



BATTERY CHARGE REGULATION DEVICE FOR BACKUP SUPPLY OF PHOTOVOLTAIC LED LIGHTING SYSTEM

Plamen Tsankov, Petar Tsvyatkov, Milko Yovchev*, Stoyo Platikanov
 Technical University of Gabrovo, Gabrovo, Bulgaria

ARTICLE INFO

Article history:

Received 30 September 2019

Accepted 20 November 2019

Keywords:

photovoltaic LED lighting system,
 battery, backup power supply,
 charge regulation

ABSTRACT

The paper presents implementation of battery charge regulation device for backup supply of photovoltaic LED lighting system at Technical University of Gabrovo. Selection and sizing of the components with which the module is built is done. Principal electrical and block diagrams are presented. Tabular and graphical experimental results from charge the battery with the developed device are shown.

© 2019 Journal of the Technical University of Gabrovo. All rights reserved.

ВЪВЕДЕНИЕ

Акумулаторът е елемент за съхраняване на електрическата енергия в автономните фотоволтаични светодиодни (PV-LED) системи. Критичен проблем за акумулатора е неговото поддържане в заредено състояние до номиналния капацитет, което се оценява с параметъра състояние на заряд – SOC (state of charge) и се определя от уравнение (1):

$$SOC = 100 - DOD, [\%] \quad (1)$$

където DOD (depth of discharge) е степен на разреденост на акумулатора [1,2]. Този параметър за акумулаторите, използващи се в PV-LED системите, не трябва да бъде по-нисък от 50% [2,3,4].

Постигането на напълно зареден акумулатор със SOC = 100% в автономните PV-LED системи често е затруднено, поради ограниченото време на зареждане и невъзможността за бързо зареждане, в резултат от променливите метеорологични условия и ограничената площ на използваните PV модули. Регулирането на процесите на зареждане и разреждане на акумулаторите трябва да бъде извършвано правилно за да увеличи техният експлоатационен срок и времето за съхранение на електрическа енергия [2,3].

Електрозахранването на изградените пред Технически университет – Габрово две улични PV-LED осветителни системи с еднакви параметри се извършва от акумулатори, които се зареждат от PV модули (всеки с максимална мощност 85 Wp), през светлата част от денонощието [5]. Соларният контролер в PV-LED системите защитава отделните елементи от недопустимо високи напрежения и токове и регулира продължителността на работа на LED осветителя, който е с мощност 18 W. При продължителна липса на достатъчна слънчева радиация през зимните месеци и

ниската околна температура, акумулаторите в двете системи са в разрежено състояние и силно се съкращава техният експлоатационен срок [4,5,6]. Същевременно LED осветителите не са включени от соларния контролер през тъмната част от денонощието.

В доклада се представят резултати от разработване на устройство за регулиране на заряда на акумулатори за резервно електрозахранване на гореописаната автономна PV-LED осветителна система.

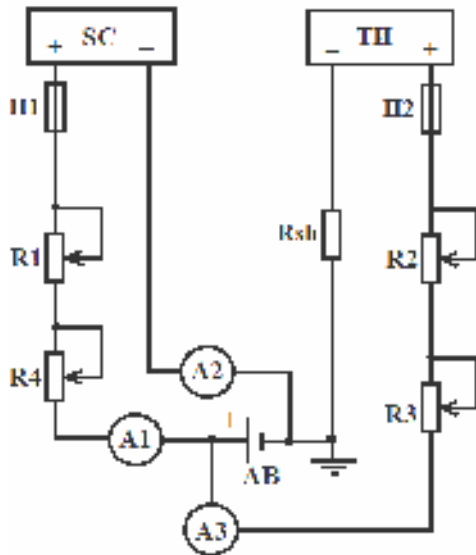
ИЗЛОЖЕНИЕ

Измерването и регулирането на зарядното напрежение за оценка на състоянието на заряд в акумулатора е нецелесъобразно, тъй като зарядното напрежение бързо се увеличава при зареждане, достигайки номиналната си стойност, което не гарантира, че акумулаторът е зареден до номиналния си капацитет [1,4]. В настоящата разработка се предлага измервателна схема за резервно електрозахранване на акумулатор на PV-LED система с постоянно токов измервателен шунт, чрез която непрекъснато се измерва и регулира големината на зарядния ток до достигане на пълен заряд на акумулатора. Създадената измервателна схема е показана на Фиг. 1.

Максималното токово натоварване на акумулатора АВ се осъществява от токоизправител ТИ с максимална стойност 10 А. Защитата на соларния контролер SC от недопустимо токово натоварване се осъществява с бързодействащ предпазител П1, тип F10 А. Последователно на линиите от измервателната схема се включват регулиращи съпротивления (реостати) R1 и R2 с възможност за ограничение на тока. Токът през измервателната схема се измерва с амперметри за постоянен ток, означени на Фиг. 1 като А1 и А2. Между положителния полюс на акумулатора АВ и положителния

* Corresponding author. E-mail: milkoyovchev1986@gmail.com

полус на токоизправителя ТИ са свързани постоянно-токов амперметър А3, регулируеми съпротивления R2 и R3 и бързодействащ предпазител П2 – F10 А. Между отрицателния полюс на токоизправителя и отрицателния полюс на акумулатора се включва измервателен токов шунт Rsh. Създаденото заземяване е необходимо за осцилографиране на формата на зарядния ток през измервателния шунт.



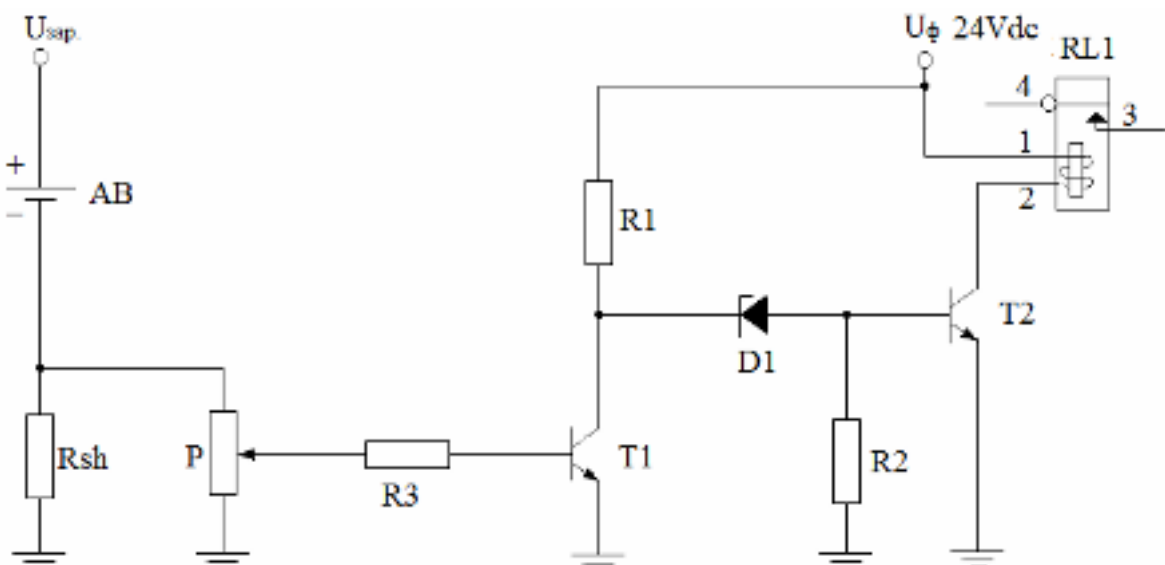
Фиг. 1. Измервателна схема за резервно електрозахранване на акумулатор на PV-LED система

Синтезиране на електронна схема за регулиране на заряда на акумулатор за резервно електрозахранване на PV-LED система

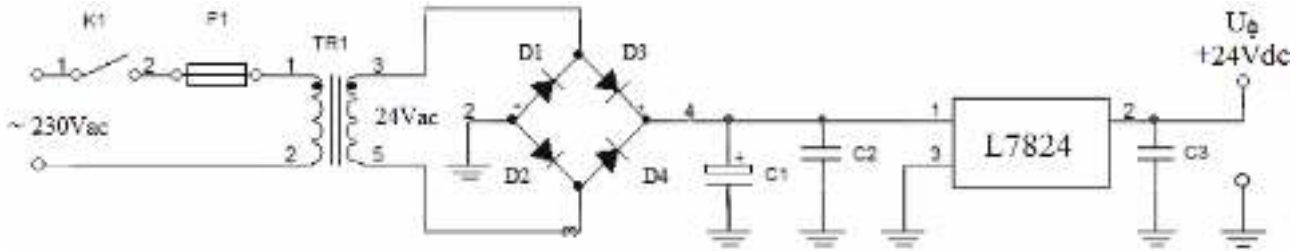
От измервателната схема се установява, че изгледеният заряден ток от стационарния токоизправител ТИ към акумулатора АВ не оказва влияние на зарядния токов режим на соларния контролер за АВ. Резервният източник на електрозахранване е независим от основния източник на захранването, осигурявано от соларния контролер. Поради това е необходимо разработване на устройство за регулиране на заряда на акумулатора за резервно електрозахранване на фото-волтаичната PV-LED осветителна система.

На фиг. 2 е показана синтезираната принципна електронна схема за регулиране на заряда на акумулатор за резервно електрозахранване на акумулатор. Принципът на работа на схемата се състои в осъществяване на непрекъснат контрол на тока в зарядната верига акумулатор – постоянно-токов измервателен шунт (AB–Rsh). Включването на Rsh в токовата зарядна верига осигурява напрежение, пропорционално на големината на тока. Това напрежение се използва в схемата за точен контрол на зарядния режим. Съпротивлението на измервателния шунт е $R_{sh} = 0,28 \Omega$, измерено със специализиран RLC измервателен мост. Потенциометърът P се установява в положение (праг), при което електромеханичното реле RL1 незаработва при недозареден (до номиналния капацитет) акумулатор. Релето комутира силовата зарядна постоянно-токова верига, а също така и веригата на зареждащия токоизправител, осигуряващ зарядното напрежение $U_{зар}$. При първоначално включване на схемата, вътрешното съпротивление на акумулатора е много малко, зарядния ток е голям и транзисторът T1 е в отпушено състояние. Съпротивлението R1 в колекторната верига на T1 осигурява колекторния ток в отпушеното състояние на транзистора T1 [7,8]. При намаляване на зарядния ток се намалява напрежението върху шунта Rsh и съответно върху потенциометъра P, което води до намаляване на колекторния ток IC на транзистора T1. При достигане на прага на установеното положение на потенциометъра P, транзисторът T1 се запуща, което предизвиква отпушване на транзистора T2.

Отпушването на транзистора T2 се осъществява чрез пробива на ценеровия диод D1, осигуряващ базовия ток IB на транзистора T2. Съпротивлението R1-колектор-емитер на транзистор T1 формира необходимото напрежение върху катода на ценеровия диод D1. Съпротивлението R2 осигурява необходимата стойност на тока на ценеровия диод. При отпушване на транзистора T2, същият остава в наситено състояние, електромеханичното реле RL1 заработва и прекъсва силовата зарядна верига чрез нормално затворените си контакти.



Фиг. 2. Синтезирана схема за регулиране на заряда на акумулатор за резервно електрозахранване



Фиг. 3. Стабилизатор на напрежение, включен към синтезираната схема

Към синтезираната електронна схема за регулиране на заряда на акумулатор за резервно електрозахранване се включва понижавач трансформатор 230 Vac / 24 Vac (с честота $f = 50$ Hz) и стабилизатор на напрежение – серия L7824 [8]. Към първичната страна на понижавачия трансформатор са включени комутационния ключ K1 и бързодействащия предпазител F1. Стабилизаторът на напрежение осигурява защита от претоварване, температурна стабилност в широк диапазон и филтрирано постоянно напрежение $U_{\phi} = 24$ Vdc за предотвратяване на потенциални вибрации на изпълнителния комутационен модул – електромеханичното реле RL1 в синтезираната електронна схема за регулиране на заряда на акумулатор [9]. Кондензаторите C1, C2 и C3 филтрират смущенията на постоянното напрежение след изправителната схема (диодите D1, D2, D3 и D4, реализиращи схема Грец). Модулната схема на понижавачия трансформатор TR1 със стабилизатора на напрежение е показана на Фиг. 3.

На фиг. 4 е показан външен вид на разработеното електронно устройство за регулиране на заряда на акумулатор, включващо понижавачия трансформатор и стабилизатора на напрежение към синтезираната електронна схема.

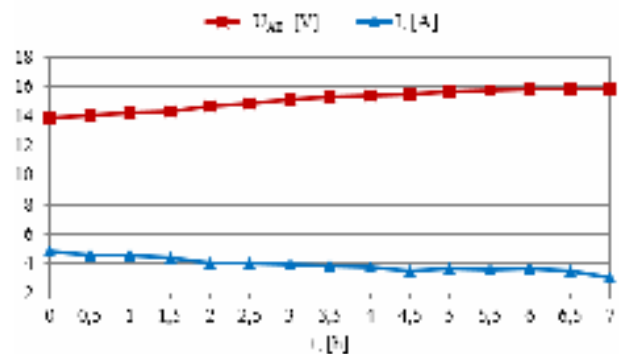
В табл. 1 са представени стойностите на зарядното напрежение U_{AB} и зарядния ток I в процеса на 7-часово зареждане от разработеното електронно устройство на предварително разреден от осветителния товар на PV-LED системата клапанно-регулируем оловно-киселинен акумулатор (тип VRLA). Акумулаторът е с номинално напрежение $U_{AB} = 12$ V и номинален капацитет (заряд) 100 Ah. На Фиг. 5 е показано изменението на напрежението и зарядния ток на акумулатора по време на неговото 7-часово зареждане с разработеното електронно устройство.



Фиг. 4. Външен вид на разработеното електронно устройство

Табл. 1. Регулиране на заряда на акумулатор с разработеното устройство

t , [h]	U_{AB} , [Vdc]	I , [A]
0	13,90	4,81
0,5	14,06	4,52
1	14,25	4,51
1,5	14,35	4,42
2	14,70	4,04
2,5	14,84	4,01
3	15,16	3,93
3,5	15,34	3,84
4	15,39	3,71
4,5	15,45	3,50
5	15,68	3,70
5,5	15,78	3,61
6	15,84	3,63
6,5	15,86	3,46
7	15,81	3,02



Фиг. 5. Изменение на напрежението и зарядния ток на акумулатора по време на зареждане на резервно електрозахранване на PV-LED системата

Резултатите от табл. 1 и фиг. 5 показват режима на работа на електронното устройство за резервно електрозахранване на фотоволтаичната LED осветителна система чрез регулиране на заряда на акумулатора през светлата част от денонощието при недостатъчна слънчева радиация – под 100 W/m² (облачно и мъгливо време).

Изследването на работата на разработеното електронно устройство за регулиране на заряда (фиг. 2) на акумулатор за резервно електрозахранване на фотоволтаична LED осветителна система показва, че поддържането на акумулатора в заредено състояние не

оказва влияние върху зарядния ток режим на соларния контролер в PV-LED системата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от изследванията на работата на синтезираното електронно устройство за регулиране на заряда на акумулатор (табл. 1 и фиг. 5) при резервно електрозахранване на PV-LED система за външно осветление доказват неговата целесъобразност и работоспособност.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Linden, D., Reddy T., Handbook of Batteries - Third Edition. McGraw-Hill, 2001, ISBN 0-07-135978-8.
- [2] Handbook of Secondary Storage Batteries and Charge Regulators in Photovoltaic Systems Final Report – The U.S.

Department of Energy Sandia National Laboratories Albuquerque, New Mexico, USA, 1981

- [3] Battery Guide for Small Stand Alone PV Systems. IEA International Energy Agency, IEA Task III, Report IEA-PVPS 3, 1999
- [4] Gishin S., Batteries. TU-Sofia, Sofia, 2007
- [5] Platikanov S., Yovchev M., Study of Operating Modes of a Stand-Alone Photovoltaic System for Outdoor Lighting. Contemporary Materials (Renewable Energy Sources), IV-2 (2013), Journal of the Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Vol. IV-2, 2013
- [6] Pinto R. A., Roncalio J. G., Prado R. N., Street Lighting System using Light Emitting Diode (LEDs) supplied by the Mains and by Batteries, IEEE, 2013
- [7] Shishkov A., Transistors and Diode. Sofia, Tehnika, 1981
- [8] Atanasov A., Stoyanov I., Transistor Circuit Techniques. Tehnika, Sofia, 1972
- [9] www.datasheetcatalog.com – L7800 Series.