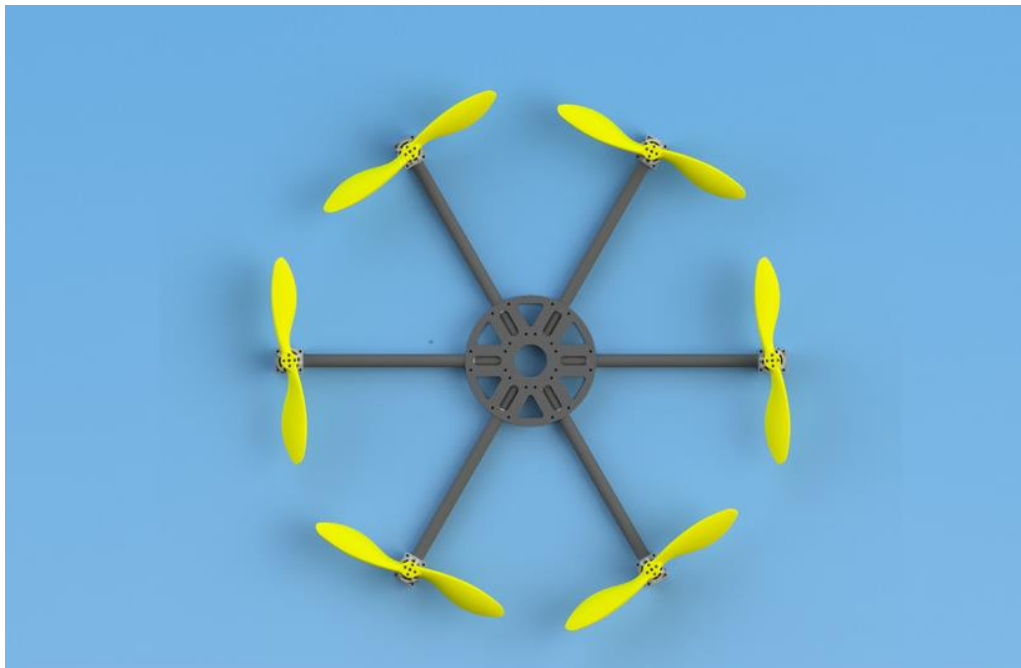


ŠEST-KOPTER



Avtor: Gal Pavlin
Novo mesto, oktober 2014

Kazalo vsebine

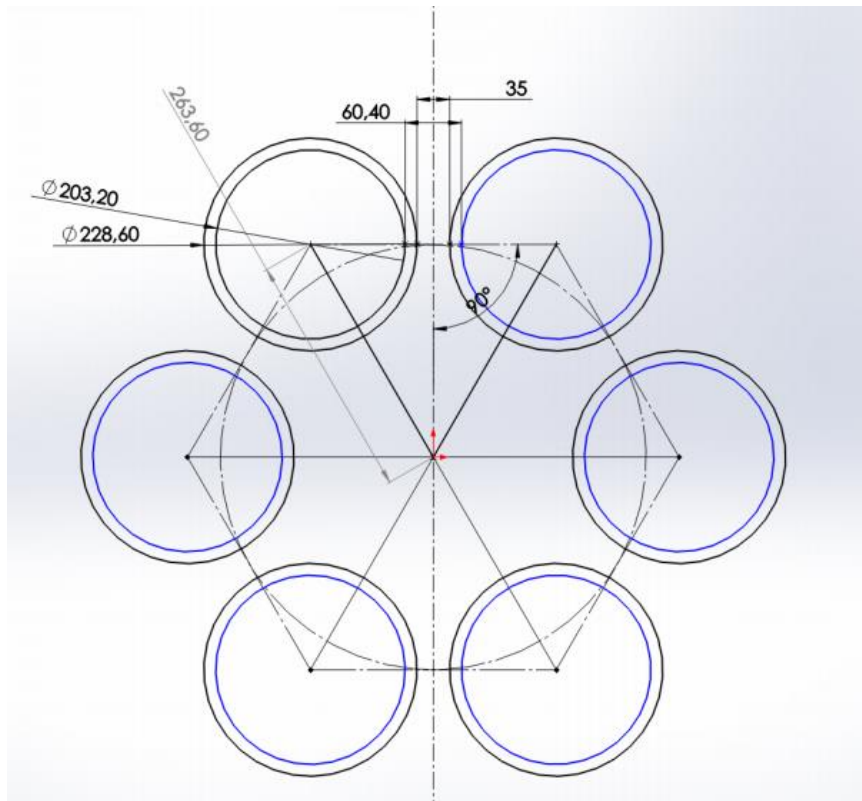
1	Kaj sploh je šest-kopter oz. hexacopter po angleško	3
1.1	Poznamo dva načina izdelave šest-kopterjev in sicer:	3
2	Kako deluje (način x)?	3
2.1	Naprej/nazaj, levo/desno	3
2.1.1	Vrtenje	4
3	Posamezni deli šestkopterja	4
3.1	Motorji	4
3.2	Propelerji	5
3.3	Regulatorji	5
3.4	Krmilna plošča	5
3.5	Radijski sprejemnik	5
3.6	Akumulator	5
3.7	Okvir	6
4	Moj šest-kopter	7
5	Priloga	8

Kazalo slik

Slika 1:	Osnovna shema šest-kopterja v x načinu	3
Slika 2:	Smeri vrtenja propelerjev pri šest-kopterju v x načinu	4
Slika 3:	Končni računalniški render	7
Slika 4:	Pogonski sklop	8
Slika 5:	Povezovalna sredina	8
Slika 6:	Krmilna plošča	9
Slika 7:	Radijski oddajnik (levo), akumulator (sredina) in šest-kopter (desno)	9
Slika 8:	Radijski oddajnik (levo) in akumulator (desno)	10

1 Kaj sploh je šest-kopter oz. hexacopter po angleško

Najbolj preprosto povedano gre za letečo napravo podobno helikopterju. Kot že samo ime pove ima ta naprava šest motorjev in propelerjev, ki so med sabo povezani tako, da tvorijo šestkotnik. Za lažjo predstavbo si pomagamo s podnjo skico. Veliki krogi predstavljajo pot zunanjegih robov propelerjev. V centru teh krogov pa se nahaja elektro motor.



Slika 1: Osnovna shema šest-kopterja v x načinu

1.1 Poznamo dva načina izdelave šest-kopterjev in sicer:

- šestkopter v x
- in šestkopter v +.

Razlika nastane samo različni postavitvi šestkotnika v prostor. Pri x načinu je šestkotnik postavljen tako, kot kaže zgornja slika. Torej sprenja dva kraka tvorita kot 30° na navpičnico. Pri načinu šestkopter v + pa cel lik samo zasukamo za 30° . Največ se uporablja prvi način v x.

2 Kako deluje (način x)?

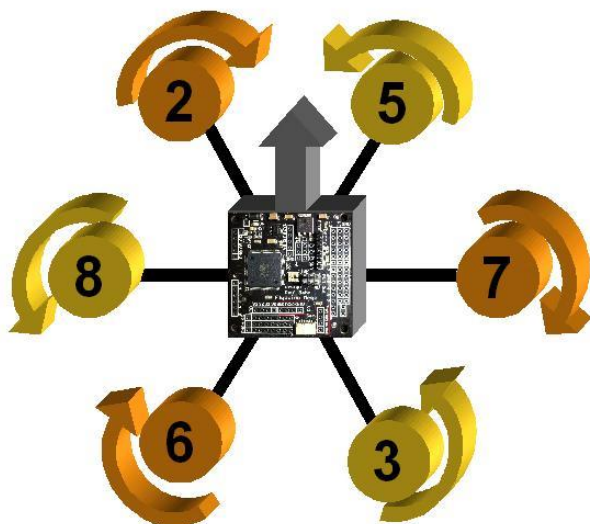
Na vsako oglišče šestkotnika postavimo en elektro motor. Šest-kopter je v osnovi stabilna platforma, ki lahko v zraku sama od sebe drži horizont. Pri krmiljenju šestkopterja povečujemo in zmanjšujemo frekvenco vrtenja različnih motorjev.

2.1 Naprej/nazaj, levo/desno

Če hočemo šest-kopter nagniti naprej povečamo hitrost zadnjih dveh motorjev in zmanjšamo hitrost sprednjih dveh. Nazaj pa ravno obratno. Če hočemo šest-kopter nagniti v levo, povečamo hitrost treh motorjev, ki so na desni strani in zmanjšamo hitrost tisti, ki so na levi. Silno preprosto.

2.1.1 Vrtenje

3. Newtonov zakon pravi: »Če prvo telo deluje na drugo telo s silo, deluje to na prvo z enako veliko, a nasprotno usmerjeno silo.« To s pridom izkorišča šest-kopter pri vrtenju. Motor, ki vrti nameščen propeler, ustvarja potisk navzgor in navor na ogrodje kopterja v nasprotni smeri vrtenja propelerja. Motorji na vseh več-kopterjih se ne vrtijo vsi v isto smer. Pol motorjev se vrti v levo, pol pa v desno smer.



Slika 2: Smeri vrtenja propelerjev pri šest-kopterju v x načinu

Na sliki lahko vidimo, v katero smer se motorji vrtijo. Tri v desno, tri v levo. Če hočemo šest-kopter zavrteti v desno (gledano od zgoraj) zmanjšamo hitrost motorjev označenih z št. 5, 3 in 8 (rumeni) in povečamo hitrost motorjev označenih z št. 2, 7 in 6 (oranžni). Za vrtenje v levo pa naredimo ravno nasprotno. V praksi je na tak način težko doseči zelo hitro vrtenje. Takšnih manevrov šestkopter tudi ne potrebuje.

3 Posamezni deli šestkopterja

N-kopter v osnovi potrebuje:

- N motorjev,
- N propelerjev,
- N regulatorjev,
- krmilno ploščo,
- radijski sprejemnik
- akumulator,
- opcijsko tudi dodatno senzoriko (gps, sonar, ...),
- in seveda okvir, ki vse to drži skupaj.

3.1 Motorji

V večini se uporablja 3 fazne, brezkrtačne motorje (razen v zelo majhnih modelih). Takšni motorji imajo zelo dobro razmerje med močjo in težo. Srečamo jih v vsakem cd/dvd bralcu. Motorji take vrste obstajajo v velikostnem rangi od nekaj gramov pa do nekaj kilogramov.

Če to prevedemo v moč, se motorji gibljejo od nekaj vatov, do 2, 4 ali celo 10 kilo vatov. Skratka obstaja jih malo morje. Pri mojem projektu sem uporabil motorje z močjo okoli 300W. Gre za kitajske motorje z imenom NTM Prop drive 28-26 1200kv. Oznaka 28-26 pove, da je motor širok 28mm in dolg 26mm. Oznaka 1200kv pa nam pove, da ima ta motor 1200rpm/volt. Nazivna napetost akumulatorja je 14,8V, torej lahko motor v teoriji doseže $1200 \cdot 14,8 = 17760$ rpm.

3.2 Propelerji

Pri izbiri propelerjev, moramo biti pazljivi, da ne preobremenimo motorja. Pazljivi pa moramo biti tudi, da kupimo levo IN desno sučne. Najbolje je, če proizvajalce motorjev vprašamo, katero velikost propelerjev priporočajo. Nato kupimo malo večje in malo manjše in izvedemo nekaj meritev. Na koncu pogledamo s katerim propelerjem je največji izkoristek. Največkrat nam tega ni potrebno delati, saj je to naredil že nekdo pred nami in te podatke objavil na spletu.

3.3 Regulatorji

Pri izbiri regulatorjev moramo biti pazljivi samo pri tem, za so dovolj močni za pogon motorja. Regulatorje se dobi v tokovnem rangi od 2A do 300A in napetostnem od napetosti ene lipo celice 1S (3.7V) do 6 lipo celic 6S (22.2V) in regulatorji z oznako HV (high voltage), ki so sposobni delovati tudi do napetosti 14 lipo celic 14S (52V). V mojem projektu uporabljam regulatorje znamke Turnigy plush 25A. Delujejo do napetosti 4 lipo celic (maks 16.8V) in so sposobni poganjati motor s 25A.

3.4 Krmilna plošča

Krmilna plošča je najpomembnejši element n-kopterjev. V krmilni plošči je zbrana vsa pamet, ki jo taka stvar premore. Na plošči so senzorji pospeška (žiroskop), zemljinega magnetnega polja (kompas in nagib), natančen barometer (višina), opcijski tudi gps sprejemnik, sonar, optični senzorji, itd. Krmilna plošča lahko sama nadzira n-kopter in je avtonomna, lahko pa preko radijske povezave sprejema naše ukaze.

3.5 Radijski sprejemnik

Kot radijski sprejemnik za krmilno ploščo lahko uporabimo navaden modelarski sprejemnik, ki ima kot izhod za vsak kanal PWM pri 50Hz in širino impulza od 1ms do 2ms.

3.6 Akumulator

Pri izbiri akumulatorja je pomembna njegova masa, kapaciteta, napetost in maksimalen tok. Masa akumulatorja ne sme biti prevelika, saj bi s tem n-kopter preobremenili in bi letel z velikimi težavami ali pa sploh ne. Ravno tako ne sme biti akumulator premajhen, saj bi se prehitro izpraznil. Prav tako je pomembna napetost (mora biti združljiva z motorji in regulatorji) in maksimalen tok, ki ga je akumulator zmožen poganjati. Če imamo regulatorje 25A (v mojem primeru), to pomeni, da mora biti akumulator za kratek čas zmožen poganjati tok $25A \cdot 6 = 150A$. Sliši se ogromno. Jaz uporabljam 4celični lipo akumulator znamke Turnigy s kapaciteto 5Ah in zmožnostjo poganjanja 200A za 10s oz. 100A konstantno.

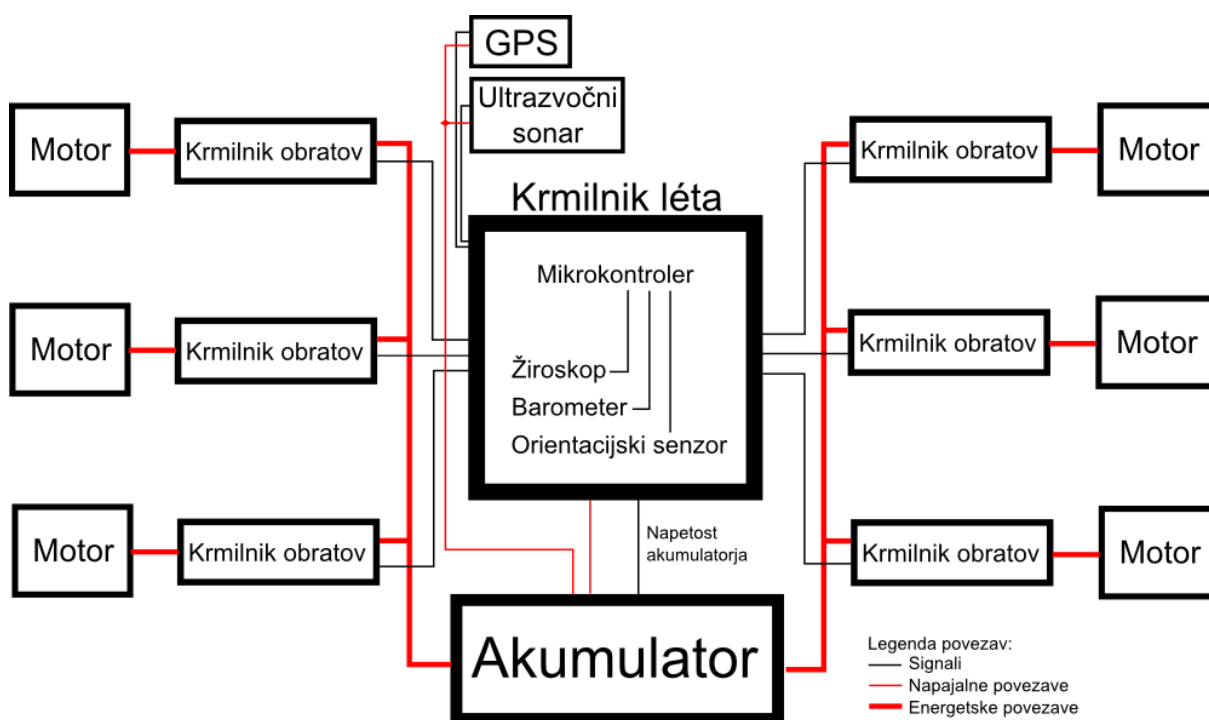
3.7 Okvir

Pri izdelavi n-kopterja je zelo pomemben okvir. Okvir mora biti dovolj tog in hkrati dovolj lahek. Najboljši materiali za izdelavo okvirja so aluminij, karbon, steklena vlakna in plastične mase. Pri mojem projektu sem uporabil karbonske cevi za roke, ki so na sredini spete s karbonsko ploščo. Izkaže se, da je za začetnika najboljši čim bolj preprosto in predimenzioniran okvir. Najlažje ga je narediti iz kvadratnih aluminijastih cevi (velikosti 20x2), ki so na sredini spete s aluminijasto ploščo ($d=3\text{mm}$) ali ploščo iz steklenih vlaken. Tak okvir bo sicer težak, vendar bo zdržal še tako trd začetniški pristanek.

Pri načrtovanju n-kopterja, moramo biti pazljivi, da je cel n-kopter na koncu težak malo manj kot polovica potiska, ki ga ustvarijo motorji. Torej če motorji skupno ustvarijo 50N potiska, je največja priporočljiva masa n-kopterja 2.5kg. To je sicer zelo ohlapno pravilo. Lažji kot je helikopter, boljše bo letel in bolj bo živahen.

4 Povezovanje posameznih delov v celoto

Vse dele šest-kopterja, je potrebno povezati v celoto. Na spodnji sliki je shema, na kateri lahko vidimo kako so deli povezani med sabo. Tanke črne črte predstavljajo signale, tanke rdeče črte nizko-energetsko napajanje in debele rdeče črte močnostno napajanje.



Fizično so povezave označene s tanko črno in rdečo črto tanke žice, preseka 0.25mm^2 . Skozi signalne in nizko energetske žice ne teče velik tok in so zato lahko tanke. Ravno nasprotno je s močnostnimi povezavami, zgoraj označenimi z debelo rdečo črto. Te žice morajo imeti velik presek ($\sim 4\text{mm}^2$) saj skozi njih teče zelo velik tok.

5 Moj šest-kopter



Slika 3: Končni računalniški render

Šest-kopter je načrtovan v računalniškem programu za 3D oblikovanje Solidworks. Datoteke so na voljo [na tej povezavi](#).

Okvir je zgrajen iz karbonskih rok (cevi) dimenzije 16x14x250mm. Dolge so 250mm, $f_i=14\text{mm}$, stena cevi pa je 1mm. Na sredini so povezane z dvema 1.5mm debelima karbonskima okroglima ploščama s premerom 140mm in debeline 1.5mm. Podvozje je narejeno iz polikarbonata, saj je ta material žilav, in 2 karbonskih cevi enakih dimenzij, kot za roke. Nosilci za motorje so izdelani iz 1.6mm PCB fibrglassa in 5mm debelega polikarbonata. Nosilci za cev, ki so nameščeni na sredini, kjer so cevi povezane, pa so izdelani iz 8mm debelega polikarbonata.

Masa: 1685g

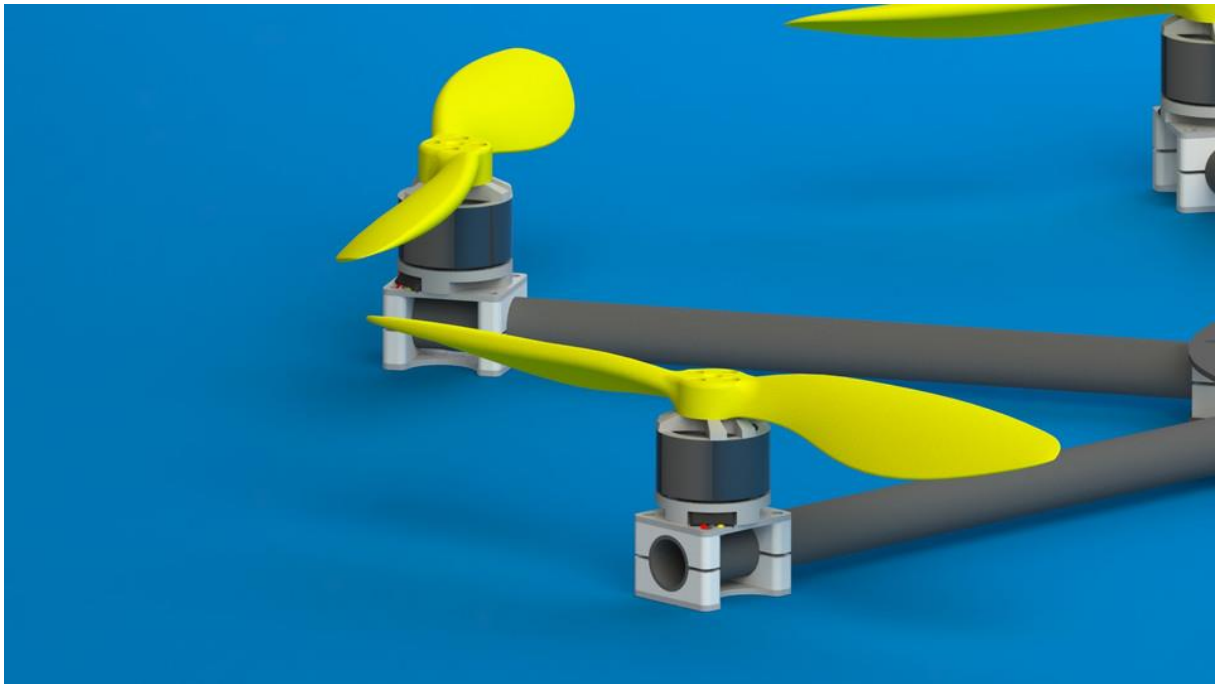
Maksimalna obremenitev: 1,8kg

Čas letenja (4S, 5Ah): 12min

Čas letenja s polno obremenitvijo (1,8kg): 7min

6 Priloga

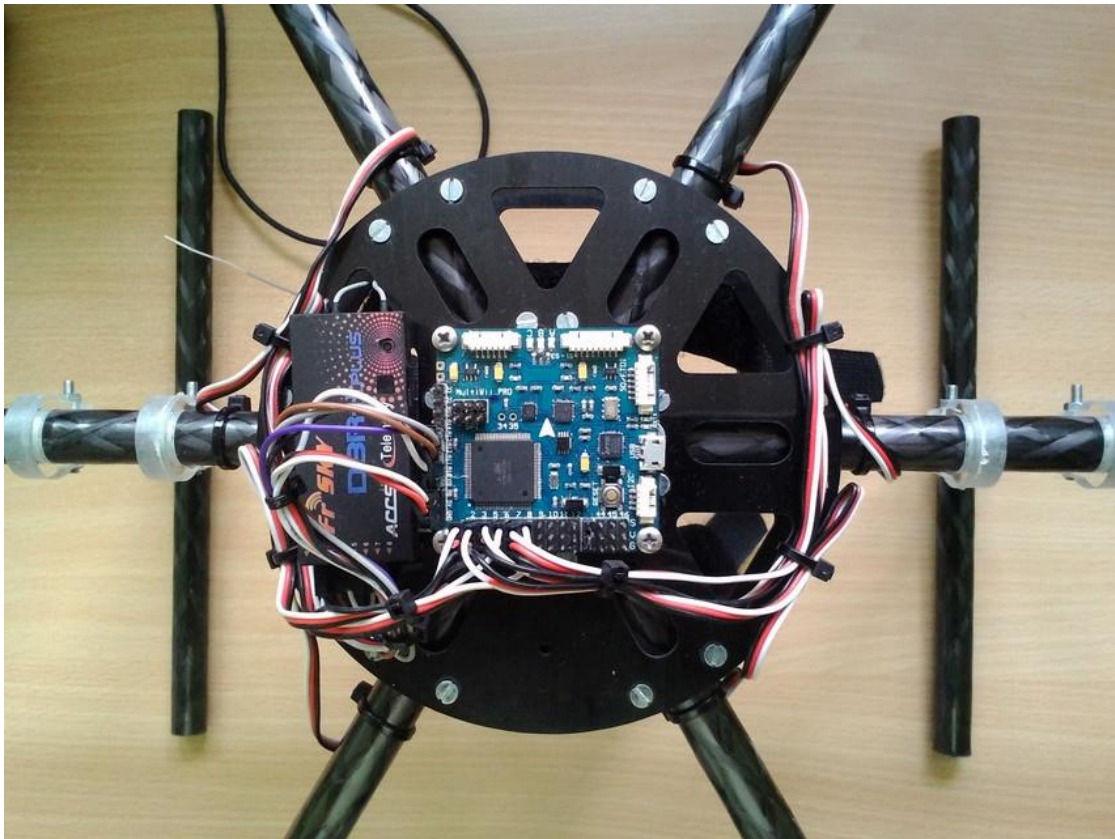
Prilagam še nekaj renderjev in slik za lažjo predstavo.



Slika 4: Pogonski sklop



Slika 5: Povezovalna sredina



Slika 6: Krmilna plošča



Slika 7: Radijski oddajnik (levo), akumulator (sredina) in šest-kopter (desno)



Slika 8: Radijski oddajnik (levo) in akumulator (desno)