

УДК 628.971

О.Ю. Егорова

Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НАРУЖНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

*Рассмотрены особенности функционирования систем наружного освещения городов. Определены основные параметры потока отказов обязательные для статистического учета и анализа факторов влияния. Сформированы рекомендации по построению системы учета и контроля потока отказов. Представлены специфические показатели надежности систем наружного освещения.*

**Ключевые слова:** осветительные установки, наружное освещение, надежность городских сетей, надежность осветительных систем: равномерность распределения яркости, ограничения слепящего действия, отклонения напряжения, себестоимость эксплуатации светильника.

### Введение

**Постановка проблемы.** Анализ формирования и развития городских осветительных систем позволяет сделать вывод о том, что они превратились в сложные, широко разветвленные электрические системы [1 – 4]. Сложность структуры открытых осветительных систем определяется объемом и значимостью существующих связей. Являясь элементом электроэнергетической системы осветительные системы, с одной стороны, имеют постоянные внешние связи со многими отраслями, поскольку получают от них различную продукцию, услуги, необходимую информацию; электротехнической промышленности, выпускающей источники света, осветительную и пускорегулирующую аппаратуру, коммутационные и защитные аппараты; системой материально-технического снабжения: проектными, технологическими и строительными организациями; и многим др. С другой стороны, осветительные системы снабжают световой энергией потребителей всех отраслей.

Осветительные системы должны обладать высоким уровнем адаптации, своевременно реагировать на влияние этих связей, обеспечивать и поддерживать комфортную световую обстановку на освещаемых объектах.

Внутренние, объективные связи характеризуются наличием подсистемы контроля и управления за состоянием освещения, уровнем организации эксплуатационных и вспомогательных служб и подразделений, деятельностью административно-хозяйственного персонала, квалификацией рабочих и ИТР, эффективностью использования ресурсов и потоков информации. Развитие осветительных систем в большинстве своих элементов и связей в основном определяется длительной устойчивостью структуры транспортных магистралей промышленных и селитебных территорий городов. Структурная стабильность характеризуется также тем, что большая часть элементов электрической сети, осветительной арматуры и связей остается постоянной или изменяется в незначительных пределах, ограничен-

ных необходимость создания нормированной освещенности на определенной промышленной и селитебной территории. Осветительные системы обладают определенной динамичностью, проявляющейся в развитии воздействием предыдущего их состояния на последующие.

Инерционность осветительных систем заключается в способности противостоять внешним и внутренним воздействиям (влияние погодных условий, повреждение опор автотранспортом, поступление некачественного силового и осветительного оборудования, инерционность органов управления и т.д.). Осветительные системы развиваются зачастую более медленно, чем требуется обществу, поэтому появляются конфликты из-за низкого качества освещения, что способствует снижению уровня инерционности и повышению динамичности развития системы.

Дискретность развития систем проявляется в постоянном скачкообразном вводе в эксплуатацию новых светильников (являющихся продуктом зарубежного либо совместного производства), электрических сетей, цепей управления при расширении районов нового жилищного и промышленного строительства. Осветительные системы дискретны в своей основной деятельности – прерывистом, циклическом производстве световой энергии только в темное время суток и в соответствии с заданным режимом днем находятся в режиме ожидания или ремонта.

Свойства функционирования могут быть полностью определены группой технико-экономических и светотехнических показателей, характеризующих экономичность и надежность осветительных систем: равномерность распределения яркости, ограничения слепящего действия, отклонения напряжения себестоимость эксплуатации светильника, коэффициент оперативной готовности, процент не горящих светильников или коэффициент погасания.

Статистические данные по определению показателей надежности, выявленные на их основе законы распределения отказов и восстановлений необходимо использовать при решении различных технико-экономических задач в условиях эксплуатации, а так

же для передачи их проектировщикам и на заводы, изготавливающие оборудование и светотехнические изделия. Эти данные могут быть использованы при нормировании показателей надежности. Сейчас комплексные показатели надежности функционирования наружного освещения в специальной литературе почти не рассматриваются. Как правило, для оценки этих показателей на стадиях проектирования и эксплуатации используются предусмотренные ГОСТами показатели надежности отдельных технических узлов или элементов. В приложении к конкретным технико-экономическим расчетам наружных осветительных установок эти показатели нельзя считать исчерпывающими, так как они не отражают целый ряд особенностей их функционирования.

Имея в виду специфические показатели надежности работы освещения, целесообразно исследовать и рассчитывать надежность наружных осветительных систем городов и поселков с учетом следующих особенностей:

1. Наружная осветительная установка является системой дискретного действия.

2. При нормальном функционировании осветительная система должна обеспечить всех потребителей световой энергией с показателями качества, находящимися в пределах допусков, установленных директивными документами.

3. Электроустановки наружного освещения являются сложной технической системой, поэтому при расчетах ее надежности должны рассматриваться не только ее полный отказ, но также и частичное погасание светильников.

4. Электроустановки уличного освещения постоянно развиваются во времени и пространстве.

5. Конечной целью расчетов надежности является использование их результатов при создании экономически оптимальной наружной осветительной системы, в которой учитывалось бы состояние техники освещения сегодняшнего дня, т.е. это задача технико-экономическая.

**Анализ литературы.** С учетом вышеуказанных особенностей наружного освещения при оценке и расчете надежности целый ряд методов, идей и результатов, полученных при решении аналогичных задач для других технических систем [1, 3], можно использовать только после самой тщательной переработки.

**Постановка задачи.** Главная задача исследования – возможность сделать надежные выводы об объективных свойствах явления, на основании данных полученных при наблюдении. Поскольку мы имеем дело с одномерным объемом данных и последовательностью точек, случайно распределенным в нем. Событиями являются отказы в работе освещения и повреждения элементов осветительного оборудования. Составляющими потоками отказов, являются обрывы в элементах воздушных распределительных линий на тросовом подвесе и на опорах; кабельных линий наружного освещения, пунктов питания; сгорание предохранителей в пунктах питания; повре-

ждение (разрушение) осветительных опор и т.п. Для обоснованного решения теоретических и практических задач надежности в отрасли светотехники необходимо знать законы распределения исходных случайных величин и их параметры.

Подобное, было сделано П.М. Шевкоплясовым, он использовал статистические данные предварительно ранжированной выборки потоков отказов и восстановлений электроустановок НО г.Санкт-Петербурга [5] размер интервала для вариационного ряда с равными интервалами определяется по способу Стерджесса [6]

$$\Delta t_i = \frac{R_t}{1 + 3.322 \lg n}.$$

## Основной материал

Согласно данным потоков отказов, приведенных в табл. 1 (1 – тросовый подвес; 2 – ВЛ на опорах; 3 – кабельные линии; 4 – пункт питания; 5 – сгорание предохранителей; 6 – повреждение опор; 7 – телефонная линия; 8 – канал телемеханики по рабочей сети; 9 – автоматы выключения), наибольшее количество отключений осветительных установок (ОУ) связано со сгоранием плавких предохранителей. В первые часы включения наружного освещения установок происходит 75% отказов предохранителей, причем основная доля происходит в момент пуска ОУ в работу или при протекании переходных процессов, а также при перегрузках. Опыт эксплуатации подсказывает, что осветительные установки большую часть времени работают в несимметричных режимах, как при нормальном функционировании, так и в аварийных ситуациях. Несимметричные режимы в осветительных сетях возникают, как правило, при выходе из строя источников света. При проектировании и строительстве стремятся загрузить все три фазы равномерно. Однако это не всегда удается четко осуществить. При ремонтах электромонтеры допускают неправильные соединения (изменение фазировки) практически в разных местах по длине линии.

В осветительных установках с течением времени изменяются параметры светотехнической и электрической частей. Стареют передаточные устройства и осветительная арматура, изменяются сопротивления изоляции токоведущих частей. В процессе эксплуатации при ликвидации аварий заменяются участки провода или кабеля на кабели с меньшим, чем запроектировано, сечением. Особенно негативно это сказывается на режиме напряжения, если замена произведена на головном участке линии освещения. Кроме того постоянно меняются отклонения питающего напряжения вследствие неравномерности графиков нагрузки силовых трансформаторов общего напряжения.

Поскольку осветительные установки работают в двух режимах (ночном и вечернем), то даже при одинаковом заводском ресурсе выход из строя светильников разный на разных фазах. Фаза вечернего (полного) режима включена обычно с момента наступления темноты и до часа ночи и утром с пяти часов до отключения. Фаза ночного (частичного) режима находится под

напряжением всю ночь, с момента наступления темноты и до следующего утра. Поэтому чаще выходят из строя источники света подключенные к ночной фазе. А это влечет за собой несимметрию нагрузок в трехфазной осветительной сети даже при нормальной ее эксплуатации. Несимметричные режимы работы осветительных установок появляются даже при коротком

замыкании и обрыве фазного провода. В этих случаях несимметрия напряжения в линиях достигает максимальных значений.

Поскольку несимметрия носит массовый характер, необходима ее количественная оценка и разработка на этой основе планов мероприятий по снижению потерь электроэнергии.

Таблица 1

Основные потоки отказов в сети наружного освещения

| Δt, ч   | Обрыв |     | Короткие замыкания |     |     |    | 5    | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---------|-------|-----|--------------------|-----|-----|----|------|-----|-----|-----|-----|
|         | 1     | 2   | 1                  | 2   | 3   | 4  |      |     |     |     |     |
| 0-30    | 304   | 102 | 92                 | 282 | 142 | 9  | 887  | 35  | 34  | 638 | 31  |
| 30-60   | 118   | 62  | 30                 | 68  | 56  | 3  | 105  | 18  | 26  | 117 | 28  |
| 60-90   | 88    | 62  | 21                 | 44  | 26  | 3  | 102  | 16  | 10  | 46  | 11  |
| 90-120  | 48    | 42  | 31                 | 22  | 31  | 2  | 71   | 15  | 9   | 19  | 8   |
| 120-150 | 36    | 31  | 19                 | 21  | 23  | 2  | 54   | 18  | 7   | 10  | 8   |
| 150-180 | 34    | 27  | 22                 | 19  | 19  | 1  | 16   | 6   | 6   | 4   | 6   |
| 180-210 | 17    | 20  | 13                 | 15  | 17  | 1  | 6    | 5   | 5   | -   | 5   |
| 210-240 | 16    | 22  | 5                  | 14  | 4   | -  | 5    | 3   | 3   | -   | 4   |
| 240-270 | 12    | 11  | 8                  | 8   | 3   | 1  | 5    | 19  | 3   | -   | 4   |
| 270-300 | 8     | 11  | 6                  | 6   | 4   | -  | 4    | 7   | 1   | -   | 3   |
| 300-330 | 8     | 9   | 6                  | 5   | 6   | 1  | -    | 6   | 1   | -   | 3   |
| 330-360 | 6     | 3   | 4                  | 4   | 4   | 1  | -    | 1   | -   | -   | 1   |
| 360-390 | 6     | 7   | 4                  | 2   | 2   | -  | -    | -   | -   | -   | 2   |
| 390-420 | 5     | 7   | 2                  | 5   | 3   | 1  | -    | -   | 1   | -   | 2   |
| 420-450 | 3     | 6   | 2                  | 3   | 2   | 1  | -    | -   | -   | -   | 1   |
| Итого:  | 709   | 422 | 265                | 518 | 342 | 26 | 1255 | 149 | 106 | 834 | 117 |

1. Обязательный статистический сбор и анализ причин и следствий выхода из строя сети наружного освещения, позволить сделать принимаемые решения по совершенствованию системы более четкими, а меры более действенными применительно ко всей сети в целом.

### Выводы

2. Необходимо вести постоянный учет аварий, браков в работе и отказов элементов осветительных установок. Все данные первичного учета являются информацией о надежности, как отдельных элементов, так и всей технической части осветительной системы. На каждом предприятии должна быть система сбора и обработки информации о надежности оборудования и устройств.

3. Обязательной задачей эксплуатационного персонала по повышению надежности установок является проведение анализа статистических данных для определения оптимальной структуры осветительной установки, а также степени влияния различных внешних и внутренних факторов на надежность, как отдельных элементов, так и всей системы в целом.

4. Должна быть обеспечена обязательная практическая реализация результатов анализа в повседневной деятельности. Реализация результатов анализа

позволяет изменять схемы установок, переустраивать отдельные части или узлы, ослабить или полностью исключить влияние отрицательных факторов.

### Список литературы

1. Полукаров В.М. Дорожно-транспортные происшествия в темное время суток / В.М. Полукаров // Светотехника. – 1987. – № 8. – С. 15.
2. Босс Г.В. Повышение эффективности установок наружного освещения улиц и площадей городов / Г.В. Босс. – М.: Энергия, 1995. – 108 с.
3. Иванов Б.Г. Создание и совершенствование КС УКП на предприятиях городских электрических сетей / Б.Г. Иванов, П.М. Шевкоплясов // Стандарты и качество. – 1982. – № 4. – С. 42-43.
4. Зобов В.П. Состояние и перспективы развития сетей наружного освещения / В.П. Зобов, О.Г. Корягин // Светотехника. – 1993. – № 5-6. – С. 1-2.
5. Шевкоплясов П.М. Основы управления качеством городских электрических систем. (Из опыта Ленсвета) / П.М. Шевкоплясов. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 152 с.
6. Кокс Д., Льюис П. Стохастический анализ последовательностей событий / Д. Кокс, П. Льюис. – М.: Мир, 1969. – 312 с.

Поступила в редколлегию 14.02.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.И. Канюк, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

### ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ

О.Ю. Єгорова

Розглянуті особливості функціонування систем зовнішнього освітлення міст. Визначені основні параметри потоку відмов обов'язкові для статистичного обліку і аналізу чинників впливу. Сформовані рекомендації по побудові системи обліку і контролю потоку відмов.

**Ключові слова:** освітлювальні установки, зовнішнє освітлення, надійність міських мереж, надійність освітлювальних систем: рівномірність розподілу яскравості, обмеження сліпучої дії, відхилення напруги, собівартість експлуатації світильника.

**PRACTICAL PROBLEMS OF IMPROVEMENT OF QUALITY OF AN ELECTRICAL SUPPLY OF EXTERNAL LIGHTING**

O.Ju. Egorova

*Are considered features of functioning of systems of external illumination of cities. Key parameters of a stream of refusals obligatory for the statistical account and the analysis of factors of influence are defined. Recommendations about construction of system of the account and control of a stream of refusals are generated. Specific indicators of reliability of systems of external illumination are presented.*

**Keywords:** *lighting options, outward illumination, reliability of city networks, reliability of the lighting systems: evenness of distributing of brightness, limitations of blinding action, rejections of tension, prime price of exploitation of lamp.*