

Анализ на възможностите за икономии при улично осветление

Николай Михайлов, Даниел Тодоров

Abstract: In the future of expensive electricity and increased levels of carbon dioxide in the atmosphere, reducing power consumption is essential. LEDs seem to be good alternative to the traditional artificial light sources. In this paper it is made a brief overview of existing researches about economic effect of replacing the HPS street lamps with LED luminaries. Three of the main parts in building a LED street luminary are discussed – smart controlling as a way of reducing consumption, LED configuration and sources of energy for powering the lamp. During the review some important points that need special attention are questioned – safety (danger of blinding) and proper heat dissipation (determines LED life time)

Key words: LED street lamp, Energy saving.

ВЪВЕДЕНИЕ

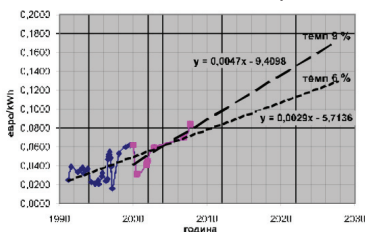
С повишаването на цената на електроенергията и отчитане влиянието ѝ върху околната среда, традиционните източници на светлина изглеждат все по-неефективни. Уличното осветление и светофарните уредби в даден град са едни от основните консуматори на електроенергия. Затова правилното управление и своевременната модернизация биха довели до значителни икономии на електроенергия. Развитието на полупроводниковата осветителна индустрия и повишаването на светлинния добив от Light Emitting Diode (LED) правят икономически обосновано внедряването им в съществуващите улични осветители и светофари уредби. Тази модернизация е факт, от няколко години насам, в развитите държави, както и в някои градове на България. Основният проблем е по-високият начален капитал, който трябва да бъде вложен. Той би се изплатил в последващите години от спестените разходи за електроенергия и поддръжка.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Целта на настоящия доклад е да се анализират съвременни изследвания и технически решения при използването на LED за улично осветление.

При извършване на този обзорен преглед, са взети под внимание следните особености:

- Икономически ефект;
- Категории улици с различна степен на осветеност;
- Безопасност;
- Технически решения.



Фиг.1. Изменение на цената на електроенергия за улично осветление (1990 - 2010) и прогноза за нарастване.

На фиг.1. е представено изменението на цената на електроенергия за улично осветление през последните години [6].

Темпът на нарастване се е повишил от 6% на 9%. В тази връзка е необходимо да се обърне сериозно внимание на ефективността на използваните осветителни тела. Тук LED осветителните тела се явяват най-ефективни.

Светодиодните осветители имат редица преимущества спрямо натриевите лампи с високо налягане (НЛВН), живачните лампи с високо налягане (ЖЛВН) и лампите с нажежаема жичка (ЛНЖ), използвани в светофарите:

- Липса на опасни за здравето материали;
- Времето на живот на LED е няколко пъти по-голямо спрямо това на НЛВН (70000 h спрямо 16000 h) и ЛНЖ (70000 h спрямо 8000 h);

- Позволяват насоченост на светлинните лъчи – над 75%, за разлика от осветителните уредби, изпълнени с НЛВН – 50%, което спомага за намаляване на светлинното замърсяване [2, 3].

В условията на нощно виждане, при човешкото око са активни основно сензорите тип пръчици, а при дневно – колбичките. В условията на нощно виждане, когато е налична осветеност с определени яркостни нива, зададени в [5], функционира така нареченото мезоптично зрение, т.е. пръчици и колбички функционират заедно. Светлинният поток, на повечето светлинни източници, е даден за фотопично (дневно) зрение Φ_{ph} , а при скотопичното (нощното) зрение Φ_{sc} , се намира чрез коефициента:

$$K = \Phi_{sc} / \Phi_{ph}, \quad (1)$$

където Φ_{sc} е стойността на светлинния поток за скотопично зрение, lm ;
 Φ_{ph} – стойността на светлинния поток за фотопично зрение, lm .

В табл.1 са дадени стойностите на K за разглежданите светлинни източници [9].

Таблица 1

Вид светлинен източник	$K = \Phi_{sc} / \Phi_{ph}$
НЛВН	0.63
ЖЛВН	1.08
ЛНЖ	1.36
LED 4300K, неутрално-бяла светлина	2.04

Когато $K > 1$, стойността на светлинния поток при скотопичното зрение расте, т.е яркостното усещане за LED и лампата с нажежаема жичка е по-голямо през тъмната част на деня.

Анализ на икономическия ефект от внедряване на LED в уличното осветление.

В табл.2 са представени техническите параметри на реални осветителни източници при уличното осветление.

Таблица 2

Технически параметър	Тип на осветителя			
	НЛВН 150W	ЖЛВН 175W	130W LED	60W LED
Мощност, включително пуско-регулираща апаратура, W	183	208	139	66
ССТ – цвeтова температура, K	2000	4000	6000	6500
CRI – индекс на цвето предаване	22	65	75	80
Първоначален светлинен поток, lm	16000	17000		
Намаляване на потока, %	70	80	Зависи от работната температура на кристала	
Намален светлинен поток, lm	11200	9477	10000	7200
Светлинен добив, lm/W	61	46	72	110

Известно е, че високите стойност на CRI спомагат за по-бързо разпознаване на обектите от зрителя – дори при ниска осветеност, а ниският CRI води до умора и трудност при концентрация.

Светлинният добив при LED расте всяка година, поради множеството усилия и инвестиции за подобряване ефективността. Днес е възможен добив по-висок от 100 lm/W при мощните светодиоди на CREE, Bridgelux, Nichia и др. компании.

Важно е да се отбележи, че животът и светлинният поток на даден светодиод зависят от температурата на експлоатация – затова охлаждането трябва да е оразмерено правилно. Препоръчва се температурата на кристала на всеки светодиод да не надвишава (60 – 70)°C.

Годишните разходи по поддръжка на уличното осветление за една точка изпълнена с НЛВН са от порядъка на 9 лв, а при ЖЛВН – около 22 лв [6]. Тези пресмятания са направени за 19000 h и 10000 h експлоатация, съответно за НЛВН и ЖЛВН. При изчисляването са взети предвид:

- Цена при групова подмяна на лампи – 8лв;
- Цена при единична подмяна на лампи – 80лв;
- Цена на една НЛВН – 16лв;
- Цена на живачна лампа – 8лв;
- Годишна използваемост – 4000h.

Точни измервания за средната цена на поддръжка на светодиодните улични лампи не са правени у нас, но има чужди изследвания, които потвърждават намаляване на тези разходи най-малко (2-3) пъти [9]. Съображенията са подобни, както при поддръжката на улични осветители с НЛВН, като са отчетени също дългия живот на LED – 65000h, което при 4000h годишна експлоатация означава 16 години безпроблемна работа; взети са предвид и 10% неизправности.

Очакваното намаляване на електропотреблението е (2-3) пъти [7,8]. Могат да се реализират и по-големи икономии при димиране в часовете, когато трафикът е малък.

Може би най-важното предимство на светодиодите е това, че с ниската си консумация „отварят“ пътя на електроенергията на бъдещето – фотоволтаичната соларна еленергия.

Анализ на икономическия ефект от внедряване на LED в светофарните уредби.

В табл. 3 са сравнени показателите на ЛНЖ и светодиодни модули, използвани в светофарните уредби.

Таблица 3

Вид осветител	Мощност, W			Дълготрайност, h
	Светофари Ф300	Светофари Ф200	Пешеходни светофари	
ЛНЖ	100	70	70	8000
LED	12	8	5	70000 – 90000

Цената за поддръжка е от порядъка на описаната по-горе с разликата, че цената на светофарна ЛНЖ е 2лв.

От предварителни изчисления и проучвания е установено, че разхода на електроенергия при използване на LED модули е (8-10) пъти по-малък спрямо този при ЛНЖ.

Възможни са и още по-големи икономии на енергия в тъмната част на денонощието, когато светодиодните модули се конструират с LED-драйвери, управлявани от фотоклетка.

Основният недостатък, при внедряването на светодиодните осветителни тела е високият начален капитал. Изследванията показват икономическа обосновка при използване на LED лампи само в улици от клас МЕ6, но е оценявано само за определен производител и конкретна серия улични LED осветители [1].

Друг недостатък е проблемът със заслепяването, разгледан в [4]. В [5] е дефиниран показател TI (Threshold Increment) – процентна разлика в яркостите нива обект фон – заслепяване е налице при много малка разлика. В този случай проблемът се предизвиква главно от насочеността на светодиодните улични лампи.

Важно е още на ниво проектиране да се предвидят решения за справяне с този проблем, тъй като безопасността е основно изискване към уличните осветителни уредби.

Реализацията на LED улични осветителни уредби Управление

От години е известен и друг начин за намаляване на разходите – чрез управление на осветителните уредби. То се изразява както в управление по зададени времена или по осветеност, така и в намаляване на мощността през късните часове на нощта, когато не се очаква голям трафик. Това намаляване на мощността трябва да бъде съгласувано с нормите и изискванията в [5]. При управление с фотосензори, отчитачи външните нива на осветеност, са възможни дори загуби, т.е. работа на светлинния източник дори през светлата част на деня при замърсен датчик.

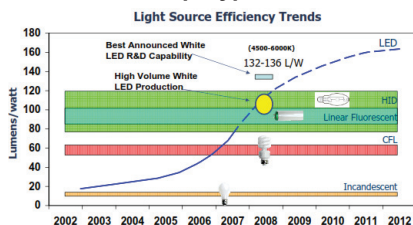
Комбинацията от LED осветителни тела, заедно с подходящо управление, е ключ към максимална ефективност. Самите светодиодни лампи биват лесно управлявани чрез съвременните димирани захранващи източници. Важен момент е връзката между осветителна уредба и централния/локалния контролер. Възможна е еднопосочна връзка – само сигнали за включване, изключване и димиране, както и двупосочна, която помага за бързото локализиране на евентуална повреда.

В повечето общини разкопаването за полагане на допълнителни кабели за управление е твърде скъпо или дори невъзможно, затова изключителен интерес представлява радиоуправлението. Има разработени множество протоколи за безжичен пренос на данни, подходящи за едно и двупосочно управление:

- IEEE 802.15.4 – три скорости на обмен 250kbps 40kbps и 20kbps съответно за честоти 2.4GHz, 915MHz и 868MHz, максимална допустима мощност на излъчване – 10mW т.е. обхват до 500m пряка видимост (практически 75m в открито пространство и 25m в сгради);
- ZigBee – включва IEEE 802.15.4(същите скорости, обхвати и разстояния) и го допълва с допълнителни възможности за самоорганизиране и самовъзстановяване, поради началната идентификация на всяко едно устройство в мрежата;
- Z-Wave – до 40kbps и радиус до 30m, работна честота 868MHz;
- EnOcean – работни честоти 868 MHz и 315 MHz, до 125kbps и обхват до 300m в открито пространство и 30m в сгради;
- NanoNet – скорост до 2Mbps, честота 2.4GHz и максимална допустима мощност на излъчване – 10mW т.е. обхват до 700m в открито пространство и 60m в сгради;

Възможен е и друг начин – чрез модулиране на захранващото напрежение. Ефектът е еднопосочно управление, т.е. подаване на единични сигнали за димиране. Този начин на управление е прилаган още при НЛВН и ЖЛВН.

LED конфигурации



Фиг.2 Светлинен добив при CREE LED [10]

С развитието на полупроводниковата индустрия вече са налични светодиоди с мощност над 5W. Повечето от мощните светодиоди – 10W, 60W, 90W и т.н. по същество представляват групи от няколко светодиода в общ интегрален корпус.

Основният проблем е светлинният добив. На фиг. 2. е показана историята на нарастване на светлинния добив при белите

LED, през последните 10 години. Тенденцията е скоро той да надвиши 200lm/W.

Има много случаи, когато използване на мощни светодиоди (над 10W) води до светлинен добив < 100lm/W. Основен проблем при високо-мощните светодиоди е работната температура на кристала, от която директно зависи и светлинният добив във времето на експлоатация.

Възможните мощности са различни, като „стандартно“ използвани са 1, 3, 30, 60 или 90 W LED.

Пример:

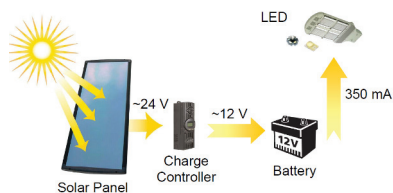
За осветително тяло с осветителна мощност 60 W са възможни следните комбинации: 60 x 1W; 20 x 3W; 12 x 5W; 2 x 30W; 1 x 60W

Предимството на най-мощните LED е бързината при произвеждане на самите осветителни тела – обикновено се изчислява радиаторът и се добавя рефлектор. При случаят 60 LED по 1W са необходими рефлектор или сложна леща върху всеки светодиод, което прави производството по-трудоемко. Трябва да се използва и специална алуминиева платка, която да разсейва температурата от всеки един светодиод, което води до допълнително оскъпяване и влошаване на теплоотвеждането.

Захранване

Известни са редица импулсни захранващи източници с висок КПД (до 90%). Средно за една мощна 60 W LED лампа захранващият източник консумира 6W. Най-ефективно в този случай, би било използването на т.нар. димиран токозахранващ източник, чрез който е възможно управление на изходната мощност. Така по време на малките часове на нощта, консумацията може да се намалява 2 или повече пъти. Все още съществува проблем с дълготрайността на тези токозахранващи източници – наблюдавани са случаи, при които дълготрайността им е в пъти по-малка от тази на светодиодния осветител.

Автономното захранване е изключително популярно днес. Това представлява система от фотоволтаичен панел в комбинация с акумулатор, свързани чрез контролер на заряда. Съществува и вариант, при който освен фотоволтаичният панел е добавен малък ветрогенератор. Типичните недостатъци в случая са малката дълготрайност и високата цена. Най-подходящо е използването им в райони, където няма изградена електропреносна мрежа.



Фиг. 4. Илюстративна принципна схема на соларна LED улична лампа [10]

Конвенционалната конфигурация на една соларна LED лампа е:

- Улична LED лампа (например 60W, 12V);
- Два соларни панела (120W, 17.3V, време на живот > 20години);
- Два акумулатора (120Ah, 12V, сух оловен, с време на експлоатация до 5 години);
- Зарядна/защитна схема за акумулатора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направен е обзорен анализ на възможностите за икономии на електроенергия, чрез подмяна на съществуващите НЛВН (ЖЛВН) и ЛНЖ с енергоспестяващи светодиодни осветители. Посочени са основните предимства на LED.

Анализирани са данните от чужди проучвания и са изведени очаквани стойности на икономии. Тези стойности ще растат във времето, защото цената на светодиодите намалява, а светлодобивът и цената на електроенергията се увеличават.

Дадени са и препоръки за допълнителни икономии – чрез подходящо управление – освен своевременното включване и изключване (по протокола на БАН), да се заложи и управление на мощността в часовете с намален трафик.

Важно е да се има предвид, че крайната ефективност на едно светодиодно осветително тяло е функция от ефективностите на конкретния LED, на токозахранващият източник и на вторичната оптика.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Василев Н., Б. Тошев, Техничко-икономическа и енергийна оценка на улично осветление с натриеви лампи и със светодиоди, Дни на науката в ТУ – София, Трета научна конференция ЕФ2011, Том1, Созопол, 30 септември – 3 октомври, 2011.
- [2] Драганова И., П. Русев, В. Георгиев, Х. Василев, Оптимизиране на светлоразпределението на уличните осветители по яркост на пътното платно, Дни на науката в ТУ – София, Трета научна конференция ЕФ2011, Том1, Созопол, 30 септември – 3 октомври, 2011.
- [3] Кючуков Р., Култура на уличното осветление, Национален семинар „Светлинно замърсяване“, Русе, 21 май 2009.
http://www.cie-bg.org/seminar-ruse-2009/01_Presentation-RK.pdf
- [4] Петринска И., Н. Янева, Проблемът заслепяване при светодиодно улично осветление, Дни на науката в ТУ – София, Трета научна конференция ЕФ2011, Том1, Созопол, 30 септември – 3 октомври, 2011.
- [5] БДС-EN 13201-2:2003, Улично осветление, Част 2 Технически изисквания.
- [6] План програма за енергийна ефективност на община Горна Оряховица 2010 – 2013.
- [7] E. Guseinoviene, A. Senulis, J. Vaupsas, J. Januteniene, B. Rudnickij, S. Paulauskas, A. Paulauskas, Possibilities of Energy Savings through Conversion to LED Lighting in Western Region of Lithuania, 2012, ISSN 1392 – 1215.
- [8] LED Street Lighting, City of San Francisco, California; Final Report prepared in support of the U.S. DOE Solid-State Lighting Technology Demonstration Gateway Program and PG&E Emerging Technologies Program December 2008.
- [9] Outdoor lighting: Visual Efficacy, vol.6, issue.2, 2009, Lighting Research Centre, <http://www.lrc.rpi.edu/programs/solidstate/assist/pdf/AR-VisualEfficacy-Jan2009.pdf>
- [10] http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/TND346-D.PDF.

За контакти:

проф. д-р инж Николай Михайлов, Катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане“, Русенски Университет „Ангел Кънчев“,
e-mail: mihailov@uni-ruse.bg
маг. инж. Даниел Тодоров, e-mail: dlt_mail@yahoo.com

Докладът е рецензиран.