



## ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМЫ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

А. В. Лавров, В. В. Зажигин, М. А. Васильченко

Сегодня эксплуатация системы наружного освещения – это непрерывный процесс, который включает в себя ряд мероприятий по поддержанию системы в регламентном состоянии. Сюда входит и плано-предупредительное воздействие или ремонт по действительному техническому состоянию электрооборудования от пункта питания до конечного потребителя светотехнического оборудования системы наружного освещения.

В число важнейших задач эксплуатации системы наружного освещения города входит определение и порядок ликвидации нарушений и аварийных режимов работы данной системы по средствам автоматизированных систем предикативного анализа в установленные сроки [1].

Современное наружное освещение улиц, скверов, парков, пешеходных зон, детских и спортивных площадок, всего разнообразия элементов городской инфраструктуры повышает уровень комфорта и определяет внешний облик города в темное время суток. Искусственный свет благодаря своим богатейшим возможностям становится кластером и позволяет в условиях вечернего города решать задачу организации пространства, освещения отдельных композиций, рекламы, архитектурно-художественной подсветки и

иллюминации. В городской среде основными пользователями наружного освещения (далее – НО) являются пешеходы, водители автотранспорта, жители окружающих домов.

В настоящее время сформулированы основные требования к искусственному освещению как в части пользователей НО, так и в части производителей светотехнического оборудования. Эти требования должны соответствовать стандартам ГОСТ Р МЭК 60598-1–2011, ГОСТ Р ИЕС 60598-2-3–2012, ГОСТ Р 54350–2015, ГОСТ Р 55705–2013<sup>1</sup>, а также комплекту

<sup>1</sup> ГОСТ Р МЭК 60598-1–2011 «Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний»; ГОСТ ИЕС 60598-2-3–2012 «Светильники. Часть 2. Частные требования. Раздел 3. Светильники для освещения улиц и дорог»; ГОСТ Р 54350–2015 «Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний»; ГОСТ Р 55705–2013 «Приборы осветительные со светодиодными источниками света. Общие технические условия».

конструкторской документации производителя на конкретный тип светильника [2–4], включая СП 323.1325800.2017, СП 52.13330.2016, ГОСТ Р 55706–2013 и ГОСТ Р 55844–2013<sup>2</sup>.

### Выявление и ликвидация аварий

Существующий регламент по функционированию системы НО требует от персонала эксплуатирующей организации принятия неотложных мер по выявлению и устранению аварий, нарушений и замечаний в работе системы НО. За проведение работ по определению мест повреждений и других нарушений в работе системы НО, а также восстановление работоспособности до регламентного состояния системы несет ответственность оперативный персонал: дежурный диспетчер предприятия, персонал оперативно-выездной бригады.

Решения о порядке ликвидации аварий или устранения нарушений принимает диспетчер с учетом ряда факторов:

- наличия сил и средств для ликвидации аварии, места нахождения персонала оперативно-выездной бригады в данный момент времени,
- возможности привлечения персонала смежных (РЭС),
- погодных условий и др.

От своевременности и безошибочности решений оперативного персонала при ликвидации аварий и устранении замечаний зависит качество и эффективность работы предприятия в целом.

### Управление и контроль

Система НО является самостоятельной и получает питание от системы электроснабжения общего пользования. Управление НО и контроль технического состояния осуществляются дистанционным способом. Для поддержания высокой надежности функционирования системы НО особое внимание в процессе эксплуатации уделяется пунктам питания, так как от надежности электроснабжения зависит надежность работы всей системы [5, 6].

**А. В. Лавров**, заместитель технического директора по наружному освещению и архитектурно-художественной подсветке АО «ОЭК»

**В.В. Зажигин**, главный специалист службы архитектурно-художественной подсветки АО «ОЭК»

**М.А. Васильченко**, заместитель руководителя департамента наружного освещения и архитектурно-художественной подсветки АО «ОЭК»

В наружном освещении сети подразделяются на питающие и распределительные. К питающим относятся линии от распределительного устройства трансформаторной подстанции (ТП) или ответвления от воздушных линий электропередачи до вводно-распределительного устройства (ВРУ) НО; к распределительным сетям относятся линии от ВРУ НО до конечного потребителя (светотехнического оборудования).

### Повышение энергоэффективности

Особое внимание в процессе эксплуатации системы наружного освещения необходимо уделять эффективности ее функционирования, а именно снижению электрических потерь. При проектировании и последующей эксплуатации следует учитывать, что в сетях наружного освещения города вследствие относительно большой длины распределительных линий существенное значение приобретает равенство потерь напряжения в отдельных фазах. Это равенство достигается определенной последовательностью подключений светотехнического оборудования к фазам распределительной сети НО. Необходимо соблюдать порядок подключений светильников к фазам согласно принятой схеме (рис. 1).

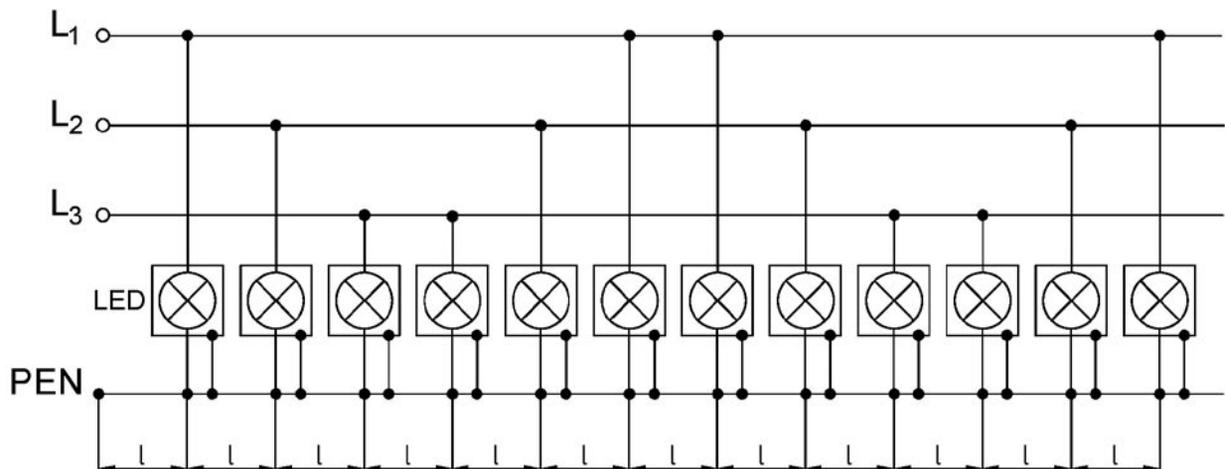


Рис. 1. Схема эффективного включения светильников наружного освещения

<sup>2</sup> СП 323.1325800.2017 «Территории населенные. Правила проектирования наружного освещения» (утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 14 ноября 2017 г. № 1542/пр); СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*»; ГОСТ Р 55706–2013 «Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы»; ГОСТ Р 55844–2013 «Освещение наружное утилитарное дорог и пешеходных зон. Нормы».

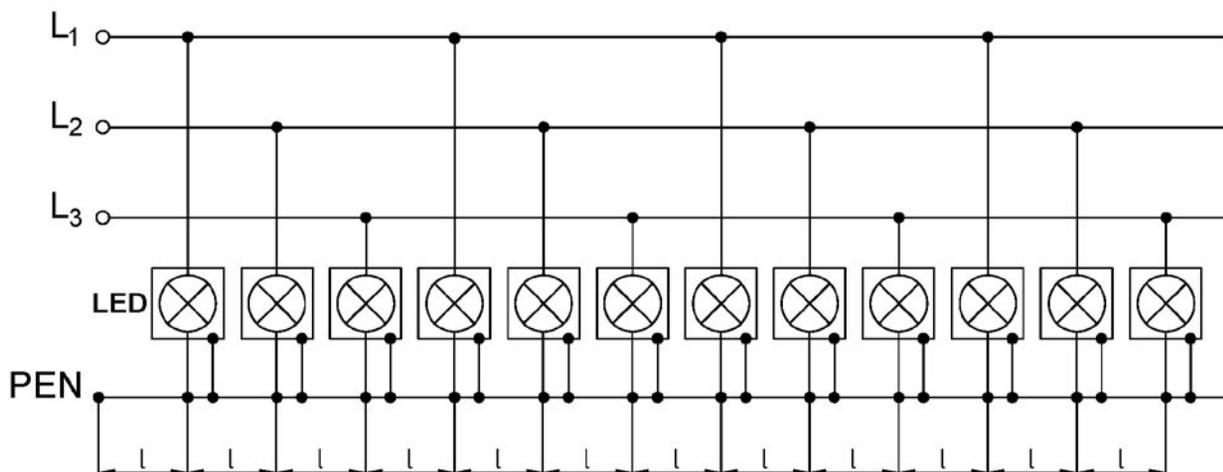


Рис. 2. Энергетически неэффективная схема подключения светотехнического оборудования

В распределительной сети НО при заданном материале и сечении проводов потери напряжения прямо пропорциональны моменту нагрузки. На схеме (рис. 2) можно видеть, что сумма моментов нагрузок для фазы L1 меньше, чем сумма моментов нагрузок для фазы L2, и еще меньше, чем для фазы L3. В самом деле, из каждых трех нагрузок, последовательно размещенных на линии, первые нагрузки подключены к фазе L1, вторые, более удаленные от источника питания, к фазе L2, а третьи, наиболее удаленные, к фазе L3.

Моменты нагрузки для фазы L1 в данном случае можно определить как  $\sum M_{L1} = P1 + P41 + P71 + P101 = 22P1$ . Аналогично определяем момент нагрузки для фаз L2 и L3:  $\sum M_{L2} = 26P1$ ;  $\sum M_{L3} = 30P1$ .

Таким образом, если потери напряжения в проводе фазы L1 равны  $\Delta U_{L1}$ , то потери напряжения в проводах фаз L2 и L3 составят соответственно:  $\Delta U_{L2} = 1,18\Delta U_{L1}$ ;  $\Delta U_{L3} = 1,36\Delta U_{L1}$ .

Можно сделать вывод, что потери напряжения в фазе L2 на 18 %, а в фазе L3 на 36 % больше, чем потери напряжения в фазе L1. Такую разницу в потерях напряжения допускать нецелесообразно.

Сравнительно применив порядок подключения светильников к фазам (рис. 1), будем иметь следующее:

$$\begin{aligned} \sum M_{L1} &= P1 + P61 + P71 + P121 = 26P1; \\ \sum M_{L2} &= P21 + P51 + P81 + P111 = 26P1; \\ \sum M_{L3} &= P31 + P41 + P91 + P101 = 26P1. \end{aligned}$$

Данная схема позволяет привести к равенству моменты нагрузки по фазам и, следовательно, одинаковые для всех фаз потери напряжения.

Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации систем наружного освещения. Данное схемное решение позволяет повысить энергетическую эффективность в части снижения потерь электрической энергии и систематизировать нагрузку фаз системы НО [7].

Проведем сравнительный анализ двух вариантов подключения светильников к распределительной сети НО. Рассмотрим часто применяемую схему подключения светотехнического оборудования к распределительной сети и сравним ее с предлагаемой схемой (рис. 1).

## Перспектива использования искусственного интеллекта

Благодаря науке и техническому прогрессу система наружного освещения города проходила много этапов развития и модернизации. Очередной этап развития предполагает применение LED-источников света и светотехнического оборудования, управляемого по технологии искусственного интеллекта. Данный подход позволит создать эффективное человеко-машинное взаимодействие в системе НО и позволит значительно повысить эффективность технического обслуживания и ремонта установленного электрооборудования, что в итоге снизит затраты на эксплуатацию системы НО. Положительные результаты по надежности и эффективности функционирования данной технологии подтвердил реализованный проект «Смарт-квартал» в Марьино в 2018 году.

## Литература

1. На пути в будущее. Интервью с заместителем генерального директора – главным инженером группы компаний «Россети» А. В. Майоровым // Электроэнергия. Передача и распределение. 2019. № 2 (53). С. 6–11.
2. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Знак, 2006.
3. Варфоломеев Л. П. Элементарная светотехника / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. М.: Знак, 2008.
4. Постановление Правительства РФ от 10 ноября 2017 года № 1356 «Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения».
5. Кириллов Г. А., Кашин Я. М. Эксплуатация электрооборудования: Учебник. М.: Издательство МЭИ, 2018.
6. Власюк В. Д., Каковский С. К., Любарский Ю. Я. Автоматизация поиска повреждений в распределительных электрических сетях // Электрические станции. 2015. № 4.
7. Федоров А. А., Каменева В. В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984. ◆