

## **Подход к внедрению распределенной системы управления уличным освещением с применением интеллектуальных регуляторов**

*Е.И. Крахмалев*

В статье предложен подход к оценке факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики распределенных систем освещения. Также предложена математическая модель потребления электрической мощности в системе освещения с учетом факторов, влияющих на искусственную освещенность и технический ресурс элементов системы.

Ключевые слова: освещение, автоматизированные системы управления уличным освещением.

По статистике, в современном муниципальном хозяйстве на уличное освещение приходится до 38% энергопотребления, для снижения которого требуется техническая модернизация городских систем освещения [1]. Важно заметить, повышение энергетической эффективности не только уменьшает затраты на покупку электроэнергии, но и снижает объемы выбросов углекислого газа, связанных с выработкой электроэнергии на нужды уличного освещения.

По этой причине становится актуальной разработка интеллектуальной системы управления сетями уличного освещения на основе комплексного подхода, основанного на использовании различных технологий связи, включающей беспроводные сенсорные сети, технологию передачи данных по питающей линии, волоконно-оптические линии связи, мобильные сети и др., которая решает следующие задачи:

1. Снижается энергопотребление и, как следствие, снижение выбросов диоксида углерода в атмосферу.
2. Достигается высокое качество освещения для обеспечения комфортности граждан и безопасности дорожного движения.
3. Повышается технический ресурс элементов системы освещения, усиливая при этом экономических эффект.

Со светотехнической точки зрения появление большого количества конкурирующих производителей осветительных приборов привело к ошибочному пониманию взаимозаменяемости различных типов осветителей. Любой осветительный прибор, помимо суммарного светового потока обладает рядом параметров, таких как: цветовая температура, диаграмма направленности, потребляемая мощность, спектральная характеристика и т.д. Все эти характеристики влияют на общую освещенность и зачастую при непосредственной замене «устаревших» светильников на новые происходит нарушение нормируемых параметров.

Согласно действующим сводом правил [2] нормируются параметры освещенности, создаваемой осветителем:

$E_{cp}$  – средняя освещенность дорожного покрытия;

$L_{\text{ср}}$  – средняя яркость дорожного покрытия;

$E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}}$  – равномерность распределения освещенности дорожного покрытия;

$L_{\text{мин}}/L_{\text{ср}}$  – равномерность распределения освещенности дорожного покрытия;

$L_{\text{мин}}/L_{\text{макс}}$  – продольная равномерность распределения яркости дорожного покрытия.

Однако занижение рабочих параметров влияют на результирующую освещенность. Она с одной стороны ограничена действующим СП, с другой стороны может быть определена как технический ресурс системы освещения.

Технический ресурс – показатель долговечности, характеризующий запас возможной наработки объекта. Согласно [3] ресурсом называют наработку объекта от начала или возобновления эксплуатации до наступления предельного состояния.

Таким образом, увеличение ресурса представляет серьезный резерв для экономии средств, материалов, энергии и трудовых затрат. Ресурс в значительной степени зависит от нагрузок, действующих на осветители или коммуникационные элементы системы. Правильный выбор элементной базы и корректный расчет – основные источники повышения ресурса без значительного удорожания. Поскольку прогнозирование ресурса включает установление зависимости его от всех внешних и внутренних факторов, разработку методов прогнозирования следует рассматривать как одну из неотъемлемых частей общей проблемы ресурса.

Особое место занимает прогнозирование ресурса на стадии эксплуатации. В отличие от стадии проектирования, когда прогнозу подлежит ресурс генеральной совокупности еще не созданных технических объектов, прогнозирование на стадии эксплуатации выполняют для конкретных объектов. При этом оценке подлежат остаточный ресурс и (или) остаточный срок службы.

Индивидуальное прогнозирование ресурса открывает дополнительные пути для получения экономического эффекта и не только позволяет предупредить возможные отказы и непредвиденные достижения предельных состояний, но и более правильно планировать режимы эксплуатации, профилактические мероприятия и снабжение запасными частями. Более того, переход к индивидуальному прогнозированию ведет к увеличению среднего ресурса объектов системы и требует выбора оптимального срока эксплуатации.

Поэтому можно рассматривать прогнозирование индивидуального остаточного ресурса как систему управления процессом эксплуатации и технического обслуживания.

Внедрение индивидуального прогнозирования требует дополнительных расходов на программно-технические средства диспетчеризации и анализа, однако технически выполнимы современными аппаратными средствами и позволяют получить значительный экономический эффект.

Можно формализовать экономический и качественный фактор в виде системы уравнений и неравенств:

$$\left\{ \begin{array}{l} P = \sum_{i=1}^n P_{\text{осв}} \cdot K_{\text{дим}} + P_{\text{пл}} + P_{\text{пдим}} \\ \Pi = \prod_{i=1}^n K_{\text{эл}} + E \left\{ \rho_{ij}^{\text{max}} = 1 - \prod_{\forall \mu_{ij}^k \in m_{ij}} (1 - \rho_{ij}^k) \right\} \\ \Phi > 20\text{Лк}, L > 0.4, \text{ при условии категории выше А4} \\ \dots \\ \Phi > 6\text{Лк}, L > 0.35, \text{ при условии категории выше В3} \end{array} \right. \quad (1)$$

где уравнение  $P = \sum_{i=1}^n P_{\text{осв}} \cdot K_{\text{дим}} + P_{\text{пл}} + P_{\text{пдим}}$  показывает суммарное энергопотребление системы освещения;  $\sum_{i=1}^n P_{\text{осв}} \cdot K_{\text{дим}}$  – суммарное потребление осветителями с учетом коэффициента диммирования;  $P_{\text{пл}}$  – мощность потерь в линии;  $P_{\text{пдим}}$  – мощность потерь в диммирующих устройствах; уравнение  $\Pi = \prod_{i=1}^n K_{\text{эл}} + E \left\{ \rho_{ij}^{\text{max}} = 1 - \prod_{\forall \mu_{ij}^k \in m_{ij}} (1 - \rho_{ij}^k) \right\}$  – оценивает технический ресурс элементов системы и связи, а система неравенств

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi > 20\text{Лк}, L > 0.4, \text{ при условии категории выше А4} \\ \dots \\ \Phi > 6\text{Лк}, L > 0.35, \text{ при условии категории выше В3} \end{array} \right.$$

описывает требования к качеству освещения.

Решения системы будет оптимальным с точки зрения минимизации экономических расходов, обеспечения долговечности и требуемого качества освещения. Кроме того систему освещения следует рассматривать как распределенный энерготехнологический объект, который представляет собой многосвязный объект с распределенными параметрами. Особенностью управления таким объектом является то, что каждая выходная величина характеризуется не конкретным значением, а некоторой зоной распределения значений, представленной в виде зональной характеристики. Управление распределенным энерготехнологическим объектом осуществляется с помощью изменения вектора силовых управляющих воздействий. Причем изменение даже одного управляющего воздействия из распределенного набора приводит к изменению всех выходных зональных характеристик.

Поэтому необходимо говорить о многозональном управлении, формирующем вектор силовых управляющих воздействий на основании анализа выходных зональных характеристик (рис. 1) и внешних условий.

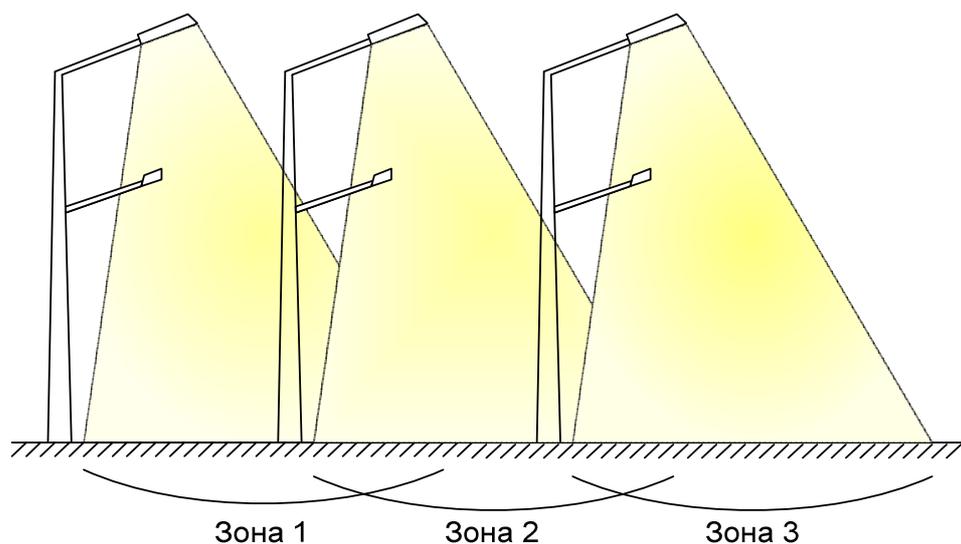


Рис. 1. Зоны освещенности

Оценка зональных характеристик освещенности может быть точно измерена на основании инструментальных средств. Однако для крупномасштабных объектов, таких как комплексы освещения городов, измерить все зональные характеристики представляет собой необозримую задачу. Поэтому на практике точная оценка характеристик зон производится выборочно. Для остальных зон оценка осуществляется эксплуатационным персоналом эмпирически в порядковых шкалах.

Безусловно, все мероприятия по энергосбережению связаны с экономической окупаемостью таких мероприятий. Поэтому, замена всех компонент системы должна быть просчитана как с технической стороны, так и с точки зрения окупаемости затрат.

#### Библиографический список

1. Интеллектуальное уличное освещение по технологии Echelon: двукратное снижение энергопотребления, повышение безопасности и улучшение экологии. <http://www.echelon-lon.ru/news/street-lighting.ahtm>
2. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*»
3. ГОСТ Р 27.601-2011 Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание и его обеспечение

## **Approach to implementation of distributed control system of street lighting with use of intelligent regulators**

**E.I. Krakhmalev**

In article approach to an assessment of the factors influencing operational characteristics of distributed systems of lighting is offered. The mathematical model of consumption of electric power in system of lighting taking into account the factors influencing artificial illumination and a technical resource of elements of system is also offered.

Keywords: lighting, automated control systems for street lighting.

### References

1. *Intellectual'noe ulichnoe osveshchenie po tekhnologii Echelon:dvukratnoe snizhenie energopotrebleniya, povyshenie bezopasnosti i uluchshenie ekologii* [Intellectual Street Lighting on the Echelon Technology: Double Decrease in Energy Consumption, Increase of Safety and Improvement of Ecology]. Available at: <http://www.echelon-lon.ru/news/street-lighting.ahtm>
2. *SP 52.13330.2011 "Estestvennoe i iskusstvennoe osveshchenie. Aktuakizirovannaya redaktsiya SNI P 23-05-95\*"»* [SO 52.13330.2011 "Natural and Artificial Lighting. The Staticized Edition Construction Norms and Regulations 23-05-95 \*"]
3. *GOST R 27.601-2011 Nadezhnost' v tekhnike. Upravlenie nadezhnost'yu. Tekhicheskoe obsluzhivanie i ego obespechenie* [GOST P 27.601-2011 Reliability in Equipment. Management of Reliability. Maintenance and its Providing].