

DVIRAČIO PERDARYMAS Į ELEKTRINĮ IR JO TYRIMAS

Marius Janavičius

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
El. paštas marius.janavicius@stud.vgtu.lt

Santrauka. Elektriniams dviračiams, kaip transporto ir laisvalaikio praleidimo priemonėms, prognozuojamos geros perspektyvos. Šiuo metu rinkoje yra didelis pasirinkimas gamyklinių elektrinių dviračių ir adaptavimo komplektų paprastam dviračiui perdaryti į elektrinį. Elektrinių transporto priemonių gausėjimą lemia tobulėjančios ir pingančios maitinimo elementų technologijos bei gamyba. Straipsnyje aprašoma, kaip dviratį perdaryti į elektrinį pasirinkus „Golden Motor Technology“ kompanijos 26 colių skersmens priekinio elektrinio rato adaptavimo komplektą MagicPie3 ir 16 colių 10 Ah LiFePO₄ bateriją. Sumontavus variklį ir kitus komponentus atlikti eksperimentai, siekiant įvertinti technines elektrinio dviračio charakteristikas ir patikrinti gamintojo nurodytas specifikacijas.

Reikšminiai žodžiai: elektrinis dviratis, elektrinio dviračio komplektas, EPAC, baterija, ličio geležies fosfatas, LiFePO₄.

Įvadas

Dviratis – ne tik puiki laisvalaikio praleidimo, bet ir vis labiau populiarėjanti transporto priemonė. Žinoma, sezoniskumas apriboja jo naudojimo galimybes, bet vis daugiau žmonių įvertina dviračio teikiamus privalumus – jokių spūsčių ir laikymo problemų, laisvės pojūtis ir t. t. O elektrinių variklių naudojimas labai palengvina mynimą. Važiuoti galima ir išsikrovus baterijai.

Elektrinių dviračių istorija prasidėjo 1895 m. JAV (Bolton 1895). Sparčiai populiarėti jie pradėjo maždaug prieš 10 metų. Aktyviausiai tai vyko Kinijoje, kur nuo 1998 m. iki 2005 m. pardavimo mastas padidėjo nuo 40 000 iki 10 milijonų (Weinert *et al.* 2006). Lietuvoje elektrinių dviračių galima išsigyti bet kurioje didesnėje dviračių parduotuvėje, o kainos praktiškai nesiskiria nuo daugelio vidutinės klasės dviračių. Pasirinkimas platus – nuo įprasto dydžio dviračių, galinčių padėti įveikti apie 30–50 km atstumą, priklausomai nuo baterijos talpos, vairuotojo svorio, kelio ir oro sąlygų, iki mažų sulankstomų elektrinių dviračių ar paspirtukų, skirtų dar trumpesniems atstumams. Jie lengvai telpa į automobilio bagažinę, o mažiausius nesunkiai galima transportuoti ir vietoje kuprinės.

Svarbiausi elektrinio dviračio elementai yra nuolatinės srovės variklis su valdymo įtaisais ir maitinimo šaltinis – baterija. Energija ratui sukti gali būti perduodama:

- grandinine arba kardaninio veleno pavara;
- integruojant variklį rato stebulėje;
- prispaudimo ratuku, sukant pačią padangą.

Vairavimo ypatumai priklauso nuo to, kokio tipo elektrinis dviratis. Pavyzdžiui, važiavimas pagalbinę mynimo sistemą turinčiu EPAC (angl. *Electrically Power Assisted Cycles*) tipo dviračiu praktiškai niekuo nesiskiria nuo važiavimo paprastu dviračiu. Įrengta pagalbinė mynimo sistema veikia automatiškai: pradėjus minti pedalus variklis įjungiamas, o nustojus minti arba viršijus 25 km/h greitį – išjungiamas. Tokio tipo dviračiai turi ir variklio galimumo apribojimą – ne daugiau kaip 250 W. Baterijai taip pat taikomas apribojimas – nuolatinė įtampa negali viršyti 48 V arba turėti integruotą 230 V tinklo įtampos įkroviklį. Elektriniai dviračiai, turintys įtaisytą akceleratoriaus svirtelę arba rankeną, nepriklauso EPAC kategorijai. Išvardyti apribojimai reglamentuoti Lietuvos standarte LST EN 15194:2009+A1:2012 (LST EN 15194... 2009). Elektrinio dviračio sąvoka Lietuvos Respublikos kelių eismo taisyklėse (LR KET... 2013) nėra apibrėžta, bet visiems jiems privalomas projektinio greičio iki 25 km/h bei galios iki 4 kW apribojimas. Priešingu atveju jie prilyginami vienai iš motorinių transporto priemonių – mopedui. Motorinėms transporto priemonėms draudžiama važiuoti dviračių taku. Tokia transporto priemonė turi būti registruojama, jai vairuoti reikalingas AM kategorijos vairuotojo pažymėjimas.

Rinkoje, be gamyklinių elektrinių dviračių, nemažai yra perdaryti skirtų komplektų (angl. *Electric Bicycle Conversion Kits*), kai kurie turi ir EPAC funkciją. Populiariausi variantai yra su bešepėčiu varikliu, įmon-

tuotu rato stebulėje, kur vienintelės mechaniškai besidėvinčios detalės yra veleno guoliai. Todėl tokie varikliai yra ilgaamžiai, jų praktiškai nereikia prižiūrėti. Tokie komplektai populiarūs dėl montavimo paprastumo, t. y. nesunku paversti jau turimą paprastą dviratį elektriniu, ypač jei keičiamas tik priekinis ratas. Baterija taip pat nesudėtingai sumontuojama ant specialių laikiklių gertuvės vietoje arba ant bagažinės.

Baterijų technologijų ir gamybos tobulėjimas, o ilgainiui ir kainos mažėjimas taip pat lemia šių elektrinių transporto priemonių populiarumą. Šiuo metu vis labiau populiarėja ličio geležies fosfato (LiFePO₄) baterijos. Jos yra brangesnės nei kitų rūšių baterijos, tačiau, įvertinus jų ilgaamžiškumą, įkrovimo greičio, darbinės temperatūros diapazono, saugumo ir kainos santykį su kitomis baterijomis, tai yra geriausias pasirinkimas.

Tyrimų pasirinktas kompanijos „Golden Motor Technology“ (MagicPie3... 2013) 26 colių skersmens priekinio rato elektrinio dviračio komplektas MagicPie3 ir 10 Ah 16 celių LiFePO₄ baterija, montuojama galinės bagažinės vietoje. Dviratis – kalnų tipo, sveria apie 15 kg.

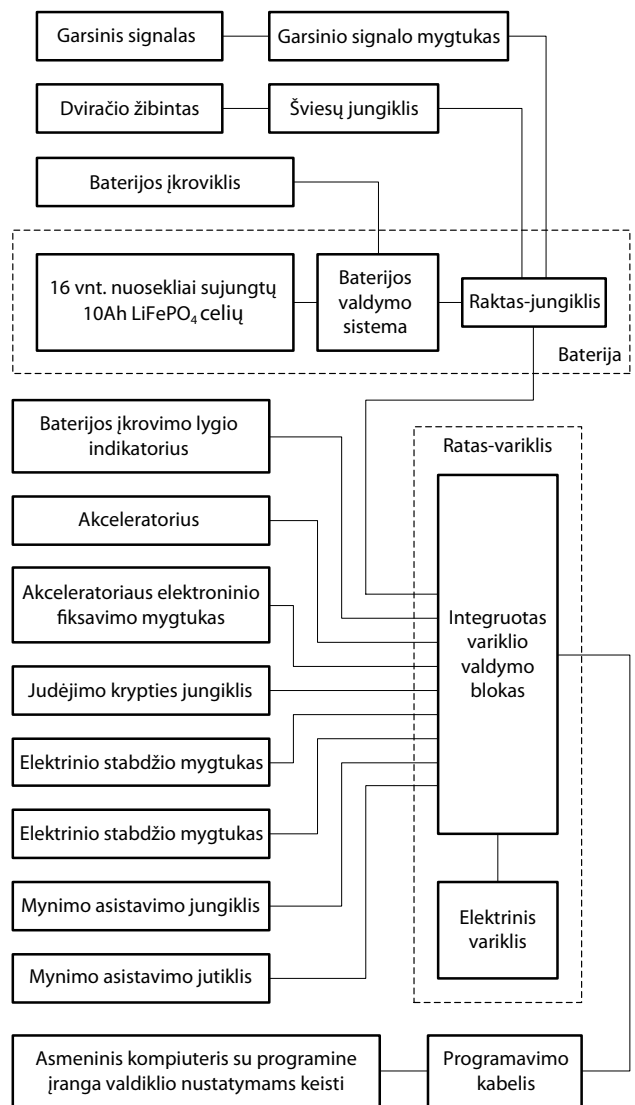
Elektrinio dviračio funkcinė schema

Įgyvendinamo elektrinio dviračio funkcinė schema pavaizduota 1 pav.

Elektrinis dviratis susideda iš šių pagrindinių komponentų: variklinio rato su integruotu valdymo bloku, valdymo įtaisų ir baterijos. Sistema įjungiami / išjungiami pasukus į atitinkamą poziciją raktą. Įjungus maitinimą, įsijungia baterijų įkrovimo lygio indikatorius – variklis paruoštas važiuoti. Paspaudus akceleratoriaus svirtelę, variklis pradeda sukintis. Kuo žemiau lenkiama svirtelė, tuo sukimosi greitis didesnis. Sukimosi kryptis priklauso nuo to, ar įjungtas / išjungtas judėjimo krypties jungiklis. Atleidus akceleratoriaus svirtelę, variklis sukasi laisvąja eiga.

Taip pat įgyvendinta elektroninė akceleratoriaus fiksavimo funkcija. Ji įjungiami mygtuku, kurį nuspaudus, valdiklis „įsimeina“ tuo metu buvusią akceleratoriaus svirtelės padėtį. Ją atleidus dviratis važiuoja tokiu greičiu, koks būtų laikant svirtelę ankstesnėje padėtyje. Fiksavimas išjungiamas nuspaudus tą patį greičio palaikymo mygtuką arba vieną iš elektrinio stabdžio jungiklių. Kai elektrinis stabdis yra aktyvintas, jis suveikia po 1 s vėlinimo, o akceleratorius tuo metu neveikia.

Valdiklyje numatyta automatinio variklio įjungimo funkcija, kuri aktyvinama minant pedalus. Ji įjungiami / išjungiami pagalbinės mynimo sistemos jungikliu. Kai pedalai minami, tai fiksuoja optinis jutiklis ir perduoda signalą į valdiklį.



1 pav. Elektrinio dviračio funkcinė schema

Fig. 1. Flowchart of the electric bicycle

Garsinis signalas ir žibintas atitinkamai įjungiami / išjungiami garsinio signalo mygtuku ir šviesų jungikliu. Jų veikimo valdiklis neveikia.

Baterija tiekia elektros energiją komplekto įtaisams. Jos viduje įmontuota valdymo sistema, apsauganti nuo trumpojo jungimo, per didelės iškrovimo ir įkrovimo srovės. Ji taip pat kontroliuoja tolygų celių įkrovimą, t. y. atliekamas balansavimas, ir išjungia bateriją, jei kuri nors celė per daug išsikrovusi.

Valdiklio parametrus galima keiti, naudojant specialų programavimo kabelį ir programinę įrangą, įdiegtą asmeniniame kompiuteryje.

Elektrinio dviračio paruošimas

MagicPie3 priekinio rato komplektas, pavaizduotas 2 pav., iš kitų rinkoje esančių komplektų išsiskiria instaliavimo



2 pav. MagicPie3 priekinio rato komplektas
Fig. 2. MagicPie3 conversion kit

patogumu, nes valdiklis jau įmontuotas rate, mažiau laidų. Dviračio perdarymas į elektrinį gali užtrukti iki kelių valandų.

Patartina papildomai įtvirtinti ašį, ypač dviračio šakėms iš aliuminio lydinių. Variklio įjungimo metu ir naudojant elektrinį stabdį atsiranda papildoma apkrova ašies tvirtinimo vietoje ir ašis ilgai gali prisisukti.

Baterijos (3 pav.) korpuse įmontuotas užraktas, kuris neleidžia jai nukristi nuo specialaus padėklo, tvirtinamo ant galinės bagažinės. Šis užraktas turi maitinimo išjungimo funkciją, kuri būtina saugumui užtikrinti.

Valdymo įtaisai skirti montuoti ant vairo ir išdėstomi atsižvelgiant į vairuotojo patogumą. Sumontavus elektrinį ratą, pritvirtinus valdymo įtaisus ir įkraudą bateriją, elektrinis dviratis yra paruoštas važiuoti.

Rinkinys turi jungtį, skirtą parametrų indikatoriumi, tačiau šios funkcijos gamintojas kol kas nėra įdiegęs. Struktūrinėje schemoje (1 pav.) šios funkcijos nėra.



3 pav. 16 celių 10 Ah LiFePO₄ baterija
Fig. 3. 16 cell 10 Ah LiFePO₄ battery



4 pav. Dviratis, perdarytas į elektrinį
Fig. 4. Bicycle converted into an electric bike

Prieš pradėdamas važiuoti, būtina įsitikinti, ar judančios dalys nepažeis laidų. Nuvažiavus kelis kilometrus, reikia patikrinti, ar neatsilaisvino rato tvirtinimas, ar laidai nekliūna už besisukančių detalių. Perdaryto į elektrinį dviračio (4 pav.) ir baterijos bendras svoris yra apie 35 kg.

Vairuojant šį elektrinį dviratį buvo eksperimentuojama, siekiant įvertinti elektrinio dviračio technines charakteristikas ir patikrinti gamintojo nurodytas specifikacijas.

Elektrinio dviračio testavimas

Variklio valdiklyje jau būna užprogramuoti reikalingi nustatymai, tačiau, atsižvelgiant į naudojamos baterijos (GeBattery... 2013) charakteristikas, juos gali tekti koreguoti. Tai daroma naudojant programinę įrangą ir programavimo kabelį. Pirmiausia buvo nustatyti: variklio įtampa 48 V, maksimali nuolatinė srovė 20 A, maksimali momen-

tinė srovė 30 A, nustatytas optimalus 25 % energijos grąžinimas, norint išlaikyti stabdymo tolygumą. Dviratininko bandytojo masė – 95 kg.

Elektrinio dviračio bandymo metu lygiu keliu ir su visiškai įkrauta baterija buvo pasiektas maksimalus 45 km/h greitis. Išibėgėjimas nuo 0 km/h iki 45 km/h greičio, naudojant vien tik elektrinę pavarą, užtrunka apie 15 s. Atliekant kitus bandymus buvo atkurtas privalomas projektinio iki 25 km/h greičio apribojimas.

Buvo atlikti keturi bandomieji važiavimai stengiantis naudoti tik elektrinę pavarą, važiuojant tol, kol baterija visiškai išsikraus:

- pirmasis – Vilniaus mieste, pasirenkant mažiau kalnuotą maršrutą;
- antrasis – Klaipėda–Pervalka. Didžioji trasos dalis yra asfaltuotas dviračių takas;
- trečiasis – 31 km ilgio dviračių žygis Dzūkijoje. Trasa buvo sudėtingesnė nei prieš tai buvusios. Trečdalis kelio – smėlėtos ir kalnuotos atkarpos, kurias įveikti prireikė ir mechaninės pavaros. Baterijos užteko įveikti dar 10 km mieste;
- ketvirtasis – Vilniaus mieste, dalyvaujant renginyje „Velomaratonas 2013“. Trasos ilgis – 30 km. Baterijos užteko įveikti dar 10 km mieste. Baterija buvo įkraunama maždaug per 6 valandas.

Šių bandomųjų važiavimų metu gauti tyrimo rezultatai pateikti 1 lentelėje. Gauti rezultatai atitinka gamintojo nurodytą 40–50 km atstumo intervalą, naudojant 10 Ah LiFePO₄ bateriją ir pirmiau minėtus nustatymus.

1 lentelė. Bandomųjų važiavimų rezultatai

Table 1. Results of test runs

Nr.	Kelias	Įveiktas atstumas	Pavara
1	Pusė lygaus kelio, likęs – trumpas įkalnės iki 6 %	42 km	Elektrinė
2	Pusė lygaus kelio, likęs – ilgos įkalnės 10–20 %	40 km	Elektrinė/ mechaninė
3	¼ lygaus kelio, likęs – trumpas įkalnės 10–20 %	41 km	Elektrinė/ mechaninė
4	¾ lygaus kelio, likęs – trumpas įkalnės iki 6 %	40 km	Elektrinė

Išvados

Sukomplektavus elektrinį dviratį ir atlikus bandomuosius važiavimus galima suformuluoti tokias išvadas:

1. Literatūros analizėje pastebėta, kad labiausia plinta dviračių perdarymo komplektai su integruotu varikliu rato stebulėje. Šie komplektai didesnės galios nei EPAC dviračiai.

2. Įvertinus vis didėjantį jų populiarumą ir potencialų pavojų kitiems dviračių takų eismo dalyviams, būtina apibrėžti elektrinio dviračio sąvoką LR KET.
3. Konvertavimo komplektai turi visas būtinas funkcijas: greičio, momentinės ir pastovios srovės apribojimus ir kt. Tačiau nėra numatyta jų ir suvartojamosios galios, baterijos parametru stebėseną. Parametru stebėseną turi būti įgyvendinta ateities inžineriniuose sprendimuose.
4. Su visiškai įkrauta 10 Ah LiFePO₄ baterija galima nuvažiuoti apie 40 km. Esant sunkiau įveikiamam keliui, bet minant ir taip padedant varikliui, įveikiamas atstumas išlieka praktiškai toks pats. Todėl naudojant pedalų mynimo pagelbiklį, nepavargstant galima įveikti ir daug didesnę atstumą.

Literatūra

- Bolton, O. 1895. *Electrical bicycle patent US552271A* [interaktyvus], [žiūrėta 2013 m. gegužės 11 d.] Prieiga per internetą: <https://www.google.com/patents/US552271>
- GeBattery GEB-LFP48V10AH*. 2013. General Electronics Battery [interaktyvus], [žiūrėta 2013 m. gegužės 11 d.]. Prieiga per internetą: http://www.gebattery.com.cn/product/Electric_battery.html
- LR KET*. Aktuali redakcija 2013-01-19 [interaktyvus], [žiūrėta 2013 m. gegužės 11 d.]. Prieiga per internetą: http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.dok_priedas?p_id=60680
- LSTEN 15194:2009+A1:2012* [interaktyvus], [žiūrėta 2013 m. gegužės 11 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.lsd.lt/standards>
- MagicPie3*. 2013. Golden Motor Technology [interaktyvus], [žiūrėta 2013 m. gegužės 11 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.goldenmotor.com/e-Bike-DIY/DIY-ebikekit.php>
- Weinert, J.; Chaktan, M.; Cherry, C. 2007. The transition to electric bikes in China: history and key reasons for rapid growth, *Transportation* 34(3): 301–318. <http://dx.doi.org/10.1007/s11116-007-9118-8>

CONVERSION OF AN ORDINARY BICYCLE INTO AN ELECTRIC BIKE AND RELATED RESEARCH

M. Janavičius

Abstract

An electric bicycle as a transport and leisure vehicle is expected to have a promising future. Currently, the market offers a great choice of factory electric bicycles and conversion kits to remake an ordinary bicycle into an electric bike. Also, the increasing number of electric vehicles is determined by the reduction in costs for manufacturing of batteries and an evolution in battery technology. This article presents the implementation of an electric bike by selecting the “Golden Motor Technology” company’s electric front wheel conversion kit MagicPie3 and 16 cell 10Ah LiFePO₄ battery. After installation of the engine and other components, experiments were conducted to evaluate the performance characteristics of the electric bike and check the manufacturer’s specifications.

Keywords: electric bicycle, electric bicycle conversion kit, EPAC, battery, lithium iron phosphate, LiFePO₄.