



Weetjes over de techniek van het modelvliegen

Schooljongens (en meisjes) kennen iets van Watt, Ohm, Volt en Ampere. Modelbouwers spreken van schroeven, LiPo's en BEC's. Niet te vergeten de mysterieuze 'KV' en de beroemde 'C', welke niet de snelheid van het licht is... Maar wat schuilt er achter deze begrippen? En wat hebben ze te maken met de dagelijkse zaken van radiobestuurde vliegtuigen?

Tegenwoordig zijn piloten er zich van bewust dat je meer haalt uit een goede elektrische configuratie, dan een gemiddelde verbrandingsmotor. Voordeliger aanbod van materiaal hebben de prijs van brushless motoren, ESC (electronische snelheidsregelaars) en batterijen drastisch veranderd. Maar het is nog steeds een beetje verwant aan zwarte kunsten om uit deze drie stukken een juiste combinatie te kiezen om goed te kunnen vliegen

Minimale Watt's per kilo

Het eerste getal vertelt je hoeveel Watt je nodig hebt om je vliegtuig te doen vliegen. Natuurlijk, het werkt alleen maar voor redelijk passende systemen. Een parkflyer zal niet vliegen met een motor van 300 gram, hoe krachtig hij ook mag zijn...

- Foamie, 100 Watt per kilogram
- Trainer: 150 Watt per kilogram
- Warbird, Sportvlieger: 200 Watt per kilogram
- Racer, 3D: 300 Watt per kilogram
- EDF (Electric Ducted Fan): 400 Watt per kilo

Voorbeelden:

Een Calmato van 2.5kg heeft 375 Watts nodig, enz...

Watt duwt ons vooruit ?

Het tweede getal geeft een idee over de hoeveelheid trekkracht je kan verwachten van een goede configuratie. Opnieuw, dit geldt enkel voor een normaal functionerend aandrijfsysteem. Deze waarden geven een goede indicatie van wat mogelijk is... en wat niet.

- Brushless buitenloper: 4 gram per Watt
- EDF (Electric Ducted Fan): 2 gram per Watt
- Brushless binnenloper: 2 gram per Watt
- Brushless binnenloper met vertraging: 5 gram per Watt

Voorbeelden:

Een warbird met een 1000 Watt brushless buitenloper zal een trekkracht hebben van 4 kg.

een EDF jet met 600 Watt vermogen geeft een trekkracht van 1200 gram op de grond.



Vermogen...

Het derde getal is eigenlijk een formule, één dat de meesten hebben vergeten na hun schoolperiode.

- Vermogen (Watt) = Spanning (Volt) x Stroom (Ampère)
- Spanning (Volt) = Vermogen (Watt) / Stroom (Ampère)
- Stroom (Ampère) = Vermogen (Watt) / Spanning (Volt)

Wat is het verband met paarden? Simpel, je kan Vermogen in Watt converteren naar paardekracht met volgende regels:

- 1000 Watt = 1,34 PK
- 1 PK = 735 Watt

Voorbeeld:

Een Trainer vliegtuig met een 12 Volt batterij die 40 Ampère levert, geeft 480 Watt (of 0,64 PK).

Warmte..

Iedereen weet dat. Electriche motoren het ook warm krijgen. Om te weten hoe warm de windingen mogen worden zonder te verbranden, is hier een eenvoudige vuistregel.

- vliegtuig met schroef: gewicht motor (in gram) x 3 = max. Watt.
- EDF (Electric Ducted Fan): gewicht motor (in gram) x 5 = max. Watt.

Voorbeeld:

Een brushless buitenloper van 235 gram kan 705 Watt verbruiken voor één minuut zonder te verbranden.

Natuurlijk, als wordt aangenomen dat de motor correct wordt gebruikt en gekoeld door voldoende luchtstroom.

Deze vuistregel is te gebruiken voor brushless motoren. Oude 'brushed' motoren, zoals de Speed 600 overleven niet meer dan hun eigen gewicht in Watt...



Weerstand.....

Goud is een fantastisch metaal, wanneer het aankomt op vervoeren van stroom. Jammer genoeg is het zeer zwaar (en zeer duur). Dat is de hoofdreden voor ons om koper te gebruiken als elektrische geleider. Maar koper zet een deel van onze stroom om in warmte. Niet alleen draagt dit bij tot de opwarming, maar het vermindert ook de beschikbare vermogen tijdens de vlucht, Om dit drama te vermijden, zou men altijd een voldoende draaddikte moeten gebruiken.

- Tot 25A: 1.5 mm² draaddikte (15 AWG)
- Tot 60A: 2.5 mm² draaddikte (13 AWG)
- Tot 100A: 4.0 mm² draaddikte (11 AWG)

Niet alleen draad, maar ook stekkers en soldeertin moeten de hoge stromen aankunnen. Het is zoals overal, hoe groter, hoe beter...

Toerental...

Je hebt altijd willen weten waar 'KV' voor staat? Dit duidt het aantal omwentelingen per Volt dat de motor maakt. Het geeft ons de toeren-per-minuut van de motor in een vliegtuig.

- toeren-per-minuut = KV x Volt x 3/4

Voorbeelden: Een brushless buitenloper met KV van 1200 , verbonden op een 10 Volt bron, zal ongeveer draaien met een snelheid van 9000 t/min. Een binnenloper van 4200 KV zal 31500 t/min draaien.

Gegevens op een Brushless motor

Je kan brushless motoren in allerlei soorten en maten kopen, op een motor staan dan bijvoorbeeld 42-48 650 KV, zie de foto hieronder, dat betekent dat de motor een diameter heeft van 42 mm en dat de motor een lengte heeft van 48 mm (zonder as) en de toerental onbelast is 1250 KV (uitleg toerental staat hierboven beschreven)





Accu vol of leeg...

De spanning van een LiPo cell is 3,7 Volt. De werkelijke waarden hangen af van wat je nodig hebt. Als voorbeeld, om het vermogen van een configuratie te kennen, moet je rekening houden met de spanning van de batterij bij vol gas. Maar indien je wil weten als de batterij vol is, meet je de spanning zonder belasting. De volgende waarden geven je een idee van de typische 'werkelijke' cell spanning.

- LiPo tijdens vlucht (motor vol gas): 3,3 Volt
- LiPo bij volle lading (onbelast): 4,1 Volt
- LiPo leeg (onbelast): 3,7 Volt

Voorbeeld:

Om 300 Watt te verkrijgen, zal je een 3cell LiPo batterij nodig hebben, waarbij de motor belast is met ongeveer 30A.

Hier enkele (afgeronde) spanningen van typische LiPo's tijdens vlucht:

- 2S = 7 Volt
- 3S = 10 Volt
- 4S = 13 Volt
- 6S = 20 Volt
- 10S = 33 Volt

Pitch.....

Een proppelel kiezen is niet makkelijk. Meeste personen selecteren de correct diameter zodat de motor niet te veel stroom verbruikt. Maar de pitch wordt vaak over het hoofd gezien. Niks vervangt de test vlucht, maar hier zijn enkele getallen om je op weg te helpen bij de keuze van de pitch van een schroef.

- Airspeed in km/h = pitch (in inches) x (t/min) / 800
- Airspeed in km/h = pitch (in cm) x (t/min) / 2.000

Voorbeeld:

Een groot trainer vliegtuig met een 'grote' schroef 14"x4" die draait aan een snelheid van 8000 t/min, zal je een max. snelheid geven van 40 km/h, wat niet veel is. Maar een schroef 11"x8" aan 11000 t/min geeft een max. snelheid van 110 km/h, wat je niet nodig hebt. De beste keuze is waarschijnlijk een schroef 13"x6" draaiend aan een omwentelingsnelheid van 9600 t/min die een max. snelheid levert van 72 km/h. Dit is zo voor alle vliegtuigen, niet alleen electro.



Accu,s en 'C'

Op het etiket van je splinternieuwe LiPo's staat '15-20C', Maar er staat ook ergens een '1C' op het etiket...Hé !?

De '1C' in kleine letters betekend dat de max. laadstroom 1x de cell capaciteit is (alle LiPo's worden geladen aan '1C'). Anderzijds, het '15-20C' opschrift belooft je dat de batterij kan ontladen met een stroom van 15x de capaciteit en zelfs kortstondig belasten met 20x de capaciteit zonder schade.

De waarheid is dat meeste fabrikanten te optimistisch zijn, dus vergeet het tweede getal en probeer de piek ontladstroom te beperken tot onder eerste getal. Een 'realistische' ontladstroom kan op deze manier berekend worden:

- Max ontladstroom op de grond = (eerste getal) C x capaciteit / 1250
- Max ontladstroom gedurende 1 minuut = (eerste getal) C x capaciteit / 1500
- Max constante ontladstroom = (eerste getal) C x capaciteit / 2000

Voorbeeld:

Een 3000mAh batterij met '20/30C' zou ontladen kunnen worden met 60A gedurende enkele seconden. Deze zal het opstijgen met 48A overleven. Een volledige vlucht met afwisselend trage passages en vol gas aan 40A zal OK zijn. En kan ontladen worden met een constante stroom van 30A.

Warmte...

Om verbrandingsmotoren te koelen, maak je enkele openingen in de motorkap. Voor een electro vliegtuig moet je ook koeling voorzien voor de ESC (electronische snelheidsregelaar) en de batterij(en). De warme lucht moet op een bepaalde manier uit het vliegtuig kunnen geraken, dus moeten er bijkomende openingen gemaakt worden in de staart. Maar hoe groot moeten die openingen zijn?

- Lucht ingang oppervlakte (cm²) = aantal Watt / 40
- Lucht uitgang oppervlakte (cm²) = aantal Watt / 30

Voorbeeld:

Een warbird die 1000 Watt verbruikt, heeft een ingangsoopening nodig van $1000 / 40 = 25\text{cm}^2$ en een uitgangsoopening van 33cm^2 na de batterij, voor de luchtafvoer van de warme lucht naar buiten.

De uitgang MOET groter zijn dan de ingang om opstapeling van warme lucht te voorkomen welke nog erger is dan een te kleine ingang.



De interne weerstand...

Moderne batterijen leveren enorme prestaties vanwege hun zeer lage interne weerstand ('Ri'). Maar alle batterijen zijn niet gelijk. Om 2 merken te vergelijken of om te weten als een oudere batterijpak nog steeds geschikt is voor te vliegen, moet je de Ri meten. Enkel wat je nodig hebt is een voltmeter en een ampère-meter (ampère-tang) (of een wattmeter die beide combineert).

- Meet de spanning 'V1' gedurende een ontlading met een stroom 'A1' overeenkomend met $\pm 1C$
- Meet de spanning 'V2' gedurende een ontlading met een stroom 'A2' overeenkomend met $\pm 10C$
- $Ri = (V1 - V2) / (A2 - A1)$

Voorbeeld:

Bij een splinternieuwe LiPo van 2200mAh, meet je een spanning van 11,4 Volt bij een ontlading van 2,2 A en 10,5 Volt bij 22 A. De Ri van de batterij is dus $(11,4 - 10,5) / (22 - 2,2) = 0,045$ Ohm. Dit komt neer op een Ri van 0,015 Ohm per cell. Enkele maanden later, je vliegtuig vliegt niet meer als voordien. Je meet de Ri opnieuw met 11,2 Volt aan 2,2 A and 9,5 Volt bij 22 A, wat gelijk is aan 0,086 Ohm. Dit betekent dat het prestatievermogen van de batterij is gehalveerd. Dit geldt enkel als Ri wordt gemeten bij 'standaard' condities. Omgevings temperatuur, cell temperatuur en ontladingstoestand hebben een directe invloed op de resultaten. Het gemakkelijkste is om steeds Ri te meten van vers geladen batterijpak bij kamertemperatuur.

Wat omhoog gaat... ..Komt ook terug neer.

Maar wanneer? Volg deze magische formules om te schatten hoe lang je kan vliegen met een bepaalde batterij:

- Wedstrijd of 'vol gas': seconden = capaciteit (mAh) x 4,2 / max. stroom (gemeten op de grond).
- Aerobatics: seconden = capaciteit (mAh) x 7 / max. stroom (gemeten op de grond).
- 'No-stress' vlucht: seconden = capaciteit (mAh) x 11 / max. stroom (gemeten op de grond).

Voorbeelden:

- Funjet racer: een 2400 mAh batterij wordt onladen aan max. 42 A: $2400 \times 4,2 / 42 = 240$ seconden of 4 minuten.
- F3A aerobatics: een 4100 mAh batterij wordt onladen aan max. 52 A: $4100 \times 7 / 52 = 552$ seconden of 9 minuten.
- Piper Cub: een 3000 mAh batterij wordt onladen aan max. 34 A: $3000 \times 11 / 34 = 970$ seconden of 16 minuten.



Vlieg langer: voeg een cell bij!

Het laatste magische getal geeft je een idee van hoeveel energie een batterij bevat:

- $E = \text{capaciteit (in Ah)} \times \text{spanning (Volt)}$.

Als voorbeeld, wist je dat je langer kan vliegen met een LiPo van 3S 1000mAh dan met ene van 2S 1300mAh...? Inderdaad, om de zelfde vliegeigenschappen te verkrijgen, moet de 2S bij 7,4 Volt een stroom leveren van 13,5 A om 100 Watt aan vermogen te verkrijgen. De 3S moet enkel een stroom leveren van 9 A voor hetzelfde vermogen te verkrijgen. Gebruikmakend van de tijdsformule, verkrijgen we een 'No-Stress' vliegtijd van 20 minuten voor de 3S en 18 minuten voor 2S batterij. Als bonus zal de 3S batterij langer meegaan, door de lagere 'C' ontladstroom, dan de 2S bij dezelfde 'C'! Het magisch getal verteld het zelfde verhaal:

- Energie in de 2S: $1,3 \times 7,4 = 9,62$
- Energie in de 3S: $1 \times 11,1 = 11,1$

Sommigen zullen zeggen dat een lagere spanning gewoonlijk wil zeggen een grotere schroef en betere efficiëntie. Waar, maar de hogere 'C' ontlading en stroom in de motor veroorzaakt verliezen die de verwachte voordelen tenietdoen.