

## ДИСТАНЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

*Е.В. Вставская, В.И. Константинов, Р.А. Хажиев*

## REMOTE CONTROL OF LIGHTING SYSTEMS CONDITION

*E.V. Vstavskaya, V.I. Konstantinov, R.A. Khazhiev*

Предложена методика дистанционного контроля состояния управляемых осветительных систем, позволяющая определить наличие неисправностей. Методика основана на определении диапазона потребляемой мощности газоразрядной лампы. Выход за пределы данного диапазона текущего измеренного значения мощности позволит судить о наличии неисправностей в системе освещения.

*Ключевые слова:* осветительная система, дистанционный контроль, измерение мощности.

In the article the method of remote control of lighting systems condition, which allows to detect the defects, is considered. This method is based on the determination of the power range of gas-discharge lamp. The overrange of power will mean the existence of defects in the lighting system.

*Keywords:* lighting system, remote control, power measurement.

На сегодняшний день решение задач энергосбережения в России является одним из приоритетных направлений технологического развития. В связи с тем, что более 10 % вырабатываемой в стране электрической энергии расходуется на цели освещения, то оптимизация энергопотребления в осветительных системах является одной из актуальных технических задач.

Известны несколько способов, позволяющих сократить расход электроэнергии в осветительной технике.

Первый способ предполагает переход на более эффективные преобразователи электрической энергии в световую. Среди них наиболее часто используются: светодиодные излучатели, которые имеют достаточно большую стоимость, и газоразрядные, которые имеют несколько меньшую эффективность, но и гораздо меньшую стоимость.

Второй способ – более эффективное, автоматизированное управление осветительными приборами, включающее в себя:

– возможность «диммирования», то есть снижения мощности, подводимой к светильнику примерно на 50 % в ночные и утренние часы, что позволяет не только снизить энергопотребление, но также и резко увеличить сроки эксплуатации осветительных приборов;

– адресное управление осветительными приборами, позволяющее выполнять выборочное включение или регулирование потребляемой мощности только необходимых в определенный момент светильников. Данный подход позволяет существенно снизить эксплуатационные расходы и увеличить срок службы осветительного оборудования.

Современные системы освещения обычно работают под управлением диспетчерского пункта, который формирует сигнал, например, включения группы уличных фонарей. Для передачи этого сигнала на исполнительные устройства (обычно электронные балласты уличных фонарей) используются следующие средства [1]: слаботочные сиг-

---

**Вставская Елена Владимировна** – канд. техн. наук, доцент кафедры автоматики и управления, Южно-Уральский государственный университет; elena\_vstavskaya@mail.ru

**Константинов Владимир Игоревич** – доцент кафедры информационно-измерительной техники, Южно-Уральский государственный университет; kvi@ait.susu.ac.ru

**Хажиев Рамиль Адгамович** – магистрант кафедры информационно-измерительной техники, Южно-Уральский государственный университет; ramil\_khazhiev@mail.ru

---

**Vstavskaya Elena Vladimirovna** – Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of Automation and Control Department of South Ural State University; elena\_vstavskaya@mail.ru

**Konstantinov Vladimir Igorevich** – Associate Professor of Equipment for Information and Measuring Department of South Ural State University; kvi@ait.susu.ac.ru

**Khazhiev Ramil Adgamovich** – Post-Graduate Student of Equipment for Information and Measuring Department of South Ural State University; ramil\_khazhiev@mail.ru

нальные линии, радиоканал, передача ВЧ сигнала по силовому кабелю (PLC-модемы).

Каждое из вышеперечисленных средств передачи управляющего сигнала на исполнительное устройство имеет свои недостатки:

- необходимость монтажа дополнительных проводов для передачи данных;
- высокая стоимость радиопередатчика;
- высокое затухание сигнала в линиях питающей сети при использовании PLC-модемов.

Для устранения указанных недостатков предлагается применить метод передачи данных по проводам питающей сети с использованием широтной модуляции основной гармоники питающего напряжения [2].

Однако система, реализованная на основе данного метода, в настоящее время – однонаправленная. То есть передача информации возможна только от передающего пункта к приёмному устройству (светильнику). Поэтому актуальной является задача организации обратной связи приёмного устройства с передающим, введение которой позволит осуществить анализ работоспособности светильника (группы светильников) и контроль технического состояния системы освещения в процессе её эксплуатации.

В данном случае наиболее целесообразно реализовать обратную связь, используя информацию о текущей потребляемой мощности осветительной сети. Дело в том, что современные электронные балласты при помощи частотного управления обеспечивают стабилизацию выходной мощности, подаваемой на лампу. Следовательно, находясь в режиме фиксированной выходной мощности и высоком значении коэффициента полезного действия, они имеют входную потребляемую мощность, однозначно определяемую текущим заданием. Поэтому информация о входной потребляемой мощности в данном случае наиболее достоверно характеризует состояние нагрузки.

В общем виде это можно представить следующим образом. После подачи управляющего сигнала с диспетчерского пункта, например, о включении светильника (или группы светильников), производится измерение ответной реакции системы, в качестве которой будет выступать перепад активной потребляемой мощности. Далее, сопоставляя результат измерения с заранее определенным значением уставки, принимать решение о работоспособности светильника.

Значение уставки формируется по результатам экспериментальных исследований с некоторым количеством газоразрядных ламп с использованием аппарата математической статистики. То есть имея  $N$ -газоразрядных ламп, проведем включение каждой из них, измерив при этом значение потребляемой мощности при выходе лампы в рабочий режим. В итоге получим выборку малого объема ( $N \approx 15$ )  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$ .

Обрабатывать результаты измерений будем как «прямые многократные» для нормально распределенных данных [3].

За результат измерения примем среднее арифметическое значение результатов наблюдения, то есть

$$\bar{P} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i, \quad (1)$$

где  $N$  – число измерений;  $P_i$  – результаты измерений (значения потребляемой мощности лампы).

Далее определим среднеквадратическое отклонение результатов наблюдения:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2}. \quad (2)$$

Найдем оценку среднеквадратического отклонения окончательного результата:

$$S_{\bar{P}} = \frac{M_k S}{\sqrt{N}}, \quad (3)$$

$M_k$  – коэффициент, зависящий от числа измерений (табличное значение).

Доверительные границы случайной погрешности  $\varepsilon$  результата измерения, если известно, что результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению, находятся по формуле

$$\varepsilon = \pm t S_{\bar{P}}, \quad (4)$$

где  $t$  – коэффициент Стьюдента, зависит от числа результатов наблюдений и доверительной вероятности  $p$  (табличное значение).

Проверку нормальности распределения результатов измерений можно провести с помощью критерия Шапиро – Уилка [4], так как в нашем случае, число результатов наблюдений  $8 < (N \approx 15) < 50$ . Данный критерий основан на упорядоченных наблюдениях. Если серию из  $n$ -независимых наблюдений, расположенную в порядке возрастания, обозначить как  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$ , то вычисляется промежуточная сумма  $\hat{S}$  вида:

$$S = \sum a_k [P_{(N+1-k)} - P_k], \quad (5)$$

где  $k$  – индекс, имеющий значения от 1 до  $N/2$  или от 1 до  $(N-1)/2$  при четном и нечетном  $N$  соответственно;  $a_k$  – коэффициент, имеющий специальные значения для объема выборки  $n$  ( $a_k$  – табличные значения).

В этом случае статистика критерия  $W$  принимает вид

$$W = \frac{\hat{S}^2}{nm_2} = \frac{\hat{S}^2}{\sum (P_i - \bar{P})^2}, \quad (6)$$

где  $N$  – объем выборки;  $m_2$  – выборочный центральный момент второго порядка.

Полученное значение  $W$  статистики сравнивается со значением  $\hat{p}$ -квантиля для  $n = 15$ . Если это значение меньше значения  $W$ , то гипотеза о нормальном распределении не отклоняется.

Истинное значение измеряемой величины потребляемой мощности светильника с доверительной вероятностью  $p$  лежит внутри интервала  $\Delta P$ :

$$\Delta P = \left[ \bar{P} - tS_{\bar{P}}; \bar{P} + tS_{\bar{P}} \right]. \quad (7)$$

В результате имеем некоторый диапазон  $\Delta P$ , попадание в который текущего измеренного значения позволит достоверно судить о работоспособности светильника в момент пуска лампы. Полученное значение диапазона  $\Delta P$  сохраняется в память управляющего микроконтроллера.

При одновременном включении группы светильников специализированным узлом схемы производится измерение перепада мгновенной мощности осветительной сети. При помощи управляющей программы данное измеренное значение сравнивается с ранее определенным значением уставки (7), умноженным на количество светильников в группе  $N\Delta P$ . В том случае если измеренное значение попадает в полученный доверительный интервал, то с вероятностью  $p$  можно судить о том, что произошло успешное включение каждого из  $N$  светильников. В противном случае, система продолжает свою работу, подавая сигнал оператору о наличии неисправностей в системе и о необходимости проведения дальнейшей её диагностики.

#### Выводы

В рамках данной статьи предложена методика экспериментального определения диапазона потребляемой мощности газоразрядной лампы. Выход за пределы данного диапазона текущего изме-

ренного значения мощности позволит судить о наличии неисправностей в системе освещения, которые на следующем этапе контроля должны быть выявлены и устранены. Поэтому существует необходимость в разработке алгоритма, который при помощи малого воздействия на систему позволит проводить диагностику и поиск неисправного оборудования осветительной сети.

#### Литература

1. Выбор оптимального режима работы светодиодных излучателей / В.И. Константинов, Е.В. Вставская, Т.А. Барбасова, В.О. Волков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2010. – Вып. 11. – № 2 (178). – С. 46–51.
2. Вставская, Е.В. Способ передачи информации по питающей сети и его применение в построении систем автоматизированного управления наружным освещением / Е.В. Вставская, Е.В. Костарев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2011. – Вып. 13. – № 2 (219). – С. 81–85.
3. ГОСТ 8.207–76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 8с.
4. ГОСТ Р ИСО 5479–2002. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 27 с.

Поступила в редакцию 11 декабря 2012 г.