

му на 20-30%. За рахунок скорочення строку дії ламп витрати на придбання ламп збільшуються при гранично допустимих змінах напруги приблизно на 80-120%.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на отримання кількісних даних з ЯЕ в ОУ різного типу та щодо її впливу на строк дії ламп різних типів, світильників і показників зорової праці.

1. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 261 с.

2. Таряник М.М., Овчинников С.С. Влияние качества электрической энергии на технические и экономические показатели работы осветительных установок // Всеукр. науч.-практ. конф. "Сучасні технології та обладнання для енерго-, ресурсозбереження. Альтернативні джерела енергії в житлово-комунальному господарстві". – Алушта, 2006. – С. 83-84.

3. Гриб О.Г., Сапрыка А.В., Овчинников С.С., Таряник М.М. Режимы работы осветительных установок и качество электроэнергии // IV Междунар. науч.-практ. конф. "Город и экологическая реконструкция жилищно-коммунального комплекса XXI века". – М., 2006. – С.49-51.

4. Клюев А.С. О потерях электроэнергии в осветительных сетях // Светотехника. – 1991. – №9. – С.5-6.

5. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 325 с.

6. Овчинников С.С., Полищук В.Н., Сапрыка А.В. Расчет удельной эрозии электродов нестационарных источников излучения // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып. 47. – К.: Техніка. 2003. – С. 254-258.

Отримано 12.10.2006

УДК 621.316.5 : 621

П.Н.АЛАЕВ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

КРАТКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ УПРАВЛЯЕМЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ В УСЛОВИЯХ ИХ РАБОТЫ В КОММУТАЦИОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ АППАРАТАХ

Рассматриваются два основных метода определения температуры полупроводниковой структуры (основного параметра, характеризующего тепловой режим управляемых полупроводниковых приборов): графоаналитический и аналитический. Проанализированы области применения данных методов и дано заключение о том, что аналитический метод на основе относительно упрощенной теплофизической модели наиболее приемлем для расчета температуры в условиях их специфической кратковременной (до 0,02 с) нагрузки в составе полупроводниковых аппаратов, а традиционный графоаналитический метод может успешно применяться только при более длительных воздействиях нагрузки.

Элементарная база современной силовой электроники позволила расширить диапазон коммутируемых мощностей полупроводниковых-

ми ключами до единиц мегаватт при существенном увеличении верхнего уровня частоты их коммутации до сотен килогерц. Это сделало возможным создавать на их основе гибридные и бесконтактные коммутационные полупроводниковые аппараты управления, регулирования и защиты переменного и постоянного тока с высокими технико-экономическими показателями [1, 3-6].

Однако в связи с тем, что и современные полупроводниковые ключи продолжают существенно уступать по габаритам, стоимости и перегрузочной способности по току контактными ключами традиционных аппаратов, по-прежнему является актуальным решение тепловых задач, направленных на определение оптимальных габаритов и стоимости, а также предельной перегрузочной способности полупроводниковых ключей, выполненных, как правило, на основе мощных тиристоров и используемых в составе указанных выше аппаратов. Это положение усугубляется еще и спецификой работы последних, где полупроводниковые ключи в отличие от устройств преобразовательной техники должны не только пропускать без повреждения кратковременные аварийные токи больших величин, но надежно и быстро их отключать, обеспечивая, таким образом, нормальное функционирование потребителей электрической энергии.

Таким образом, тепловой режим мощных управляемых полупроводниковых приборов коммутационных полупроводниковых аппаратов является главным фактором, определяющим как габариты и стоимость аппарата, так и уровень его надежной работы. Поэтому создание высокоточных методов расчета теплового режима управляемых полупроводниковых приборов является одной из важнейших задач, которую необходимо решать при проектировании силовых коммутационных полупроводниковых аппаратов.

В самом общем виде тепловой режим управляемых полупроводниковых приборов определяется характером тепловой нагрузки, воздействующей на прибор и его конструкции. Характер тепловой нагрузки на управляемые полупроводниковые приборы в условиях их работы в силовых коммутационных полупроводниковых аппаратах хорошо изучен. Основные расчетные соотношения для нахождения этой нагрузки представлены в [1]. Специфика токовой нагрузки на управляемые полупроводниковые приборы в коммутационных полупроводниковых аппаратах состоит в том, что она носит импульсный характер с достаточно сложной формой токового импульса, причем, в гибридных коммутационных полупроводниковых аппаратах длительность этих импульсов носит еще и статистический характер. Такой характер токовой нагрузки существенно усложняет расчет теплового режима управ-

ляемых полупроводниковых приборов, работающих в этих условиях, и требует усовершенствования существующих методов расчета.

Основным параметром, характеризующим тепловой режим управляемых полупроводниковых приборов, является температура его полупроводниковой структуры. Существует два основных метода определения этой температуры: графоаналитический и аналитический [1].

В настоящее время для расчета температуры полупроводниковой структуры управляемых полупроводниковых приборов наибольшее распространение получил первый метод, который основан на использовании графической зависимости переходного теплового сопротивления прибора от времени [2].

Рассмотрим некоторые особенности, свойственные этому методу, на конкретном примере расчета теплового режима управляемых полупроводниковых приборов при воздействии на него импульса мощности произвольной формы. Реальная форма импульса мощности (рисунок), рассеиваемая в полупроводниковой структуре, аппроксимируется соответствующей ступенчатой функцией, как показано на этом рисунке пунктиром. При этом площади, ограниченные реальной функцией и ступенчатой, должны быть равны. Для полученной таким образом ступенчатой функции выражение для превышения температуры записывается в виде:

$$\theta(t_i) = P_{И1} \cdot (r_i - r_{i-1}) + P_{И2} \cdot (r_{i-1} - r_{i-2}) + \dots + P_{Иi} \cdot r_{i-(i-1)}, \quad (1)$$

где $\theta(t_i)$ – превышение температуры полупроводниковой структуры управляемого полупроводникового прибора в конце i -го элемента импульса прямоугольной формы ($i = 1, 2, \dots, 5$); r_i – переходное тепловое сопротивление, соответствующее интервалу времени t_i (по графику теплового сопротивления, приведенному в справочных материалах для рассматриваемого управляемого полупроводникового прибора); r_{i-k} – переходное тепловое сопротивление, соответствующее интервалу времени $t_i - t_k$, которое также определяется по указанному графику ($k = 1, 2, \dots, 4$).

При расчете температуры перехода вне импульса, например в точке t' (рисунок):

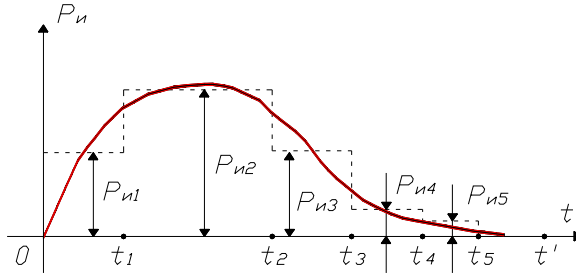
$$\theta(t') = P_{И1}(r_{t'} - r_{t'-1}) + P_{И2}(r_{t'-1} - r_{t'-2}) + \dots + P_{Иi}(r_{t'-(t'-1)} - r_{t'-i}), \quad (2)$$

где в соответствии с рисунком $5 i =$, т.е. $t_i = t_5$.

Если известны аналитические выражения для импульса мощности и переходного теплового сопротивления, на основании интеграла

Дюамеля формулу (1) можно представить в виде интегральной функции:

$$\theta = \int_0^t r_t \cdot (t - \tau) \cdot \left[\frac{dP_{II}(\tau)}{d\tau} \right] d\tau. \quad (3)$$



Аппроксимация графика мощности

При воздействии на управляемый полупроводниковый прибор циклической нагрузки со сложной формой импульса мощности расчет по данной методике значительно усложняется и вести его необходимо или с помощью ЭВМ, или по приближенным формулам. Но это общий недостаток всех методов.

Таким образом, данная методика позволяет определить температуру полупроводниковой структуры управляемых полупроводниковых приборов при воздействии на них как постоянной нагрузки, так и одиночных импульсов мощности произвольной формы.

Однако, в связи со сложностью определения, величина теплового сопротивления в диапазоне малых времен (менее 0,08 с) для мощных управляемых полупроводниковых приборов или вообще не приводится или, если и приводится, то не отличается требуемой точностью. Так, значения температуры нагрева тиристора Т-160, рассчитанные по величине переходного теплового сопротивления [2] при воздействии прямоугольного импульса тока нагрузки 600 А длительностью до 10 мс, в несколько раз превышают значение этой температуры, рассчитанное в условиях адиабатического нагрева только кремниевой полупроводниковой структуры этого прибора при воздействии на нее того же импульса [1]. Причем, чем короче импульс, тем различие в температурах более значительно.

В этой связи применение графоаналитического метода для расчета температуры силовых управляемых полупроводниковых приборов при воздействии импульсов мощности малой длительности затруднено

из-за отсутствия достоверных исходных данных из-за сложности формы импульса мощности, особенно в гибридных коммутационных полупроводниковых аппаратах.

Аналитический метод расчета тепловых характеристик силовых управляемых полупроводниковых приборов основан на численном решении уравнений нестационарной теплопроводности, составленных для внутренних элементов конструкции с учетом их взаимосвязи, геометрических размеров и характеристик применяемых материалов. Изучение конструкции силовых управляемых полупроводниковых приборов и, в первую очередь, мощных тиристоров, показывает, что в первом, самом общем приближении теплофизическая модель прибора может быть представлена в виде многослойной системы разнородных пластин с внутренним источником тепла, расположенным в полупроводниковой структуре [7]. Нестационарные тепловые процессы таких систем описываются системой нелинейных уравнений в частных производных с неоднородными граничными и начальными условиями. Аналитически такие системы, как правило, непосредственно неразрешимы, поэтому их решение выполняется, как уже отмечалось ранее численными методами.

Однако при рассмотрении малых длительностей токовых импульсов, имеющих место в управляемых полупроводниковых приборах коммутационных полупроводниковых аппаратов реально предположение, что тепло за время импульса не успевает распространиться достаточно далеко от своего источника (полупроводникового перехода). Действительно, исследование разных авторов температурного поля мощных тиристоров показали, что при длительности импульса порядка 10 мс тепло практически не распространяется за пределы вольфрамовых термокомпенсаторов, т.е. прибора [8]. Поэтому при анализе теплового режима тиристоров, работающих в полупроводниковых ключах в условиях воздействия кратковременной тепловой нагрузки, достаточно будет ограничиться рассмотрением тепловой модели только выпрямительного элемента, что существенно упрощает решение задачи.

Таким образом, из приведенного выше следует, что наиболее приемлемым для расчета температуры управляемых полупроводниковых приборов в условиях их специфической кратковременной (до 0,02 с) нагрузки в составе полупроводниковых аппаратов является аналитический метод на основе относительно упрощенной теплофизической модели, а традиционный графоаналитический метод может успешно применяться только при более длительных воздействиях нагрузки.

- 1.Сосков А.Г., Соскова И.А. Полупроводниковые аппараты: коммутация, управление, защита. – К.: Каравелла, 2005. – 344 с.
- 2.Чебовский О.Г., Моисеев Л.Г., Недошин Р.П. Силовые полупроводниковые приборы: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 400 с.
- 3.Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд. дом Додэка-XXI, 2005. – 384 с.
- 4.Колонтаевський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум / За ред. А.Г.Соскова. – 2-е вид. – К.: Каравела, 2004. – 432 с.
- 5.Semikron: innovation + service. – Printed in Germany. – 05.2005. – 105 p.
- 6.Розанов Ю.К. Основы силовой электроники: – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 296 с.
- 7.Рабинерсон А.А., Ашкинази Г.А. Режимы нагрузки силовых полупроводниковых приборов. – М.: Энергия, 1976. – 296 с.
- 8.Львов Л.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 599 с.

Получено 06.10.2006

УДК 628.94

С.С.ОВЧИННИКОВ, д-р техн. наук,
В.Н.ПОЛИЩУК, Т.В.ДМИТРЕНКО, кандидаты техн. наук,
Г.А.ПЕТЧЕНКО, канд. физ.-матем. наук
Харьковская национальная академия городского хозяйства

ОСОБЕННОСТИ АТТЕСТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ С ФИГУРНЫМИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ ЛАМПАМИ

На примере светильника с лампой типа ДНаТ отрабатывается новая методика расчета профилей зеркальных отражателей световых приборов, находящихся широкое применение в осветительной технике наружного освещения городов.

Целью настоящей работы является анализ аттестационных испытаний опытного образца светильника ФБО 01-18-004, проведенных в лаборатории “Основы светотехники” ХНАГХ. Испытания выполнялись в рамках соглашения о сотрудничестве №1282/66 от 14.01.04 г. между Харьковской национальной академией городского хозяйства и Харьковским государственным приборостроительным заводом им.Т.Г.Шевченко.

Задачей аттестационных испытаний было определение ряда светотехнических характеристик исследуемого светового прибора (СП): класса светораспределения светильника, типа кривой силы света (КСС) в продольном и поперечном направлениях, освещенности, создаваемой СП на фиксированном расстоянии, габаритной яркости и КПД прибора, а также защитного угла светильника данной модификации.

Так как практически все перечисленные характеристики определяются формой фотометрического тела светильника, нашей первооче-