

## РАБОТА НА СВЕТОДИОДНИ МОДУЛИ ПРИ ДИРЕКТНО ЗАХРАНВАНЕ ОТ ФОТОВОЛТАИЧНИ ПАНЕЛИ

**Красимир Велинов, Росен Стефанов**

*Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: candela@mail.bg; http://light-bg.eu/*

**РЕЗЮМЕ.** В доклада се разглежда възможността за захранване на светодиодни модули директно от фотоволтаичен панел без допълнителни устройства за стабилизация на ток. При направено проучване на осветителни уредби на пътни тунели се установява, че необходимата мощност за осветлението на адапционната и преходната зона на входа на тунела е в границите от 20-80kW, което съответства на 50 000 до 160 000kWh годишен разход на електроенергия. Този разход е в дневната и върхова зона на потреблението. И това е само за едната тръба на тунела. В същото време висока адапционна яркост е необходимо да се постига при силно слънчево греене. При ниска външна яркост не е необходимо осветителите във входната зона да работят на пълна мощност. На практика силата на светене на тези осветители трябва да бъде пропорционална на външната осветеност. Това е идеална предпоставка адапционното осветление да се захранва от енергия, генерирана от фотоволтаични панели, монтирани пред входа на тунела. При подходяща система на захранване на осветителите няма да е необходима и отделна система за управление, тъй като яркостта във входната зона ще бъде пропорционална на слънчевата радиация.

**Ключови думи:** слънчева радиация, естествена осветеност, соларни панели, светодиодно осветление, пътни тунели

### WORK LED MODULE IN DIRECT POWER FROM PHOTOVOLTAIC PANELS

**Krasimir Velinov, Rosen Stefanov**

*University of mining and geology "St. Ivan Rilski", E-mail: candela@mail.bg; http://lighting-bg.eu/*

**ABSTRACT.** The report examines the ability of LED modules to be powered directly from a photovoltaic panel without additional devices for stabilization of electricity. In a survey of lighting systems of road tunnels is found that the power required for lighting the adaptation and transition zone of the tunnel entrance is within 20 - 80kW, which corresponds to 50 000 to 160 000kWh annual consumption of electricity. This cost is in the living area and the peak consumption. And only in one tunnel tube.

In the same time, high brightness adaptation needs to be achieved in the strong sunshine. At low external brightness is not necessary luminaires in the entrance area to operate at full power. In practice, the light output of these lamps must be proportionate to the external illumination. This is an ideal prerequisite adaptation lighting to be powered by energy generated by photovoltaic panels installed at the entrance of the tunnel. In a proper system of power lamps will be needed and a separate management system as brightness in the input area will be proportional to the solar radiation.

**Key words:** solar radiation, natural lighting, solar panels, LED lighting, road tunnels

### Въведение

От десетина години се говори за светодиодите като перспективен светлинен източник. Едва в последно време развитието на технологиите даде възможност това да стане реалност. Вложените големи инвестиции в тази област си казаха думата и 2009 година стана преломна както за получаването на светодиоди с бяла светлина и висок светлинен добив, така и за значителното намаляване на тяхната цена, отнесена към единица светлинен поток.

Светодиодите са най-бързо развиващият се и перспективен светлинен източник – очаква се неговата ефективност да надмине 250lm/W до 2-3 години. Вече има светодиоди в масово производство със светлинен добив 160 - 200lm/W. В лабораторни условия през март 2014г. беше постигнат светлинен добив 303lm/W.

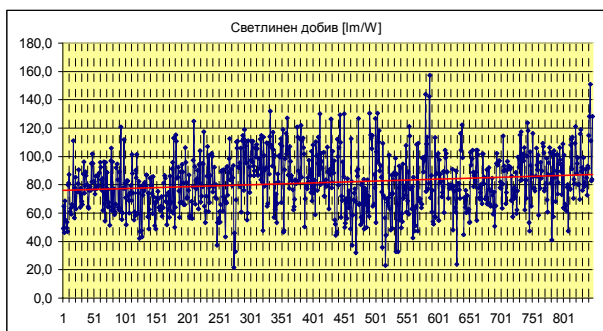
Осветителите със светодиоди постигат светлинен добив 130 – 145lm/W. Технологията на получаване на светодиод с бяла светлина е генериране на излъчване в синята част

на спектъра, след което с помощта на люминофор - преобразуване в жълто-зелената област.

На фиг. 1 е показана промяна на светлинния добив в lm/W на светодиодни осветители в продължение на година и половина. Отделните точки са резултати от конкретни изпитания на осветители, постъпили в НИЛ "Осветителна техника" при МГУ "Св. Иван Рилски". Забелязва се ясна тенденция на нарастване на тренда на светлинния добив от 75 до 90lm/W (Велинов К., Р. Стефанов, В. Василев, 2014).

Ценно свойство на светодиодите е, че при включване достигат моментално номиналния си светлинен поток. Това ги прави подходящи източници на светлина за места, където се налага често включване и изключване на осветлението.

Поради добрите си експлоатационни характеристики – висока ефективност, дълъг живот и висок светлинен добив, светодиодните осветители намират все по-голямо приложение в практиката.



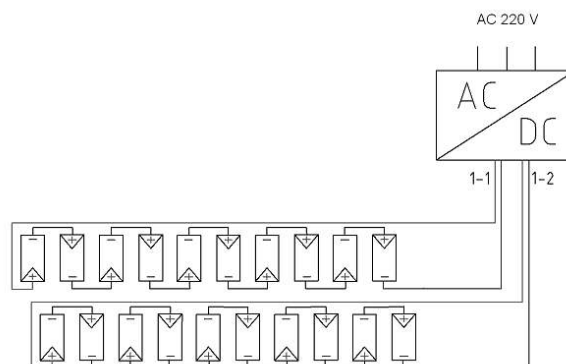
Фиг. 1. Промяна на светлинния добив в lm/W на светодиодни осветители във времето.

Много подходящ обект за прилагане на светодиодното осветление са пътните тунели. В тези уредби разходите за подмяна на светлинните източници са значителни, тъй като това е свързано с отбиване на движението за известно време. Светодиодните осветители могат да имат дълъг живот – до 12 години без подмяна, което значително облекчава експлоатацията на тези уредби. При направено проучване на осветлението на пътни тунели се установява, че необходимата мощност за адаптацията и преходната зона на входа на тунела е в границите от 20 - 80kW, което съответства на 50 000 до 160 000kWh годишен разход на електроенергия. Този разход е в дневната и върховата зона на потреблението. И това е само за едната тръба на тунела.

В същото време висока адаптационна яркост е необходимо да се постига при силно слънчево греене. При ниска външна яркост не е необходимо осветителите във входната зона да работят на пълна мощност. На практика силата на светене на тези осветители трябва да бъде пропорционална на външната осветеност. Това е идеална предпоставка адаптацията на осветлението да се захранва от енергия, генерирана от фотоволтаични панели, монтирани пред входа на тунела. При подходяща система на захранване на осветителите няма да е необходима и отделна система за управление, тъй като яркостта във входната зона ще бъде пропорционална на слънчевата радиация (Велинов К., Р. Стефанов, 2014).

Нормално структурата на светодиоден осветител е следната – захранващо устройство, осигуряващо постоянен ток при промяна на входното напрежение в широки граници, и светодиоден модул, който има нелинейна волт-амперна (V-A) характеристика. Включването на модула към източник на непостоянно напрежение не е допустимо поради голямата промяна на тока през светодиодите. Обикновено в захранващото устройство има от 10–15% загуба на мощност. В същото време то е източник на дефекти и е най-ненадеждното звено в осветителя.

Ако трябва с фотоволтаик да се захранва традиционен осветител, предназначен за променливо напрежение 230V/50Hz, то схемата на включване трябва да бъде като тази на фиг. 2 – групи от последователно свързани панели към входа на преобразувател на постоянно в променливо напрежение. Изходното напрежение е 230/400V. След инвертора се включва стандартно разпределително табло, захранващо адаптацията на осветлението в тунела.

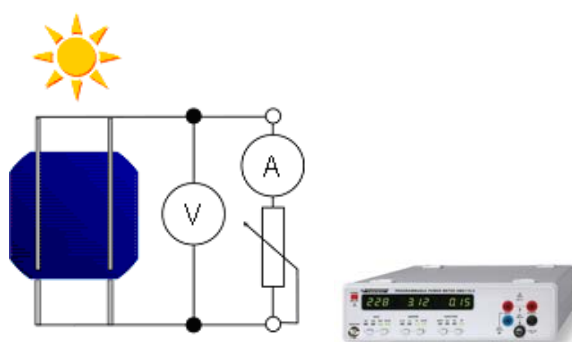


Фиг. 2. Групи от последователно включени панели към входа на преобразувател на постоянно в променливо напрежение.

В случай че се реализира идеята за захранване на адаптацията на осветлението на пътни тунели с фотоволтаици, захранващото устройство, което стабилизира тока в осветителя, може да отпадне поради специфичната волт-амперна характеристика на фотоволтаичния панел.

## Резултати

За да се изследва възможността за стабилна работа на светодиодните модули, захранвани от фотоволтаични панели, при различно ниво на слънчева радиация бяха заснети волт-амперните характеристики на конкретен панел. Схемата на опитната постановка е показана на фиг. 3. Вместо волтметър и амперметър е използван измервателят на мощност Nameg HM8115-2. Той позволява измерване на напрежение и мощност. Управлението на уреда може да се извърши от компютър и резултатите да се получат по вградения интерфейс (Nameg HM8115-2, Programmable AC Power Meter). За извършване на измерванията се използва софтуерът, използван в (Велинов К., 2011) и (Велинов К., Войводов В, 2012).

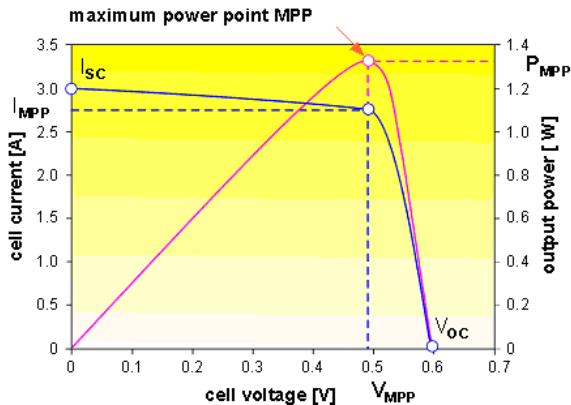


Фиг. 3. Постановка за заснемане на волт-амперна характеристика на фотоволтаичен панел.

Типична волт-амперна характеристика за панел от една клетка е показана на фиг. 4. При увеличаване на броя на клетките работното напрежение се увеличава пропорционално. Генерираният ток е пропорционален на нивото на слънчева радиация като нормално се дава за ниво 1000W/m<sup>2</sup>.

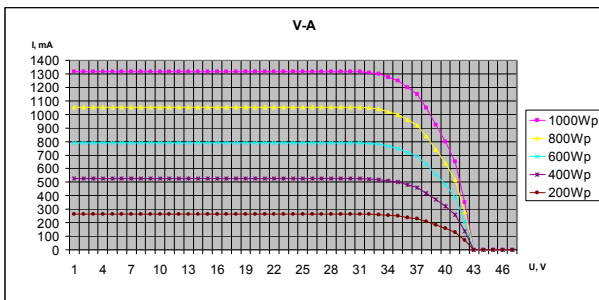
Когато се захранва товар от фотоволтаичен панел, се стремим работната точка да бъде такава, че отдадената мощност да е максимална. На фиг. 4 е показана точката на максимална мощност. За да работят светодиодните

модули ефективно, трябва така да се подберат броят на клетките в панелите и броят и типът на последователно свързаните диоди в модула, че пресичането на волт-амперните характеристики на диодите и панелите да става около точката на максимална мощност.



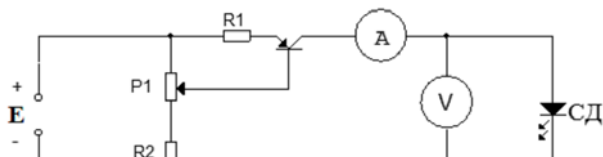
Фиг. 4. Типична волт-амперна характеристика на фотоволтаичен панел с една клетка.

За целта по схемата от фиг. 3 бяха заснети волт-амперни характеристики на фотоволтаичен панел при различна мощност на слънчевата радиация (фиг. 5).



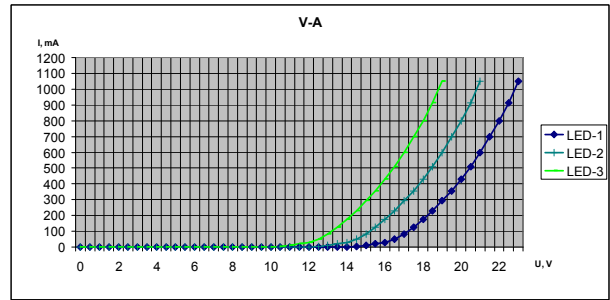
Фиг. 5. Заснета волт-амперна характеристика на фотоволтаичен панел при различна мощност на слънчевата радиация.

Постановката за заснемане на V-A характеристика на светодиоден модул е показана на фиг. 6. Както и на постановката от фиг. 3 вместо волтметър и амперметър е използван измервателят на мощност Nateg NM8115-2, както и същият софтуер за извършване на измерванията.

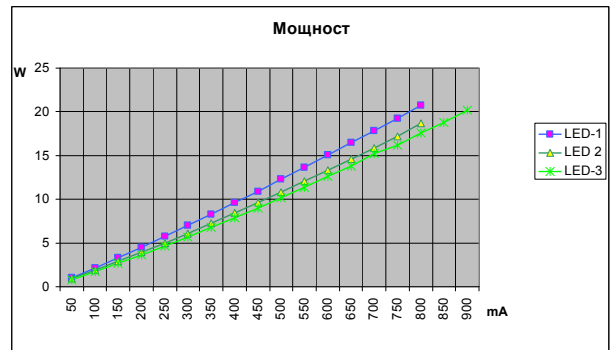


Фиг. 6. Постановка за заснемане на V-A характеристика на светодиоден модул

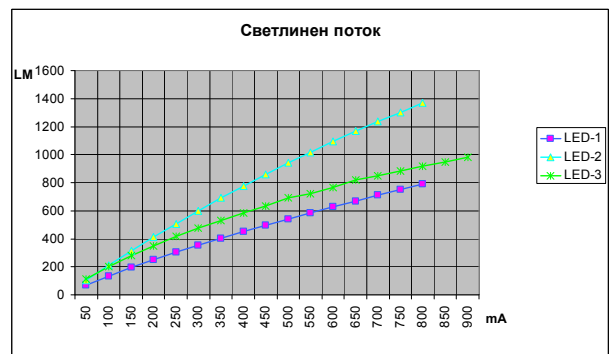
Светодиодният модул се състои от 7 броя светодиоди с максимален работен ток 1000mA. Използвани са три типа светодиоди, които имат различно работно напрежение в права посока. Заснетите волт-амперни характеристики на трите светодиодни модула са показани на фиг. 7. За да се проследи каква е консумираната мощност от модула и генерираният от него светлинен поток в зависимост от работния ток, са заснети работните характеристики показани на фиг. 7 и 8.



Фиг. 6. Заснети волт-амперни характеристики на светодиодни модули.

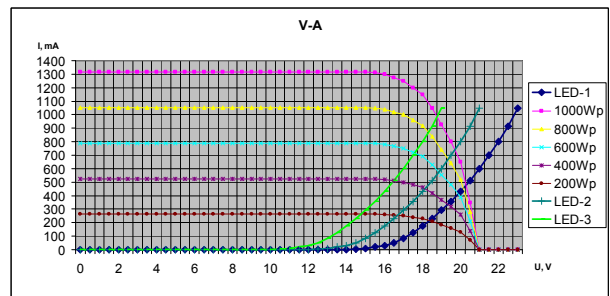


Фиг. 7. Зависимост на консумираната мощност от работния ток на светодиодите.



Фиг. 8. Зависимост генерирания светлинен поток от работния ток на светодиодите.

При наслагване на V-A характеристики на фотоволтаичните панели и светодиодните модули, показани на фиг. 5 и фиг. 6, ще се засекат работните точки за всеки светодиоден модул при захранване от панела и за различно ниво на слънчевата радиация.



Фиг. 9. Волт-амперна характеристика на фотоволтаичен панел при различна мощност на слънчевата радиация и светодиодни модули.

От фиг. 9 се вижда, че при подходящо оразмеряване на панела и светодиодните модули, работата на светодиодите ще бъде стабилна без допълнителен стабилизатор на ток. Познавайки зависимостите от фиг. 7 и 8,

може да проследим каква е зависимостта на излъчения светлинен поток на светодиодния модул в зависимост от силата на слънчевото греене.

## Заклучение

Приложението на фотоволтаиците за хранване на светодиодни модули за осветление на входната и преходната зона на пътни тунели би довело до големи икономии на електрическа енергия. Хранването на модулите директно от фотоволтаиците без посредничеството на DC/AC инвертори и хранващи устройства в осветителите ще доведе до повишаване на ефективността на диодите с около 25% (поради отсъствие на загуби в инвертора и в хранването на осветителя).

В същото време цената на осветителите се намалява поради отпадане на хранващото устройство и отпада инверторът, чиято цена възлиза от 15 до 30% от фотоволтаичната инсталация.

Пред проектанта на такава уредба се поставят нови предизвикателства. Трябва да се преосмислят схемите на хранване и да се отстъпи от традиционното разпределение по токови кръгове. Хранването на групите светодиодни модули трябва да се комбинира по такъв начин, че да се съгласуват V-A характеристики на фотоволтаичните модули и светодиодите. Ще трябва да се премине към последователно хранване на модулите в една група. На входа ще се монтират последователно свързани панели, генериращи постоянно напрежение от 200–400V, а всеки токов кръг ще представлява група от последователно

свързани светодиодни модули, съгласувани по характеристики със хранването съобразно фиг. 9. Всичко това предполага нова методика за проектиране на това осветление, което значително усложнява работата на проектанта.

## Литература

- Велинов К., Пускови характеристики на светлинни източници, Годишник на МГУ "Св. Иван Рилски", 2013, т. 56, св. III, стр. 22-25;
- Велинов К., Р. Стефанов, Използване на фотоволтаични панели за осветление на пътни тунели. Национална конференция по осветление с международно участие BulLight 2014, 10–13.06.2014, Созопол, България;
- Велинов К., Р. Стефанов, В. Василев, Състояние и перспективи за развитие на светодиодното осветление в България, Годишник на МГУ "Св. Иван Рилски", 2014, т. 57, св. III, стр. 58-62;
- Велинов К., Модернизация на гониофотометър с голям брой цифрови фотосензори, Годишник на МГУ "Св. Иван Рилски", 2011, т. 54, св. III, стр. 22-28;
- Велинов К., В. Войводов, Модернизация на кълбов фотометър с цифрови фотосензори. Годишник на МГУ "Св. Иван Рилски", 2012, т. 55, св. III, стр. 22-25;
- Hameg HM8115-2, Programmable AC Power Meter, <http://www.testequipmentdepot.com/hameg/powersupplies/hm81152.htm>
- Cree® XLamp® Long-Term Lumen Maintenance, July 2009.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Електрификация на минното производство“.