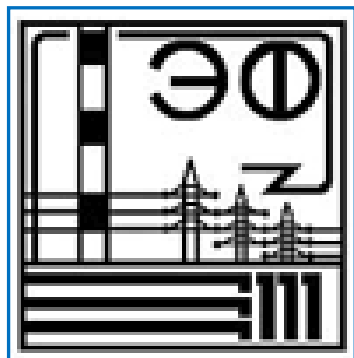


Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский национальный технический
университет

Энергетический факультет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ



**Материалы 70 – й
научно – технической
конференции
студентов и аспирантов**

Электронное издание

Минск 2014

УДК 621.311
ББК 31 я 43
А 43

Р е ц е н з е н т

Зав. кафедрой «Электротехника»
УО БГАТУ, доцент, к.т.н. *А.В. Крутов*

В сборник включены тезисы докладов 70-й научно-технической конференции студентов и аспирантов БНТУ по секциям: «Электрические станции»; «Электрические системы»; «Электроснабжение»; «Тепловые электрические станции»; «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника»; «Электротехника и электроника»; «Экономика и организация энергетики».

Белорусский национальный технический университет.

Энергетический факультет.

пр - т Независимости, 65/2, г. Минск, Республика Беларусь

Тел.: (017) 292-42-32 Факс: 292-71-73

E-mail: ef@bntu.by

<http://www.bntu.by/ef.html>

Регистрационный № ЭИ БНТУ/ЭФ39-___.2014

© Жуковская Т.Е., компьютерный дизайн, 2014
© БНТУ, 2014

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

ЖАРКО Д.Н.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ КОНСТАНТИНОВА С.В.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ ЗДАНИЙ

ПИСАРУК Т.В.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ КОЗЛОВСКАЯ В.Б.

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ТИПА ЛБ

МАРХЕЛЬ О.Л.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ КОЗЛОВСКАЯ В.Б.

УДК 621.3

ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Жарко Д.Н

Научный руководитель – к.т.н., доцент Константинова С.В.

В мировой практике газоснабжения накоплен достаточный опыт использования возобновляемых источников энергии, в том числе энергии биомассы. Наиболее перспективным газообразным топливом является биогаз (метан содержащие газы, которые образуются при анаэробном разложении органической биомассы). Биогаз дает возможность использовать самые современные средства теплоэнергетики - газовые турбины. Из одного м³ биогаза можно выработать около 2 кВт электроэнергии. Биогаз можно сжимать, накапливать, перекачивать излишки. В Швеции и Швейцарии биометан уже долгое время используется в городских автобусах (Volvo, Skania) и грузовых машинах. Удобрения, получаемые в виде переброженной массы - это экологически чистые удобрения, лишенные нитритов, болезнетворной микрофлоры, специфических запахов. Биогазовые установки могут устанавливаться как очистные, тем самым повышая санитарно-гигиеническое состояние предприятий. Производство биогаза позволяет предотвратить выбросы метана в атмосферу, снизить применение химических удобрений, сократить нагрузку на грунтовые воды.

По суточной производительности существующие биогазовые системы и установки можно разделить на 3 типа: малые биогазовые установки - до 50 м³/сут; средние биогазовые установки - до 500 м³ /сут; крупные биогазовые установки - до 100 тыс. м³/сут.

Установки Capstone активно применяются для обеспечения энергией в самых различных сферах. Три первые микротурбины Capstone C30 были установлены в 1998 году в США, город Галвестон штата Техас, на предприятии по добыче, переработке и транспортировке природного газа для обеспечения собственных потребностей в электроэнергии. Рекордный КПД — 96% впервые был достигнут при инсталляции микротурбины Capstone C30 в городском бассейне города Путен (Нидерланды) в 2000 году. Микротурбина работает в режиме когенерации, обеспечивает объект электроэнергией и теплом, подогревая воду и снабжая электричеством обслуживающую бассейн технику.

Один из первых проектов в области утилизации попутного нефтяного газа реализовала компания «ПанКанадиан Петролеум Лтд.» (PanCanadian Petroleum). С помощью микротурбин Capstone, способных работать на высокосернистом нефтяном газе, содержащем до 7% H₂S, компания начала производить электроэнергию за счет сокращения сжигания бросового газа в факелах. Специалисты отмечают низкую трудоемкость и стоимость обслуживания микротурбин, поскольку установки работают на воздушных подшипниках без использования смазки или охлаждающей жидкости. Ежегодное обслуживание заключается в основном в замене воздушного фильтра. Их можно смонтировать буквально за один день и сразу использовать, т.к. микротурбины поставляются в полной заводской готовности, отвечающей принципу «включи и работай». Именно поэтому микротурбины Capstone получили признание во всем мире.

ORC (Органический Цикл Ренкина) модули так же представляют собой эффективный и надежный способ выработки электроэнергии при относительно низких температурах тепловой энергии. Уже более десяти лет такие системы широко применяется по всему миру мощностью от нескольких кВт до 2 МВт. ORC – это термодинамический процесс, схожий с обычным паровым циклом, но с использованием другого носителя для работы турбины. ORC системы используют вместо воды высокомолекулярные органические жидкости, которые имеют более низкую температуру кипения. Органический носитель сжимается и движется в замкнутом контуре с помощью насоса. Он испаряется в трубчатом теплообменнике, поглощая тепловую энергию термального масла первого контура. Термальное масло, как правило, приобретает тепловую энергию от горячих дымовых газов, возникающих при сгорании любого топлива. Органические пары распространяются в специальной турбине,

которая приводит в движение электрический генератор, и конденсируются в другом теплообменнике с помощью охлаждающего носителя, например воды. После этого конденсат снова сжимается с помощью циркуляционного насоса, который закрывает термодинамический цикл. Ни термальное масло первого контура, ни охлаждающая жидкость не находятся в прямом контакте с органическим носителем. Это ключевая особенность ORC систем. Органический носитель претерпевает все фазные изменения жидкость-пар-жидкость в замкнутом герметичном контуре. Поэтому, вся система обладает исключительной надежностью и долговечностью. ORC- система позволяет гораздо более эффективно утилизировать дымовые тепловые газы, образованные в результате сгорания биомассы.

Принцип частичного потока в настоящее время является стандартом для таких условий, где выработка электроэнергии, имеет приоритет по сравнению с восстановлением тепла. Паровая фаза органической жидкости позволяет использовать низкие температуры для выработки электрической энергии в диапазоне от нескольких кВт до 2,5 МВт, в связи с чем система имеет следующие преимущества: высокая эффективность; высокий общий КПД турбины (до 85%); низкая механическая нагрузка на турбину из-за низкой расчетной скорости; низкая скорость вращения турбины позволяет применить прямое соединение генератора без использования коробки привода; в связи с широким использованием спектра органических носителей система способна осуществлять быстрый запуск и отлично работать как при полной, так и при частичной нагрузке; автоматический запуск и останов системы; возможность полной автоматизации работы системы при низких эксплуатационных и операционных расходах; отсутствие проблемы коррозии в связи с использованием не агрессивных органических жидкостей; отсутствие проблемы эрозии лопаток турбины в связи с «сухой» паровой фазой; низкий уровень шума; высокая степень заводской готовности модулей, что ведет к длительному сроку эксплуатации и надежности работы электростанции.

Биомасса очень сильно варьируется в размерах частиц, содержание влаги, зольности, теплоты сгорания и плотности в зависимости от ее источника (дерево, рисовая шелуха, волокна пальмового масла, и т.д.). Основной процесс производства энергии из биомассы это сжигание в печи котла. Современные системы сжигания биомассы контролируются, имеют высокую эффективность и не загрязняют окружающую среду. Эти современные системы сгорания часто используются в паровых котлах для генерации технологического пара или для ТЭЦ систем для работы паровой турбины с генератором. Недостатком паровых ТЭС до 1 МВт является тот факт, что эти системы являются дорогими в проектировании и эксплуатации из-за сложной системы управления, имеют проблемы с очисткой воды и требуют высокого давления пара. Эти недостатки отсутствуют в ORC турбогенераторе.

Способность генерировать электроэнергию на небольших электростанциях благодаря сжиганию биомассы и использованию системы термального масла делает их очень привлекательными. ORC технология экономически целесообразна для реализации теплоэлектростанций на биомассе электрической мощностью до 2,5 МВт. Такие системы успешно эксплуатируются в больших количествах в Европе. ORC процесс является весьма эффективным, надежным и легко управляемым. Все компоненты ORC-системы собраны и протестированы. Это снижает время установки и тестирования на месте эксплуатации. Очень важной особенностью таких систем является то, что конструкция турбогенератора позволяет осуществить быстрый запуск системы в течение нескольких минут, что является весьма привлекательным для использования данных систем в качестве пиковых миниэнергокомплексов, способствующих сглаживанию графика нагрузки энергосистемы. Возможность осуществления дистанционного управления, регулирования нагрузки; работа без постоянного оператора; удаленное управление данными мониторинга и устранения проблем делает такие системы базовым основанием для эффективной практической реализации концепции распределенных систем генерации. Возможность работы энергоустановок в автоматическом режиме, не требуя постоянного присутствия персонала при нормальном режиме работы упрощает создание центрального автоматического регулятора частоты и активной мощности, который позволит обеспечить автоматическое

регулировать работу электростанций и минимизировать отклонения балансов электрической мощности. В связи с чем развитие электромеханических систем распределенного генерирования электрической и тепловой энергии позволит эффективнее использовать топливно- энергетические ресурсы.

Литература

1. Г. Ф. Быстрицкий, Е. А. Хлебников Микротурбинные установки в малой энергетике. – М.:ИД «Панорама», Изд-во «Совпромиздат» // Главный энергетик. – 2010 г – № 6 – С. 41–48.В. А.
2. Коротинский., К. Э. Гаркуша Перспективы развития возобновляемой энергетики в Беларуси // Энергосбережение. Практикум. –2009. – № 11. – С. 23
3. А. Короткевич, О Фомина. Баланс мощностей Белорусской энергосистемы и проблема регулирования суточного графика нагрузок // Энергетика и ТЭК. - 2008. – № 4 - С. 12-15.
4. Константинова С.В Электрогенерирующие установки нового поколения для пиковых мини-энергокомплексов / Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ Энергетика, №1, январь-февраль, Минск, 2012 .- С.23-30..
5. Электростанции и ТЭЦ по технологии ORC - органический цикл Рэнкина [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа:<http://www.bio-prom.net/index.php?id=8346&L=4> . – Дата доступа: 10.06.2014
6. Что такое ОРЦ - Органический Цикл Ренкина [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа:<http://www.domusrapide.com.ua/novosti/chto-takoe-orts-organicheskiy-tsikl-renkina>. – Дата доступа: 10.06.2014.

УДК 621.3

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ ЗДАНИЙ

Писарук Т.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В.Б.

Проектирование освещения общественных зданий – это сложный процесс. Энергосбережение достигается благодаря использованию качественного светотехнического оборудования в сочетании с датчиками движения, освещенности, температуры, а также настройке системы в соответствии с заданными параметрами, например, по времени. Освещение может автоматически включаться и выключаться в соответствии с режимом рабочего времени и присутствием людей в помещении, а в течение дня требуемый уровень освещенности поддерживается с учетом наличия в помещении естественного света.

Наряду с энергосбережением, использование системы управления освещением позволяет решить целый ряд других задач на объекте, а именно:

создать комфортные условия работы для сотрудников, даже если в помещении отсутствует естественное освещение.

обеспечить удобство управления режимами освещения.

привлечь внимание к объекту.

значительно снизить затраты на внесение изменений в проект.

Добиться наиболее полного и точного учета наличия дневного света, равно как и учета присутствия людей в помещении, можно, применяя **средства автоматического управления освещением (СУО)**. Управление осветительной нагрузкой осуществляется при этом двумя основными способами: **отключением всех или части светильников (дискретное управление)** и **плавным изменением мощности светильников** (одинаковым для всех или индивидуальным).

К **системам дискретного управления освещением** в первую очередь относятся различные фотореле (фотоавтоматы) и таймеры. Принцип действия первых основан на включении и отключении нагрузки по сигналам **датчика наружной естественной освещенности**.

Вторые осуществляют коммутацию осветительной нагрузки в зависимости от времени суток по предварительно заложенной программе.

К **системам дискретного управления освещением** относятся также **автоматы, оснащенные датчиками присутствия**. Они отключают светильники в помещении спустя заданный промежуток времени после того, как из него удаляется последний человек. Это наиболее экономичный вид систем дискретного управления, однако к побочным эффектам их использования относится возможное сокращение срока службы ламп за счет частых включений и выключений.

Системы плавного регулирования мощности освещения по своему устройству несколько сложнее. Принцип их действия поясняет рисунок 1.

В последнее время многими зарубежными фирмами освоено производство **оборудования для автоматизации управления внутренним освещением**. Современные системы управления освещением сочетают в себе значительные возможности экономии электроэнергии с максимальным удобством для пользователей.

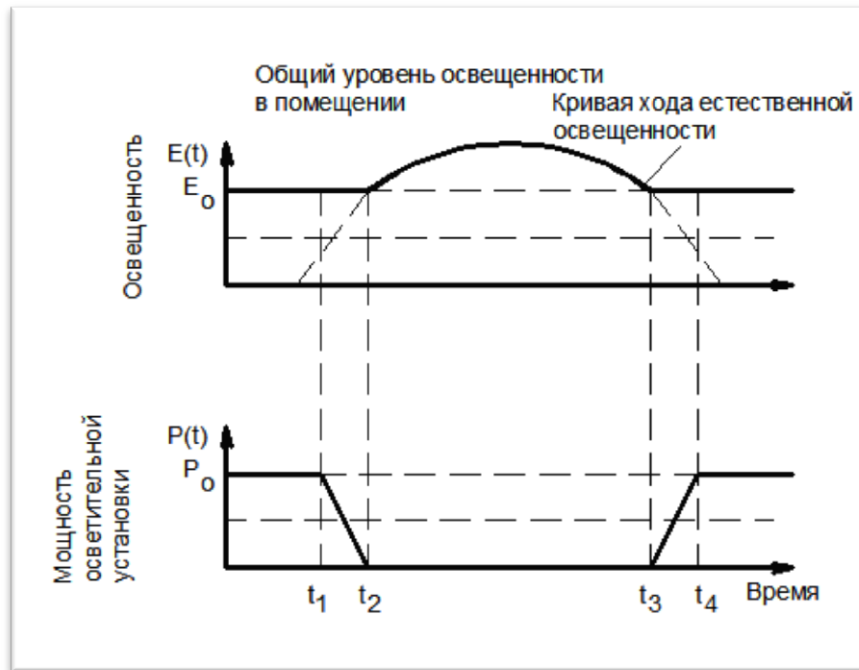


Рисунок 1 – Принцип действия системы плавного регулирования освещения

Основные функции автоматизированных систем управления освещением

Автоматизированные системы управления освещением, предназначенные для использования в общественных зданиях, выполняют следующие типичные для этого вида изделий функции:

1. Точное поддержание искусственной освещенности в помещении на заданном уровне. Достигается это введением в систему управления освещением фотоэлемента, находящегося внутри помещения и контролирующего создаваемую осветительной установкой освещенность.

2. Учет естественной освещенности в помещении. Эта функция может осуществляться тем же фотоэлементом, что и в предыдущем случае, при условии, что он отслеживает полную (естественную + искусственную) освещенность. При этом экономия энергии может составлять 20 - 40%.

3. Учет времени суток и дня недели. Для ее реализации автоматизированная система управления освещением должна быть оборудована собственными часами реального времени.

4. Учет присутствия людей в помещении. Получаемая за счет отключения светильников по сигналам таймера и датчиков присутствия экономия электроэнергии составляет 10 - 25 %.

5. Дистанционное беспроводное управление осветительной установкой. Часто присутствует в автоматизированных системах управления освещением благодаря тому, что ее реализация на базе электроники системы управления освещением очень проста, а сама функция добавляет значительное удобство в управлении осветительной установкой.

Классификация систем автоматического управления освещением

1. Локальные системы управления освещением. В большинстве случаев не требуют дополнительной проводки, а иногда даже сокращают необходимость в прокладке проводов. Конструктивно они выполняются в малогабаритных корпусах, закрепляемых непосредственно на светильнике или на колбе одной из ламп. Все датчики, как правило, составляют один электронный прибор, в свою очередь, встроенный в корпус самой системы. В то же время у локальных систем есть целый ряд недостатков, в числе которых: ограниченное количество подключаемых светильников, управляющих устройств и необходимость прокладки отдельного кабеля управления к каждой группе светильников;

отсутствие функции управления освещением по времени; невозможность расширения и масштабирования системы в случае необходимости.

2 Централизованные системы управления освещением наиболее полно отвечают названию "интеллектуальных", строятся на основе микропроцессоров, обеспечивающих возможность практически одновременного многовариантного управления значительным (до нескольких сотен) числом светильников. Такие системы могут применяться либо только для управления освещением, либо также и для взаимодействия с другими системами зданий (например, с телефонной сетью, системами безопасности, вентиляции, отопления и солнцезащитных ограждений). Централизованные системы выдают также управляющие сигналы на светильники по сигналам локальных датчиков. Однако преобразование сигналов происходит в едином (центральном) узле, что предоставляет дополнительные возможности вручную управлять освещением здания. Одновременно существенно упрощается ручное изменение алгоритма работы системы. Главным недостатком централизованных систем управления освещением является то, что вся информация и все настройки хранятся в центральном контроллере. В случае выхода его из строя или плановой замене потребуется перенастройка всей системы.

3. Комплексные системы управления освещением лишены, практически, всех недостатков первых двух вариантов. Это многоуровневые системы, благодаря которым можно управлять освещением в целом здании или даже в комплексе зданий. Проектирование и внедрение комплексных систем управления освещением в зданиях, с учетом приобретения светотехнического оборудования, требует значительных финансовых затрат, но окупается в течение нескольких лет, поскольку позволяет экономить не только электроэнергию, потребление которой существенно снижается по сравнению с аналогичными объектами, не имеющими таких систем, но и снижает эксплуатационные затраты.

Существующий ассортимент автоматизированных систем управления освещением (СУО) делится на три класса:

1. **СУО светильника** - простейшая малогабаритная система, конструктивно являющаяся частью светильника и управляющая только либо одной группой нескольких близлежащих светильников.

2. **СУО помещения** - самостоятельная система, управляющая одной или несколькими группами светильников в одном или нескольких помещениях.

3. **СУО здания** - централизованная компьютеризованная система управления, охватывающая освещение и другие системы целого здания или группы зданий.

Большинство компаний-производителей **систем управления освещением (СУО) светильников** изготавливают эти системы в виде отдельных блоков, которые могут быть встроены в светильники различных типов.

Рассмотрим схему автономной системы управления освещением отдельного помещения. Функциональная схема представлена на рисунке 2:

Проектируемый источник освещения состоит из нескольких блоков, каждый из которых выполняет определенную функцию. Электрическая схема устройства состоит из следующих основных компонентов:

- устройство анализа освещенности, состоящее из фоторезистора и микроконтроллера;
- следающее устройство;
- блок питания
- блок управления освещением
- модуль преобразования уровней

УДК 621.3

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ТИПА ЛБ

Мархель О.Л.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В.Б.

На данном этапе развития человечества большое внимание уделяется проблеме экономии электроэнергии. Одно из направлений решения стоящей проблемы заключается в экономии электроэнергии на освещение, в том числе и промышленных предприятий. Энергосбережение при освещении помещений возможно только при использовании систем управления локальной освещенностью, которые реагируют на наличие людей в помещениях и изменение внешнего освещения (свет из окон). Выгода обуславливается количеством часов использования осветительной нагрузки. Рассмотрим регулирование освещенностью на базе люминесцентных ламп. Для этого используют управляемые электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА).

Управление световым потоком люминесцентных ламп, возможно, осуществлять либо путем полного отключения питания люминесцентных ламп, либо изменением напряжения и тока люминесцентных ламп. К преимуществам первого метода можно отнести максимально возможное энергосбережение, однако при этом невозможно осуществлять плавное управление световым потоком люминесцентных ламп. При использовании управляемых ЭПРА главным недостатком является наличие энергопотребления даже при отсутствии разряда в лампе. В этом режиме имеет место потребление схемы управления электронным балластом и также имеют место потери в катодах лампы, необходимые для прокала.

Управление световым потоком люминесцентных ламп возможно тремя способами: амплитудное регулирование, частотное регулирование и широтно-импульсное регулирование напряжения на выходе силового инвертора ЭПРА. На рис.1 представлена силовая блок-схема ЭПРА. Амплитудное регулирование можно производить путем изменения значения напряжения на выходе корректора коэффициента мощности. В ЭПРА с амплитудным управлением необходимо использовать схему понижающего преобразователя, одновременно реализующего функцию корректора коэффициента мощности. Значения частоты и длительности паузы при широтно-импульсном регулировании задается с помощью системы управления инвертора.

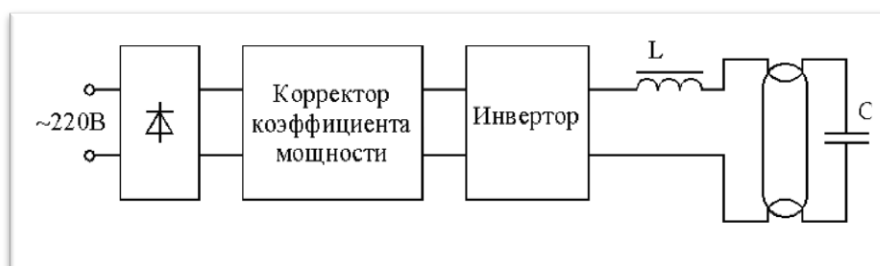


Рисунок 1. Силовая блок-схема ЭПРА.

Для сравнения различных способов регулирования светового потока была разработана модель электронного балласта и люминесцентной лампы, на базе модели, предложенной Краснопольским А.Е. [1]. Схема смоделированного электронного балласта и лампы представлена на рис.2.

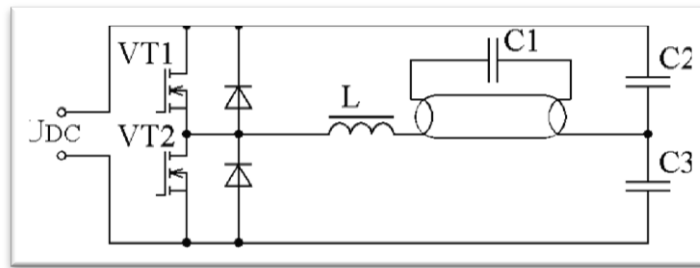


Рисунок 2. Электронный балласт

Силовой инвертор, в первом приближении с большой долей точности, можно заменить на двуполярный источник напряжения. Люминесцентная лампа представляет собой нелинейное сопротивление. Модель люминесцентной лампы построена на базе аппроксимационных выражений, основанных на средней концентрации электронов. Модель балласта и люминесцентной лампы представляет собой систему нескольких дифференциальных уравнений, для решения которых использовался метод численного интегрирования. Для получения действующей модели необходимо совместить уравнения модели лампы с дифференциальными уравнениями и уравнениями Кирхгофа для электрической модели балласта.

Для моделирования использовалась лампа мощностью 20 Вт. В результате были получены временные диаграммы работы балласта и лампы в установившемся режиме, представленные на рис. 3. Все временные диаграммы получены для работы лампы в номинальном режиме.

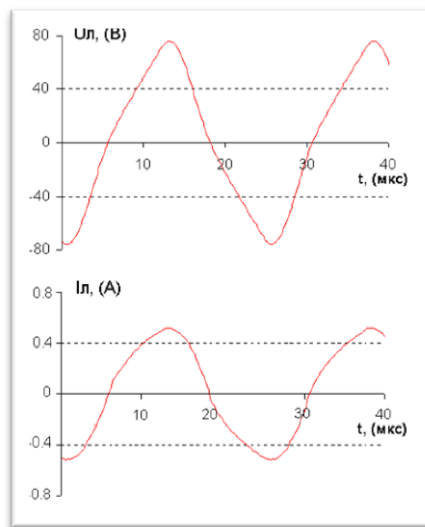


Рисунок 3. Временные диаграммы результатов моделирования

Изменяя значения напряжения питания, частоты и интервал паузы, можно смоделировать все способы изменения светового потока. С большой долей точности можно считать, что светоотдача лампы пропорциональна мощности разряда в лампе. Ниже на рис 4. представлены результаты моделирования частотного регулирования и для сравнения приведены результаты практического макетирования при тех же самых параметрах балласта и люминесцентной лампы.

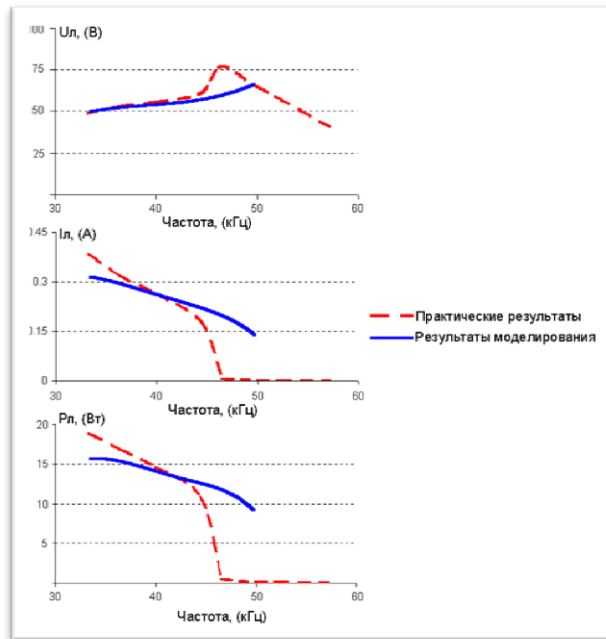


Рисунок 4. Результаты моделирования и макетирования частотного способа управления

При выборе наиболее приемлемого способа управления световым потоком, с точки зрения управляемости, необходимо учитывать линейность характеристики. Для частотного управления зависимость рассеиваемой мощности от частоты имеет ярко выраженный нелинейный характер.

На рис.5 представлены результаты моделирования и практического макетирования амплитудного управления напряжением питания инвертора. Зависимость выделяемой мощности от напряжения имеет гораздо более линейный характер в широком диапазоне изменения напряжения питания, чем при частотном управлении. Максимальному напряжению лампы соответствует момент затухания разряда в лампе.

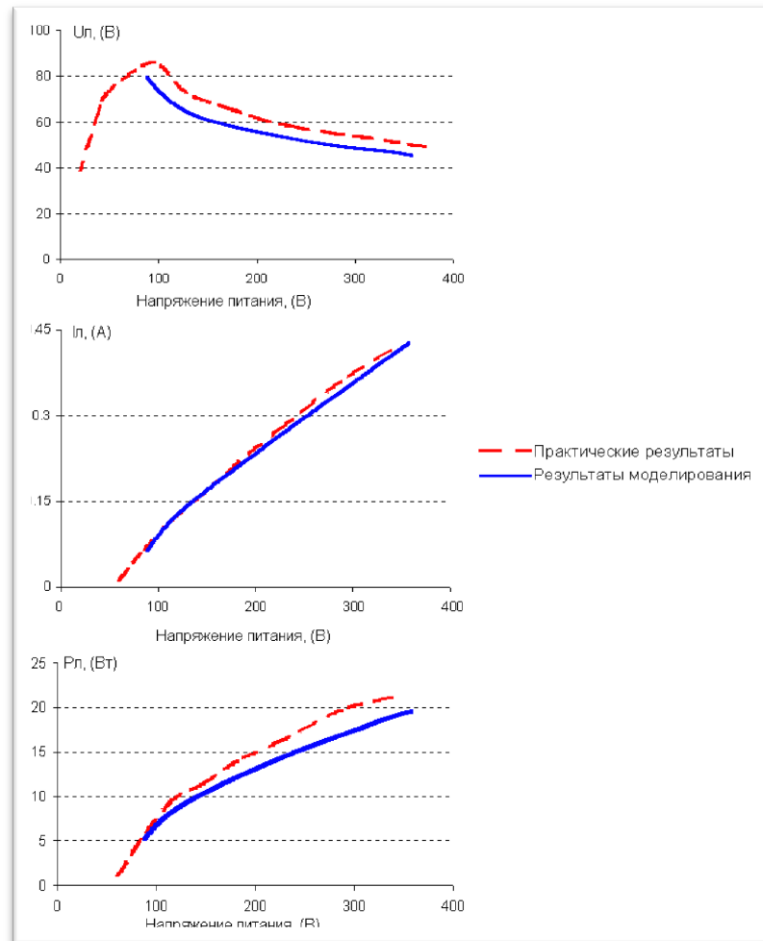


Рисунок 5. Результаты моделирования и макетирования амплитудного способа управления

Рассмотрим результаты моделирования широтно-импульсного регулирования. На рис.6 представлены временные диаграммы токов лампы и дросселя для режима работы лампы, при длительности паузы больше граничной.

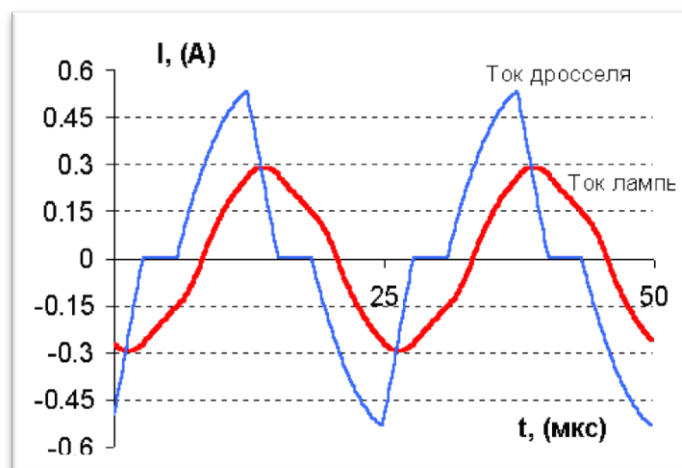


Рис. 6. Временные диаграммы моделирования широтно-импульсного способа управления

Имеет место достаточно линейный спад мощности рассеиваемой на лампе, при длительности паузы больше граничного значения. На рис.7 представлены зависимости тока, напряжения и мощности лампы от длительности паузы, при этом хорошо видна точка излома характеризующая граничный режим. Регулировка мощности лампы наблюдается в широком диапазоне мощностей, что дает хорошие предпосылки для использования этого метода в системах управления светом.

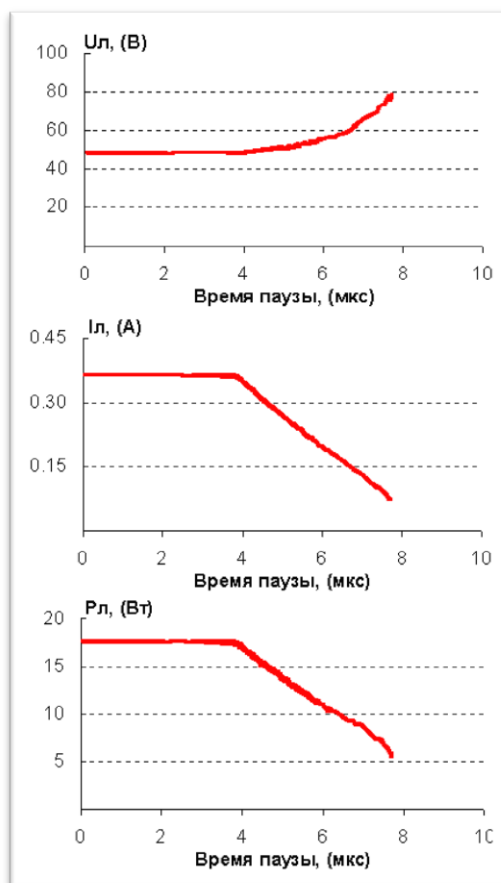


Рисунок 7. Результаты моделирования широтно-импульсного способа управления

Таким образом можно сделать следующие выводы:

Наилучшие результаты с точки зрения ширины диапазона регулирования мощности и линейности регулирования показало моделирование амплитудного и широтно-импульсного способа регулирования. Однако при построении управляемых ЭПРА одними из самых важных вопросов являются себестоимость и потери в ЭПРА. С точки зрения энергосбережения наихудшим представляется использование амплитудного регулирования.

Литература

Краснопольский А.Е. и др. Пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп./ А.Е. Краснопольский, В.Б. Соколов, А.М. Троицкий. Под общ. ред. А.Е. Краснопольского. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 206 с.

Панфилов Д.И., Поляков В.Д., Обжерин Е.А. Сравнительный анализ способов регулирования светового потока люминесцентных ламп. <http://www.promel2000.com/index.php/ruspublic/21-svetregul>