

موتور براشلسی (Brushless Motor)

مركز تربیت مربی فنی و حرفه ای



پاییز ۱۴۰۳

موتور براشلس (Brushless Motor)

گردآوری:

امید بهنام گل

مرکز تربیت مربی فنی و حرفه‌ای

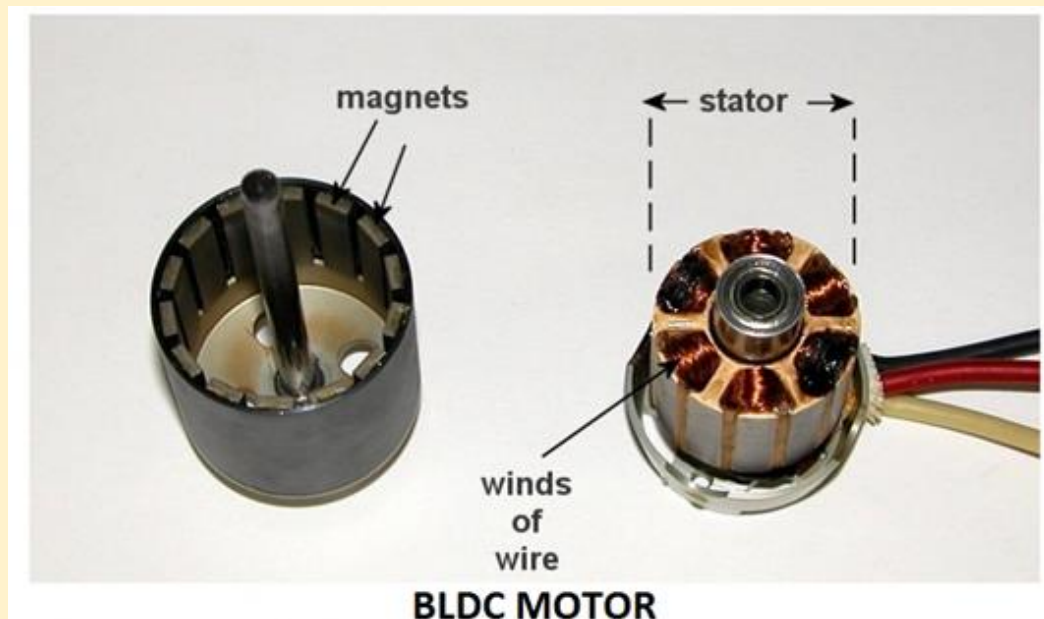
سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور

رعایت اصول اخلاقی و مسئولیت صحت و دقت محتوا برعهده نویسنده / نویسندگان می باشد.

پاییز ۱۴۰۳



موتور براشلس از نظر ساختمان شبیه موتورهای DC معمولی است اما فاقد براش می باشد. در موتورهای دی سی معمولی به دلیل داشتن جاروبک نمی توان جریان زیادی به جاروبکها اعمال کرد، چون باعث سوختن براشها می شود. ولی این محدودیت در موتورهای براشلس وجود ندارد. نکته مهم دیگر این است که در موتورهای براشلس به دلیل اینکه جاروبک حذف شده اند بازده موتور بالاتر است و اصطکاک ناشی از جاروبک از بین رفته است به همین دلیل زمان کار با یک باتری در شرایط یکسان؛ موتور براشلس بیشتر کار می کند. موتورهای براشلس دارای قدرت، سرعت، کنترل پذیری و طول عمر بالا هستند. این موتورها به دو دسته درون گردان و برون گردان تقسیم می شوند.



قطعات داخل موتور براشلس

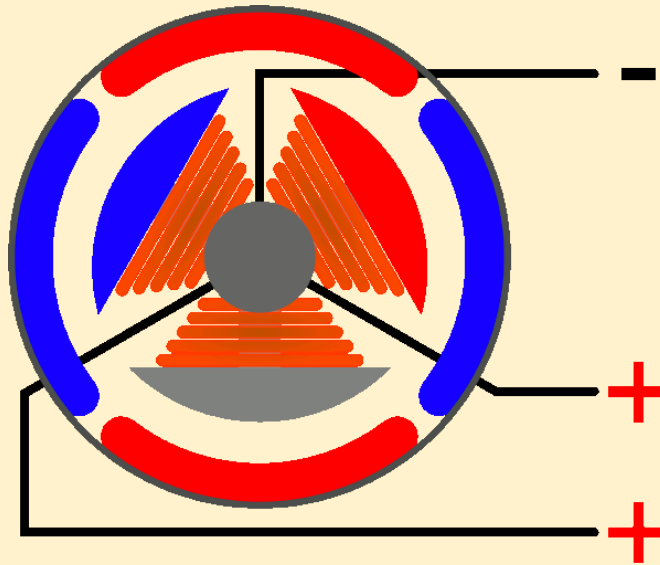
سه سیم به این موتور متصل شده که وظیفه جریان دهی به استاتور را بر عهده دارند و به اسپید کنترل متصل می شوند.



سیم های استفاده شده در سیم پیچ های استاتور موتور براشلس معمولاً تا ۱۸۰ درجه سلسیوس یا ۳۵۶ درجه فارنهایت توانایی تحمل گرما دارند. همچنین تمامی برینگ های نصب شده بر روی موتورهای براشلس دارای کاسه نمد می باشند.



نحوه چرخش موتور براشلس OUTRUNNER را در شکل زیر ملاحظه می‌کنید. می‌بینید هیچ اثری از جاروبک نیست.



عبارات درج‌شده روی موتور براشلس (سایز موتور)

MT2204

یعنی قطر موتور ۲۲ میلی‌متر است و ارتفاع آن ۴ میلی‌متر است. دقت کنید که این اعداد ممکن است مربوط به قطر و ارتفاع روکش موتور نباشد و ابعاد روتور داخلی باشد که از یک شرکت به شرکت دیگر متفاوت است و استاندارد وجود ندارد و اگر کنجکاو هستید می‌توانید با یک متر آن را اندازه‌گیری کنید ولی به‌هرحال عدد اول قطر و عدد دوم ارتفاع می‌باشد.



Turns of the motor : ۱۳T

یعنی تعداد دفعاتی که یک سیم مسی به دور هر دندان استاتور پیچیده شده است ۱۳ بار است. هر چه تعداد دورها بیشتر باشد آهنربای قوی تری نیز ایجاد می شود و گشتاور بالاتر می رود.

$$Kv = ۲۳۰۰$$

به این عدد ثابت ولتاژ می گویند. این عدد بیانگر تعداد چرخش موتور در یک دقیقه است هنگامی که ولتاژ ۱ ولت به آن اعمال می شود. هرچه قدر Kv یک موتور بالاتر باشد با سرعت بیشتری می چرخد و برعکس. در واقع عدد Kv یک موتور براساس نشان دهنده نسبت سرعت موتور برحسب دور به دقیقه به ولتاژ اعمالی به کویل های موتور است.

موتورهای با Kv پایین:

به طور خلاصه موتورهای با Kv پایین دارای سیم های پیچیده شده بیشتری به دور هسته فلزی هستند که این سیم ها نازک تر هستند بنابراین می توانند با ولتاژ بیشتر در برابر جریان کمتر کار کنند که باعث تولید گشتاور بیشتر می شود و می توانند ملخ های بزرگ تر را به حرکت در آورند. به همین خاطر از تیغه های با پیچش بیشتر استفاده می شود تا تراست بالاتر ایجاد شود و وزن های سنگین تر پهپاد را از روی زمین بلند کنند یا در هوا معلق نمایند. در این حالت صدای پره ها نیز بیشتر است.

وقتی تعداد دور بیشتری در سیم پیچ داریم. افزایش مس میدان مغناطیسی بیشتری را روی قطب استاتور به همراه داشته و گشتاور بیشتری تولید می کند؛ اما به خاطر سیم بلندتر و مقاومت بیشتر، Kv موتور کاهش می یابد.

هرچند سیم های قطورتر و سیم پیچی های بیشتر به معنی موتور سنگین تر است و سیم پیچی فضای بیشتری گرفته و نیاز به استاتور بزرگ تری دارد. به این دلیل است که موتورهای بزرگ تر و سنگین تری را می بینیم و همچنین به این دلیل است که موتورهای بزرگ تر معمولاً قوی ترند.

موتورهای با Kv بالا:

موتورهای با Kv بالا دارای سیم های پیچیده شده کمتری به دور هسته فلزی هستند که این سیم ها ضخیم تر هستند بنابراین می تواند با ولتاژ کمتر و جریان بیشتر کار کند که باعث می شود بتواند ملخ های کوچک تر را با سرعت بالاتری به حرکت در آورد.

تعداد دور کمتر، مقاومت کمتر، KV بیشتر. عیب آن کاهش میدان مغناطیسی در استاتور و لذا گشتاور کمتر است.

در شرایط کاملاً یکسان دو موتور بر اشلس فقط با تغییر سیم‌پیچی:

KV پائین باعث قدرت (تراست) و گشتاور بالا اما دور بر دقیقه کمتر و KV بیشتر یعنی گشتاور و قدرت کمتر اما دور بر دقیقه بالاتر.

موتورهای با سایزهای مختلف تعداد قطب‌های متفاوت دارند، موتورهای 22XX و 23XX معمولاً 12 قطب و 14 مغنت دارند. شاید دیده باشید که روی جعبه موتورهای کدی مثل 14N 12P چاپ شده باشد. عدد قبل N یعنی تعداد الکترومغناطیس‌ها (آهنرباهای غیر دائم یا همان قطب‌ها) و عدد قبل P یعنی تعداد مغنت‌های درون محفظه.



تعداد قطب‌ها فضای بین قطب‌ها را مشخص می‌کند. هر چه تعداد کمتری قطب داشته باشد می‌تواند آهن بیشتری در استاتور جای گیرد و لذا موتور قدرت بیشتری می‌تواند داشته باشد؛ اما با تعداد بیشتر قطب، میدان مغناطیسی یکنواخت‌تر پخش می‌شود و نتیجتاً موتور با حرکت صاف‌تری دارید چون کنترل بهتری بر گردش موتور دارد.

- قطب‌های بیشتر = نرم‌تر
- قطب‌های کمتر = قوی‌تر

نحوه محاسبه دور موتور از روی Kv به صورت زیر است:

$$\text{rpm} = \text{Kv} * \text{V}$$

مثلاً برای موتور نشان داده شده در شکل حداکثر دوری که در ۱ دقیقه با استفاده از یک باتری ۱۱.۱ ولتی متصور است به صورت زیر است:

$$\text{rpm} = 2300 * 11.1 = 25530$$

می‌بینید که این موتور ۲۵۵۳۰ دور در یک دقیقه میزند.

وقتی برای خرید یک موتور براساس مراجعه می‌کنیم دقت می‌کنیم که تراست (thrust) مناسب داشته باشد. مثلاً موتوری با تراست ۵۰۰ گرم بدین معنی است که موتور براساس حداکثر ۵۰۰ گرم وزن را از روی زمین بلند می‌کند؛ بنابراین کوادروتور شما با ۴ موتور حداکثر ۲۰۰۰ گرم یا ۲ کیلوگرم را می‌تواند از زمین بلند کند.

یک قاعده عمومی می‌گوید باید حداقل دو برابر وزن پرنده نیروی پیشران تولید شود. این حداقل مقداری است که از سهولت کنترل در هنگام تعلیق در هوا اطمینان حاصل می‌شود. اگر نیروی پیشران تولیدی توسط موتور بسیار کم باشد، پرنده به کنترل به خوبی پاسخ نمی‌دهد و حتی ممکن است بلند شدنش نیز سخت باشد.

برای مثال اگر یک کوادکوپتر ۱ کیلوگرمی داشته باشیم، نیروی پیشران تولیدی در گاز ۱۰۰٪ باید ۲ کیلوگرم یا ۵۰۰ گرم بر هر موتور باشد. البته داشتن نیروی پیشران بیشتر از حد نیاز همواره خوب است.

برای پرواز سریع‌تر، باید نسبت توان بر وزن بسیار بیشتر از این را در نظر گرفت. غیرمعمول نیست که کسی نسبت نیروی پیشران به وزن ۱۰ به ۱ یا حتی ۱۳ به ۱ را انتخاب کند. عموماً برای یک پرواز دستی، حداقل نسبت ۵ به ۱ پیشنهاد می‌شود.

با یک نسبت بالاتر، پرنده توانایی و شتاب بهتری خواهد داشت. هرچند اگر نسبت نیروی پیشران به وزن خیلی زیاد باشد، کنترل پرنده می‌تواند بسیار سخت شود. تنها یک اشاره به گاز کافی است تا کوادکوپتر را مثل یک موشک پرتاب کرده و به چرخش درآورد. این البته به مهارت خلبانی نیز بستگی دارد.

حتی اگر بخواهید یک پرواز آرام تصویربرداری محیط داشته باشید، باید مقداری بین ۱:۳ و ۱:۴ انتخاب کنید. این نه تنها به شما کنترل بهتری می‌دهد، بلکه برای اضافه کردن دوربین در آینده یا برای دوربین‌های بزرگ‌تر و باتری سنگین‌تر مفید خواهد بود؛ اما اگر در فیلد مسابقه‌ای، محدودیتی ندارید، هر چه می‌توانید نسبت را بالا ببرید.

نکته مهم: برای اتصال موتورهای براسلس فاصله پیچ تا پیچ در زیر موتور بر طبق استاندارد است و در موتورهای معمول ۱۶ و ۱۹ می‌باشد. به شکل زیر دقت کنید. البته در بعضی موتورها دو سوراخ دیگر هم اضافه می‌شود که دارای فاصله ۲۵ میلی‌متر می‌باشد و در امتداد سوراخ ۱۹ میلی‌متر است. این ابعاد برای مینی کوادکوپترها تغییر می‌کند.



در هنگام خرید موتور شفت موتور را چک کنید که از لحاظ لقی شرایط مناسبی را داشته باشد.

گشتاور موتور

همان‌طور که توضیح داده شد، موتور با KV بیشتر سیم‌پیچی‌های کوتاه‌تر و در نتیجه مقاومت کمتری دارد. این باعث می‌شود ریتینگ ولتاژ حداکثر را کاسته و جریان را برای ترکیب موتور و پروانه افزایش دهد.

گشتاور اساساً با این موارد تعریف می‌شود:

- سایز استاتور: هر چه بزرگ‌تر، گشتاور بیشتر
- مواد: نوع مگنت‌ها، کیفیت سیم‌پیچی‌های مسی
- ساخت موتور: چیزهایی شبیه فاصله هوایی، تعداد قطب‌ها و غیره.

با مساوی بودن همه چیز، دو موتور مشابه به‌طور تئوری باید گشتاور مشابه داشته باشند حتی اگر یک موتور یک KV متفاوت داشته باشد. KV کمتر یعنی ولتاژ بیشتری نیاز دارید تا به RPM مشابه برسید. البته مقداری پیچیده‌تر از این است اما توضیحی منطقی است.

برای رسیدن به گشتاور بالا در موتورهای مربوط به پمپ‌های سنگین با افزایش حجم استاتور و بزرگ شدن بدنه موتور و طولانی‌تر کردن سیم‌پیچ‌های استاتور بر قدرت و گشتاور موتور می‌افزاییم. کار تقسیم ولتاژ بین سیم‌پیچ‌ها را کنترل‌کننده سرعت موتور یا ESC انجام می‌دهد.

یک کواد را با ۴ سل باتری لیتیوم پلیمر تغذیه می‌کنیم و سایز فریم بسته به مراکز پروانه‌ها است (فاصله قطری موتور تا موتور).

KV	سایز موتور	سایز پروانه	سایز فریم
3000 یا بیشتر	1105 - 1306 یا کمتر	3" یا کمتر	150mm یا کمتر
3000 - 2600	1806	4"	180mm
2600 - 2300	2204 - 2208, 2306	5"	210mm
2300 - 2000	2204 - 2208, 2306	6"	150mm
1600	2208	7"	350mm
1000 یا کمتر	2212 یا بیشتر	8", 9", 10" یا بیشتر	450mm

منابع : اینترنت

ITC

مرکز تربیت مربی فنی و حرفه ای