به نام خدا

از سلسله آموزش های ساخت ربات پرنده (کوادروتور)، در این قسمت سعی داریم نکات مهم و ضروری در انتخاب و خرید موتورهای براشلس را بیان کنیم.

انتخاب موتور، اولین و تأثیرگذار ترین پارامتر در ساخت پروژه است. شما در قدم اول باید بدانید کاربرد و هدف طرح شما چیست؟ برای مثال، تصمیم دارید ربات شما وسیله ای مانند دوربین حمل کند و یا مدلی کوچک با قابلیت مانور بالا می خواهید؟ در واقع باید قبل از شروع به کار، مأموریت تعریف شده برای کوادروتور مشخص شده باشد.

نوع مأموریت تعریف شده، ابعاد و نوع موتورهای آن را مشخص می سازد. لازم به ذکر است ساخت کوادروتورها وابسته به عامل های زیادی است، و در واقع با توجه به مأموریت ربات، همیشه باید حد وسط را در نظر بگیریم. زیرا رعایت نکردن پارامترهای موجود، علاوه بر بروز ناپایداری سبب از بین رفتن قطعات، علی الخصوص موتورها و درایور های آن ها می شود.

قبل از پرداختن به موضوع، پیشنهاد می شود جهت آشنایی بیشتر با ساختار موتورهای براشلس، انواع و مزیت های آنها، پست مربوط به " آشنایی با موتور براشلس" را مطالعه فرمایید.

قبل از آن به مقدمه ای کوتاه به عنوان پیش نیاز مطالب می پردازیم؛

آشنایی با باتری های Li-Po :

توضیحات تکمیلی در ارتباط با باتری های لیتیوم پلیمری در مبحثی مجزا پرداخته خواهد شد اما آن که به عنوان مقدمه برای این مبحث لازم است بدانیم این است که:

باتری های Li po در بسته بندی های و مشخصات متنوعی در بازار موجود است که ما باید طبق طراحی خود، باتری مناسب را تهیه کنیم.

برای مثال باتری Li-Po 11.1v 2100Mah 3s 20c نمونه ایی از نام گذاری این نوع باتری می باشد که:

11.1v نشان دهنده ولتاژ باتری

2100mAh نشان دهنده جریان باتری، و آمپر ساعت (Ah) یعنی اگر ما (طبق مثال) 2.1 آمپر، جریان از باتری بگیریم بعد از یک ساعت، باتری خالی خواهد شد. درواقع آن پارامتری که در باتری ها بسیار تأثیر گذار است، آمپر خروجی آنهاست (برای مثال اگر شما دوسر یک باتری قلمی1.5v معمولی که دیگر کار نمی کند را به ولت متر وصل کنید، تقریباً 1.5v را نشان می دهد، و این یعنی باتری ولتاژ لازم را دارد اما چون جریان ما کم است، باتری کار نمی کند.)

3S یعنی این باتری 3سلول (Cell) دارد. (هر سلول در واقع خود یک باتری است که 3.7v ولتاژ آن می باشد، و وقتی هر سلول با سلول دیگر سری می شوند، ولتاژ خروجی، مجموع آنها می شود.) طبق مثال ما از 3S بودن باتری نیز میتوانستیم متوجه شویم که ولتاژ آن 11.1v است :

$$3 \times 3.7v = 11.1v$$

جدول زیر نشان دهنده انواع ولتاژ ها نسبت به تعداد سلول های آن را نشان می دهد.

- 3.7 volt battery = 1 cell x 3.7 volts (1S)
- 7.4 volt battery = 2 cells x 3.7 volts (2S)
- 11.1 volt battery = 3 cells x 3.7 volts (3S)
- 14.8 volt battery = 4 cells x 3.7 volts (4S)
- 18.5 volt battery = 5 cells x 3.7 volts (5S)
- 22.2 volt battery = 6 cells x 3.7 volts (6S)
- 29.6 volt battery = 8 cells x 3.7 volts (8S)
- 37.0 volt battery = 10 cells x 3.7 volts (10S)
- 44.4 volt battery = 12 cells x 3.7 volts (12S)

20C یعنی 20برابر قدرت خالی کردن شارژ (Discharge) دارد. طبق مثال همانطور که گفته شد این باتری 2100 (میلی آمپر ساعت) یا 2.1 (آمپر ساعت) جریان کل آن است.در حالتی که ما فقط 2.1 آمپر جریان بگیریم باتری یک ساعت کار می کرد، و به همان نسبت اگر ما 4.2 آمپر جریان بگیریم این زمان 30 دقیقه می شود و غیره ... حال پارامتر C چیست ؟

بر فرض اگر یک باتری 10C داشته باشیم حداکثر جریانی که می توانیم از باتری بکشیم

$10 \times 2.1A = 21A$ است. حال می خواهیم کل زمانی که می توانیم حداکثر جریانی را که این باتری تأمین می کند را حساب کنیم :

$2100\ mAh / 60\ min = 35\ mA$ یعنی ما در یک دقیقه می توانیم 35 میلی آمپر جریان بکشیم

$35\ mA \times 10C = 350\ mA$

$2100\ mAh / 350\ mA = 6\ min$

یعنی اگر ما با حداکثر ظرفیت باتری (که طبق مثال 21A بود) از باتری جریان بکشیم، باتری 6 دقیقه کار می کند تا ظرفیت آن خالی شود.

حال بیایید در مورد باتری 20C محاسبه کنیم وضع به چه صورت است ؟!

$2100\ mAh / 60\ min = 35\ mA$

$35\ mA \times 20C = 700\ mA$

$2100\ mAh / 700mA = 3min$

می بینیم که زمان به سه دقیقه کاهش یافت! اما به این نکته توجه کنیم که این دفعه ما داریم از باتری 42 آمپر جریان می کشیم. در صورتی که از باتری 10C نمی توان بیشتر از 21A جریان کشید.

پس هرچه ضریب C یک باتری بیشتر باشد بهتر است و البته قیمت آن گرانتر !! (در مبحث مربوط به باتری ها به طور مفصل تر بحث خواهیم کرد که بهترین انتخاب چگونه باشد.)

حال با این مقدمه، توضیحات در ارتباط با انتخاب موتورها را آغاز می کنیم؛

مشخصات ظاهری :

مشخصات فیزیکی یک موتور براشلس، بر اساس استانداری است که اکثر شرکت های سازنده بر طبق آن محصولات خود را طبقه بندی می کنند. این استانداردها شامل :

قطر موتور(بر حسب میلی متر) ، طول موتور بدون در نظر گرفتن شافت(بر حسب میلی متر) ،

وزن موتور(بر حسب گرم) و قطر شافت (بر حسب میلی متر)

برای مثال اگر مدل موتوری **MT2213** نوشته بود، به این معناست که 22mm قطر موتور و 13mm طول موتور بدون شافت است.

مشخصات الکترونیکی :

مهمترین عامل در انتخاب موتور براشلس، مشخصات الکترونیکی آن است.

پارامترهایی را که از یک موتور باید بدانیم شامل حداکثر ولتاژ کاری(برحسب ولت) ، حداکثر شدت جریان(بر حسب آمپر) ، توان موتور (بر حسب وات) و همچنین پارامتری به نام Kv می باشد، که به تفصیل به توضیح آن خواهیم پرداخت.

Kv چیست ؟

Kv بر حسب دور بر ولت (Revs per volt) است، این عامل به ولتاژ بستگی داشته و برای بدست آوردن مقدار(دور بر دقیقه)RPM طبق فرمول زیر محاسبه می شود:

منبع ولتاژ × اندازه Kv موتور × 0.9 (عدد ثابت) = مقدار تقریبی RPM

برای مثال فرض می کنیم که یک موتور با 700kv داریم، و یک باتری 3 سلولی با ولتاژ 11.1 آنگاه دور موتور برابر خواهد شد با : 11.1v× 700kv × 0.9 = 6993 RPM

و موتوری مشابه با سایز قبل و با 1000Kv و باتری 3S با ولتاژ 11.1v آنگاه دور موتور خواهد شد:

1000 × 11.1 v × 0.9 = 9993 ~ 10,000 RPM

مشاهده می شود در مقایسه با موتور 700Kv ما تقریباً 30٪ کاهش دور داریم و اگر بخواهیم این کاهش دور موتور را جبران کنیم باید ولتاژ را افزایش دهیم به صورتی که با استفاده از باتری 4S می شود :

که این مقدار با اختلاف کمی با 1000Kv دارد. 700 × 14.8 v × 0.9 = 9324

اما فقط میزان RPM تنها عامل تأثیر گذار نیست، با فرض اینکه توان (watt) هر دو یکی باشد (که نیست) تنها راه افزایش توان، ارتقای ابعاد ملخ هاست که این کار به دو علت تقریباً نشدنی است:

1- افزایش قطر (طول) ملخ، که این کار باعث بزرگ تر شدن ابعاد طرح شده که این خود عاملی منفی است

2- با افزایش بار بر روی موتورها که سبب کشیدن جریان بیشتر از باتری شده و توان بیشتری نیز تولید می کند اما ممکن از حد تحمل موتور و درایورهای آن خارج باشد و سبب از بین رفتن قطعات گردد.

در ادامه بیشتر توضیح خواهیم داد که افزایش بهینه توان به چه صورت انجام می گیرد.

روابط حاکم بر ولتاژ، جریان و توان

در رابطه: جریان × ولتاژ = توان اینگونه نیست که برای ایجاد توان بیشتر ما یکی از پارامترهای جریان یا ولتاژ را به هر نسبتی تغییر دهیم.

هرکدام از این پارامتر خود حد مجازی دارند که باید رعایت گردند.

برای مثال موتور AX-2810Q-750KV Brushless Quadcopter Motor را در نظر می گیریم :

این موتور حداکثر جریانی که می تواند تحمل کند برابر 25 آمپر، حداکثر ولتاژ 14.8 ولت (باتری 4S) و حداکثر توان خروجی 370 Watt

حال اگر بخواهیم موتور را با حداکثر جریانی که تحمل می کند راه اندازی کنیم نتایج بدین صورت است:

3S Li-Po pack ➔ 25 A × 11.1 v = 277 W

4S Li-Po pack ➔ 25 A × 14.8 v = 370 W

5S Li-Po pack ➔ 25 A × 18.5 v = 462 W

6S Li-Po pack ➔ 25 A × 22.2 v= 555 W

مشاهده می کنیم فقط با باتری 3S و 4S می توانیم توانی در حد مجاز تولید کنیم و با مقادیر ولتاژ بیشتر، توان تولیدی سبب سوختن موتور خواهد شد. این روابط در صورتی بود که حداکثر جریانی که موتور می کشد برابر حد ماکزیمم خود یعنی 25 آمپر باشد. (که زیاد مطلوب نیست موتور در حراکثر جریان راه اندازی شود)

چه ملخی انتخاب کنیم ؟

در مقدمه بدانیم :

تراست (Thrust) یعنی نیرویی که توسط موتور ایجاد می شود برای آنکه جسم مورد نظر (در اینجا کوادکوپتر) جا به جا شود. (بلند شود)

استانداری که برای نام گذاری ملخ ها استفاده می شود بدین صورت است :

یعنی قطر(طول) ملخ 10 اینچ و گام (Pitch) 4.5 اینچ ➔ 1045 or 10×4.5

افزایش بار بر روی موتورها با افزایش قطر و گام ملخ حاصل می شود. و تراستی (Thrust) که ایجاد می به سه عامل بستگی دارد : قطر ملخ، گام ملخ و سرعت چرخش ملخ ها (RPM)

رابطه تراست با توان (Watt) برابر است(Thrust = K × Power) و برای خطی سازی این دو پارامتر نیاز به یک ثابت عددی (grm/Watt) k داریم که این عدد به صورت تجربی بدست می آید.

حال برای فهمیدن توان ایجاد شده باید به مشخصات فنی موتور که غالباً در اینترنت وجود دارد مراجعه کرد. مثلاً برای موتوری که مثال زده شد به آدرس زیر بروید :

http://www.himodel.com/electric/AX-2810Q_750KV_Outrunner_Brushless_Motor_for_Multi-rotor_Aircraft.html

البته در اینجا تراست هم محاسبه شده (به اسم pull) اما ما می خواهیم تراست ایجاد شده با ملخ 1045 را محاسبه کنیم. پارامتر هایی که نیاز داریم در جدول وجود دارد (سطر دوم) برای مثال :

قطر ملخ = 12 گام = 6 ولتاژ = 11.1 توان = 188.7 Watt kv موتور = 750 K=7

حال طبق فرمول هایی که گفته شد اول RPM را حساب می کنیم :

(3S) 11.1 ولتاژ × (Kv موتور) 750 ×0.9 =7492.5 RPM

و طبق فرمول محاسبه ثابت M داریم :

ثابت M = توان ایجاد شده / (RPM × گام × (قطر^2))

((12×12)” × 6” × 7492.5) / 188.7 watt

با محاسبه مقادیر فوق به عدد M= 34305 می رسیم.

حال می توانیم با مقدار M بدست آمده مقدار توانی را که ملخ 1045 ایجاد می کند را حساب کرد.

توان watt = ثابتM / ((10×10)” × 4.5” × 7492.5 rpm)

3371625 / 34305 = 98.2 Watt

با استفاده از ضریب k تراست را محاسبه می کنیم :

Thrust = k × Power ➔ Thrust = 7 × 98 ➔ Thrust = 687.9 ~ 688 گرم

ملاحظه می شود در مقایسه با ملخ 12×6 تقریباً 74٪ کاهش تراست داریم و این با توجه به مشخصات موتورهای ما کم می باشد. اما اگر مجبور باشیم فقط از ملخ 1045 استفاده کنیم (با توجه به ابعاد طرح) باید جهت بهینه سازی موتوری با ویژگی و توان مناسب خریداری کنیم.

پایان قسمت دوم

امیدواریم که مطالب ارائه شده به گونه ای بیان شده باشد که مثمر ثمر واقع شود.

ضمن تشکر از دوستانی که با نظرات خود نقاط ضعف و قوت ما را متذکر می شوند، لذا از همه دوستان تقاضا داریم با ارائه نظرات خود مارا در هدفمند ساختن مطالب سایت یاری فرمایید.

انشاا.. در قسمت های بعدی مباحث دیگری پوشش داده خواهد شد.

WWW.ROBOTICAL.IR

for more info Contact Zahedi@robotical.ir

انتشار مطالب با ذکر منبع بلامانع می باشد