

»Mladi za napredek Maribora 2018«

35. srečanje

Električno kolo

Raziskovalno področje: Elektrotehnika, elektronika

Raziskovalna naloga

Avtor: JAKA GSELMAN, PRIMOŽ GALUN

Mentor: DARKO VISOČNIK, BENJAMIN VERGLES

Šola: SREDNJA ELEKTRO-RAČUNALNIŠKA ŠOLA MARIBOR

Maribor, februar 2018

»Mladi za napredek Maribora 2018«

35. srečanje

Električno kolo

Raziskovalno področje: Elektrotehnika, elektronika

Raziskovalna naloga

Maribor, februar 2018

Kazalo

Kazalo	3
Kazalo slik	4
1 Uvod	5
2 Povzetek	5
3 Cilji	5
4 Zahvala.....	5
6 Vsebinski del.....	6
6.1 Kolo.....	6
6.2 Motor.....	7
6.3 Baterija	8
6.4 Krmilnik.....	9
7 LCD prikazovalnik in merilnik hitrosti	10
8 Potek dela.....	11
9 Zaključek.....	13
10 Družbena odgovornost.....	13
11 Viri	14
11.1 Spletni viri.....	14
11.2 Viri slik	14

Kazalo slik

Slika 1 Kolo, ki smo ga predelali (vir: merida-bikes).....	6
Slika 2 Brezkrtačni motor (vir: set-tech).....	7
Slika 3 "Hub" motor v kolesu (vir: Ebay).....	7
Slika 4 Baterijska celica 18650 (vir: Ebay).....	8
Slika 5 Krmilnik brezkrtačnega motorja z Hall senzorjem (vir: Digi-Key).....	9
Slika 6 Potek toka na tuljavah za en obrat (vir: DigiKey)	9
Slika 7 Arduino Uno (vir: Arduino Uno)	10
Slika 8 LCD zaslon (vir: Arduino)	10
Slika 9 Hall senzor (vir: SparkFun)	11
Slika 11 Zaslon, ki prikazuje podatke (vir: Avtorja naloge).....	12
Slika 12 Ročica za nastavljanje hitrosti (vir: Avtorja naloge)	12
Slika 10 Zavore z izklopnimi stikali (vir: Avtorja naloge)	12

1 Uvod

Pri krožku E-Bike predelujemo navadna kolesa v kolesa na električni pogon. S kolesi nato tekmuje na tekmovanju. Tekmovanje je sestavljeno iz treh delov: premagovanje naklona, vzdržljivostna dvournna vožnja in poligon z ovirami. Kolesa izdelujemo v prostem času po šoli.

Električna kolesa predstavljajo okolju prijazen način prevažanja. E-kolesa imajo vgrajen električen motor za pogon, ki ga lahko uporabljamo posebej ali pa z funkcijo PedalAssist, ki nam omogoča pomoč pri poganjanju. Prednost električnih koles je hitrejša vožnja na delo ali službo, premagovanje večjih razdalj s kolesom in pri vožnji se ne utruješ. Če prav je na trgu že ogromno električnih koles, se v krožku tudi zanimamo, da naredimo kolesa čim bolj cenovno ugodna. V Sloveniji so električna kolesa na cesti omejena na 25 km/h na tekmovanju pa tekmuje z kolesi brez omejitve ter lahko dosežemo hitrosti tudi do 60 km/h.

2 Povzetek

Sestavili smo električno kolo, ki uporablja brezkrtačni elektromotor. Elektromotor ima moč 1000W in deluje na napetosti 48V. Vgrajen je pa direktno v kolo. Motor poganja baterija iz 18650 litij-ionskih celic. 130 celic je vezanih 13 zaporedno in 10 krat vzporedno, tako smo dobili napetost 48,1V in kapacitivnost 30Ah. Možgane kolesa pa predstavlja krmilnik, ki je nujen za delovanje motorja in skrbi, da za zaviranje in za PedalAssist.

3 Cilji

Zadali smo si en glaven cilj: doseči prvo mesto na tekmovanju. To pa prinese izzive, saj če želimo zmagati pomeni, da moram imeti najboljše kolo v vseh kategorijah. Najbolj zahtevna je dvournna vožnja, ki testira zmogljivost baterije. Upamo, da nam bo doma narejena baterija prinesla prednost.

4 Zahvala

Rada bi se zahvalila našima mentorjema, ki sta s svojimi nasveti pomagala in nam olajšala delo. Posebna zahvala gre tudi naši šoli, ki s finančno pomočjo skrbi za naš krožek in nam omogoča, da se udeležimo tekmovanj. Zahvalila se bi tudi vsem, ki so nama na tej poti pomagali in kakorkoli prispevali pri izdelovanju končnega izdelka.

6 Vsebinski del

6.1 Kolo

Uporabljeno kolo je mora imeti pravilne komponente ter mora biti prave velikosti. Okvir kolesa je moral biti zelo velik, zato smo izbrali kolo z velikostjo L. Ker je to kolo mišljeno za mestno vožnjo ima dokaj nizki spodnji nosilec, kar pomeni, da je malenkost bolj aerodinamično. Bilanca je zmerno široka, saj mora omogočati lažje krmiljenje. Kolesa so 28 col, saj je to standardna velikost koles. Kolo je imelo menjalnik vendar smo ga zaradi namestitve elektromotorja v zadnje kolo morali prilagoditi. Kolo ima tudi disk zavore, saj pri velikih hitrostih omogočajo varnejše zaviranje kot navadne zavore. Plašči na kolesu so bili ožji in tanjši, da imajo manjše trenje. Kolo je bilo težko približno 12 kg. Imelo tudi daljši nosilec krmila, kar je omogočalo bolj nizko, aerodinamično držo na kolesu.



Slika 1 Kolo, ki smo ga predelali (vir: merida-bikes)

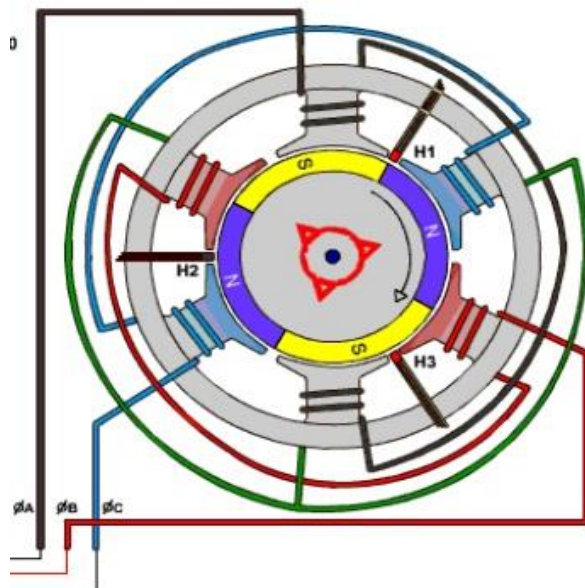
6.2 Motor

Za pogon električnega kolesa uporabljamo brezkrtačni elektromotor s Hall senzorji. Brezkrtačni motorje ti že po imenu povedo, da ne uporabljajo krtačk. Ker nimajo krtačk ne potrebujejo vzdrževanja. Imajo izredno veliko razmerje med močjo in velikostjo, kar pomeni, da so lahko manjši ter lažji od drugih motorjev, ampak imajo še vedno enako moč. Za električna kolesa se najpogosteje uporabljajo »hub« motorji, ki so vgrajeni neposredno v kolo kolesa.



Slika 3 "Hub" motor v kolesu (vir: Ebay)

Brezkrtačni motorji so sestavljeni iz rotorja, ki je iz trajnih magnetov ter iz statorja, ki je iz 6 tuljav. Tuljave so povezane v pare, pari pa so nasproti drug od drugega. Če pošljemo tok skozi en par tuljav, bodo tuljave postale elektromagnet in privlačile nasprotni pol statorja. Tik preden stator doseže tuljavo se tuljava izklopi, vklopi pa se naslednja tuljava, stator je sedaj privlačen k tej tuljavi in se daje vrti. Preden doseže drugo tuljavo se ta izklopi, vklopi pa se tretja tuljava, ki sedaj privlači stator naprej. Ta postopek se ponavlja in tako se vrti elektromotor.



Slika 2 Brezkrtačni motor (vir: set-tech)

6.3 Baterija

Za naše kolo smo uporabili litij-ionske baterije. Litij-ionske baterije se zelo pogosto uporabljajo v elektroniki ter v mobilnih telefonih, saj lahko shranijo veliko energije v majhni velikosti. Baterije imajo tudi velik izkoristek. Litij-ionske baterije so tudi lažje od drugih vrst baterij kot primer svinčene. Litij-ionske baterije delujejo tako, da se ion premikajo od negativne elektrode k pozitivni in obratno med polnjenjem. Mi smo uporabili 18650 baterije, ker so najbolj pogoste v električnih vozilih.

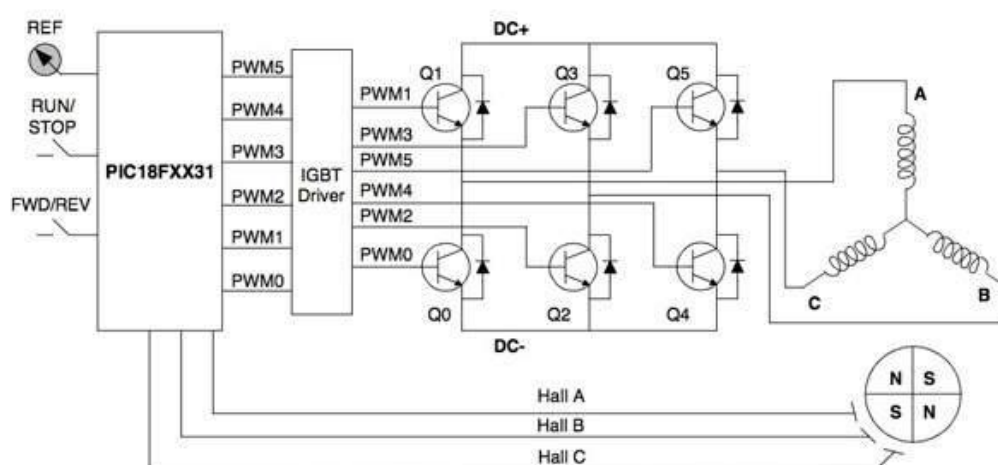


Slika 4 Baterijska celica 18650 (vir: Ebay)

18650 baterijske celice imajo napetost 3,7V, lahko se napolnijo na 4,2V in spraznijo na 3,2V. Baterijske celice imajo pripisano kapacitivnost 3700mAh, ampak se je z testiranjem pokazalo, da je ta kapacitivnost v realnosti dokaj manjša, okoli 3000mAh. Ker naš motor potrebuje 48V za delovanje moramo 13 celic vezati zaporedno ($13 \times 3,7V = 48,1V$), tako smo dobili primerno napetost. Ampak naša kapacitivnost je še vedno premajhna, saj bomo na tekmovanju tekmovali z nasprotniki, ki bodo imeli na kolesih 20 do 25 Ah, če želimo, da bomo dosegli dobro mesto potrebujemo večjo kapacitivnost. Zato smo teh 13 celic vzporedno vezali 10 krat. Tako smo dobili baterijo iz 130 celic s kapacitivnostjo 30Ah in napetostjo 48.1V.

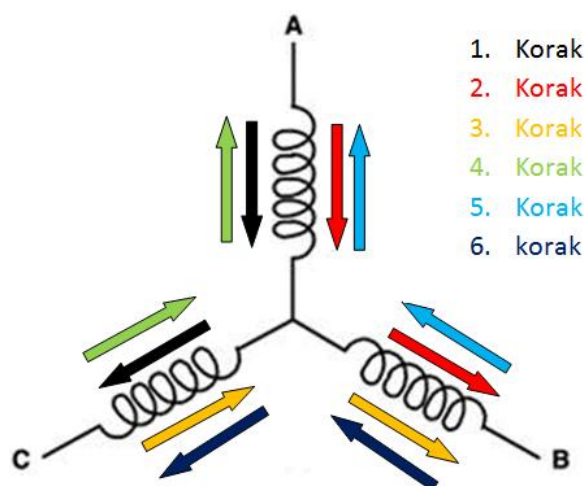
6.4 Krmilnik

Elektromotor za delovanje potrebuje krmilnik. Krmilnik pretvori enosmerni tok v trifaznega izmeničnega, ki ga potrebuje motor. Naš krmilnik je tipični krmilnik za brezkrtačne motorje z Hall senzorji. Krmilnik je sestavljen iz mikrokrmilnika PIC18F2431, IGBT (ang. insulated-gate bipolar transistor) krmilnika in trifaznega pretvornika, ki vsebuje šest unipolarnih MOSFET (ang. Metal–oxide–semiconductor field-effect transistor) tranzistorjev. Izhod mikrokrmilnika določa signale s pulzno modulacijo (PWM-pulse width modulated), ki določajo povprečen tok in napetost ter s tem tudi hitrost in navor motorja. Motor uporablja 3 Hall senzorje za določanje položaja rotorja.



Slika 5 Krmilnik brezkrtačnega motorja z Hall senzorjem (vir: Digi-Key)

Motorji uporabljajo dva para elektromagnetov, zato je potrebno 6 korakov, da se stator motorja obrne enkrat. Naš krmilnik je še posebej prilagojen za električna kolesa, saj morajo električna kolesa imeti na zavorah stikala, ki izključijo motor med zaviranjem. Prav tako ima senzorje za pomoč pri poganjanju (PedalAssist).



Slika 6 Potek toka na tuljavah za en obrat (vir: DigiKey)

7 LCD prikazovalnik in merilnik hitrosti

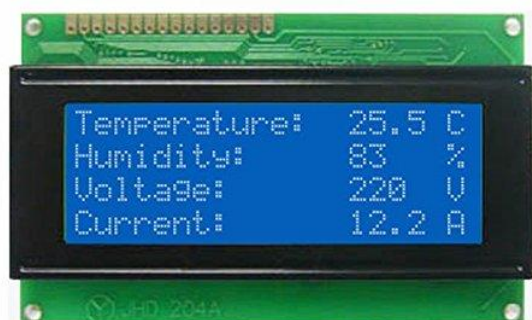
Odločili smo se, da bomo nadomestili zaslon, ki je prišel z krmilnikom, s Arduino in LCD zaslonom, ki bo prikazoval hitrost, porabo moči, čas in napetost na bateriji. To nam bo na tekmovanju prineslo veliko točk za izvirnost.

Glavni del prikazovalnika je Arduino Uno. Arduino Uno je razvojna ploščica z mikrokrmilnikom, ki lahko nadzira analogne in digitalne vhode in izhode. Arduino ploščica se zelo pogosto uporablja za elektronske projekte, zaradi njene preproste uporabe in programiranja. Arduino Uno ima 14 digitalnih vhodov in izhodov ter 6 analognih vhodov. Arduino deluje na napetosti od 5V do 20V, zato bomo potrebovali step-down pretvornik, ki bo napetost baterije 48V znižal na 12V.



Slika 7 Arduino Uno (vir: Arduino Uno)

Na Arduino bo priključen LCD zaslon. LCD ali Liquid Crystal Display ima dve tanki plasti tekočih kristalov, ki se pod vplivom električnega toka poravnajo in s tem blokirajo svetlobo, da ne prehaja skozi. Izbrali smo zaslon velikosti 20x4 kar pomeni, da lahko prikaže 20 znakov v 4 vrsticah. To bo ravno dovolj za vse podatke, ki jih želimo prikazati.



Slika 8 LCD zaslon (vir: Arduino)

Ker bomo na zaslonu prikazovali tudi hitrost jo moramo nekako določiti. Najpogosteje se v kolesarskih števcih uporablja hall senzor, ki meri magnetno silo, kadar gre mimo magnet, ki je na naperi od kolesa. Glede na moč magnetne sile spreminja izhodno napetost. Hall senzor ima tanek kos kovine preko katerega teče električni tok, če ta kos kovine približamo magnetnemu polju bodo elektroni, ki potujejo po kovini se usmerili proti enemu robu, kar povzroči spremembo napetosti na drugem robu. To bo zaznal Arduino ter bo meril čas t , ki poteče med spremembami napetosti. Ker vemo, da je obseg našega kolesa $o = 2,23$ m lahko izračunamo hitrost s enačbo: $v = o/t$



Slika 9 Hall senzor (vir: SparkFun)

8 Potek dela

Kupljeno kolo smo morali predelati v električno tako, da smo vanj pritrdili motor in baterijo, vendar se je izkazalo, da je to zelo zahteven postopek. Naj prej smo odstranili zadnje kolo ter odstranili vse napere. To smo morali storiti, da smo iz kolesa dobili pesto. Elektromotor smo nato pritrdili v zadnje kolo tako, da smo vanj napeli napere ter jih privijačili na obroč kolesa. Kolo smo nato morali še centrirati, da bo ravno ter bolj stabilno. Za kolo smo morali narediti tudi posebno baterijo, ki je vsebovala 130 litij-ionskih celic. Postopek, s katerim smo baterije spojili se imenuje punktiranje. Prilagoditi smo morali tudi okvir, da je lahko držal vse te baterije. Na sprednji ter zadnji del okvira smo pritrdili 2 manjši plošči, na katere smo kasneje pritrdili 2 leseni plošči, ki bosta ščitili baterijo pred udarci in padci. V ta prostor smo položili baterije, ki so bile punktirane v obliko, ki se je prilegala okvirju. Namestiti smo morali tudi posebne sklopke za zavore, katere so imele vgrajene senzorje, da izklopijo elektromotor med zaviranjem.



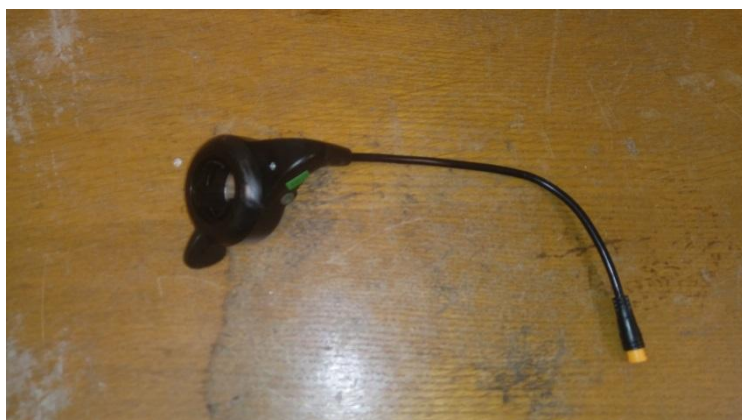
Slika 10 Zavore z izklopnimi stikali (vir: Avtorja naloge)

Poleg krmilnika je bil priložen tudi zaslon, ki prikazuje hitrost, prevoženo razdaljo, stanje baterije ter moč, ki jo porablja motor. Zaslon smo kasneje zamenjali z zaslonom, ki smo ga naredili sami, saj je ta bolj zanesljiv in kaže bolj natančne podatke.



Slika 11 Zaslon, ki prikazuje podatke (vir: Avtorja naloge)

Na bilanco kolesa smo pritrdili ročico za prilagoditev hitrosti. Ročica je bila priložen poleg krmilnika.



Slika 12 Ročica za nastavljanje hitrosti (vir: Avtorja naloge)

9 Zaključek

Torej naredili smo električno kolo z 1000W elektromotorjem. Kolo ima baterijo, ki smo jo naredili iz 18650 litij-ionskih celic. Proces punktiranja celic je bil dolgotrajen, ampak je bilo na koncu vredno, saj smo naredili baterijo, ki ima kapacitivnost 30Ah. Z kolesom smo zelo zadovoljni, izkazal se je boljše kot smo kadarkoli pričakovali. Kolo dosega hitrosti do 55 km/h, nismo še pa imeli možnosti za testiranje razdalje. Pričakujemo pa doseg okoli 80km na eno polnjenje. Zraven dela smo se naučili veliko o delovanju elektromotorjev, baterij ter splošno o električnih kolesih.

10 Družbena odgovornost

Delo je potekalo zelo ekipno, vsak v ekipi je prispeval nekaj svojega k kolesu. Električna kolesa so prihodnost, saj je nasvetu vedno več ljudi in vedno manj neobnovljivih virov. Električna kolesa pa ne zavzamejo veliko prostora in delujejo na obnovljivih virih, ki so prijazni okolju. E- kolesa so tudi dober prikaz zmogljivosti električnih motorjev, ki čeprav so majhni oddajo veliko moči.

11 Viri

11.1 Spletni viri

- <https://www.digikey.com/en/articles/techzone/2013/mar/an-introduction-to-brushless-dc-motor-control> (5.2.2018),
- https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_battery_sizes (5.2.2018),
- https://en.wikipedia.org/wiki/Hall_effect_sensor (4.2.2018),
- <https://www.electronics-tutorials.ws/electromagnetism/hall-effect.html> (5.2.2018),
- <https://electronics.howstuffworks.com/everyday-tech/lithium-ion-battery.htm> (3.2.2018),
- http://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion (3.2.2018),
- https://www.merida-bikes.com/en_int/bikes/trekking-city/trekking/2017/crossway-900-6476.html (3.2.2018),

11.2 Viri slik

- <https://www.digikey.com/en/articles/techzone/2013/mar/~media/Images/Article%20Library/TechZone%20Articles/2013/March/An%20Introduction%20to%20Brushless%20DC%20Motor%20Control/article-2013march-introduction-to-brushless-dc-fig3.jpg>
- <https://electricbikereview.com/wp-content/assets/2014/08/geared-hub-motor-ebike.jpg>
- https://store-cdn.arduino.cc/usa/catalog/product/cache/1/image/520x330/604a3538c15e081937dbfbd20aa60aad/a/0/a000066_featured.jpg
- <https://cdn.sparkfun.com/assets/parts/2/8/5/3/09312-1.jpg>
- <http://www.set-tech.com.tw/en/bldc-img/main01.gif>
- <https://d112e54l47d6r7.cloudfront.net/runtime/p3media/zoom-thumb-picture-desktop-6d482fe555108de42d932c85259a1b8a.jpg>