, la velocidad seguiría aumentando hasta embalar y destruir el motor.

La velocidad de un motor de corriente continua depende de la carga. A mayor carga menor velocidad y viceversa hasta el punto de que a carga nula velocidad infinita y motor destruido. Por lo tanto, estos motores se usan en aplicaciones en las que siempre haya carga y en las que se precise un gran par de arranque en el inicio, como en los STARTER (motor de arranque), en los flaps, en tren de aterrizaje etc.

En un **motor shunt**, o bobinado paralelo, la bobina de campo se conecta en paralelo con la del inducido. La bobina de campo tiene una alta resistencia (muchas espiras de hilo fino) para limitar el consumo de corriente del motor. La figura 12.12 muestra el diagrama y el esquema de este tipo de motor.

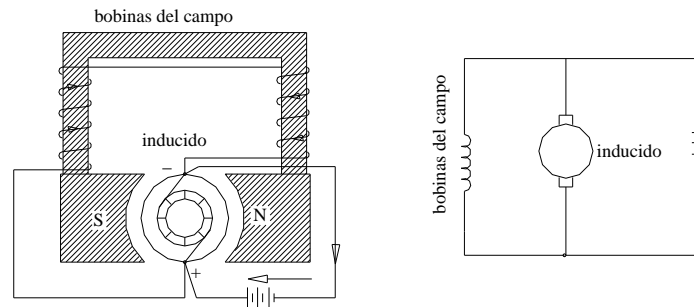


Fig. 3.12.12. Motor bobinado paralelo

Como la bobina del campo está conectada directamente a la fuente de alimentación, el campo magnético es constante e independiente de la velocidad y el par varía solo con la variación de la corriente del inducido, pero es mucho más pequeño que el de un motor serie debido a que la intensidad del campo magnético es pequeña en todo momento. Debido a la facilidad de un motor shunt de mantener la velocidad prácticamente constante con variaciones de la carga, se les conoce también como motor de velocidad constante (CONSTANT SPEED MOTOR). Los motores shunt se usan para cargas pequeñas en el arranque y que puedan aumentar con el incremento de la velocidad del motor, como en ventiladores, bombas centrífugas o inversores rotatorios.

Dada la baja resistencia del inducido, a veces se conecta con él una resistencia serie, de modo que la intensidad que circule por el inducido no sea excesivamente alta.

Un **motor compuesto (compound)** tiene el campo con devanados o bobinas interconectadas en serie y en paralelo con las del inducido. Este tipo de motor combina las características de los motores serie y shunt, esto es tiene un par de arranque potente como los motores serie pero no entrará en sobre velocidad en ausencia de carga debido a que la bobina shunt mantiene un campo que permite a la fem equilibrar a la fem aplicada. La figura 3.12.13 muestra el conexionado un motor de este tipo.

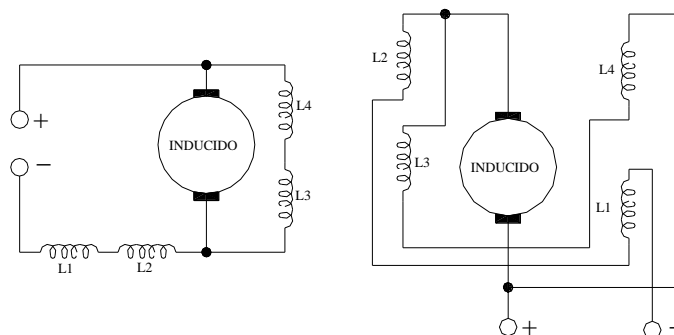


Fig. 3.12.13. Motor compuesto

Cuando, en este motor, se incrementa la carga, disminuye la velocidad más que en un motor shunt pero es lo suficientemente constante como para permitir numerosas aplicaciones, como hacer funcionar maquinas sujetas a cargas variables como bombas hidráulicas que deben funcionar desde un estado de carga nula al de carga máxima.

12.6. CONSTRUCCION DE MOTORES DE AVIACION.

Un motor de aviación tiene que tener una relación potencia / peso muy alta. Los motores comerciales se fabrican con relaciones 100 lb/ Kw. mientras que los motores de aviación lo hacen con 5 lb / Kw. (3 Kg / Kw.). Esto se consigue haciendo que el motor funcione a altas velocidades y altas intensidades de corriente lo que hace necesario el uso de aislante de alta resistencia a la temperatura y la ventilación de los motores para disipar el calor producido.

Los motores de a bordo, de fracciones de CV, pueden girar hasta a 40.000 rpm sin carga y hasta 20.000 rpm a plena carga (lógicamente un motor a 20.000 rpm desarrolla el doble de potencia que un motor a 10.000 rpm). Para reducir el efecto de la fuerza centrífuga del inducido, se fabrican los inducidos con un diámetro relativamente pequeño en comparación con su longitud.

12.7. MOTORES DE SERVICIO CONTINUO Y DE SERVICIO INTERMITENTE.

Esta clasificación de los motores depende de la relación entre tiempo funcionando y tiempo parado. Como la cantidad de calor desarrollada depende del tiempo de funcionamiento, los segundos (INTERMITTENT SERVICE) se fabrican con una mayor relación de potencia / peso que los primeros (CONTINUOUS SERVICE) ya que funcionan en periodos comprendidos entre 15 y 90 segundos y disponen de 10 a 20 minutos para enfriarse. La placa de características indica el ciclo de trabajo del motor.

12.8. MOTORES REVERSIBLES O DE CAMPO DIVIDIDO.

Hay veces que es necesario invertir el sentido de giro de un motor, como al actuar un flap, abrir o cerrar una válvula, subir o bajar el tren de aterrizaje, etc.

Uno de los métodos utilizados para invertir el sentido de giro de un motor DC bobinado serie es el mostrado en la figura 3.12.14 siguiente:

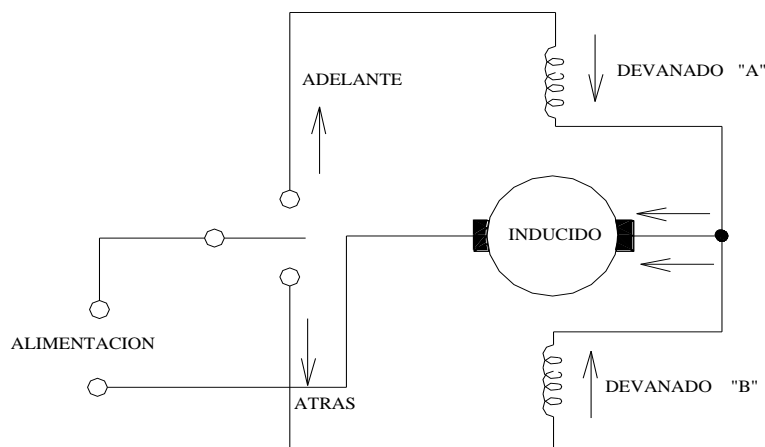


Fig. 3.12.14. Motor reversible o de campo dividido (SPLIT FIELD MOTOR)

Consiste en utilizar un doble devanado en campo (de aquí el nombre de campo dividido) bobinándose estos devanados de forma contraria de modo que se generan campos magnéticos contrarios. Según se aprecia en la figura 3.12.14, con el conmutador en la posición ADELANTE, la corriente circula por el devanado A haciendo que el motor gire en un sentido. Cuando el conmutador se pasa a la posición ATRÁS, la corriente circula por el devanado B, bobinado de forma contraria con respecto a A, y el motor gira en sentido contrario. La figura 3.12.15 muestra la explicación de los bobinados en el campo del motor de campo dividido.

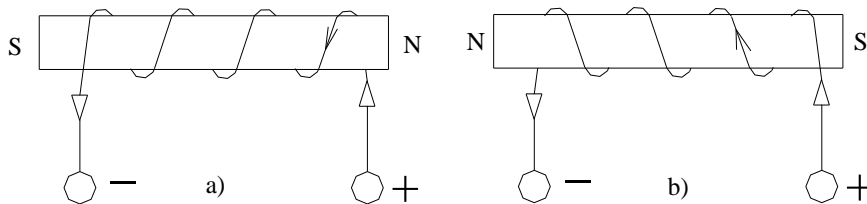


Fig. 3.12.15. Electroimanes bobinados en sentido contrario

Si el campo es un imán permanente en lugar de un electroimán, como ocurre en motores de servicio ligero, basta con cambiar la polaridad de la tensión aplicada para invertir el sentido de giro del motor.

12.9. ACTUADORES DE MOTOR.

Son conjuntos de maniobra en los que se combinan dispositivos eléctricos y mecánicos capaces de ejercer tracciones lineales reversibles a distancias cortas o esfuerzos de giro reversibles a baja velocidad. Los actuadores se clasifican, pues, en lineales y giratorios. Los motores suelen ser de campo dividido con devanado serie o motores de corriente alterna.

Actuadores lineales. Constan, en general, de un motor acoplado mediante engranajes reductores a un tornillo sin fin que al girar aleja o acerca un empujador o émbolo.

Actuadores giratorios. Son similares a los lineales y se usan en aquellos componentes que tienen que girar a baja velocidad o efectuar un recorrido angular limitado. Son ejemplos, válvulas de compuerta de aire acondicionado, llaves de paso de combustible etc.

12.10. INTERRUPTOR DE FIN DE RECORRIDO.

Una vez que el actuador ha alcanzado la posición deseada, debe ser parado el motor que lo acciona. En la maniobra de extensión de un tren de aterrizaje, cuando el tren ocupa su posición vertical, el motor que lo acciona tiene que recibir orden de detenerse. A este fin, los actuadores van equipados con interruptores de fin de recorrido (LIMIT SWITCH) que suprimen la alimentación al motor cuando el elemento móvil ha alcanzado el final de su recorrido. Pueden ser del tipo microswitch, situados en elemento fijo al final del recorrido del elemento móvil o pueden estar accionados por una leva movida por un eje de la caja de engranajes. A veces se pueden emplear para, simultáneamente, encender lámparas señalizadoras.

La figura 3.12.16 muestra la actuación de este tipo de interruptores. En la posición “cerrado”, la leva acciona el microinterruptor “A” que abre el circuito al devanado de cierre del motor reversible y cierra el circuito de la lámpara “cerrado”. Simultáneamente, la leva “apertura” ha cerrado el microinterruptor “B” dejando cerrado el circuito de alimentación del devanado de apertura y abierto el circuito de alimentación de la lámpara “abierto”.

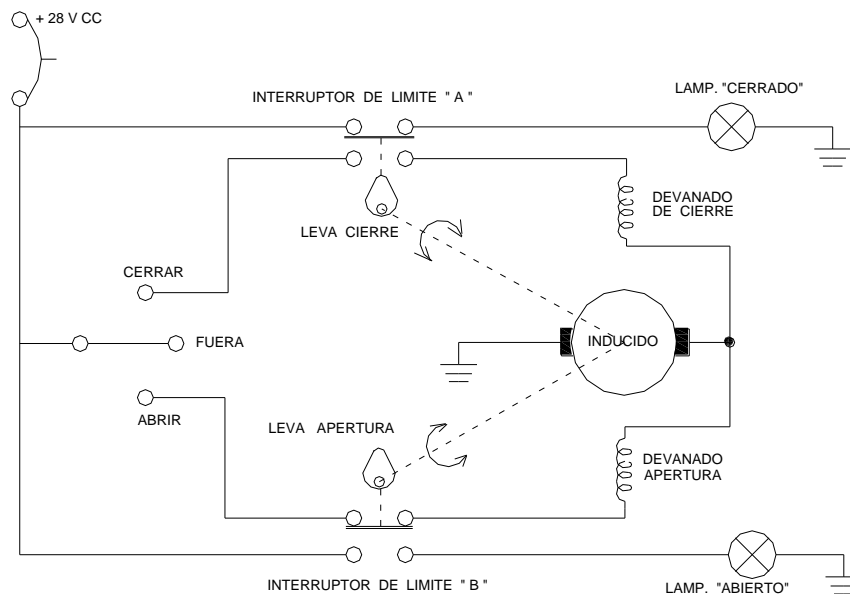


Fig. 3.12.16. Motor con interruptor de fin de recorrido

En la posición “abierto”, recibe alimentación el devanado de apertura, gira el motor y giran las levas hasta que la leva de apertura abre el microinterruptor para el devanado de apertura (y cierra el de la lámpara “apertura”) y la leva de cierre abre el microinterruptor de la lámpara “cerrado” y cierra el circuito para el devanado de cierre, que queda listo para cerrar de nuevo.

12.11. FRENOS Y EMBRAGUES.

Los elementos mecánicos movidos por un motor requieren que el motor pare en un momento exacto, en cuanto llegan al final de su recorrido, como ocurre, por ejemplo, en la maniobra de extensión o retracción de un tren de aterrizaje, en el que aun cuando el interruptor de fin de recorrido haya desenergizado al motor, este continua girando merced a su fuerza centrífuga. Para evitarlo se dota al sistema de un freno.

Los frenos (BRAKES) del tipo disco, que son los normalmente usados en actuadores, constan de una zapata en forma de disco montado en el eje del inducido y de una superficie de frenado que se monta en la parte fija del motor. Se usa una bobina para desactivar el freno y un muelle para activarlo. La bobina esta en serie con el inducido, de modo que cuando se aplica corriente al motor, se activa la bobina del freno haciendo que el inducido se desplace lo suficiente para separar el disco de freno de la superficie de frenado. Cuando no se aplica tensión al motor, el muelle actúa pegando el disco a la superficie y frenando al inducido.

Algunos actuadores van equipados con un conjunto freno-embrague (BRAKE – CLUTCHE), como el mostrado en la figura 3.12.17 siguiente.

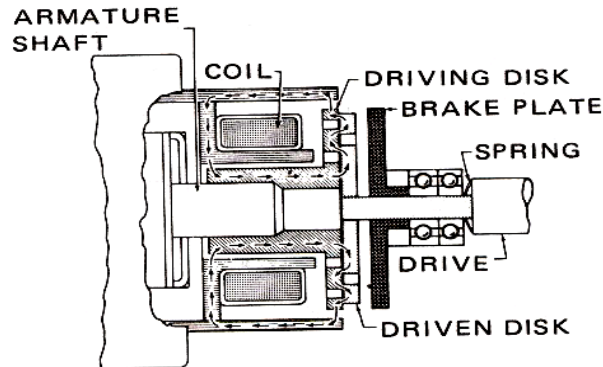


Fig. 3.12.17. Freno – embrague de un actuador

Consiste en una bobina que se sitúa en el extremo del alojamiento del motor. Cuando se energiza esta bobina, magnetiza al disco conductor (driving disk) fijado al eje del inducido. El disco conducido (driven disk) se fija al eje de salida. Cuando el motor empieza a girar, con tensión aplicada, el disco conducido es atraído por el disco conductor hasta pegarse a él. Cuando cesa la corriente, el disco conducido se separa del conductor merced al muelle que lo presiona contra el freno (brake plate) haciendo que el movimiento pare de inmediato.

12.12. MOTOR DE ARRANQUE.

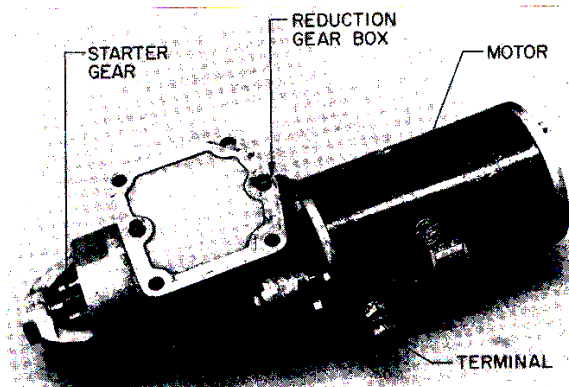


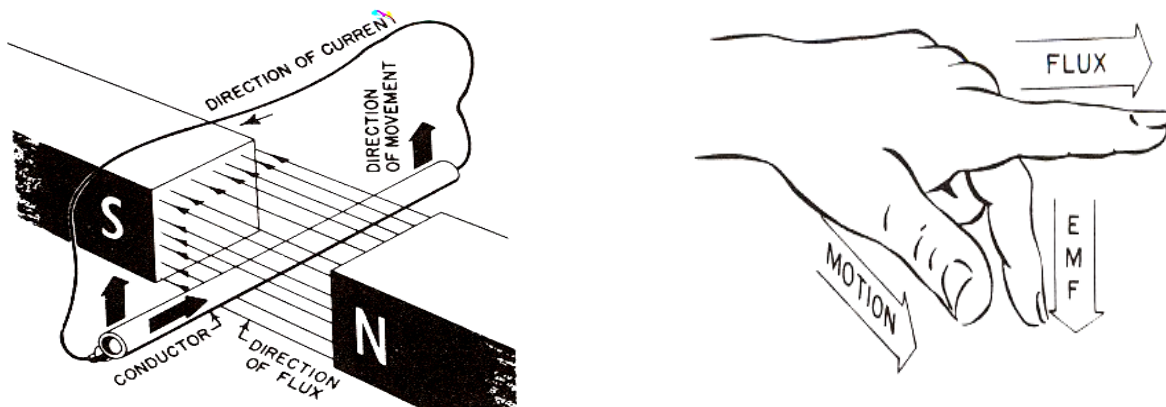
Fig. 3.12.16. Motor de arranque de un avión ligero

El devanado del inducido es de hilo de cobre de gran sección capaz de soportar un alto amperaje. Este hilo se aísla con una pasta especial de alta resistencia a la temperatura y después se coloca en el inducido, aislando el conjunto con un barniz especial en impregnación doble. Las puntas del cable se fijan al colector mediante puntos de soldadura de alto poder.

El conjunto carcasa-campo es de acero con cuatro polos que se fijan firmemente al contorno interior de la carcasa para proporcionar el mejor circuito magnético posible ya que la carcasa se emplea como conductor de las líneas de fuerza del circuito magnético de los polos del campo. Como se trata de un motor serie, los devanados del campo tienen que ser de hilo de cobre de gran sección, capaces de soportar la alta corriente de arranque.

12.13. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR.

Si, tal como se vio en el apartado 11.1, un conductor se mueve en el seno del campo magnético creado por un imán, se inducirá en él una corriente cuyo sentido vendrá determinado por la regla de los tres dedos de la mano izquierda mostrado en la figura (USA).



*Fig. 3.12.19. Acción de un generador.
 Regla de los tres dedos de la mano derecha (Europa).*

Extendiendo los dedos medio, índice y pulgar de la mano izquierda de modo que queden perpendiculares entre sí, si el dedo medio indica las líneas de fuerza del campo magnético y el pulgar el movimiento de la espira, el dedo índice indicará el sentido de la corriente, como se muestra en la figura 3.12.19 anterior. (Recordar la regla FBI expuesta en motores)

Nótese que en motor y generador se aplica la misma regla para determinar el sentido de giro, con la diferencia de ser opuestas, o sea mientras en el motor se aplica la regla de la mano izquierda, en el generador se aplica la regla de la mano derecha, puesto que mientras en el motor una intensidad de corriente genera una fuerza que da lugar a un movimiento, en el generador un movimiento genera una f.e.m. que da lugar a una corriente.

En a) de la figura 3.12.20 siguiente se ha dispuesto una espira firmemente apoyada en unos anillos giratorios que la permiten girar libremente en el seno del campo magnético formado por los polos norte y sur de un imán. Si se hace girar la espira en sentido de las agujas del reloj, se induce una fem en el lado A de la espira en el sentido indicado puesto que va cortando las líneas del campo en sentido ascendente, mientras que en el lado B se inducirá en sentido contrario ya que corta las líneas de fuerza en sentido descendente.

Esto hará que circule una corriente por la espira y, a través de los anillos deslizantes y las escobillas a la carga. El valor de la fem se ira incrementando hasta que la espira alcanza su posición horizontal en que obtiene su valor máximo donde empieza a disminuir hasta su posición vertical en la que los lados A y B de la espira se mueven paralelos a las líneas de fuerza, el campo cortado es nulo y la fem inducida es cero. A partir de este momento, los lados A y B de la espira están en la posición contraria y la fem inducida empieza de nuevo a aumentar pero en sentido contrario repitiéndose el ciclo. El resultado es la forma de onda senoidal (puesto que el

valor de la fem inducida es proporcional al seno del ángulo que forma el lado de la espira con las líneas de fuerza del campo magnético) que se ve en b) de la misma figura 3.12.20.

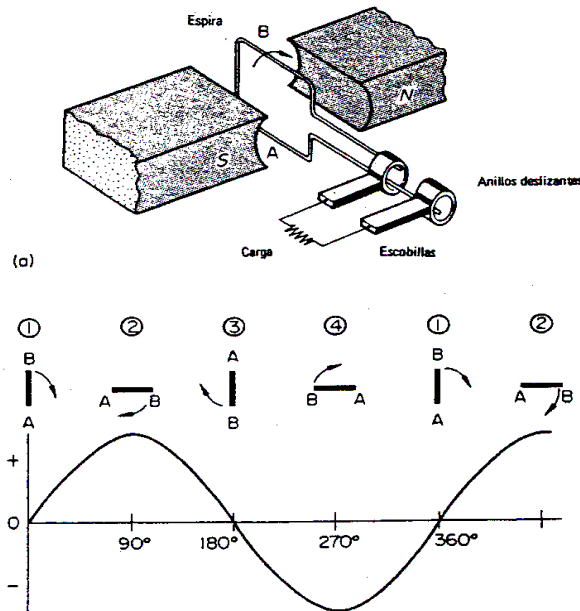


Fig. 3.12.20. Generador simple y forma de onda generada

Se definió la corriente alterna como la corriente que invierte su dirección periódicamente, mientras que la corriente continua es la que fluye continuamente en la misma dirección. Entonces, para conseguir que la corriente fluya siempre en el mismo sentido, se utiliza un sistema que se muestra en la figura 3.12.21 siguiente. Si en el generador de corriente alterna visto anteriormente, se sustituyen los anillos deslizantes por un **conmutador o colector (commutator)**, como se muestra en la misma figura 3.12.21, que consiste en dos semi-segmentos aislados entre si y conectados a cada uno de los extremos de la espira, se consigue un generador de corriente continua. Las escobillas están dispuestas de modo que los segmentos se desplacen haciendo contacto con una de ellas y no con la otra en el punto donde la espira pasa por las posiciones en las que la tensión inducida es nula. Así se produce una corriente pulsante que va desde cero a un máximo en un solo sentido.

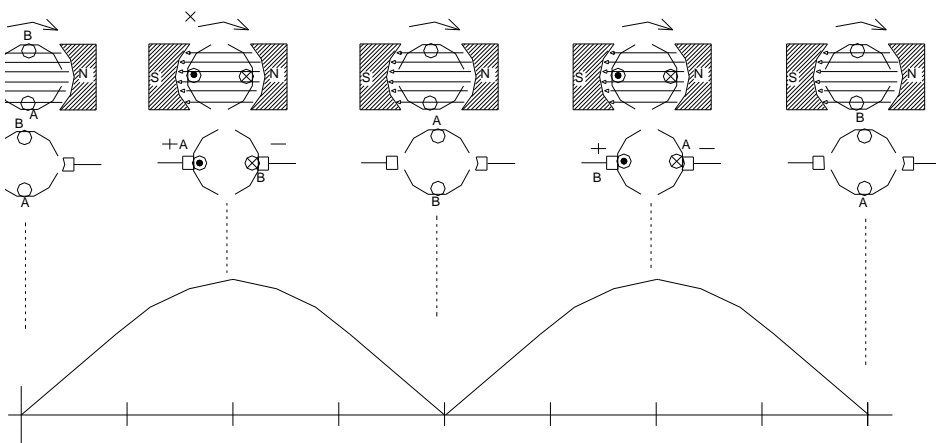


Fig. 3.12.21. Generador de CC y forma de onda generada

12.14. FABRICACION Y FINALIDAD DE LOS COMPONENTES DE UN GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA.

La figura 3.12.22 siguiente muestra las partes básicas de un generador, esto es un **campo magnético** (magnetic field) que puede ser un imán permanente que cierra su circuito magnético a través del **yugo** (yoke) o un electroimán con sus **bobinas de campo** (field coil), unas espiras giratorias que forman el **inducido o rotor (armature)**, los **anillos deslizantes (slip ring)** que reciben la corriente y la pasan a la carga a través de las **escobillas (brush)**. Los polos del imán se llaman **polos de campo** y si es un electroimán se llaman **bobinas de campo**.

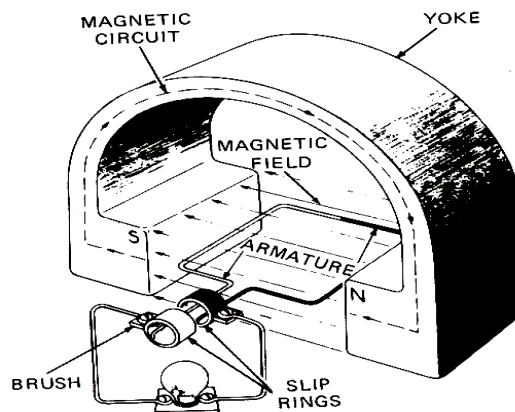


Fig. 3.12.22. Partes de un generador de CC

En la práctica, los componentes de un generador de corriente continua son: la culata o carcasa o yugo (field frame/yoke) que forma el estator del generador sobre el que se constituyen las piezas polares o zapatas (pole shoe) y las bobinas del campo inductor o campo (field coil), el inducido o armadura (armature) sobre el que se devanan las bobinas en las que se inducirá una fem cuando se haga girar el eje del inducido, el colector de delgas (commutator) que forma un solo conjunto con el inducido y al que se conectan las bobinas del inducido. Sobre el colector se apoyan las escobillas (brushes) encargadas de transmitir la tensión recibida del inducido al bloque de terminales (terminal block). Las escobillas se alojan en sus correspondientes porta-escobillas (brush holder). Para que el inducido pueda girar se apoya en los extremos de la culata sobre unos cojinetes de bolas (ball bearing) y se dispone entre culata e inducido una separación conocida con el nombre de entrehierro (air gap).

12.14.1. Culata o carcasa.

Constituye la parte principal del generador. La culata no solo soporta los polos del campo, o piezas polares, sino que completa el circuito magnético entre polos además de servir como soporte mecánico para el resto de los componentes del motor.

La culata se fabrica en acero. En pequeños generadores, la culata es de una sola pieza sobre la que se atornillan dos o cuatro piezas polares fabricadas en forma rectangular y de hierro laminado sobre las que se devanan las bobinas responsables de la creación del campo magnético. En generadores grandes la culata es de dos piezas atornilladas en el centro.

Las bobinas del campo se interconectan en serie de modo que al montarlas en las piezas polares, la polaridad del campo producido en los polos por la corriente de las bobinas sea alternativamente Norte y Sur, o bobinando el hilo en sentido contrario en una bobina con respecto a la otra.

12.14.2. Inducido.

El conjunto del inducido está formado por un núcleo principal montado sobre un eje de acero, el colector situado a un lado del conjunto, las bobinas alojadas en unas ranuras practicadas a lo largo de un tambor y las cabezas de las bobinas, en el otro extremo del conjunto. El conjunto completo esta equilibrado estática y dinámicamente.

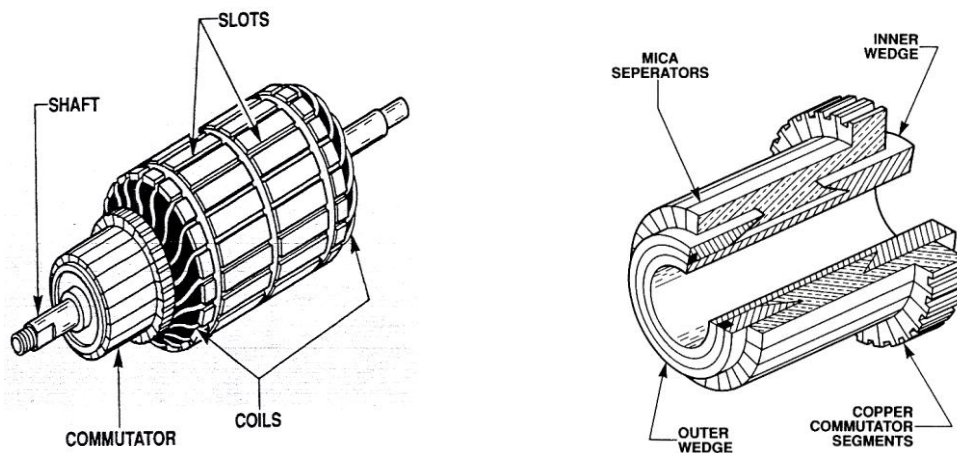



Fig. 3.12.21. Inducido tipo tambor. Representación física

El núcleo esta formado por numerosas laminas de hierro dulce cubiertas por un barniz aislante dispuestas de manera que dejan unas ranuras en las que se puedan enrollar las bobinas. La laminación del núcleo tiene la finalidad de suprimir o reducir las corrientes de Eddy que se inducirían en un núcleo sólido. Antes de enrollar las bobinas se cubren las ranuras con papel aislante que protege a las bobinas de la abrasión.

Los devanados del inducido se bobinan de la manera siguiente: El extremo se suelda con hilo de plata a la delga correspondiente del colector. Se introduce el hilo de cobre en la ranura correspondiente a la delga, se curva el hilo al final de la ranura y se introduce por la ranura opuesta llevando el otro extremo del hilo hasta la siguiente delga del colector.

El final de una bobina se conecta en el segmento que corresponde al principio de la siguiente de modo que el devanado completo forma un circuito cerrado. Para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga alcanzada a altas velocidades, se colocan unos alambres de acero abrazando toda la circunferencia exterior del inducido.

Los inducidos se apoyan en cojinetes de bolas, de rodillos o combinación de estos dos tipos. Lo normal es que el cojinete de bolas este situado en el eje motor del inducido y que el de rodillos este en el extremo del colector.

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

12.14.3. Conjunto porta-escobillas y escobillas.

Los portaescobillas tienen forma de caja abierta por un extremo, con las superficies mecanizadas para que la escobilla quede ajustada, con un pequeño juego que permita un deslizamiento suave sin inclinación ni agarrotamiento.

Las escobillas son de grafito artificial, que se fabrica partiendo de carbón natural molido en polvo fino, comprimido mecánicamente y expuesto finalmente a altas temperaturas en un horno con lo que adquieren la dureza del carbón y la lubricación del grafito. Son, pues, resistentes al chisporroteo, ocasionan muy poco desgaste al colector y su conductividad térmica las protege de las sobrecargas.

El contacto entre escobillas y colector se mantiene por la presión ejercida por los extremos de muelles ajustables anclados en los porta escobillas. Las escobillas van provistas de un cable de conexión de cobre trenzado, cuyos extremos llevan soldados terminales tipo pala o herradura que se conectan a los bornes principales del generador. La pérdida de tensión del muelle puede provocar mal contacto de las escobillas con el colector y formar chisporroteo, no deseable ya que se traduce en la propagación de ondas electromagnéticas que interfieren la recepción de las señales de radio. Esos arcos eléctricos pueden, además, dañar al colector con quemaduras que lleguen a inutilizarlo.

El chisporroteo remanente se elimina apantallando al generador con una malla metálica continua y protegiendo los cables de salida con un conducto metálico además de colocar filtros a la salida del generador. Estos filtros consisten en condensadores de la capacidad adecuada que se conectan entre los terminales del generador y masa.

12.14.4. Bloques de terminales.

Los cables de las escobillas y de los devanados de campo se conectan a un bloque de terminales situado en la cubierta del colector o en la culata. El bloque de terminales está protegido por una especie de caja en la cubierta exterior.

12.14.5. Refrigeración de un generador.

Como los generadores funcionan a plena carga desarrollan una gran cantidad de calor, por lo que es preciso dotarlos de un sistema de refrigeración. El método más común es el que aprovecha el aire de la hélice o el debido al movimiento del avión. Un sistema típico es el indicado en la figura 3.12.24 siguiente, en la se ve que el aire entra a gran velocidad por la entrada de los orificios y se conduce a través de un filtro de tamiz y un conducto al colector. El aire pasa por el conjunto del colector y las escobillas refrigerando estas zonas de elevada temperatura, cruza toda la longitud del generador y sale por los orificios de una banda envolvente situada en el extremo de la caja de transmisión.

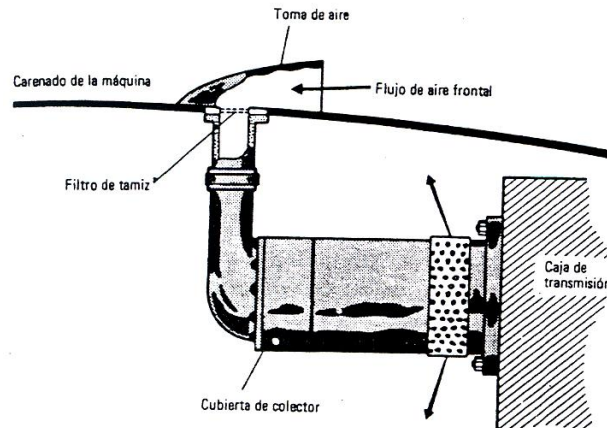


Fig. 3.12.24. Refrigeración de un generador

Algunos generadores disponen, además, de un ventilador fijado en el acoplamiento entre el eje del inducido y la caja de transmisión.

Una vista completa de un generador se muestra en la figura 3.12.25 donde se puede apreciar el colector (commutator), las escobillas y porta escobillas (brush and holder), tornillo (screw), las piezas polares (pole shoe), el inducido (armature), el devanado del campo (field winding), el eje de ataque (drive shaft), cojinetes de bolas herméticos (sealed ball bearing), extremo de la culata (drive end frame), la culata (field frame), las lengüetas del conector (connector lugs) y la entrada de aire de ventilación (air scoop).

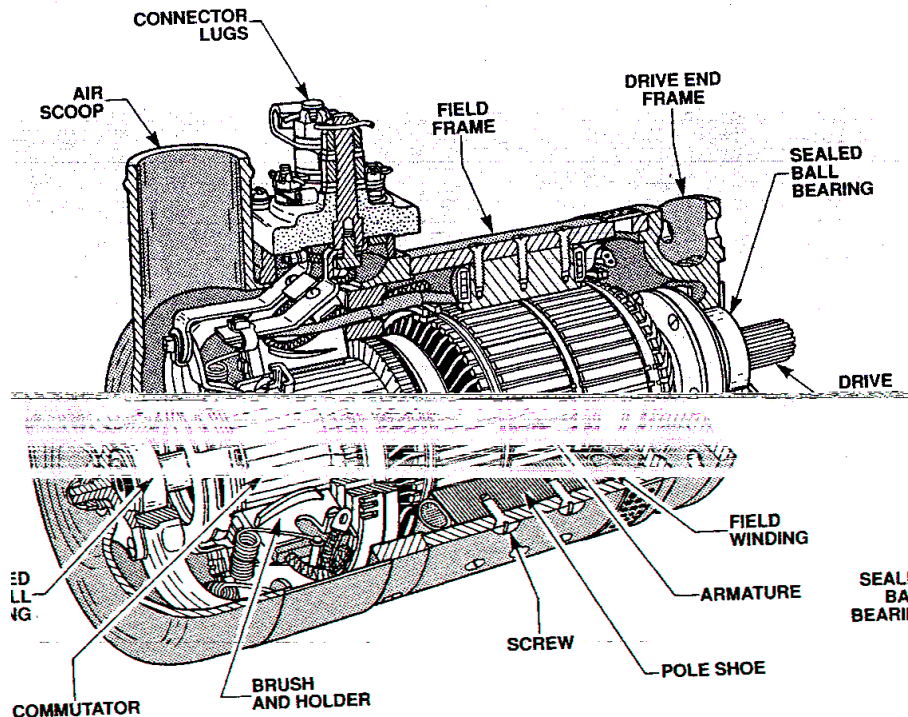


Fig. 3.12.25. Generador de CC. Vista completa

12.15. FACTORES QUE AFECTAN A LA CORRIENTE DE SALIDA Y DIRECCION DE FLUJO DE CORRIENTE EN LOS GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA.

Si se añaden más espiras al inducido y se colocan más polos en el campo con tantos segmentos en el colector como bobinas en el inducido, como se aprecia en la figura 3.12.26 siguiente, el resultado es que en cada bobina del inducido se inducirá una fem a su paso por cada par de polos. En esta figura 3.12.26 se muestra una culata o campo con dos pares de polos y un colector o conmutador con 8 segmentos correspondientes a las ocho bobinas del inducido y cuatro escobillas.

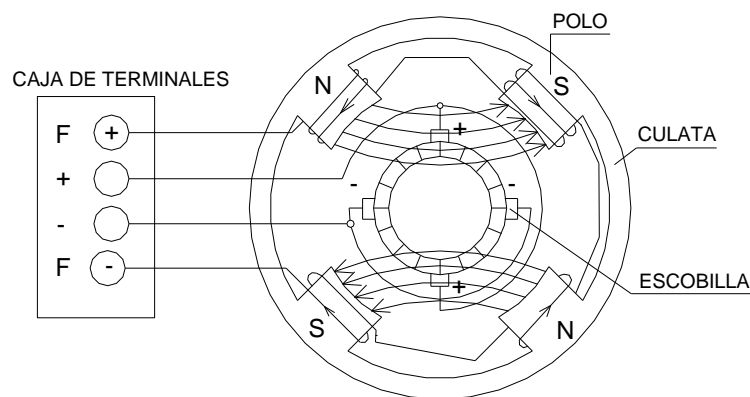


Fig. 3.12.26. Generador con 2 pares de polos, 4 escobillas y 8 segmentos

La f.e.m. total inducida en el rotor del generador viene dada por la fórmula

$$E = \frac{\Phi N n P}{c}$$

Φ = flujo útil por polo (Tesla . m²)
 P = nº pares de polos o piezas polares.
 c = nº pares derivaciones
 N = rev. por segundo
 n = nº conductores activos del inducido

que, en su forma simplificada, queda:

$$E = \Phi N$$

donde se determina que la forma de variar la f.e.m. inducida en un generador es variando la velocidad de giro del rotor o el valor del flujo del campo.

La fem inducida en cada una de las bobinas, su paso a cada delga o segmento del colector y de éste a las escobillas para su utilización se puede entender con ayuda de las figuras de 3.12.27 a 3.12.31 siguientes.

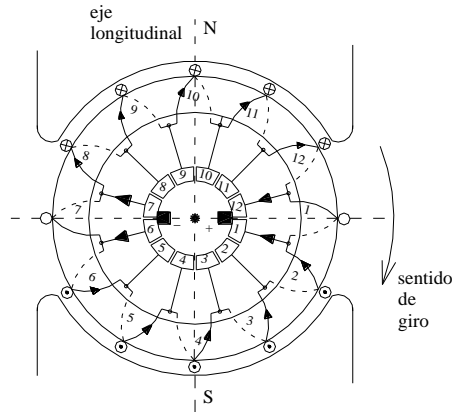


Fig. 3.12.27. Sección de un generador de CC

La figura 3.12.27 anterior representa un generador de corriente continua con un estator de un par de polos y un rotor de doce bobinas con doce segmentos girando en sentido contrario al reloj. Las bobinas 7 y 1 no cortan líneas de fuerza del campo magnético y no reciben inducción. Aplicando la regla de la mano izquierda, en las bobinas de 8 a 12 la fem inducida sería tal que la corriente penetra en el papel, mientras que en las bobinas de 2 a 6 la corriente sale del papel. Esquemáticamente se representa:

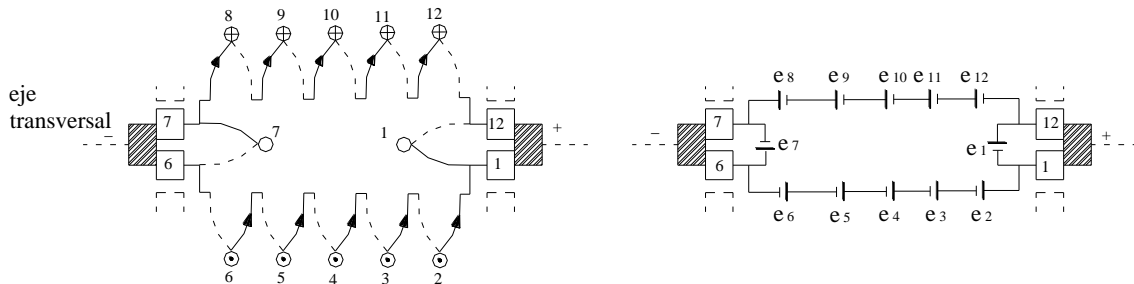


Fig. 3.12.28 Diagrama equivalente del generador figura 3.12.27

En la figura 3.12.28 se aprecia que los segmentos 6 y 7, así como los segmentos 1 y 12 están cortocircuitados por las escobillas por ser, precisamente, los correspondientes a las bobinas que no reciben inducción. Cuando el rotor ha girado 1/24 de vuelta, el rotor tiene sus segmentos, con respecto a las escobillas en la posición que se indica en la figura 3.12.29 siguiente.

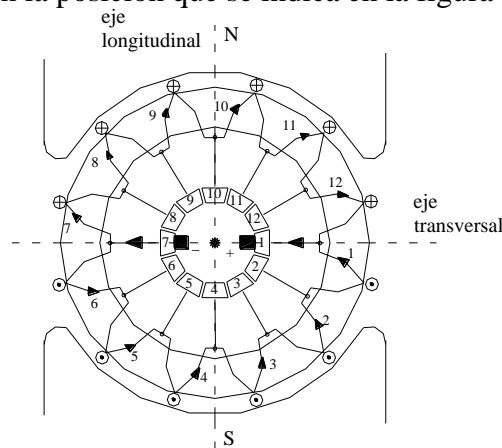


Fig. 3.12.29. Sección del mismo generador de CC girado 1/24 de vuelta

Nótese que, ahora, las escobillas coinciden con los segmentos 1 y 7 y que todas las bobinas están siendo inducidas por el campo. El esquema equivalente será, pues, el de la figura 3.12.30:

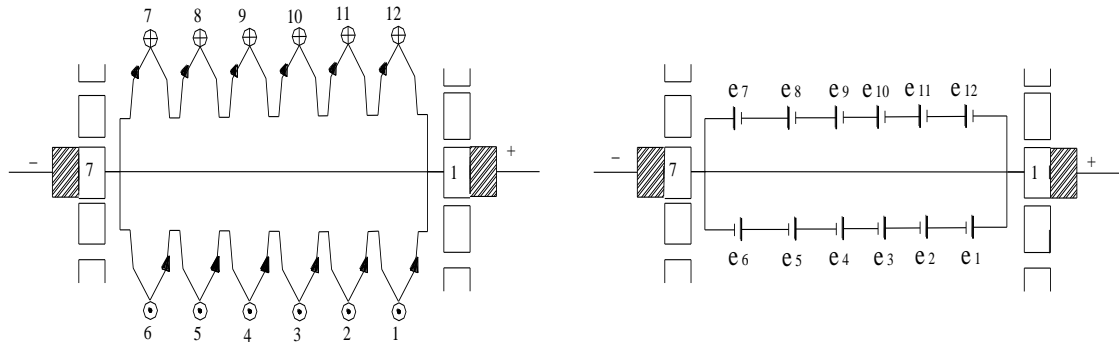


Fig. 3.12.30. Diagrama equivalente del generador figura 3.12.29

Realmente, la tensión generada por cada bobina no es continua sino pulsante con un valor dependiente del valor del seno del ángulo que forma el hilo activo de la bobina con las líneas de fuerza del campo, pero la suma de cada una de esas tensiones es una tensión casi continua, como se ve en la figura 3.12.31 siguiente.

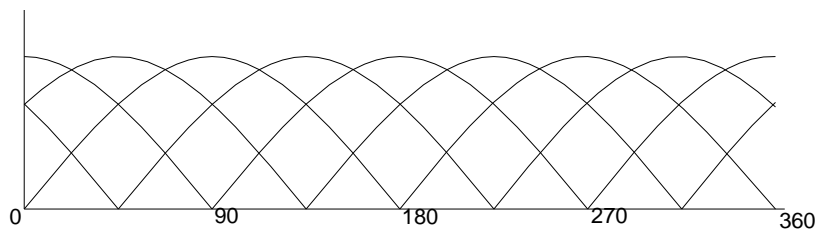


Fig. 3.12.31. Forma de onda generada con varias bobinas (rizado)

La ondulación que queda se conoce con el nombre de rizado (ripple), que no afecta al funcionamiento normal de la mayor parte de los componentes electrónicos puede generar zumbidos en los sistemas de comunicaciones.

12.16. CLASIFICACION DE LOS GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA.

Ya se ha visto que, habitualmente, el campo de un generador de corriente continua no está constituido por un imán permanente (aunque los esquemas los muestren de esta manera con fines de simplificación descriptiva) sino por electroimanes que se forman devanando el hilo conductor sobre las piezas polares de la carcasa o yugo. A la alimentación de las bobinas de estos electroimanes se conoce con el nombre de excitación. Dependiendo de la forma de alimentar las bobinas del campo con respecto a las bobinas del inducido, los generadores se clasifican en:

12.16.1 Generadores de excitación independiente.

La alimentación a las bobinas del campo procede de una fuente independiente del propio generador. No se suele emplear este tipo de excitación.

12.16.2. Generadores auto excitados.

Las bobinas del campo se alimentan desde la propia f.e.m inducida en el generador. Según se conecten las bobinas del campo con las del inducido, los generadores se clasifican en auto excitados en serie, auto-excitados en derivación (shunt) y auto excitado compuesto (compound).

En un generador **auto excitado serie** la bobina de campo se conecta en serie con la del inducido, como se ve en la figura 3.12.32.

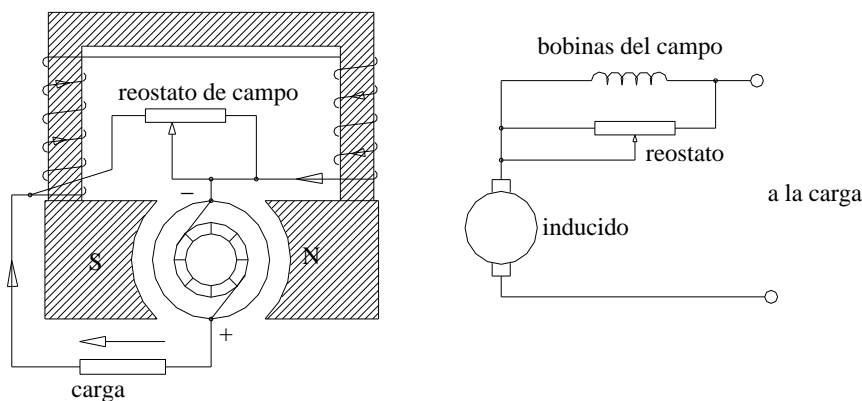


Fig. 3.12.32. Generador DC autoexcitado serie

En la figura 3.12.32 se ve que en un generador excitado serie toda la intensidad de la carga pasa también por la bobina de campo. Por eso, la bobina de campo está formada por pocas vueltas de hilo grueso, que soporte alta intensidad de corriente.

Como campo y carga están en serie, si la carga aumenta, aumenta la intensidad que circula por la bobina de campo, aumenta la intensidad del campo y se incrementa la tensión de salida y viceversa. O sea, este tipo de generador tiene una tensión de salida que se incrementa con la carga, por lo que si no se regula la tensión aplicada a la bobina de campo solo es utilizable en aplicaciones en las que la velocidad del generador y la carga sean constantes. De otro lado, como carga y campo están en serie, si la carga no está conectada al generador, no hay voltaje inducido por no haber campo. Los generadores serie tienen tan pobre regulación de tensión que no se emplean en aviones.

En un generador **auto excitado en derivación (shunt)**, la bobina de campo e inducido están conectadas en paralelo, como se muestra en la figura 3.12.33. Como la bobina de campo está en paralelo con el voltaje de salida del generador, se forma con muchas vueltas de hilo fino para que la intensidad de corriente sea pequeña y la intensidad del campo magnético pueda ser

alta, o sea en la relación Amperios – vuelta priman las vueltas sobre los amperios. La resistencia del campo es alta.

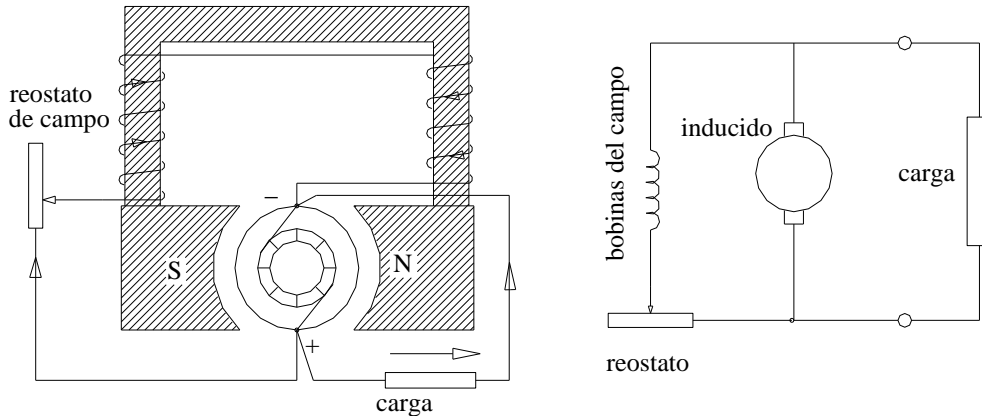


Fig. 3.12.33. Generador DC autoexcitado paralelo

En este generador, una disminución del consumo en la carga provoca un incremento en el voltaje de salida del inducido y viceversa, el aumento de la carga trae consigo una disminución del voltaje de salida. La razón es la siguiente:

- 1°. Toda la intensidad de corriente consumida por la carga pasa también por el inducido.
- 2°. En el inducido hay una caída de tensión que es igual a la resistencia del inducido por la intensidad que circula por el inducido. Como inducido y campo están en paralelo, la ddp entre extremos del inducido es igual a la ddp entre extremos de las bobinas del campo.
- 3°. Si la intensidad que consume la carga aumenta, también aumenta la intensidad del inducido, aumenta la caída de tensión en el interior del inducido y, consecuentemente, disminuye la ddp entre extremos del inducido (recordar el apartado 7.6. Importancia de la Resistencia Interna en una Fuente de Alimentación). También disminuye la ddp entre extremos del campo, disminuye la intensidad del campo magnético y disminuye la f.e.m. inducida en el inducido, o sea disminuye el voltaje en el inducido.

Si, por el contrario, disminuye la intensidad consumida por la carga, se aplica una mayor ddp a las bobinas del campo, aumenta la intensidad del campo magnético y la inducción hasta un punto llamado de saturación en el que más disminución de la carga no produce incremento en el voltaje de salida del generador.

Sin embargo, es sencillo controlar el voltaje de salida de un generador DC autoexcitado paralelo mediante un reostato situado en serie con la bobina del campo. Un aumento en la resistencia del reostato produce la disminución de la intensidad del campo magnético (incremento de resistencia, disminución de intensidad de corriente, disminución de intensidad de campo magnético) con lo que si se consigue esta acción de modo automático se ha conseguido regular el voltaje de salida del generador. Este proceso se estudiará en el apartado 12.20. Control del Generador. Estas posibilidades de regulación de su tensión de salida hacen que este generador sea el habitualmente usado en aviones pequeños y medios, junto con cualquiera de los reguladores de voltaje disponibles.

Un generador **auto excitado compuesto (compound)**, combina las características de los dos anteriores. Como se ve en la figura 3.12.34 siguiente, este generador tiene una bobina en serie y otra en paralelo con el inducido. Así, cuando la carga aumenta, aumenta la corriente serie y disminuye en la de paralelo, permaneciendo constante la tensión de salida.

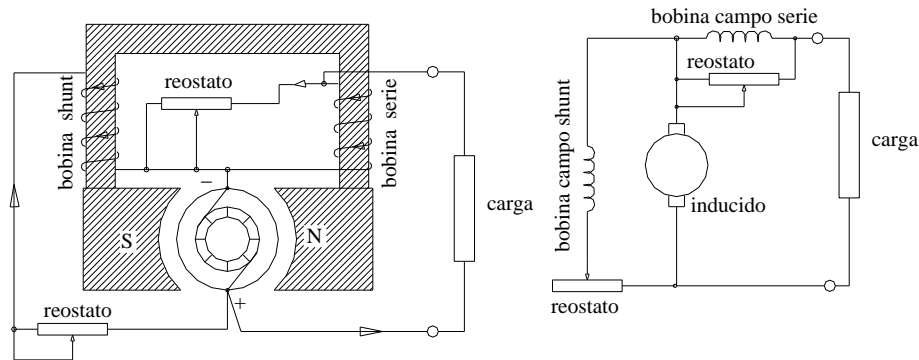


Fig. 3.12.34. Generador DC bobinado compuesto

La bobina del campo serie esta formada por unas pocas vueltas de hilo grueso o de pletina de cobre de sección cuadrada o rectangular, mientras que la del campo shunt está formada por muchas espiras de hilo muy fino. Ambas bobinas se montan sobre las mismas piezas polares contribuyendo simultáneamente a la formación del campo magnético inductor. Cuando las bobinas se devanan de modo que sus campos actúan en la misma dirección se le llama generador compuesto – acumulativo pero si las bobinas se montan de modo que el campo de una se opone al campo de la otra el generador se llama compuesto – diferencial. Los generadores acumulativos tienen una alta regulación en la tensión de salida, mientras que los diferenciales son generadores de corriente constante con variaciones de tensión similar a los generadores serie pero cuando no hay carga mantienen la tensión de salida.

12.17. MAGNETISMO REMANENTE.

Comoquiera que el campo magnético de un generador no esta producido por un imán permanente sino por electroimanes cuyas bobinas están alimentadas por el inducido del mismo generador, resulta evidente que en el inicio del giro, en cuyo momento la tensión inducida es cero, la tensión aplicada al campo del generador es cero y cero es el campo magnético, luego no hay inducción electromagnética. Esto significa que un generador no podría ser auto excitado. Afortunadamente, cuando se deja de aplicar tensión a un electroimán, el núcleo queda ligeramente imantado por causa del **magnetismo remanente** que, aunque débil, es capaz de iniciar la inducción en el rotor. Esta tensión débil (de unos 4 a 7 voltios) se aplica a las bobinas del campo que crean un campo magnético suficiente para que se inicie la inducción de una f.e.m. en el inducido. Esta f.e.m. se aplica a las bobinas del campo que aumenta su intensidad, aumentando a su vez la tensión inducida y así sucesivamente hasta alcanzar su valor de régimen. Si se perdiese ese magnetismo remanente o residual como consecuencia de un calentamiento excesivo o de un cortocircuito, seria necesario restaurar la imantación del campo, lo que se consigue aplicando una tensión continua, de la misma polaridad que el generador, a las bobinas del campo. Esta acción se conoce con el nombre de **flashing the field**.

12.18. REACCION DEL INDUCIDO.

En un inducido, cuando no hay carga, no circula corriente por las espiras de sus bobinas, como se ve en b) de la figura 3.12.35. Cuando se aplica una carga al generador, circula una corriente eléctrica por las bobinas del inducido y se crea un campo magnético cuyas líneas de fuerza tienen el sentido mostrado en a) de la misma figura 3.12.35 (se considera la corriente de negativo a positivo). Entonces, el campo magnético resultante será el que se ve en c) de la misma figura, en la que se aprecia que se ha distorsionado el campo magnético del generador en el sentido de que se ha desplazado el plano neutro (o posición en la que las bobinas del inducido se desplazaban paralelas a las líneas de fuerza del campo y no se inducía f.e.m. en las mismas), en cuya posición había que colocar las escobillas ya que en ese punto la ddp en los extremos de la bobina era cero. Si las escobillas se conectarán entre segmentos del colector fuera del **plano neutro**, se formaría un cortocircuito entre los extremos de esa bobina formando arcos o chisporroteo y pérdida de potencia.

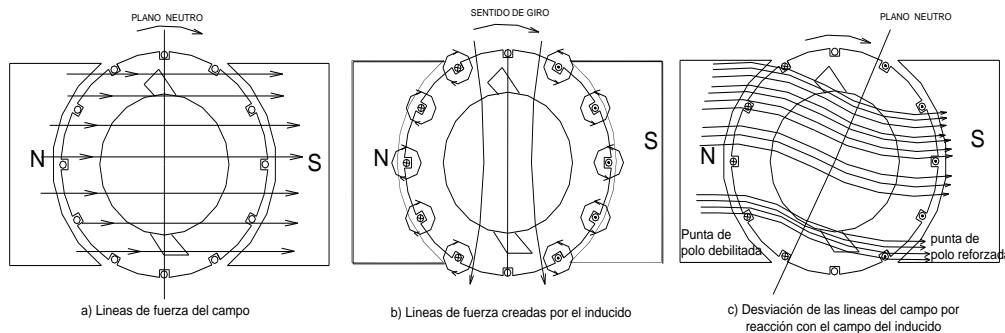


Fig. 3.12.35. Reacción del inducido

Este efecto, llamado **reacción del inducido**, se produce cuando el generador está conectado a una carga, no existiendo en condición de funcionamiento sin carga. Por tanto, es preciso incorporar elementos correctores en el diseño del generador que compensen esta desviación del plano neutro. Esto se consigue por los procedimientos siguientes:

- a) Desviando las escobillas de modo que ocupen la posición del plano neutro con el generador a plena carga.
- b) Instalando **interpolos** que actúen contra la reacción del inducido.
- c) Empleando **devanados de compensación (compensating winding)** que ayuden a compensar la reacción del inducido.

El método del desvío de las escobillas es utilizable en pequeños generadores de hasta 1000W, ya que la desviación de la línea neutra depende de la carga aplicada al generador.

Los **interpolos** consisten en polos intermedios situados entre polos del campo de distinto signo, con sus bobinas conectadas en serie con las del inducido y con la carga y con polaridad igual a la del polo de campo que le precede en el sentido de giro del generador. De este modo el interpolo crea un campo con un flujo que se opone al creado por la corriente que circula por el inducido quedando prácticamente neutralizado el campo magnético del inducido. Una

disposición típica de los interpolos se muestra en a) de la figura 3.12.36, mientras que en b) se ve como el campo creado entre interpolo y polo refuerza la punta del polo debilitado.

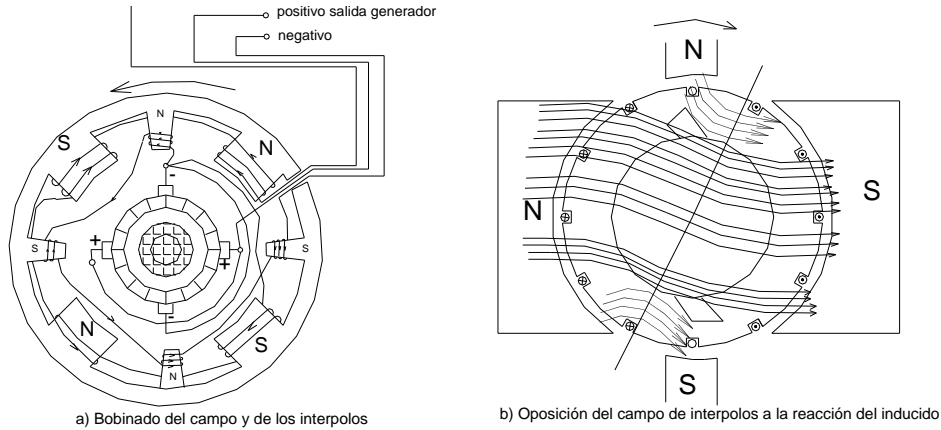


Fig. 3.12.36. Interpolos

Además, se utilizan **devanados de compensación**, consistentes en bobinas situadas entre polos de campo e interpolos de signo contrario y conectados en serie con las bobinas de los interpolos, por lo que crean un campo que se suma al del interpolo aumentando su efectividad. La figura 3.12.37 muestra una disposición típica de una culata con los interpolos y los devanados de compensación.

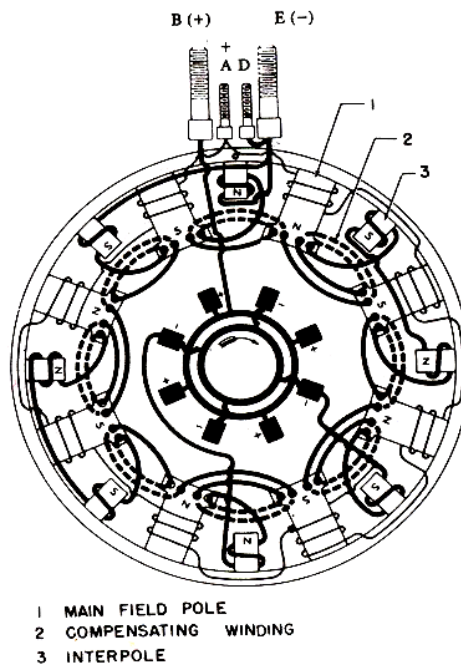


Fig. 3.12.37. Devanados de compensación

12.19. ARRANCADOR – GENERADOR.

Es una combinación de generador y arrancador en una misma carcasa. La figura 3.12.38 siguiente muestra el diagrama esquemático de un generador-arrancador (starter – generator) típico usado en los helicópteros BELL.

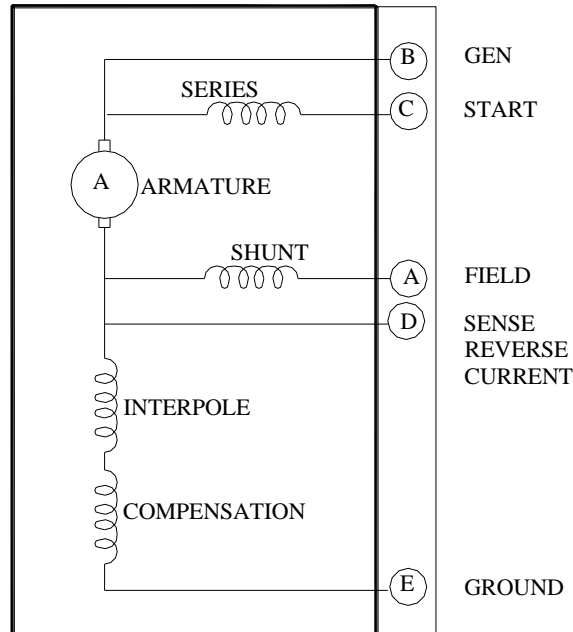


Fig. 3.12.38. Arrancador – Generator

Este dispositivo funciona como arrancador con un devanado serie, bobina SERIES, de baja resistencia y con un alto par para el arranque del motor del avión y funciona como generador, una vez arrancado el motor, mediante una bobina de alta resistencia devanada en paralelo, bobina SHUNT, que produce el campo magnético necesario para inducir la fem en el inducido, ARMATURE, y generar hasta 300 A a 28 VDC. En definitiva, se compone de un motor bobinado serie y de un generador auto excitado paralelo. El voltaje de salida se obtiene en la patilla B, GEN y la regulación del voltaje de salida se consigue controlando el voltaje aplicado, desde un regulador de Voltaje, a la patilla A, Campo.

Los **starter-generator** están diseñados para proporcionar el par suficiente para el arranque del motor y para generar energía eléctrica de CC para los sistemas eléctricos del avión. Mientras el motor está conectado directamente a la batería, patilla C, la bobina shunt del campo, patilla A, recibe la alimentación del regulador de voltaje, que analiza la tensión de salida del generador y aplica a la bobina de campo la tensión necesaria para mantener constante la salida del generador. En la patilla D, se obtiene el voltaje a analizar para desconectar el generador de la barra si su voltaje es inferior al de la Batería.

12.20. CONTROL DEL GENERADOR.

12.20.1. Monitorización de la salida del generador.

En la salida del generador se monta un voltímetro y un amperímetro. Si solo se puede montar uno de ellos, se debe montar el amperímetro, que es el mejor modo de monitorizar un generador. Nunca se debe usar un voltímetro si no se dispone de amperímetro. El amperímetro se puede montar en el terminal del generador o en el terminal de la batería, como se ve en la figura 3.12.39 siguiente.

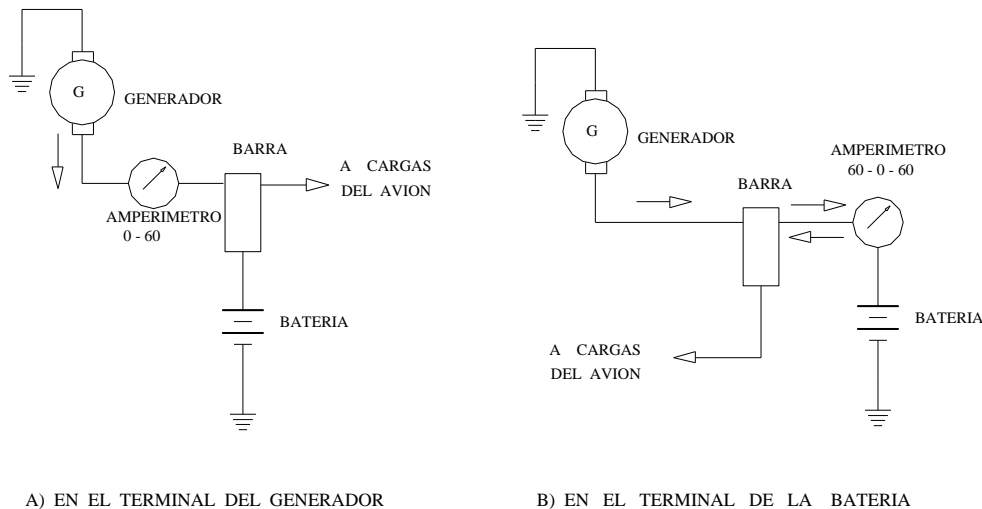


Fig. 3.12.39. Conexión del amperímetro en el Avión

Si se coloca en el terminal del generador mide la corriente total de salida del generador utilizándose un amperímetro de una sola escala (por ejemplo 0 – 60 A). Si se colocara en el terminal de la batería, mediría la corriente de descarga o de carga de la batería, por que se utiliza un amperímetro de doble escala o doble deflexión (60 – 0 – 60).

12.20.2. Regulación de tensión.

Se sabe que la tensión producida por un generador depende de la velocidad con que gira el inducido y de la intensidad del campo magnético. Por tanto, es evidente que si se desea mantener constante la salida de tensión solo se puede actuar sobre la intensidad del campo magnético, ya que la velocidad del inducido será la del motor a que esta acoplado que girará a las revoluciones que correspondan a la fase de vuelo en que se encuentre (ralentí, despegue, velocidad de crucero, etc). Sin embargo, la intensidad del campo magnético se puede variar con facilidad ya que esta determinada por la intensidad de corriente que circula por la bobina de campo. El método empleado consiste en instalar un regulador de tensión en serie con la bobina de campo, como se muestra en la figura 3.12.40. Si disminuye la tensión, se hace disminuir la resistencia en el regulador, lo que produce un aumento de la intensidad de campo produciendo aumento de la tensión y viceversa.

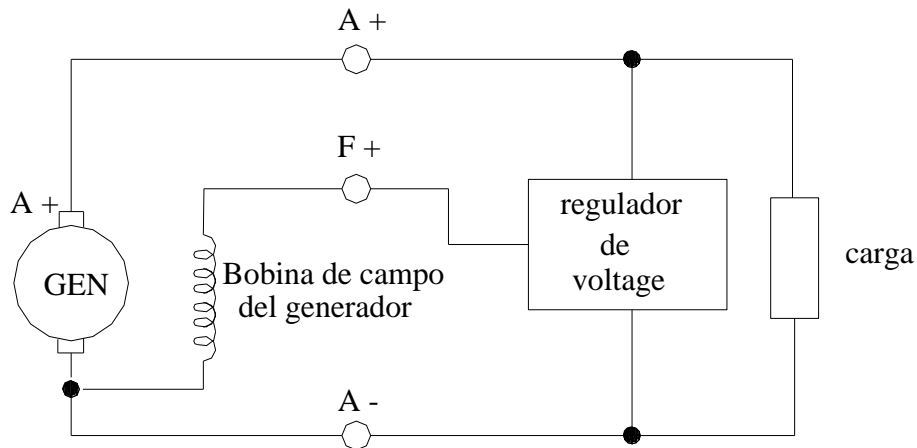


Fig. 3.12.40. Regulación del voltaje de salida del generador

Los Reguladores usados son el Regulador por resistencia de placas de carbón y el Regulador de estado sólido. El primero apenas se emplea ya, solo en algunos aviones o helicópteros pequeños. El segundo es muy utilizado en la aviación actual.

12.20.3. Regulador por placas de resistencia de carbón.

Se basa en el principio de que la resistencia entre dos placas de carbón puestas en contacto depende no solo de la superficie de contacto, sino también de la presión con que se junten las dos placas, de modo que un aumento de presión se corresponde con una disminución de la resistencia, como se aprecia en la curva resistencia-presión mostrada en el centro de la figura 3.12.41. Por tanto, si se colocan varias placas de carbón en serie con la bobina de campo y entre los extremos de una armadura electromecánica controlada por un muelle que presione la pila de placas, se puede hacer variar la resistencia conectada en serie con la bobina de campo variando la presión del muelle sobre la pila de placas.

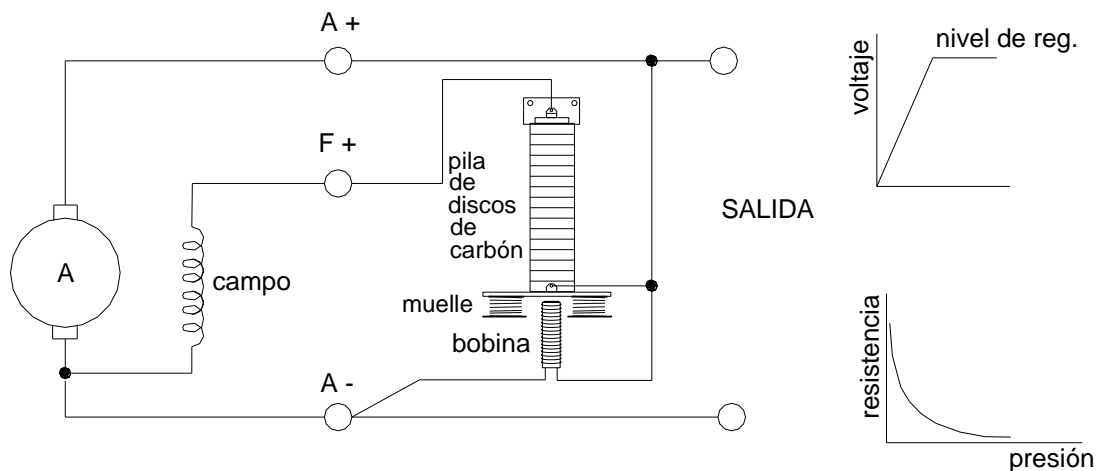



Fig. 3.12.41. Regulador por placas de resistencia de carbón

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

En condiciones estáticas del generador, las placas de carbón están completamente comprimidas puesto que no hay atracción magnética entre la armadura y el núcleo de la bobina de tensión. La separación física entre el núcleo y la armadura es máxima y la resistencia en serie con la bobina de campo es mínima.

Cuando el generador empieza a funcionar, la tensión aplicada a la bobina de tensión, que esta en paralelo con la salida del generador, es pequeña e insuficiente para que el campo magnético por ella desarrollado atraiga a la armadura de la pila de carbón. De este modo, la intensidad del campo es máxima y permite que la tensión de salida se eleve rápidamente.

Cuando la tensión de generador se eleva lo suficiente, el campo magnético de la bobina de tensión atrae la armadura de la pila de carbón aumentando su resistencia al disminuir la presión y haciendo disminuir la intensidad de la bobina de campo con la consiguiente reducción de la tensión de salida del generador. Cuando se alcanza el valor prefijado de tensión de salida del generador, se mantiene constante la presión en la pila de carbón y la tensión se mantiene constante.

Cualquier variación del régimen de funcionamiento del generador, ya sea por variación de la velocidad de inducido, ya por variación de la carga, producirá la consiguiente variación de la presión de la pila de carbón y la variación de la tensión a su valor nominal. El proceso de regulación es:

1. Voltaje de salida aumenta – Bobina atrae más – Muelle se desplaza hacia abajo – Presión en discos de carbón disminuye – Resistencia eléctrica aumenta – Intensidad en bobina de campo disminuye – Intensidad de campo disminuye – tensión inducida disminuye.

2. Voltaje de salida disminuye – Bobina atrae menos – Muelle comprime más la pila de carbón – Presión entre discos aumenta – Resistencia eléctrica disminuye – Intensidad en bobina de campo aumenta – tensión inducida aumenta.

Este tipo de regulador, casi en desuso, muestra la filosofía de funcionamiento de todos los reguladores existentes en la aviación actual: Voltaje de salida del generador aumenta, disminuye voltaje de salida del regulador disminuye, intensidad de campo magnético disminuye, voltaje inducido disminuye y viceversa.

12.20.4. Circuito de ecualización.

Cuando se conectan dos o más generadores en paralelo a las barras de un avión, es conveniente que la carga se reparta por igual a ambos generadores, para lo que se emplea un circuito ecualizador, como el que se muestra en la figura 3.12.42. Este circuito consta de una resistencia de regulación, una resistencia shunt de ecualización, que se conecta entre el terminal negativo del generador y masa, de una bobina de tensión que gobierna la resistencia de regulación, de un interruptor y de una barra de ecualización.

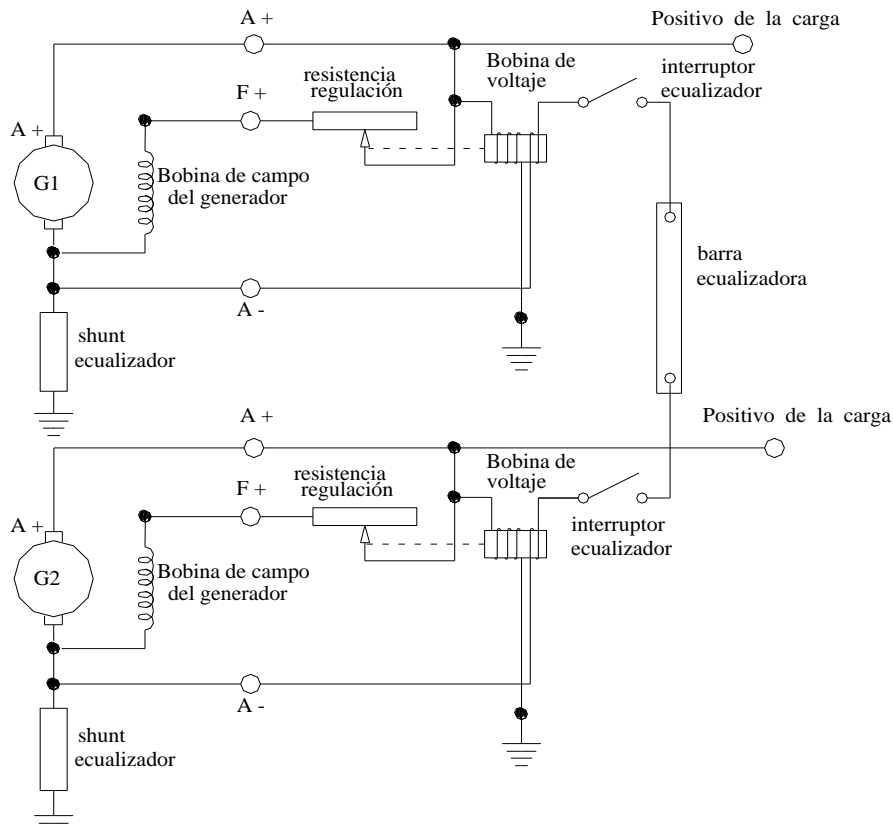


Fig. 3.12.42. Circuito de Ecuación

La base del circuito ecualizador, figura 3.12.43, es un electroimán con un doble devanado dispuesto sobre su núcleo de modo que cuando los campos de ambas bobinas se suman, el campo resultante atrae al cursor de un potenciómetro instalado en serie con la bobina de campo del generador, aumenta la resistencia y disminuye la corriente que circula por la bobina de campo con la consiguiente disminución de la tensión inducida. Inversamente, cuando los campos se restan, debido a la circulación de corrientes en sentidos opuestos, el muelle antagonista conectado al cursor del potenciómetro vence la atracción del campo magnético, el cursor hace que disminuya la resistencia y aumenta la tensión inducida.

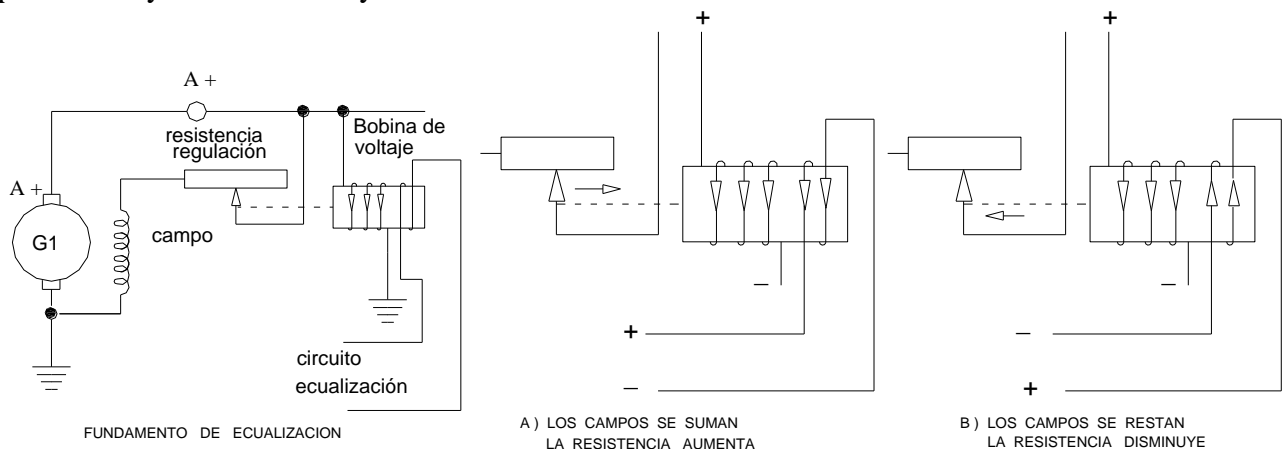


Fig. 3.12.43. Circuito de Ecuación. Fundamentos

Supóngase que el generador 1 entrega 200A a la carga y que el generador 2 entrega 100A, siendo la caída de 0,5 V en la resistencia shunt del generador 1 y, por tanto, de 0,25 V en el generador 2.

En estas condiciones, circula una corriente desde el punto E del generador 1, a través de la bobina de tensión 1, el interruptor ecualizador, la barra, el interruptor ecualizador 2, la bobina de tensión 2 (en sentido contrario al de la 1), punto E del generador 2, resistencia shunt 2 y masa. La bobina de tensión 1 aumenta su campo atrayendo el cursor de la resistencia de regulación 1, con lo que disminuye la tensión aplicada al campo del generador 1, que hace disminuir la tensión del generador 1. Simultáneamente, la bobina de tensión del generador 2 disminuye su campo, el cursor introduce una menor resistencia en serie con el campo del generador 2 haciendo que aumente el campo del generador 2, que genera una tensión mayor.

En resumen, se ha hecho que aumente la tensión generada por generador 2 y que disminuya la generada por generador 1, consiguiéndose el equilibrio de cargas. La figura 3.12.44 siguiente muestra el circuito equivalente del caso expuesto.

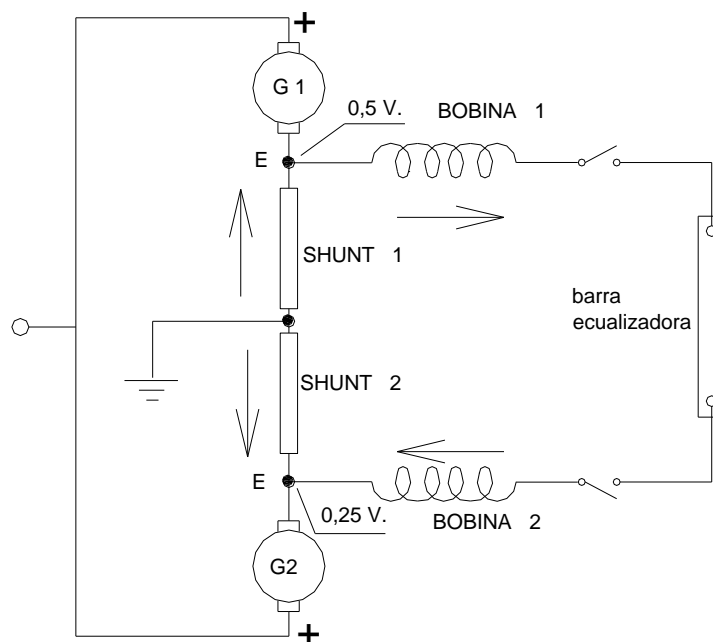



Fig. 3.12.44. Ecualizador. Circuito equivalente

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

12.21. INSPECCION, REVISION Y REPARACION DE LOS GENERADORES.

12.21.0. Generalidades.

El manual del fabricante de cada aeronave indica los métodos a seguir para la comprobación del sistema de generación. No obstante se pueden dar algunas ideas a seguir.

12.21.1. Localización de averías en sistemas de generación.

Antes de iniciar el proceso de localizar una avería en el sistema de generación de corriente de un avión, es necesario conocer el tipo de sistema instalado a bordo. En el capítulo Potencia Eléctrica, ATA 24, se estudiarán varios sistemas.

Las indicaciones más habituales de avería en el sistema de generación suelen ser que el voltaje esté bajo o que no haya voltaje de salida o descarga de la batería. Si el amperímetro del avión marca descarga de la batería es porque el generador no está generando el voltaje adecuado. Mídase, entonces, el voltaje del generador. Si marca de 2 a 6 V. es porque el generador está funcionando solo con el magnetismo remanente o sea que no hay corriente en el campo del generador y que está defectuoso alguno de los componentes del campo, por lo que hay que revisar las conexiones del cableado, el interruptor principal del generador, el regulador de voltaje y el campo del generador. Si el voltaje medido es cero, significa que el generador ha perdido el magnetismo residual, lo que se puede corregir efectuando un “flashing” en el campo del generador, o sea aplicando un voltaje de corriente continua, con la polaridad del generador, durante un instante a la bobina del campo del generador. Antes de aplicar este voltaje es necesario desconectar el regulador de voltaje para evitar que pueda ser dañado. Este voltaje se aplicará conectando el positivo de la fuente al positivo de la bobina y el negativo de la fuente al negativo de la bobina.

Para determinar si el fallo está en el regulador de voltaje se puede efectuar la siguiente operación:

1º Desconectar el Regulador de Voltaje.

2º Aplicar el voltaje correcto entre el terminal F+ y el terminal A - del generador con el inducido girando (ver la figura 3.12.41). Si el voltaje medido en el generador tiene un valor muy bajo, el generador está defectuoso. Si el voltaje medido es aproximadamente el nominal, el generador está bien y su puede sospechar que el defecto esté en el regulador.

12.21.2. Mantenimiento del generador – arrancador.

La mayoría de los fabricantes de generadores – arrancadores preconizan la inspección de estos equipos cada 200 horas de vuelo y la revisión general cada 1 000 horas ya que la vida normal de las escobillas suele variar en el margen de 500 a 1 000 horas, escobillas, colector de delgas y eje de accionamiento motor – generador tienen que ser inspeccionados para verificar que el desgaste sufrido está dentro de límites y no muestran deterioro alguno.

La limpieza del motor – generador se efectúa desmontando la tapa de inspección de las escobillas y aplicando aire a una presión de 40 psi para eliminar restos de polvo de carbón y cobre que se acumula en los devanados y en el conjunto de las escobillas y se debe al desgaste normal de escobillas y colector de delgas. La limpieza exterior se cumplimenta utilizando el disolvente adecuado.

Verificar el desgaste sufrido por las escobillas, además de comprobar su integridad. Algunas escobillas tienen una marca que indica el desgaste máximo permitido y da una idea de la vida que resta a esa escobilla. La figura 3.12.45 siguiente muestra una escobilla con la marca y diversos desgastes.

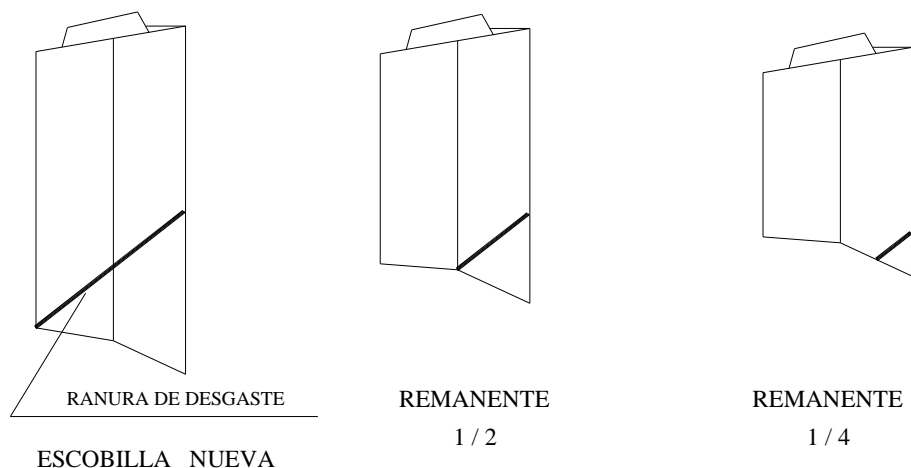


Fig. 3.12.45. Escobillas

También hay que comprobar el porta escobillas y el muelle de las escobillas para verificar no están dañados, desgastados o el muelle tiene poca presión. Hay escobillas a las que se agrega un lubricante que las hace más conductoras y homogeniza el desgaste. Estas escobillas pueden ser sustituidas sin rectificar el colector de delgas.

El colector de delgas tiene que ser verificado, comprobando que no tienen señales de quemaduras ni desgaste excesivo.

No se debe olvidar el sistema de ventilación del generador, comprobando ventilador, conductos y huecos para ventilación que se deben limpiar concienzudamente. Todo ventilador defectuoso debe ser sustituido.



MASTER DE FORMACIÓN
B1.1 y B1.3
MÓDULO 3
FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD

Edición: 3
 Revisión: 9
 Fecha: 31/07/2017

El eje de arrastre o acoplamiento motor – generador tiene que ser inspeccionado para ver que no presente desgaste excesivo ni esté dañado. La mayoría de los generadores – arrancadores equipan un sistema amortiguador para absorber las variaciones bruscas de carga. Estas variaciones suelen ser importantes por lo que debe ser inspeccionado cuidadosamente para asegurarse de su correcto funcionamiento.

Una vez revisado todo el sistema y montado a bordo, se debe efectuar una revisión general del conjunto para asegurar que todo funciona correctamente.

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MOTORES Y GENERADORES DC.

	MOTOR	GENERADOR
a) Necesidades de funcionamiento	- Un campo magnético constante, creado al circular una intensidad de corriente continua por las bobinas del Campo. - Espiras de conductor de cobre bobinadas sobre un inducido por las que se haga circular una corriente.	- Un campo magnético constante, creado al circular una intensidad de corriente continua por las bobinas del Campo. - Espiras de conductor de cobre bobinadas sobre un inducido a las que se hace girar en el seno del campo.
b) Se hace funcionar	Aplicando una f.e.m. de DC al campo y al Inducido del motor. Al circular la corriente por el conductor bobinado en el inducido, se ejerce una fuerza sobre el conductor haciéndolo girar.	Aplicando una f.e.m. de DC al campo y haciendo girar los conductores del inducido dentro del campo se induce una f.e.m. en los conductores del Inducido.
c) Magnitudes	La velocidad de giro del motor depende inversamente del flujo útil por polo (flujo del campo magnético) y directamente del Voltaje aplicado al motor	La f.e.m. inducida depende directamente del flujo útil por polo (flujo del campo magnético) y de las revoluciones del eje del generador.
d) Componentes	- <u>Estator, yugo, culata.</u> Corona de material Ferromagnético sobre la que se fijan los polos magnéticos o <u>piezas polares</u> que constituyen el Campo. Sobre ellas se devanan las bobinas del campo. Cierra circuito magnético del campo - <u>Rotor, armadura, inducido.</u> Tambor de material Ferromagnético, giratorio, con ranuras en las que se introducen los hilos de las espiras y calado sobre el colector de delgas. El rotor gira en el interior del campo a corta distancia de las piezas polares. Esta distancia se llama <u>entrehierro.</u> El colector permite que se invierta el voltaje aplicado a cada lado de la espira y no se invierta la fuerza ejercida sobre el colector. Tiene tantas delgas como bobinas el inducido.	- <u>Estator, yugo, culata.</u> Corona de material Ferromagnético sobre la que se fijan los polos magnéticos o <u>piezas polares</u> que constituyen el Campo. Sobre los polos se devanan las bobinas del campo - <u>Rotor, armadura, inducido.</u> Tambor de material Ferromagnético, giratorio, con ranuras en las que se introducen los hilos de las espiras y calado sobre el colector de delgas. El rotor gira en el interior del campo a corta distancia de las piezas polares. Esta distancia se llama <u>entrehierro.</u> El colector permite que se invierta cada lado de la espira y no se invierta el voltaje obtenido en la escobilla. <u>Escobillas.</u> Bloques de grafito en contacto directo con el colector de delgas que permite el

	<p><u>Escobillas.</u> Bloques de grafito en contacto directo con el colector de delgas que permite el contacto eléctrico entre una fuente fija y un elemento giratorio. Tiene tantas escobillas como piezas polares.</p>	<p>contacto eléctrico entre un elemento giratorio y una carga fija. Las escobillas se deben colocar en las líneas de plano neutro o puntos en los que la velocidad del conductor del inducido es paralela a las líneas de fuerza del campo magnético</p>
e) Tipos	<p><u>- Motor bobinado serie.</u> La bobina del campo se conecta en serie con las espiras del Inducido siendo alimentados campo e inducido por la misma fuente y ambos son recorridos por la misma intensidad. La bobina del campo es de hilo grueso y pocas vueltas, para admitir intensidad de corriente alta. Presenta un alto par de arranque pero tiene una muy mala regulación de velocidad con la carga. No se debe usar sin carga por riesgo de embalamiento. Se usa como motor de arranque, para apertura y cierre de válvulas, extensión y retracción del tren de aterrizaje o todo lo que precise alto par de arranque con carga.</p> <p><u>- Motor bobinado paralelo.</u> La bobina del campo se conecta en paralelo con las espiras del inducido siendo alimentados campo e inducido por la misma fuente, pero la intensidad de corriente es diferente en ambos. La bobina del campo es de hilo fino de muchas vueltas, para que el consumo sea bajo. El campo depende más del número de vueltas que de la intensidad. Presenta una buena regulación de velocidad con la carga, pero tiene un par de arranque muy bajo. Se puede usar sin carga. Se utiliza en sistemas que precisan velocidades no variables con la carga, como ventiladores, inversores etc. Se conoce como Motor de Velocidad Constante (Constant Speed Motor)</p>	<p><u>-Generador auto excitado serie.</u> La bobina del campo se conecta en serie con las espiras del inducido. Cuando se conecta una carga al generador existe una circulación de corriente por las bobinas del campo y se induce voltaje en el inducido. Por tanto, sin carga no hay voltaje inducido. Como la intensidad de la carga también circula por el campo, un aumento de la carga supone un aumento de la intensidad del campo magnético y del voltaje inducido. No es útil como generador.</p> <p><u>Generador shunt o autoexcitado paralelo.</u> La bobina del campo se conecta en paralelo con las espiras del Inducido. La bobina del campo se hace con muchas espiras de hilo fino, luego el campo depende más de la espiras que de la intensidad de corriente. Se regula con facilidad controlando el voltaje que se aplica a la bobina del campo mediante un Regulador de Voltaje. Es muy utilizado en aviones pequeños y helicópteros</p>
f) Peculiaridades.	<p><u>-Inversión de giro en un motor</u> Se puede invertir el sentido de giro de un motor DC bobinado serie invirtiendo la alimentación de campo o de inducido, o disponiendo dos bobinas de campo devanadas en sentido contrario (crean campos inversos), no invirtiendo campo e</p>	<p><u>- Autoexcitación de los generadores.</u> Se consigue gracias al magnetismo remanente de las piezas polares, que es suficiente para iniciar la inducción.</p> <p><u>Interpolos.</u> Piezas polares que se montan a</p>



MASTER DE FORMACIÓN
B1.1 y B1.3
MÓDULO 3
FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD

Edición: 3
Revisión: 9
Fecha: 31/07/2017

	<p>inducido.</p> <p><u>-Alto consumo en el arranque.</u> Cuando el inducido está girando en el seno del campo magnético, se induce en las espiras una f.e.m. que se opone a la f.e.m. que genera el movimiento, por lo que se llama fuerza contraelectromotriz o f.c.e.m. Cuando el motor empieza a girar la velocidad es pequeña y la f.c.em. pequeña, la intensidad de corriente alta. Según aumentan las vueltas, aumenta la f.c.e.m., disminuye la intensidad de corriente. Todo motor consume una corriente alta en el arranque.</p> <p><u>-Regulación de velocidad de giro.</u> La velocidad de giro de un motor se modifica variando el voltaje aplicado al motor, en el sentido de que la velocidad del motor aumenta cuando aumenta el voltaje aplicado y viceversa. También se puede regular la velocidad del motor regulando el voltaje aplicado al inducido o al campo mediante reostato en serie o paralelo.</p>	<p>continuación de los polos del campo para contrarrestar la reacción del inducido que provoca una desviación del plano neutro como consecuencia de la intensidad de corriente que circula por las bobinas del inducido cuando se conecta una carga al generador</p> <p><u>-Regulación del voltaje de salida.</u> El voltaje de salida del generador se regula variando el voltaje aplicado a las bobinas del campo, en el sentido que el voltaje de salida aumenta cuando aumenta el voltaje aplicado a las bobinas del campo y viceversa,</p>
--	---	---