

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени «доктор философии» (Ph.D) по специальности 6D070200 – «Автоматизация и управление»

ГРИГОРЬЕВА СВЕТЛАНА ВЛАДИМИРОВНА

ОПТИМИЗАЦИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ РОБАСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Актуальность работы. Проблема рационального использования электроэнергии в условиях ограниченности энергетических ресурсов и роста их потребления одна из самых актуальных, а ее решение становится стратегической задачей для многих государств. Продолжительный мировой экономический кризис, неуклонный рост цен на природные энергоресурсы, вопросы охраны окружающей среды, снижения выбросов вредных веществ и парниковых газов в атмосферу диктуют необходимость решения вопросов энергосбережения и энергоэффективности.

Президент Республики Казахстан Н.Назарбаев в своем Послании народу Казахстана отмечает: «Мы должны приложить все усилия для реализации, провозглашенной Казахстаном Глобальной энергоэкологической стратегии», т.е. ставится задача снижения энергозатрат и экономии национальных энергоресурсов казахстанскими потребителями, эта мысль подчеркивается и в книге Главы государства «Глобальная энергоэкологическая стратегия устойчивого развития в XXI веке».

Затраты на электроэнергию растут пропорционально потребностям населения. 1% роста ВВП в Казахстане приводит примерно к 0,5% росту потребления электроэнергии. По расчетам Министерства индустрии и новых технологий РК за период с 2010г. по 2020г. потребление электричества в Казахстане увеличится на 50%. Такие данные говорят, что вопрос повышения энергоэффективности становится более актуальным. Для Казахстана совокупный потенциал по снижению энергопотребления оценивается на уровне 30%-35%. Сфера освещения относится к числу направлений с наибольшим потенциалом энергосбережения. Ежегодно в Казахстане на нужды освещения расходуется одна девятая часть от общего потребления, поэтому одним из приоритетных направлений по снижению энергопотребления является снижение энергозатрат на освещение.

Если рассмотреть потребление электроэнергии в Казахстане за 1 квартал 2016 года по данным энергетической службы Energyprom.kz потребление составило 24,4 млрд.квт.час. При расчете затрат электроэнергии на освещение получается около 3,2 млрд.квт.час. Для экологии это означает, что количество выбросов СО было произведено приблизительно 1,6млн.тонн. Такое количество угарного газа приводит к многочисленным болезням, а также изменению климата. Очевидно, что снижение энергопотребления на освещение позволит значительно улучшить экологическую обстановку по

выбросам парниковых газов. В связи с этим актуальным становится задача повышения эффективности систем освещения. В целом это положительно скажется на энергетическом балансе страны и экологической ситуации, создаваемой работой электростанций. Внедрение современных технологий, обеспечивающих эффективное расходование энергетических ресурсов, позволит избежать дефицита электроэнергии.

46 стран, в том числе Казахстан, утвердили программы стимулирующие экономию электроэнергии, а также переход на энергосберегающие технологии освещения. В настоящее время для внедрения энергоэффективного освещения в Казахстане утвержден закон «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности», принята программа «Энергосбережение – 2020». Об актуальности повышения энергоэффективности и энергосбережения постоянно выделяется в ежегодном послании Президента Республики Казахстан народу Казахстана и в Государственной программе по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан. Реализация данных программ стимулирует развитие энергоэффективных систем освещения.

Существенная экономия освещения может быть достигнута благодаря применению новых полупроводниковых (светодиодных) источников света и разработке световых приборов на их основе. Мировой опыт свидетельствует, что уличное и внутриофисное освещение на основе автоматизации светодиодных технологий улучшает качество жизни, одновременно обеспечивая энергоэффективность, т.е. экономическую выгоду и экологическую безопасность. Лидер в области светодиодной технологии компания Philips Lighting намерена продать к 2020 году 2 млрд. светодиодных установок. Данная компания, внедрившая LED технологии в 15-ти этажном здании The Edge в Амстердаме, где установлено 6,5 тыс. ламп с экономическим эффектом 100тыс. евро в год, уличное освещение в Лос-Анджелесе с годовым эффектом 10 млн. долларов утверждает, что развитию отрасли препятствует: недостаточное финансирование; необходимость постоянного совершенствования технологии; неудовлетворительное освещение в средствах массовой информации полученных результатов.

Основным элементом полупроводниковой светотехники является светодиод. Светодиоды обладают высокими технико-экономическими показателями (высокая световая отдача, длительный срок службы, высокая надежность, простота в обслуживании, экономическая эффективность), имеют широкую гамму цветов, конфигурации и мощности. В отличие от традиционных источников света полупроводниковая светотехника обладает рядом преимуществ по условиям применения: экологически безопасна, имеет высокую механическую прочность и виброустойчивость, в излучаемом свете отсутствует вредное ультрафиолетовое излучение и стробоскопический эффект, инерционность при включении светильников и хорошо работает при пониженной температуре. Отдельно следует выделить возможность регулирования светового потока светодиода в широкой полосе частот. Именно благодаря этим качествам светодиода полупроводниковая

светотехника является одними из перспективных направлений развития освещения. Существующие энергоэффективные светодиодные системы освещения имеют недостатки, которые снижают темпы их внедрения – несоответствие заявленного срока службы за счет в первую очередь перегрева светодиодов и несовершенства конструкций светодиодных ламп.

Поэтому поставленная в диссертации задача оптимизации работы интегрированных светодиодных технологий освещения устраняет отмеченные недостатки путем автоматизации управления режимами работы светодиодной лампы с применением элементов робастности в управлении, получая при этом существенный экономический эффект, что является, бесспорно, актуальным.

Идея работы – совместить в «интегрированной» системе освещения новые светодиодные осветительные установки, учитывающие их тепловой режим и автоматизированные системы управления с элементами робастности.

Цель работы. Разработка автоматизированной энергоэффективной светодиодной системы освещения с элементами робастного управления.

Объект исследования – светодиодная система освещения.

Предмет исследования – технология оптимизации режимов работы и управления светодиодной системой освещения.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- 1) Провести анализ современного состояния функционирования и развития светодиодной технологии освещения.
- 2) Исследовать тепломассоперенос в типичных мощных белых светодиодах.
- 3) Смоделировать светодиодную систему освещения с целью получения оптимальных параметров.
- 4) Разработать экспериментальную установку автоматизированного управления светодиодным освещением с элементами робастности.
- 5) Провести натурные эксперименты автоматизированной системы управления светодиодным освещением с целью анализа полученных результатов и оценки ее эффективности.

Методы исследования. Методология исследования базируется на системном подходе к обоснованию комплекса теоретических и экспериментальных результатов, полученных при помощи методов математического и статистического анализа, математического и физического моделирования, светотехнических, фотометрических методов. В качестве инструментов моделирования и разработки программного обеспечения применяются современные пакеты прикладных программ: DIALux, STATISTICA, MATLAB, SolidWorks, Autodesk Inventor, SCADA TRACE MODE. Экспериментальные исследования проводятся с использованием современных электроизмерительных и электронных приборов.

Научные положения и результаты, выносимые на защиту

1) Методика теоретического расчета тепломассопереноса в осветительном устройстве с использованием нестационарных дифференциальных уравнений, описывающих комплекс взаимосвязанных процессов тепломассопереноса.

2) Модель тепловых характеристик осветительного светодиодного устройства с использованием современных программных средств «SolidWorks» для получения оптимальных теплофизических характеристик осветительного прибора.

3) Модель оптимизации технологии освещения для обеспечения равномерного освещения рабочего помещения.

4) Автоматизированная системы управления светодиодным освещением с элементами робастности, обеспечивающая надежные, эффективные характеристики системы освещения.

5) Комплексное программное обеспечение, реализующее разработанные модели и алгоритмы энергосберегающего управления светодиодами новой конструкции.

Научная новизна работы

1) Разработана математическая модель тепломассообмена учитывающая особенности системы «основание светодиода – кристаллик – линза – окружающий воздух» для конструкции светодиодного осветительного устройства.

2) Разработана модель температурных режимов светодиодного осветительного прибора с целью получения оптимальных теплофизических характеристик.

3) Разработан новый подход к повышению надежности и долговечности светодиодной системы освещения за счет автоматизации управления температурным режимом светодиода.

4) Предложена методика повышения устойчивости светодиодной системы освещения на базе теории робастности.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе, базируются на комплексном использовании современных теоретических, экспериментальных методах исследования и общих подходах к моделированию сложных систем с учетом существующих неопределенностей, влияющих на работу системы управления светодиодным освещением. Сопоставимость результатов теоретических исследований, результатов моделирования и экспериментальных результатов достаточно высокая, что позволяет считать результаты диссертационной работы достаточно обоснованными и достоверными.

Практическая ценность работы. Результаты работы направлены на создание производства регулируемых высокоэффективных светильников и автоматизированных систем их оптимального энергосберегающего управления. Были созданы регулируемые светодиодные световые приборы, предназначенные для совмещенного освещения промышленных, жилых

помещений и других объектов ЖКХ и обладающих повышенной световой эффективностью, надежностью и долговечностью за счет применения активных систем охлаждения.

Разработка новых энергосберегающих светодиодных осветительных установок позволит увеличить срок работы светильников и довести его до 50-100 тыс. часов, заявленного ведущими производителями светодиодов. Внедрение автоматизированных систем управления освещением, реализующих разработанные модели и алгоритмы оптимального энергосберегающего управления позволит снизить энергопотребление на 55%.

Реализация результатов работы. Основные научные и практические результаты диссертационной работы приняты для внедрения ТОО «Айрон-Техник», казахско-французским предприятием ТОО «Лаборатория альтернативной энергетики»».

Получено свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права под названием «Система автоматизированного управления светодиодным освещением с элементами робастности (программа для ЭВМ)» за №2336 от 9.11.2016г.

Представлен макет автоматизированной светодиодной системы освещения с элементами робастности на выставке «Неделя ВКО, посвященная ЭКСПО-2017» (г.Астана, ноябрь 2016).

Связь с государственными программами. Тематика диссертационной работы основана на приоритетных направлениях, выделенных в Постановлении Правительства Республики Казахстан «Об утверждении Программы «Энергосбережение – 2020» от 29 августа 2013 года № 904, направленное на снижение потребления электроэнергии за счет внедрения энергосберегающих технологий в области освещения.

Научные исследования, представленные в диссертации, проводились в рамках грантового финансирования МОН РК по теме «Оптимизация энергопотребления в светодиодных установках совмещенного освещения с автоматизированным управлением: алгоритмы, программное обеспечение, демонстрационный макет на ЭКСПО 2017» (№ госрегистрации 0113РК00822), 2013-2015гг, где диссертант являлся исполнителем.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на: Международной конференции «Вычислительные и информационные технологии» (Усть-Каменогорск, 2013); Международной научно-практической конференции «Зеленая экономика – будущее человечества» (Усть-Каменогорск, 2014); Десятой Международной Азиатской школе-семинаре «Проблемы оптимизации сложных систем» (Чолпан-Ата, Кыргызская Республика, 2014); IV Международной научно-практической конференции «Академическая наука - проблемы и достижения» (Москва, Россия, 2014); 9th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas (Szekesfehervar, Hungary, 2014); XI международной Азиатской школе-семинаре «Проблемы оптимизации сложных систем» (Чолпон-Ата, Кыргызская республика, 2015); IX Международной конференции

«Эффективное использование ресурсов и охрана окружающей среды – ключевые вопросы развития горно-металлургического комплекса» и XII Международной научной конференции «Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов» (Усть-Каменогорск, 2015); II Всероссийской студенческой научной конференции с международным участием «Студент: наука, профессия, жизнь» (Омск, Россия, 2015); Международной научно-технической конференции студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых - инновационному развитию Казахстана» (Усть-Каменогорск, 2015); 11th International Forum on Strategic Technology (IFOST) (Novosibirsk, Russia, 2016); VIIth International Symposium and Young Scientists School «Modern problems of laser physics» (Novosibirsk, Russia, 2016); 11th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas (Szekesfehervar, Hungary, 2016).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 17 научных работ, в том числе 1 статья в журнале индексированном в базе данных Thomson Reuters, 1 статья в журнале индексированном в базе данных Scopus, 5 работ в изданиях рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 8 работ в сборниках международных конференций, в том числе 2 статьи в изданиях дальнего зарубежья (Венгрия).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка использованных источников из 189 наименований, изложенных на 139 страницах компьютерного текста, включает 75 рисунков, 7 таблиц и 4 приложения.