

СОЛАРНИ ПУЊАЧ ЗА ЕЛЕКТРИЧНИ БИЦИКЛ**SOLAR CHARGER FOR ELECTRIC BICYCLE**

Борис Шаргач, Владимир Катић, Золтан Чорба, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду су размотрене могућности израде система за пуњење батерије електричног бицикла енергијом добијеном из соларних панела. Пуњачи који су употребљени за израду система су испитани и тако добијени резултати су приказани, уз објашњења појединих резултата. Размотрена је и могућност примене ових пуњача у јавном систему за изнајмљивање електричних бицикала.

Кључне речи: Соларни панел, Батерија, Пуњач, Пројектовање, Испитивање

Abstract – In this paper, the possibilities of creating a system for charging the battery of electric bicycle using energy generated by solar panels are discussed. Chargers that were used for creating the system are tested and the results of this test are displayed, along with explanation of certain results. A possibility of using this chargers in public system for renting electric bicycles is also discussed.

Keywords: Solar panel, Battery, Charger, Designing, Testing

1. ОПИС ФОТОНАПОНСКОГ СИСТЕМА

Основу система чине фотонапонски (соларни) панели који врше претварање светлосне енергије у електричну. Могуће је користити један или више панела, а у том случају је најбоље да они буду истог типа. Панеле је могуће везивати редно (ради добијања већег излазног напона) или паралелно (ради добијања веће излазне струје). При њиховом постављању је потребно водити рачуна о њиховој усмерености и нагибу.

Како би се омогућило пуњење батерије бицикла независно од количине расположивог Сунчевог зрачења (ноћу или током облачних дана), користи се додатна (стационарна) батерија у којој се произведена енергија складишти до тренутка када је потребна. У ову сврху се користе оловни желатинасти (гел) акумулатори који се одликују добрим односом цене и капацитета, затвореним кућиштем које омогућава постављање у произвољан положај и малим захтевима за одржавањем.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Владимир Катић, ред. проф.

Како би се спречило да дође до препуњавања акумулатора и да би се производња енергије из соларних панела што више повећала, панели се не везују непосредно на акумулаторе, већ се повезивање врши преко DC/DC претварача који има могућност праћења тачке највеће снаге (енг. Maximum Power Point Tracking – MPPT).

У систему се користи још један DC/DC претварач који се налази између акумулатора и батерије бицикла. Његова улога је да обезбеди пуњење батерије бицикла на одговарајући начин, као и да спречи прекомерно пражење акумулатора.

2. ОПИС СКЛОПОВА БИЦИКЛА

Као основа при изради пуњача је искоришћен бицикл са ознаком Monesada Li36 (слика 1). Он се може покретати на три начина: преко педала (коришћењем физичке снаге корисника), помоћу мотора (коришћењем енергије ускладиштене у батерији) и комбинацијом та два начина (користе се педале за покретање бицикла, док мотор обезбеђује додатну снагу).



Слика 1. Електрични бицикл Monesada Li36

Основу електричног система овог бицикла чине мотор, контролер и батерија.

Мотор спада у групу DC мотора без четкица код кога се стални магнети налазе на ротору који се обрће око статора на коме се налазе намотаји. У овом случају, статор се налази на осовини задњег точка, док се ротор налази на кућишту мотора које се обрће око статора и истовремено игра улогу главе точка.

Радам мотора управља контролер који такође, помоћу одговарајућих сензора, читава његову брзину и брзину окретања педала. На основу улаза које му корисник задаје преко ручице за гас и кочнице које се налазе ра корману бицикла, контролер управља радом целог система, а такође помоћу приказивача кориснику пружа неопходне податке.

Енергију за рад система обезбеђује батерија (слика 2) која се налази између седишта и задњег точка бицикла. Она је смештена у херметички затвореном кућишту на којем се налазе улазни прикључак за пуњење, излазни прикључак на који се повезује остатак система и брава која служи за осигуравање батерије у њеном лежишту, као и за одабир начина рада бицикла (са коришћењем мотора или без њега).



Слика 2. Батерија бицикла

Уз бицикл је испоручен и фабрички пуњач, а на основу резултата добијених његовим испитивањем [1] извршено је пројектовање одговарајућег пуњача.

3. ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПУЊАЧА

3.1. Батерије

Батерија бицикла се састоји од 10 редно везаних литијум-гвожђе-фосфатних (LiFePO_4) ћелија. Напон потпуно напуњене батерије износи 42 V, а контролер онемогућава њен рад када напон на њој опадне на 32,4 V. Номинални капацитет батерије је 10 Ah, док препоручена струја пуњења има вредност од 1 C (струја једнака капацитету батерије у јединици времена), односно, 10 A. Пошто напон на батерији, због хемијских реакција у њој, опада и када се она не користи, усвојено је да доња вредност напона исправне батерије износи 30 V, док највећа струја пуњења износи 5 A.

Номинални напон оловних акумулатора је 12 V, али се његова вредност мења у зависности од нивоа напуњености. У фази пуњења сталним напонем, његова вредност износи 14,2 V, док у фази одржавања (енг. float charging) напон акумулатора треба да буде између 13,6 V и 13,8 V. Вредност напона при којој се сматра да је акумулатор испразњен зависи од његове карактеристике, а овде је усвојено да је то напон од 10,5 V.

Најједноставнији случај је када се као стационарна батерија користи само један акумулатор. Међутим, да би се смањила вредност струје која се повлачи из акумулатора, користи се редна веза два акумулатора. Тиме се олакшава израда DC/DC претварача, а омогућено је и постављање пуњача на већу удаљеност од стационарне батерије без знатног повећања губитака на водовима.

3.2. Пуњач батерије бицикла

Пошто је напон на стационарној батерији увек нижи од напона на батерији бицикла која се сматра исправном, потребно је користити подизач напона

(енг. boost converter) како би се омогућило њено пуњење. Струја пуњења I_{BAT} има приближну вредност

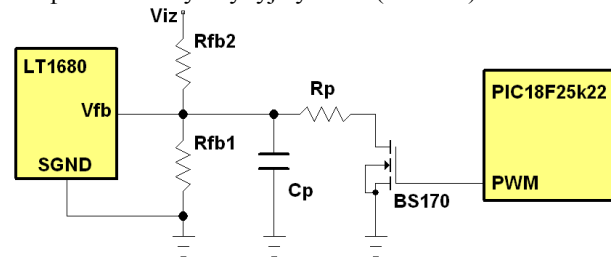
$$I_{BAT} = \frac{V_{boost} - V_{BAT}}{R_{BAT}}, \quad (1)$$

при чему је V_{boost} напон на излазу претварача, V_{BAT} је напон отвореног кола батерије, а R_{BAT} је њена унутрашња отпорност. Вредност V_{BAT} се мења током пуњења, те је потребно мењати и вредност V_{boost} како би струја пуњења остала приближно иста.

Да би се то постигло, користи се DC/DC претварач заснован на контролеру LT1680 [2] чији излазни напон V_{IZ} је одређен напонским разделником који чине отпорници R_{FB1} и R_{FB2} , и он износи

$$V_{IZ} = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{R_{FB2}}{R_{FB1}}\right) [V]. \quad (2)$$

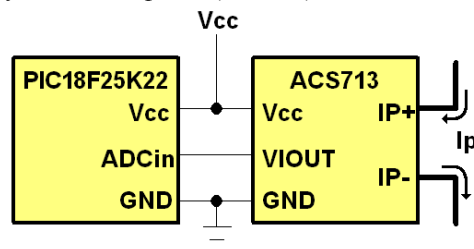
Вредности $R_{FB1} = 3 \text{ k}\Omega$ и $R_{FB2} = 69 \text{ k}\Omega$ су тако одабране да излазни напон има вредност од 30 V. Како би се добио излазни напон од 42 V, паралелно са R_{FB1} је везан отпорник $R_P = 7,2 \text{ k}\Omega$ који се помоћу мосфета BS170 укључује у коло (слика 3).



Слика 3. Коло за управљање излазним напонем

Укључивањем и искључивањем мосфета управља микроконтролер PIC18F25K22 [3] који користи импулсно-ширинску модулацију (PWM) како би управљао излазним напонем, а самим тим и излазном струјом. Подизач напона је пројектован у складу са препорукама произвођача контролера [2] како би обезбедио жељену излазну струју од 5 A, а потребно је напоменути да је коришћен калем индуктивности 47 μH , а као прекидачки мосфет је употребљен IPR029N06N.

Податке о вредности излазне струје микроконтролер добија преко чипа ACS713 [4] који мери струју помоћу Холовог ефекта (слика 4).



Слика 4. Мерење излазне струје пуњача

Напон батерије која се пуни микроконтролер мери помоћу напонског разделника који је везан на излаз пуњача. Овај излаз је одвојен од излаза подизача напона помоћу релеја чијим укључивањем, помоћу транзистора, такође управља микроконтролер. Он управља и радом вентилатора, такође помоћу транзистора, као и стандардним приказивачем са 2x16

карактера преко кога се корисник обавештава о раду уређаја.

Софтвер микроконтролера је осмишљен тако да омогућава подешавање рада пуњача у складу са потребама корисника, што се пре свега односи на могућност избора вредности струје пуњења. За унос команди предвиђена су три тастера.

3.3. Соларни пуњач акумулатора

Као основа за израду овог пуњача одабран је чип LT8490 [5] који представља контролно коло спуштача-подизача напона (енг. buck-boost) са уграђеном могућношћу управљања поступком пуњења батерије и МРРТ. Избор ове компоненте значајно олакшава израду претварачког склопа јер се рад контролера подешава избором компоненти са којима се повезује, без потребе за додатним програмирањем. Првобитна замисао је била да се овај чип искористи као основа за израду потпуно новог пуњача који је потпуно прилагођен захтевима пројектног задатка. Међутим, утврђено је да већ постоји велики број доступних пуњача заснованих на овом чипу који испуњавају неке од постављених захтева. Због тога је одлучено да се изврши испитивање једног од њих (слика 5) чиме би се утврдило са коликом успешношћу такав пуњач обавља постављени задатак.



Слика 5. Пуњач заснован на чипу LT8490

Одабрани пуњач има могућност избора врсте извора напајања (соларни панел или стабилисани извор једносмерне струје) и избора врсте батерије која се пуни (оловни акумулатор или литијумска батерија). Улазни напон може имати вредност до 75 V, а највећа вредност излазног напона у фази пуњења сталним напоном износи 28,4 V. Највећа вредност улазне струје је ограничена на 20 A, док се вредност излазне струје може подешавати, помоћу потенциометра на плочи, у распону од 0,5 – 20 A.

4. ИСПИТИВАЊЕ РАДА ПУЊАЧА

Одлучено је да се испитивање пуњача обави мерењем снага на њиховим улазима и излазима у циљу одређивања степена искоришћења енергије који они постижу. Такође, на овај начин се може извршити упоређивање пројектованог пуњача батерије бицикла са комерцијално доступним пуњачем у смислу степена искоришћења који они постижу.

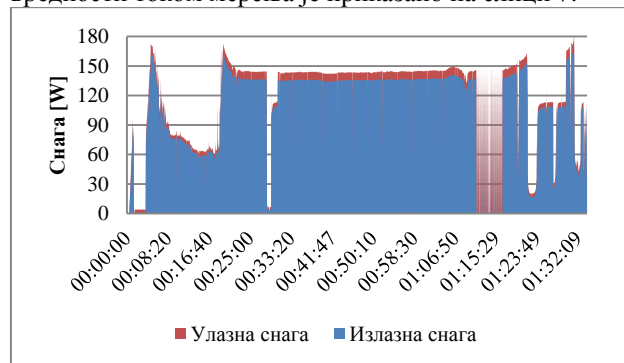
Код оба пуњача, снаге су мерене посредно, мерењем напона и струја на њиховим улазима и излазима помоћу уређаја Sanwa PC720M који су били повезани

на рачунар и чија читавања су бележена помоћу програма PC Link 7. Читавања су вршена са временом одабирања од 1 секунде. Мерење струја је вршено посредно, мерењем падова напона на шант отпорницима како би се избегло оштећивање уређаја услед превелике струје, пре свега током прикључивања батерија и извора напајања на пуњаче. Током испитивања соларног пуњача вршена су и повремена читавања вредности Сунчевог зрачења помоћу уређаја Seaward Solar Survey 200R.

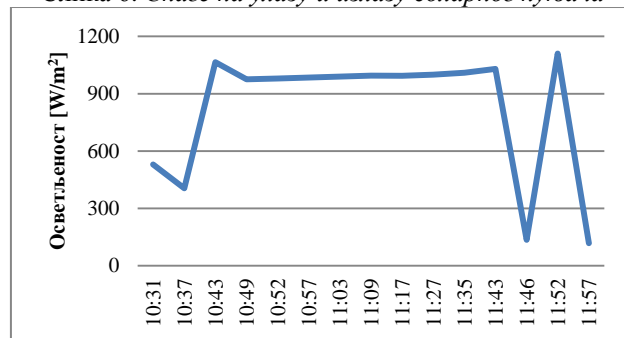
4.1. Испитивање соларног пуњача

Као извор напајања соларног пуњача коришћен је панел Schott EFG 165 [6] номиналне снаге 165 W. Пошто код употребљеног пуњача не постоји ознака која би указала на који начин је потребно подесити потенциометар како би се постигла жељена излазна струја, он је подешен на позицију која приближно одговара половини његовог опсега. На тај начин се постиже да жељена излазна струја буде око 10 A, чиме је обезбеђено да чип LT8490 током свог рада сигурно користи свој МРРТ алгоритам.

Измерена улазна и излазна снага су приказане на слици 6. Види се да излазна снага прати промену улазне снаге, а њихова разлика представља снагу губитака који се јављају у самом пуњачу. Такође, улазна снага није непроменљива, већ зависи од јачине Сунчевог зрачења, а приближно кретање његове вредности током мерења је приказано на слици 7.

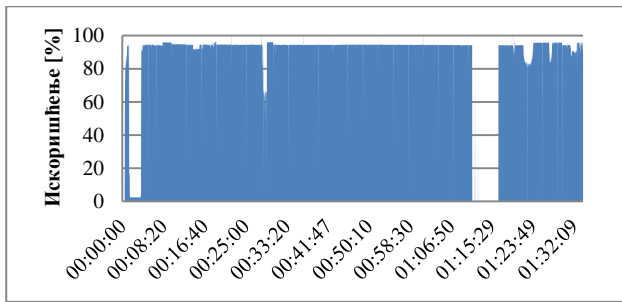


Слика 6. Снаге на улазу и излазу соларног пуњача



Слика 7. Снага Сунчевог зрачења током мерења

Иако је у току мерења било одређених грешака које су се јавиле као последица рада чипа LT8490 (повремено врши снимање карактеристике соларног панела) или због случајног одласка рачунара у стање мировања, оне чине мали део добијених резултата и могу се занемарити. Коришћењем добијених података, израчунат је степен искоришћења улазне снаге који пуњач постиже и то је приказано на слици 8.



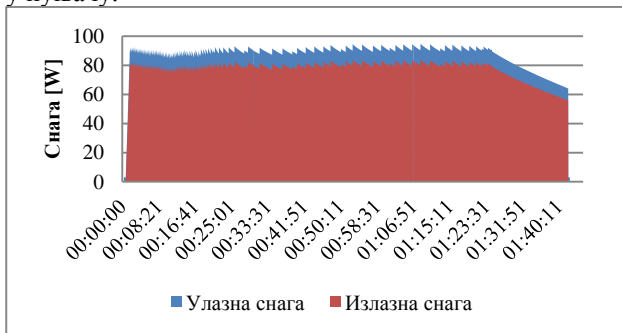
Слика 8. Степен искоришћења који постиже пуњач

Види се да пуњач постиже висок степен искоришћења улазне снаге који готово увек прелази 90%. Падови се јављају само у случајевима знатног смањења улазне снаге до којих долази услед појаве наоблачења или намерно изазваног засенчења (време од 00:28:27 до 00:29:18 од почетка мерења).

4.2. Испитивање пуњача батерије бицикла

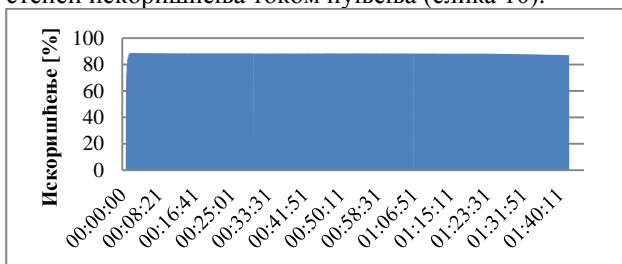
Испитивање пуњача батерије бицикла је изведено на сличан начин као и у претходном случају, с тим да је овде коришћен стабилисани извор једносмерног напона од 24 V који је подешен да на излазу даје напон од 25,7 V. Пуњач је подешен тако да вредност струје пуњења батерије буде 2 A уз коришћење софтверске компензације струје пуњења (неопходна је због уочене неправилности у раду чипа ACS713).

Измерене снаге на улазу и излазу пуњача су приказане на слици 9. Као и у претходном случају, њихова разлика настаје због губитака који се јављају у пуњачу.



Слика 9. Улазна и излазна снага пуњача батерије бицикла

Изазна снага прати улазну снагу, без обзира на режим пуњења (стална струја или стални напон), док је снага губитака у претварачу готово непромењена. Ово се најбоље може видети уколико се погледа степен искоришћења током пуњења (слика 10).



Слика 10. Степен искоришћења пуњача бицикла

Степен искоришћења је увек изнад 80%, а благи пад се јавља само по преласку из режима сталне струје у режим сталног напона.

Потребно је нагласити да поступак пуњења није потпуно завршен што је последица деловања система за надзор који је уграђен у батерију бицикла. Наиме, коришћена батерија није у оригиналном стању, већ су над њом претходно извршене преправке које су за последицу имале смањење њеног капацитета.

5. ЗАКЉУЧАК

Оба испитивана пуњача су током свог рада постигла високе степене искоришћења улазне снаге. Начин израде ових пуњача омогућава њихово коришћење у јавном систему за изнајмљивање електричних бицикала јер се они релативно лако могу прилагодити потребама и захтевима корисника.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Владимир Буха, „Експериментално испитивање елемената система за соларно допуњавање батерија електричног бицикла“, Србија, Нови Сад, 2013.
- [2] Linear Technology, „LT1680 – High Power DC/DC Step-Up Controller“
- [3] Microchip Technology, „PIC18(L)F2X/4XK22 Data Sheet – 28/40/44-Pin, Low-Power, High-Performance Microcontrollers with XLP Technology“
- [4] Allegro MicroSystems, „ACS713 – Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kV RMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor“
- [5] Linear Technology, „LT8490 – High Voltage, High Current Buck-Boost Battery Charge Controller with Maximum Power Point Tracking (MPPT)“
- [6] Schott Solar AG, „SCHOTT Solar polycrystalline solar modules with EFG™ cells“

Кратка биографија:



Борис Шаргач рођен је у Оџацима 1984. године. Гимназију је завршио у Оџацима 2003. године. Факултет техничких наука је уписао 2004. године.



Владимир Катич рођен је у Новом Саду 1954. године. Дипломирао је на Факултету техничких наука у Новом Саду 1978. године. Магистрирао је на Универзитету у Београду 1981. године, а докторирао је, такође на Универзитету у Београду, 1991. године. Од 2002. године је редовни професор Универзитета у Новом Саду. Тренутно је продекан Факултета техничких наука. Области интересовања су енергетска електроника, обновљиви извори електричне енергије, квалитет електричне енергије и електрична возила.



Золтан Чорба рођен је у Новом Саду 1962. године. Од 1992. године је запослен на Факултету техничких наука. Тренутно је руководилац лабораторије за обновљиве и дистрибуиране изворе електричне енергије. Области интересовања су обновљиви извори електричне енергије, енергетска ефикасност и квалитет електричне енергије.