

В дальнейшем необходимо просчитать данное выражение (параметры  $k_{лев}$ ,  $k_{пр}$ ,  $l_1$ ,  $a_1$  зависят от материала и геометрических размеров конкретного СПП) для нескольких временных точек согласно заданному интервалу  $0 < t \leq t_u$ . Далее по полученным точкам функция  $\alpha(t)$  аппроксимируется полиномом порядка  $n$ , где  $n$  – число просчитанных временных точек. Например, для мощных таблеточных тиристоров типов Т253-800, Т253-1000 и Т253-1250 функция  $\alpha(t)$  аппроксимируется с погрешностью до 1% следующим полиномом

$$\alpha(t) = 4761,5t^3 + 153,7t^2 - 9,4t + 0,5. \quad (13)$$

Таким образом, с помощью выражений (8)–(10) с учетом выражения типа (13), используя при этом стандартные программы для их численного решения, довольно просто с высокой точностью рассчитать температуру полупроводниковой структуры широко распространенных мощных СПП таблеточного типа на номинальные токи от 250 А и выше при воздействии на них кратковременных (до 0,02 с) импульсов тока любой формы, заданной аналитически. Поскольку температура полупроводниковой структуры СПП является одним из основных факторов, определяющих их надежную работу в составе гибридных и бесконтактных аппаратов, то расчет ее с высокой точностью позволяет выбирать наиболее оптимальные режимы работы этих коммутационных аппаратов, обеспечивая самый экономичный расход электрической энергии у потребителя.

1.Соскова І.О. Удосконалення методик розрахунку нестационарних процесів у напівпровідникових ключах електронних апаратів: Автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.09.01 / Національний техн. ун-т "ХПІ". – Харків, 2002. – 20 с.

2.Рабинерсон А.А., Ашкинази Г.А. Режимы нагрузки силовых полупроводниковых приборов. – М.: Энергия, 1976. – 296 с.

3.Корн Г, Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1968. – 720 с.

4.Намитоков К.К., Сосков А.Г., Юрченко С.М. К методике расчета нестационарного температурного поля тиристоров // Электромеханика. – 1988. – №11. – С79-82.

*Получено 14.02.2003*

УДК 628.9

К.И.ЗУБРИЧ

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ СОВМЕЩЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

Рассматриваются вопросы автоматизации управления внутреннего освещения об-

ществленных зданий. Предложена новая методика расчета времени задержки срабатывания системы на основании результатов анализа динамики естественной освещенности.

Важнейшей задачей строительной светотехники в настоящее время является повышение эффективности осветительных установок, т.е. достижение высокой производительности труда и качества работ при минимальных материальных и энергетических затратах.

Для обеспечения на рабочих местах уровня освещенности не ниже нормированного в течение всего рабочего времени и исключения нерационального использования искусственного света в наиболее светлое время суток включение или выключение отдельных групп светильников или регулирование их светового потока в зависимости от изменений естественной освещенности должно производиться автоматически.

Применение в общественных зданиях динамического освещения при совместном участии естественного и искусственного света является новой научной проблемой. Решить ее можно благодаря автоматическому управлению искусственным освещением в зависимости от естественного, что позволит установить наиболее тесную связь между обеими составляющими освещения внутри помещения. В автоматически управляемой системе освещения контролируется минимальный уровень освещенности на рабочей поверхности, а возникающий при этом динамический режим способствует проявлению положительного психофизиологического эффекта.

С технико-экономической точки зрения, использование автоматических средств управления приводит к экономии расходов на освещение здания, что выражается в сокращении продолжительности работы искусственного освещения и экономии электроэнергии. Для общественных и административных помещений решение вопросов, связанных с применением автоматического управления, является важным и актуальным.

По сравнению с непрерывным регулированием наиболее простым и дешевым является дискретный способ автоматического управления освещением. В соответствии с этим способом искусственное освещение включается при достижении минимального уровня естественной освещенности и выключается при превышении этого уровня, т.е. имеет ступенчатый характер. Достоинства способа сводятся не только к установлению простыми средствами взаимосвязи между наружной и внутренней световой средой, экономии энергоресурсов, но и возможности создавать в помещении динамический световой режим благодаря изменениям наружной освещенности и соответствующей этим изменениям реакции управления искусственным освещением.

Исследованиями показано, что реальная экономия от применения автоматически управляемых систем совмещенного освещения составляет до 20-30% [1-3].

Анализ имеющихся в отечественной и зарубежной литературе данных о совместном использовании естественного и искусственного света [4-7] показал, что всесторонняя оценка освещения с автоматическим управлением в основных помещениях общественных зданий не проводилась. В указанных исследованиях не оценивалась динамика наружной освещенности, которая является важнейшим фактором при дополнении недостаточного естественного света искусственным в зависимости от изменений наружной освещенности в течение дня и времени года.

Обоснования требуют также эффективность применения в общественных зданиях средств автоматического управления и величина экономии времени использования искусственного освещения по сравнению с ручным способом управления. Эти вопросы не нашли отражения в работах, приближающихся к проблеме взаимосвязи естественного и искусственного освещения.

Задачей настоящей работы является создание методики установления дискретности светового режима в помещении, решение которой построено на результатах вероятностного анализа кривых естественной освещенности [8].

В результате анализа установлено, что средняя продолжительность выбросов естественной освещенности в течение года в практическом диапазоне  $E_{кр}$  (5-20 клк) изменяется в очень широких пределах – от 25 до 500-600 мин и более. При структурном анализе записей наружной освещенности отмечены еще меньшие абсолютные значения продолжительности выброса – 3-10 мин.

Выбросы с указанной продолжительностью для практики имеют наибольшее значение, так как многократное включение освещения при переходе через зону критической освещенности вызывает неблагоприятное воздействие на зрение людей и способствует сокращению срока службы источников света. С гигиенической точки зрения интервал между включениями искусственного освещения должен быть таким, чтобы динамичность работы освещения не вызывала зрительного утомления. Поэтому для обеспечения надлежащей дискретности светового режима необходимо в системе автоматического управления иметь блок задержки по времени (УЗВ). Его основное назначение состоит в том, чтобы система освещения не реагировала на колебания наружной освещенности, величина которых не превышает время за-

держки.

Вероятность  $P$ , с которой УЗВ не реагирует на те или иные колебания  $E_{НАР}$ , можно выразить равенством

$$P(\Delta t_i < t_{зад}) = P\left(\frac{\Delta t_i - \Delta \bar{t}}{\sqrt{D_{\Delta t}}} < \frac{t_{зад} - \Delta \bar{t}}{\sqrt{D_{\Delta t}}}\right) = \Phi\left(\frac{t_{зад} - \Delta \bar{t}}{\sqrt{D_{\Delta t}}}\right), \quad (1)$$

где  $t_{зад}$  – время задержки;  $D_{\Delta t}, \Delta \bar{t}$  – среднестатистические значения дисперсии и средней продолжительности выброса  $E_{НАР}$  за критический уровень.

Из (1) время задержки определяем по формуле

$$t_{зад} = \Phi^{-1}(P)\sqrt{D_{\Delta t}} + \Delta \bar{t}, \quad (2)$$

где  $\Phi^{-1}(P)$  – обратная интегральная функция Лапласа.

Вероятность  $P$  в (1) и (2) можно представить в следующем виде:

$$P = \frac{n_{пред} - n_{треб}}{n_{пред}}. \quad (3)$$

Формула (3) выражает вероятность числа «лишних» выбросов, на которые система автоматического управления при выбранном значении  $t_{зад}$  не реагирует, причем  $n_{пред}$  и  $n_{треб}$  – соответственно, предельное (при  $t_{зад}=0$ ) и требуемое по специфике зрительной работы число включений освещения за рассматриваемый промежуток времени.

Последовательность определения времени задержки сводится к следующему:

Определяем длину различных по времени выбросов –  $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_n$ .

Устанавливаем их среднюю длину:

$$\Delta t_{пред} = \frac{1}{n_{пред}} \sum_{i=1}^{n_{пред}} \Delta t_i. \quad (4)$$

Рассчитываем дисперсию длины выбросов:

$$D_{\Delta t} = \frac{1}{n_{пред}} \sum_{i=1}^{n_{пред}} \Delta t_i^2 - (\Delta \bar{t}_{пред})^2. \quad (5)$$

Пользуясь таблицей интеграла вероятностей и проводя вычисления, определяем время задержки.

В расчеты параметров включаем только те колебания наружной освещенности, продолжительность которых не превышает интервал между включениями освещения, регламентированного гигиеническими требованиями.

Для примера предположим, что длительность отрицательных выбросов выражается следующим рядом:

$$\Delta t_1=1; \Delta t_2=11; \Delta t_3=6; \Delta t_4 = 8; \Delta t_5 =8; \Delta t_6 =7; \Delta t_7 =8,5; \Delta t_8=5; \Delta t_9 =8,5; \Delta t_{10}=3,5; \Delta t_{11}=8; \Delta t_{12}=2,5; \Delta t_{13}=10,5; \Delta t_{14}=4.$$

$$\Delta t_{пред} = \frac{91,5}{14} = 6,53.$$

При требуемом увеличении средней продолжительности выбросов с 6,53 до 8 мин ( $\Delta t_{пред}$ )

$$n_{пред} = \frac{91,5}{8} = 11,43; \quad P = \frac{14 - 11,43}{14} = 0,183;$$

$$D_{\Delta t} = \frac{713,25}{14} - 42,7 = 8,23.$$

Подставляя найденные значения параметров наружной освещенности в (2), получим:

$$t_{зад} = -0,9 \cdot 2,88 + 6,53 = 3,94 \text{ мин.}$$

Таким образом, для удовлетворения требования о дискретности включения искусственного освещения ( $\geq 8$  мин) необходимо, чтобы при заданных условиях время задержки составляло 3,95 мин.

В результате исследований предложена формула расчета времени задержки срабатывания автоматических устройств, учитывающая изменения наружной освещенности вблизи ее критического значения. Формула основана на применении дополнительного искусственного освещения, включаемого при определенном соотношении времени задержки и продолжительности колебаний естественной освещенности.

Кроме того, установлено, что дискретность светового режима в помещении определяется изменениями естественной освещенности и в возможных пределах искусственно управляется временем задержки при включении-выключении светильников. Это позволяет устанавливать необходимую динамичность работы освещения, определяемую гигиеническими требованиями, а также значительно сократить расходы электроэнергии.

Параметры динамики наружной освещенности являются исходными данными для оценки светового режима в помещении (частоты включений и интервалов между ними) и разработки автоматических устройств.

1. Айзенберг Ю.Б. Проблема энергоснабжения в осветительных установках // Светотехника. – 1998. – № 6. – С. 11-18.
2. Краснопольский А.Е., Соколов В.Б. Автоматизация управления освещением - насыщенная проблема светотехники // Светотехника. – 1997. – № 5. – С. 2-4.
3. Матвеев Д.П. Анализ возможной экономии электрической энергии в системе комбинированного освещения // Светотехника. – 1998. – №4. – С. 42-44.
4. Фомин А.Г. Системы автоматизированного управления электрическим освещением общественных зданий. – М.: Дом света, 1998.
5. Гребенко Ю.А., Елисеев Н.П., Петров В.И., Фомин А.Г. Концепция построения автоматизированных систем управления освещением общественных зданий // Светотехника. – 1999. – № 4. – С. 8-11.
6. Соловьев А.К. Автоматическое регулирование искусственного освещения и его эффективность // Светотехника. – 1999. – № 5. – С. 2-4.
7. Пачаманов А., Янева Н. Сезонные изменения естественного освещения в районе Софии и возможности управления искусственным освещением в общественных зданиях // Светотехника. – 1997. – №6. – С. 31-35.
8. Зубрич К.И. Применение теории случайных функций для оценки динамики естественной освещенности // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.43. – К.: Техніка, 2002. – С. 212-216.

*Получено 04.02.2003*

УДК 621.3

А.А.ХАРИСОВ, канд. техн. наук

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРЯМОГО МНОГОПРОВОЛОЧНОГО ПРОВОДНИКА**

С использованием методов электродинамики сплошных сред в предположении нормального («колоколообразного») распределения плотности тока в уединенных прямых цилиндрических проводниках выведена формула расчета омического сопротивления прямого многопроволочного проводника.

Теоретические исследования омического сопротивления электрических проводников показывают [1, 2], что при условии нормального («колоколообразного») распределения плотности тока выведенная формула омического сопротивления уединенного прямого цилиндрического проводника точно совпадает с классическим законом Ома. В этой связи представляет теоретический и практический интерес вывод расчетной формулы омического сопротивления прямого многопроволочного проводника с учетом нормального распределения плотности