

На правах рукописи



ПЬЯНЗИН ДЕНИС ВАСИЛЬЕВИЧ

**ЛОКАЛЬНО-ЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ СИСТЕМА
ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ
НА БАЗЕ ЭПРА С ЧАСТОТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ
МОЩНОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП**

Специальность: 05.09.07 - светотехника

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Саранск 2009

Работа выполнена на кафедре радиотехники Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Витковский Олег Павлович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Свешников Виктор Константинович

кандидат технических наук, доцент
Вдовин Михаил Владимирович

Ведущая организация – ГУП Республики Мордовия «НИИС имени А.Н. Лодыгина»

Защита состоится «17» июня 2009 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.117.13 при ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» по адресу: 430005, г. Саранск, ул. Большевикская, д.68, корп. 2, ауд. 243.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 430005, г. Саранск, ул. Большевикская, д.68а, ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Диссертационный совет Д 212.117.13.

Автореферат разослан «__» _____ 2009 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 212.117.13
к.т.н., доцент



Н.Н. Кошин

2009A

13006

Общая характеристика работы

Актуальность работы. В настоящее время, большое внимание уделяется проблеме экономии электроэнергии при освещении помещений. Внедрение регулируемых электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА) открывает широкие возможности в плане построения систем управления освещением (СУО). Их применение обеспечивает возможность значительной экономии электроэнергии и формирования комфортных режимов освещения в жилых и офисных помещениях [1,2].

Российские компании на сегодняшний день только выходят на рынок систем управления освещением, поэтому пока им трудно конкурировать с ведущими мировыми производителями в данной области. Однако, большинство СУО, которые предлагают зарубежные компании, поставляются в ограниченном количестве и относятся к централизованным системам, что в свою очередь предопределяет их высокую стоимость и определённую область применения.

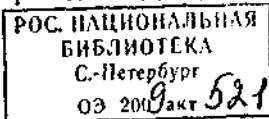
Рынок систем управления освещением имеет тенденцию к постоянному росту, в частности, появилась ниша относительно дешёвых СУО с менее широкими функциональными возможностями (по сравнению с централизованными системами), основным достоинством которых является экономия электроэнергии, а также возможность адресного управления световым потоком светильников и их диагностики на наличие неисправностей [3]. Главными потребителями систем такого уровня являются административные учреждения, предприятия, частные фирмы и т.д. Таким образом, у разработчиков появляется возможность занять указанную нишу, предлагая относительно недорогие системы управления освещением.

С целью дальнейшего развития принципов построения СУО, целесообразно рассмотреть возможность и определить эффективность применения систем дистанционного управления освещением с ИК - каналом приёма и передачи информации, обладающих функциями как локальных, так и централизованных систем, что позволит сохранить широкие функциональные возможности, упростить монтаж системы и снизить её себестоимость.

Цель работы. Разработка и исследование элементов локально - централизованной системы управления освещением, которая позволяет обеспечить дистанционное адресное управление световым потоком отдельных либо группы светильников с помощью пульта дистанционного управления (ПДУ), а также централизованную диагностику причин отказов осветительных установок на базе персонального компьютера (ПК) с применением специально разработанного программного обеспечения. Кроме этого, решается задача по разработке средств математического моделирования и прикладных программ для исследования ЭПРА с частотным регулированием мощности люминесцентных ламп (ЛЛ).

В соответствии с поставленной целью сформулированы задачи работы:

- анализ принципов построения современных систем управления освещением и их отдельных функциональных узлов, а также средств моделирования и автоматизированного проектирования, которые применяются при разработке СУО;
- разработка элементов локально - централизованной системы управления освещением;



- разработка экспериментальной установки для снятия электрических характеристик различных типов современных люминесцентных ламп при высокочастотном питании;

- разработка программы автоматизированного расчёта параметров ЭПРА;

- разработка модели регулируемого ЭПРА с люминесцентными лампами и системой управления с применением среды MatLab с целью проведения исследований различных схемотехнических вариантов построения данных аппаратов.

Методы исследования. В диссертации использованы методы математического моделирования, программирования, схемотехнического анализа, теории измерений, экспериментальные методы.

Научная новизна работы:

- предложен принцип построения и структура локально – централизованной системы дистанционного управления освещением, а также разработаны её элементы с применением микроконтроллерных средств;

- разработана экспериментальная установка для снятия электрических характеристик современных типов люминесцентных ламп при высокочастотном питании, позволяющая формировать токи в цепи лампы и напряжения на ней с учётом регулировки светового потока ЛЛ, а также выполнять компьютерную обработку результатов измерений;

- разработана модель регулируемого ЭПРА с люминесцентными лампами и системой управления с применением среды MatLab на основе сочетания методов имитационного и структурного моделирования, что позволяет значительно упростить её, а также повысить скорость вычислений. При этом модель ЛЛ не требует математического описания внутренних процессов лампы, так как достаточным является лишь наличие вольтамперной характеристики, которая задаётся в табличной форме с применением функциональных модулей среды MatLab.

Практическая ценность работы:

- предложена локально – централизованная система дистанционного управления освещением с ИК – интерфейсом;

- на основе проведённых исследований разработана экспериментальная установка для снятия электрических характеристик современных типов люминесцентных ламп при высокочастотном питании;

- разработан и изготовлен макетный образец регулируемого ЭПРА с микроконтроллерной системой управления, пульт дистанционного управления с ИК – интерфейсом, которые являются основными элементами указанной системы управления освещением;

- разработанное программное обеспечение СУО может найти практическое применение в аналогичных системах на светодиодах.

Положения, выносимые на защиту:

- принципы построения и схемотехнические решения локально - централизованной системы управления освещением;

- комплект программ для реализации алгоритма работы системы;

- математическая модель ЭПРА с частотным регулированием мощности люминесцентных ламп;

- результаты исследования процесса изменения тока в цепях электродов люминесцентных ламп при регулировании мощности в различных схемах электронных пускорегулирующих аппаратов.

Личный вклад автора. Обоснование поставленных задач и перспективных направлений исследований, разработка основных положений второй, третьей и четвертой глав диссертации, создание установки для снятия электрических характеристик люминесцентных ламп и макетного образца ЭПРА с дистанционным управлением выполнены совместно с к.т.н., доцентом Витковским О.П. Компьютерное моделирование, написание прикладных программных средств, проведение исследований, анализ научных и практических результатов выполнены автором самостоятельно.

Достоверность результатов работы основана: на экспериментальном подтверждении адекватности используемых при исследовании моделей; на достаточном совпадении экспериментальных и расчетных данных; на успешном внедрении в практику решений, полученных на основе теоретических разработок.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на заседаниях кафедры радиотехники Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарёва (Саранск 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 г.г.), на IV Всероссийской научно - технической конференции «Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики» (Саранск, 2006 г.), на V и VI Республиканской научно – практической конференции «Наука и инновации в Республике Мордовия» (Саранск, 2006, 2007 г.г.), на V Всероссийской молодежной научной школе «Материалы нано-, микро-, оптоэлектроники и волоконной оптики: физические свойства и применение» (Саранск, 2006 г.).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 10 печатных работ в сборниках, журналах, тезисах докладов на конференциях. Список работ приведён в конце автореферата.

Объём и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, приложений. Общий объём диссертации 173 страницы, включая 8 таблиц, 66 рисунков и 5 приложений. Список использованных источников содержит 82 наименования.

Содержание работы

Введение. Во введении показана актуальность диссертационной работы, её научная новизна и практическая ценность, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, представлена структура диссертации.

1 Современные системы управления освещением на базе регулируемых ЭПРА. В первой главе проводится анализ принципов построения и тенденций развития современных систем управления освещением, способов дистанционного управления освещением, особенностей построения современных регулируемых ЭПРА для питания ЛЛ, способов моделирования электронных пускорегулирующих аппаратов.

Современные системы управления освещением могут быть разделены на три группы, по количеству управляемых световых точек. Для первой группы характерно

управление одним либо несколькими близко расположенными светильниками. Электронный блок управления таких систем встраивается прямо в корпус управляемого светового прибора. Вторая группа систем управления имеет локальный характер и охватывает световое оборудование отдельных помещений. Наиболее сложные – централизованные системы, допускающие подключение большого числа отдельно управляемых групп светильников в пределах одного или даже нескольких зданий. В системах третьего типа в качестве центральной станции выбирается персональный компьютер, позволяющий осуществлять единый контроль над сетью локальных станций управления освещением. Наиболее применяемым в настоящее время способом обмена информацией между локальными станциями и персональным компьютером в системе управления освещением является использование специальной выделенной линии. Данный способ также применяется для обмена информацией в локальных системах, входящих в централизованную СУО [4,5].

Область применения каждой из трёх систем, представленных в классификации, определяется, как правило, экономической целесообразностью, а также финансовыми возможностями предприятия, либо учреждения, в котором данная СУО будет эксплуатироваться.

Предлагается комбинированная локально – централизованная система дистанционного управления освещением, которая отличается тем, что пульт дистанционного управления и ЭПРА светильников, расположенные в различных локальных системах, обеспечивают взаимную передачу и приём цифровых сигналов по ИК – каналу, а также сохранение принятой информации в памяти ПДУ с последующим его подключением к ПК для централизованной диагностики состояния светильников с использованием специально разработанного программного обеспечения.

При построении локально – централизованной системы управления освещением отсутствует необходимость прокладки дополнительной выделенной линии между ПДУ и ПК, так как для диагностики состояния системы может использоваться любой персональный компьютер при установке соответствующего программного обеспечения. Кроме этого, ПДУ такой системы является мобильным, что обеспечивает возможность его подключения к COM либо USB порту персонального компьютера. При такой конфигурации снижается себестоимость системы, трудоёмкость процесса монтажа и установки. Применение ИК – интерфейса позволило создать малогабаритный ПДУ на базе микроконтроллера с широкими функциональными возможностями: адресное управление световым потоком отдельных либо группы светильников, двусторонний обмен данными между пультом управления и ЭПРА, диагностику неисправностей светильников, подключение к ПК с целью обработки полученной информации.

В процессе проектирования СУО важное значение имеет разработка и исследование регулируемых ЭПРА, которые определяют, в значительной степени, качественные параметры системы – от создания комфортного уровня освещения и повышения эксплуатационных характеристик самих источников света до реализации энергосберегающих технологий. Одной из основных задач при разработке данных аппаратов является обеспечение максимального срока службы ЛЛ, который в значительной степени определяется требованиями к эксплуатации электродов ламп при регулировании светового потока в заданном диапазоне.

С целью проведения исследований процесса изменения тока в цепях электродов люминесцентных ламп при различных вариантах построения регулируемых ЭПРА, разработана математическая модель электронного пускорегулирующего аппарата с люминесцентными лампами и системой управления в среде MatLab. При этом использовались методы имитационного и структурного моделирования.

В работе предлагается способ построения моделей люминесцентных ламп путём задания их вольтамперных характеристик в табличной форме с применением функциональных модулей среды MatLab. Такие модели ламп могут подключаться непосредственно в модель ЭПРА, построенную на основе электротехнических элементов библиотеки SimPowerSystems.

Предложенный способ моделирования ЭПРА позволяет упростить процесс моделирования и исследования данных устройств и может найти широкое применение в инженерной практике при разработке электронных пускорегулирующих аппаратов.

2 Разработка локально – централизованной системы дистанционного управления освещением. Во второй главе изложены принципы построения локально – централизованной системы управления освещением по ИК – каналу и определены её параметры, разработан специализированный ПДУ для адресного управления световым потоком светильников и их диагностики на наличие неисправностей. Кроме этого, разработаны протокол обмена цифровой информацией между ПДУ и светильниками по ИК – каналу, а также алгоритмы программного обеспечения данной СУО.

Данная система разработана с учетом её применения в административных, офисных и производственных помещениях с использованием типовых конструкций светильников.

Структурная схема локально – централизованной системы управления освещением приведена на рис.1.

Система включает в себя следующие функциональные узлы:

- регулируемые ЭПРА с микроконтроллерной системой управления;
- пульт дистанционного управления с ИК – интерфейсом и возможностью подключения ПДУ к персональному компьютеру;
- персональный компьютер для диагностики неисправностей светильников со специально разработанным программным обеспечением;
- светильники с люминесцентными лампами, число которых может варьироваться в зависимости от требований заказчика;
- специализированные датчики движения и освещения.

Основные функции системы дистанционного управления освещением состоят в следующем:

- дистанционное включение и выключение света;
- регулировка светового потока ламп в диапазоне 5%-100%;
- при выключении и повторном включении светильников сохраняется предыдущее значение светового потока;
- адресное управление одним или группой светильников по желанию пользователя;

- диагностика причин нарушения работоспособности светильников (низкое напряжение сети, отсутствие поджига лампы, повреждение электродов лампы, погасание лампы, отсутствие лампы).

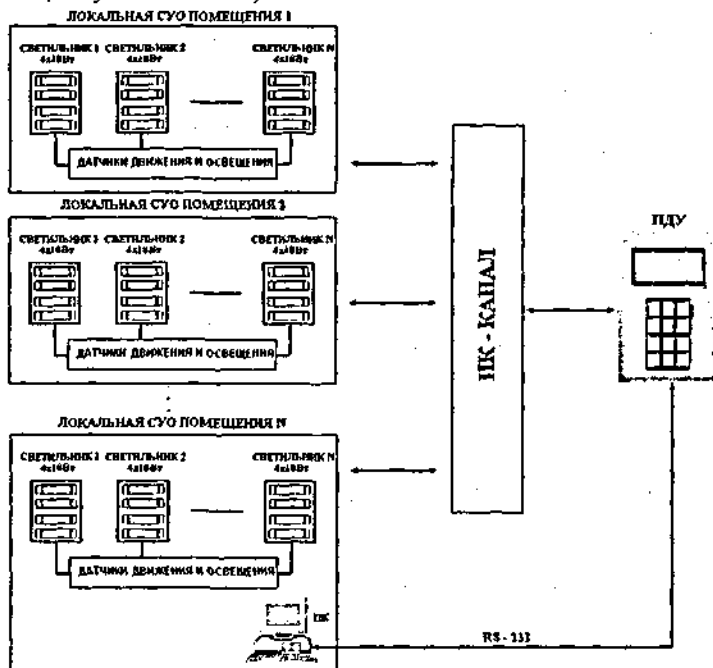


Рис. 1. Структурная схема локально – централизованной системы управления освещением с ИК – интерфейсом

Передача команд управления с ПДУ, в инфракрасном диапазоне, выполняется с использованием амплитудно – импульсной модуляции несущей частоты $f_{\text{нес}} \approx 36$ кГц по специально разработанному последовательному протоколу. В основу данного протокола заложен старто-стопный способ передачи информации. Регистрация уровней принимаемых на пульт сигналов осуществляется с применением метода стробирования.

Диагностика локально – централизованной системы управления освещением выполняется централизованно с применением персонального компьютера и специально разработанной программы. Целью диагностики является определение наличия неисправностей в отдельных светильниках системы. Информация об их состоянии передается на ПДУ с микроконтроллерной системы управления светильника по ИК – каналу, после этого пульт подключается к СОМ порту компьютера с помощью стандартного кабеля, далее запускается специально разработанная программа диагностики, которая выводит на экран полученные данные.

Разработка отдельных узлов, блоков и алгоритмов локально - централизованной системы управления освещением выполнялась на кафедре радиотехники Мор-

довского государственного университета им. Н. П. Огарёва. Отладка работы указанной системы управления освещением проводилась на демонстрационном макете, который включает в себя регулируемый светильник с ЭПРА на микросхеме IR21592 и систему управления на МК PIC12F629, пульт дистанционного управления на МК PIC16F627, рис. 2, персональный компьютер со специально разработанным программным обеспечением. Регулируемый ЭПРА и его система управления были установлены в светильник типа «Мистраль 418А11» на четыре люминесцентные лампы L-18W/765 мощность 18 Вт каждая, рис.3. Проведены испытания работоспособности демонстрационного макета в номинальных и аварийных режимах. Результаты испытаний подтвердили работоспособность электрических схем и программного обеспечения.

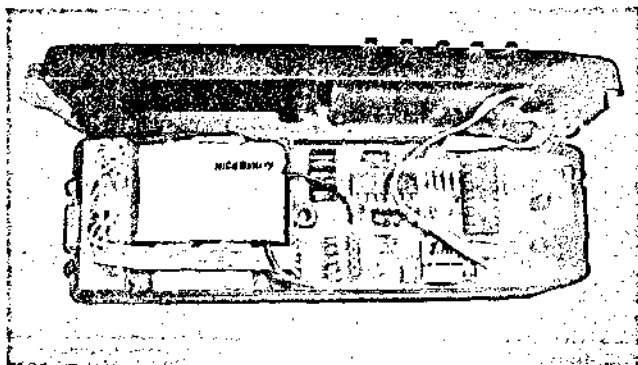


Рис.2. Внешний вид платы ПДУ

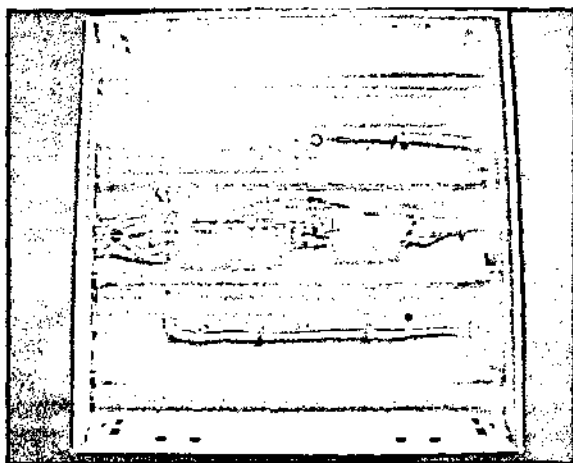


Рис.3. Расположение ЭПРА и микроконтроллерной системы управления в светильнике типа «Мистраль 418А11»

3 Разработка регулируемого ЭПРА с микроконтроллерной системой управления. В третьей главе изложены материалы по разработке регулируемого ЭПРА с микроконтроллерной системой управления, специализированной экспериментальной установки для снятия электрических характеристик современных типов ЛЛ, а также программного обеспечения для выполнения автоматизированного расчёта параметров ЭПРА с частотным регулированием мощности.

На рис.4 приведена структурная схема разработанной экспериментальной установки для снятия электрических характеристик ЛЛ.

Установка состоит из следующих функциональных узлов:

- 1 – персональный компьютер;
- 2 – комплект специально разработанного программного обеспечения;
- 3 – комплект измерительного оборудования характеристик ЛЛ при ВЧ - питании;
- 4 – исследуемая ЛЛ;
- 5 – источник питания;
- 6 – комплект приборов для настройки источника питания под различные типы ЛЛ.

Установка позволяет измерять электрические характеристики современных люминесцентных ламп (ТС – TL, PL – L, T5, T8, T12, L и т.д.) при высокочастотном режиме питания в диапазоне изменения мощности 5% - 100%, а также выполнять компьютерную обработку результатов измерений.

Выполнены измерения вольтамперной характеристики ЛЛ типа L-18W/765 в диапазоне регулирования мощности 5% – 100%. Данная характеристика используется в диссертационной работе при построении регулируемого ЭПРА и его математической модели.

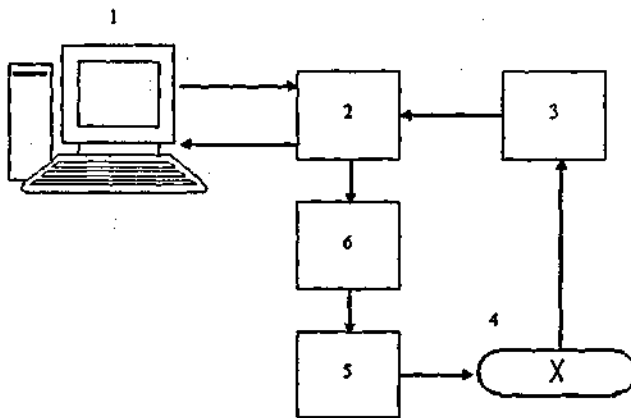


Рис.4. Структурная схема измерительной установки

С целью автоматизации процесса проектирования ЭПРА с частотным регулированием мощности, а также обработки результатов измерений, полученных с применением измерительной установки, разработана программа автоматизированного расчёта параметров электронных пускорегулирующих аппаратов, которая позволяет рассчитать:

- индуктивность $L_{\text{тес}}$ и ёмкость $C_{\text{тес}}$ выходного каскада;
- частоты подогрева $f_{\text{пр}}$ и пробоя $f_{\text{пр}}$;
- ток пробоя $I_{\text{пр}}$;
- диапазон частот регулирования;
- фазовую характеристику выходного каскада;
- номинальные значения навесных элементов настройки микросхем драйверов

серии IR2159.

Используя результаты автоматизированного расчёта, моделирования, а также электрические характеристики ЛЛ, разработан макетный образец регулируемого ЭПРА.

В структуру ЭПРА входят: сетевой фильтр; выпрямитель; корректор коэффициента мощности с функцией повышающего стабилизатора напряжения; полумостовой инвертор, генерирующий напряжение высокой частоты для питания люминесцентных ламп; выходной каскад; микроконтроллерная система управления.

Система управления ЭПРА выполняет следующие функции:

- приём информации с пульта дистанционного управления и её обработка;
- управление световым потоком люминесцентных ламп, путем подачи напряжения на управляющий вход микросхемы драйвера;
- контроль работоспособности ЭПРА;
- передача информации на пульт дистанционного управления для диагностики состояния ЭПРА.

4 Математическое моделирование и исследование ЭПРА системы дистанционного управления освещением. В четвёртой главе представлена модель регулируемого ЭПРА с люминесцентными лампами и системой управления, а также результаты исследования процесса изменения тока в цепях электродов ЛЛ при частотном регулировании мощности для различных схемотехнических решений электронных пускорегулирующих аппаратов.

Структурная схема моделируемого ЭПРА приведена на рис.5, а его математическая модель на рис.6.

Модель ЭПРА с люминесцентными лампами и системой управления построена в среде MatLab на основе сочетания методов имитационного и структурного моделирования, что позволяет значительно упростить её, а также повысить скорость вычислений. Силовая часть ЭПРА выполнена с использованием имитационных блоков библиотеки SimPowerSystems, а система управления и модель ЛЛ с помощью блоков Simulink, отражающие лишь алгоритм их работы.

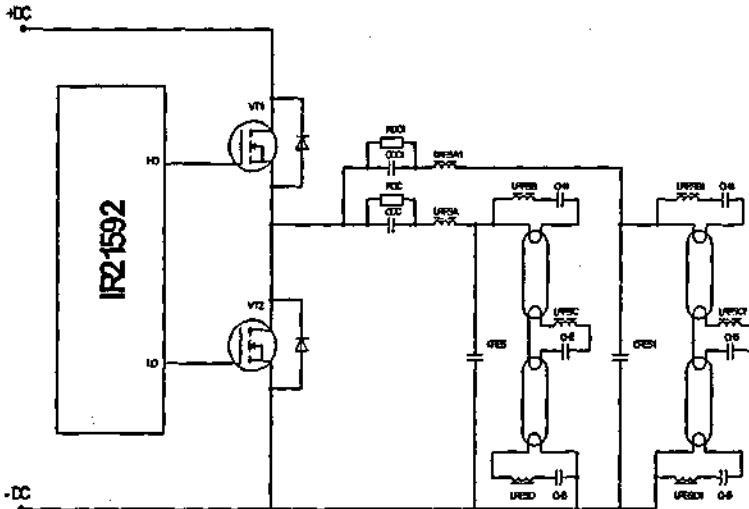


Рис.5. Структурная схема ЭПРА для питания четырёх люминесцентных ламп

Построение математической модели выполнено с учётом следующих допущений:

- взаимная магнитная связь обмоток трансформатора представлена в виде управляемых источников напряжения, включённых последовательно с ёмкостью в цепях накала. Данный подход позволяет существенно упростить моделирование магнитосвязанных цепей и ускорить решение задачи. В качестве сигнала управления используется напряжение на дросселе колебательного контура L_{RES} , которое снимается с датчика напряжения и передаётся с определённым коэффициентом передачи во вторичные цепи;

- электроды ЛЛ представлены в виде активных сопротивлений;

- в модели приведена нагрузка для одного плеча с люминесцентными лампами, включёнными последовательно, при этом принимается во внимание, что параметры плеч одинаковы, а высокочастотные импульсы питания генерируются источником напряжения.

Модель люминесцентной лампы, приведённая на рис.7, представлена как управляемый источник напряжения. Зажимами данной нагрузки являются выходные порты Out 1 и Out 2. Управляющий сигнал для источника напряжения получен путём умножения мгновенных значений тока, снимаемых с датчика, на сопротивление люминесцентной лампы. Это сопротивление рассчитывается с использованием блоков одномерной таблицы Look-Up Table, которые содержатся в базовой библиотеки Simulink и позволяют задавать в табличной форме функцию одной переменной. В блок Look-Up Table вводится зависимость изменения тока в цепи лампы от частоты, а в блок Look-Up Table 1 вольтамперная характеристика ЛЛ.

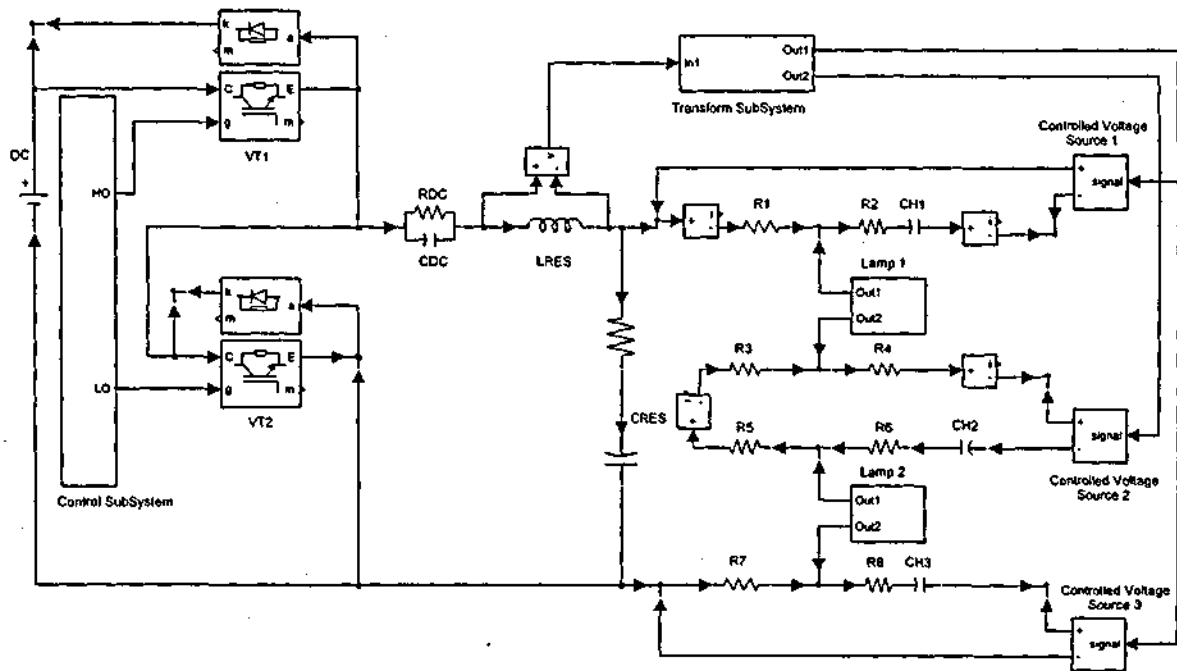


Рис.6. Математическая модель ЭПРА с люминесцентными лампами
и системой управления

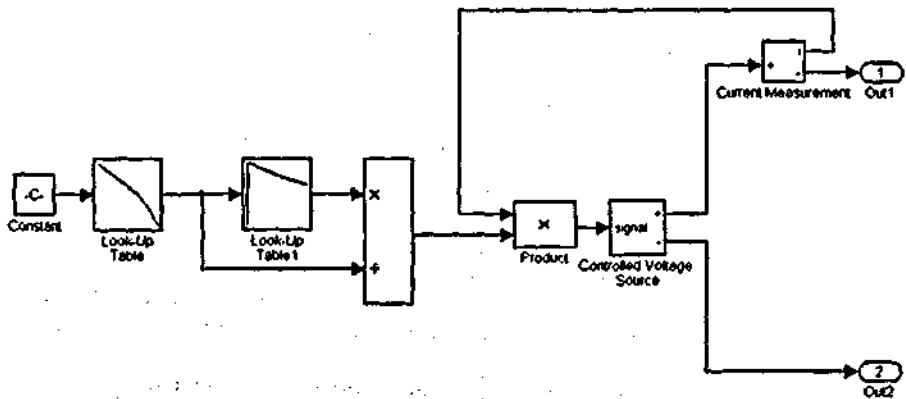


Рис.7. Модель люминесцентной лампы

На основе разработанной модели ЭПРА, проведены исследования процесса изменения тока в цепях электродов люминесцентных ламп при частотном регулировании для двух конфигураций схем выходного каскада в диапазоне изменения мощности 5% - 100%. Первая конфигурация соответствует рис.5, во второй конфигурации структурной схемы отсутствуют вторичные обмотки магнитосвязанных цепей L_{RESB} , L_{RESBI} , L_{RESD} , L_{RESDI} , а конденсаторы C_{res} и C_{resi} подключены параллельно ЛЛ через их электроды.

На основе полученных результатов моделирования можно сделать вывод о целесообразности применения первой конфигурации структурной схемы, которая позволяет выбрать номинальное значение и минимизировать диапазон изменения тока в цепях электродов ЛЛ в процессе регулирования мощности.

Выполнены также исследования процесса изменения тока в цепях электродов ЛЛ при частотном регулировании мощности для различных значений ёмкости и индуктивности выходного каскада. Используя полученные зависимости, определены параметры выходного каскада ЭПРА с учётом заданного тока подогрева электродов ЛЛ и частотных свойств микросхемы драйвера.

Выводы

В процессе выполнения диссертационной работы решены следующие научные и практические задачи:

1. Разработана локально – централизованная система управления освещением с применением современных микроконтроллерных средств.
2. Разработан комплект программного обеспечения, включающий в себя:
 - программное обеспечение системы управления светильниками;
 - программу диагностики неисправностей светильников на базе персонального компьютера;

- программу автоматизированного расчёта параметров ЭПРА с частотным регулированием мощности ЛЛ на основе заданных электрических характеристик люминесцентных ламп.

3. Разработана экспериментальная установка для снятия электрических характеристик различных типов люминесцентных ламп при высокочастотном питании.

4. Разработана модель регулируемого ЭПРА с люминесцентными лампами и системой управления в среде MatLab. На базе данной модели проведены исследования процесса изменения тока в цепях электродов люминесцентных ламп в диапазоне регулирования мощности 5% - 100% для различных схем ЭПРА.

5. Изготовлены демонстрационный макет регулируемого светильника и пульт дистанционного управления с ИК – интерфейсом. Проведены испытания демонстрационного макета в номинальных и аварийных режимах. Результаты испытаний подтвердили работоспособность электрических схем и программного обеспечения.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

Статья, опубликованная в издании, рекомендованном ВАК РФ.

1. Пьянзин, Д.В. Моделирование ЭПРА с частотным регулированием мощности люминесцентных ламп / Д.В. Пьянзин // Светотехника, 2009, №1. С. 23-25.

Статьи, опубликованные в прочих научных изданиях.

2. Пьянзин, Д.В. Формирование ШИМ сигнала на микроконтроллере / Д.В. Пьянзин, О.П. Витковский, Д.А. Третьяков // Материалы IX научной конференции молодых учёных, аспирантов и студентов Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарева. Естественные и технические науки. Часть 2. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. – С. 147-148.

3. Пьянзин, Д.В. Исследование режимов работы электронного ПРА на основе математической модели / Д.В. Пьянзин, О.П. Витковский // Наука и инновации в Республике Мордовия: материалы V респ. науч.-практ. конф., Саранск, 8-9 февр. 2006 г. / ред-кол.: В.А. Нечаев (отв.ред.) [и др.]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2006. – С. 350-353.

4. Пьянзин, Д.В. Применение средств математического моделирования и автоматизированного проектирования для разработки ЭПРА / Д.В. Пьянзин, О.П. Витковский // Материалы нано-, микро-, оптоэлектроники и волоконной оптики: физические свойства и применение. Сборник трудов 5^н всероссийской молодежной научной школы. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2006. - С.157-158.

5. Пьянзин, Д.В. Способ передачи цифровой информации на ИК-лучах в системе микропроцессорного управления освещением / Д.В. Пьянзин, О.П. Витковский, И.В. Журавлёв // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: Сб. науч. тр. IV Всерос. науч.-техн. конф./ Под ред. проф. Л.В. Абрамовой.- Саранск: СВМО, 2006. – С. 32-35.

6. Пьянзин, Д.В. Математическая модель системы управления электронным балластом для питания люминесцентных ламп / Д.В. Пьянзин // Естественно-технические исследования: теория, методы, практика (Межвузовский сборник научных трудов).-Вып. VI.- Саранск: Ковылк. тип., 2006. - С. 30-34.

7. Пьянзин, Д.В. Устройство дистанционного управления микроконтроллером с ШИМ / Д.В. Пьянзин, И.В. Журавлёв // Материалы XI научной конференции молодых ученых, аспирантов Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарева: в 3 ч. Ч.2: Естественные науки/сост. О.В. Бояркина; отв. За вып. В.Д. Черкасов - Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2006. - С. 102-103.

8. Пьянзин, Д.В. Энергосберегающая система дистанционного управления люминесцентным освещением на базе высокочастотных электронных ПРА / Д.В. Пьянзин, О.П. Витковский, И.В. Журавлёв // Наука и инновации в Республике Мордовия: материалы VI респ. науч.-практ. конф., г. Саранск, 8-9 февр. 2007г. / НИИГН при Правительстве РМ [и др.; редкол.: В.А. Нечаев (отв. ред.) и др.]. - Саранск, 2007. - С. 597-599.

9. Пьянзин, Д.В. Математическое моделирование submodule настройки режимов в системе управления ЭПРА / Д.В. Пьянзин, И.В. Журавлёв // XXXV Огарёвские чтения: материалы науч. конф.: в 2 ч. Ч.2. Естественные и технические науки / сост. О.И. Скотников; отв. За вып. В.Д. Черкасов.- Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. - С. 114-115.

10. Пьянзин, Д.В. Принцип построения локально-централизованной системы управления освещением / Д.В. Пьянзин // XXXVI Огарёвские чтения: материалы науч. конф.: в 3 ч. Ч.2. Естественные науки / сост. О.И. Скотников; отв. за вып. В.Д. Черкасов. - Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. - С. 260.

Список использованных источников

1. Агафонов, Г.А. На пути к полному контролю / Г.А. Агафонов // Install Pro Magazine, 2005, №6 (36). С. 68 – 69.

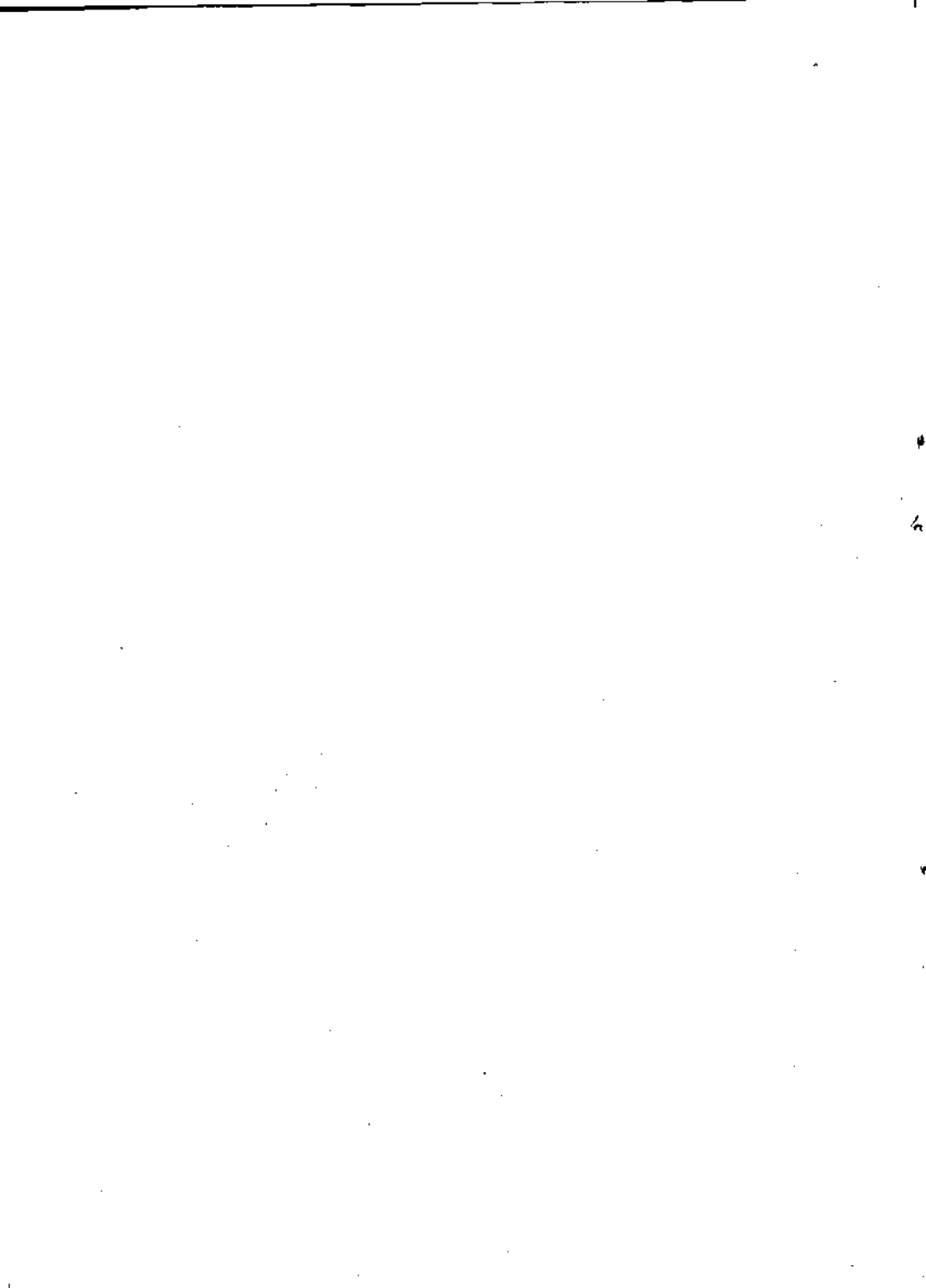
2. Варфоломеев, Л.П. Электронные пускорегулирующие аппараты и системы управления освещением. Новости светотехники. Выпуск 1 (36) / Л.П. Варфоломеев // Под редакцией Ю.Б. Айзенберга / М.: Дом Света, 2002. 15 с.

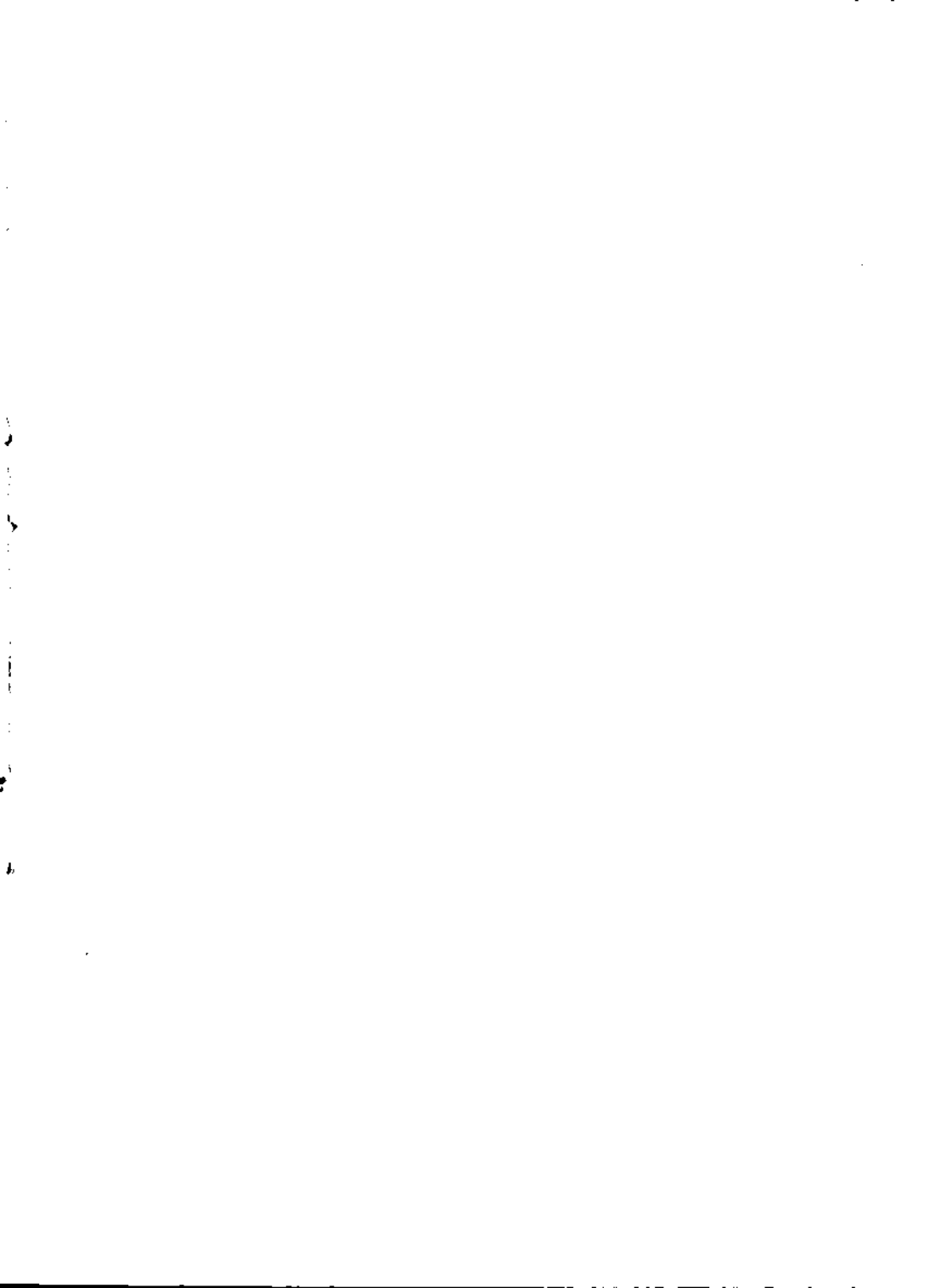
3. Обжерин, Е.А. Сравнительный анализ способов регулирования светового потока люминесцентных ламп / Е.А. Обжерин, Д.И. Панфилов, В.Д. Поляков // Светотехника, 2000, №3. С. 21 – 24.

4. Панфилов, Д.И. Управление внутренним освещением помещений / Д.И. Панфилов, В.Д. Поляков, Ю.Д. Поляков, Е.А. Обжерин, Е.М. Смирнов // Chip News, 2004, №2. С. 38 – 44.

5. Панфилов, Д.И. Централизованное управление внутренним освещением / Д.И. Панфилов, Е.М. Смирнов, В.Д. Поляков, Ю.Д. Поляков // Chip News, 2005, №1. С. 22 – 25.

Подписано в печать 07.05.09. Объем 1,0 п. л.
Тираж 100 экз. Заказ № 662.
Типография Издательства Мордовского университета
430005, г. Саранск, ул. Советская, 24





00-13008

2009A

13006