

Šolski center Celje
Srednja šola za kemijo, elektrotehniko in računalništvo

RAZISKOVALNA NALOGA

ELEKTRIČNA ROLKA

Raziskovalna naloga

Avtor:
Ožbej Trunkl, E-4A

Mentor:
Andrej Grilc, univ. dipl. inž. ele.

Mestna občina Celje,
Mladi za Celje Celje, 2022

ZAHVALA

Za pomoč pri raziskovalni nalogi se zahvaljujem:

- Mentorju, g. Andreju Grilcu, saj mi je vedno bil v pomoč in podporo. Ko sem naletel na problem, mi je vedno znal svetovati tako, da sem našel rešitev.
- Sošolcema, Maticu Marcenu in Žanu Pekošaku, za vso pomoč pri izdelavi rolke in 3d tiskanju.
- Lektorici, prof. Tjaši Verdev za pomoč pri lektoriranju raziskovalne naloge.
- ŠC Celje - SŠ KER, ki mi je omogočila, da sem raziskovalno nalogo lahko opravil.
- Vsem sorodnikom in družinskim članom, ki so me podpirali in mi stali ob strani med nastajanjem raziskovalne naloge.

POVZETEK

Električna rolka

Raziskovalna naloga je namenjena izdelavi električne rolke, ki se lahko primerja z rolkami višjega cenovnega ranga, a je hkrati cenovno ugodna. Zaradi vedno večjega povpraševanja za takšna prevozna sredstva in veliko splošnega neznanja, sem se odločil, da svojo rolko naredim čimbolj preprosto, in da jo lahko razume vsak z vsaj malo znanja o tej tehnologiji. Raziskovano nalogo sem razdelil na tri dele. V prvem delu sem se predvsem osredotočil na že obstoječo tehnologijo električnih rolk in raziskal doma narejene rolke ter rolke večjih in bolj znanih proizvajalcev. S tem sem se lahko nato odločil kakšne komponente želim v rolki in katere komponente so med sabo sploh kompatibilne. Pozoren sem bil, da sem kupil čimbolj kompatibilne komponente, saj želim elektroniko rolke ohraniti preprosto in razumljivo. V drugem delu sem bolj podrobno opisal različne vrste in velikosti motorjev ter kako jih krmilimo. Poglobil sem se tudi v tehnologije shranjevanja energije, raziskal različne vrste baterijskih celic in baterijskih paketov ter kako polnimo le-te. V tretjem delu sem združil vse kupljene komponente in jih pritrdil na rolko. Z izdelano električno rolko lahko dosegam zelo velike pospeške in hitrosti, s čimer sem zelo zadovoljen.

Ključne besede:

Električna rolka, raziskava, cenovno ugodna, sestava, hitrost.

ABSTRACT

Electric skateboard

The research aims to build an electric skateboard that can be compared to higher-end skateboards, but is also affordable. Due to the increasing demand for such means of transport and a lot of general lack of knowledge, I decided to make my skateboard as simple as possible, so that anyone with even a little knowledge of the technology could understand it. I have divided the research task into three parts. In the first part, I focused mainly on existing electric skateboard technology and investigated home-made skateboards and skateboards from larger and more well-known manufacturers. This then allowed me to decide what components I wanted in the skateboard and which components were compatible with each other. I was careful to buy as many compatible components as possible, as I wanted to keep the electronics of the skateboard simple and easy to understand. In part two, I describe in more detail the different types and sizes of motors and how they are controlled. I also looked into energy storage technologies, researched different types of batteries and battery packs and how to charge them. In the third part, I combined all the components I had bought and attached them to the skateboard. I can achieve very high accelerations and speeds with the electric skateboard I have built, which I am very happy with.

Keywords:

Electric skateboard, research, affordable, composition, speed.

VSEBINA

1 UVOD	8
1.1 HIPOTEZE	8
2 PREGLED STANJA TEHNIKE	9
2.1 DOMA IZDELANE ELEKTRIČNE ROLKE	9
2.2 KOMERCIALNE ELEKTRIČNE ROLKE	9
2.2.1 MEEPO SHUFFLE (V4)	10
2.2.2 HADEAN BAMBOO STREET	11
3 MATERIALI IN METODE DELA	12
3.1 KONTROLIRANJE MOTORJA	12
3.1.1 ESC ZA KRTAČNE MOTORJE	12
3.1.2 ESC ZA BREZKRTAČNE MOTORJE	12
3.2 ELEKTROMOTOR	13
3.2.1 KRTAČNI ENOSMERNI MOTOR	13
3.2.2 BREZKRTAČNI ENOSMERNI MOTOR	14
3.2.3 ZAZNAVANJE POZICIJE MOTORJA	17
3.3 BATERIJE	19
3.3.1 LITIJ-IONSKE BATERIJE	20
3.4 POLNJENJE BATERIJ	21
4 IZDELAVA ELEKTRIČNE ROLKE	23
4.1 PRITRJEVANJE POGONSKEGA DELA ROLKE	23
4.2 IZDELAVA ELEKTRONSKE ŠKATLICE	26
4.3 KNFIGURACIJA IN PROGRAMIRANJE ESC VEZJA	28
4.4 IZDELAVA BATERIJSKEGA PAKETA	32
5 SKLEP	35
6 ZAKLJUČEK	37
VIRI IN LITERATURA	38
VIRI SLIK	38
VIRI LITERATURE	39

Kazalo slik

Slika 1 Primer doma narejene rolke Vir: [1]	9
Slika 2 Izvedba motorja v kolesu rolke Vir: [2].....	10
Slika 3 Rolka Meepo Shuffle v4 Vir: [2]	10
Slika 4 Rolka Hadean Street Vir: [3]	11
Slika 5 Rolka Hadean All terrain Vir: [4]	11
Slika 6 ESC vezje za krtačne motorje Vir: [5].....	12
Slika 7 ESC vezje za brezkrtačne motorje Vir: [6].....	13
Slika 8 Enostavna skica krtačnega motorja Prirejen vir: [7]	13
Slika 9 Primer krtačnega motorja Vir:[8]	14
Slika 10 Enostavna skica brezkrtačnega motorja Vir: [9]	14
Slika 11 Brezkrtačni motor z notranjim rotorjem Vir: [10]	15
Slika 12 Brezkrtačni motor z zunanjim rotorjem Vir: [10]	15
Slika 13 Brezkrtačni motor z rotorjem v obliki diska Vir: [10]	16
Slika 14 Brezkrtačni motor Flipsky R 6374 Vir: [11]	16
Slika 15 Pozicije Hall senzorjev v brezkrtačnem motorju Vir: [12].....	17
Slika 16 Skica povratnega EMF v brezkrtačnem motorju Vir: [12]	18
Slika 18 Litij-polimer baterijski paket Vir: [14]	19
Slika 17 Baterija Nikelj-metal hidrid Vir: [13]	19
Slika 20 Gumbaste litij-ionske celice Vir: [16]	20
Slika 19 Prizmatični baterijski paket Vir: [15].....	20
Slika 21 Različne velikosti cilindričnih litij-ionskih celic Vir: [17]	20
Slika 22 Pametni polnilec znamke ISDT Vir: [18]	21
Slika 23 Skica vezave baterijskega paketa z BMS vezjem Vir: [19]	22
Slika 24 Nosilec pritrjen na podvozje rolke Vir: (osebni vir)	23
Slika 25 Motor pritrjen na nosilec Vir: (osebni vir)	24
Slika 27 Zobnik pritrjen na kolo rolke Vir: (osebni vir).....	24
Slika 26 Kolesa narejena za električno rolko Vir: [20]	24
Slika 28 Pogonski del rolke Vir: (osebni vir)	25
Slika 29 Elektronska škatlica Vir: (osebni vir).....	26
Slika 30 Komplet oddajnika in sprejemnika Vir: [21].....	27
Slika 31 Izpis podatkov na zaslonu oddajnika Vir: [21].....	27
Slika 32 Vezalna shema ESC vezja Vir: [6]	27
Slika 33 Začetna stran VESC programa Vir: (osebni vir)	28
Slika 34 VESC program "Motor Settings" Vir: (osebni vir)	29
Slika 35 VESC program določanje vrste motorja Vir: (osebni vir)	29
Slika 36 VESC program določanje tokovnih veličin Vir: (osebni vir)	30
Slika 37 VESC program zaznavanje pozicije motorja Vir: (osebni vir) ...	30
Slika 38 VESC program avtomatsko zaznavanje veličin motorja Vir: (osebni vir).....	31
Slika 39 VESC program končno okence Vir: (osebni vir)	31
Slika 40 Baterijski paket v eni vrsti Vir: (osebni vir).....	32
Slika 41 Baterijski paket v dveh vrstah Vir: (osebni vir)	32
Slika 42 Celice Sony US18650V3 Vir: (osebni vir)	34

Kazalo grafov in tabel

Graf 1 Izhodni signali Hall senzorjev v motorju Vir: [12].....	17
Graf 2 Izhodni signali povratnega EMF Vir: [12].....	18
Graf 3 Praznjenje celic Sony US18650V3 z različnimi tokovi Vir: [22].....	33
Graf 4 Polnjenje celic Sony US18650V3 Vir: [22].....	34
 Tabela 1 Specifikacije celice Sony US18650V3 Vir: [22].....	 33
Tabela 2 Cena celotne rolke.....	36

1 UVOD

Vsak dan se ljudje po celem svetu odpravljajo v službe, šole in po drugih vsakodnevnih opravkih ter pri tem uporabljajo najrazličnejše načine transporta. V zadnjem času vidimo vedno večji napredek v električnih prevoznih sredstvih, kot so električni avti, kolesa, skiroji, rolke, ... Veliko ljudi se raje odloči za omenjena okolju prijaznejša prevozna sredstva, kot pa za avto. S tem pripomoremo k izboljšanju okolja, v katerem živimo in zmanjšanju izpustov, ki pospešujejo globalno segrevanje. Ne glede na to, kakšne prednosti predstavljajo električna vozila, pa je ta tehnologija vselej dokaj mlada in polna pomanjkljivosti. Električne celice, ki poganjajo ta vozila, imajo še vedno veliko težav, kot so: nevarnost požara, okvara na eni celici, ki ogrozi življenjsko dobo celotnega paketa, nekompatibilnost na različnih polnilnicah itd.

Električna kolesa, skiroji in rolke so postali popularna prevozna sredstva zaradi svoje praktičnosti, preproste uporabe in hitrosti, ki jih lahko dosežejo. Kljub temu pa so pogost problem visoke cene, zaradi katerih so omenjena električna vozila povprečnemu uporabniku velikokrat cenovno nedostopna, zato je cilj moje raziskovalne naloge, da s pomočjo znanja in izkušenj, pridobljenih v srednji šoli, izdelam električno rolko po čim ugodnejši ceni in si s tem skrajšam potovalni čas od doma do šole ter obratno. Za električno rolko sem se odločil zaradi njene velikosti in dokaj majhnega profila, ki omogoča, da le-ta ne zavzame veliko prostora in je lahko prenosljiva.

1.1 HIPOTEZE

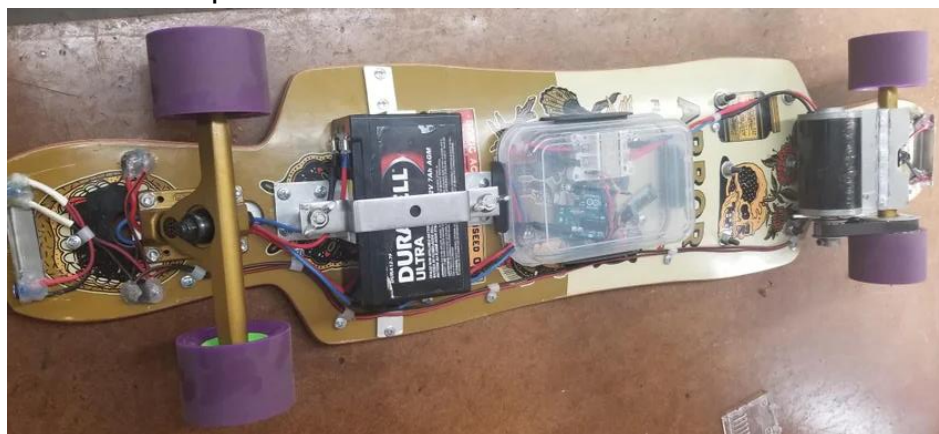
Pred začetkom raziskovanja sem podal naslednje hipoteze.

- Rolka bo dosegla hitrosti do 35 km/h.
- Rolka bo imela doseg 15 km.
- Celotna rolka z vsemi deli bo stala manj kot 250 evrov.
- Izdelava električne rolke z znanjem pridobljenim v srednji šoli za elektrotehniko je izvedljiva.

2 PREGLED STANJA TEHNIKE

2.1 DOMA IZDELANE ELEKTRIČNE ROLKE

Na spletu in video spletnih omrežjih lahko zasledimo veliko različnih tipov doma izdelanih električnih rolk. Večinoma so to longboard rolke, ki so zaradi svoje velikosti in stabilnosti vožnje najprimernejše za domačo izdelavo. Zasledimo lahko veliko različnih vodičev, ki po korakih izdelujejo električne rolke, a so marsikateri nepopolni. Te rolke ljudje izdelujejo za lastno uporabo in imajo zato manj estetski videz kot rolke na trgu, a vseeno dosegajo enake ali celo večje hitrosti. Električne rolke, ki jih izdelamo doma, imajo ponavadi samo en motor, predvsem zato, da pri izdelavi ne porabimo preveč denarja. Kljub temu imajo doma narejene rolke tehnične pomanjkljivosti, ker niso tovarniško testirane in pri izdelavi ne sodeluje toliko izkušenih ljudi kot v podjetjih, lahko zaradi tega večkrat pride do različnih zapletov in okvar.



Slika 1 Primer doma narejene rolke Vir: [1]

2.2 KOMERCIALNE ELEKTRIČNE ROLKE

Pred izdelavo raziskovalne naloge sem razmišljal o nakupu ene izmed različnih električnih rolk, ki jih lahko dobimo na trgu. Po krajši raziskavi na internetu me je presenetila cena teh rolk in spoznanje, da bi za nakup takšne rolke moral odšteti enako količino denarja kot za manjši motor. Zaradi visokih cen lahko sklepamo, da so te rolke zelo trpežne in iz kvalitetnih materialov ter komponent. Električne rolke dosegajo velike hitrosti, celo do 50 km/h. Komercialne rolke poganjata večinoma dva elektromotorja, ki poleg pogona nudita tudi zaviranje na kolesih. Obstajajo pa tudi rolke s štirimi elektromotorji, kar pa posledično pomeni večji strošek.

Sedaj bom opisal nekaj proizvajalcev električnih rolk, med katerimi sem izbiral med iskanjem le-teh.

2.2.1 MEEPO SHUFFLE (V4)

Ena izmed cenovno najugodnejših električnih rolk je rolka Meepo Shuffle proizvajalca Meepo. Je ena najpopularnejših in najbolj prodajanih električnih rolk tega proizvajalca, saj zaradi svojega manjšega profila in estetskega izgleda pritegne veliko navdušencev ter začetnikov.

Poganjata jo dva 620 W motorja, nameščena direktno v kolo rolke. Upravljamo in reguliramo ju preko brezžičnega daljinca. Zaradi baterijskega paketa iz 18650 lit-ionskih celic, razporejene v razporeditvi 10 zaporedno 2 vzporedno, lahko rolka doseže razdaljo 18 km. Baterijski paket lahko z 8 A polnilcem napolnimo v manj kot 30 minutah, kar je za doseg rolke osupljivo. Ta kombinacija celic ter dveh močnih motorjev pa dovoljuje rolki rekordno hitrost 47 km/h, kar je za ta cenovni rang skoraj neizvedljivo.



*Slika 2 Izvedba motorja v kolesu rolke
Vir: [2]*

Seveda pa ima rolka tudi svoje težave, ki se velikokrat pojavijo pri rolkah nižjih cen. Kvaliteta materialov, iz katere je rolka, je slabša saj so proizvajalci poskusili čim več denarja zapraviti za električni del rolke.

Kvaliteta lesa, podvozja in koles rolke je na ravni cenovnih longboard rolk, kar pa seveda ne spremeni mojega mnenja, da je ta rolka ena izmed najboljših rolk na trgu.



*Slika 3 Rolka Meepo Shuffle v4
Vir: [2]*

2.2.2 HADEAN BAMBOO STREET

Na drugi strani cenovnega ranga pa prevladuje proizvajalec Evolve Skateboards, ki proizvaja ene najboljših električnih rolk današnjega časa. Rolka Hadean Bamboo Street mi je zbudila zanimanje ne samo zaradi njenega estetskega videza, ampak tudi zaradi njene osupljive zmogljivosti.

Rolka je sestavljena iz najboljših materialov, ki zagotavljajo gladko in zabavno vožnjo. Za takšno kvaliteto pa je treba odšteti kar veliko denarja. Rolka Hadean Bamboo ima več modelov, model Street s cestnimi kolesi, model All terrain z večjimi kolesi za vožnjo po grobem terenu in 2v1 z obojnimi. Za modela Street in All terrain moramo odšteti 2000 €, za model 2v1 pa celo 2150 €.

Rolko poganjata dva velika 3000 W motorja, s katerima se lahko z lahkoto zapeljemo v kakršnokoli strmino in nazaj, saj imata motorja tudi možnost aktivnega zaviranja, ki ne samo zavira, ampak ob tem tudi polni baterijski paket. Baterijski paket sestavlja 48 21700 litij-ionskih celic v razporeditvi 12 zaporedno in 4 vzporedno, kar rolki zagotavlja 65 km doseg. Seveda pa je pri tako velikem baterijskem paketu treba za polnjenje počakati od 3.5 do 4 ure. Rolka dosega hitrosti do 50 km/h, kar je za njen pogon zelo malo.



Slika 4 Rolka Hadean Street Vir: [3]



Slika 5 Rolka Hadean All terrain Vir: [4]

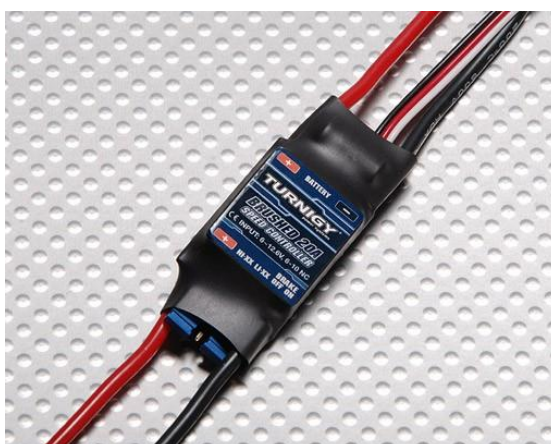
3 MATERIALI IN METODE DELA

3.1 KONTROLIRANJE MOTORJA

Motor rolke in drugih električnih prevoznih sredstev kontroliramo preko ESC ali električnim upravljalnikom hitrosti, ki je majhno elektronsko vezje, s katerim spreminjamo motorju hitrost in smer vrtenja. Nekatera ta vezja omogočajo tudi dinamično zaviranje, kar pomeni, da v primeru zaviranja motor deluje kot generator in pri tem polni baterijo. Tako kot pri motorjih poznamo različne vrste ESC vezij: krtačne in brezkrtačne.

3.1.1 ESC ZA KRTAČNE MOTORJE

Krtačni motorji so po gradnji dosti enostavnejši kot brezkrtačni, zato praviloma dodatnega upravljanja z ESC ne potrebujemo, saj motor za vrtenje ne potrebuje izmenične napetosti. Ta vrsta krmilja regulira izhodno napetost na motor in s tem tudi njegovo hitrost. Zaradi enosmerne napetosti pa iz krmilnika potekata samo dve žici.



Slika 6 ESC vezje za krtačne motorje Vir: [5]

3.1.2 ESC ZA BREZKRTAČNE MOTORJE

ESC krmilniki za brezkrtačne motorje so kompleksnejši kot brezkrtačni. Na vhodu krmilnik sprejme DC-napetost, ki jo nato pretvori v izmenično, trifazno AC-napetost. Z vklopjanjem in izklopjanjem tranzistorjev, vgrajenih v vezju, pošilja izmenične signale v motor, v katerem se nato namagnetijo tuljave, ki zavrtijo motor. Če zamenjamo eno od treh signalnih žic, bo motor deloval normalno, zamenjala se bo samo smer vrtenja. Ta tehnika kontroliranja motorja se uporablja v večini električnih prevoznih sredstev. V moji rolki uporabljam brezkrtačni ESC, model Flipsky Mini FSESC4.20 50A, ki spada v višji cenovni rang ESC, ampak je zato tudi zelo programljiv za razliko od drugih cenejših opcij.



*Slika 7 ESC vezje za brezkrtačne motorje
Vir: [6]*

3.2 ELEKTROMOTOR

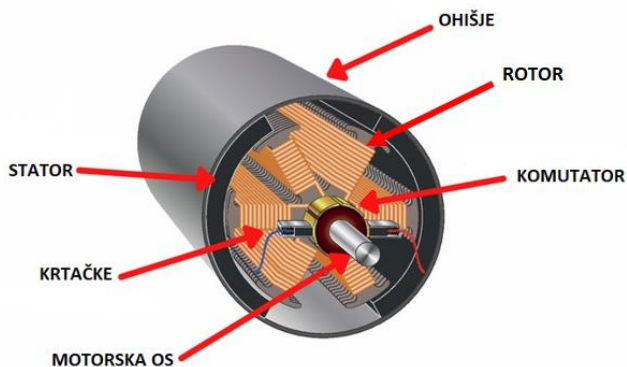
Elektromotorji so naprave, ki električno energijo pretvarjajo v mehansko. Elektromotor sestavljata dva glavna dela, stator, ki se ne premika in rotor, ki se vrti ob prejetju elektromagnetne energije. V nekaterih elektromotorjih pa so nameščeni tudi komutator in krtačke.

Elektromotorje delimo v dve kategoriji glede na vrsto električne energije, ki jo sprejmejo. To so DC ali enosmerni motorji ter AC ali izmenični motorji. Enosmerni motorji pa se podrobneje delijo še na krtačne in brezkrtačne motorje.

3.2.1 KRTAČNI ENOSMERNI MOTOR

Krtačni enosmerni motorji za vrtenje uporabljajo enosmerni tok. Sestavljeni so iz štirih glavnih delov: stator, rotor, komutator in krtačke. Stator s pomočjo navitij ali permanentnih magnetov ustvarja magnetno polje okoli rotorja, ki pa je lahko sestavljen iz enega ali več navitij.

Magnetna sila povzroči premik rotorja, da pa rotor nadaljuje vrtenje, moramo magnetna polja nenehno spreminjati. To nalogo opravlja komutator, ki je nameščen na osi rotorja. Na straneh se stika s pozitivnima in negativnima krtačkama, ki pri vrtenju ustvarjata naboj v navitju. Da pa zamenjamo polariteto navitja, so na komutatorju nameščene reže, ki se stikajo s krtačkami.



Slika 8 Enostavna skica krtačnega motorja Prirejen vir: [7]

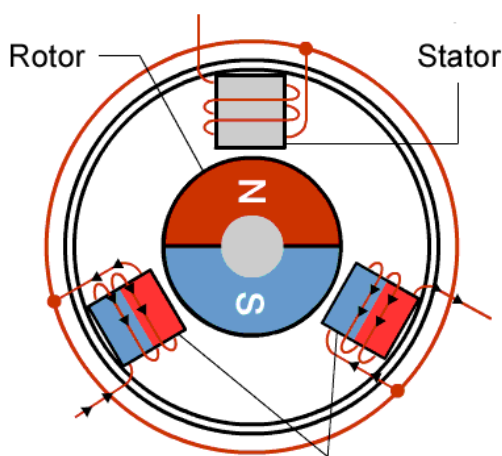
Slabost krtačnih motorjev je, da krtačke povzročajo trenje, kar poškoduje krtačke in s tem zmanjša življenjsko dobo motorja. Krtačni motorji se najpogosteje uporabljajo v ročnih orodjih, gospodinjskih aparatih, saj so manj kompleksni in s tem cenovno ugodnejši.



*Slika 9 Primer krtačnega motorja
Vir: [8]*

3.2.2 BREZKRTAČNI ENOSMERNI MOTOR

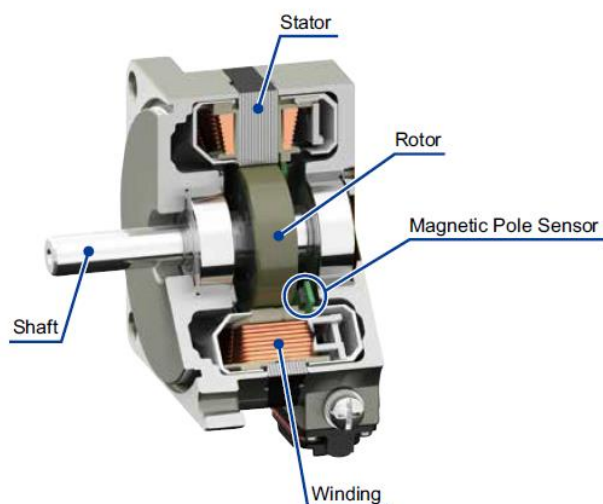
Brezkrtačni motorji za vrtenje potrebujejo izmeničen signal, ki izklaplja in vklaplja navitja, ko je to potrebno. Pri brezkrtačnem motorju sta glavna dela stator in rotor. Rotor ima nase pritrjene stalne magnetne, stator pa ima nase pritrjena navitja, ki ustvarjajo magnetno polje. Navitja statorja morajo biti v statorju nameščena pod določenim kotom. Za uspešno vrtenje rotorja je potrebno natančno nadzorovati vklapljanje in izklapljanje statorskih navitij. Za to nalogo uporabljamo električne upravljalnike hitrosti ali kot sem že omenil ESC. Ta deluje kot elektronski komutator, ki skozi tri žice pošilja izmenične signale. Ker med rotorjem in statorjem ni stika in je rotor pritrjen samo na motorsko os, je življenjska doba brezkrtačnega motorja skoraj neskončna.



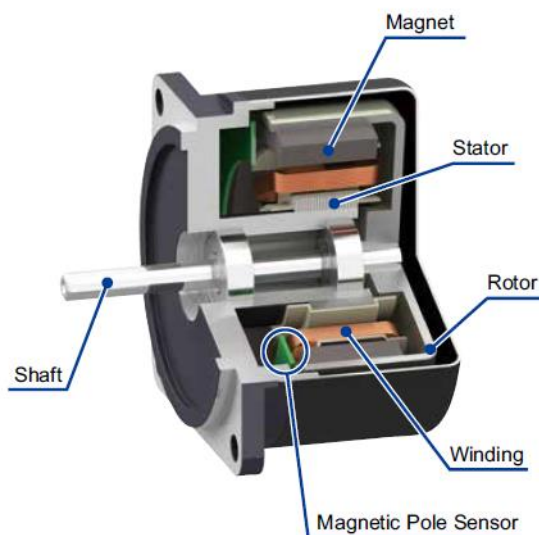
*Slika 10 Enostavna skica brezkrtačnega motorja
Vir: [9]*

Brezkrtačne motorje delimo v tri vrste:

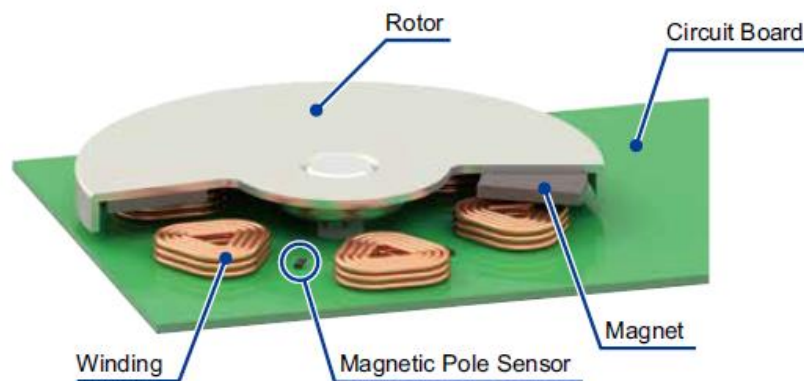
- Motorji z zunanjim rotorjem, ki imajo navitja statorja v notranjosti motorja. Pri teh motorjih se ohišje vrti z rotorjem.
- Motorji z notranjim rotorjem, ki imajo navitja statorja nameščena na ohišje motorja, rotor pa se nahaja v notranjosti.
- Motorji z rotorjem v obliki diska, ki imajo navitje statorja na vodoravnem tiskanem vezju (PDB), rotor pa je v obliki diska in se vrti nad statorjem.



Slika 11 Brezkrtačni motor z notranjim rotorjem
Vir: [10]



Slika 12 Brezkrtačni motor z zunanjim rotorjem
Vir: [10]



*Slika 13 Brezkrtačni motor z rotorjem v obliki diska
Vir: [10]*

Izbral sem brezkrtačni motor, saj ima prednost pred krtačkami in ima daljšo življenjsko dobo. Odločil sem se za motor Flipsky R 6374 (63 mm premer, 74 mm dolžine). Zaradi svoje velike moči 3200 W in potiska je ta motor zelo primeren za rolko.

Elektromotorji imajo posebno specifikacijo KV, to nam pove, koliko obratov lahko naredi motor na 1 V dovedene napetosti. Večji kot je KV, večja je hitrost, a manjši potisk. Moj motor ima specifikacijo 190 KV, s čimer me bo rolka lahko pripeljala v kakšen koli hrib, a sem s tem izgubil približno 15 km/h hitrosti. Poleg treh žic ima tudi žico za Hall senzorje, ki jo priključiš v ESC.



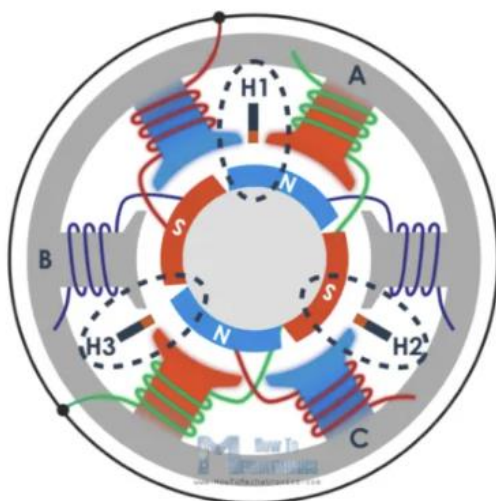
*Slika 14 Brezkrtačni motor Flipsky R 6374
Vir: [11]*

3.2.3 ZAZNAVANJE POZICIJE MOTORJA

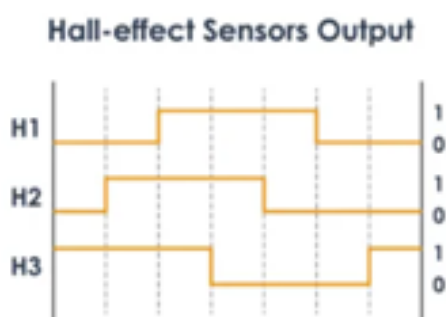
Kot sem že omenil, potrebujejo brezkrtačni motorji za vrtenje izmenični signal. Da pa signal pride do določenega navitja v pravem trenutku, je potrebno od motorja pridobiti povratne informacije o njegovi poziciji. Te nato sprejme naš električni upravljalnik hitrosti oz. ESC in pošlje signal v pravo navitje. Pozicijo motorja lahko zaznamo z dvema metodama:

- Metoda z uporabo Hall senzorja:

ta metoda deluje na principu Hall efekta, ki meri magnetno polje rotorja in zaznava njegovo pozicijo. Hall senzorji so enakomerno porazdeljeni in nameščeni v statorju 120° ali 60° drug od drugega. Senzorji zaznajo eno magnetno polje kot logično 1, drug pol pa kot logično 0. To informacijo nato pošljejo nazaj v ESC, ki nato pošlje zelen signal.



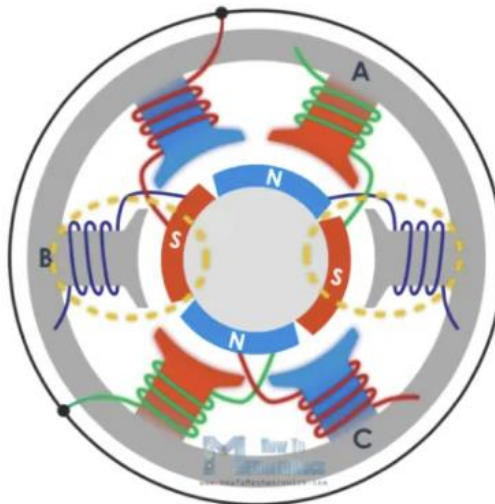
Slika 15 Pozicije Hall senzorjev v brezkrtačnem motorju Vir: [12]



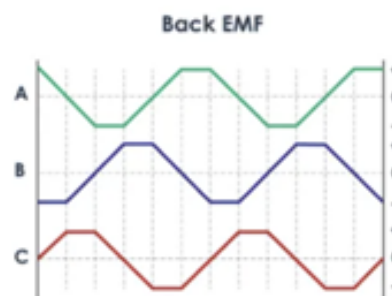
Graf 1 Izhodni signali Hall senzorjev v motorju Vir: [12]

- Metoda z zaznavanjem povratne elektromehanske sile (EMF):

ta pojav je ravno obraten od generiranja magnetnih polj in se pojavi, ko je navitje izklopljeno in se zaradi mimo potujočega rotorskega magneta v navitju inducira tok. Zaradi pretoka toka ESC v navitju zazna padec napetosti ter izračuna, kdaj je potrebno v navitje poslati naslednji interval.



*Slika 16 Skica povratnega EMF v brezkrtačnem motorju
Vir: [12]*



*Graf 2 Izhodni signali povratnega EMF
Vir: [12]*

3.3 BATERIJE

Baterije so elektro-kemične celice, ki kemično energijo pretvarjajo v električno in jo sprostijo po potrebi. Vsaka celica vsebuje pozitivni terminal, katodo, in negativni terminal, anodo. Prisoten mora biti tudi elektrolit, snov med elektrodama, v kateri je shranjena energija v obliki ionov.

Poznamo dve glavni vrsti baterij:

- Primarne (baterija za enkratno uporabo) – kemična reakcija v bateriji je možna samo enkrat in je po uporabi ne moremo ponovno napolniti in uporabiti.
- Sekundarne (baterija, ki se jo da polniti) – kemična reakcija je možna večkrat, saj se ob dodajanju toka elektrolit rekonstruira. Ob pravilni uporabi je lahko življenjska doba skoraj neskončna.

Baterije ločujemo tudi po vrstah kemikalij, ki povzročajo kemično reakcijo. Različne kemikalije omogočajo različne velikosti napetosti, hitrosti praznjenja/polnjenja in življenjsko dobo.

Vrste kemikalij v baterijah:

- Litij-ionske (Li-ion);
- Litij-polimer (Li-po);
- Nikelj-metal hidrid (NiMH);
- Nikelj-cink (Ni-zn).

Ko sem začel izdelovati rolko, sem se odločal med litij-ion in litij-polimer baterijami. Litij-ionske baterije imajo večjo kapaciteto kot litij-polimer baterije, kar pomeni, da bi z rolko lahko šel dlje. Litij-polimer baterije pa omogočajo hitrejšo praznjenje, kar pa pomeni, da bi z rolko lahko šel hitreje in imel večje pospeške. Na koncu sem se odločil za litij-ionske, ki omogočajo srednjo hitrost in velik doseg.



Slika 18 Baterija Nikelj-metal hidrid Vir: [13]



Slika 17 Litij-polimer baterijski paket Vir: [14]

3.3.1 LITIJ-IONSKE BATERIJE

Litij je ena najlažjih kovin, zato imajo litijeve baterije majhno težo. Ena največjih prednosti Li-ion baterij je zelo visoka gostota energije. Izredno dobro akumulirajo električno energijo, saj ima vsaka celica trikratno napetost v primerjavi z ostalimi tehnologijami. Li-ionske baterije nimajo spominskega efekta in imajo relativno nizko samo praznjenje in notranjo upornost. Najbolj znana oblika litij-ionskih baterij je cilindrična, poznamo pa tudi gumbaste, prizmatične in polimerske.

Cilindrične celice imajo več velikosti:

- 18650 (18 mm premera, 65 dolžine);
- 26650 (26 mm premera, 65 mm dolžine);
- 21700 (21 mm premera, 70 mm dolžine).

Pred izdelovanjem baterijskega paketa sem se odločal med 18650 in 21700 celicami. Izbral sem 18650 celice, ker so lažje in cenovno ugodnejše. Velikost 18650 celice pomeni, da sem s to izbiro zgubil kar veliko kapacitete in s tem pomanjšal doseg rolke.



Slika 20 Prizmatični baterijski paket Vir: [15]



Slika 19 Gumbaste litij-ionske celice Vir: [16]



Slika 21 Različne velikosti cilindričnih litij-ionskih celic Vir: [17]

3.4 POLNJENJE BATERIJ

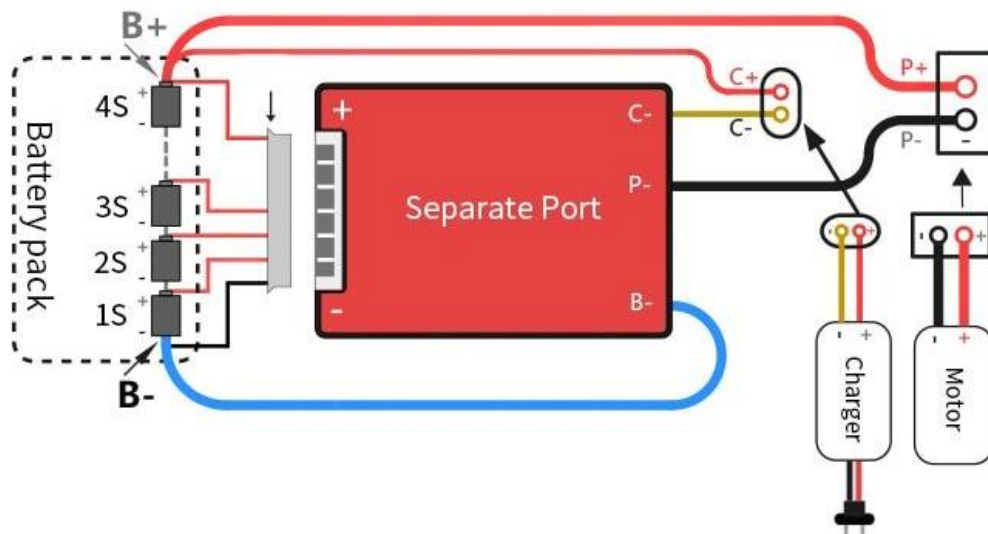
Baterije za ponovno delovanje potrebujejo po vsaki uporabi polnjenje, ki ga opravimo z različnimi vrstami polnilcev. Baterije polnijo tako, da skozi njih spuščajo kontroliran električni tok. Nekateri polnilci, poleg polnjenja, baterijam nudijo tudi zaščito pred preveliko napetostjo ali kratkim stikom. Baterijske polnilce delimo v več skupin:

- preprosti – bateriji dovedejo električni enosmerni tok, ki jo nato polni;
- hitri – dovoljuje dovajanje večjega toka v baterije, kar hitreje napolni baterije; to stori s pomočjo zaščitnega vezja, ki zaščiti baterijo pred preobremenitvami;
- indukcijski – ti polnilci ne potrebujejo nobenih zunanjih kontaktov, saj za prevajanje toka uporabljajo princip elektromagnetne indukcije;
- pametni – omogočajo uravnavanje nivoja polnjenja s pomočjo merjenjem stanja baterij.

Za polnjenje mojega baterijskega paketa sem se odločil za posebno vrsto polnjenja baterije. Za dovajanje toka sem uporabil navaden napajalnik, za uravnavanje nivoja baterij pa sem uporabil posebno vezje – BMS (Battery management system). To vezje deluje kot del polnilca, ki uravnava ter meri napetost v baterijah in izklopi posamezne celice, ko so te napolnjene. BMS je integriran v baterijski paket in poleg polnjenja služi tudi kot zaščita.



*Slika 22 Pametni polnilec znamke ISDT
Vir: [18]*



Slika 23 Skica vezave baterijskega paketa z BMS vezjem
Vir: [19]

4 IZDELAVA ELEKTRIČNE ROLKE

Kot sem že omenil, sem za osnovo električne rolke uporabil vrsto rolke longboard, ki mi je omogočala, da sem na spodnjo stran pritrdil čim večji baterijski paket ter velik motor. Pri pričetku izdelave pa sem opazil, da je moja rolka zelo nizka, kar mi je onemogočilo moje želje po velikem baterijskem paketu in motorju. To sem popravil tako, da sem podvozje, ki je bilo pritrjeno na vrhu rolke, pritrdil na spodnjo stran in s tem rešil problem.

Za nabavo materiala in električne opreme sem uporabil spletni trgovini aliexpress.com in banggood.com. Preko spletne trgovine aliexpress.com sem naročil nosilec za motor in zobnike ter jermen za pogon rolke. V spletni trgovini banggood.com pa motor, ESC, daljinski upravljalnik, sprejemnik in BMS.

4.1 PRITRJEVANJE POGONSKEGA DELA ROLKE

Da bi prihranil čim več denarja in časa, sem preko spleta naročil cenovno ugoden nosilec za motor, poleg katerega sem dobil še zobnike za pogon ter jermenico. Na koncu se je izkazalo, da bi bilo pametnejše nosilec za motor narediti sam, saj je vsaka rolka malo drugačna in se na njeno podvozje ne prilega vsak nosilec. Da se je nosilec prilegel, sem moral podvozje rolke zbrusiti. Nosilec sem pritrdil z vijaki, ki so bili vključeni poleg nosilca, kar se je izkazalo za težavno, saj so se vijaki ves čas odvijali. Ta problem bi lahko popravil tako, da bi nosilec pritrdil na podvozje s strojem za varjenje, a ga nisem imel na voljo.



*Slika 24 Nosilec pritrjen na podvozje rolke
Vir: (osebni vir)*

Ko je bil nosilec primerno nameščen, sem nanj privil motor. Med pritrjevanjem motorja sem moral paziti, da je imel motor dovolj prostora med sabo in tlemi, saj nisem hotel poškodovati ohišja motorja. Paziti sem

moral, da je motor dovolj oddaljen tudi od deske rolke, da se pri zavijanju ne bi drgnil v les.

Na motor sem privil vključen zobnik z 12 zobmi, ki sem ga nato natančno postavil na motorski os zato, da bo jermenica med kolesom in motorjem popolnoma ravna. Motor sem moral nato priključiti tudi v ESC, ki pa je bil v plastični škatlici. Da sem žice motorja pripeljal v škatlico, sem na strani škatlice z vročo konico spajkalnika izdelal štiri luknje za vse žice motorja.



*Slika 25 Motor pritrjen na nosilec
Vir: (osebni vir)*

Da pa bo kolo rolke lahko jermenica sploh poganjala, je bilo na kolo treba priviti zobnik, ki je v mojem primeru imel 36 zob. Najprej sem si z zobnikom zarisal potrebne luknje, ki sem jih nato izvrtal z vrtalnikom, a se je pojavila težava. Ker nisem imel na voljo primeža, se je kolo med vrtanjem treslo, kar je povzročilo, da luknje niso bile pravilno izvrtane. To sem popravil tako, da sem luknje naredil večje, kar pa na izgled rolke ni zelo vplivalo. Če bi še kdaj izdelal rolko, bi si raje že vnaprej kupil kolesa, ki imajo že vnaprej narejene luknje in so izdelane točno za takšne primere.



*Slika 26 Zobnik pritrjen na kolo
rolke Vir: (osebni vir)*



*Slika 27 Kolesa narejena za
električno rolko Vir: [20]*

Celotni pogonski del rolke je torej sestavljen iz motorja, nosilca motorja, jermenice, dveh zobnikov (12 zob, 36 zob), koles in vključenih vijakov. Najprej sem namestil nosilec za motor, na katerega sem nato namestil motor. Motor na nosilec nisem privil do konca, da se je lahko prosto premikal preden sem nanj pritrdil jermenico. Nato sem na podvozje pritrdil kolo z velikim zobnikom in čez zobnika motorja ter kolesa pritrdil jermenico. Motor sem nato raztegnil na takšno dolžino, da je bila jermenica primerno napeta in pri delovanju ni preskakovala zobnikov.



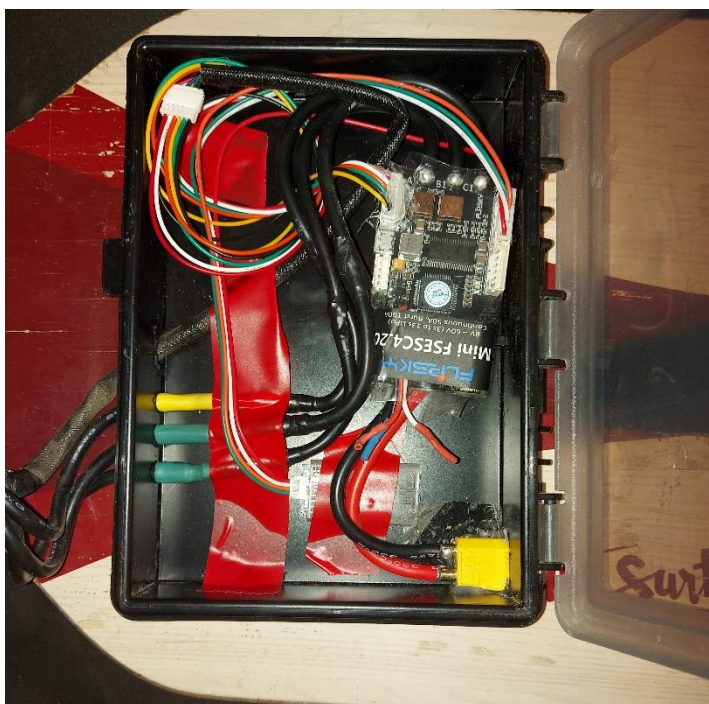
Slika 28 Pogonski del rolke Vir: (osebni vir)

4.2 IZDELAVA ELEKTRONSKE ŠKATLICE

Elektroniko rolke sem želel zaščititi pred zunanjimi dejavniki, kot so prah, voda, kamenje, ... To sem dosegel s plastično škatlico, ki naj bi služila za sortiranje vijakov, a sem jo nato priredil mojim potrebam. Iskal sem plitko škatlico, v katero bi lahko dal vso potrebno elektroniko. Želel sem, da bi bila škatlica vodoodporna, zato sem jo tako tudi priredil. Za to nalogo sem uporabil pištolo z vročim lepilom in z njo zatesnil vse luknje. V škatlico je bilo treba narediti luknje za dovod napetosti in žice motorja. Kot sem že omenil, sem to dosegel z vročo konico spajkalnika.

V škatlico sem z električnim lepilnim trakom pritrdil ESC ter sprejemnik. Ko sem naročeval elektronske dele, sem bil zelo pozoren, da so ti med seboj združljivi, zato sem izbral dele, proizvedene v podjetju Flipsky. Ker so vsi deli združljivi, sem jih lahko na hitro povezal med sabo brez kakršnih koli težav.

Motor sem priključil v konektor št.2, sprejemnik pa v konektor št. 4 (glej Sliko 32). Ostala dva konektorja sta v mojem primeru neuporabna.



Slika 29 Elektronska škatlica Vir: (osebni vir)

Za kontroliranje hitrosti motorja sem na spletu iskal daljinski oddajnik in sprejemnik, ki bi bila združljiva z ESC vezjem. Odločil sem se za komplet daljinskega oddajnika in sprejemnika podjetja Flipsky. Pri tem podjetju sem naročil že ESC vezje in motor.

Ko sem sprejemnik priključil na konektor št. 2 in vključil vezje, se je ta takoj povezal z daljinskim oddajnikom. V daljinski oddajnik je integriran manjši zaslon, na katerem lahko s pomočjo tipk, ki se nahajajo na hrbtnem

delu oddajnika, spreminjamo nastavitve. V nastavitve vpišemo specifikacije rolke, kot so: število zob na zobnikih motorja in kolesa, velikost baterijskega paketa, velikost motorja, premer koles ter tip ESC vezja. Te podatke oddajnik nato samodejno preračuna in jih izpiše na zaslon. Na zaslon izpiše hitrost rolke, stanje baterijskega paketa, količino toka, ki jo rolka porablja, in prevoženo razdaljo.

Daljinski oddajnik ima na voljo tudi tri hitrostne funkcije:

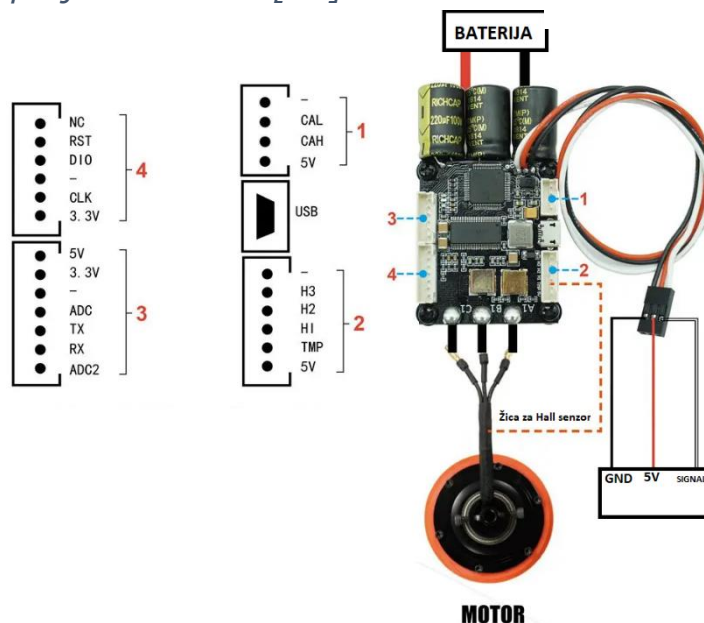
- »High« – omogoča velike pospeške rolke, ki so lahko za začetnike in neizkušene zelo nevarni.
- »Medium« – hitrosti v tej nastavitvi ostanejo iste, a se zmanjša pospešek rolke, ki omogoča zmerno vožnjo brez velikih tveganj.
- »Low« – ta način vožnje je za začetnike, ki prvič poizkusijo električno rolko. Pospeški in hitrosti vožnje se izrecno zmanjšajo, kar omogoča popolnoma varno vožnjo.



Slika 30 Komplet oddajnika in sprejemnika Vir: [21]



Slika 31 Izpis podatkov na zaslonu oddajnika Vir: [21]



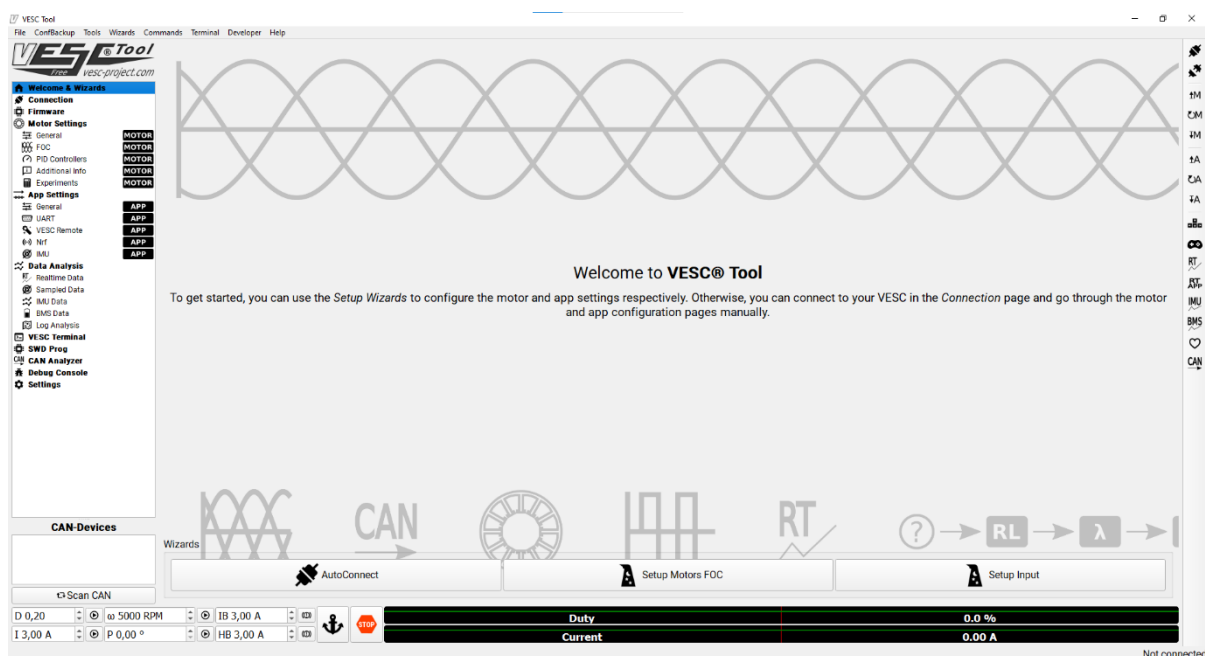
Slika 32 Vezalna shema ESC vezja Vir: [6]

4.3 KNFIGURACIJA IN PROGRAMIRANJE ESC VEZJA

Ko sem naročeval ESC vezja, sem bil predvsem pozoren, da so imela možnost programiranja. Odločil sem se za Flipsky Mini FSESC4.20, saj ima na voljo veliko programskih nastavitev, ki jih lahko spreminjamo v software programu VESC.

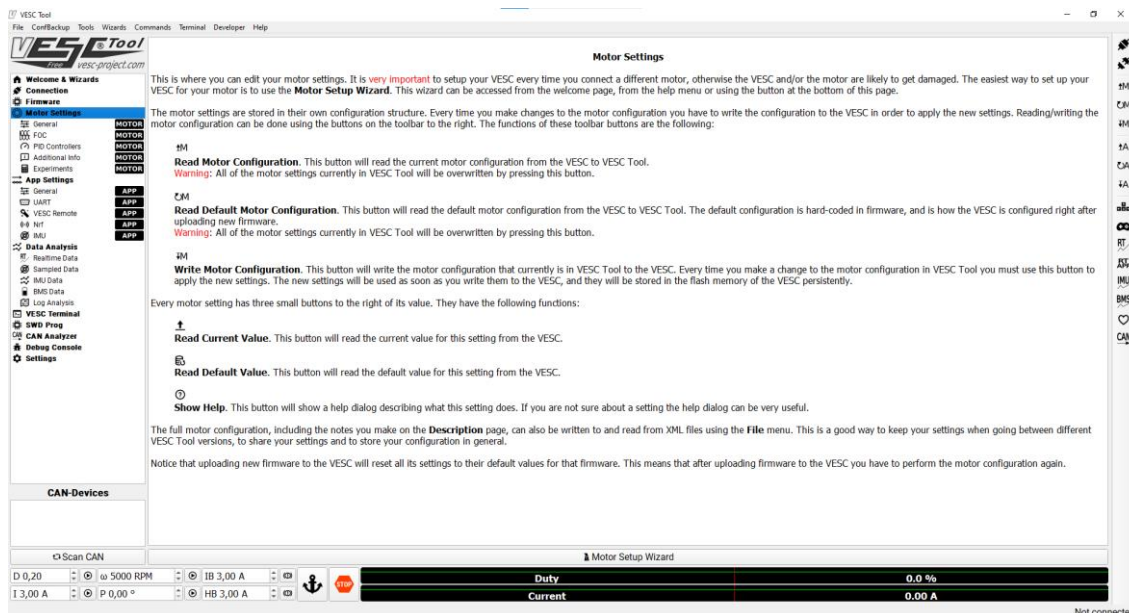
VESC je področje programljivih ESC vezij, ki imajo na voljo velik spekter nastavitev za vse velikosti in vrste električnih pogonov. Program je zelo popularen v svetu električnih prevoznih sredstev in je zato že zelo razvit ter enostaven za razumeti.

Začetna stran programa ponuja avtomatsko zaznavanje motorja, kar v mojem primeru ni bilo možno, saj motor ne podpira te izvedbe pogona motorja.



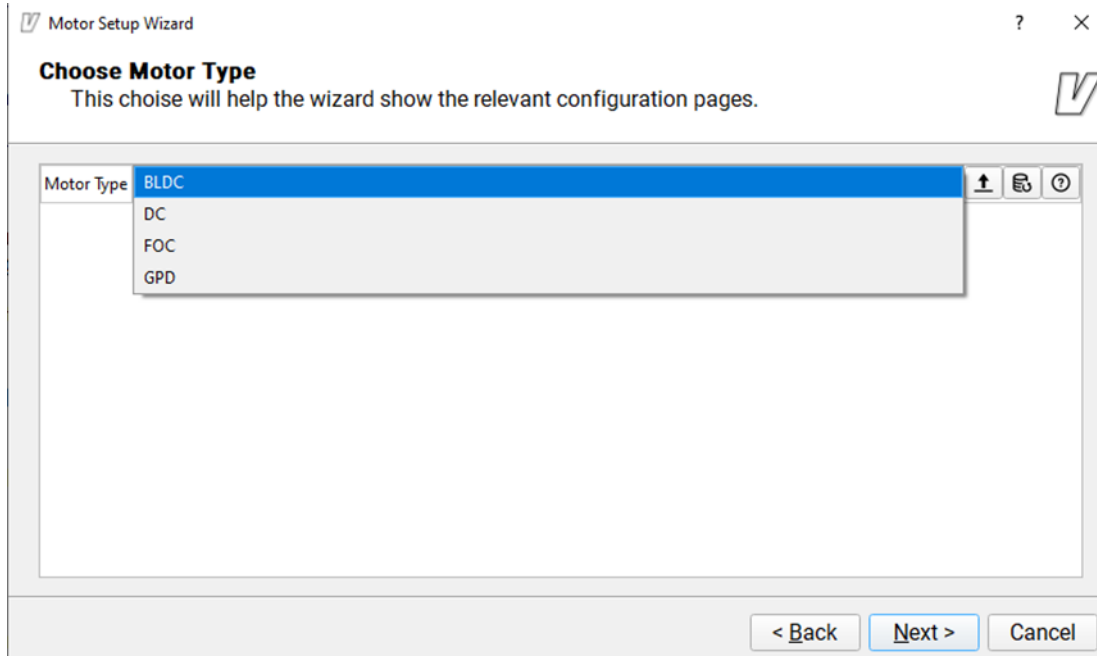
Slika 33 Začetna stran VESC programa Vir: (osebni vir)

Zato v programu poiščemo »Motor settings« (nastavitve motorja), nato kliknemo na »Motor Setup Wizard«, kjer bomo nastavili in konfigurirali vrsto, velikost in specifikacije motorja.



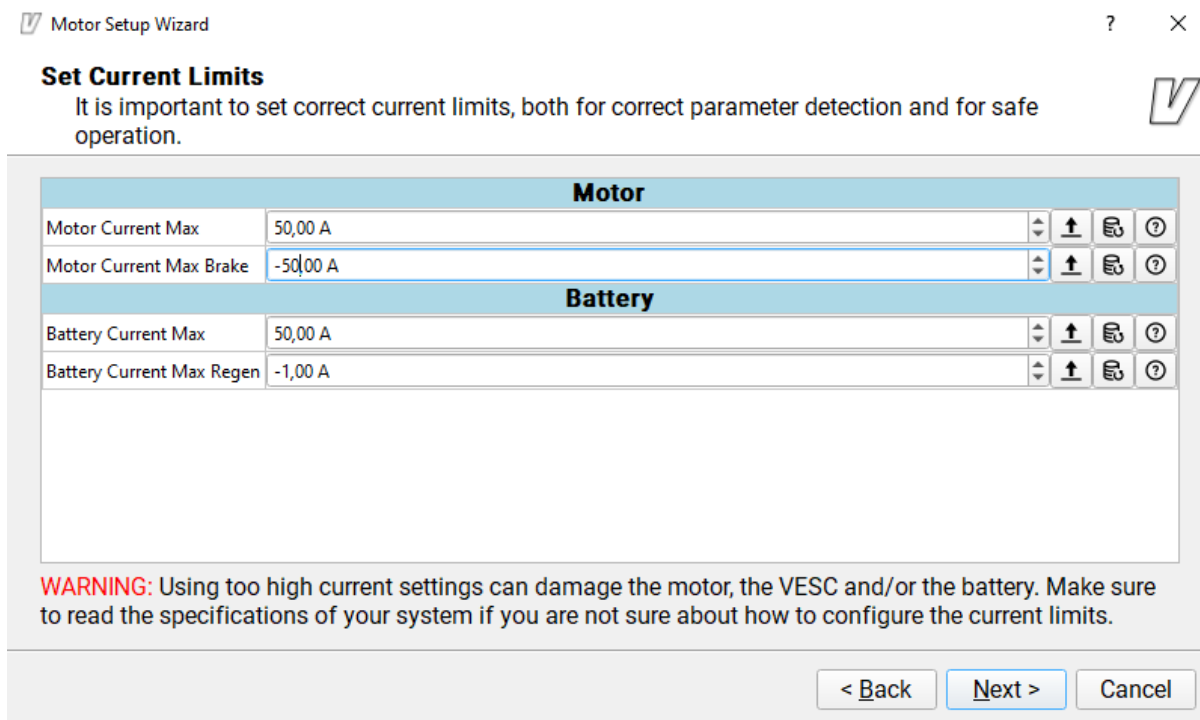
Slika 34 VESC program "Motor Settings" Vir: (osebni vir)

Odpre se okno, v katerem moramo izbrati vrsto motorja, v mojem primeru je to vrsta BLDC.



Slika 35 VESC program določanje vrste motorja Vir: (osebni vir)

Po pritisku na »Next« (naprej) moramo v programu vpisati maksimalno količino toka, ki jo lahko porabi motor in maksimalno količino toka porabljenega za zaviranje. Določimo tudi največjo količino toka, ki jo lahko odda baterijski paket ter največjo količino toka, ki jo lahko baterijski paket sprejme med dinamičnim zaviranjem.



Motor Setup Wizard ? ×

Set Current Limits
It is important to set correct current limits, both for correct parameter detection and for safe operation.

Motor	
Motor Current Max	50,00 A
Motor Current Max Brake	-50,00 A

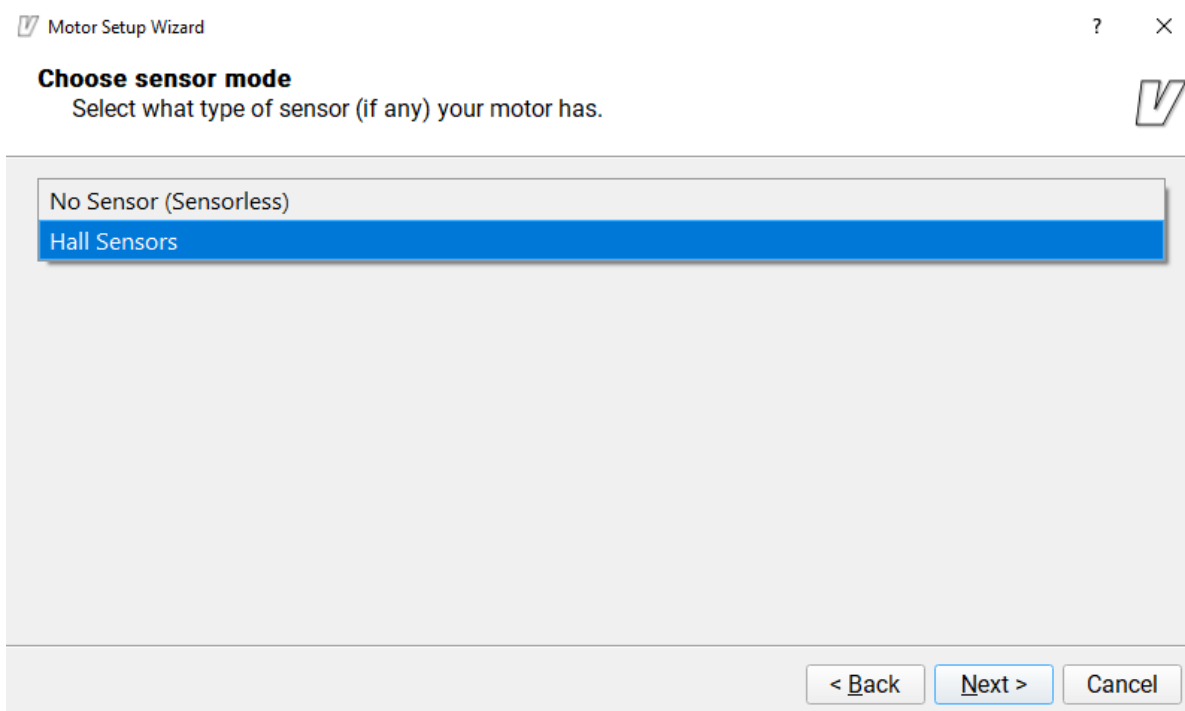
Battery	
Battery Current Max	50,00 A
Battery Current Max Regen	-1,00 A

WARNING: Using too high current settings can damage the motor, the VESC and/or the battery. Make sure to read the specifications of your system if you are not sure about how to configure the current limits.

< Back Next > Cancel

Slika 36 VESC program določanje tokovnih veličin Vir: (osebni vir)

V naslednjem okencu izberemo način zaznavanja motorske pozicije, v mojem primeru je to s Hall senzorji.



Motor Setup Wizard ? ×

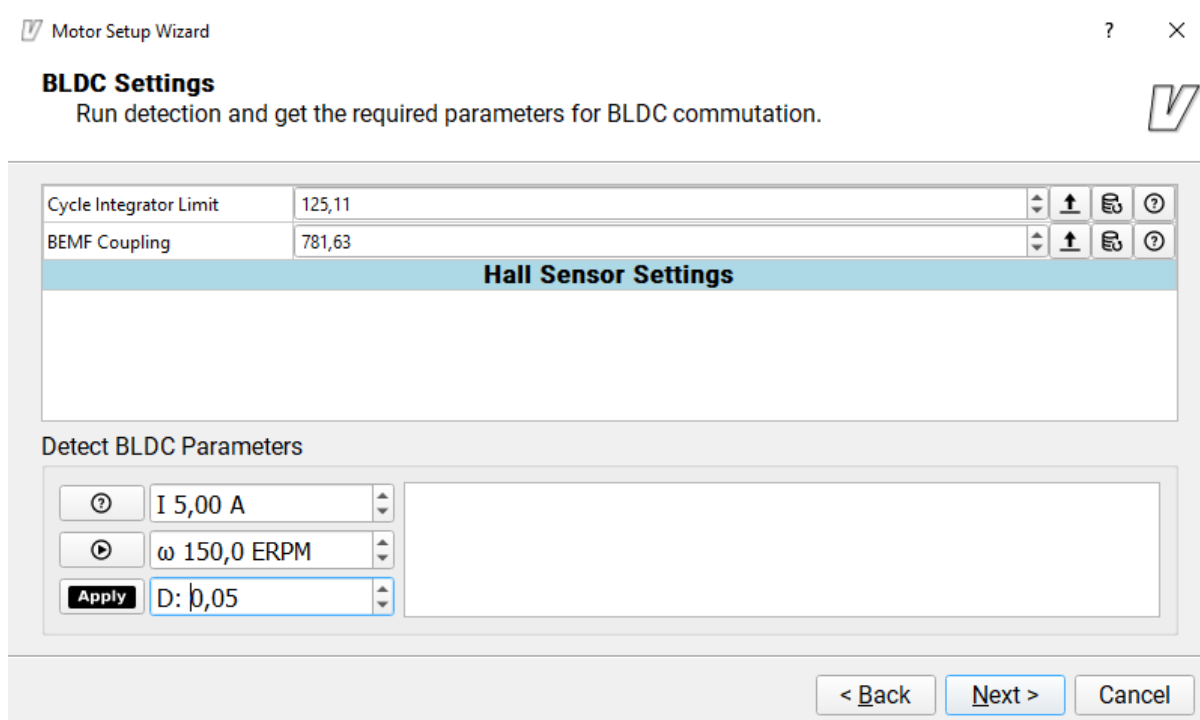
Choose sensor mode
Select what type of sensor (if any) your motor has.

- No Sensor (Sensorless)
- Hall Sensors**

< Back Next > Cancel

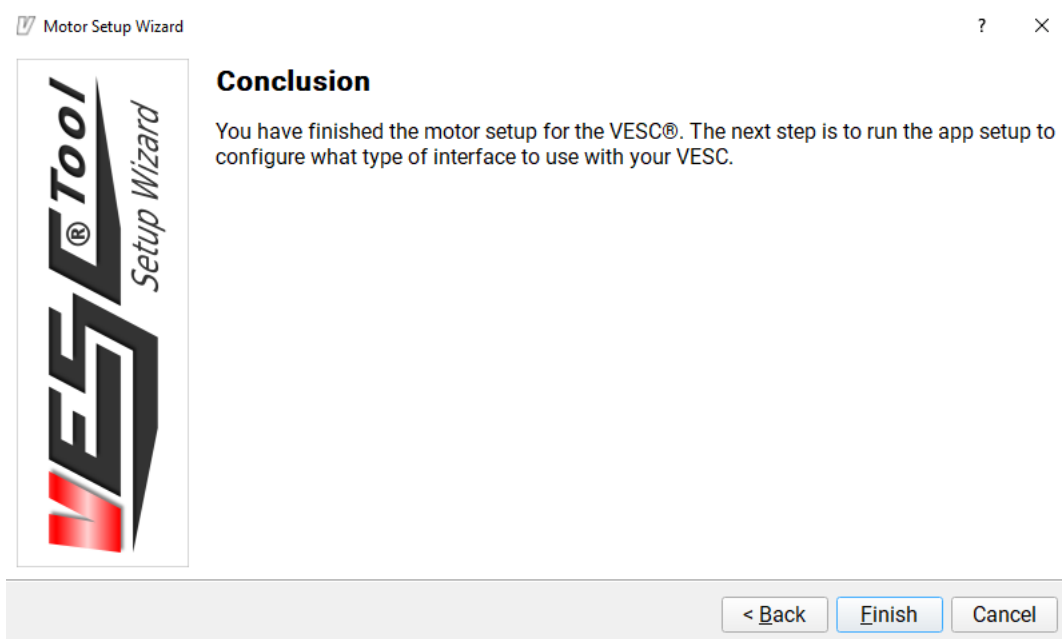
Slika 37 VESC program zaznavanje pozicije motorja Vir: (osebni vir)

Naslednje okence pa nam ponudi avtomatsko zaznavanje motorskih veličin. Za izvedbo zaznavanja pritisnemo na okvirček s puščico. Motor se nato malo zavrti in izpišejo se podatki, ki jih ESC potrebuje za pogon motorja.



Slika 38 VESC program avtomatsko zaznavanje veličin motorja Vir: (osebni vir)

V zadnjem okencu nam program izpiše, da je programiranje motorja končano, nato pritisnemo na okvirček »Finish« (konec) in motor je sprogramiran.



Slika 39 VESC program končno okence Vir: (osebni vir)

Ker sem ob nabavi elektronike gledal na to, da so vse komponente med seboj združljive, oddajnika in sprejemnika nisem potreboval posamezno konfigurirati. Oddajnik sem priključil v ESC, ki pa je avtomatsko zaznal komponento in jo konfiguriral po mojih nastavitvah.

4.4 IZDELAVA BATERIJSKEGA PAKETA

Na trgu je na voljo skoraj neskončna izbira baterijskih paketov vseh vrst in velikosti, a imajo skoraj vedno zelo visoko ceno. Baterijski paket je najdražja komponenta v izdelavi kateregakoli električnega vozila, zato sem se odločil, da bom poskusil baterijski paket narediti sam iz rabljenih litij-ionskih celic.

Po zelo ugodni ceni sem kupil že narejen rabljen baterijski paket in s tem prihranil veliko denarja. Kupljeni baterijski paket pa je bil v konfiguraciji, ki mi ni ustrezala, zato sem baterijski paket razstavil in iz njega pridobil 64 baterijskih celic.

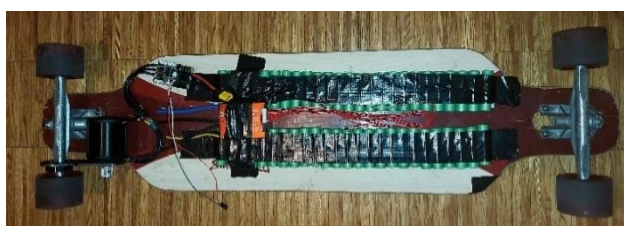
Pred izdelovanjem sem moral ugotoviti, v kakšni konfiguraciji in obliki bom izdelal baterijski paket. Izbiral sem med dvema:

- baterijski paket v eni vrsti



*Slika 40 Baterijski paket v eni vrsti
Vir: (osebni vir)*

- baterijski paket v dveh vrstah



*Slika 41 Baterijski paket v dveh
vrstah Vir: (osebni vir)*

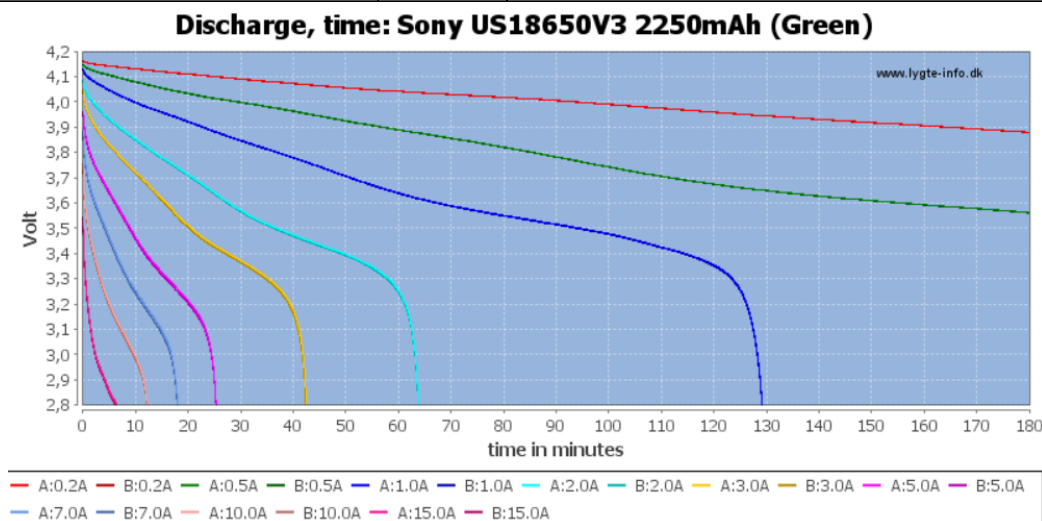
Izbral sem konfiguracijo baterijskega paketa v dveh vrstah, saj se teža celic porazdeli po skoraj celem spodnjem delu rolke, kar jo naredi stabilnejšo. To konfiguracijo sem izbral zato, ker je razdalja med baterijskim paketom in tlemi večja, kar zmanjša možnost poškodbe paketa.

Za celoten baterijski paket sem porabil 50 celic v konfiguraciji 10 zaporedno in 5 vzporedno (10S 5P), kar z mojimi celicami pri napolnjenem baterijskem paketu proizvede 42 V. Zaradi rabljenih in cenovno ugodnih celic z manjšimi kapacitetami sem izgubil na dosegu rolke, a sem to nadomestil tako, da sem v baterijski paket dal več celic. Praviloma je v baterijskih paketih, narejenih za električne rolke, ki se prodajajo na trgu, od 24 do 36 celic.

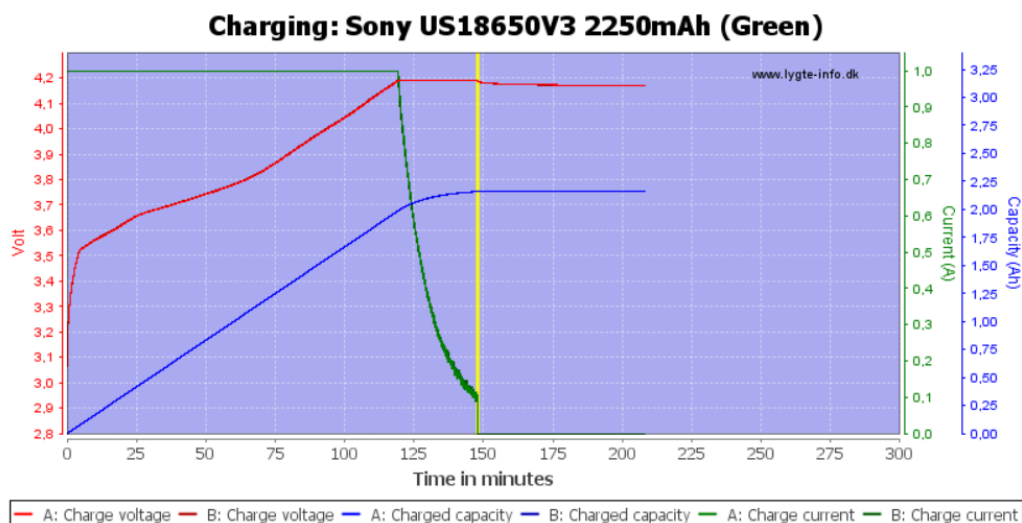
Uporabljene celice Sony US18650V3 imajo kapaciteto 2250 mAh. Kapaciteto celotnega baterijskega paketa dobimo tako, da pomnožimo število vzporedno vezanih celic in kapaciteto ene celice. V mojem baterijskem paketu s petimi vzporednimi celicami znaša ta kapaciteta približno 10.000 mAh. Nazivna napetost teh celic znaša 3,7 V, maksimalna napetost pa $4,2 \text{ V} \pm 0,05 \text{ V}$. Da ohranimo življenjsko dobo celice, jo ne izpraznimo do odklopne napetosti 2,5 V. Idealno do napetosti 3,2 V.

Tabela 1 Specifikacije celice Sony US18650V3 Vir: [22]

Ime	Sony US18650V3 2250 mAh (Zelena)					
Celica	US18650V3					
Velikost	Teža:	43.5g	Dolžina:	65.0mm	Premier:	18.2mm
Testiranje celic	Polnilna napetost:		4.2V			
Testni tok (A)	0.2	0.5	1	2	3	5
Izmerjena kapaciteta (mAh)	2176	2168	2151	2127	2123	2111
izmerjena energija (Wh)	8,072	7,987	7,845	7,611	7,461	7,187
Izračunana natranja upornost (ohm)	0,08					



Graf 3 Praznjenje celic Sony US18650V3 z različnimi tokovi Vir: [22]



Graf 4 Polnjenje celic Sony US18650V3 Vir: [22]

Poleg baterij sem v baterijski paket vključil tudi zaščitno vezje ali BMS, ki pa ponuja tudi možnost polnjenja. Ko so bile celice postavljene in punktirane na mesto, sem na vsak pozitivni del paketa petih vzporedno vezanih celic s spajkalnikom pritrdil posamezne napajalne žičke. Te služijo merjenju posameznih vzporedno vezanih celic. Ko BMS preko ene od teh žičk zazna, da je tisti del napolnjen, napajanje vanj izklopi in tako zaščiti celoten paket pred prenapolnjenostjo. (glej Sliko 23).



*Slika 42 Celice Sony US18650V3
Vir: (osebni vir)*

5 SKLEP

Električne rolke in podobna električna prevozna sredstva postajajo vse bolj zaželeni. V zadnjih petih letih se je to področje zelo razvilo, kar opazimo v zmogljivosti in kompleksnosti teh prevoznih sredstev. Nedolgo nazaj so bile električne rolke popularne predvsem v Ameriki, zdaj pa jih opazimo že v vsakem mestu. Čeprav so te rolke zaenkrat precej drage, se tehnika iz dneva v dan izboljšuje in razvija. Mislim, da imajo rolke v naši družbi velik potencial in upam da bodo v bližnji prihodnosti povprečnim uporabnikom cenovno dostopnejše. Izdelava rolke mi je po mojem mnenju uspela, saj sem dosegel zastavljene cilje in pridobil veliko novih veščin ter znanj.

Pred raziskovanjem sem zastavil naslednje hipoteze:

ROLKA BO DOSEGLA HITROSTI DO 35 KM/H

Hipotezo delno potrjujem. Rolka, ki sem jo izdelal, potuje z maksimalno hitrostjo 29 km/h, saj jo poganja manjši baterijski paket velikosti 10 S, ki proizvede 42 V. Če bi rolko poganjal baterijski paket 12 S, ki proizvede 50 V, kar je največja napetost, ki jo lahko sprejme ESC, bi rolka potovala s hitrostjo približno 35 km/h.

ROLKA BO IMELA DOSEG 15 KM

Povprečen tok, ki ga rolka potrebuje, za prevoz 75 kg bremena meri 10 A. To pomeni, da lahko z mojim baterijskim paketom velikosti 10 Ah pri povprečni hitrosti 25 km/h po ravni površini rolka teoretično prevozi približno 25 km. Seveda pa na doseg rolke vpliva veliko drugih spremenljivk, kot so teža uporabnika, naklon terena, po katerem vozimo, hitrost, s katero vozimo, ... Zaradi teh spremenljivk iz praktičnega vidika hipotezo delno potrjujem.

CELOTNA ROLKA Z VSEMI DELI BO STALA MANJ KOT 250€

Med dobavljanjem komponent za rolko sem se raje odločeval za komponente, ki so med seboj združljive, kot pa cenovno ugodnejše. Te komponente lahko včasih stanejo veliko več. Največji strošek je predstavljalo ESC krmilno vezje, saj sem vedel, da želim nekaj, kar je programljivo. Celoten znesek rolke zato znaša 306.28 €. Hipotezo pa delno potrjujem, saj bi ceno rolke lahko povprečno znižal za vsaj 50 € z manj kvalitetnimi komponentami, kar pa nisem želel.

Tabela 2 Cena celotne rolke

KOMPONENTA	MODEL KOMPONENTE	CENA
Rolka	Rabljena rolka	20,00 €
Brezkrtačni motor	Flipsky R 6374	64,13 €
ESC	Flipsky Mini FESC 4.20 50 A	79,60 €
Daljniski oddajnik in sprejemnik	Flipsky VX2	50,17 €
Rabljen bateriski paket	Sony US18650V3	20,00 €
BMS	Daly DL10	24,28 €
Komplet zobnikov, nosilca in jermenice	/	36,70 €
Ostalo	Električni lepilni trak, vijaki, elektronska škatljica, lepilo	11,40 €

IZDELAVA ELEKTRIČNE ROLKE Z ZNANJEM PRIDOBLENIM V SREDNJI ŠOLI ZA ELEKTROTEHNIKO JE IZVEDLJIVA.

Hipotezo potrjujem. Program elektrotehnik obiskujem štiri leta in v sklopu pouka ter izven njega veliko časa porabim s sistemi, ki sem jih vgradil v električno rolko. Z vezanjem ESC vezja, motorja in drugih komponent nisem imel težav, saj sem jih poznal ter znal popraviti kakršne koli probleme, ki so se pojavili. Pomoč sem potreboval samo pri baterijskem paketu, saj za izdelovanje paketa nisem imel dovolj znanja in potrebne opreme. Problem pa sem na koncu odpravil z manjšo pomočjo nekaterih sošolcev in mentorja.

6 ZAKLJUČEK

Med nastajanjem raziskovalne sem pridobil veliko novega znanja in izkušenj, saj sem se soočal s problemi, ki sem jih videl prvič. Poleg znanja s področja elektrotehnike sem pridobil tudi znanje s področja računalništva, saj sem veliko časa porabil s programiranjem ESC. Rolko sem izdelal z željo, da bi z njo lahko zmanjšal čas, ki ga potrebujem od doma do šole. Želja mi je po mojem mnenju uspela, saj lahko rolka dosega visoke hitrosti in ima zmerno velik doseg. Največ časa sem pri raziskovalni nalogi porabil za pisni del naloge, saj sem na tem področju še zelo neizkušen. Med pisanjem raziskovalne naloge sem se naučil veliko novih strokovnih izrazov.

Z električno rolko sem zelo zadovoljen, a se mi zdi, da bi jo z več časa, več vsega potrebnega orodja in več denarja lahko zelo izboljšal. Izboljšal bi predvsem baterijski paket, ki me trenutno ovira pri doseganju velikih razdalj. Z večjimi celicami bi lahko zmogljivost rolke skoraj podvojil, a so mi le-te trenutno cenovno zelo nedosegljive. Če bom rolko kdaj izboljševal, bom za osnovo kupil kvalitetnejšo rolko longboard, saj je moja trenutna že v slabem stanju. Za dobavo materialov, izdelavo rolke in izdelavo raziskovalne naloge sem porabil približno tri mesece. Največ časa je trajalo, da je ves kupljen material prispel, saj je večina komponent bila poslana s Kitajske. Na material sem čakal približno mesec in pol, rolko sem izdelal v enem mesecu, raziskovalno nalogo pa napisal v pol mesca.

Pri rolki me je najbolj navdušil občutek hitrih pospeškov le-te in hitrost, pri kateri jo lahko vozim. V prihodnosti pa upam, da se bo zanimanje za električne rolke še povečalo in da se bom z njimi lahko ukvarjal morda tudi poklicno.

VIRI IN LITERATURA

VIRI SLIK

- [1]<https://www.forsaleshops.ml/ProductDetail.aspx?iid=115273637&pr=57.88>
- [2]<https://www.meepoboard.com/products/meepo-shuffle>
- [3]<https://evolveskateboardsusa.com/products/hadean-bamboo-street>
- [4]<https://evolveskateboardsusa.com/products/hadean-bamboo-all-terrain>
- [5]https://hobbyking.com/en_us/turnigy-20a-brushed-esc.html?store=en_us
- [6]https://www.banggood.com/Flipsky-Mini-FSESC4_20-50A-ESC-Based-Up-on-VESC-With-Aluminum-Anodized-Heat-Sink-for-Rc-Car-p-1349277.html
- [7]<https://www.pranshu.com/whatispmdcmotor>
- [8]https://hobbyking.com/en_us/1-10-550-carbon-brushed-motor-27t.html
- [9]<https://www.renesas.com/us/en/support/engineer-school/brushless-dc-motor-01-overview>
- [10]<https://blog.orientalmotor.com/technical-manual-series-types-of-brushless-motors>
- [11]<https://www.banggood.com/Flipsky-R-6374-190KV-3250W-Brushless-Sensored-Motor-Shaft-8mm-for-Electric-Skateboard-Rc-Car-p-1318150.html>
- [12]<https://howtomechatronics.com/how-it-works/how-brushless-motor-and-esc-work/>
- [13]<https://ebatt.si/si/xcell-/2608-xcell-d-12v-9000-mah-nimh.html>
- [14]<https://www.ubuy.vn/en/catalog/product/view/id/21978519/s/eemb-3-7v-lipo-battery-3700mah-103395-lithium-polymer-ion-battery-rechargeable-lithium-ion-polymer-battery-with-jst-connector-ul-certified-for-cell-1>
- [15]<https://www.electrive.com/2018/03/13/panasonic-producing-prismatic-batteries-in-china/>
- [16]<https://m.made-in-china.com/product/Li-Mno2-Li-ion-Button-Cell-Ewt-Battery-3V-Cr2477-900mAh-902373805.html>
- [17]<http://www.pkenergy.com/?m=201704>
- [18]<https://www.conrad.si/p/isdt-d-2-vecnamenski-polnilnik-akumulatorjev-za-modelarstvo-230-v-12-a-litijev-polimerski-litijev-ionski-lifepo-lihv-1947638>
- [19]<https://www.banggood.com/DALY-DL10S-10S-36V-BMS-Battery-Protection-Board-15A-20A-30A-40A-50A-60A-Waterproof-BMS-for-Rechargeable-Lifepo4-Lithium-Battery-With-Balance-Function-p-1801706.html>

[20]<https://www.ebay.com/itm/253025316881>

[21]https://www.banggood.com/Flipsky-2_4G-Screen-Remote-Control-VX2-Transmitter-for-Electric-Skateboard-Ebike-Eboat-Compatible-with-VESC-p-1561685.html

[22]<https://lygte-info.dk/review/batteries2012/Sony%20US18650V3%202250mAh%20%28Green%29%20UK.html>

VIRI LITERATURE

Čufar, A. (junij, 2013). *Diplomsko delo, Poučevanje vsebin o delovanju brezkrtačnih enosmernih elektromotorjev*. Ljubljana. Pridobljeno na http://pefprints.pef.uni-lj.si/1625/1/Čufar_Aleksandra_DD_PDF.pdf

Tang, J. (21. maja 2021). Technical manual series types of electric motors. *Engineering notes*. Pridobljeno na <https://blog.orientalmotor.com/technical-manual-series-types-of-brushless-motors>

Liber & Remenih (2016). *Projektna naloga, Bluetooth rolka*. Velenje.

Lithium-ion battery. Pridobljeno na naslovu https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery

Štrin, S. (september, 2016). *Diplomsko delo, Baterije-e-učna enota*. Ljubljana. Pridobljeno na http://pefprints.pef.uni-lj.si/4246/1/DIPLOMA_ŠTIRN_SIMONA.pdf

What are brushless DC motors?, Pridobljeno na naslovu <https://www.renesas.com/us/en/support/engineer-school/brushless-dc-motor-01-overview>

IZJAVA*

Mentor *Andrej Grilc* v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom *Električna rolka*, katere avtor je *Ožbej Trunkl*:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, ____12. 4. 2022____

žig šole

Podpis mentorja



Podpis odgovorne osebe

*

POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.