виде пакета прямых круглых цилиндрических проводников длиной l, оси симметрии которых параллельны друг другу, в форме

$$R=\frac{1}{\pi l^2\gamma_0(T)}\sum_{n=1}^{N}\frac{I_n^2 l}{r_{0n}^2}+\frac{1}{2\pi l^2\gamma_0(T)}\sum_{n\neq s}^{N}I_n I_s\exp\left[\frac{\pi}{\left(\frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{2}}\frac{r_{0n}^2}{l}\right)^2+\left(\frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{2}}\frac{r_{0s}^2}{l}\right)}\right]^{1/2}\times$$

$$\times\exp\left\{-\frac{l_{ns}^2}{2\left[\left(\frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{2}}\frac{r_{0n}^2}{l}\right)^2+\left(\frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{2}}\frac{r_{0s}^2}{l}\right)\right]}\right\}\times I_0\left(\frac{l_{ns}^2}{2\left(\left(\frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{2}}\frac{r_{0n}^2}{l}\right)^2+\left(\frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{2}}\frac{r_{0s}^2}{l}\right)^2\right)}\right). \qquad (23)$$

Отметим, что при одиночном прямом круглом цилиндрическом проводнике (23) превращается в классический закон Ома.

1.Харисов А.А. К вопросу распределения плотности постоянного тока в поперечном сечении прямых цилиндрических проводников // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып. 43. – К.: Техніка, 2002. – С.175-183.

Получено 27.08.2002

УДК 691.58.668.3

К.И.ЗУБРИЧ
Харьковская государственная академия городского хозяйства

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ СЛУЧАЙНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

Рассматривается вопрос рационального использования естественного освещения в системе совмещенного освещения учебных аудиторий вузов. Приведена методика обработки кривых наружной освещенности на основании теории случайных функций для определения вероятностной закономерности.

Определение параметров колебаний естественного света – его динамики имеет большое значение для разработки принципов создания автоматически управляемых систем освещения. Знание этих параметров позволяет оценить величину экономии электроэнергии и влияние динамического светового режима на работоспособность человека.

Изучение динамического режима работы системы освещения с автоматическим управлением должно основываться в первую очередь на анализе кривых наружной освещенности.

Для установления вероятностной закономерности колебаний наружной освещенности в течение месяца, сезона, года, нескольких лет целесообразно использовать теорию случайных функций [1,2]. Она дает возможность определить основные характеристики динамичности естественного света в помещении.

В задачах автоматического управления одним из самых эффективных методов изучения случайных процессов является метод выбросов функций за заданный уровень.

При анализе кривых для помещений с естественным освещением важно определить, какое время использования естественного света и какая при этом требуется компенсация искусственным освещением. Основным в задачах такого рода является определение числа выбросов n_E функции за заданный уровень в течение рассматриваемого промежутка времени T, среднего времени t_E пребывания функции выше заданного уровня, средней продолжительности одного выброса τ_E.

С позиции теории случайных функций изменения наружной освещенности в течение суток являются типичным примером нестационарного случайного процесса, вероятностные характеристики которого непостоянные и зависят от начала отсчета времени.

Продолжительность учебного дня позволяет приближенно считать процесс изменения наружной освещенности стационарным в тот период времени (обычно ноябрь-январь) или в те дни, когда значения освещенности невысокие, а динамика ее изменения незначительная. В общем же случае случайную функцию освещенности нельзя признать стационарной.

Стационарные процессы являются наиболее простыми для статистического описания, их характеристики практически не изменяются с течением времени. Для описания случайного процесса и определения вышеназванных показателей (n_E, t_E и τ_E.) достаточно знать математическое ожидание, дисперсию и корреляционную функцию. Поэтому случайную функцию наружной освещенности целесообразно рассмотреть с точки зрения ее преобразования из нестационарного вида в стационарный для всего периода учебного года.

Нестационарный случайный процесс X(t) приводится к стационарному только в том случае, если существует оператор, устанавливающий связь X(t) со стационарным случайным процессом и обратное преобразование [3].

Пусть $X(t)$ – случайный процесс, определяемый изменением $E_{нар}$ во времени. $X(t)$ можно представить в виде суммы двух составляющих

$$X(t) = y(t) + \delta(t), \tag{1}$$

где $y(t)$ – периодическая составляющая $E_{нар}$ на выбранном отрезке времени T; $\delta(t)$ – случайная составляющая $E_{нар}$, накладывающаяся на периодическую.

Рассмотрим $\delta(t)$ как стационарный процесс. Корреляционная функция случайного процесса от прибавления неслучайного слагаемого не изменяется.

Для получения величины $\delta(t)$ и проведения над ней дальнейших операций, как со стационарным процессом, выделим из ансамбля реализаций периодическую составляющую.

Пусть имеется n реализаций $E_{нар}$ за один месяц на интервале времени T. Обозначим через $X_i(t_j)$ ординаты процесса $X(t)$, наблюдаемые в моменты времени t_j i-го дня, и определим математическое ожидание случайной функции по каждому сечению:

$$m(t_j) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i(t_j). \tag{2}$$

Через точки $m(t_j)$ проведем кривую, которую аппроксимируем по методу наименьших квадратов параболической зависимостью вида $y=at^2+bt+c$, где a, b, c – коэффициенты, подлежащие определению.

Составим сумму квадратов отклонений реальных значений X_i от теоретических $y(t_j)$ и минимизируем ее:

$$\sum_{i=1}^{n}(X_i - y(t_j))^2 \to \min, \quad \sum_{i=1}^{n}(X_i - at_j^2 - bt_j - c)^2 \to \min. \tag{3}$$

Дифференцируя (3) по a, b, c и приравнивая частные производные к нулю, получим систему нормальных уравнений. Решая эту систему уравнений, найдем коэффициенты a, b, c периодической составляющей $y(t)$.

Для выделения случайной составляющей запишем выражение (1) в виде

$$\delta(t) = X(t) - y(t). \tag{4}$$

Полученная разность является, по существу, центрированием случайного процесса. Последний можно рассматривать как стационарный процесс с нулевым средним. Корреляционные функции центрированного и исходного случайных процессов совпадают.

Определим выборочную оценку дисперсии процесса:

$$Д_\delta(t_j) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\delta_i(t_j)^2 - m_\delta(t_j)^2. \qquad (5)$$

Общая дисперсия будет:

$$Д_\delta(t) = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}Д_\delta(t_j). \qquad (6)$$

Для нахождения корреляционной функции используем массив значений $\delta_i(t_j)$.

Пусть τ – интервал между сечениями процесса, определяемый разностью

$$t_{j+1} - t_j = \tau.$$

Тогда выборочная корреляционная функция может быть представлена значениями $K_\delta(\tau)$, $K_\delta(2\tau)$ … $K_\delta((N-1)\tau)$, общая формула расчета которых имеет вид [4]

$$K_\delta(t, t+\tau) = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\delta(t)_i \cdot \delta(t+\tau) - m_\delta(t)\cdot m_\delta(t+\tau). \qquad (7)$$

Таким образом, будем иметь корреляционную функцию в точках $K_\delta(\tau)$, $K_\delta(2\tau)$, $K_\delta(3\tau)$ … $K_\delta((N-1)\tau)$, соответствующих интервалам времени: $t_1 = \tau$; $t_2 = 2\tau$; $t_3 = 3\tau$; …; $t_{N-1} = (N-1)\tau$.

По кривым наружной освещенности (суммарная и рассеянная составляющие) было установлено, что в суммарной освещенности, регистрируемой в учебный период года, наибольший удельный вес занимает рассеянная составляющая. Поэтому для последующей оценки светового режима учебных помещений можно принять состояние облачного неба с правом расчета освещенности внутри помещения по значениям КЕО. С учетом этих соображений обрабатывалась только кривая суммарной освещенности. Исходные данные при ее обработке были заложены в программу ЭВМ. На печать выводились результаты расчета математического ожидания, выборочной и общей дисперсии, а также коэффициенты корреляции, представляющие собой значения нормированной корреляционной функции. В результате проведенных расчетов сделан вывод о том, что разработанная на основании теории случайных функций методика обработки кривых наружной освещенности путем преобразования нестационарного процесса в стационарный позволяет получить вероятностную закономерность изменения параметров освещенности. Полученные вероятностные характеристики могут быть использованы для определения световых ресурсов учебных аудиторий.

1.Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика – М.: Высш. шк., 1999. – 479 с.

2.Розанов Ю.А. Теория вероятностей, случайные процессы и математическая статистика. – М., 1989. – 312 с.

3.Цветков Э.И. Нестационарные случайные процессы и их анализ. – М.: Энергия, 1973. – 129 с.

4.Мэнли Р. Анализ и обработка записей колебаний. – М.: Машиностроение, 1972. – 368 с.

Получено 24.06.2002

УДК 621.327.534

Е.А.МВУДЖО
Харьковская государственная академия городского хозяйства

О ВЛИЯНИИ НЕЛИНЕЙНОСТИ БАЛЛАСТНОГО ДРОССЕЛЯ НА ФОРМУ ТОКА В КОНТУРЕ "РАЗРЯДНАЯ ЛАМПА – ИНДУКТИВНЫЙ ПРА"

Показана возможность учета нелинейности дросселя на форму тока лампы в методике расчета контура "РЛ - ПРА" на основе аппроксимации динамики проводимости плазмы разряда в лампе за полупериод тока.

Нелинейность дросселя в схемах стабилизации режима работы комплекта "Разрядная лампа – Индуктивный балласт" традиционно учитывалась введением поправочных коэффициентов (A, B, C), зависящих от максимального значения магнитного поля ($B_{\max}$) и вида материала (стали) [1]. Однако этот метод обладает ограниченной областью применимости, поскольку требует знания характера изменения напряжения на лампе, что не всегда можно достаточно корректно осуществить на стадии предварительных исследований при проектировании комплектов "РЛ – ПРА".

В настоящей работе для анализа влияния нелинейности дросселя на форму тока в комплекте "РЛ – Индуктивный балласт" предлагается применить аппроксимацию динамики проводимости плазмы разряда на переменном токе частотой 50 Гц, рекомендованную в [2] для разрядных ламп.

Такая аппроксимация предложена в виде