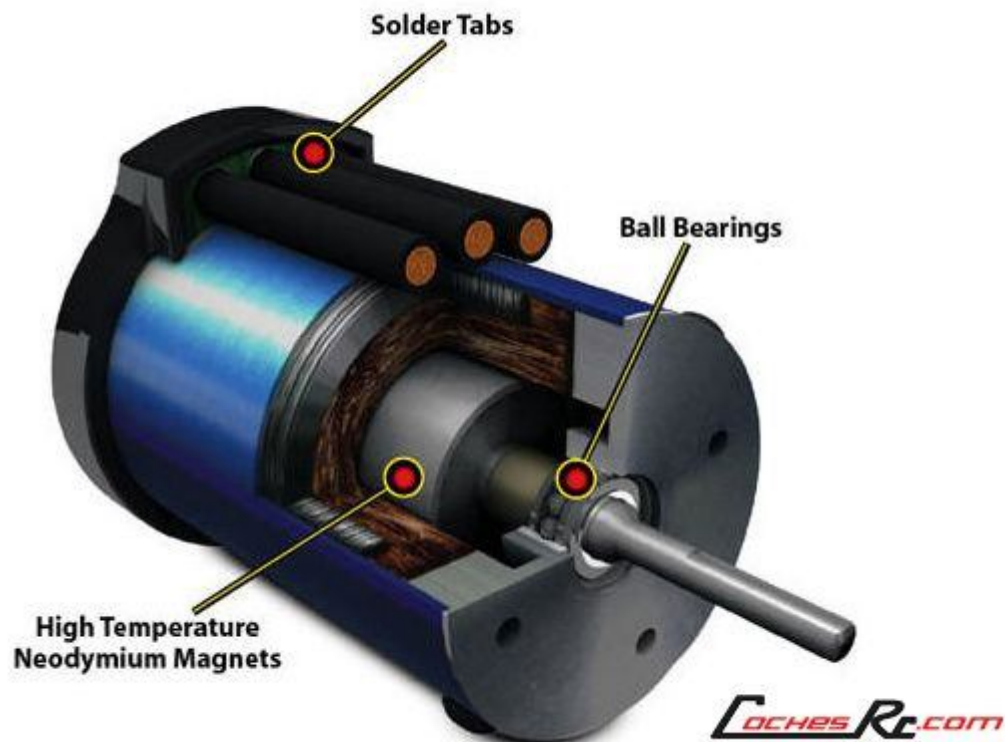


Motor eléctrico brushless: Funcionamiento y características



Componentes del motor brushless:

Los motores brushless están compuestos por una parte móvil que es el rotor, que es donde se encuentran los imanes permanentes, y una parte fija, denominada estator o carcasa, sobre la cual van dispuestos los bobinados de hilo conductor. La imagen refleja una sección de uno de estos motores en donde puede verse la disposición de los bobinados y los imanes permanentes (que en este caso son de neodimio).

Funcionamiento del motor brushless:

Como su propio nombre indica, brushless quiere decir "sin escobillas". En este tipo de motor la corriente eléctrica pasa directamente por los bobinados del estator o carcasa, por lo tanto aquí no son necesarias ni las escobillas ni el colector que se utilizan en los brushed. Esta corriente eléctrica genera un campo electromagnético que interactúa 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 que los utilizados en brushed, ya que deben analizar la respuesta y los datos de funcionamiento del motor según están teniendo lugar, es decir, en tiempo real.

Qué indica el factor "kV" en un motor Brushless:

Cuando hablamos de motores brushless, hay un parámetro importante que debemos considerar, que es el 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.

Motor eléctrico brushless: Funcionamiento y características

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.

Brushless sensored y brushless sensorless



El mundo de los motores brushless puede parecer algo complicado, sobre todo a los principiantes en el hobby, por la cantidad de parámetros que hay que tener en cuenta a la hora de hacerse con uno: tamaño del motor, número de vueltas del bobinado, valor de kV, etc...

Hay también otra opción importante que hay que considerar a la hora de elegir un motor de este tipo, que es si lo queremos **Sensored**, es decir, con sensores o **Sensorless** (sin sensores). Vamos a ver qué diferencia hay entre ambos tipos de sistemas, para ello, vamos a repasar brevemente el principio en el que se basa su funcionamiento.

Cómo funcionan los motores brushless.

Vamos a empezar con un poco de teoría, aunque sin meternos de lleno en conceptos demasiado técnicos. 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

Motor eléctrico brushless: Funcionamiento y características

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.

Vamos a explicar un poco más cómo funcionan.

Motor Brushless Sensored

Como ya hemos dicho antes, 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, como ya hemos dicho no tenemos 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 a dar al modelo; aunque en referencia a esto hay gustos para todos los colores.

Aquí sólo hemos pretendido dar unas pinceladas generales que os puedan ayudar en vuestros inicios a entender mejor a grandes rasgos las diferencias entre ambos tipos, aunque sin profundizar en todo lo que realmente tiene lugar cuando la máquina está en funcionamiento, ya que son conceptos bastante técnicos.

Motores RC eléctricos: ¿cómo afecta el bobinado?



Ya hemos visto los componentes principales que integran ambos modelos de motores eléctricos tanto brushed como brushless. Normalmente cuando se habla de motores, la conversación gira en torno a factores como **la velocidad y el par**, que son los dos parámetros que más interesan. Vamos a ver aquí un breve repaso sobre cómo afecta el bobinado a estos valores, pero como venimos haciendo hasta ahora, a un nivel bastante básico, para los que empiezan, sin entrar en explicaciones demasiado técnicas sobre lo que ocurre en estas máquinas durante su funcionamiento y considerando constante el valor de algunos parámetros que intervienen.

Lo que pretendemos es que quede una idea general, que nos ayude a saber interpretar los datos del motor cuando vayamos a comprarlo y dejamos para otro segundo artículo una explicación en detalle para los que ya tengan más relación con este campo, y en la que nos meteremos más a fondo.

Bobinados del motor – Qué son y qué hacen?

Si queremos hablar de velocidad, no podemos pasar por alto los bobinados. Un bobinado es simplemente un número determinado de vueltas (también denominadas "espiras" en lenguaje más técnico), que se realizan con un material conductor, que en el caso de los motores, suele ser hilo de cobre. Ya hemos visto en los artículos anteriores donde se encuentra la ubicación del bobinado en estas máquinas según sean brushless o brushed. 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".

Cuando compramos un motor el fabricante nos proporciona como dato el número de vueltas de que consta. Este factor se puede relacionar con la velocidad de giro del motor. Lo lógico sería pensar que cuánto 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

Así que cuando estás pensando en qué motor deberías elegir para tu coche, la idea a grandes rasgos que debes tener en cuenta es que a 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

Motor eléctrico brushless: Funcionamiento y características

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. Este es el motivo por el que una batería LiPo nos puede durar más o menos dependiendo del modelo en el que lo usemos, no es lo mismo en un Crawler que normalmente demanda un valor de par más elevado que un buggy.

Lógicamente en las máquinas eléctricas de este tipo, hay muchas variables en juego; nosotros para el propósito de este artículo no hemos considerado la influencia de la carga ni demás variables que intervienen, esto lo dejamos para el segundo capítulo.

Entonces ¿cuál elijo?: En el equilibrio está la clave

Cuando se trate de elegir un motor para tu coche RC, elige con moderación, ya hemos visto que en este tema no se cumple lo de "cuanto más mejor". Se trata de encontrar una solución de compromiso entre velocidad, par y tiempo de duración; dependiendo de la modalidad en la que estés interesado y sabiendo cómo afecta el bobinado según lo que hemos visto.

También necesitarás comprobar que tu modelo elegido es compatible con tu variador. La mayoría de ellos tiene establecido un límite que como su propio nombre indica, representa el límite de los motores con los que puede ser compatible. Si el motor que elijas está fuera de este rango, deberás también mejorar tu variador; teniendo en cuenta el gasto.

Motores sensored/sensorless: ¿cómo se produce el movimiento del rotor?

Si ya habéis leído el artículo que explica las **diferencias entre los motores eléctricos brushless con sensores y sin sensores**, es el turno de acercaros una explicación más avanzada de estas diferencias.

Nuestro amigo *adiáz* ha elaborado este interesante artículo que se adentra un poco más en el mundo de los motores, explicando a nivel más conceptual lo que sucede en el interior durante su funcionamiento. Este es un resumen de las conclusiones a las que ha llegado tras observar y testear un poco más en detalle este tema, así nos lo cuenta:

"Quiero aportar mi granito de arena, pero tampoco quiero adentrarme mucho en conceptos demasiado técnicos, porque así más gente podrá entender mejor su funcionamiento.

Lo que si me gustaría aclarar en este artículo es, cómo se produce el movimiento del rotor, y en contra de lo que muchos dicen, yo opino que a los variadores no les hace falta saber la posición del rotor para producir el movimiento, y os explicaré a continuación el porqué.

FUNCIONAMIENTO.

La mayoría de estos motores constan de tres bobinados L1, L2 y L3 conectados entre sí, formando una conexión en estrella o triángulo (dependiendo del tipo de motor) que desemboca en tres puntos de conexión, que son los tres cables A, B y C que llevamos desde el motor al variador.

Motor eléctrico brushless: Funcionamiento y características

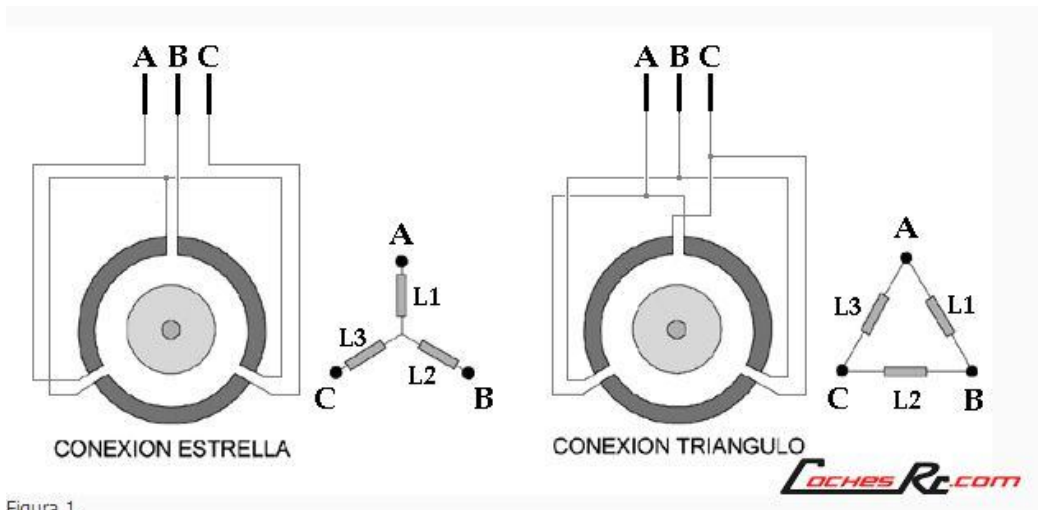


Figura 1.

A continuación cada una de estas tres bobinas **L1, L2 y L3** puede estar formada a su vez por dos o más bobinas conectadas en serie o paralelo (dependiendo del tipo motor y número de polos) **y colocadas dentro del motor en unas ranuras unas enfrente de otras y siempre con un desfase en la posición de 120 grados**. Existen varias formas de bobinar este tipo de motores, pero para entender mejor como se produce el movimiento dentro del motor, tomaremos como ejemplo la siguiente Figura 2, en la que se muestra un bobinado de un motor Brushless con cada una de las bobinas L1, L2 y L3 (conectadas en triángulo) y estas a su vez formadas por cuatro bobinas en serie.

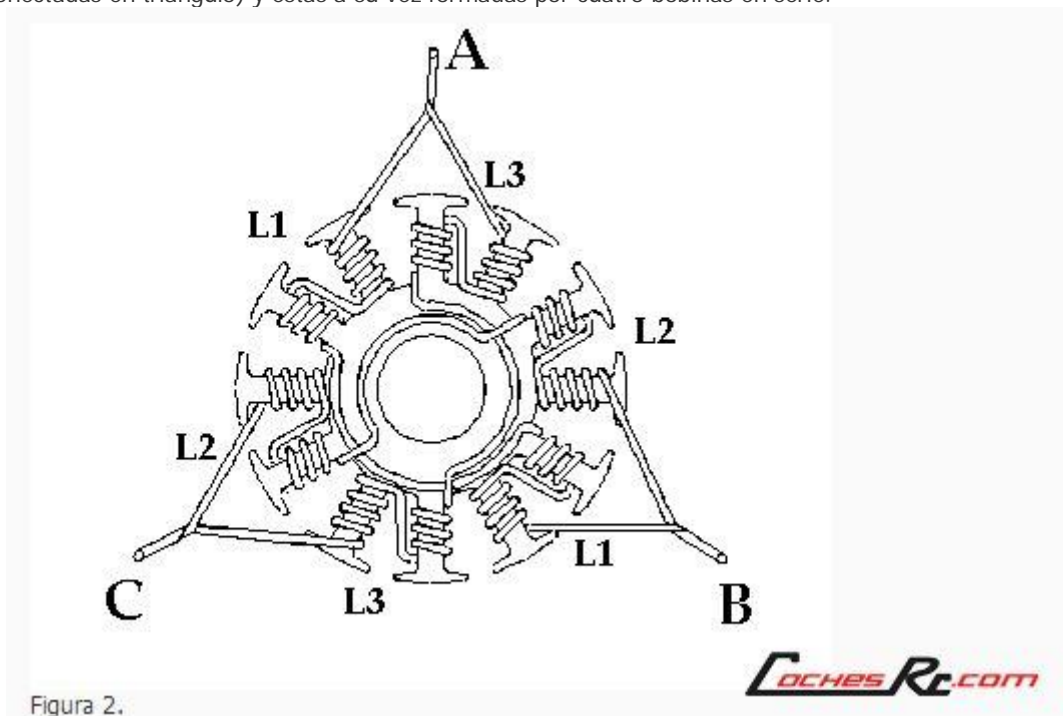


Figura 2.

Ahora lo que hace el variador para producir el giro, es **aplicar tensiones en cada bobina L1, L2 y L3 con polaridades desfasadas 120 grados y de manera secuencial, de tal forma que los imanes del rotor van atrayendo/repeleando las polaridades de las bobinas a la velocidad de la secuencia de voltajes que manda el variador.**

Dicho de otra forma más sencilla, el variador genera voltajes "secuencialmente" (las bobinas están puestas en círculo) y los imanes del rotor van "siguiendo" los campos magnéticos que generan dichas bobinas produciéndose así el giro (o dicho vulgarmente: es como el pez que se muerde la cola, la cola sería los voltajes del variador y la boca los imanes del rotor). Si la secuencia es más rápida mayor VELOCIDAD y si es más lenta menor VELOCIDAD, y con la cantidad de voltios manejaríamos la POTENCIA del motor. A la velocidad de la secuencia de voltajes se le denomina FRECUENCIA y se mide en Hz. Si resulta que la velocidad del motor depende de la FRECUENCIA, yo me hecho muchas veces estas preguntas, ¿Por qué

Motor eléctrico brushless: Funcionamiento y características

en los motores Brushless RC se especifica que los "KV" son las rpm/v? ¿Cuál es la responsable de la velocidad del motor, los VOLTIOS o la FRECUENCIA?

Después de haber mirado mucho por la red, no encontrado en ningún lado algo que relacione estas dos preguntas, yo sabía seguro (por mi experiencia profesional) que en estos motores la FRECUENCIA es la responsable directa de la VELOCIDAD, pero no entendía por qué en los motores BRUSHLESS RC se especificaba "Kv"... y se decía que los voltios eran los responsables de la proporción de la velocidad, y en cierta medida es cierto. La conclusión, basándome en cómo actúa el variador en la realidad es, que el variador incrementa en la misma proporción la VELOCIDAD de la secuencia de voltajes, es decir la FRECUENCIA y el aumento de VOLTIOS por igual, por eso en las características de velocidad del motor se expresan en KV rpm/v. La cantidad de frecuencia por voltio para que se cumpla esas RPM en el motor se deben especificar programando en el variador el parámetro de "avance de grados" que corresponden al N° de polos del motor. Si el parámetro de avance de grados en el variador no corresponde al tipo de grados o N° de polos del motor, no se cumplirá la relación de Kv que especifica su fabricante, y por lo tanto estaríamos o por debajo de las prestaciones máximas que puede dar el motor, o por encima, y si hay mucha diferencia provocaríamos posiblemente que no gire el motor, o aun peor que se quemé.

Los modos de avance de grados más usuales en los variadores son: 2, 8, 15, y 30 grados correspondiendo a motores de 2 polos, 4 polos y 8 polos para los de 15 y 30 grados. Los modelos de motores brushless más usuales son los correspondientes a los de 2 y 4 polos.

El fabricante del motor nos debe especificar bien los grados o bien el N° de polos, para poder programar correctamente el variador con el motor, aunque algunos vienen ya programados en los combos, otros que compremos sueltos habrá que programarlos para el motor que se conecte y trabaje adecuadamente.

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.