

Анализ режима напряжения в электрических сетях наружного освещения

Гриб О.Г., Довгалиук О.Н., Сапрыка А.В., Харьковская национальная академия городского хозяйства

Наружное освещение является одной из составляющих жилищно-коммунального хозяйства. От его надежной и качественной работы зависят комфортные и безопасные условия труда, возможность безопасного передвижения пешеходов и транспортных средств, а также архитектурно-художественного восприятия окружающего пространства в темное время суток. Современные электрические сети наружного освещения являются сложными техническими системами, состоящими из световых приборов, проводов и кабелей, пускорегулирующих и управляющих устройств. Сети наружного освещения распределены на значительной территории и состоят из огромного количества взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, с вероятностным характером изменения параметров режимов. Так, в народнохозяйственном комплексе Украины эксплуатируется около 260 млн. световых приборов, десятки тыс. км проводов и кабелей [1]. Оптимальное управление режимами работы таких сетей невозможно без детального анализа существующих режимов их работы.

На сегодняшний день электропотребление, приходящееся на искусственное освещение в Украине, составляет более 15% электроэнергии, вырабатываемой всеми электростанциями страны. При этом общая эффективность преобразования энергии топлива в световую энергию составляет около 3% [2]. В связи с необходимостью экономии электроэнергии в осветительных установках согласно [3] возникает вопрос о разработке мероприятий по экономии потребления электроэнергии осветительными установками. Снижение уровня потребляемой энергии наружным освещением невозможно без применения энергоэффективных осветительных приборов на полупроводниковых источниках света, а также оптимизации режимов напряжения в сетях наружного освещения, что приводит к снижению потерь электроэнергии и улучшению световых параметров.

Исследования последних лет показали, что значения установившегося отклонения напряжения в сетях наружного освещения не соответствуют требованиям к качеству электрической энергии [4,5]. Это приводит к резкому сокращению срока службы разрядных ламп, используемых в сетях наружного освещения. Таким образом, вопросы исследования режимов напряжения и их оптимизация в сетях наружного освещения приобрели на сегодняшний день особую актуальность.

Для оценки закона распределения отклонения напряжения в сетях наружного освещения Харькова и Полтавы было произведено более 20 измерений на шинах 0,4 кВ на вводе шкафов освещения городских трансформаторных подстанций. Длительность непрерывных измерений напряжения в указанных точках сети составляла от 3 до 7 суток. Измерения производились аттестованным прибором «АНТЭС АК-3Ф».

По результатам проведенных измерений для каждой точки сети значения отклонения напряжения были представлены в виде выборки, состоящей из n независимых наблюдений за случайной функцией $\delta U(t)$, вид которых показан на рис. 1.

Для всех исследуемых точек осветительной сети были определены интегральные вероятностные характеристики случайной функции отклонения напряжения и построены эмпирические гистограммы с усреднением экспериментальных данных по всему периоду измерений [6], вид которых представлен на рис. 2.

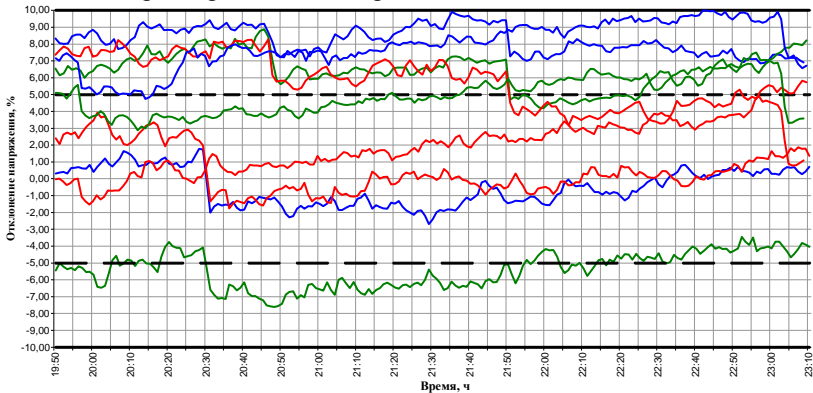


Рис. 1 – Значения отклонения напряжения в сетях наружного освещения

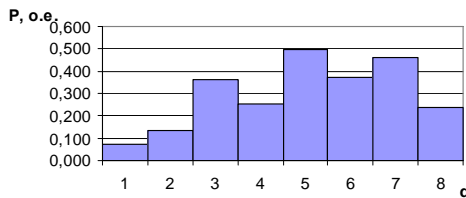


Рис. 2 – Гистограммы отклонения напряжения в сетях наружного освещения для суточного интервала

Далее произведена их аппроксимация аналитическими зависимостями по методу наименьших квадратов [7]. По внешнему виду гисто-

грамм были выбраны аналитические функции, которые наиболее точно описывают исследуемые законы распределения: нормальный, равномерный, Эрланга, гамма-распределения, полиномиальный, логистический.

Анализ степени согласованности экспериментальной и каждой из теоретических функций плотности распределения отклонения напряжения с помощью критерия согласия Пирсона позволил сделать вывод, что ни одна из рассматриваемых зависимостей не описывает закон распределения исследуемой случайной величины с требуемой достоверностью. Таким образом, для исследуемой величины отклонения напряжения не существует единой плотности вероятностей на рассматриваемом интервале.

Для более детального анализа отклонений напряжения в сетях наружного освещения был определен закон распределения случайной величины отклонения напряжения на суточном интервале. Исследования показали, что на суточном интервале для отклонения напряжения также не существует единой плотности вероятностей. Это позволяет сделать вывод, что величина отклонения напряжения для всех исследуемых точек сетей наружного освещения представляет собой случайную последовательность.

Для достоверного описания такого процесса может быть использована последовательность мгновенных плотностей вероятностей, построенных для каждого момента времени отдельно. Для каждого из таких интервалов были построены гистограммы и определен закон распределения отклонения напряжения для каждого часа суток. Анализ данных гистограмм показал, что они аппроксимируются нормальным законом распределения.

Таким образом, оценка закона распределения отклонения напряжения в сетях наружного освещения показала, что для исследуемой случайной величины на суточном интервале не существует единой плотности вероятностей. Для достоверного описания исследуемого процесса изменения отклонения напряжения в сети наружного освещения может служить только последовательность мгновенных плотностей вероятностей, построенных для каждого момента времени и аппроксимируемых нормальным законом распределения.

Выявленные особенности режимов отклонения напряжения в сетях наружного освещения позволяют в дальнейшем оптимальным образом корректировать закон его регулирования для повышения эффективности эксплуатации таких сетей.

2. Пилипчук Р.В., Яремчук Р.Ю. Проблема энергосбережения в осветительных установках // Світлолюкс. – 2003. – № 2. – С. 10-13.
3. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 16 жовтня 2008 р. №1334-р «Про схвалення пріоритетних напрямів діяльності у сфері енергоефективності та енергозбереження на 2008-2009 роки».
4. Сапрыка А.В. Экспериментальные исследования качества электрической энергии в осветительных сетях г. Харькова // Коммунальное хозяйство городов: Межвед. науч.-техн. сб. – К.: «Техника». – 2007. – Вып. 74. – С. 365-368.
5. Сапрыка А.В. Анализ современного состояния системы наружного освещения г. Полтавы // Вестник национального технического университета «ХПИ». – 2008. – № 31. – С. 145-148.
6. Математическая статистика / Иванова В.М., Калинина В.Н., Нешумова Л.А., Решетникова И.О. – М.: Высшая школа, 1975. – 398 с.
7. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2000. – 479 с.