



## Система за динамично телеуправление на улично осветление

Николай Василев, Ангел Пачаманов, Радостин Пачаманов

В доклада са представени принципите на изграждане на динамично улично осветление, съобразени с последните европейски разработки по отношение на управлението му. Разгледани са йерархичните нива на система за мониторинг и контрол и изискванията, на които трябва да отговарят четирите основни подсистеми - електроснабдителна част, осветителна уредба и сензори за управление; локални устройства към осветителите и захранващия блок; централна система с постоянно обновяваща се база данни за най-важните параметри на осветителите; комуникационна система/мрежа, осигуряваща обмен на информация между различните нива. Основни функции на системата за динамично телеуправление са контрол на изправността на съоръженията и осигуряване на адаптивно улично осветление.

**A Monitoring System for Dynamic Street Lighting Control** (Nikolay Vassilev, Angel Pachamanov, Radostin Pachamanov, Technical University – Sofia). The paper discusses a lighting control system that is consistent with the latest European developments regarding intelligent road and street lighting management. The hierarchy levels of the system for monitoring and control are described, as well as the requirements for the basic subsystems - power supply, lighting fittings and control sensors; local lighting devices; central system with data base about the most important luminaries' parameters; communications system/network, providing data exchange among the different system levels. Main functions of the system for dynamic telemanagement are the control of the failures in lighting fittings and the provisioning of adaptive street lighting.

**Keywords:** Dimming, Adaptive Road and Street Lighting

### 1. Въведение

Съвременното улично осветление включва електроснабдителна система, осветителна уредба и система за динамично телеуправление. За разлика от първите две, последната се развива с изключително бързи темпове. Прилагането на качествено нови съвременни технологии за обмен на информация между йерархичните нива на системата предоставя възможност за контрол на режимите на работа на светлинните източници, намаляване на експлоатационните разходи, постигане на икономия на електроенергия чрез редуциране на мощността на светлинните източници [1]. Съвременната елементна база и програмно осигуряване за обмен на данни правят възможно събирането на информация за работата на съоръженията от всички йерархични нива на осветителните уредби, а управлението на осветлението да се осъществява в зависимост от фактори като интензивност на трафика, метеорологични

условия, експлоатационно състояние на съоръженията и др. Докладът отразява работа на авторите в програма на Европейския съюз „Intelligent Energy of Europe” по проект “Intelligent Road and Street Lighting in Europe E-Street” [2]. За изпълнението на проекта са привлечени 13 фирми и организации от 12 страни, а участието на България се осъществява чрез “Черноморски регионален енергиен център”-София с подизпълнител лабораторията по осветителна техника при ТУ–София. Конкретните задължения на българската страна се отнасят до подготовка на основните изисквания, по които ще се обявяват търгове за изпълнение на адаптивно улично осветление. Такава е и основната цел на доклада – да предизвика дискусия по възможностите за приложение на този тип улично осветление в България. Използваните в доклада съкращения са както следва:

**CSCS**, Central Supervisory Control System  
**RSCS** Region Supervisory Control System  
**DB (ECG)** Dimmable Ballast (Electronic Control Gear)

<b>GUI</b>	Graphical User Interface
<b>IAAAC</b>	Information Access and Analysis Administration Center
<b>LM</b>	Luminance Meter
<b>LSC (BN)</b>	Lighting Sub Central (Bridge node)
<b>MB</b>	Magnetic Ballast
<b>PC</b>	Personal Computer
<b>PLC (TU)</b>	Power Line Controller (Target Unit)
<b>SCS</b>	Slipperiness Control System
<b>TC</b>	Traffic Management Center
<b>TMC</b>	Traffic Measurement Central
<b>WMC</b>	Weather Monitoring Central.

Структурата на доклада е следната: в т.2.1 е показана общата архитектура на системата и са коментирани функциите на отделните нива; в т.2.2 и т. 2.3 са изложени изискванията към изпълнението на локалните системи и централната система за мониторинг и контрол, в т.2.4 са разгледани особеностите на комутационната система. Като заключение са направени изводи за възможностите за приложение на подобни системи в България.



## 2. Изложение

### 2.1. Подсистеми на системата за динамично улично осветление

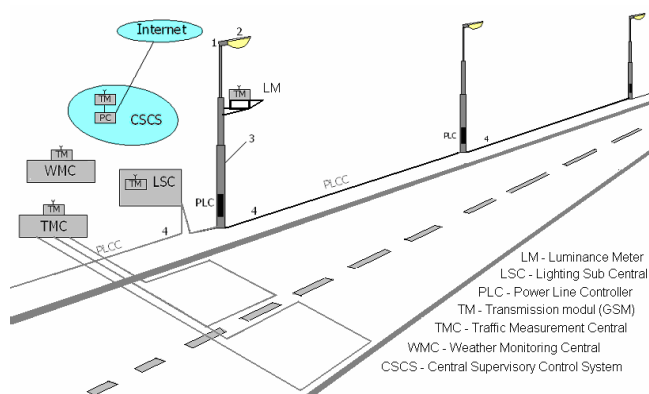
На фиг.1 е представена общата архитектура на система за адаптивно улично осветление. В зависимост от изпълняваните функции, тя може да се раздели на четири подсистеми:

- Осветителна уредба, състояща се от стълбове 3, осветители 2 с пусково-регулируеща апаратура с димируеми баласта 1 и електроснабдителна част, включваща улични касети и захранващи линии 4. Към тази част се причисляват и сензорите, чрез които се осъществява динамично управление на осветлението;

- локална система за контрол, състояща се от контролери **PLC** към всеки осветител, и сегментен контролер **LSC**, поместен в уличната касета;
- централна (регионална) система за мониторинг и контрол на уличното осветление **CSCS (RSCS)**;
- комуникационна система/мрежа.

*Първата подсистема (roadside equipment)* обхваща обектите, които се управляват и наблюдават, както и станциите (със съответни сензори), от които се получава информация за изпълнение на алгоритъма за управление. Към последните се отнасят:

- централа **TMC** за обработка на данни за трафика по възлови улици (чрез сензори, положени в пътното платно - “индуктивни рамки”);
- яркомер **LM** за измерване на яркостта на пътното платно, който изпраща информация до **CSCS (RSCS)** или до **LSC**;
- регионален център **WMC** за регистриране на метеорологичните условия и система **SCS** за регистриране на залеждания.



Фиг.1. Обща архитектура на система за динамично адаптивно улично осветление

*Втората подсистема (Local control system)* включва контролерите **PLC** към всеки осветител и сегментен контролер **LSC** в захранващата касета. При електронна пусково-регулируеща апаратура (ППА) **PLC** се помещават директно в осветителите, а при конвенционална – в основата на стълба. Всеки от локалните контролери е с вграден мрежови модем (Power Line Modem) за двустранен обмен на данни със сегментния контролер **LSC** по захранващите линии. Последният може да осъществява връзка с **CSCS (RSCS)** чрез **GSM/GPRS** или да бъде

web-базиран (т.е. достъпен за всеки компютър, имащ достъп до Интернет).

При липса на свързаност със **CSCS**, сегментният контролер **LSC** работи самостоятелно и управлява уличната уредба по часовник и годишни календари на естествената осветеност или по сигнал от фотосензор. През нощта осветлението се димира до зададена степен (50 или 20%).

При наличие на постоянна свързаност с по-горното ниво **CSCS** (web-базиран **LSC**), нивото на осветление се определя според трафика и метеорологичните условия, като информацията се получава от **CSCS (RSCS)** чрез свързаните към нея **TMC**, **LM** и **WMC** или директно от местни сензори, предаващи информацията по захранващата мрежа. Сегментният контролер **LSC** съхранява информация за работата на включените към него осветители (състояние включен/изключен, общ брой часове на работа по нива на димиране; текуща стойност на потока на лампата, ненормални режими на работа) и периодично я изпраща към **CSCS (RSCS)**.

*Третата подсистема (Central supervisory control system)* служи за наблюдение и оперативен контрол на множество локални подсистеми. На компютър, изпълняващ ролята на сървър, е организирана база данни за работата на уредбите - при изискване (или периодично) тази информация се осигурява за по-високото ниво – центъра за контрол на трафика **ТС** в региона.

*Комуникационната система* включва устройства и програмно осигуряване за осъществяване на обмен на информация между различните нива на системата. Характерно за комуникацията на ниското ниво е, че се изпълнява по така наречените “closed” протоколи, разработени от производителите на специализираното оборудване, докато връзката между сегментните контролери **LSC** и централната станция **CSCS** е по стандартни, “open” протоколи, в зависимост от използваната технология за достъп (**GSM** устройства или Ethernet мрежа).

## **2.2. Технически изисквания към сензорите и локалните системи**

Наличието на силен дъжд се регистрира в метеорологични секции **WMC**, разположени на няколко километра една от друга.

Информация за заледряване се получава от сензори за контрол на заледряването, а мъглата се регистрира с измерител на видимост (тестово разстояние 140 m).

### *Изисквания към локалния контролер PLC*

Чрез стандартен интерфейс локалният контролер **PLC** свързва осветителя със сегментния контролер **LSC**. **PLC** трябва да осъществи връзка за:

- работа като комуникационен контролер;
- тестване на **DB (MC)**;
- димиране на светлинния поток на лампата;
- включване и изключване на лампата;
- мониторинг и събиране на данни, включващи:
  - състояние (статус) на лампата (вкл./изкл./ димиране);
  - продължителност на работа на лампата (по нива на димиране);
  - брой включвания на лампата;
  - електрически параметри на осветителя: захранващо напрежение, напрежение и ток на лампата (за приблизителна оценка на нивото на излъчвания светлинен поток [3]), обща мощност на осветителя (за оценка на загубите в **ПРА**, съответно вентилния ефект);
  - повреди на лампата и баласта.

### *Изисквания към сегментния контролер*

**LSC** е главен управляващ елемент на осветителните уредби и се разработва със следните функции:

- да изпълнява ролята на маршрутизатор (router), изграждащ локална мрежа (**LAN**) с/между ламповите контролери;
- да съхранява информация за работата на ламповите контролери за зададен период от време (или зададен брой команди);
- да осигурява свързаност (директна или през Интернет) с външни за локалната система устройства за мониторинг и контрол. Достъпът може да се осъществи безжично (посредством **GSM/GPRS/3G/WiFi/WiMax**) или по кабелна линия, в зависимост от наличните възможности;
- да защитава обмена на информация с по-горните нива срещу неототоризиран достъп.

*Локалният контролер PLC* осигурява:

- възможност да се препрограмира от страна на сегментния контролер за

промяна на оперативни данни за лампата и добавяне на съобщения за ненормален режим на работа (ниво на вентилен ефект, намален светлинен поток, подадено напрежение към лампата, но не свети);

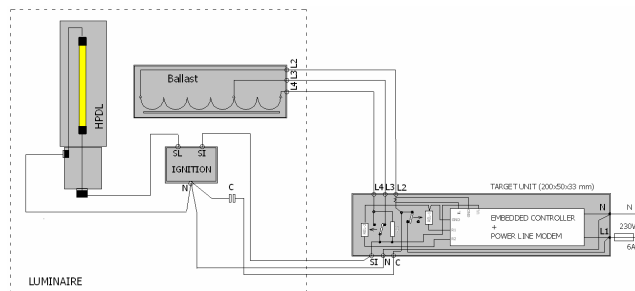
- автоматично преминаване на режим 100%  $\Phi_H$  при разпадане на комуникацията;
- възможност за програмиране на действия след включване на аларма или регистриран край на живота на лампата.

Сегментният контролер **LSC** осигурява регулиране на интензивността на осветлението на пътя в зависимост от:

- интензивност на трафика;
- метеорологични условия: при силен дъжд- 100% улично осветление, независимо от трафика;
- наличие на мъгла: 100% улично осветление, независимо от трафика,.
- наличие на заледряване на платното: 100% улично осветление, независимо от трафика;
- пътно-транспортни произшествия или ремонти по пътя: 100% улично осветление, независимо от трафика.

Освен това сегментният контролер **LSC** трябва да е в състояние да осигури:

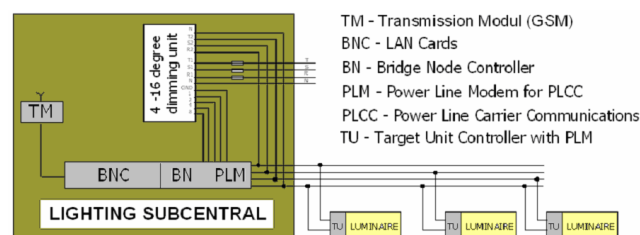
- управление по часовник и годишни календари за разсъмване и свечеряване, или по фотосензор като се съобразява категорията на улицата;
- съхраняване на информация за електрическите параметри и времето на работа на осветителите;
- съхраняване на информация за събития, отразяващи отклонението на параметрите на осветителите от зададените граници;
- измерване и предаване на информация за електрическата консумация на осветителната уредба;
- обезпечаване с резервно захранване (акумулатор или UPS) за 3-часова работа при отпадане на захранването;
- възможност за управление на ограничител на захранващото напрежение с цел съобразяване на експлоатационната стойност на светлинния поток на лампите с нивото на захранващото напрежение (при изпълнение на осветителната уредба с електромагнитни баласта).



Фиг.2. PLC контролер, свързан към осветител с конвенционална пусково-регулираща апаратура

Типично изпълнение на локален контролер **PLC**, свързан към осветител с конвенционална **ПРА**, е показано на фиг.2. Индуктивният баласт е вдвоен като при малък трафик се осигурява 50% светлинен поток спрямо номиналния. Характерно за контролера е това, че чрез измерване на захранващото напрежение, тока и напрежението на лампата, програмно се получават всички необходими за базата данни параметри – ниво на светлинния поток на лампата спрямо номиналния, загуби в баласта, ниво на вентилния ефект на лампата [3]. Чрез програмно-организиран брояч се отчитат часовете работа на лампата, както и брой на включванията. При отпадане на комуникацията, лампата работи със 100% от мощността си (през нормално-затворен контракт на реле).

\*\*



Фиг.3. LSC (BN) контролер, димиращо устройство и осветители с TU, обменящи информация по захранващата линия

На фиг.3 е показана блокова схема на сегментен контролер **LSC**, осигуряващ поддържане на постоянен поток на светлинните източници, независимо от приетия при проектирането експлоатационен фактор (респ. коефициент на запаса). По този начин се гарантира удължаване на живота на лампите и икономия на енергия, вследствие работа с намалена мощност. Чрез димиращо устройство се ограничават високите стойности на захранващото напрежение през

нощта и е възможно по-дълбоко димиране от 50% в часове с много нисък трафик. Наличието на управляемо димиращо устройство в уличната касета е предпоставка за намаляване на консумацията на електроенергия [4].

### **2.3. Изисквания към централната система за мониторинг и контрол**

Високото ниво на системата за динамично улично осветление включва (фиг.4):

- Център за контрол на трафика (ТС);
- Център за съхраняване и анализ на информация (IAAAC);
- Един главен център CSCS и при необходимост няколко регионални (RSCS) за контрол на локалните системи.

Връзката с/между CSCS–ТС–IAAAC се осъществява по Интернет при съответни мерки за оторизация на достъпа. Освен това, от произволен компютър, имащ връзка с Интернет, е възможно да се наблюдават локалните системи (при наличие на инсталиран системен софтуер). Центърът за анализ на информацията IAAAC е web-базирана управленска система, която използва базата данни към CSCS за осигуряване на оперативна информация за експлоатацията: часове на работа на лампите, пътно-транспортните произшествия (час и време за отстраняване на последиците) и др. IAAAC трябва да е програмно осигурен за отчетна дейност по работата на локалните системи. Предварително трябва да е уточнен получател на месечните отчети, каналите за обратна информация и отразяването им в експлоатационната документация.

Цялата информация от сегментните контролери LSC се съхранява в РС, работещ като сървър. Компютърът се използва за създаване на web-базирана база данни, която може да се ползва от произволен компютър, свързан в Интернет (при съответни мерки за оторизиран достъп). Чрез компютъра в CSCS (RSCS) се осъществява диспечерска намеса по отношение на LSC (съответно PLC) и визуализиране на получената информация от сегментните контролери LSC.

Между PLC и CSCS е възможна двупосочна комуникация в реално време, която осигурява:

- предаване на аларми: предупреждения, базирани на данни от софтуера (например

изчерпан ресурс на лампа) или от допълнителни вътрешни функции на електронната ПРА. Алармите се градират по важност. Действията след аларма могат да включват:

- актуализиране на съдържанието на web-страница;
- осъвременяване на мрежова информация (log file);
- изпращане на SMS, e-mail и др. към устройството за мониторинг;
- автоматично въвеждане на други светлинни сценарии.
- натрупване на данни: информацията от локалните контролери PLC автоматично се натрупва в сегментния контролер LSC и периодично се прехвърля към CSCS (RSCS). Последната трябва да има достатъчен обем памет за съхранение на информация в рамките на няколко месеца.

Управлението на осветителната уредба чрез LSC се извършва:

- на базата на информация от CSCS, получена съответно от TMC, WMC, LM (от 2 последователни измервания) или директно от местни сензори;
- по часовник за реално време и календари на разсъмване-свечеряване, както и по сигнал от фотосензор;
- ръчно, от диспечера в CSCS, с използване на предварително зададени приоритети и функции.

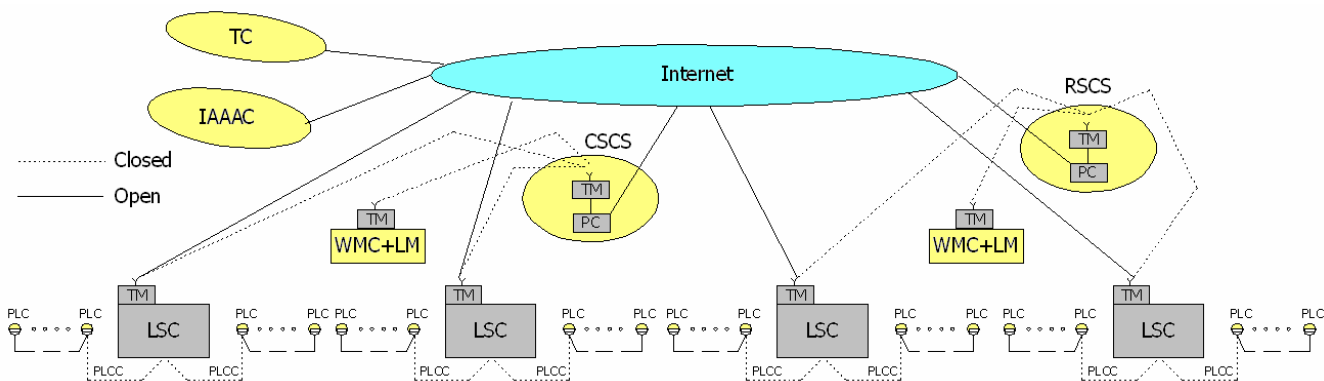
Софтуерът на централната система включва следните особености:

- Възможност за конфигуриране и инсталиране, които се изпълняват с GUI. Конфигурацията на всяка светлинна точка трябва да бъде изцяло отворена;
- Оперативно интерфейсът трябва да бъде възможно най-прост – на два екрана. Единият екран е работен и чрез него се осъществява комуникация, когато например има транспортно произшествие. На другия се представя статусът на избрана част от осветителната уредба.
- Събирането на информацията се осъществява с функцията log, записваща отчети и грешки в CSCS и съхраняваща ги в базата данни. Събирането на информацията се осъществява в сегментните контролери. Периодично към CSCS се изпраща натрупаната

информация – по заявка от диспечера или автоматично с календарна функция.

- Анализи на мениджърския пакет, базирани на отворена структура на базата от данни: достъпът до основната

информация в базата от данни и тяхното анализиране се осъществява чрез управленска система за достъп и анализиране на информацията (IAAAC).



Фиг.4. Обмен на информация в системата за динамично улично осветление

#### 2.4. Изисквания към комуникационната система/мрежа

Системата трябва да отговаря на двата основни принципа за ефективна работа: надеждност и лесна експлоатация. От гледна точка на обслужване локалните контролери **PLC** следва да бъдат монтирани в основата на стълба. Изпълнението на **PLC** трябва да позволява лесен монтаж/демонтаж (за предпочитане без специален инструмент). При тях използването на захранващата мрежа като среда за комуникация е предимство.

За осъществяване на комуникационна връзка между елементите от високите нива на системата са възможни два подхода: 1) изграждане на собствена комуникационна мрежа тип Ethernet; 2) използване на мрежи за безжична двустранна комуникация. И в двата случая трябва да има Интернет свързаност. Изборът зависи от собственика и покритието на района от мобилен оператор.

При използване на обществени мобилни мрежи за обмен на информация отпада необходимостта от изграждане и поддържане на собствена комуникационна система. Могат да се използват мобилни мрежи от следните видове [5]:

1) мрежи от второ поколение (**2G** - с цифрово предаване и с мултиплексиране по време или по код). Стандартът **GSM** (Global System for Mobile communications) е един от най-успешните проекти на ETSI (European Telecommunication Standards Institute) и

мрежите от този тип осигуряват покритие почти навсякъде;

2) усъвършенствани **2G** системи, известни под наименованието **2.5G**, предлагащи решения за по-високоскоростен пренос на данни. Препоръчително е използването на **GPRS**, включващ услуги с обобщен пакетен радио интерфейс (General Packet Radio Services). Тази технология се предоставя от всеки мобилен оператор;

3) мобилни мрежи от трето поколение (**3G**), които предоставят много по-високоскоростен обмен на данни в сравнение с **2G** и **2.5G**, а достъпът е реализиран посредством разделяне по код CDMA (Code Division Multiple Access). **3G** мрежите са известни в Европа с наименованието UMTS (Universal Mobile Telecommunications System);

4) **WiFi** или **WiMax** широколентов безжичен достъп. **WiFi** (Wireless Fidelity) е търговска марка на WiFi Alliance на технология за безжична локална мрежа (WLAN) базирана на стандарта IEEE 802.11. **WiFi** е разработена за използване от мобилни компютърни устройства, но сега се използва и за всякакви устройства, изискващи връзка с Интернет. **WiMAX** (Worldwide Interoperability for Microwave Access) е създадена като технология от **WiMAX Forum**, съгласно стандарта IEEE 802.16 (WirelessMAN). **WiMAX** осигурява обмен на данни на по-големи разстояния от **WiFi** (до



няколко километра) и гарантира качество на обслужване.

Всички горепосочени безжични технологии са подходящи за осъществяване на свързаност (директна или през Интернет) между компонентите на системата и **PC** в **IAAAC** и **ТС**.

За *наблюдение* през Интернет се допуска връзката да бъде некриптирана и да се осъществява посредством стандартни за Интернет протоколи (TCP-Transmission Control Protocol и UDP-User Datagram Protocol).

При *управление* (между **IAAAC** и **CSCS** или **ТС** и **CSCS**) трябва да се използва криптирана връзка за защита от неоторизиран достъп. Едно решение за сигурно предаване на информацията е **VPN** (Virtual Private Network). При **VPN** предаването на информация се осъществява през публична комуникационна мрежа (например Интернет) чрез криптирани частни канали между две точки.

#### *Изисквания за обмена на информация*

Трансферът на данни между различните звена е както следва (фиг.4):

- Между сегментния контролер **LSC** и локалните контролери **PLC** - по силнотоквите линии с Power Line Modems (PLM). Използваната система трябва да е одобрена от CEN/CENELEC;
- Между сегментните контролери **LSC** и **CSCS** - директна връзка или през Интернет като достъпът се осъществява посредством безжичен достъп или по кабелна линия;
- Между **CSCS** и **LM**, **CSCS** и **WMC**, **CSCS** и **TMC** - директна връзка, осъществявана посредством безжичен достъп или по кабелна линия;
- Между **CSCS** и **ТС**, **CSCS** и **IAAAC** - връзка през Интернет посредством безжичен достъп или по кабелна линия. За защита от неоторизиран достъп се изгражда **VPN**.

### **3. Заключение**

Разгледаната система за телеуправление създава възможност за адаптивно улично осветление, т.е. за адекватно регулиране на неговите параметри в зависимост от интензивността на трафика,

метеорологичните условия, ремонт, транспортни инциденти и др. Това е гаранция за повишаване на безопасността на движение, подобряване на качеството на осветлението, намаляване на консумацията на електроенергия и разходите за обслужване.

Система с използване на електронни баласты и интернет-свързаност на локалните системи с централния пункт за управление на трафика е реализирана в Осло (Норвегия) - фиг.5-6 [2]. Постиганата икономия на електроенергия позволява изплащането на допълнително вложените средства да се осъществи за период от време, по-малък от живота на уредбата.



Фиг.5. WEB-базиран сегментен контролер в захранващ блок за улично осветление (Осло, Норвегия) [2]



Фиг.6. Централна система за контрол на трафика (Осло, Норвегия) [2]

За условията на България системата може да се приложи и във вариант индуктивни баласты в осветителите и димиращи устройства в захранващата касета, при което се избягва използването на скъпи осветители с електронни димируеми баласты. Така срокът на откупуване на използваните съоръжения се намалява. Такова решение е реализирано на градски пътен тунел в София през 2006 г. [6].

## Литература

- [1] **Eirik Bjelland, Viken Nett.** Intelligent Road Lighting “Light – on the road”, CIE Session 2003 (4\_23.pdf)
- [2] [http://www.e-streetlight.com/work\\_packages.htm](http://www.e-streetlight.com/work_packages.htm) - Работна среща по проект “Intelligent Road and Street Lighting in Europe E-Street”, Осло – Норвегия, 10-11 май 2007
- [3] **Пачаманов А.** Энергоспестяване и осветителна техника (енергоефективно осветление). Изд. “Авангард-Прима”, София 2007
- [4] **Pachamanov A., G. Todorov, N. Ratz.** Dimming of High Pressure Discharge Lamps. Energetic and Information Systems and Technologies 2006, June 28-30, TU-Sofia Bulgaria 2006, pp.387-390
- [5] **Цанков Борис,** Телекомуникации – фиксирани, мобилни и IP. Изд. “Нови знания”, София 2006
- [6] **Пачаманов А., Н. Матанов, Р. Пачаманов, Н. Рац.** Фотометрична система за управление на тунелно осветление с димиране на лампите във входните и преходните зони. Сп. “Електротехника и електроника” №3-4/2007

---

**Николай Иванов Василев,** проф. д-р инж.,  
Ръководител на НИИКЛ “Осветителна техника”,  
НИС при ТУ – София, Каб.3101а, Тел. 965-27-14, E-mail: nvassilev@tu-sofia.bg

**Ангел Саракинов Пачаманов,** Д-р инж., доцент в  
катедра “ЕСЕОЕТ”, ТУ–София, Каб.12325, Тел. 965-21-81, E-mail: rach@tu-sofia.bg

**Радостин Ангелов Пачаманов,** Докторант във  
Факултет по комуникационна техника и технологии,  
ТУ–София, Каб.1459, Тел. 965-21-50, E-mail: radostin.pachamanov@gmail.bg