

Funzionamento motori brushless ed esc

- Nei fenomeni di magnetismo si generano delle forze di attrazione e di repulsione.
- I poli magnetici sono di due tipi, polo nord e polo sud.
- Nel magnetismo poli uguali si respingono e poli opposti si attraggono.
- Un avvolgimento elettrico (ossia un piccolo filo di rame avvolto più volte su se stesso) percorso da corrente genera un campo magnetico in tutto e per tutto simile a quello di una calamita, se non fosse per il fatto che tale campo esiste sino a quando circola corrente e che può invertire la sua polarità se viene invertito il senso della corrente che lo genera.
- Per un ragionamento opposto un avvolgimento immerso in un campo magnetico variabile è sede di una corrente che avrà lo stesso andamento del campo magnetico (se muovo la calamita 10 volte al secondo avanti ed indietro di fronte all'avvolgimento la corrente generata in esso si invertirà 10 volte al secondo pure).

Detto questo... spiegato in parole semplici (forse pure troppo...) la grossa differenza fra i motori tradizionali, ossia quelli a spazzole, e quelli privi di spazzole, ossia Brush=Spazzola Less=senza, sta nel dispositivo che si occupa dell'inversione della corrente all'interno del motore affinché si crei un campo magnetico rotante, seguito a sua volta dal rotore (cioè dalla parte che ruota) alla quale è saldamente attaccato l'albero collegato all'elica. Ora... in un motore tradizionale la corrente si inverte perchè i contatti striscianti (spazzole) alimentano parti degli avvolgimenti a seconda della posizione in cui si trova l'albero motore...Uno dei vantaggi di questo sistema è che esso può essere alimentato direttamente da una sorgente di tensione appropriata e ottenere una rotazione la cui velocità è direttamente proporzionale alla tensione applicata.... inoltre la semplicità di tale sistema elettromeccanico conferisce una certa economicità a tali motori. Fra gli svantaggi vi è il fatto che le spazzole sono contatti in movimento e che purtroppo avendo una certa resistenza elettrica assorbono una parte dell'energia che forniamo al motore, energia che non produce lavoro utile e che quindi va sciupata...

Inoltre le spazzole hanno una vita piuttosto breve e se non sono intercambiabili addio motore...

In più lo scintillio generato dalle spazzole può generare disturbi captati da servi e riceventi. Questi sono i problemi maggiori...

In un motore Brushless (termine che significa appunto senza spazzole) chi si occupa di invertire la corrente è un sistema elettronico integrato nell'ESC o variatore, che regola l'intensità, la quantità e la durata degli impulsi da inviare agli avvolgimenti del motore affinché si crei l'illusione di un campo magnetico rotante (pensa alle lampadine di natale che si rincorrono, è un'illusione ottica generata dal fatto che le lampadine vengono accese e spente in una determinata sequenza....ma l'effetto è quello del movimento...). Ora avendo un campo magnetico che ruota è facile da intuire che dei magneti permanenti (le calamite attaccate alla parte mobile del motore) per attrazione tendano a seguire tale movimento magnetico generato dagli avvolgimenti... e voilà il gioco è fatto!!!

Un dubbio ti potrebbe sorgere leggendo la mia spiegazione.... in un motore a spazzole, come avrai capito, la commutazione (ossia l'inversione della corrente negli avvolgimenti) avviene in punti precisi della rotazione grazie al collettore (ossia quella parte dell'albero su cui poggiano le spazzole) che è costituito da diverse lamelle a loro volta collegate elettricamente agli avvolgimenti... quindi non si perderà mai il sincronismo del meccanismo (perdona il gioco di parole) Ma in un brushless? Chi tiene conto della sincronizzazione del sistema? Ancora una volta è il variatore e lo fa sentendo la posizione dell'albero motore attraverso una debolissima corrente che si viene a creare all'interno degli avvolgimenti della parte fissa (statore) (ricordi l'ultimo punto delle premesse?). A seconda del verso di questa corrente, l'ESC sa come deve inviare la corrente agli avvolgimenti per fare in modo che il campo magnetico abbia

quest'effetto rotatorio...

Veniamo ai vantaggi di un brushless. Primo ed importantissimo vantaggio è la totale assenza di contatti striscianti succhia-energia, sostituiti da efficienti componenti elettronici di precisione, i quali pure assorbono energia senza produrre lavoro utile, ma in maniera minore delle spazzole. Questo fa sì che di tutta l'energia che forniamo al motore tramite la batteria per produrre lavoro, ne viene sprecata meno quindi abbiamo un motore più efficiente. Inoltre questa tipologia di motori non avendo parti elettriche che sfregano fra di loro ha sicuramente davanti a sé una vita più lunga. La totale assenza di scintillio elimina il problema di possibili disturbi relativi ad esso.

Se costruttivamente parlando i motori a spazzole sono semplici, quelli brushless si possono addirittura autocostruire (vedi sezione del forum).

Fra i contro, l'unico degno di nota è la relativa complessità del sistema di controllo che essi richiedono (e quindi costoso!!!). Infatti mentre un motore a spazzole collegato direttamente ad una pila gira, un brushless non si muove nemmeno di un millimetro proprio per il fatto che non avviene nessuna inversione di corrente (condizione gestita esclusivamente dal variatore specifico per brushless). Da qui è facile intuire perché non si possano scambiare gli ESC per spazzole con brushless e vice-versa (svolgono lavori diversi anche se per ottenere lo stesso risultato!!!!) Il primo agisce sul valore della tensione da applicare al motore per farlo girare più o meno forte. Il secondo deve creare, sincronizzare, gestire una sequenza di impulsi da inviare al motore, coordinati con la posizione della parte rotante e con quella della leva del gas del nostro radiocomando.

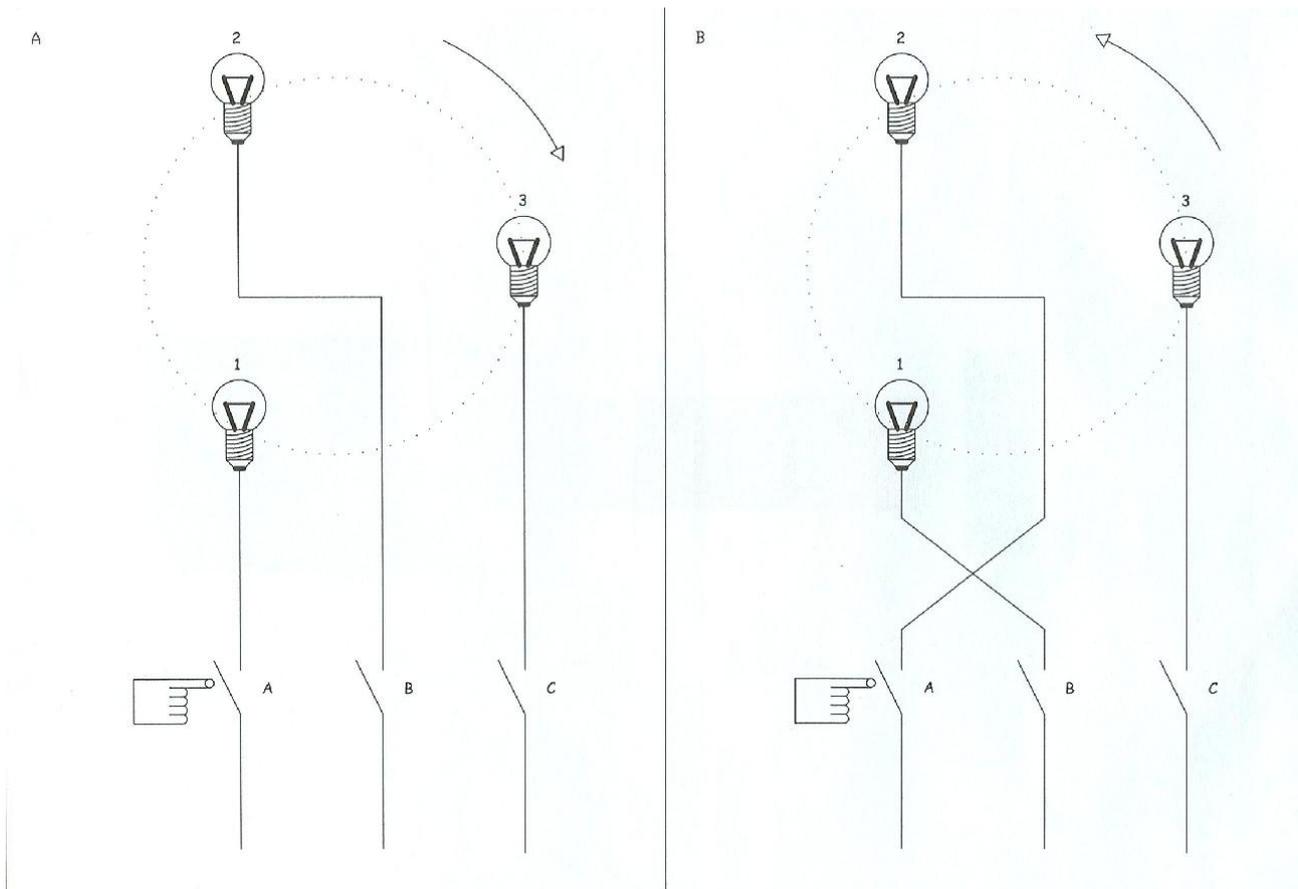
Ok, ora proverò a spiegarti perché invertendo due dei tre fili di un brushless si inverte il senso di rotazione. Per farlo consideriamo sempre il paragone delle luci natalizie che si rincorrono 😊. Per spiegarmi meglio ho creato un piccolo disegno che allego in questo post (tienilo davanti agli occhi mentre leggi...).

Allora, considera le tre lampadine del caso A disposte lungo un ipotetico cerchio e immagina di premere uno dopo l'altro i tre pulsanti nella seguente sequenza: A-B-C poi di nuovamente A-B-C ancora A-B-C-A-B-C-A-B-C... ecc. Ora considerando quale lampadina si accende con questa sequenza ad ogni pressione, noterai che in ordine abbiamo l'accensione della lampada 1, poi 2 infine 3 per ripetersi 1-2-3-1-2-3 ecc. In pratica si percepisce questo come se le lampadine si accendessero con movimento rotatorio in senso orario.

Bene... passiamo al caso B. Noterai che tutti i riferimenti (A-B-C 1-2-3) sono identici, quello che cambia è che abbiamo invertito due fili di due lampade con i relativi pulsanti. Premiamo i pulsanti sempre nella medesima sequenza... A-B-C-A-B-C-A-B-C ecc. e noterai che questa volta il senso di rotazione delle lampadine si è invertito...(puoi provare mentalmente ad invertire altri due fili a caso e vedrai che non cambia nulla... non importa quale dei tre fili si inverte, si ottiene sempre una rotazione contraria a quella precedente).

In un motore brushless accade qualcosa di simile (semplificando molto...)

Spero di essere stato chiaro. Ciao e mi raccomando se comincio a farti odiare le decorazioni natalizie dimmelo



1) No, la tensione applicata alle singole fasi del motore, sia quando gira piano che forte, è la stessa.

La ricevente invia all'ESC un segnale proporzionale alla posizione dello stick della radio (in questo caso dello stick del gas). Questo segnale può spaziare da un minimo di 1 millisecondo a 2 millisecondi (il che rispecchia la posizione minima e massima dello stick) con tutte le infinite posizioni intermedie.

Se, ad esempio mettiamo lo stick a metà, la ricevente invia un segnale a forma di onda quadra della durata di 1,5 millisecondi.

La ricevente prende questa informazione e la legge come "fai girare il motore a metà della velocità". A questo punto il microchip dell'ESC invia una sequenza di impulsi agli avvolgimenti ad una velocità tale che si ottiene una rotazione ad un certo numero di giri X che più o meno sono la metà di quelli massimi (vedi il link del punto 2).

L'aspetto interessante è che l'ESC deve conoscere la posizione del rotore in ogni istante per inviare la corretta sequenza di impulsi e generare la rotazione. Un tempo vi erano dei piccoli sensori montati vicino agli avvolgimenti che informavano il microchip.

ultimamente tali sensori sono spariti e si utilizza la piccola corrente indotta sulla fase morta del ciclo per conoscere la posizione del rotore. Per questo motivo i nostri piccoli motori sono sia brushless (senza spazzole) che sensorless (senza sensori).

2) No, gli impulsi di tensione alternano il segno secondo uno schema preciso. Guarda questa animazione e capirai:

[2-POLE BRUSHLESS DC MOTOR ANIMATION](#)

Ah... ferma l'animazione premendo una delle due frecce poi avanza di un passo alla volta così capirai meglio.

3) La corrente che assorbe un motore dipende esclusivamente dal carico applicato al suo albero (trascurando le perdite varie...). Se tu colleghi un amperometro ad motore che sta girando a vuoto (ossia senza nessun tipo di carico applicato al suo albero) vedrai che esso assorbe una certa corrente (piccola), detta appunto corrente di funzionamento a vuoto (essenzialmente dovuta alle perdite di natura elettrica, magnetica e meccanica legate al funzionamento stesso del motore).

Ora, supponi di frenare la rotazione dell'albero con le mani. Vedrai la corrente indicata dall'amperometro inizia a salire in maniera proporzionale a quanto cerchi di frenare il motore.

Nel nostro caso, più l'elica è grande ed ha passo più il motore assorbirà corrente per farla girare.

Per capirci, l'ESC non regola la corrente che assorbe il motore, esso si occupa di fargli mantenere un preciso valore di rotazione X. Il motore che ruota alla velocità angolare X può assorbire diverse correnti a seconda dello sforzo che incontrerà per muovere il suo albero a quella velocità...

In effetti non mi sono spiegato molto bene. Relativamente alla variazione del numero dei giri: il valore della tensione, inteso come valore assoluto è sempre lo stesso e coincide con quello del pacco batterie, ciò che cambia è il tempo per cui tale tensione è applicata agli avvolgimenti, usando termini tecnici, è il valore di duty-cycle:

[Duty cycle - Wikipedia](#)

Ciò fa cambiare il valore efficace della tensione applicata al motore e di conseguenza il numero di giri.

No, l'ESC non conosce assolutamente il valore di KV del motore né altri valori.

Diciamo che il compito dell'ESC è quello di tenere il sincronismo fra il campo magnetico che esso genera (tramite gli avvolgimenti) e quello indotto dal rotore (la parte rotante con i magneti fissi a cui è collegato l'albero motore).

Per farlo, come abbiamo detto, il regolatore sente il "passo" tramite una debole corrente indotta dai magneti del rotore sugli avvolgimenti stessi.

Ora, quando un motore pilotato dal variatore arriva al suo limite naturale massimo di giri (tipico di ogni motore), l'ESC se ne accorge perché andando un po' oltre si perderebbe il sincronismo e stabilisce questo limite come massimo numero di giri.

Questo è valido anche se al motore che gira al massimo viene applicata una coppia frenante. L'ESC se ne accorge e man mano calano i giri si adegua.

il segnale intendo quello che manda la rx all'esc.

io sapevo che esistono 2 tipi di segnali

-ppm

-pwm

ho notato che gli esc brushless usano segnali ppm

mentre quelli brushed del tipo pwm.

da quello che so la differenza tra di loro dovrebbe essere la diversa lunghezza del segnale

Uhm... forse intendi PPM o PCM???

Se è così, prova a leggere qui:

Radio

tecnica

sia brushless che brushed usano il PPM (pulse position modulation) tra rx ed esc per comunicare la percentuale di gas da dare, niente di diverso da un servo gas

per quanto riguarda il controllo del motore, anche qui usano entrambi il PWM (pulse width modulation) per regolare la potenza del motore

l'unica differenza è che nel brushless i 3 fili cambiano continuamente polarità per far girare il motore

In effetti non mi sono spiegato molto bene. Relativamente alla variazione del numero dei giri: il valore della tensione, inteso come valore assoluto è sempre lo stesso e coincide con quello del pacco batterie, ciò che cambia è il tempo per cui tale tensione è applicata agli avvolgimenti, usando termini tecnici, è il valore di duty-cycle:

Duty cycle - Wikipedia

Ciò fa cambiare il valore efficace della tensione applicata al motore e di conseguenza il numero di giri.

No, l'ESC non conosce assolutamente il valore di KV del motore né altri valori.

Diciamo che il compito dell'ESC è quello di tenere il sincronismo fra il campo magnetico che esso genera (tramite gli avvolgimenti) e quello indotto dal rotore (la parte rotante con i magneti fissi a cui è collegato l'albero motore).

Per farlo, come abbiamo detto, il regolatore sente il "passo" tramite una debole corrente indotta dai magneti del rotore sugli avvolgimenti stessi.

Ora, quando un motore pilotato dal variatore arriva al suo limite naturale massimo di giri (tipico di ogni motore), l'ESC se ne accorge perché andando un po' oltre si perderebbe il sincronismo e stabilisce questo limite come massimo numero di giri.

Questo è valido anche se al motore che gira al massimo viene applicata una coppia frenante. L'ESC se ne accorge e man mano calano i giri si adegua.