

ность, скорость и достоверность определения перехода ТИУ из состояния «мокрый» в состояние «сухой» и обратно оказывают влияние изменения турбулентности потока теплоносителя, что приводит к изменению его гидродинамических и термодинамических характеристик. Кроме этого, оказывают некоторое влияние дисбалансы в работе РУ в результате останова одного или нескольких циркуляционных насосов, насыщения пароводяной смеси, изменения направления циркуляции теплоносителя и прочее. Поэтому ведутся ис-

следования по усовершенствованию и оптимизации алгоритмов работы датчика, исследуются другие возможные структуры проведения измерений, с целью повышения надежности его работы.

Термоанемометры нашли свое широкое применение в определении расхода жидких сред. Рассматривается возможность расширения функционала ТИУ для определения, кроме падения уровня, еще и расхода теплоносителя по петлям.

Литература

1. Кузнецов, Д.Н. Моделирование метрологических характеристик различных типов термоанемометров с термистором в качестве термочувствительного элемента [Текст] / Д.Н. Кузнецов, Д.А. Чупис // Электронные и компьютерные системы. – 2012. - №6(82). – С. 99-105.
2. Ураксеев, М.А. Перспективы термоанемометрических методов измерения расхода газа или жидкости [Текст] / М.А. Ураксеев, А.Ф. Романченко, Д.Р. Абдрашитова, С.А. Шилов // Электронный журнал «Исследовано в России», 51, 587-593, 2001 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zhurnal.ape.realn.ru/articles/2001/051.pdf>.

Abstract

The estimation of reserve of a heat carrier in the primary coolant circuit of the reactor plant with the water-moderated water-cooled power reactor-1000 is one of the problems, which still have no comprehensive solution. To indicate the level of the heat carrier it is suggested to use thermoelectric level indicator at certain marks of the reactor, which works according to the heat-loss anemometer principle. In the suggested structure of measurement the level indicator works in constant current mode. The studies provide the static and dynamic characteristics of the indicator. The modes of heating were studied; the algorithms, which provide the operability of the indicator and the method of the level indication, were worked out. The studies are being carried out in order to improve and optimize the algorithmic and mathematical support of the method; other possible structures of measurements are being analyzed to improve the reliability of its operation.

Keywords: thermoelectric level indicator, heat-loss anemometer, level control, water-moderated water-cooled power reactor -1000

У даній статті зроблена оцінка надійності системи зовнішнього освітлення. Сучасна система зовнішнього освітлення міста являє собою найбільш складний комплекс, надійність якого визначається здатністю об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання

Ключові слова: оцінка, зовнішнє освітлення, надійність, освітлювальна установка, базовий комплект, енергоспоживання

В данной статье сделана оценка надежности системы наружного освещения. Современная система наружного освещения города представляет собой наиболее сложный комплекс, надежность которого определяется способностью объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования

Ключевые слова: оценка, наружное освещение, надежность, осветительная установка, базовый комплект, энергопотребление

УДК 628.9, 621.971

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

А. В. Сапрыка

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра электроснабжения городов
Харьковская национальная академия
городского хозяйства
ул. Революции, 12, г. Харьков,
Украина, 61002
Контактный тел.: (057) 770-14-42
E-mail: a_sapryka@mail.ru

1. Введение

Одним из главных технико-экономических показателей качества технических устройств, в том числе и осветительных комплексов, является надежность. Проблема надежности электрических сетей и систем – одна из первоочередных проблем электроэнергетики [1].

Для перспективного развития наружного освещения необходимо внедрение нового поколения светотехнического оборудования, которое позволит значительно сократить энергопотребление и снизить затраты на обслуживание, а также повысить безопасность в работе. Как показано в работах [2, 3], замена в Украине 30 % ламп накаливания на светодиодные источники света предоставит возможность сэкономить около 13,8 млрд. кВт. ч. электроэнергии в год и снизить выброс в атмосферу на 7,8 млн. тонн углекислого газа

Надежная работа осветительных систем имеет немаловажное значение в общем балансе электропотребления, поэтому моделирование надежности работы излучающих устройств является актуальным.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В Украине специальные исследования, направленные на изучение надежности освещения особенно в современных осветительных приборах, проводились довольно редко. Известно, что оценка надежности базируется на обширном статистическом материале и моделях надежности, которые позволяют прогнозирование изменения уровня надежности во времени и оценивать влияние ремонтно-профилактических работ на показатели надежности. Анализ последних публикаций [2-6] выявил необходимость проведения исследования современных источников света.

3. Цель и задачи исследования

Целью работы является оценка надежности системы наружного освещения и светодиодных излучающих устройств с учетом графика циклической работы осветительных приборов и помесячной температуры.

4. Основная часть

Современная система наружного освещения города представляет собой наиболее сложный комплекс, надежность которого определяется способностью объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования. Процесс изменения параметров рабочего режима в системе наружного освещения является, как правило, случайным. Это связано, прежде всего, со случайным характером изменения нагрузок и соответствующим случайным характером изменения качества электроэнергии. В соответствии с электрической схемой наружного освещения, из всей совокупности оборудования и элемен-

тов конструкции можно выделить технологическую цепь, которую условно назовем базовым комплектом (БК) системы наружного освещения. Он содержит в себе последовательно включенные трансформаторную подстанцию, шкаф питания, линию электропередачи, опору, кронштейн и осветительный прибор (рис. 1). В процессе эксплуатации городских сетей города Харькова были сделаны наблюдения за временем восстановления освещения после отказов в работе БК.

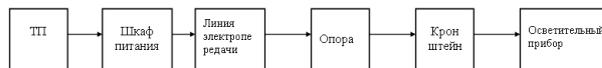


Рис. 1. Структурная схема базового комплекта системы наружного освещения

Результаты наблюдений приведены в табл. 1. Предварительный анализ показал, что длительность восстановления имеет широкий диапазон изменения, что соответствует ремонту различных по сложности элементов БК.

Длительность ремонта на трансформаторной подстанции существенно больше, чем ремонт остальных элементов БК, поэтому для выявления статистических закономерностей целесообразно исключить из совокупности наблюдений значения времени восстановления большие 5 часов. Таким образом, объем выборки составил 49 значений.

Для дальнейших исследований нами был построен статистический ряд. Диапазон изменения случайной величины разбит на шесть интервалов ($k=6$). Статистический ряд оформлен в виде табл. 2.

В соответствии с данными статистического ряда была построена гистограмма и график статистической функции распределения.

Статистическая обработка результатов измерения и первичный анализ полученных результатов не позволяет в полной мере описать случайный процесс. Необходимо определить числовые характеристики случайных величин и подобрать соответствующий закон распределения.

Таблица 1

Результаты наблюдений за временем восстановления освещения

№	τ_i , мин.										
1	305	12	40	23	1370	34	90	45	25	56	25
2	270	13	40	24	210	35	15	46	75	57	145
3	590	14	1155	25	1230	36	30	47	55	58	40
4	80	15	165	26	95	37	130	48	20	59	885
5	80	16	1080	27	160	38	40	49	20	60	90
6	75	17	120	28	140	39	980	50	20	61	55
7	120	18	290	29	1000	40	325	51	20	62	70
8	60	19	140	30	165	41	10	52	40		
9	65	20	10	31	15	42	120	53	45		
10	20	21	1010	32	70	43	95	54	575		
11	20	22	1031	33	195	44	75	55	15		

Таблица 2

Статистический ряд

Границы интервалов	0,1667; 0,944	0,944; 1,722	1,722; 2,5	2,5; 3,278	3,278; 4,056	4,056; 4,834
Количество точек	22	13	7	4	1	2
Частота	0,449	0,269	0,143	0,081	0,02	0,04

Результаты статистической обработки представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты статистической обработки наблюдений за временем восстановления

№	Наименование параметра	Значение
1.	Объем выборки N	49
2.	Минимальное значение $\tau_{\text{мин}}$, час	0,1667
3.	Максимальное значение $\tau_{\text{макс}}$, час	4,834
4.	Размах, час	4,6667
5.	Среднее выборочное, час	1,3639
6.	Дисперсия, час ²	1,2407
7.	Среднеквадратическое отклонение, час	1,1138

Оценка гистограммы, графика статистической функции распределения и анализ статистических параметров совокупности случайных чисел позволяет выдвинуть гипотезу о принадлежности ее к экспоненциальному закону распределения, поэтому рассмотрим вопрос о согласовании теоретического и статистического распределения.

Проведем проверку гипотезы с помощью критерия Пирсона χ^2 .

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}, \tag{1}$$

где m_i – количество точек, которые фактически попали в i – интервал;

np_i – количество точек, которые теоретически должны попасть в i – интервал;

k – количество интервалов разбиения.

Результаты проверки гипотезы приведены в табл. 4.

В результате получаем $\chi^2=2,237$, что с вероятностью 0,5 позволяет принять гипотезу. Кроме того, анализ частичных значений χ^2 позволяет утверждать, что наибольшее расхождение приходится на интервалы, содержащие незначительное количество точек.

Таким образом, будем полагать, что время восстановления БК подчиняется экспоненциальному распределению.

В соответствии с проведенными расчетами, прием среднее время восстановления τ равным среднему выборочному $\tau=1,3639$ часов.

В качестве параметра экспоненциального распределения восстановления используется интенсивность восстановления μ , которая связана со средним временем восстановления τ следующим соотношением и в рассматриваемом нами случае $\mu=0,7332$.

$$\mu = \frac{1}{\tau}. \tag{2}$$

Тогда вероятность восстановления элемента за время от 0 до t вычисляется по формуле

$$G(t) = 1 - e^{-\mu t}. \tag{3}$$

Таблица 4

Результаты проверки гипотезы

Границы интервалов	0,1667; 0,944	0,944; 1,722	1,722; 2,5	2,5; 3,278	3,278; 4,056	4,056; 4,834
Количество точек фактическое	22	13	7	4	1	2
Частота фактическая	0,449	0,269	0,143	0,081	0,02	0,04
Количество точек теоретическое	24,48	10,16	6,02	3,41	1,93	1,09
Частота теоретическая	0,4996	0,217	0,123	0,0695	0,0393	0,022
Члены суммы χ^2	0,252	0,516	0,158	0,104	0,445	0,762

Вторым важным показателем надежности БК является частота отказов.

Опыт эксплуатации БК показывает, что частота отказов в рассматриваемый период для определенного типа осветительного прибора при одинаковой длине линии электропередачи, остается постоянной. Однако такого рода сочетания встречаются довольно редко и наблюдение за их отказами не может дать объективную оценку частоты отказов. Следовательно, частота отказов БК – это расчетная величина.

Определение частоты отказов БК для совокупности последовательно включенных элементов осуществляется по формуле

$$\omega_{\text{БК}} = \sum_{i=1}^5 \omega_i, \tag{4}$$

где ω_1 – частота отказов шкафа питания;

ω_2 – частота отказов линии электропередачи;

ω_3 – частота отказов опоры;

ω_4 – частота отказов кронштейна;

ω_5 – частота отказов осветительного прибора.

Следует отметить, что частота отказов линии электропередачи зависит от длины провода (кабеля) и способа его прокладки

$$\omega_2 = \omega_2^0 \cdot \ell, \tag{5}$$

где ω_2^0 – удельная частота отказов линии электропередачи, приходящаяся на 1 км (выбирается из справочника в соответствии с типом провода, кабеля).

Величины $\omega_1, \omega_3, \omega_4$ вычисляются по результатам наблюдений в процессе эксплуатации городских сетей города Харькова и составляют $\omega_1=0,0028 \text{ год}^{-1}$; $\omega_3=0,0008 \text{ год}^{-1}$; $\omega_4=0,0004 \text{ год}^{-1}$.

Наибольшую трудность вызывает оценка величины частоты отказов осветительного прибора ω_5 , поскольку она в значительной мере зависит от качества электрической энергии в городских осветительных сетях и не может быть принята в соответствии со справочными данными.

Поскольку показатели качества электрической энергии в городских сетях значительно отличаются от нормативных и имеет место низкое качество источников света, применяемых в Украине, то опыт эксплуатации осветительных приборов в сетях наружного освещения коммунального предприятия “Горсвет” г. Харькова и исследования, проведенные профессором Кожушко Г.М. позволяют оценить величину частоты отказов осветительного прибора $\omega_5 = 1,25 \text{ год}^{-1}$.

Таким образом, при оценке надежности системы наружного освещения населенного пункта необходимо учитывать реально существующее качество электроэнергии электросети и источников света.

Физические процессы, происходящие в полупроводниковых приборах наружного освещения, существенно зависят от температуры окружающей среды. Вследствие этого, надежность работы светодиодных излучающих устройств, также зависит от температуры окружающей среды.

Экспериментальные исследования, проведенные Щербаковым В.Н., по программе длительных испытаний (life time) позволили получить данные об интенсивности отказов λ светодиодов на основе $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{P}$ в стандартном пластмассовом корпусе Т-1 $\frac{3}{4}$. Результаты испытаний представлены в табл.5.

Для получения аналитической зависимости интенсивность отказов λ от значений температуры окружающей среды проведем аппроксимацию данных методом наименьших квадратов и получим следующее аналитическое выражение

$$\lambda = 0,0000479e^{0,0381T} - 0,0000259. \quad (6)$$

Таблица 5

Интенсивность отказов λ при различной температуре окружающей среды

№, п/п	Температура окружающей среды T, C	Интенсивность отказов λ , 1/час
1	85	0,0018
2	75	0,00082
3	65	0,00056
4	55	0,00037
5	45	0,00024
6	35	0,00015
7	25	0,00009
8	15	0,00006
9	5	0,00003

Полученная аналитическая зависимость позволяет провести математическое моделирование и оценить вероятность отказа светодиодного излучающего устройства при различной температуре окружающей среды.

Будем полагать, что вероятность отказа светодиода подчиняется экспоненциальному закону распределения

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}. \quad (7)$$

Для оценки вероятности безотказной работы светодиодных излучающих устройств при различной температуре окружающей среды в реальных условиях эксплуатации проведем моделирование на ПК работы этих устройств в течении пяти календарных лет и определим вероятности безотказной работы для соответствующих периодов времени. Для упрощения расчетов будем полагать, что световые приборы включены от заката до рассвета для соответствующих месяцев года, и среднемесячных температур в регионе города Харькова.

В результате моделирования получим на рис. 2 график зависимости вероятности безотказной работы от времени.

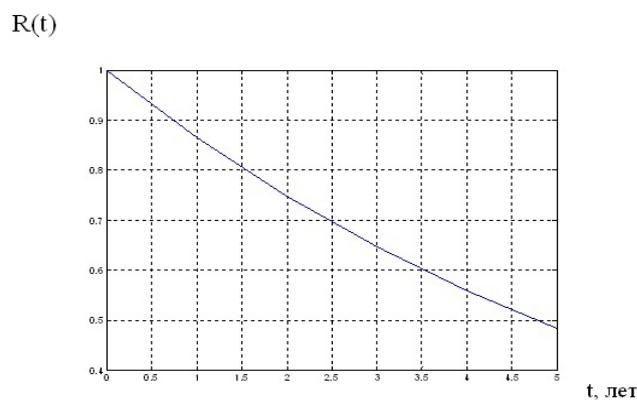


Рис. 2. Зависимость вероятности безотказной работы R(t) от времени t для среднегодовой температуры

Таким образом, модель с учетом графика циклической работы осветительных приборов и помесичной температуры дает возможность более точно оценить надежность работы светодиодных излучающих устройств, научно-обоснованно организовать сроки технического обслуживания и прогнозировать уровни освещенности объектов в течение продолжительного промежутка времени.

5. Выводы

При оценке надежности системы наружного освещения населенного пункта необходимо учитывать реально существующее качество электроэнергии электросети и источников света. Модель с учетом графика циклической работы осветительных приборов и помесичной температуры дает возможность более точно оценить надежность работы светодиодных излучающих устройств, научно-обоснованно организовать сроки технического обслуживания и прогнозировать уровни освещенности объектов в течение продолжительного промежутка времени.

Литература

1. Гук, Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике [Текст] / Ю.Б. Гук. – Л., Энергоатомиздат, 1990, 207с.

2. Айзенберг, Ю. Б. Справочная книга по светотехнике [Текст] / Ю. Б. Айзенберг. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Знак, 2006. – 972 с.
3. Сапрыка, А.В. Современные технологии в осветительных системах мегаполиса [Текст] / А. В. Сапрыка. - Харків, ХНУРЕ, 2010. -260 с.
4. Рубцов, В.П. Моделирование в технике [Текст] / В.П. Рубцов, М.Я. Погребиский - М.: МЭИ, 2008. - 101с.
5. Коган, Л.М. Полупроводниковые светодиоды: современное состояние [Текст] / Л.М. Коган - Светотехника, 2000. - №6. - С 11-15.
6. Щербаков, В.Н. Исследование надежности и диагностика светодиодов на основе гетероструктур всех основных цветов [Текст] / В.Н. Щербаков // В сб. трудов 20 МНТК «Информационные технологии и моделирование приборов и техпроцессов в целях обеспечения качества и надежности». М: МГУПИ. 2006. - Т. 3. - С. 65-74.

Abstract

The article represents an estimation of the reliability of street lighting system. The modern system of street lighting is the most complex system, the reliability of which is determined by the ability of an object to perform specified functions, saving in the course of time the values of specified operational characteristics within limits that match the specified modes and conditions of use. The process of change of operating mode parameters in the system of street lighting is usually accidental. This is connected with the random nature of load changes and the corresponding random nature of changes of power quality. The reliable operation of lighting systems is of great importance in the common balance of power consumption, that is why the modeling of the reliability of operation of shedding devices is relevant. A model of the reliability of LED shedding devices was suggested, taking into account the schedule of cycling work of lighting devices and monthly temperature and the prospects for further improvement of the street lighting of the city.

Keywords: *estimation, street lighting, reliability, lighting system, basic kit, power consumption, statistical serie*

В роботі представлено результати експериментального дослідження процесу витікання перегрітої води через короткі циліндричні канали різної довжини. Отримано витратні характеристики каналів та визначено розмір крапель, що утворюються в результаті «вибухового скипання» води на виході сопла

Ключові слова: *адіабатно скипаючі потоки, розпилення, діаметр краплі*

В работе представлены результаты экспериментального исследования процесса истечения перегретой воды через короткие цилиндрические каналы разной длины. Получены расходные характеристики каналов и определен размер капель, которые образуются в результате «взрывного вскипания» на выходе сопла

Ключевые слова: *адіабатно вскипающие потоки, распыление, диаметр капли*

УДК 66.069.832:536.423.18

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПИЛЕННЯ ПЕРЕГРІТОЇ ВОДИ

А. С. Соломаха

Молодший науковий співробітник
Кафедра теоретичної та промислової теплотехніки
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056
Контактний тел.: 093-763-28-47
E-mail: as_solomaha@ukr.net

1. Вступ

Фазовому переходу рідина-пара майже завжди передують метастабільний стан. У випадку глибокого заходу в область метастабільного стану подальший фазовий перехід супроводжується значним виділенням енергії, що, крім всього іншого, можна використовувати для інтенсифікації розпилення рідини [1-3]. В таких си-

стемах рідина перед подачею на форсунку попередньо перегрівається відносно температури, що відповідає точці кипіння в газовому середовищі на виході з форсунки.

Практичний інтерес представляють перегріву в інтервалі температур води $T_g = 110...220^{\circ}\text{C}$, що викликано широким поширенням вторинних енергоресурсів із вказаною температурою, які можна використовувати