



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA.

REPORTE DE RESIDENCIA

**“VALORACION DE LOS COMPONENTES ELECTROMECHANICOS DE LOS
MOTORES UNIVERSAL Y BRUSHLESS”.**

ASESOR INTERNO

ING. ÁNGEL REYES ALBORES

RESIDENTE

LÓPEZ VICENTE ROGELIO

PERIODO

ENERO – JUNIO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 9 de junio del 2014.

Índice

1. Introducción.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Estado del arte.....	5
1.3. Justificación.....	6
1.4. Objetivo.....	7
1.5. Metodología.....	8
2. Fundamento teórico.....	9
2.1. Principio de funcionamiento del motor universal.....	9
2.2. Principales componentes del motor universal.....	13
2.3. Características par/velocidad.....	15
2.4. Construcción del motor universal.....	16
2.5. Principales características del motor universal.....	18
3. Motor brushless.....	24
3.1. Funcionamiento del motor brushless.....	24
3.2. Motor sensored y sensorless.....	28
3.3. Características del par/velocidad.....	30
3.4. Principales componentes del motor brushless.....	31
3.5. Inversor de potencia.....	34
3.6. Sensores de posición de efecto Hall.....	39
3.7. Ventajas y desventaja del motor brushless.....	42
4. Desarrollo.....	43
4.1. componente de un motor universal (taladró).....	43
4.2. escobillas (carbones).....	45
4.3. Rotor, bobinado del rotor y colector.....	46
4.4. Estator y bobina del campo.....	47

5. Resultados y conclusión.....	48
5.1. Comparación del motor universal y brushless.....	48
5.2. Pruebas en vacío del motor universal	49
5.3. Conclusión.....	50
Referencia.....	52

1.- Introducción

1.1 Antecedentes.

El verdadero inventor de la licuadora, inicialmente conocida como “vibradora”, fue Stephen J. Poplawski, un americano de origen polaco procedente de Racine, en el estado norteamericano de Wisconsin, que ya en su infancia mostró una obsesión por inventar dispositivos destinados a la mezcla de bebidas.

En tanto que la licuadora de Waring iba destinada a mezclar daiquiris, la de Poplawski pretendía elaborar batidos de leche malteada, que constituían su bebida predilecta. Por opuestos que fueran sus gustos, sus caminos llegarían a encontrarse. En el año 1922, después de 7 años de experimentación, Poplawski patentó una licuadora, y anotó que era el primer aparato mezclador que tenía un elemento agitador montado en el fondo de una taza, y que mezclaba bebidas malteadas cuando la taza se situaba en una cavidad en la base del aparato.

En 1832 William Sturgeon y Thomas Davenport diseñaron un motor eléctrico en el cual el mayor problema era lograr conmutar la corriente por el magneto. Un motor eléctrico sin escobillas es un motor eléctrico que no emplea escobillas para realizar el cambio de polaridad en el rotor. Los motores eléctricos solían tener un colector de delgas o un par de anillos rozantes.

Estos sistemas, que producen rozamiento, disminuyen el rendimiento, desprenden calor y ruido, requieren mucho mantenimiento y pueden producir partículas de carbón que manchan el motor de un polvo que, además, puede ser conductor brushless dc (motores dc sin escobillas), también llamado motores dc síncronos, que por su construcción ofrecen ventajas frente a otros motores eléctricos.

En 1885 se realizaría el primer motor a gasolina y a partir de ese momento, empezarían los estudios para realizar motores que tuvieran más potencia y velocidad. La eficiencia no era un asunto importante puesto que en ese momento el petróleo era un recurso que, tal parecía que nunca se iba a cavar.

Muchos desarrollo recientes en las industrias automotriz han impulsado el uso de motores eléctricos en sus prototipos por razones ambientales y económicas, entre otras , pues los niveles de contaminación en el planeta y la escasez de los recursos no renovables están a generar una crisis global fundamentada por la necesidad de proporcionar un medio de transporte.

Investigaciones recientes se centran en mejorar la eficiencia de los motores eléctricos, utilizando nuevos tipos de motores y configuración de control. Entre los motores eléctricos con mayor acogida para esta finalidad se encuentra los motores brushless dc (motores dc sin escobillas) también llamados motores dc síncronos, que por su construcción ofrecen ventajas frente a otros motores eléctricos. El presente proyecto tiene el propósito de ser una guía para el estudio del motor universal y brushless principalmente en sus componentes electromecánicos sus funciones cada una de ellas, que puede ser tomado, como referencia la implementación para el estudio de motores universales y brushless.

1.2 Estado de arte

Existen diferentes marcas de motores universal como. Johnson electric la serie de motores universales, es un estándar de la industria para numerosas aplicaciones, que incluyen tecnologías del hogar, cuidado personal y equipos motorizados. La línea de productos de cuatro polos fija un nuevo estándar de rendimiento al proveer un aumento del 30% en la densidad de potencia.

Esta gama de plataformas de motores universales y de cuatro polos se puede personalizar para cumplir los requisitos de potencia, tamaño, eficiencia y vida útil de la aplicación del cliente. Las marcas de motores universal con el fin de

desarrollar motores eficientes northland motor technologies, chiaphua components, neckar balkan motor, mcm machining centers manufacturing, dmg mori. El sistema de motores universal de *zimmer*[®] se ha diseñado para proporcionar un rendimiento interrumpido durante los procedimientos de cirugía ortopédica de huesos grandes.

El motor Brushless es un artículo muy demandado por los fabricantes, especialmente los de aparatos electrónicos. Desde su invención supuso una gran novedad para el uso en aplicaciones domésticas. Existen diferentes tipos y marcas de motores brushless, entre ellas se encuentra, la marca siemens, siempre se puede alcanzar el máximo nivel de eficiencia. *Zimmer*[®] ofrece un nuevo nivel de calidad, rendimiento y comodidad a los instrumentos quirúrgicos de energía, la entrega de la velocidad, el par, los tiempos de funcionamiento y ciclos de carga que usted exige. También la marca Northland Motor Technologies líder en desarrollar motores brushless eficientes.

1.3 Justificación.

Actualmente los sistemas de uso doméstico están centrados en el uso de la corriente alterna de 127 voltios. La meta a la cual se quiere llegar mediante el estudio y valoración de los motores universal y brushless, es el uso, en sistemas de energía producidas por el sol, y estas normalmente son de corriente continua a 12 voltios, por lo cual dicha valoración permitirá tener información sobre estos motores y pretender realizar los cambios que deberán de hacerse en estos motores para el uso doméstico (ventiladores, licuadoras, taladros y pequeños molinos para granos). Conocer el funcionamiento y las partes de los motores universales.

La necesidad que existe en zonas marginada rurales para el uso doméstico con energía solar a 12 voltios, lo hace sumamente importante el desarrollo del presente proyecto, mi interés es aportar una información importante sobre los

motores universales y brushless. El proyecto en base a la información, se pretende adaptar el uso de los motores universales y brushless para usos domésticos aun voltaje de 12 voltios corrientes continua y utilizadas también para bombas para el suministro de agua en baja escala. Se pretende tener la información necesarias sobre los motores universales y brushless, que lo hace sumamente importante, ya que son fuentes alternas de energía muy importantes aprovechándola al máximo su energía.

Este proyecto pretende garantiza un buen aprovechamiento de la energía fotovoltaica, así también se realizara el estudio, con el fin de obtener los mayores y mejores resultados al menor esfuerzo invertido, tanto por eficiencia técnica, tecnológica como por motivación humana. Obteniendo una información importante de los motores universales y brushless.

1.4 Objetivo

Se pretende adaptar el motor universal y brushless a 12 voltios con corriente directa atreves de energía fotovoltaica, teniendo alta eficiencia energética, así como también ser utilizados en aparatos electrodomésticos a través de sus valoraciones de sus componentes electromecánicos, sustituyendo la corriente alterna.

1.5 Metodología.

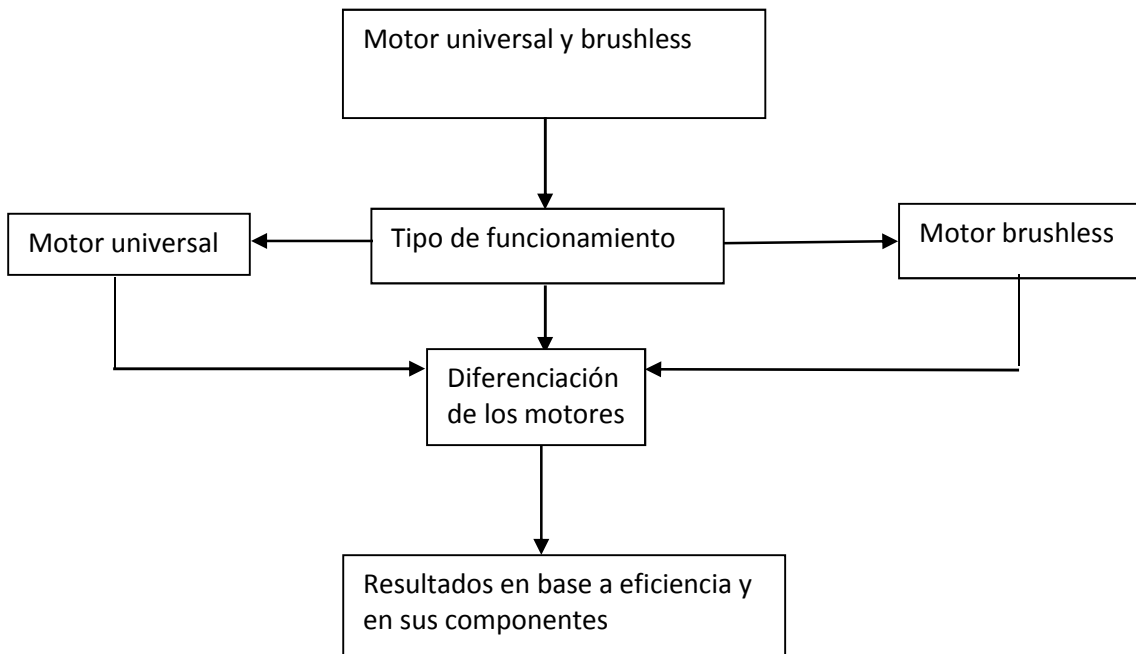


Fig.1.1 Diagrama de bloque de la valoración de los componentes electromecánico de los motores universales y brushless.

Principio de funcionamiento del sistema.

En primero nos enfocamos en conocer sus antecedentes sobre estos motores como surgieron, el que llegaron a ser unos de los motores especiales he importante en las industrias, como en uso doméstico. Después sus principios de funcionamientos de cada motores, sus parámetros que se deben de tomar en cuenta en cada motor, sus pérdidas. También en conocer, tipo de componentes, sus diferentes piezas y tecnología, tomando en cuenta, que la tecnología de un motor brushless es más eficiente, que consta con un diseño muy diferente al motor universal. La diferenciación consta de su construcción de cada motor y su funcionamiento. Los resultados en base a su eficiencia y potencia, como también en sus componentes.

2. Fundamento Teórico

2.1 Principio de funcionamiento del motor universal.

El motor monofásico universal es un tipo de motor eléctrico que puede funcionar tanto con corriente continua, como con corriente alterna. El inconveniente de este tipo de motores es su eficiencia, ya que es baja (del orden del 51%), pero como se utilizan en máquinas de pequeña potencia, ésta no se considera importante, además, su operación debe ser intermitente, de lo contrario, éste se quemaría.

En corriente alterna se comporta de manera semejante a un motor serie de corriente continua. Como cada vez que se invierte el sentido de la corriente, lo hace tanto en el inductor como en el inducido, con lo que el par motor conserva su sentido. Menor potencia en corriente alterna que en continua, debido a que en alterna el par es pulsatorio. Además, la corriente está limitada por la impedancia, formada por el inductor y la resistencia del bobinado. Por lo tanto habrá una caída de tensión debido a la reactancia cuando funcione con corriente alterna, lo que se traducirá en una disminución del par.

Mayor chispeo en las escobillas cuando funciona en corriente alterna, debido a que las bobinas del inducido están atravesadas por un flujo alterno cuando se ponen en cortocircuito por las escobillas, lo que obliga a poner un devanado compensador en los motores medianos para contrarrestar la fuerza electromotriz inducida por ese motivo.

Un motor universal tiene altas velocidades usando diversas corrientes de una fuente de energía. El funcionamiento cerca de la carga clasificada es similar para todas las fuentes, comenzar el esfuerzo de torsión es alto y la regulación de la velocidad es pobre, la velocidad es muy alta en las cargas que son bajas. Teóricamente, en la carga cero la velocidad llega a ser infinita, así algunos motores universales deben emplear controles de velocidad.

Este motor está construido de manera que cuando los devanados inducidos e inductor están unidos en serie y circula una corriente por ellos, se forman dos flujos magnéticos que al reaccionar provocan el giro del rotor, tanto si la tensión aplicada es continua como alterna.

Funcionamiento en corriente continúa.

Al invertir la corriente continua del motor en serie, el sentido de rotación permanece constante. Si se aplica corriente alterna a un motor en serie, el flujo de corriente en la armadura y en el campo se invierte simultáneamente, el motor seguirá girando en el mismo sentido.

Funcionamiento en Corriente Alterna

Cuando el motor universal es conectado en corriente alterna, su flujo varía cada medio ciclo. En la primera mitad de la onda de corriente alterna es denominada positiva, aquí la corriente en los devanados de la armadura tienen la dirección igual a las manecillas del reloj, es decir de izquierda a derecha, mientras que el flujo producto del devanado del campo tiene un sentido de derecha a izquierda, así que el par desarrollado por el motor es contrario al de las manecillas del reloj. En la segunda mitad de la onda de corriente alterna, denominada negativa, el voltaje aplicado invierte su polaridad, así mismo la corriente cambia su dirección y ahora está de derecha a izquierda, también el flujo producto de los polos está dirigido ahora de izquierda a derecha, el par de arranque no cambia su dirección, puesto que en la mitad negativa se invierten tanto la dirección de la corriente, como la del flujo.

Curva de operación del motor universal.

La figura 1.1. Muestra un conjunto de típico de curvas velocidad/par torsional para una versión de motor universal a alta velocidades: se ve el funcionamiento para corriente alterna de 60Hz y de 25 Hz, y para CD. Observe que la operación cerca de la carga nominal es parecida, independientemente.

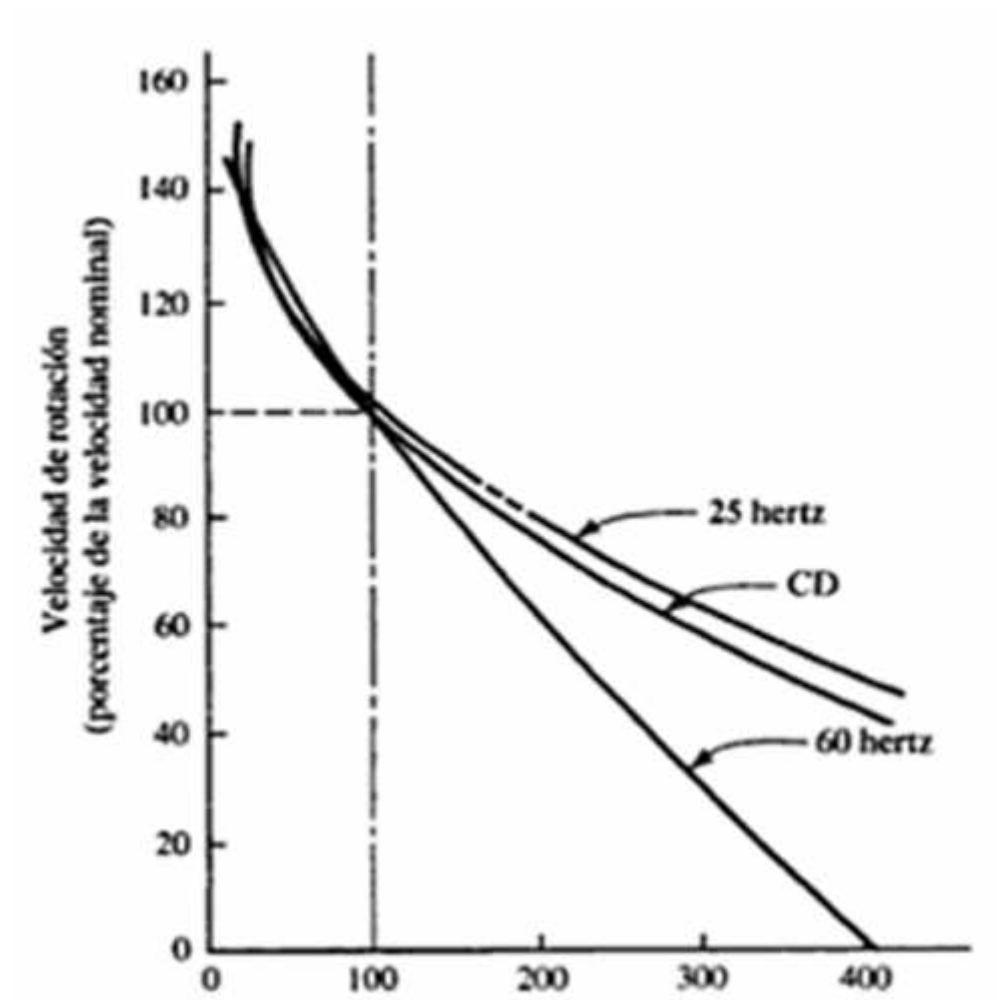


Fig. 2.1 Curva de operación de un motor universal.

Motor universal sin compensación y con compensación.

Los motores universales funcionan generalmente en altas velocidades, de 3.500 a 20.000 r.p.m. Los motores universales son motores en serie de potencia fraccional, de c. a., diseñados especialmente para usarse en potencia ya sea de corriente continua o de corriente alterna. Estos motores tienen la misma característica de velocidad y par cuando funcionan en corriente alterna o en corriente continua. En general, los motores universales pequeños no requieren devanados compensadores debido a que el número de espiras de su armadura es reducido y por lo tanto, también lo será su reactancia de armadura. Como resultado, los motores inferiores a 3/8 de caballo de fuerza generalmente se construyen sin compensación.

El costo de los motores universales no compensados es relativamente bajo por lo que su aplicación es muy común en aparatos domésticos ligeros, por ejemplo: aspiradoras, taladros de mano, licuadoras. . Para que un motor de este tipo pueda funcionar con corriente alterna. Es necesario que el empilado de su inductor (el núcleo de los electroimanes) sea de chapa magnética para evitar las corrientes de Foucault. Por otra parte, la conmutación resulta en los motores universales que en los de corriente continua, por lo que la vida de las escobillas y el colector es más corta, inconveniente que reduce mucho el campo de aplicación de los motores universales.

Los motores universales grandes tienen algún tipo de compensación. Normalmente se trata del devanado compensador del motor serie o un devanado de campo distribuido especialmente para contrarrestar los problemas de la reacción de armadura. Una característica importante de los motores serie de corriente alterna es el uso de motores compensadores para reducir la reacción de armadura.

El medio más común para esta compensación implica incrustar devanados compensadores distribuidos en los polos del motor. Si el motor de serie de corriente alterna tendrá aplicaciones tanto con corriente alterna como con corriente continua, el devanado compensador se conecta siempre en serie con la armadura y se dice que el motor está compensado conductivamente. Si el devanado compensador está conectado en corto circuito sobre sí mismo, se dice que el motor está compensado inductivamente.

2.2 Principales componentes de un motor universal.

La carcaza: generalmente de acero o de aluminio, tiene el tamaño necesario para mantener firmes las piezas del estator. Muchas veces no existe la carcasa como tal, puesto que el lugar de la herramienta al que va fijo el estator hace las veces de carcaza.

El estator o inducido: consiste en un paquete de láminas circulares prensadas, fijadas con remaches, que en su interior tienen unos polos salientes con forma necesaria para recibir, generalmente, un solo par de bobinas inductoras.

El rotor: también llamado inducido en estos motores, consiste en un paquete de láminas de acero que forman el núcleo, con unas ranuras en las que se alojan varias bobinas, cuyos extremos van soldados a un colector.

El colector: es una pieza circular, montada en el eje, hecha con numerosas láminas de cobre, llamadas delgas, aisladas unas de otras con una mica intermedias generalmente más bajas que las delgas y aisladas también del eje.

Sobre el colector, cuya superficie es completamente lisa, van unas porta escobillas con sus respectivas escobillas de carbón o carbones, que permiten la conexión eléctrica en serie con el rotor o inducido que gira.

Bobinas de campo: Son arrollamientos de alambre debidamente aisladas y al paso de la corriente forman campos magnéticos.

Resortes: sirven para mantener las escobillas en su lugar por medio de presión mecánica.

Porta escobillas: es donde se encuentran las escobillas o carbones.

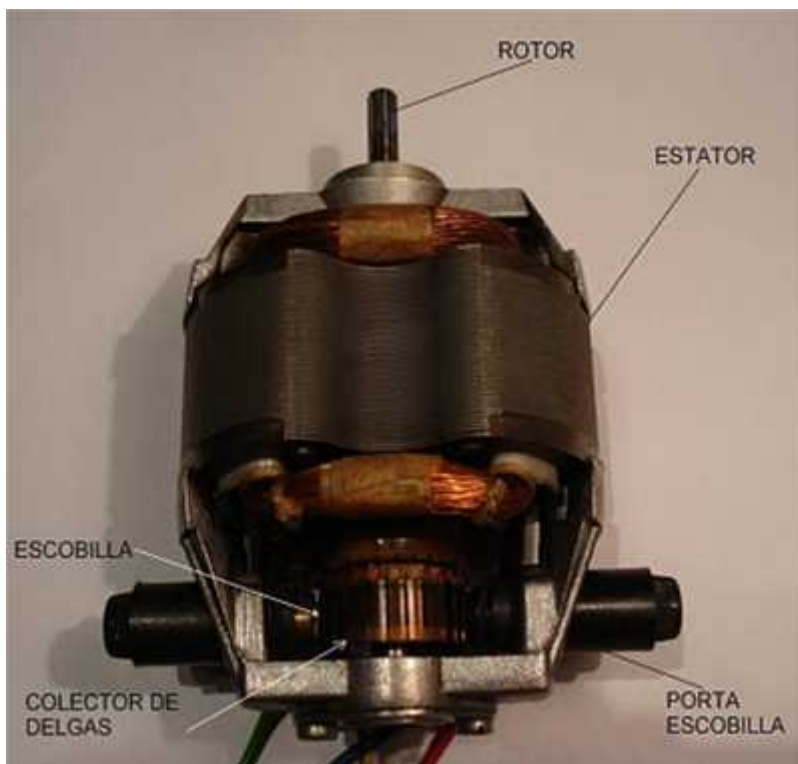


Fig. 2.2 Principales partes del motor universal.

2.3 Característica par-velocidad.

Esta característica difiere de la característica par-velocidad de la misma máquina que opera conectada a una fuente dc por las 2 siguientes razones:

1.- los devanados del inducido y de campo tienen reactancia bastante grande a 50 ó 60 Hz. Una parte significativa del voltaje de entrada cae a través de estas reactancias; por lo tanto, E_A es menor para el voltaje de entrada dado durante la operación corriente alterna que durante la operación corriente continua. Puesto que $E_A = K\Phi\dot{\theta}$ para una corriente del inducido y un par inducido dados, el motor es más lento en corriente alterna que en corriente continúa.

2.- el voltaje máximo de un sistema corriente alterna es $\sqrt{2}$ veces su valor rms, de modo que podría ocurrir saturación magnética cerca de la corriente máxima de la máquina. Esta saturación podría reducir significativamente el flujo rms del motor para el nivel de corriente dado y tiende a reducir el par de la máquina. Ya que una disminución en el flujo aumenta la velocidad de la maquina dc; en consecuencia, este efecto puede compensar de manera parcial la disminución de velocidad causada por el primer efecto.

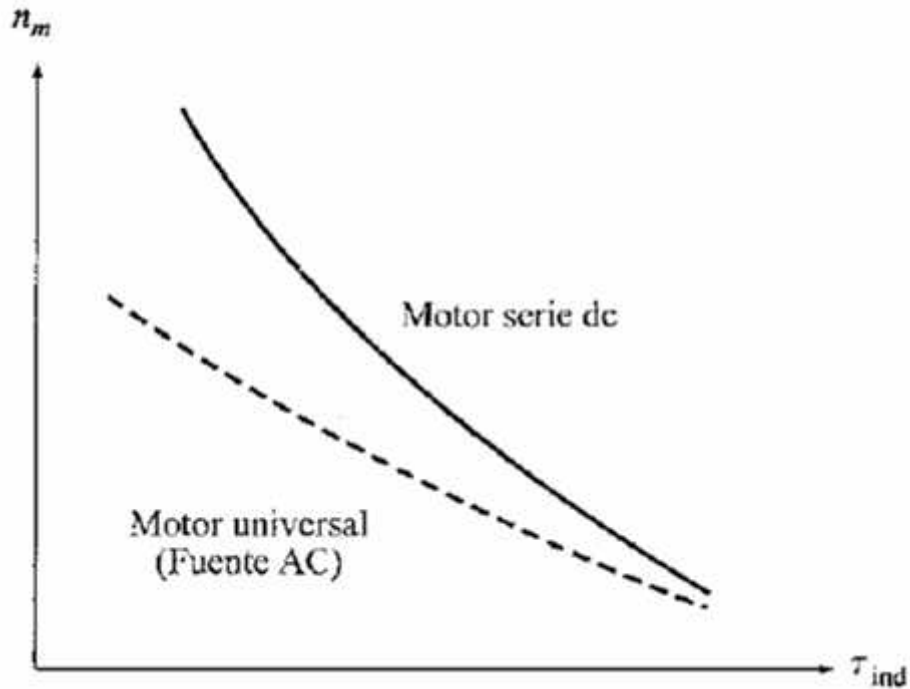


Fig.2.3 Comparación de la característica par-velocidad de un motor universal cuando opera conectado a fuentes corriente alterna y corriente continúa.

2.4 Construcción del motor universal.

Es similar a la de un motor en serie de corriente continua, aunque con muchas y variadas modificaciones:

- 1.- Los núcleos polares, y todo el circuito magnético, están contruidos con chapas de hierro al silicio aisladas y apiladas para reducir la pérdidas de energía por corrientes parásitas que se producen a causa de las variaciones del flujo magnético cuando se conecta a una red de corriente alterna.
- 2.- Menor número de espiras en el inductor con el fin de no saturar magnéticamente su núcleo y disminuir así las pérdidas por corrientes de Foucault y por histéresis, aumentar la intensidad de corriente y, por lo tanto, el par motor y mejorar el factor de potencia.

3.- Mayor número de espiras en el inducido para compensar la disminución del flujo debido al menor número de espiras del inductor.

Como distinguir un motor universal.

Se distinguen por su conmutador devanado y las escobillas. Los componentes de este motor son: los campos (estator), la masa (rotor), las escobillas (los excitadores) y las tapas (las cubiertas laterales del motor).

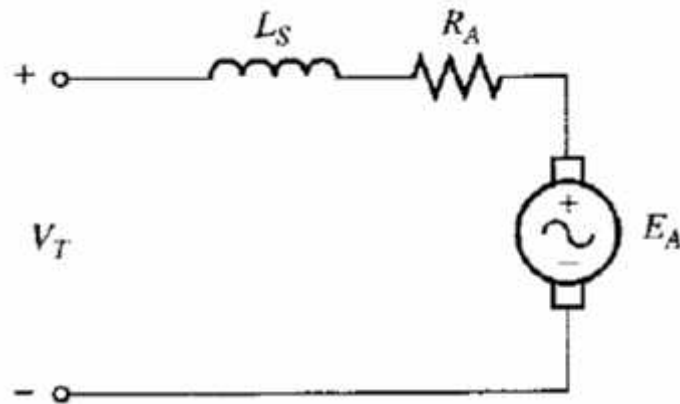


Fig.2.2. Circuito equivalente de un motor universal.

El circuito eléctrico es muy simple, tiene solamente una vía para el paso de la corriente, porque el circuito está conectado en serie. Su potencial es mayor por tener mayor flexibilidad en vencer la inercia cuando está en reposo, tiene un par de arranque excelente, pero tiene una dificultad, y es que no está construido para uso continuo o permanente.

Otra dificultad de los motores universales son las emisiones electromagnéticas. Las chispas del colector (chisporroteos) junto con su propio campo magnético generan interferencias o ruido en el espacio radioeléctrico. Esto se puede reducir por medio de los condensadores de paso, de $0,001 \mu\text{f}$ a $0,01 \mu\text{f}$, conectados de las escobillas a la carcasa del motor y conectando ésta a masa. Estos motores tienen la ventaja de que alcanzan grandes velocidades pero con poca fuerza.

Cuando el motor universal se conecta a la corriente continua con una carga constante, la velocidad y la potencia aumentan proporcionalmente con el voltaje aplicado. Cuando este motor se conecta a la corriente alterna con carga constante, la velocidad y la potencia aumentan proporcionalmente con el voltaje aplicado a partir de los 3000 r.p.m.

En el motor universal la velocidad dada para un voltaje en corriente alterna es inferior que la que se obtendría si se aplica el mismo voltaje pero en corriente continua. Si aumenta el campo aumenta la fuerza, aumenta la velocidad. Los motores universales funcionan con menor rendimiento que los motores en serie de corriente alterna o corriente continua puros y solo se hacen en tamaños chicos. Para invertir el giro de este motor se deben invertir las conexiones en la armadura.

2.5 Principales características del motor universal.

- 1.- La velocidad fluctúa y depende de la carga.
- 2.- Par de arranque muy elevado.
- 3.- Puede ser reversible.
- 4.- La velocidad se adapta a la carga.
- 5.- Los devanados del inducido y de campo tienen reactancia bastante grande a 50 o 60 Hz. Una parte significativa del voltaje de entrada cae a través de estas reactancias; por tanto, EA es menor para un voltaje de entrada dado durante la operación corriente alterna que durante la operación corriente continua. Para una corriente del inducido y un par inducido dados, el motor es más lento en corriente alterna que en corriente continua.

6.- Además, el voltaje máximo de un sistema es $\sqrt{2}$ veces su valor rms, de modo que podría ocurrir saturación magnética cerca de la corriente máxima de la máquina. Esta saturación podría reducir significativamente el flujo rms del motor para un nivel de corriente dado y tiende a reducir el par inducido de la máquina.

Circuito equivalente de un motor universal.

El motor universal la aproximación más sencilla al diseño de un motor que opera con una fuente de potencia de monofásico consista en tomar una maquina corriente continua y accionar desde una fuente corriente alterna.

$$\tau_{\text{ind}} = K\phi I_A$$

Ecuacion.2.1 Cálculo para el par inducido de un motor dc.

Si la polaridad del voltaje aplicado a un motor dc en derivación o serie se invierte, tanto la dirección del flujo de campo como la dirección de la corriente del inducido se invierten, y el par inducido resultante continúa en la misma dirección de antes. Por lo tanto, sería posible obtener un par pulsante, pero unidireccional, a partir de un motor corriente continua conectado a una fuente de potencia corriente alterna.

Tal diseño es practico solo para el motor corriente continua serie. Pues la corriente del inducido y la corriente de campo en la maquina deben invertirse exactamente en el mismo momento. Para los motores corrientes continua en derivación, la muy alta inductancia de campo tiende a trazar la inversión de la corriente de campo y, por tanto, a reducir de manera inaceptable el par inducido medio del motor.

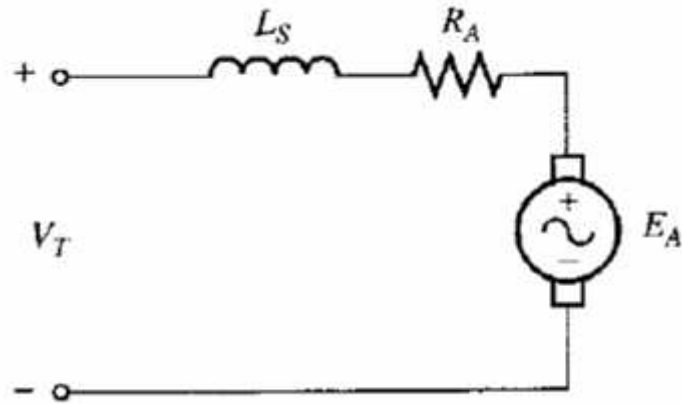


Fig. 2.3 Circuito equivalente de un motor universal.

Para que un motor dc funcione con efectividad en un sistema de potencia alterna, sus polos de campo y la carcasa del estator deben estar laminados por completo. Si no fuera así sus pérdidas en el núcleo serian enormes. Cuando los polos y el estator están laminados, este motor se denomina motor universal ya que puede funcionar desde una fuente corriente alterna o desde una fuente corriente continua.

Cuando el motor gira conectado a una fuente corriente alterna, la conmutación será mucho más pobre que cuando está conectado a una fuente corriente continua. El chisporroteo adicional en las escobillas es ocasionado por la acción de transformador que induce voltajes en los devanados bajo conmutación. Estas chispas acortan bastante la vida de la escobilla y pueden ser fuente de radio interferencia en ciertos medios.

Control de velocidad de los motores universales.

Como los motores de corriente continua serie, la mejor forma de controlar la velocidad de un motor universal es variar su voltaje rms de entrada. Cuando mayor sea el voltaje rms de entrada, mayor es la velocidad resultante del motor.

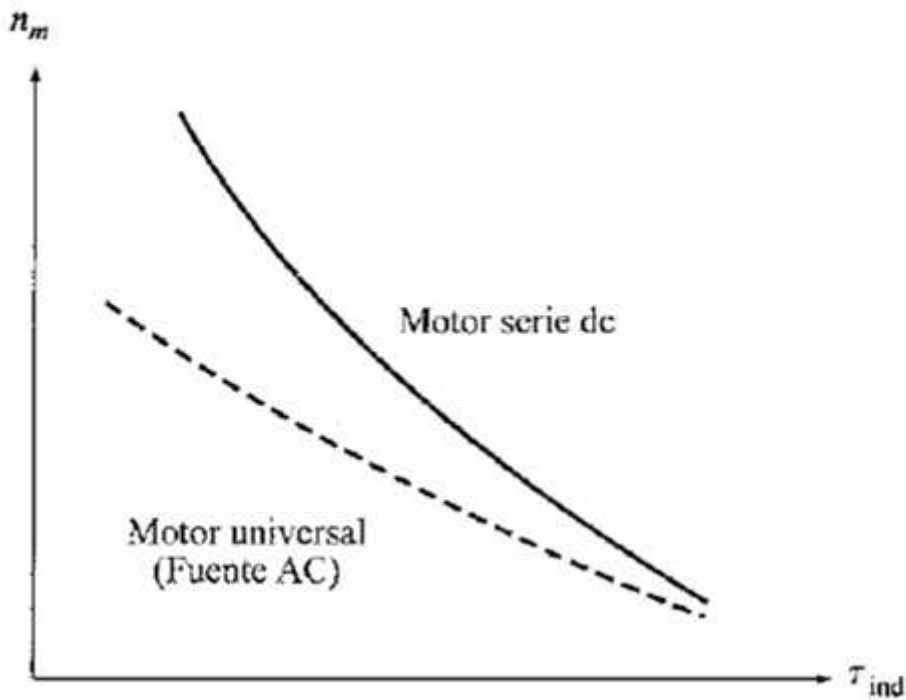


Fig. 2.4 Se muestra las características típicas par-velocidad de un motor universal, como función del voltaje.

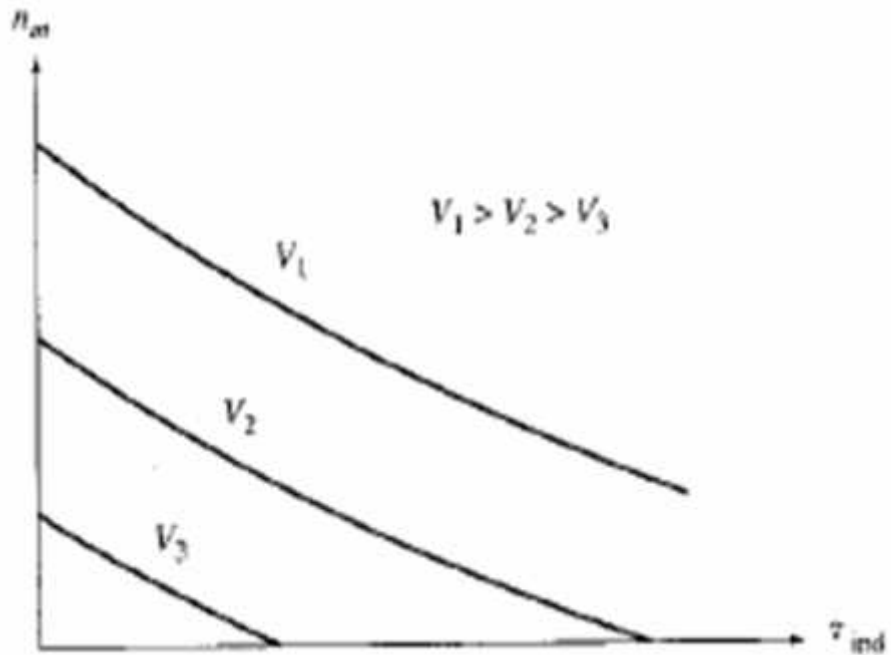


Fig.2.5 Efecto de cambiar el voltaje en las terminales sobre las características par-velocidad de un motor universal.

Ventaja y desventaja del motor universal.

Ventajas.

- 1.- Que pueden construirse para cualquier velocidad de giro y resulta fácil conseguir grandes velocidades, cosa que no puede conseguirse con otros motores de c.a.
- 2.- Funcionan indistintamente con c.c. y/o con c.a.
- 3.- Poseen un elevado par de arranque.
- 4.- La velocidad se adapta a la carga.

5.- Para regular la velocidad de giro basta con conectar un reóstato en serie con el inducido.

Desventaja.

1.- Que contienen elementos delicados que requieren una revisión periódica; es preciso entonces comprobar el desgaste del colector, de las escobillas, el envejecimiento de los muelles que las oprimen contra las delgas del colector, etc.

2.- El contacto deslizante entre colector y escobillas produce chispas que pueden perturbar el funcionamiento de los receptores de radio y de televisión que se encuentran en zona próxima al motor. Por causa de la gran velocidad de giro, estos motores son algo ruidoso.

3. Motor Brushless.

3.1 Funcionamiento del motor brushless.

Un motor eléctrico sin escobillas o motor brushless es un motor eléctrico que no emplea escobillas para realizar el cambio de polaridad en el rotor. Los motores eléctricos solían tener un colector de delgas o un par de anillos rozantes. Estos sistemas, que producen rozamiento, disminuyen el rendimiento, desprenden calor y ruido, requieren mucho mantenimiento y pueden producir partículas de carbón que manchan el motor de un polvo que, además, puede ser conductor. Los primeros motores sin escobillas fueron los motores de corriente alterna asíncronos.

El inversor debe convertir la corriente alterna en corriente continua, y otra vez en alterna de otra frecuencia. Otras veces se puede alimentar directamente con corriente continua, eliminado el primer paso. Por este motivo, estos motores de corriente alterna se pueden usar en aplicaciones de corriente continua, con un rendimiento mucho mayor que un motor de corriente continua con escobillas.

Algunas aplicaciones serían los coches y aviones con radiocontrol, que funcionan con pilas. La eliminación de las escobillas conlleva la necesidad de un circuito electrónico encargado de alimentar las distintas fases en función de la posición del eje y la de un sistema de sensores, tres por lo general, para detectar la posición del mismo.

Estos sensores suelen ser del tipo Hall, sensibles al campo magnético, colocados en el devanado del estator y cerca de los imanes del rotor. La existencia de estos elementos presenta algunos inconvenientes, como son la menor fiabilidad y la complejidad de montaje de los sensores y de su cableado, lo que encarece la fabricación del motor.

En este tipo de motor la corriente eléctrica pasa directamente por los bobinados del estator o carcasa, por lo tanto aquí no son necesarios ni las escobillas ni el colector. Esta corriente eléctrica genera un campo electromagnético que interacciona con el campo magnético creado por los imanes permanentes del rotor, haciendo que aparezca una fuerza que hace girar al rotor y por lo tanto al eje del motor.

No tenemos ni escobillas, ni colector y tampoco tenemos delgas, por lo que ahora el elemento que controlará que el rotor gire sea cual sea su posición será el variador electrónico, que lo que hace básicamente es ver en qué posición se encuentra el rotor en cada momento, para hacer que la corriente que le llegue, sea la adecuada para provocar el movimiento de rotación que le corresponde. El variador es capaz de hacer esto, gracias a unos sensores en el motor, o también mediante la respuesta obtenida o mejor dicho, observación de cómo se comporta la corriente del motor. Por este motivo, los variadores empleados en este tipo de motores son algo más complicados, ya que deben analizar la respuesta y los datos de funcionamiento del motor según están teniendo lugar, es decir, en tiempo real.

Un motor brushless se caracteriza porque no tiene escobillas y por lo tanto, no hay ningún elemento que pueda provocar rozamiento entre el rotor y la carcasa del motor.

Para conseguir que el motor gire, hay que conseguir que sus bobinados sean capaces de generar un campo magnético que sea perpendicular a la dirección del campo magnético de los imanes permanentes, ya que es en estas condiciones cuando el par generado es máximo, y lo que nos interesa es que el valor de este par sea máximo en todo momento.

Pero tenemos que tener en cuenta, que una vez que el rotor inicia su movimiento de giro, la dirección del rotor es variable en cada instante, y por lo tanto en cada momento, tendremos que conocer en qué posición se encuentra el rotor, para poder excitar las bobinas que correspondan para conseguir ese par máximo en ese instante determinado.

Para conocer la posición del rotor en cada momento se pueden utilizar dos procedimientos, y dependiendo de cuál se utilice, el motor será sensored o sensorless. Los motores Sensored cuentan con varios sensores que determinan la posición mediante un algoritmo de control. En el caso de los motores Sensorless no se cuenta con sensores, de forma que la posición se determina realizando cálculos sobre el comportamiento que se observa en la corriente en el motor.

Factor "kV" en un motor Brushless.

En motores brushless, hay un parámetro importante que debemos considerar, que es factor "kV". Normalmente aparece junto al número de vueltas de bobinado del motor, y lo que nos indica es el número de revoluciones por minuto a las que es capaz de girar el motor por cada Voltio de electricidad que se le aplica. Es decir, que si tenemos por ejemplo un motor brushless de 3000kV, y le aplicamos a sus bornes 10 voltios, la velocidad será de 30000rpm. En el mercado podemos encontrar un rango amplio para este factor.

Pero como ocurre muchas veces, no todo son ventajas. A mayores valores para el kV, mayores valores de velocidad, pero menores valores de par y viceversa. Por lo tanto se trata de encontrar una solución de compromiso entre velocidad y par teniendo en cuenta las características de nuestro modelo. Si tenemos un buggy aligerado, optaremos por motores con valor kV más elevado, cuya respuesta en velocidad y aceleración sean mayores; pero si tenemos modelos de mayor peso, como puede ser el caso de los Short Course, quizás sería mejor optar por un valor

de kV algo inferior, que tenga una velocidad y aceleración satisfactoria pero que nos proporcione un mayor valor para el par.

Bobinados del motor brushless.

Un bobinado es simplemente un número determinado de vueltas, Son los encargados de generar un campo magnético que interactúa con el de los imanes cuando por ellos circula una corriente eléctrica también denominada "intensidad".

Este factor se puede relacionar con la velocidad de giro del motor. Lo lógico sería pensar que cuanto más mejor, pero cuando hablamos de velocidad y número de espiras en el bobinado ocurre justo lo contrario; es decir, la relación entre ambas variables es inversamente proporcional; un menor número de vueltas en el bobinado implica una velocidad mayor en el motor; pero a su vez obtendremos menor par.

Menos vueltas = Más rápido= Menos par.

Mientras menor número de vueltas, mayor será el número de revoluciones por minuto; pero nos proporcionará menor valor de par. La explicación la tenemos viendo cómo afecta lo que se denomina "flujo por polo" de la máquina. El "flujo por polo" nos da una idea de la intensidad de campo magnético que tenemos en un bobinado de nuestra máquina y su valor es proporcional al número de espiras del bobinado y al valor de la intensidad o corriente.

Con menor número de espiras disminuimos el valor de los amperios-vuelta, obteniendo menos flujo. A menor flujo la máquina girará más rápido pero su interacción con el campo magnético de los imanes será también menor proporcionando menos par y Viceversa.

Por último comentar, que si comparamos dos motores, en la que uno tiene menor número de espiras que otro, el motor con menos vueltas necesitará de una corriente mayor para proporcionar la misma cantidad de flujo por polo que el otro motor.

3.2 Motores sensored y sensorless.

Motor Brushless Sensored.

Los motores sensored cuentan con sensores que determinan la posición durante el giro del rotor, incluso a velocidades bajas, y que permiten conocer el momento más idóneo para aplicar el valor de tensión adecuado en la bobina adecuada. Para poder hacer todo esto, el motor debe ir asociado a un variador electrónico, que se conecta al motor mediante el cableado necesario para enviar los niveles de tensión, más otro conector que es el que permite recibir la información acerca de la posición del rotor (que también es una señal de tensión), y en base a la cual realiza sus ajustes y modifica sus señales de salida a cada bobinado.

Por lo tanto en estos motores, el variador se puede decir que conoce la posición del rotor y va modificando y adaptando su salida de forma que sea la óptima en cada momento. Lógicamente, esto resulta muy útil para desaprovechar menos energía, ya que le estamos dando al motor justo lo que necesita en cada instante para que su respuesta sea la óptima; podemos hablar de que existe un buen control de temporización o una buena sincronización entre motor y variador.

Motor Brushless Sensorless.

En este tipo de motores, no tienen sensores, por lo tanto el variador es menos complicado y debe servirse de otro método para determinar la posición del rotor. Para ello los variadores asociados a estos motores realizan una monitorización de los impulsos o señales que envían al motor; pero esto tiene como inconveniente, que cuando el motor gira a velocidades más bajas en las cuales la intensidad

generada por el campo magnético tiene un valor inferior, puede resultar difícil analizar esto con exactitud.

Estos sistemas son generalmente más económicos, y como todo, la elección final entre un sistema u otro, dependerá del presupuesto con el que podamos contar y también del uso que le vayamos.

La diferencia entre motores con sensores o sin ellos.

En el sistema sin sensores, el variador produce el giro de motor como hemos descrito anteriormente, pero se produce un efecto muy importante que se llama deslizamiento del motor, que además es el causante del consumo en amperios. El deslizamiento significa la diferencia de velocidad entre la que debería tener el motor según la información que manda el variador y la velocidad que tiene real en cada instante. En estos sistemas los motores tardan más tiempo en compensar estas diferencias, provocando mayores consumos y menor velocidad de respuesta a nuestro gatillo de la emisora.

En los sistemas con sensores, el variador recibe señales en forma de impulsos eléctricos desde el motor, dando la información de la velocidad en tiempo real. El variador al tener disponible esa información la aprovecha para reducir al máximo el factor de deslizamiento, consiguiendo de esta forma optimizar generalmente el sistema, reduciendo algo los consumos y respondiendo de una forma más precisa en cuanto a la velocidad, aceleraciones y frenada, de la posición de gatillo que le mandemos desde la emisora.

3.3 Características par/velocidad.

La Figura 3.1 muestra un ejemplo de las características de par / velocidad. Hay dos parámetros de par que se utiliza para definir un motor: el par máximo o de pico (TP – *Peak Torque- par máximo*) y el par nominal (TR - *Rated Torque- par nominal*). Durante las operaciones continuas, el motor puede es cargado con el par nominal y dicho par se mantiene constante para un rango de velocidad hasta la velocidad nominal.

El motor puede funcionar a la velocidad máxima, que puede ser hasta el 150% de la velocidad nominal, pero el par comienza a caer. En las aplicaciones en las que aparecen arranques y paradas frecuentes y cambios frecuentes de rotación con carga en el motor, la demanda crece por encima del par nominal. Este requisito viene porque durante un breve período tiempo, especialmente cuando el motor arranca desde parado y durante una aceleración, el par adicional es necesario para poder superar la inercia de la carga y el propio rotor. El motor puede entregar un par mayor hasta un valor máximo, siempre y cuando se siga la curva de par/velocidad.

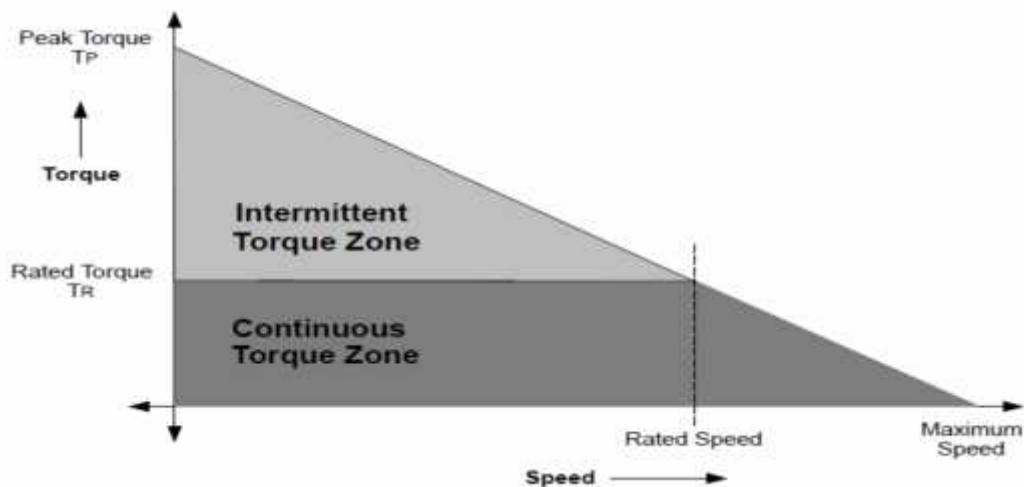


Fig.3.1 Ejemplo genérico de la relación par motor/velocidad.

3.4 Principales Componentes del motor brushless.

Los motores brushless están compuestos:

Rotor: es la parte móvil, que es donde se encuentra los imanes permanentes.

Estator o carcasa: es una parte fija sobre la cual van dispuestos las bobinas de hilo conductor.

Imanes permanentes: son de alta potencia, normalmente de neodimio.

Circuito electrónico: encargado de alimentar las distintas fases en función de la posición del eje y la de un sistema de sensores, tres por lo general, para detectar la posición del mismo.

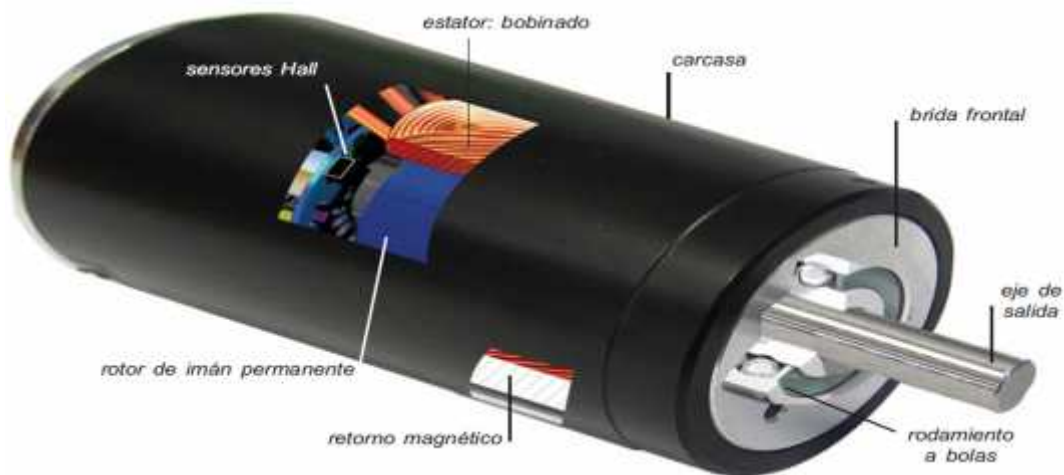


Fig.3.2 Principales componentes de un motor brushless.

Estator.

El estator de un motor BLDC consiste en un conjunto de láminas de acero apiladas con bobinados colocados en las ranuras de forma axial a lo largo de la periferia interna como se muestra en figura 3.3 tradicionalmente, el estator se asemeja a un motor de inducción, sin embargo, las bobinas se distribuyen de una manera diferente.

La mayoría de los motores BLDC tienen tres fases en el estator conectado en estrella. Cada una de estas fases está construida por numerosas espiras interconectadas para formar cada una de éstas. Una o más bobinas colocadas en las ranuras se interconectan para que formen una fase. Cada una de estas bobinas se distribuye en la periferia del estator para formar un número par de polos.

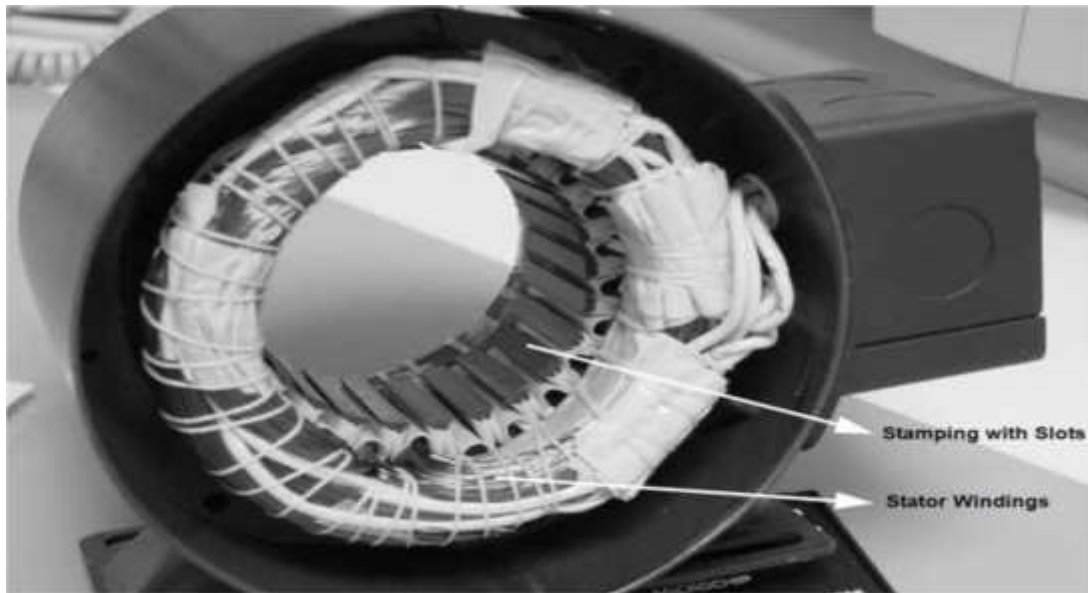


Fig.3.3 Motor DC brushless(bobina del estator y las estampación con ranuras).

Hay dos tipos de bobinados del estator: motores trapezoidal y sinusoidal. Esta diferenciación se centra en la base de la interconexión de las espiras en los bobinados del estator, obteniendo los dos tipos de Fuerza contra electromotriz (*back FEM*).

Como sus nombres indican, el motor trapezoidal da una fuerza contra electromotriz de forma trapezoidal y para un motor sinusoidal, la fuerza contra electromotriz tiene forma sinusoidal. Además de la fuerza contra electromotriz, la forma de la señal de corriente también tiene variaciones trapezoidales y sinusoidales en función del tipo de motor. Esto hace que el par de salida para un motor sinusoidal sea más suave que para un motor trapezoidal.

Sin embargo, este beneficio conlleva con un coste extra. Esto es debido a que los motores sinusoidales necesitan de una mayor cantidad de cobre para interconectar los distintos bobinados distribuidos en el estator.

Rotor.

El rotor es de imán permanente y puede variar desde dos hasta ocho pares de polos alternativos de Norte (N) y Sur (S). En función de la densidad de campo magnético requerido en el rotor, se escoge el material magnético adecuado para hacer el rotor. Los imanes de ferrita se utilizan tradicionalmente para hacer imanes permanentes.

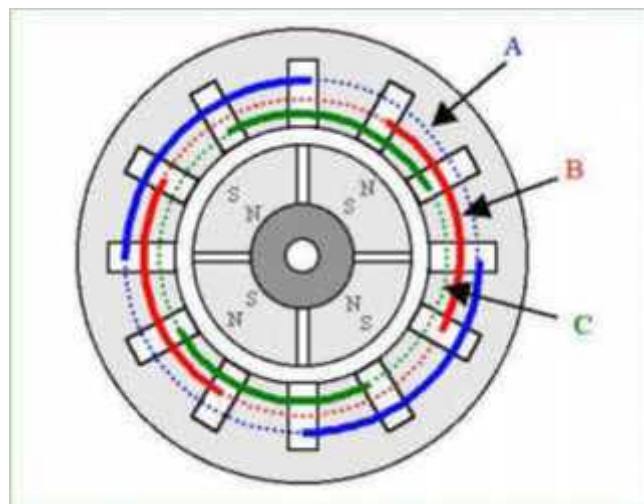


Fig.3.4 Aspecto de un motor de corriente continua sin escobillas trifásico.

A medida que avanza la tecnología, surgen imanes de aleaciones de tierras raras, ganando popularidad. Los imanes de ferrita son los menos costosos pero tienen la desventaja de tener una densidad de flujo baja para un volumen determinado.

Por el contrario, los materiales de aleación de alta densidad magnética por volumen permiten comprimir y reducir el tamaño del rotor para el mismo par.

Además los imanes aleados mejoran la relación tamaño/peso, proporcionando un par motor mayor que para el mismo tamaño de un motor que usa imanes de ferrita. Algunos materiales empleados que se caracterizan por tener un campo magnético permanente son: el Neodimio (Nd), el samario cobalto (Sm-Co) y la aleación de neodimio, ferrita y boro (Nd-Fe-B). Estos son algunos ejemplos de imanes de aleación de tierras.

3.5 Inversor de potencia.

Inversor.

Los convertidores corriente continua-corriente alterna son conocidos por inversores. Ellos pueden tener salida variable en voltaje y frecuencia. Y es típico usar estos inversores con *drivers* de potencia para motores.

El inversor queda definido por el modo de conexión de los dispositivos de conmutación que conforman el puente. Cada rama del puente consta de dos dispositivos de conmutación. Una o dos ramas –puente H- (dos o cuatro dispositivos de conmutación) son empleados para puentes monofásicos y bifásicos. Tres ramas pueden ser conectadas para conformar un convertidor trifásico (seis dispositivos de conmutación) siendo este el de mayor uso, aunque pueden emplearse mayor número de ramas para aumentar la capacidad de conducción.

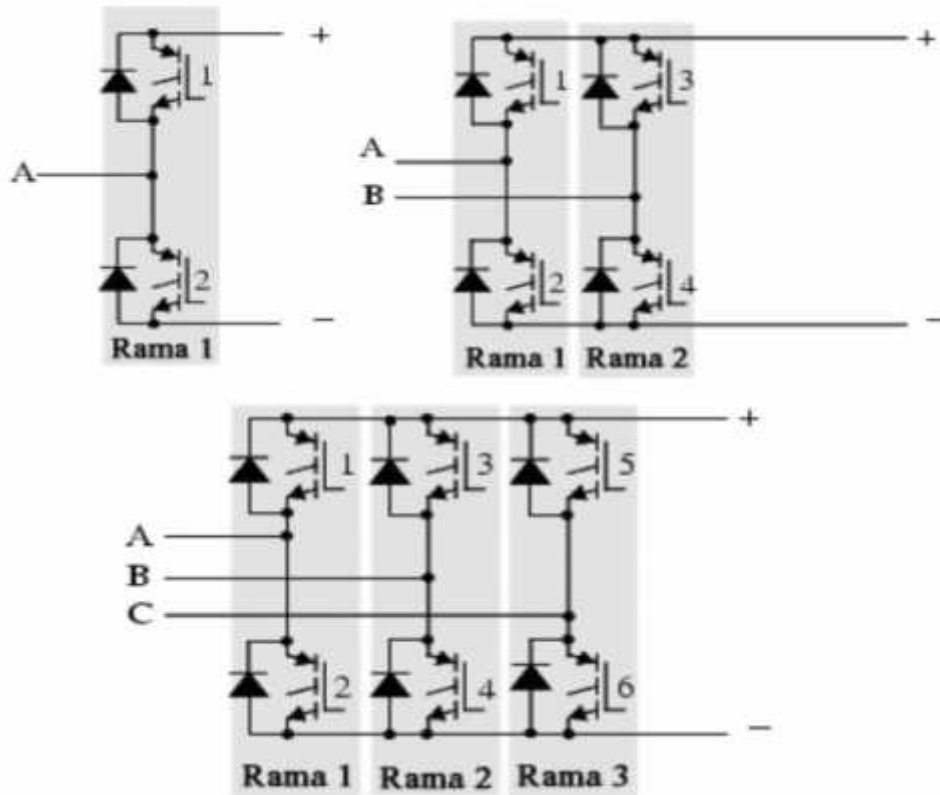


Fig.3.5 Inversores de una, dos y tres ramas.

La configuración más simple es el inversor monofásico, de medio puente, el cual requiere una fuente corriente continua de tres conductores, sin embargo los inversores trifásicos se utilizan normalmente en aplicaciones de alta potencia. Tres inversores monofásicos de medio puente (o puente completo) pueden conectarse para formar un inversor trifásico, siempre que sus señales de puerta estén desfasadas 120° . Las configuraciones de seis dispositivos de conmutación, son los más empleados, pudiéndose aplicar señales de control: conducción a 120° o conducción a 180° , es decir, permitiendo la conducción por dos o tres dispositivos de conmutación respectivamente.

Algunas aplicaciones de inversores requieren de medios de control sobre el voltaje de salida. En la mayoría de esas aplicaciones el control es usualmente requerido a fin de proveer un ajuste continuo (*stepless*) del voltaje de salida. Los métodos de control pueden ser agrupados en tres grandes categorías:

- 1.- Control de voltaje suministrado al inversor.
- 2.- Control del voltaje entregado por el inversor.
- 3.- Control del voltaje dentro del inversor.

Hay un número de bien conocidos métodos de controlar el voltaje DC suministrado al inversor o del voltaje corriente alterna entregado por el inversor. Esto incluye el uso de Chopper corriente continua, amplificadores magnéticos, reguladores de inducción, rectificadores de fase controlado y transistores series o reguladores *shunt*. La principal desventaja de estos métodos es que la potencia entregada por el inversor es manejada dos veces, una vez por el control de voltaje corriente continua o corriente alterna y otra por el inversor. Esto generalmente involucra más equipos que los que serían necesario que si el control de voltaje es hecho dentro del inversor. El control de la salida del inversor puede ser logrado por la incorporación de controles de relación de tiempo dentro del circuito del inversor.

Un método de controlar el voltaje dentro del inversor involucra el uso de las técnicas de modulación de ancho de pulso (PWM). Con esta técnica el voltaje de salida del inversor es controlado por la variación de la duración de los pulsos de voltaje de salida. Es importante considerar que los interruptores precisan de un tiempo mínimo, tanto en la apertura para anular la corriente, como para el cierre para su establecimiento. Por tanto se debe prestar atención al instante de cierre de un interruptor durante un tiempo de bloque necesario del interruptor complementario a la misma rama.

Esta corriente de descarga circulará por los diodos dispuestos en paralelo con cada interruptor. Una vez que la corriente sea nula, se permitirá el cierre del interruptor complementario. Este tiempo de espera se denomina generalmente tiempo muerto y debe de ser respetado y tenido en cuenta durante el diseño.

Es por eso que las señales de control de los dos interruptores de un mismo brazo deben ser complementarias para el inversor de conducción a 180° , a fin de no cortocircuitar la fuente de continua de alimentación, o para el caso de conducción a 120° , que las señales de control nunca estén activas al mismo tiempo.

También es importante usar protecciones en los apagados y encendidos de los interruptores, de tal forma que se pueda absorber la energía procedente de los elementos reactivos del circuito durante el proceso de conmutación controlando parámetros tales como la evolución de la tensión o corriente en el interruptor, o bien limitando los valores máximos de tensión que ha de soportar.

Inversor trifásico.

El objetivo de un inversor trifásico es generar energía eléctrica de corriente alterna a partir de una fuente de energía de corriente continua, con magnitudes y frecuencias deseadas.

Se constituye principalmente por dispositivos electrónicos de potencia, que trabajan como interruptores operando en corte y saturación con una secuencia apropiada para obtener tres tensiones de salida simétricas y balanceadas.

El controlador es otro componente fundamental en la constitución del convertidor, es el que genera las señales de encendido y apagado de los dispositivos semiconductores y garantiza su buen comportamiento. Cualquier tipo de inversor (monofásico o trifásico) utilizan dispositivos con activación y desactivación controlada (es decir BJT, MOSFET, IGBT, MCT, SIT, GTO) o tiristores de conmutación forzada, según la aplicación.

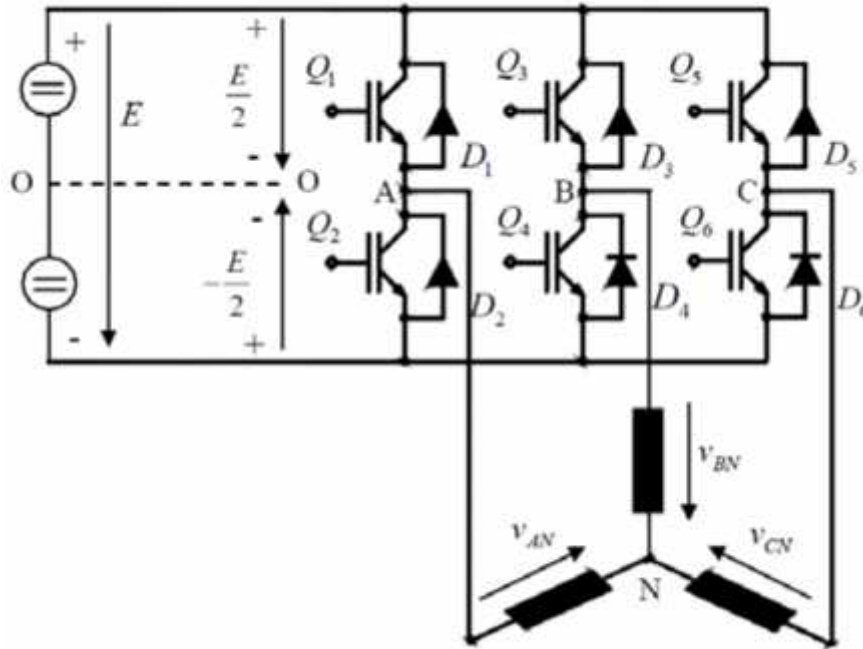


Fig.3.6 Inversor trifásico con dos niveles de tensión.

En la figura 3.6 se muestra el caso de un puente con tres ramas, o inversor trifásico en puente completo, el cual se compone de seis dispositivos de conmutación (6 transistores IGBTs) designados Q1 a Q6 y seis diodos de libre circulación (D1 a D6) dispuesto en antiparalelo o conexión inversa con los interruptores, empleados para conducir la corriente reactiva de retorno a la fuente de tensión E.

Estos diodos aseguran por un lado la continuidad de la corriente en la carga inductiva y por otro lado la reversibilidad de la potencia al poder inyectar corriente desde la carga a la batería de continua. Cada brazo del inversor está formado por dos interruptores o dispositivos de conmutación en paralelo con sus diodos de libre circulación, estando la salida a cada fase del motor situada en el punto medio del brazo.

Estos inversores se dividen según su forma de operar en: conducción a 180° de cada elemento, con lo cual habrá 3 elementos en conducción al mismo tiempo y

conducción a 120° , con 2 elementos por vez. Además pueden alimentar los dos tipos característicos de cargas trifásicas simétricas: conexión delta y estrella.

3.6 Sensores de posición de efecto *Hall*.

Si un conductor está conduciendo una corriente eléctrica, en este se genera un campo magnético. El campo magnético genera una fuerza transversal en los portadores de la carga en movimiento que tiende a empujar a un lado del conductor. Esto es más evidente en un conductor plano delgado. Una acumulación de la carga en los lados del conductor va a equilibrar esta influencia magnética, produciéndose variación de tensión entre los lados del conductor. La presencia de esta diferencia de potencial transversal medible se llama efecto *Hall* y fue Edwin Herbert Hall quien lo descubrió en 1879.

Los sensores de efecto *Hall* tienen numerosas aplicaciones. Algunos ejemplos que Permiten medir estos sensores son:

La movilidad de una partícula cargada eléctricamente (electrones, lagunas, etc.).

- Los campos magnéticos (Teslámetros)
- La intensidad de corrientes eléctricas (sensores de corriente de efecto *Hall*)
- También permiten la elaboración de sensores o detectores de posición sin contacto, utilizados particularmente en el automóvil, para detectar la posición de un árbol giratorio (caja de cambios, paliers).
- Encontramos también sensores de efecto *Hall* bajo las teclas de los teclados de los instrumentos de música modernos (órganos, órganos digitales, sintetizadores) evitando así el desgaste que sufren los contactos eléctricos tradicionales.
- Encontramos sensores de efecto *Hall* en el codificador de un motor de corriente continua.

- Los motores de efecto *Hall* (HET) son aceleradores de plasma de gran eficacia. A diferencia de un motor de escobillas de corriente continua, la conmutación de un motor BLDC se controla electrónicamente. Para girar el motor BLDC, los bobinados del estator deberían estar activados en una secuencia. Es importante conocer la posición del rotor para poder entender cómo deben ser activadas las bobinas según la secuencia de activación.

La posición del rotor se detecta mediante sensores de efecto *Hall* integrándose en el estator.

La mayoría de los motores BLDC tienen tres sensores *Hall* integrados en el estator en el extremo opuesto al rotor del motor. Cada vez que los polos magnéticos del rotor pasan cerca de los sensores *Hall*, dan una señal de alto o bajo, lo que indica el polo N o S está pasando cerca de los sensores. Basado en la combinación de estas tres señales del sensor *Hall*, la secuencia exacta de conmutación se puede determinar.

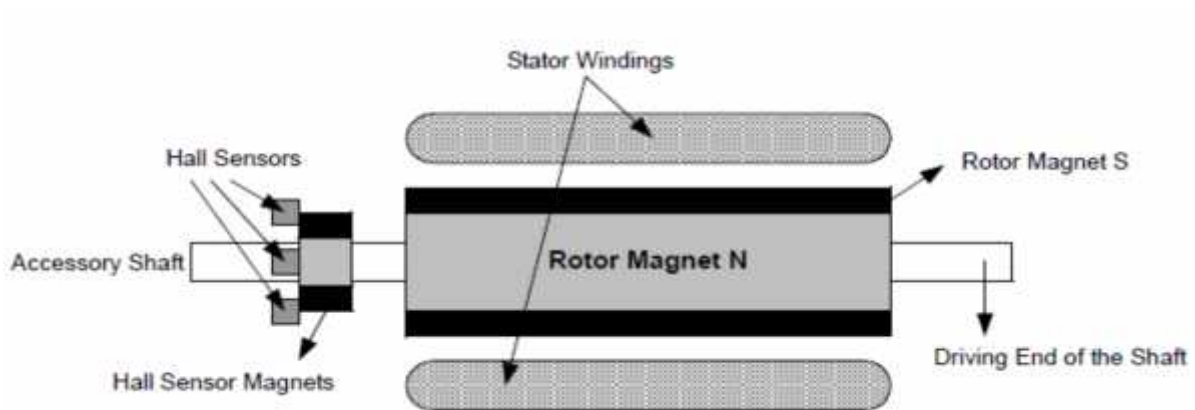


Fig.3.7 Distribución de los sensores de efecto *Hall* de un motor DC brushless.

La figura 3.7 se muestra una sección transversal de un motor BLDC con un rotor que tiene imanes alternativos N y S permanentes. Los sensores *Hall* se incrustan en la parte fija del motor. La incorporación de los sensores de efecto *Hall* en el estator es un proceso complejo, ya que cualquier desajuste en los sensores de efecto *Hall*, con respecto a los imanes del rotor, se generaría un error en la determinación de la posición del rotor.

Para simplificar el proceso de montaje de los sensores de efecto *Hall* en el estator, algunos motores pueden tener sensores magnéticos *Hall* en el rotor, además del rotor magnético principal.

Estos son una versión reducida de la réplica del rotor. Por lo tanto, cada vez que el rotor gira, los sensores magnéticos *Hall* proporcionan el mismo efecto que los imanes principales. Los sensores *Hall* se montan normalmente en una placa de circuito impreso y se fija a la tapa de caja en el extremo de no conducción.

Esto permite a los usuarios ajustar el conjunto completo de sensores de efecto *Hall*, para alinearse con los imanes del rotor, con el fin de lograr el mejor rendimiento. Sobre la base de la posición física de los sensores *Hall*, hay dos versiones de la producción. Los sensores de *Hall* pueden estar en 60° o 120° de variación de una fase a la otra. Sobre esta base, el fabricante del motor define la secuencia de conmutación, que se deben seguir cuando se controla el motor.

Los foto- transistores son los encargados de la detección de la posición del rotor. El rotor del motor se encuentra sujeta a una especie de lámina que va girando con este y que es el objeto que obstruye la luz a los foto-transistores, con lo que se obtiene los estados de los sensores, que determinan las variables de entrada a la lógica que realiza el movimiento. En la figura 3.8 se observa que mientras PT1 (foto-transistor) está recibiendo luz, PT2 y PT3 están tapados por la lámina y de esta forma se sabe en qué posición se encuentra el rotor al momento de la toma de datos.

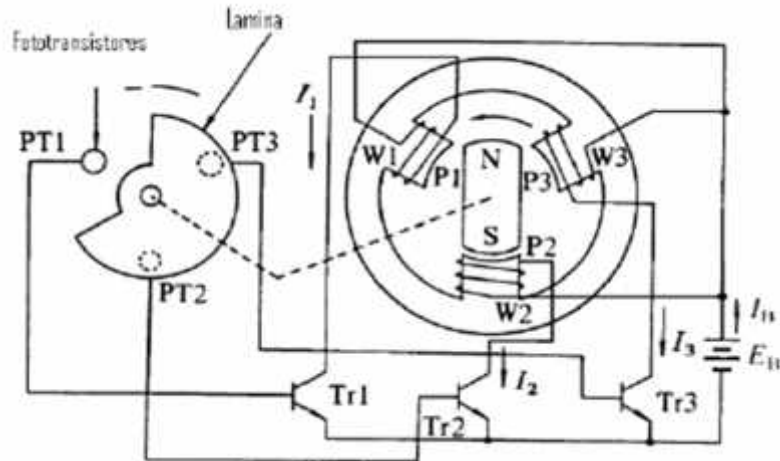


Fig.3.8 Acople sencillo de sensores y fases.

3.7 Ventajas y desventajas de un motor brushless

Ventajas.

- 1.- Mayor rendimiento (mayor duración de las baterías para la misma potencia).
- 2.-Mejor ratio velocidad-par motor y rango de velocidades al no tener limitaciones mecánicas.
- 3.- Mayor respuesta dinámica.
- 4.- Mayor eficiencia y por tanto una mayor vida útil.
- 5.-Menor ruido.
- 6.-Mejor disipación de calor.

Desventaja

- 1.- mayor costo y un control bastante más complejo

4. Desarrollo.

4.1 Componentes de un motor universal (taladro)

Fig.4.1 Partes principales de un motor universal (Taladro).

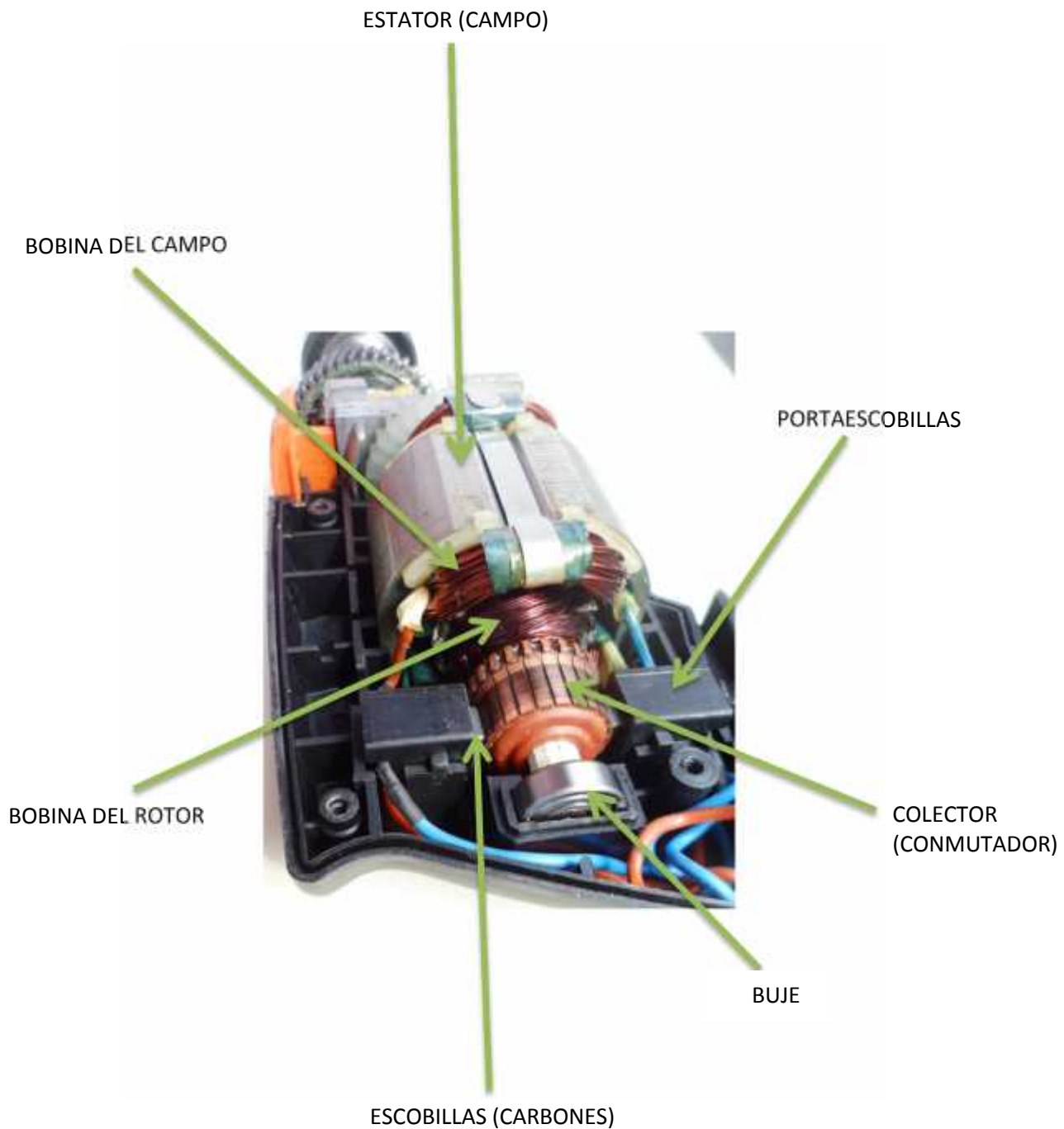


Fig.4.2 Se muestra el rotor, bobinado del rotor y colector.



- El colector al cual van conectados los terminales del arrollamiento inducido rotor. Las chispas del colector (chisporroteos) junto con su propio campo magnético generan interferencias.
- Menor número de espiras en el inductor, disminuye las pérdidas por corrientes de Foucault, aumenta la intensidad, el par y el factor de potencia.
- Mayor número de espiras en el inducido compensa disminución de flujo.

4.2 Escobillas (carbones)

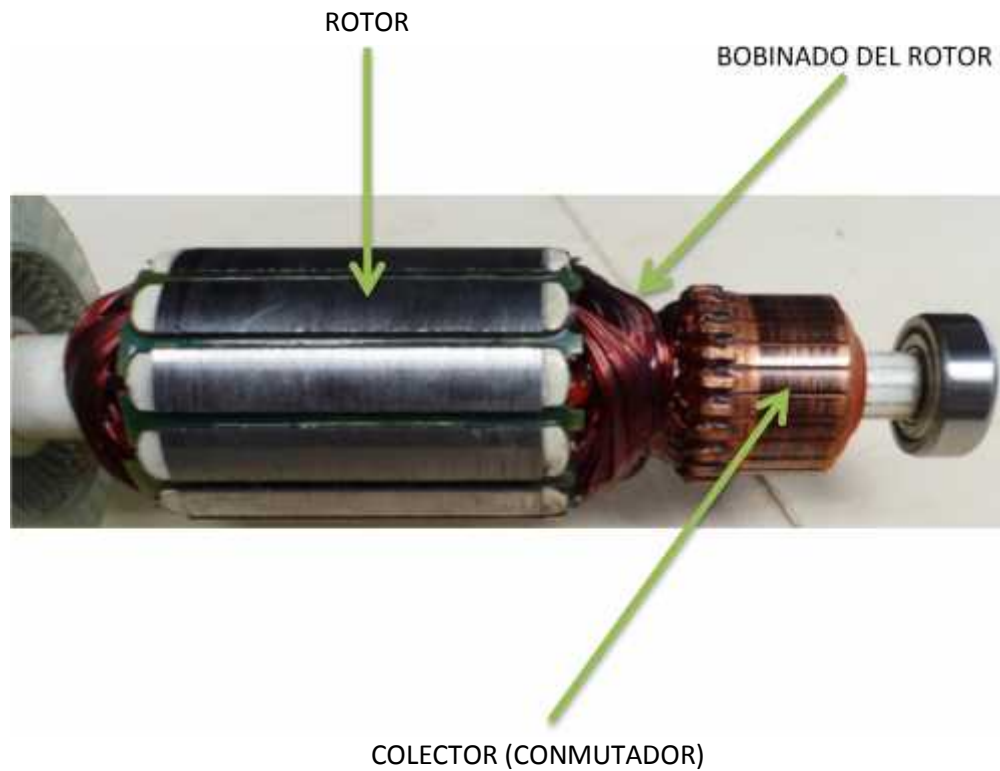
Fig.4.3 Se muestra las escobillas (carbones) de un motor universal.



- Las escobillas son fabricadas de carbón por ser un material suave y un coeficiente de temperatura negativo.
- Son los que permiten la conexión eléctrica en serie con el rotor.
- En los carbones se originan las chispas que están situados en un colector que origina el giro del motor.

4.3 Rotor, bobina del rotor y colector.

Fig.4.4 Se muestra el rotor de un motor universal (taladro).



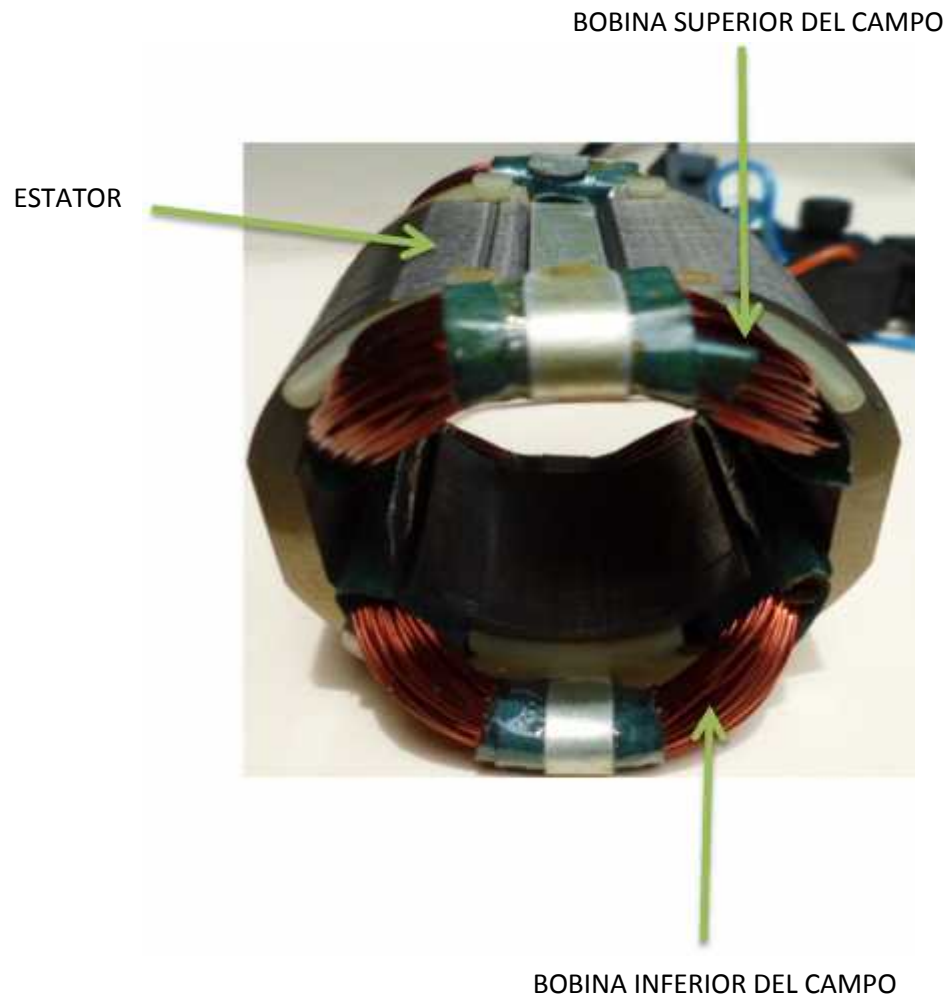
Se muestra el rotor que está construido con láminas de acero que forman el núcleo, con unas ranuras donde alojan las bobinas. Las bobinas están soldadas en el colector.

En el colector es en donde se origina chispas al contacto con las escobillas.

El colector es una pieza circular, montada en el eje, numerosas láminas de cobre.

4.4 Estator y bobina del campo.

Fig.4.5 Se muestra el estator y el bobinado de campo.



El estator es un paquete de láminas circulares fuertemente prensadas, fijada con remaches. Las bobinas inferior y superior son los que originan el campo magnético.

5. Resultados y conclusión.

5.1 Tabla 1.1. Se muestra las comparaciones del motor universal y brushless.

Comparación	Motor Brushless	Motor Universal
Conmutación	Conmutación electrónica por medio de transistores. en sensores de posición de efecto <i>Hall</i>	Conmutación por escobillas. En contacto mecánico con el conmutador y las escobillas.
Mantenimiento	mínimo	periódico
Curva velocidad/par	Plana. Operación a todas las velocidades con la carga definida	Media. A altas velocidades la fricción de las escobillas se incrementa, reduciendo el par
Eficiencia	Alta. Sin caída de tensión por las escobillas	Moderada
Potencia de salida/tamaño	Alta. Menor tamaño debido a mejores características térmicas porque los bobinados están en el estator, al estar en la carcasa tiene una mejor disipación de calor	Baja. El calor producido en la armadura es disipado en el interior aumentando la temperatura y limitando las características
Inercia del motor	Baja. Debido a los imanes permanentes en el rotor	Alta. Limita las características dinámicas
Rango de velocidades	Alto. Sin limitaciones mecánicas impuestas por escobillas/conmutador	Bajo. El limite lo imponen principalmente las escobillas
Ruido eléctrico generado	Bajo	Arcos en las escobillas
Costes de construcción	Alto. Debido a los imanes permanentes	Bajo.
Control	Complejo y caro	Simple y barato
Requisitos de control	Un controlador es requerido siempre para mantener el motor funcionando. El mismo puede usarse para variar la velocidad	No se requiere control si no se requiere una variación
Estructura mecánica	Elementos magnético en el rotor	Elemento magnético en el estator
Detección de la posición del rotor	Por sensores de efecto hall	detecta automáticamente por las escobillas
Método de reversa	Cambiando la lógica	Cambiando la polaridad del voltaje

5.2 Pruebas de un motor universal (taladro)

Tabla 1.2. Pruebas en vacío corriente alterna del motor universal (taladro).

No.	Voltaje	amperes	rpm
1	25	0.68	0
2	40	0.90	770
3	55	1.02	1044
4	70	1.12	1574
5	85	1.26	2125
6	100	1.40	2360
7	115	1.57	2520
8	120	1.61	2823

Tabla 1.3. Pruebas en vacío corriente continua del motor universal (taladro).

No.	Voltaje	amperes	rpm
1	25	0.97	723
2	40	1.03	1137
3	55	1.12	1426
4	70	1.20	1726
5	85	1.28	2265
6	100	1.38	2590
7	115	1.45	2871
8	120	1.58	3000

En corriente alterna a 25 v el motor empieza a zumbiar, más sin embargo no gira se debe a que no rompe la inercia para empezar el giro. La potencia es menor en corriente alterna que en corriente directa.

Corriente continua a 25v el motor girar, lo que tiene un mayor par motor / velocidad.

5.3 Conclusión.

Se obtuvo conocimientos importantes acerca del motor universal y brushless su principio de funcionamiento para lograr el giro del rotor a grandes velocidades, tipos de componentes de cada motor, ya que estos componentes son especiales en su construcción para lograr menores pérdidas. Parámetros de cada uno de ellos.

En el motor universal el número de espiras en el inductor lo que ayuda a no saturar magnéticamente el núcleo, mayor número de espiras en el inducido lo que compensa disminución de flujo debido al menor número de espira del inductor. Par de arranque muy elevado. Devanados del inducido y de campo tienen reactancia bastante grande. El voltaje de entrada cae a través de estas reactancias.

Los motores universales se construyen para potencias menores a los 0.5 CV (caballos vapor) presentan un buen rendimiento. Funcionan generalmente en altas velocidades, de 3.500 a 20.000 r.p.m., esto da lugar a un alto cociente de energía a peso y de energía a tamaño. Aunque en altas velocidades es necesario devanado compensador.

En los motores brushless se distinguen por su variador electrónico es el encargado de ver en qué posición se encuentra el rotor en cada momento y hacer que la corriente que llegue sea la adecuada, que provoque el movimiento de rotación. También los sensores de efecto Hall son parte fundamental, con los sensores en el motor, detecta la posición del rotor.

Los inversores tienen salida variable en voltaje también encontrando inversores trifásicos. Este tipo de motor lo hace más eficiente en rpm/minuto, aunque el control es más bastante complejo gracias a la electrónica se ha logrado estos avances. Las variaciones podrían venir siendo las bobinas.

En un motor brushless es muy diferente ya que contienen, variador electrónico inversores, imanes permanentes que producen una fuerza que hace que gire el rotor, los sensores hall que detectan la posición del rotor. Bueno en este caso se debe de estudiar el circuito que se le integra, ya que es la encargada de suministrarle voltaje, ya que son eficientes. El motor brushless es eficiente porque son a muy altas velocidades (mayores de 50,000 r/min).

En el motor universal cuando gira a 25 volts es un parámetro importante para pretender adaptar a ese voltaje. Ya que origina, una buena velocidad y un par motor.

Referencias.

[1] Stephen J. Chapman (2000). Máquinas Eléctricas. Santa fe de Bogotá. (3ra edición). McGraw Hill.

[2] A.E. Fitzgerald., Charles Kingsley, Jr., Stephen D. Umans. (2004) Máquinas Eléctricas (6ta edición).México DF. McGraw Hill.

[3] Irving L. Kosow. (2003). Maquinas Eléctricas y Transformadores. (2da edición).Madrid España. McGraw Hill.

[4]

<http://www.cochesrc.com/motor-electrico-brushless-funcionamiento-y-caracteristicas-a3607.html>- fecha de publicación: 15/11/2012.

[5]

Diego Bueno. Articulo- sistemas de automatizados.

<http://1mecanizadoelarenal.files.wordpress.com/2013/11/motores-brushless.pdf>. –
Fecha de publicación: 18/9/2010.

[6]

Guillermo Sobrino Bermejo. <http://guillermo.sobrino.bermejo.over-blog.es/article-caracteristicas-principales-motores-brushless-85923788.html> - Fecha de publicación: 22/6/2011.

[7]

Articulo elaborado por: Faletti Edgardo. <http://www.electrosector.com/wp-content/ftp/descargas/brushless.pdf>- Fecha de publicación: 4/7/2012.

[8]

<http://www.brushlessmotor.com.ar/Caracteristicas.html>