

СЕКЦИЯ 3. ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

УДК 57.085.23

А. Л. АНЕЙЧИК, А. С. МИТИЛОВИЧ

УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

Гистология – (от греч. *histos* – ткань, *logos* – учение) наука о строении, развитии и жизнедеятельности тканей человека. Из этого определения следует, что главным предметом изучения гистологии является ткань. Ткани представляют собой систему клеток и неклеточных структур, объединившихся и специализировавшихся в процессе филогенеза и онтогенеза для выполнения важнейших функций в организме.

Врачи используют методику прощупывания (пальпацию) как часть врачебного исследования, чтобы диагностировать различные патологические процессы в теле человека. Наличие «жестких» участков ткани ассоциируется с патологией и часто представляет ранний сигнал о заболевании, как в случае рака грудной железы или простаты. Часто при хирургических вмешательствах обнаруживают опухоли, которые возможно обнаружить малочисленными современными инструментальными методами. Это предполагает, что методы оценки «твёрдости» ткани являются дополнительными к обследованию с помощью обычного медицинского оборудования.

В данной работе была разработана установка для испытания биологических тканей *in vitro*, которая дает возможность исследования материала с минимальным использованием специальных приборов, занимает минимальное количество времени, что немаловажно при хирургическом вмешательстве. На рисунке 1 приведена схема установки.

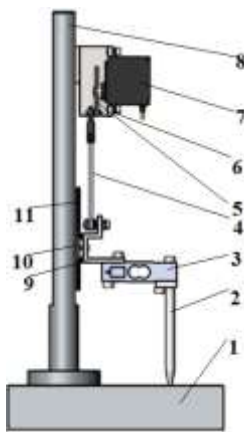


Рисунок 1 – Схема установки:

1 – основание; 2 – индентор; 3 – тензодатчик балочного типа; 4 – оська (рычаг); 5 – крылатка (рычаг); 6 – кронштейн; 7 – сервопривод; 8 – стойка; 9 – кронштейн; 10 – каретка; 11 – направляющая

Установка состоит из двигателя(сервопривода), выходной вал которого через кривошипно-шатунную передачу соединен с подвижным концом шарнирно закрепленного на основании рычага, и к этому подвижному концу жестко прикреплены последовательно тензодатчик, который регистрирует перемещение контактной поверхности и суммарной силы воздействия на образец ткани, и контактирующий элемент (индентор), посредством которого осуществляется механическое воздействие на образец биологической ткани.

Один из вариантов обработки записанной информации состоит в том, что на участке времени, когда тактильный датчик находится в контакте с объектом исследования, вычисляется отношение величины возникающей силы к величине вертикального перемещения тактильного датчика и далее это отношение усредняется по времени. Данный критерий позволяет получить усредненную оценку плотности образца. Аналогичное усреднение по времени дисперсии показаний датчиков давления дает оценку неоднородности ткани.

Список литературы

1. Коболев, А. В. Нелинейные вязкоупругие свойства биологических тканей / А. В. Коболев, Л. Т. Смолюк, Р. М. Коболева, Ю. Л. Проценко. – Екатеринбург : УрО РАН, 2012.
2. Перцова, С. С. Конспекты по медицинской и биологической физике / С. С. Перцова [и др.]. – М. : МГМСУ им. А. И. Евдокимова, 2017. – 175 с.

Анейчик Ангелина Леонидовна, студентка 5-го курса приборостроительного факультета Белорусского национального технического университета, Минск, Беларусь, angelina16111998@gmail.com.

Митлович Александра Сергеевна, студентка 5-го курса Белорусского государственного медицинского университета, Минск, Беларусь.

Научный руководитель – *Минченя Владимир Тимофеевич*, кандидат технических наук, профессор, Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь.

УДК.620.9

Д. В. АПЛЕВИЧ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ДЛЯ БОРЬБЫ С COVID-19

Рассмотрены ультрафиолетовые излучатели, а также их конструкция, области применения и использование в целях борьбы с COVID-19.

Ультрафиолетовым излучением называют невидимое для человека излучение, занимающее область рентгеновским и видимым спектром. Этот спектр делят на дальний и ближний.

Ультрафиолетовые лучи – это электромагнитные колебания частотой от 10^{15} до 10^{17} Гц. Примыкают к фиолетовому участку видимой части спектра и вызывают сильную ионизацию воздуха, интенсивные фотоэлектрические и химические явления, обладают бактерицидными и разнообразными биологическими действиями.

Ультрафиолетовые излучатели можно получить от ультрафиолетовых ламп [1].

Источниками ультрафиолетового излучения являются ртутно-кварцевые и газоразрядные лампы, эффективность работы которых достигает до 99 %.

Для повышения пропускания ультрафиолетовых лучей в помещениях применяют увиолевые стекла.

Разделяют ультрафиолетовые лучи на:

- 1) лучи коротковолнового диапазона (длина волны от 0,20 до 0,28 мкм);
- 2) ультрафиолетовые лучи коротковолнового диапазона (от 0,28 до 0,32 мкм);
- 3) ультрафиолетовые лучи длинноволнового диапазона (от 0,32 до 0,40 мкм).

Изготовления бактерицидных ламп, снижения поражения овощей и фруктов плесенью, сохранение свежести мясных продуктов, дезинсекция складских помещений, обеззараживание воздуха от бактерий, возбуждение светящихся и флюоресцирующих веществ в робототехнике – вот для чего применяются такие излучения [2].



Рисунок 1 – Облучатель ультрафиолетовый бактерицидный ОУФБ-04 «Солнышко»

Можно выделить следующие плюсы использования ультрафиолетовых ламп:

- 1) данные лампы абсолютно безопасны для здоровья;

- 2) лампа способствует выработке витамина D, который необходим для усвоения кальция в организме;
- 3) лампы данного типа можно сделать и в домашних условиях, однако самодельный источник света будет открытого типа;
- 4) простой монтаж и мобильность позволяют поместить прибор там, где хочется.

Для обеззараживания воздуха и предметов традиционно используется ультрафиолетовое облучение. На сегодняшний день доказана эффективность использования ультрафиолетовых ламп в целях профилактики COVID-19. Тем не менее, это считается дополнительным средством, поэтому лампы рекомендуется применять дополнительно к дезинфицирующим средствам, а также время их использования не должно превышать пятнадцати минут. Устройством для домашнего использования можно обеззараживать квартиру в течение получаса в день, включать его нужно на 15 минут, затем сделать перерыв на четверть часа, и повторно активировать прибор еще на такое же время. В таком режиме он работает в помещении площадью до 20 квадратных метров [3].

ОУФБ-04 «Солнышко» облучатель ультрафиолетовый бактерицидный помогает не допустить распространение опасной микрофлоры в быту. Излучатели под такой маркой необходимы для обеззараживания помещения, не более 15 кв. м. Также они используются для терапевтического лечения взрослых и детей. На корпусе есть экран, применяемый для лечения заболеваний, очистки воздуха. В комплекте есть разные насадки, тубусы, а также защитные очки и биодозиметр [4].

Прибор может использоваться для обеззараживания небольших помещений и различного рода поверхностей в них, а также при лечении следующих заболеваний.

1. Грипп, ОРВИ и осложнения после них (острый тубоотит, острый ларинготрахеит, тонзиллит, острое воспаление верхнечелюстных пазух (гайморит) и т.д.).
2. Заболевания слизистых оболочек горла и носа.
3. Вазомоторный ринит, острый хронический ринит.
4. Заболевания наружного слухового прохода.
5. Острый пародонтит, хронический пародонтоз, стоматит, инфильтраты после удаления зубов, воспаления десен.
6. Гнойные раны, трофические язвы.
7. Чистые раны.
8. Бронхит.
9. Бронхиальная астма.
10. Переломы костей.
11. УФО в послеоперационном периоде.

Таким образом, ультрафиолетовые излучатели, на сегодняшний день, являются неотъемлемой частью жизни каждого человека, а в условиях пандемии приобрели еще большую популярность. Данные приборы получили широкое распространение в таких областях как: медицина, сельское хозяйство, ремонт, робототехника, астрономия и др. Принцип работы данных излучателей создан самой природой, а самым мощным источником излучения является Солнце. Для профилактики заболеваний лучше остановить выбор на ультрафиолетовых устройствах с излучением в границах 280–410 нм. Для специальных приборов, например, дезинфицирующих воду, следует выбирать лампу с мощностью излучения в пределах, указанных в сопроводительной инструкции. Дезинфекция в период пандемии – что-то гораздо большее, чем мытье рук с мылом или влажная уборка. Из-за распространения коронавируса ученые всего мира ищут надежные и недорогие способы профилактики COVID-19 и обеззараживания. Человечество давно обратило внимание на дезинфицирующие свойства ультрафиолетового излучения. Эксперты во всем мире уже подчеркнули, что использование ультрафиолетовых излучателей в борьбе с коронавирусом – это надежный способ обезопасить свое здоровье.

Список литературы

1. Полный обзор и правила выбора ультрафиолетовой лампы [Электронный ресурс] // lampasveta. – 2021. – Режим доступа: <https://lampasveta.com/ultrafiolotovye/polnyj-obzor-uv-lamp>. – Дата доступа: 22.02.2021.
2. Ультрафиолетовые излучатели [Электронный ресурс] // Студопедия. – 2015. – Режим доступа: https://studopedia.ru/18_58097_ultrafiolotivie-izluchатели.html. – Дата доступа: 22.02.2021.
3. Ультрафиолетовая лампа для домашнего использования [Электронный ресурс] // Sovet24. – 2021. – Режим доступа: <https://sovet24.ru/541-ultrafiolotovaya-lampa-dlya-domashnego-ispolzovaniya.html>. – Дата доступа: 22.02.2021
4. Ультрафиолетовая лампа для домашнего использования [Электронный ресурс] // Совет инженера. – 2020. – Режим доступа: <https://sovet-ingenera.com/elektrika/svetylnik/ultrafiolotovaya-lampa-dlya-domashnego-ispolzovaniya.html>. – Дата доступа: 22.02.2021.

Ultraviolet emitters, as well as their design, areas of application and use in the fight against Covid-19. Ultraviolet emitters, today, are an integral part of every person's life, and in a pandemic they have gained even more popularity. Humanity has long paid

attention to the disinfecting properties of ultraviolet radiation. Experts around the world have already emphasized that the use of ultraviolet emitters in the fight against coronavirus is a reliable way to protect your health.

Аплевич Диана Валерьевна, студентка 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, dinazaug2001@gmail.com.

Научный руководитель – *Комар Владимир Николаевич*, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно Беларусь.

УДК 620.9

Д. В. АПЛЕВИЧ

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Рассмотрены некоторые аспекты системной инженерии в энергетике, понятие о системной инженерии и системном анализе.

Цель представленной работы – отразить некоторые аспекты системной инженерии в энергетике и повысить признание принципов, методов и подходов системной инженерии, а также содействовать обмену опытом в различных областях системной инженерии.

Рост масштабов и усложнение способов организации человеческой деятельности по созданию систем, повышение степени ответственности за её результаты, быстрое возрастание сложности возникающих при этом научных, технических и управленческих проблем привели к появлению в середине XX века новой прикладной системной методологии – системной инженерии [1].

Проектирование и создание сложных энергетических систем в настоящее время едва ли можно представить без системной инженерии. Для поддержки проектирования, разработки и строительства сложных энергетических систем и объектов ведущие инжиниринговые компании и технические университеты разработали эффективные методы управления жизненным циклом, инженерии требований, разработки системной архитектуры, управления конфигурацией и данными.

Системная инженерия XXI века проходит этап обновления, вызванный возрастающим уровнем сложности создаваемых систем и требований к ним. В связи с этим, сообщество системной инженерии столкнулось с новыми проблемами, требующими новых подходов к их решению, дальнейшего развития существующих методов и разработки новой системы стандартов, а также инноваций в области обучения и подготовки квалифицированных специалистов [2].

Системная инженерия – это междисциплинарный подход и методика, определяющая полный набор технических и управленческих усилий, которые нужны для того, чтобы преобразовать совокупность потребностей и ожиданий заинтересованных лиц, с одной стороны, и имеющихся ограничений – с другой, в эффективные системные решения и обеспечить реализацию этих решений в течение жизненного цикла системы [3; 4; 5].

Системная инженерия носит междисциплинарный характер. Изучаемые ею законы и закономерности не зависят от конкретного типа системы.

Объектом системной инженерии являются системотехнические комплексы (СТК). Варианты СТК – это сложные системы, большие системы, системы «человек-машина», интегральные системы.

Предметом изучения системной инженерии выделяют проектирование систем, включая в него:

- методологию поиска системных характеристик СТК;
- методы формирования эффективной системы процедур проектирования;
- процессы испытаний, производства, установки, эксплуатации и демонтажа, т. е. процессы использования и ликвидации СТК.

Теоретической базой системной инженерии является общая теория системы (ОТС).

Одним из основных методов системной инженерии является системный подход с его конкретными видами реализации – системным анализом.

Из множества определений, системный анализ можно представить как научное направление, обеспечивающее на основе системного подхода разработку методов и процедур решения слабоструктурированных проблем при наличии существенной неопределенности.

Системный анализ основан на комплексном системном подходе к решению проблем, что в случае сложных систем большого масштаба является единственной гарантией принятия решения, близкого к оптимальному [6].

Системная инженерия, научно-техническая дисциплина, охватывающая вопросы проектирования, создания, испытания и эксплуатации сложных систем (больших систем, систем большого масштаба, large scale systems).

В множестве определений системной инженерии можно, однако, выделить общее. При этом необходимо учитывать, что системная инженерия многогранна и поэтому ее определение носит комплексный характер.

Системная инженерия представляет собой:

1) сферу деятельности, выделившуюся из традиционной инженерной практики и направленную на организацию процесса создания, использования и развития сложных инженерных систем (т. е. стыковку проектных задач и кооперацию специалистов различных профилей, решающих эти задачи), обеспечение интеграции частей системы в единое целое;

2) область знания, комплексную научно-техническую дисциплину, объединяющую:

- средства, методы, принципы анализа и организации инженерной деятельности;

- средства, методы, приемы и процедуры проектирования и исследования сложных инженерных систем;

- знания, средства и методы современных математических, технических естественнонаучных и общественных дисциплин, используемых для исследования и проектирования сложных систем и организации инженерной деятельности;

3) конкретно-методологическую позицию, связанную с целостным рассмотрением инженерной системы, процесса ее исследования, проектирования, создания и развития, а также с использованием идей кибернетики и системного подхода.

Важнейшим компонентом методологического базиса системной инженерии являются официальные международные стандарты, содержащие описание подходов и методов создания систем различных классов и назначения, а также определяющие правила работы в данной сфере. Стандарты и нормативные руководства по системной инженерии разрабатываются в основном тремя организациями: Объединенным техническим комитетом ИСО/МЭК, Институтом инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) и Международным советом по системной инженерии (International Council on Systems Engineering – INCOSE), которые занимаются стандартизацией в области системной инженерии по согласованным между собой программам. Темпами идет работа по созданию новых [7].

Ситуацию в электроэнергетике, в том числе потребность в кадрах, в перспективе будут определять следующие факторы [8]:

- неуклонный рост спроса на электрическую и тепловую энергию на фоне морального и физического старения оборудования;

- инновационная модернизация электроэнергетики как политического курса: развитие систем когенерации и тригенерации на базе ПГУ-ТЭЦ, переход на парогазовый цикл, освоение чистых угольных технологий и реакторов на быстрых нейтронах, развитие распределенной генерации и нетрадиционных источников энергии;

- переход на «умные сети» (Smart Grids и Micro Grids технологий) [9];

- энергосбережение и рост энергоэффективности путем модернизации многих технических систем (в том числе на стороне потребителей), увеличения глубины технического регулирования (диспетчирования) в отрасли, которая будет затрагивать потребителей и маломасштабные источники энергии, а также системы накопления энергии;

- развитие отраслевой системы технического регулирования, что приведет к формированию многообразного и непрерывно изменяющегося комплекса требований к техническим системам.

Таким образом, анализ источников информации позволяет сформулировать некоторые из основных исходных положений, принятых в процессе применения системной инженерии для энергетических систем [8; 9; 10; 11; 12]:

1. В мире выработаны две концепции преодоления энергетического голода – Smart Grids и Micro Grids, причем совместное использование двух подходов позволяет добиться синергетического эффекта, обеспечивающего возрастание эффективности деятельности энергетических систем с применением методов, средств и технологий системной инженерии, а также в результате интеграции, слияния отдельных частей в единую систему, благодаря т. н. системному эффекту (эмерджентности), предполагающему возникновение у системы новых свойств за счет взаимодействия составляющих систему модулей.

2. Суть применения концептуальных основ системной инженерии для развития интеллектуальной, распределенной энергетики заключается в следующем:

- в разработке системотехнических методов и средств, обеспечивающих реализацию многофункциональности, многотопливности, типовой модульности построения автономных систем энергоснабжения, а также в использовании возобновляемых источников энергии (ВИЭ), местных энергоресурсов и сбросового тепла;

- в разработке и реализации типовых проектных решений и единого обобщенного универсального унифицированного типового проекта, который отвечал бы современным техническим требованиям,

предъявляемым к многофункциональным энерготехнологическим комплексам (МЭК) в автономных системах энергоснабжения (АСЭС);

- в согласованности характеристик энергетических модулей как традиционных, так и возобновляемых источников энергии.

Список литературы

1. Системная инженерия и задачи инженерной подготовки в ТПУ. Аналитический обзор [Электронный ресурс] / Томский политехнический университет. – 2012. – Режим доступа: https://portal.tpu.ru/departments/head/methodic/level/syst_engineerin/Tab/Syst.pdf. – Дата доступа: 05.03.2021.
2. Системная инженерия как важнейший элемент современного инженерного образования / Г. В. Аркадов [и др.] // Ассоциация инженерного образования России. – 2012. – № 9. – С. 12–25.
3. Николаев, В. И. Системотехника: методы и приложения / В. И. Николаев, В. М. Брук. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 199 с.
4. Горохов, В. Г. Методологический анализ системотехники / В. Г. Горохов. – М. : Радио и связь, 1982. – 160 с.
5. Батоврин, В. К. Основания системной инженерии. Определения системной инженерии [Электронный ресурс] / В. К. Батоврин // INCOSERUS-2015. – Режим доступа: https://incoserus.weebly.com/se_definitions.html. – Дата доступа: 07.03.2021.
6. Волчок, В. А. Элементы системного подхода к формированию информационных ресурсов в корпоративной информационной инфраструктуре университета // Вестн. Гродн. гос. ун-та им. Янки Купалы. Сер. 2, Информатика. – 2007. – № 2 (52). – С. 84–88.
7. Березовский, К. Системная инженерия: настоящее и будущее [Электронный ресурс] / К. Березовский // Starbase-2013. – Режим доступа: <https://www.startbase.ru/knowledge/articles/170/>. – Дата доступа: 05.03.2021.
8. Автоматизация в электроэнергетике [Электронный ресурс] // Научно-производственная фирма «Энергосоюз». – 2020. – Режим доступа: <https://www.energosoюз.spb.ru/ru/content/avtomatizaciya-v-elektroenergetike>. – Дата доступа: 14.03.2021.
9. Волчок, В. А. Инновационное развитие нетрадиционных и возобновляемых источников энергии на основе Smart Grids и Micro Grids технологий / В. А. Волчок // Современные информационные технологии в системе научного и учебного эксперимента: опыт, проблемы, перспективы : материалы III междунар. науч.-метод. конф. (Гродно, 14–15 мая 2015 г.) / ГрГУ им. Янки Купалы ; редкол.: В. Г. Барсуков (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2015. – С. 20–23.
10. Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью. – М. : ОАО «ФСК ЕЭС». 2012. – 51 с.
11. Левченко, С. А. Интеллектуальные энергетические сети – эффективная технология сбережения энергии. Концепция «Smart Grid» в контексте устойчивого развития Белорусской энергосистемы / С. А. Левченко // Энергетическая стратегия. – 2012. – № 2. – С. 46–49.
12. Просвирнов, А. Системная инженерия – миф или ключ к эффективности [Электронный ресурс] / А. Просвирнов // Агентство ПРОАтом-2011. – Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3130>. – Дата доступа: 06.03.2021.

Some aspects of systems engineering in energy, the concept of systems engineering and systems analysis. The purpose of the presented work is to reflect some aspects of systems engineering in energy and increase the acceptance of the principles, methods and approaches of systems engineering, as well as facilitate the exchange of experience in various areas of systems engineering.

Аплевич Диана Валерьевна, студентка 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, dinazayr2001@gmail.com.

Научный руководитель – *Волчок Валерий Александрович*, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат технических наук, Гродно, Беларусь.

УДК 535.375.5

И. И. АЩЕУЛОВ, С. Н. ТЕРЕХОВ, А. Ю. ПАНАРИН

СПЕКТРОМЕТР ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ГИГАНТСКОГО КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ

Создан спектрометр для регистрации спектров гигантского комбинационного рассеяния с использованием оптоволоконного лазера с длиной волны 405 нм. Разработана система вращения образца, благодаря которой можно получать усредненный спектр исследуемого анализа и уменьшается термодеструкция образца.

Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР) является высокоинформативным методом анализа, т. к. спектры КР каждого вещества уникальны и зависят только от химического строения и молекулярной структуры веществ. Метод КР применяется для решения широкого спектра задач в различных областях физики, химии,

биологии, медицины. Данный метод является наиболее удобным способом для изучения строения и состава биологических молекул и биотканей в водных средах, что дает существенное преимущество перед ИК спектроскопией (т. к. вода поглощает в ИК области).

Однако, интенсивность сигнала обычного КР крайне мала, что затрудняет регистрацию спектров образцов при низких концентрациях. Одним из методов увеличения сигнала является гигантское комбинационное рассеяние света (ГКР). Спектроскопия ГКР обеспечивает значительное усиление сигнала для молекул, адсорбированных на поверхностях благородных металлов (серебро, золото, медь) с наноразмерными шероховатостями, что позволяет увеличить интенсивность сигнала КР вплоть до 15 порядков [1]. При этом создаются возможности для регистрации спектров одиночных молекул вещества [2].

На данный момент известно два механизма усиления сигнала ГКР для молекул вблизи наноструктурированной металлической поверхности: электромагнитный и химический механизмы. Основной вклад принадлежит электромагнитному механизму. Максимальная величина электромагнитного усиления на изолированных серебряных и золотых сфероидах составляет порядка 10^6 - 10^7 [3].

Как правило, поверхность подложки, после осаждения на нее наночастиц, является недостаточно однородной. Возбуждающее электромагнитное излучение попадает на различные участки ГКР-активного субстрата, на которых количество «горячих областей», то есть локальных пятен с высоким уровнем электромагнитного поля, может быть существенно разным. Это приводит к существенному разбросу наблюдаемой интенсивности рассеянного излучения по поверхности образца.

Основными типами ГКР-активных субстратов являются коллоидные растворы наночастиц благородных металлов и твердотельные наноструктурированные плёнки, т. к. в жидкостях наночастицы могут агрегировать, на практике удобнее использовать твердотельные подложки.

В последнее время для регистрации спектров ГКР широкое распространение получили, микро-раман-спектрометры. Они позволяют получать спектры с малой площади образца. Следует, однако, отметить, что в таких спектрометрах фокусировка лазерного излучения осуществляется с помощью объектива микроскопа, что создаёт высокую плотность мощности излучения на поверхности образца. Это приводит к термодеструкции анализа, а следовательно, к потере интенсивности сигнала и разрушению образца и низкой воспроизводимости получаемых спектров ГКР.

Целью данной работы являлось создание спектрометра с использованием оптоволокна для передачи возбуждающего и рассеянного излучения на образец и систему регистрации, соответственно. Основная задача состояла в решении проблемы термодеструкции образца и уменьшения разброса интенсивности регистрируемого сигнала ГКР. Благодаря использованию оптоволокна уменьшаются потери рассеянного образцом света, а также установка приобретает более компактную форму.

Собранный КР-спектрометр содержит следующие компоненты (рисунок 1):

1) лазер SLM405nm (диод VBG) с волоконной связью с сохранением поляризации, производства IntegratedOptics, серии MatchBox. Интегрированная силовая электроника и монолитное оптоволокно делают этот лазер невосприимчивым к тепловым изменениям в окружающей среде, а на выходе подается поляризованное излучение с пространственной фильтрацией TEM₀₀.

Концевая заделка волокна -FC/APC (AT): угол полировки 8° сводит к минимуму обратные отражения от конца волокна.

Длина волны возбуждающего излучения выбрана 405 нм, в силу того что в дальнейшем планируется работать с посеребрёнными наноструктурами, что соответствует диапазону наибольшего плазмонного резонанса наночастиц серебра;

2) тубус, содержащий собирающую линзу и стоящий за ней Notch-фильтр, отсекающий рэлеевское рассеяние на длине волны генерации лазера (405 нм);

3) спектрограф MS2004i:

- диапазон длин волн – 185 нм – 60 мкм;

- относительное отверстие – 1/3.6;

- фокусное расстояние – 200 мм;

- диапазон сканирования, ограниченный углом разворота решетки – 0–1300 нм (для решетки 1200 штр/мм);

- основные зеркала – сферические.

Спектрограф построен по асимметричной схеме Черни-Тернера, что позволяет минимизировать аберрации и исключить переотражения от дифракционных решеток и зеркал. В спектрографе скорректирован астигматизм. Также он содержит автоматизированную турель для установки четырех дифракционных решеток, которая обеспечивает быструю смену решеток с высокой воспроизводимостью заданной длины волны. Большой выбор дифракционных решеток обеспечивают работу прибора в широком спектральном диапазоне;

4) CCD-камера с охлаждением до –22 градусов Цельсия, позволяющая накапливать сигнал в широком временном диапазоне (от 8 мс до нескольких минут). Число пикселей 2048;

5) система вращения образца [4].

Для уменьшения разброса интенсивности ГКР, мы спектры регистрировали при непрерывном вращении образца. Благодаря этому лазерный луч попадал на образец на различные участки окружности, следовательно, сигнал ГКР регистрировался с большей площади. Подобным методом мы получаем некоторое усредненное значение интенсивности ГКР аналита, находящегося на данной окружности. Вращение образца также решает проблему его горения. Вследствие вращения, образец в области «горячих точек» нагревается меньше, т. о. термодеструкция не наблюдается, и, следовательно, не падает интенсивность сигнала.

В качестве примера на рисунке 1 приведен спектр комбинационного рассеяния родамина 6G, который наносился на поверхность посеребренного пористого кремния методом капельного осаждения. Методика получения подобного ГКР-активного субстрата была разработана ранее в работе [5].

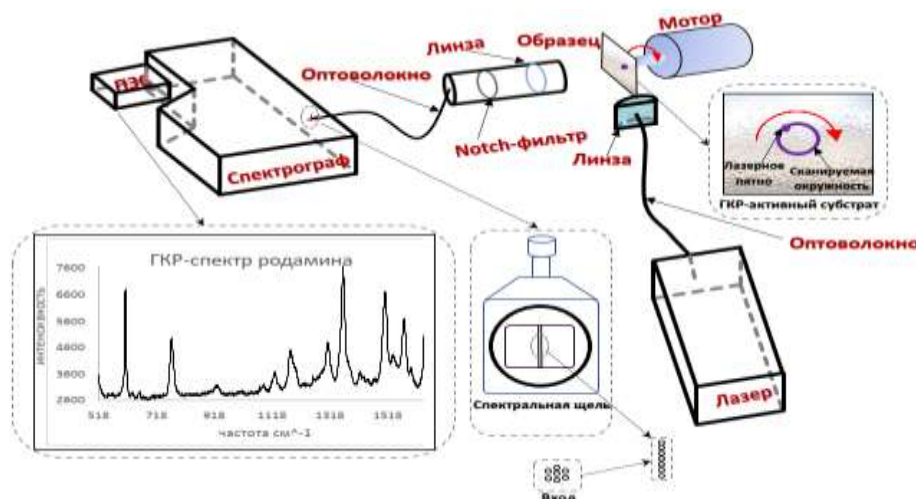


Рисунок 1 – Схема ГКР-спектрометра

В результате работы собран спектрометр для регистрации спектров КР и ГКР, позволяющий изучать как жидкие, так и твердые образцы с наночастицами. Решены проблемы термодеструкции исследуемого аналита и разброса интенсивности рассеянного излучения.

Список литературы

1. Ultrasensitive Chemical Analysis by Raman Spectroscopy / K. Kneipp [et al.] // Chem. Rev. – 1999. – Vol. 99. – P. 2957–2976.
2. Nie, S. Probing Single Molecules and Single Nanoparticles by Surface-enhanced Raman Scattering / S. Nie, S. R. Emory // Science. – 1997, 275, 1102–1106.
3. Surface Enhanced Raman Scattering (SERS) of Citrate Ion Adsorbed on Colloidal Silver / M. Kerker [et al.] // Appl. Opt. – 1980. – Vol. 19. – P. 3253–3255.
4. Plasmonic silvered nanostructures on macroporous silicon decorated with graphene oxide for SERS-spectroscopy / K. V. Girel [et al.] // Nanotechnology. – 2018. – Vol. 29. – P. 7–8.
5. Formation of SERS-active silver structures on the surface of mesoporous silicon / A. Yu. Panarin [et al.] // Journal of Applied Spectroscopy. – 2009. – Vol. 76. – P. 280–287.

A spectrometer has been created for recording surface-enhanced Raman scattering spectra using a fiber-optic laser with a wavelength of 405 nm. A system of sample rotation has been developed, thanks to which it is possible to obtain an averaged spectrum from the sample surface and to avoid its thermal destruction.

Ащеулов Иоани Игоревич, студент физического факультета Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь, ioann.ascheulov@gmail.com.

Терехов Сергей Николаевич, заведующий центром фотоники и фотохимии молекул Института физики имени Б. И. Степанова НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук, Минск, Беларусь, s.terekhov@ifanbel.bas-net.by.

Панарин Андрей Юрьевич, ведущий научный сотрудник Института физики имени Б. И. Степанова НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук, Минск, Беларусь, a.panarin@ifanbel.bas-net.by.

Научные руководители – **Панарин Андрей Юрьевич**, ведущий научный сотрудник Института физики имени Б. И. Степанова НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук, Минск, Беларусь, a.panarin@ifanbel.bas-net.by.

Терехов Сергей Николаевич, заведующий центром фотоники и фотохимии молекул Института физики имени Б. И. Степанова НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук, Минск, Беларусь, s.terekhov@ifanbel.bas-net.by.

И. В. БАЛЫКИН

ФОРМИРОВАНИЕ БЕССЕЛЕВЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ ПЕРВОГО ПОРЯДКА ИЗ ИЗЛУЧЕНИЯ ГЕЛИЙ-НЕОНОВОГО ЛАЗЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУОСНЫХ КРИСТАЛЛОВ КТР И КGW

Исследованы пространственные распределения интенсивности в бесселевом световом пучке, формируемом из излучения гелий-неонового лазера с использованием преобразователей на основе двуосных кристаллов КТР и КGW. Показано, что тип используемого кристалла влияет на равномерность интенсивности в центральном кольце формируемого пучка. По результатам исследования выработаны рекомендации по использованию кристалла КТР как формирующего более качественный бесселев пучок в выбранной оптической схеме.

Бесселевы световые пучки (БСП) с каждым днем находят все более широкое практическое применение. Особый интерес представляют БСП высших порядков (БСП_n, $n > 0$), обладающие минимумом интенсивности на оси пучка, поскольку в силу его малых поперечных размеров, а также наличия радиальной (азимутальной) поляризации, они могут быть использованы при решении прикладных задач диагностики поверхностей изделий, обладающих осевой симметрией (например, труб), в оптической диагностике биологических тканей, в биологии для воздействия на микрообъекты и для лазерной обработки материалов.

Предложенная в [1] схема формирования бесселева светового пучка первого порядка (БСП₁) с использованием двуосных кристаллов обеспечивает достаточно высокую эффективность преобразования энергии излучения входящего гауссова светового пучка (ГСП) в БСП₁. Актуальным остается вопрос выбора подходящего для этой цели кристалла. В настоящем исследовании были рассмотрены достаточно широко используемые двуосные кристаллы КТР (КТiОPO₄) и КGW (КGd(WO₄)₂).

Оптическая схема формирователя, использованного в эксперименте, приводится на рис. 1.

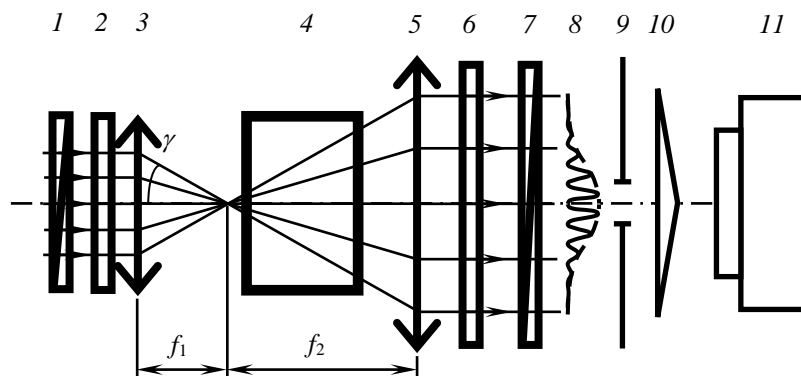


Рисунок 1 – Схема формирователя БСП₁:

1 – поляризатор; 2, 6 – пластинки $\lambda/4$; 3, 5 – положительные линзы, формирующие телескоп; 4 – кристалл; 7 – анализатор;
8 – диаметрально распределение интенсивности в формируемом кристаллом многокольцевом пучке;
9 – диафрагма; 10 – аксикон; 11 – CCD-камера

Следует отметить, что из многокольцевого светового пучка, получаемого после анализатора, аксикон формирует несколько БСП, расположенных на общей оси, каждый соответствующий одному из колец в исходном пучке. Эти БСП располагаются последовательно друг за другом вдоль оси. Нами рассмотрен наиболее интересный (максимальный по мощности) БСП₁, формируемый из центрального кольца.

Расстояние между основанием аксикона и CCD-камерой (плоскостью регистрации) обозначается как координата z . Анализируя поперечные распределения интенсивности для различных z , можно получить пространственные распределения интенсивности сформированного БСП₁, а также зависимости параметров качества БСП₁ от продольной координаты.

По рисункам в таблице 1 можно явно видеть, что пучок, формируемый с использованием кристалла КТР, обладает более высоким порядком симметрии по интенсивности, чем пучок, формируемый с кристаллом КGW. В корректности этого вывода мы убедились, проанализировав зависимость качества формируемого БСП₁ от продольной координаты на основе параметров качества БСП, предложенных в [2]. При этом для определения положения оси БСП₁ использовались алгоритмы, предложенные в [3].

Таблица 1 – Пространственные распределения интенсивности в БСП₁

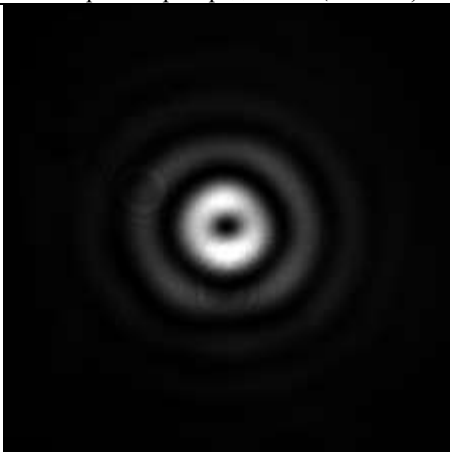
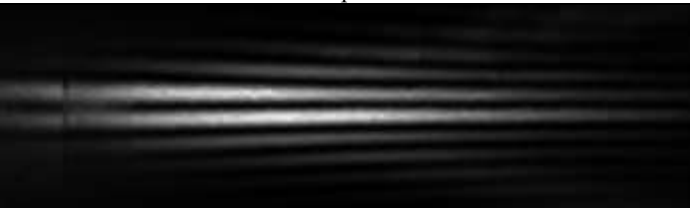
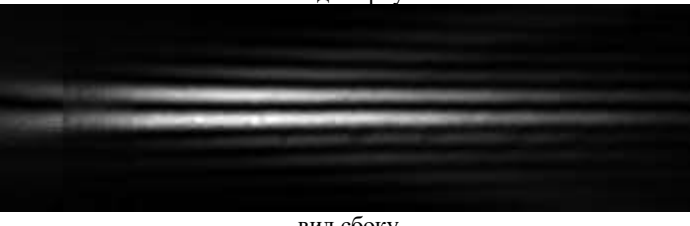
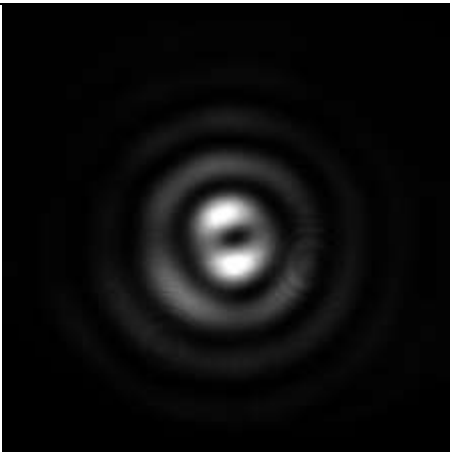
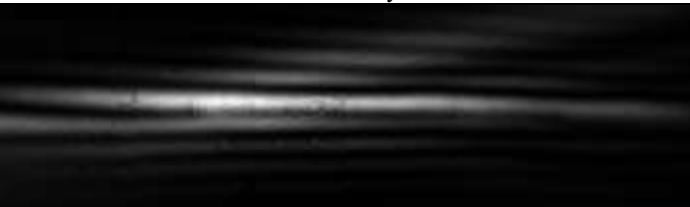
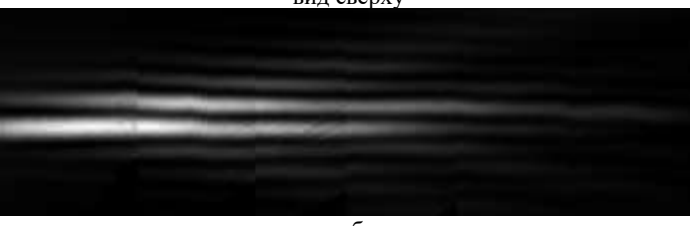
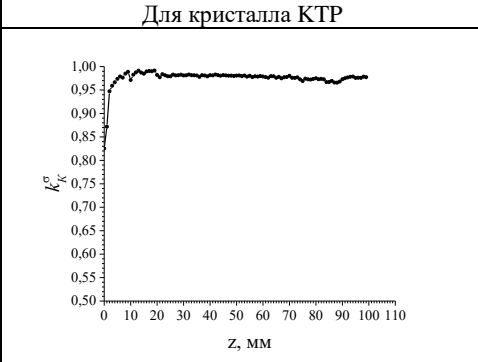
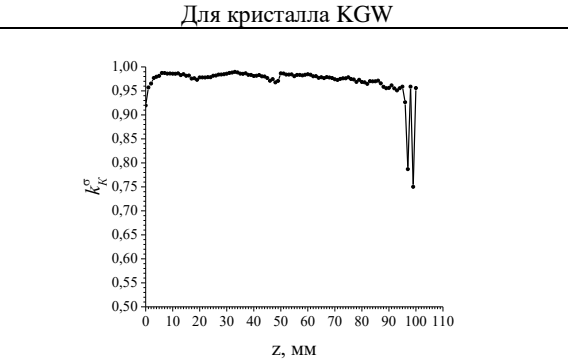
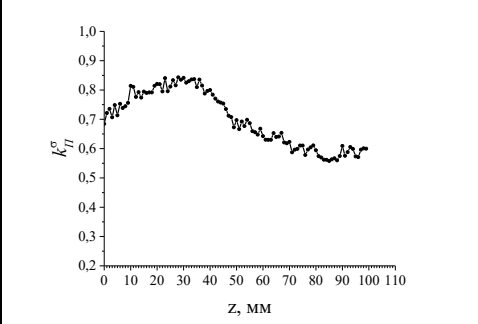
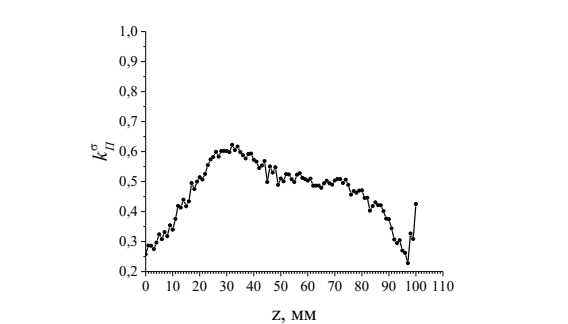
Кристалл	Поперечное распределение ($z=30$ мм)	Разрезы
КТР		 вид сверху
		 вид сбоку
КГВ		 вид сверху
		 вид сбоку

Таблица 2 – Зависимость параметров качества БСП₁ от продольной координаты

	Для кристалла КТР	Для кристалла КГВ
Коэфф. круглости $k_{K^{\sigma}}$		
Коэфф. постоянства $k_{K^{\Pi}}$		

На приведенных в табл. 2 зависимостях видно, что БСП₁, формируемый с использованием кристалла KGW, по коэффициенту постоянства всюду уступает пучку, формируемому кристаллом КТР. По круглости (близости формы центрального кольца к кругу), результаты для кристаллов в среднем очень похожи, значение круглости превышает величину 0,95 на широком диапазоне продольной координаты.

Таким образом, использование кристалла КТР позволяет получить более качественный БСП₁ при используемой оптической схеме. При этом также видно, что тип используемого кристалла главным образом повлиял на значения коэффициента постоянства первого максимума, круглость пучка оставалась достаточно высокой для обоих кристаллов. Поскольку для формирования БСП₁ в обоих случаях использовался один и тот же аксикон, можно утверждать, что на ухудшение параметра постоянства БСП₁ основное влияние оказала неравномерность интенсивности в многокольцевом световом пучке, формируемом двусосным кристаллом KGW.

Список литературы

1. Рыжевич, А. А. Новый метод формирования бесселевых световых пучков первого порядка и возможность их применения в нанотехнологиях / А. А. Рыжевич // Оптический журнал. – 2001. – Т. 68, № 3. – С. 54–55.
2. Рыжевич, А. А. Параметры качества бесселевых световых пучков нулевого порядка / А. А. Рыжевич, И. В. Балыкин, Т. А. Железнякова // ЖПС. – 2018. – Т. 85, № 1. – С. 144–153.
3. Балыкин, И. В. Определение положения оси неидеального бесселева светового пучка высшего порядка / И. В. Балыкин, Т. А. Железнякова, А. А. Рыжевич // Современные проблемы физики : сб. науч. тр. Междунар. школы-конф. молодых ученых и специалистов, Минск, 13–15 июня 2018 г. / Ин-т физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси ; под ред. В. В. Машко [и др.]. – Минск, 2018. – С. 71–75.

The spatial distributions of the intensity in a Bessel light beam formed from the radiation of a helium-neon laser using a converter based on biaxial KTR and KGW crystals are investigated. It is shown that the type of crystal used affects the uniformity of the intensity in the central ring of the formed beam. Based on the results of the study, recommendations were developed on the use of the KTR crystal as forming a better quality Bessel beam in the chosen optical scheme.

Балыкин Игорь Валерьевич, младший научный сотрудник Института физики имени Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь, b97@dragon.bas-net.by.

Научный руководитель – **Рыжевич Анатолий Анатольевич**, ведущий научный сотрудник Института физики имени Б. И. Степанова НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук, Минск, Беларусь, tol@dragon.bas-net.by.

УДК 620.9

А. Ч. БОБНИС

ВЛИЯНИЕ ТОРГОВОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОДАЖ

Рассмотрено влияние торгового освещения на эффективность продаж. Перечислены основные параметры освещения, особенности и требования к освещению в различных отделах торговых центров, основные ошибки размещения трекового и основного заливающего света. Дано определение стиля осветительного прибора.

При создании комфортной обстановки для покупателя освещение является очень важной составляющей, которая может как увеличивать продажи, так и уменьшать их.

Как известно, освещенность измеряется в люксах. Современный уровень освещенности в магазинах колеблется от 500 до 100 люкс в горизонтальной плоскости. Говоря простым языком, для расчетов берется освещенность пола [1].

Человек адаптируется к уровням освещенности в окружающем пространстве в диапазоне от 3–5 до 300 000 люкс и способен обратить внимание только на более заметные, т. е. более яркие и контрастные участки поля зрения [2]. При высоком уровне общего освещения человек чувствует праздник, возбуждение. Исторически сложилось, что всем живым организмам привычнее двигаться к свету.

Поэтому в зависимости от целей и маркетинговой стратегии предприятия можно выбрать разный уровень света. Предел комфорта и безопасности для человека находится в пределах 500–2500 люкс. Для сравнения, в пасмурный день на улице 2000 люкс, в солнечный день до 10 000 люкс [1].

При расчете освещенности торгового зала без торгового оборудования надо делать запас порядка 25–30 %, т. к. после установки стеллажей и прилавков уровень освещенности снижается на 25–30 %. Это происходит не только потому, что оборудование представляет собой преграды (падают тени), но и так же оно по-разному отражает свет, что часто сказывается в сторону ухудшения уровня освещенности. В магазине становится попросту на треть темнее.

Кроме простого уровня освещенности важными элементами также являются психологические аспекты света. Психологическое воздействие характеризуется двумя факторами:

1. Интенсивность освещения (уровень освещенности), которая выражается в градусах Кельвина.
2. Цветовая температура света.

Важно правильно выбирать уровень средней освещенности торгового зала, он не должен быть существенно ниже среднего уровня освещенности в галерее торгового центра. Желательно выбирать уровень средней горизонтальной освещенности в магазине минимум в два раза выше, т. к. 2 – это минимальный контраст по освещенности, заметный глазу человека. Темные магазины не будут привлекать внимание и вызовут ощущение, что закрыты для посетителей. В нормах рекомендуется выбирать уровень горизонтальной освещенности 200–400 люкс [3], однако каждый ритейлер вправе отойти от рекомендаций.

Средней уровень освещенности витрины должен быть еще выше, чем в торговом зале и фойе торгового центра. Для освещения витрины применяют акцентирующие светильники. Выбор мощности и оптики светового прибора должен проводиться на основе светотехнического расчета, где грамотно выстроена градация контрастов, а светильники не слепят посетителей. Могут быть использованы приемы проектирования студийного света, чтобы подчеркнуть контуры всех элементов витрины и создать живую и динамичную сцену.

Посетитель должен увидеть больше товарных категорий или сезонных коллекций. Для этого можно спрятать самый востребованный товар вглубь магазина, а можно грамотно выстроить световую навигацию в магазине и провести клиента по всему торговому залу. Для этого, нужно выделять светом периметр магазина, задние баннеры и фокусные точки.

Для подсветки периметра используют несколько способов – линейные системы с асимметричной оптикой, даунлайты, увеличивающие среднюю горизонтальную освещенность в задней части магазина, акцентирующее освещение. Выбор зависит от общей концепции освещения, оформления магазина, расстановки и типа торгового оборудования.

Тут стоит обращать внимание на качественные характеристики светильников. Выбор цветовой температуры не только будет влиять на общую атмосферу в магазине, но и позволит выделить достоинства материалов теплого или холодного цветового оттенка.

Цветовая температура света имеет ярко выраженный климатический оттенок. В южных странах более предпочтительно воспринимается свет с высокой цветовой температурой (t), холодный, свыше 4000–6500 градусов Кельвина (К). После 8000 К свет уходит в ультрафиолетовую область спектра и становится невидимым. В странах с более холодным климатом лучше воспринимается свет с теплой цветовой температурой – 4000–2500 К. Белый свет порядка 4000К принято считать за нулевую отметку температуры [1].

Для сравнения, 4000 К – это нейтрально-белый свет. Цветовая температура дневного света примерно равна 6500 К. Лампа накаливания (домашняя лампочка типа «груша») 2700 К. Свеча – 2200–2500 К. Цветовая температура газоразрядной или люминесцентной лампы может варьироваться в широком диапазоне от 2000 до 9000 К [1].

Наиболее распространенное решение выбора цветовой температуры гипермаркетов – нейтрально-белый свет 4000 К. Для освещения обычно применяются светильники с люминесцентными лампами и высокочастотными электронными пускорегулирующими аппаратами (ПРА) для 25 %-й экономии электроэнергии и увеличения срока службы ламп. Так же часто применяются металгалогенные газоразрядные лампы в точечных светильниках. Рекомендуется применять люминесцентные и газоразрядные лампы с коэффициентом цветопередачи (R_a) минимум 80 % правдоподобности ($R_a \geq 80$). В магазинах формата «Сделай сам», при выборе отверток цвет не так важен. Но в отделах обоев, штор, красок, элементов декора такое освещение не может применяться. Необходимо применять лампы с коэффициентом цветопередачи выше 80 % ($R_a > 80$) [3].

В отделе кондитерских изделий рекомендуется применение источников света с низкой цветовой температурой, дающих теплый, золотистый свет (лампы накаливания, галогенные лампы). Такие лампы потребляют много энергии, поэтому владельцы магазинов заменяют их на люминесцентные лампы с цветовой температурой 2700–3000 К, либо специальными натриевыми лампами с цветовой температурой 2500 К [4]. Необходимо подчеркнуть, что торговое оборудование в хлебном отделе должно поддерживать теплую атмосферу своей фактурой и цветом, т. к. отражаясь, свет может искажаться. Хорошо будет смотреться дерево, солома, лоза и другие натуральные материалы.

В отделе молочных продуктов, отделе замороженных продуктов, рыбы важно подчеркнуть свежесть, охлажденность продуктов. Лучше всего в таких отделах применять люминесцентные лампы с цветовой температурой 4000–6500 К с хорошей цветопередачей (80 % и выше), для того, чтобы подчеркнуть яркость упаковок [5].

Для освещения мясопродуктов часто применяются лампы специального спектра (76–79), подчеркивающие натуральные красные и розовые цвета. Применение таких ламп запрещено в Европе, т. к. считается, что они могут ввести в заблуждение покупателей, однако в Беларуси они активно используются. Естественно, такие

лампы используются внутри витрин, не над головой покупателей. Очень рекомендуется над витриной, в месте передачи товара покупателю применять лампы общего освещения с высоким коэффициентом цветопередачи.

Отделы цветов, отделы овощей и фруктов принято освещать светильниками типа «колокольчик» или направленными прожекторами с металлогалогенными лампами нового поколения с керамической горелкой. Эти лампы отличаются великолепной цветопередачей (90 %) и высочайшей интенсивностью света (150 Вт = 14 000 люмен). Это обозначает, что свет такой лампы близок к солнечному по спектру. В свете таких ламп фрукты и цветы кажутся блестящими, свежими, здоровыми.

Солнечный спектр ламп сохраняет возможность вегетации. Попросту говоря, под этими лампами цветы не только дольше сохраняются, но и растут. Следует добавить, что на таких лампах стоит УФ-фильтр, и они не вызывают вредных воздействий, за исключением пожелтения бумаги, как при солнечном свете. Цветы ни в коем случае нельзя освещать лампами накаливания – они погибают, а также нельзя и стандартными металлогалогенными – они плохо выглядят.

В детских магазинах уровень освещенности может быть минимум 800 люкс, лампы теплых цветов (3000 К) с высоким коэффициентом цветопередачи (более 80 %). Один из важных моментов – это радостная атмосфера магазина, которая достигается высоким уровнем освещенности.

Решающий фактор в отделе косметики — цветопередача. Лучший вариант — галогенные лампы со 100% цветопередачей ($R_a = 100$) Такие лампы имеют световую температуру 3000–3500 К, т. е. недостаточно белый цвет. Идеальным решением для освещения зала с косметикой будут лампы De Lux с коэффициентом цветопередачи более 90 % и световой температурой 4000–6500 К [5].

Стоит отметить, что значение имеет насыщенность пространства светом в зоне наиболее дорогого товара. Так в автосалонах новую модель всегда ставят под большую световую поверхность, чтобы клиенты непроизвольно обращали внимание именно на этот автомобиль, а при осмотре могли внимательно разглядеть детали отделки, аксессуары и элементы дизайна.

У каждого участка свои особенности и требования. Выделить что-то одно невозможно, потому что только комплексный подход к освещению в магазине может создать нужную атмосферу для покупателя. И каждый магазин требует индивидуального подхода.

Основные ошибки размещения трекового света (подсветка для выделения объекта, товара) [4]:

1. На большой высоте ставят светильники с широким углом освещения.
2. На шинопровод (конструкция, которая легко поддается конфигурации или модификации для подачи электроэнергии) ставят много светильников небольшой мощности, пытаясь добиться высокой освещенности.
3. Шинопровод монтируют далеко от края полки (должно быть не далее 1,2 метра), светильники не обеспечивают высокой освещенности с большого расстояния до товара.
4. Используют светильники с низкой эффективностью, но увеличенным током, что позволяет разгонять светильники до высокого светового потока, но они быстро выходят из строя, деградирует световой поток (снижение до 70 % от первоначального) и цветовая температура (смещение в фиолетовый, синий и зеленый оттенки).
5. Используются весьма громоздкие корпуса от старых МГЛ светильников (металлогалогенные лампы), которые не оптимизированы под эффективный отвод тепла от кристалла.
6. Потолок белый, но используют черный шинопровод и светильники или наоборот – потолок черный – светлый корпус у светильников и шинопровода. Иногда, конечно, это может быть дизайнерской задумкой. В других случаях это плохо.
7. Неправильное размещение шинопровода в витринах (неправильное освещение манекенов), около зеркал (ослепление покупателя), в примерочных зонах (недостаточная освещенность), во входных группах (не соблюдается зонирование).

При размещении и выборе общего заливающего света также допускается ряд ошибок. Например, неправильно подобранная цветовая температура, а также неправильно подобранная мощность и световой поток при использовании высоких (нестандартных потолков) – в результате, недостаточная освещенность. Следует учитывать и не допускать неправильного использования светорассеивающих материалов (потери светового потока могут достигать 50 %). Неправильные углы освещения отражаются на освещенности: слишком узкие дают пятна, слишком широкие – недостаточную освещенность или неравномерность засветки. Также распространенной ошибкой является неправильное расположение светильников в торговом зале.

Очень часто при освещении полок используются светодиоды с низким индексом цветопередачи (CRI 60–65). На практике 80 % ленты, которую можно купить на российском и белорусском рынках, имеет такие показатели. Товар на полке имеет один цвет, но, когда его берут в руки и товар освещается общим или акцентным светом с хорошим показателем – мы получаем другой оттенок.

Стиль осветительного прибора определяется его качеством, внешним видом и технологией исполнения.

Современный осветительный прибор использует светодиодный источник света, поэтому для обеспечения долговечности и эффективности важно правильно отводить тепловую энергию (радиатор) и обеспечивать

качественное питание (источник тока). Также важно иметь оптимальный отражатель, обеспечивающий минимальные потери светового потока на внутреннем отражении.

В месте крепления светодиода и радиатора необходимо обеспечивать максимальную теплопроводность, что достигается специальной термопастой. Некачественная паста высыхает через несколько месяцев и светильник выходит из строя. Современные термопасты должны обеспечивать эффективную теплопроводность до 5 лет.

Стильные световые приборы разных типов, используемые в одном помещении, должны иметь стабильную цветовую температуру в одном из выбранных значений.

Например, если теплая гамма – 3000 К, все приборы должны иметь отклонения не более ± 100 К.

Стоит отметить, что цвет корпуса трекового светильника должен совпадать с цветом шинпровода. Большинство дизайнеров требуют, чтобы светильник был весь одного цвета, а производители красят радиатор черным цветом, а корпус – белым. Такую композицию дизайнер никогда не утвердит.

Элементы крепления в потолок, на шинпровод или стену должны обеспечивать многократный монтаж и демонтаж, исключать неправильное подключение и соблюдение правил ПУЭ (правила устройства электроустановок). А лакокрасочное покрытие должно обеспечивать эффективный отвод тепла.

Таким образом, качественное освещение для магазина позволяет взаимодействовать с покупателями на уровне эмоций и ощущений, оказывать влияние на их покупательское поведение, побуждая к совершению покупки.

Поэтому пришло время начать использовать освещение в коммерческих целях, признав тот факт, что правильное освещение торгового зала является эффективным конкурентным преимуществом по привлечению покупателей и увеличению объемов продаж.

Список литературы

1. <http://rosinvest.com/page/osveshhenie-magazina-okazyvaetsja-ochen-vazhno>.
2. <https://www.ltcompany.com/ru/articles/46-vliianie-torgovogo-osveshcheniia-na-prodazhi/>.
3. Правила устройства электроустановок.
4. https://probusiness.io/master_class/2692-pomenyali-svetilniki-v-magazine-prodazhi-vyrosl-na-30-kak-osveshchenie-vliyaet-na-effektivnost.html.
5. <https://retail-loyalty.org/expert-forum/v-vygodnom-svete-vliyanie-osveshcheniya-na-prodazhi-v-magazine-odezhdy/>.

The impact of trade lighting on sales performance. Basic lighting parameters. Features and requirements for lighting in various departments of shopping centers. The main errors in the placement of the track and main flood light. Determining the style of the lighting device.

Бобнис Анастасия Чеславовна, студентка 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, nasya.bobnis@mail.ru.

Научный руководитель – **Комар Владимир Николаевич**, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь.

УДК 621.313.320

А. Ч. БОБНИС

ВЗГЛЯД НА ЭНЕРГЕТИКУ С ПОЗИЦИИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Определение системного подхода. Сущность и основные задачи системного подхода. Принципы системного подхода. Отличительные черты системного подхода. Роль системного подхода в развитии энергетики и решении задач управления функционированием сложных электроэнергетических систем.

Системный подход как методология исследования сложных систем определился к середине XX века. В последние десятилетия он получил дальнейшее развитие и широкое применение при исследовании современных сложных социальных, организационно технических систем.

Предпосылки его проникновения в науку были обусловлены, прежде всего, переходом к новому типу научных задач: в целом ряде областей науки центральное место начинают занимать проблемы организации и функционирования сложных объектов: познание начинает оперировать системами, границы и состав которых далеко не очевидны и требуют специального исследования в каждом отдельном случае [1].

Особенно следует подчеркнуть, что системный подход – это общенаучная методология, которая не содержит конкретных средств исследования систем, а обосновывает и разрабатывает принципы таких исследований.

Системный подход – это методология исследования объектов как систем [2].

Система образуется двумя составляющими:

- внешним окружением, включающим в себя вход и выход системы, связь с внешней средой и обратную связь;

- внутренней структурой, т. е. совокупностью взаимосвязанных компонентов, обеспечивающих процесс воздействия субъекта управления на объект.

Системный подход – есть междисциплинарное научное направление, изучающее объекты любой физической природы как системы. Это – методология познания частей на основании целого и целостности в отличие от классического подхода, ориентированного на познание целого через части [1].

Системный подход – это направление философии и методологии науки, специально-научного знания и социальной практики, в основе которого лежит исследование объектов как систем [3].

Системный подход является теоретической и методологической основой *системного анализа* [1].

Можно сказать, что системный подход представляет собой определенное методологическое направление, реализуемое в трех основных этапах исследовательской деятельности: при формулировании задач исследования; при решении задач исследования; при организации процесса исследования.

Сущность и основные задачи системного подхода. Сущность системного подхода заключается в том, что решение частных проблем подчиняется решению проблем, общих для всей системы в целом [3]. Т. е. прежде чем приступить к решению частных проблем, необходимо решить:

- вытекает ли решение частных проблем из решения проблем всей системы;
- как решение частной проблемы может повлиять на решение проблем всей системы;
- определить критерии решения частных проблем таким образом, чтобы они обеспечивали достижение целей всей системы.

К числу наиболее важных задач системного подхода относятся [1; 4; 5]:

1. Разработка средств исследуемых и конструируемых объектов как систем.
2. Построение обобщенных моделей системы, моделей разных классов и специфических свойств систем.
3. Исследование структуры проектируемых системотехнических комплексов в рамках системной инженерии, теорий систем и различных системных концепций и разработок.
4. Расширение и углубление собственных представлений о "механизме" взаимодействий объектов в системе; изучение и, возможно, открытие новые её свойств.
5. Повышение эффективности системы в том плане функционирования, который будет интересовать больше всего.

Принципы системного подхода [2]:

- единство – система рассматривается как единое целое и как совокупность частей;
- целостность – элементы могут быть разной направленности, но они одновременно совместимы;
- динамичность – способность системы к изменению состояния под воздействием направленных или случайных факторов;
- взаимозависимость системы и среды – т. е. система проявляет свои свойства в процессе взаимодействия со средой;
- иерархичность – т. е. ранжирование частей, каждый элемент системы рассматривается как подсистема, а сама система – как элемент более сложной системы;
- организованность – приведение в порядок составных частей и объединяющих их связей;
- множественность состояний и описания системы – построение различных моделей, каждая из которых описывает определенное состояние системы;
- декомпозиция – возможность расчленения объекта на составные части, каждая из которых имеет цели, вытекающие из общей цели системы.

К **отличительным чертам** системного подхода можно отнести следующее [3]:

1. В результате его применения возможно решение проблем с новых точек зрения.
2. Системный подход требует обобщенного понимания объекта исследования, который определяется как система. Он должен обладать основными свойствами системы, т. е. пониматься как единое целое. К изучению частей можно приступать только после того, как определены основные связи между его подсистемами. В частности, когда выяснено: как цели отдельных подсистем обеспечивают достижение целей всей системы; как решения отдельных проблем способствуют решению проблемы системы в целом или отдельных ее частей, интересующих исследователя.
3. Процесс развития структуры и функционирования системы рассматривается во взаимосвязи.
4. Динамическое понимание объекта, предполагающее, что речь идет о развивающейся системе, которая в процессе развития изменяет свое состояние, а также структуру и поведение.
5. При системном подходе исследование подчинено определенной цели.
6. Существенной чертой системного подхода является также понимание самого процесса как системы. Это означает, что:

6.1. Объект исследования определяется как система.

6.2. Расчленение проблемы на составляющие осуществляется таким образом, чтобы последние образовали систему.

6.3. Последовательность решения частных задач и реализации отдельных этапов определяют так, чтобы логическая и временная взаимосвязь отвечала характеру проблемы, объекту исследования и в первую очередь цели исследования.

6.4. Для решения отдельных частных проблем выбираются методы, соответствующие характеру проблемы, объекту исследования и цели исследования.

6.5. После решения одной частной проблемы не переходят к решению следующей до тех пор, пока не выяснится влияние решенной проблемы на решение общей проблемы.

6.6. Необходимо проверить, не изменилась ли при решении предыдущей частной проблемы связи между частной проблемой и общими целями или не обнаружилось ли дополнительные важные факторы.

Роль системного подхода в развитии энергетики. Системный подход в энергетике характеризуется комплексностью исследований, т. е. всесторонним рассмотрением изучаемой системы и проблемы с учетом ее внешних или внутренних взаимосвязей, разнообразных ограничений и последствий принимаемых решений [6].

Следует отметить, что топливно-энергетический комплекс (ТЭК) страны является одним из крупнейших и ярко выраженных межотраслевых комплексов, включающих в себя такие формально независимые отрасли промышленности, как электроэнергетика, теплоэнергетика, угольная, нефтяная, нефтеперерабатывающая и газовая промышленность, а также энергетическое хозяйство городов и сельских местностей, объединенных технологически и территориально.

Инерционность и капиталоемкость ТЭК требуют рассмотрения долгосрочных перспектив его развития. При этом необходимо знать не только структуру и производственные связи ТЭК, но и особенности предстоящего этапа и основные тенденции его развития.

В наибольшей мере решению этой задачи отвечает системный подход к прогнозированию развития энергетики, основная сущность которого определяется тремя главными требованиями [7]:

- во-первых, четкая постановка целей прогнозирования и отбор в соответствии с этими целями направлений развития энергетики, наиболее эффективных с позиций народного хозяйства в целом;

- во-вторых, по возможности полное определение и количественная конкретизация условий развития энергетической системы и учитываемых факторов;

- в-третьих, процесс системного прогнозирования представляет собой диалектическое единство анализа и синтеза. Главным средством исследования становится всесторонний анализ роли тех или иных условий, явлений и факторов в развитии ТЭК, выполняемый с помощью математических моделей. Синтез обеспечивается тем, что в результате такого анализа формируются рациональные стратегии развития ТЭК.

Актуальным является также использование системного подхода к формированию и реализации программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В настоящее время перед промышленными предприятиями энергетического комплекса и других отраслей народного хозяйства страны по-прежнему остро стоит проблема, связанная со снижением энергоёмкости за счет эффективного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Несмотря на богатый отечественный и зарубежный опыт внедрения энергосберегающих технологий, отсутствует единый системный подход к практической реализации концепции энергосбережения программно-целевым методом, позволяющим чётко формализовать задачи, механизмы их выполнения и контроля, а также закрепить их документально.

По этой причине необходимо формировать и выполнять программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности по определённому алгоритму, обеспечивающему согласованную, комплексную реализацию организационных, правовых, технических, экономических и иных мер по оптимальному использованию топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) при их генерации, распределении и потреблении на объектах с различной структурой и функционалом [8].

Практическая важность системного подхода к повышению эффективности процессов энергосбережения заключается в возможности учёта и анализа максимально полной информации об исследуемых объектах генерации, распределения и потребления ТЭР при формировании и реализации комплекса энергосберегающих мероприятий [9].

Для решения задач управления функционированием сложных электроэнергетических систем (ЭЭС) заслуживает внимания системный подход, при котором ЭЭС рассматривается как супербольшая многоуровневая распределительная природно-техническая человеко-машинная система с активным взаимодействием с внешней средой, а закономерности поведения такой системы устанавливаются на основе ретроспективного анализа ее функционирования за определенное время (историю) эксплуатации аналогов в других ЭЭС и даже других странах (с учетом открытых систем информационных интернет-технологий).

Таким образом, системный подход заключается, прежде всего, в осознании, что подлежащий исследованию объект является системой – составным объектом, свойства которого не сводятся к сумме свойств его частей.

Современная энергетика – основа любого промышленного комплекса, которая требует многоаспектного системного изучения, постоянного поиска и решения проблем ее будущего.

В целом тематику системных исследований в энергетике можно считать неисчерпаемой, так как в процессе ее развития и трансформаций в экономике возникают новые задачи. Почти все они потребуют применения системного подхода и использования средств системного анализа.

Смысл и содержание системного подхода применительно к энергетике конкретизируется путем выделения следующих его компонентов [4; 10]:

- изучение и учет внешних связей рассматриваемой системы или проблемы;
- иерархическое представление о внутренней структуре сложных объектов и процессах управления ими;
- учет неопределенностей, обусловленных неполнотой исходной информации, многокритериальностью и другими факторами;
- применение математических методов и моделей с использованием средств вычислительной техники.

Список литературы

1. Системный подход к познанию систем любой физической природы [Электронный ресурс] // Центр системных исследований «Интегро»–2001. – Режим доступа: http://www.integro.ru/system/s_ots.htm. – Дата доступа: 11.03.2021.
2. Системный подход [Электронный ресурс] // Энциклопедия экономиста. – 2010. – Режим доступа: <https://www.grandars.ru/college/ekonomika-firmy/sistemnyy-podhod.html>. – Дата доступа: 09.03.2021.
3. Блауберг, И. В. Системный подход [Электронный ресурс] / И. В. Блауберг, Э. Г. Юдин, В. Н. Садовский // Гуманитарная энциклопедия: Концепты. – 2020. – Режим доступа: <https://gtmarket.ru/concepts/7095>. – Дата доступа: 06.03.2021.
4. Волчок, В. А. Элементы системного подхода к формированию информационных ресурсов в корпоративной информационной инфраструктуре университета / В. А. Волчок // Вестн. Гродн. гос. ун-та им. Янки Купалы. Сер. 2, Информатика. – 2007. – № 2 (52). – С. 84–88.
5. Корнилов, Г. И. Основы теории систем и системного анализа [Электронный ресурс] / Г. И. Корнилов // Теория систем. – 2007. – Режим доступа: <http://kornilov-teor-system.narod.ru/>. – Дата доступа: 10.03.2021.
6. Симанков, В. С. Формирование дерева целей и системы критериев эффективности в альтернативной энергетике на основе системного подхода [Электронный ресурс] / В. С. Симанков, П. Ю. Бучацкий // Вестн. Адыгейского государственного университета : сетевое электронное научное издание. – 2008. – Режим доступа: http://vestnik.adygnet.ru/files/2008.1/618/simankov1_2008_1.pdf. – Дата доступа: 08.03.2021.
7. Воропай, Н. И. Формирование и исследование территориально-производственной структуры ТЭК страны и регионов / Н. И. Воропай // Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ – ИСЭМ / ред. Н. И. Воропай. – Новосибирск : Наука, 2010. – Гл. 4. – С. 444–446.
8. Елтышев, Д. К. Системный подход к формированию и реализации программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности / Д. К. Елтышев, Н. И. Хорошев // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 5 (4). – С. 697–701.
9. Веселов, Ф. В. Финансово-экономические модели как инструмент согласования приоритетов общественной и коммерческой эффективности в задачах управления развитием электроэнергетики / Ф. В. Веселов, А. И. Соляник // Системные исследования в энергетике: методология и результаты / под ред. А. А. Макарова, Н. И. Воропая. – М. : ИНЭИ РАН, 2018. – Гл. 3. – С. 217–238.
10. Мисриханов, М. Ш. Применение системного подхода к решению задач управления электроэнергетическими системами / М. Ш. Мисриханов // Повышение эффективности работы энергосистем : тр. ИГЭУ. Вып. 4 / под ред. В. А. Шуина, М. Ш. Мисриханова. – М. : Энергоатомиздат, 2001. – С. 337–353.

Definition of a systematic approach. The essence and main tasks of the system approach. Principles of a systematic approach. Distinctive features of the system approach. The role of the system approach in the development of energy and solving problems of managing the functioning of complex electric power systems.

Бобнис Анастасия Чеславовна, студентка 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, nastya.bobnis@mail.ru.

Научный руководитель – **Комар Владимир Николаевич**, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь.

Н. П. БОРОДАВКО

**ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ
ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ**

Разработана методика оценивания неопределенности результатов измерений параметров устройств защитного отключения.

В настоящее время несомненную актуальность приобретает совершенствование методов метрологического контроля (поверки и калибровки) средств измерений параметров электробезопасности [1].

Важнейшие параметры электробезопасности: сопротивление заземляющего устройства, сопротивление петли «фаза-нуль», ток срабатывания и время отключения устройства защитного отключения (УЗО), сопротивление изоляции.

Характеристики устройств защиты и полное сопротивление петли «фаза-нуль» (в случае, когда сопротивлением в месте замыкания можно пренебречь), должны обеспечивать при замыкании на открытые проводящие части автоматическое отключение питания в пределах нормированного времени. Это требование выполняется при условии:

$$Z_S \times I_A \leq U_0, \quad (1)$$

где Z_S – полное сопротивление петли «фаза-нуль»;

I_A – ток, меньший тока замыкания, вызывающий срабатывание устройства защиты;

U_0 – номинальное напряжение (действующее значение) между фазой и землей.

Современные устройства, осуществляющие защитное отключение (УЗО), реагируют на ток утечки на землю в защищаемой части, например, при случайном прикосновении человека к оголенной токоведущей части или при повреждении в защищенном электроприемнике или участке сети изоляции относительно корпуса или земли.

УЗО содержит так называемый дифференциальный трансформатор тока нулевой последовательности, к вторичной обмотке которого подключен чувствительный орган (реле), воздействующий на автоматический выключатель (защитный аппарат). Через окно сердечника трансформатора тока проходят нулевой и фазный провода, которые являются его первичной обмоткой. При равенстве токов (токов нагрузки) в нулевом и фазном (или в трех фазных) проводах их геометрическая сумма, как известно, равна нулю (ток в фазном проводе однофазного УЗО течет в одном направлении, а ток в нулевом проводе точно такого же значения течет в противоположном направлении). Поэтому тока во вторичной обмотке трансформатора тока нет. При замыкании или утечке тока на заземленный корпус электроприемника, а также при случайном прикосновении стоящего на земле или на токопроводящем полу человека к фазному проводу электрической сети, равенство токов в первичной обмотке трансформатора тока нарушится, поскольку по фазному проводу, помимо тока нагрузки, будет проходить ток замыкания или утечки, и в его вторичной обмотке появится ток. Если он равен или превышает ток срабатывания чувствительного органа (реле), то в течение долей секунды произойдет отключение аварийного участка сети.

Основные измеряемые параметры УЗО – сила дифференциального тока, время отключения, сопротивление петли «фаза-нуль». Результаты измерений обязательно должны снабжаться характеристикой их точности. В настоящее время в соответствии с международными требованиями основной такой характеристикой является «неопределенность». Неопределенность (измерения) – это параметр, относящийся к результату измерения и характеризующий разброс (дисперсию) значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине [2].

В настоящей работе создана методика оценивания неопределённости результатов измерений параметров устройств защитного отключения.

Весь процесс оценивания значения некоторой измеряемой величины и неизбежно сопровождающую ее неопределенность, можно представить в виде следующих 8-ми этапов:

- 1) описание измерения и составление его модели;
- 2) оценивание значений и стандартных неопределенностей входных величин;
- 3) анализ корреляций;
- 4) составление бюджета неопределенности;
- 5) расчет оценки выходной величины;
- 6) расчет стандартной неопределенности выходной величины;
- 7) расчет расширенной неопределенности;
- 8) представление конечного результата измерений.

Ниже приведены некоторые из наиболее важных (применительно к измерению параметров устройств защитного отключения).

Модель измерения:

$$X = X_{ind} - \Delta X_{ind} - \Delta X_{indtemp} - \Delta X_{indc\ ind}$$

Таблица 1 – Анализ входных величин

<p>Входная величина: Показываемое значение X_{ind}</p>	<p>Тип неопределенности: А Вид распределения: нормальное Оцененное значение: \bar{X}_{ind} Интервал, в котором находится значение входной величины: — Стандартная неопределенность: $u(X_{ind}) = s(\bar{X}_{ind})$</p>
<p>Входная величина: Основная абсолютная погрешность измерителя ΔX_{ind}</p>	<p>Тип неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Оцененное значение: 0 Интервал, в котором находится значение входной величины: (см. раздел 3 методики измерений) Стандартная неопределенность: $u(\Delta X_{ind}) = \frac{\Delta U_{ind}}{\sqrt{3}}$</p>
<p>Входная величина: Погрешность из-за влияния температуры $\Delta X_{indtemp}$</p>	<p>Тип неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Оцененное значение: 0 Интервал, в котором находится значение входной величины: для измерения тока отключения УЗО $\Delta X_{indtemp} \pm(0,5\% \text{ от измеряемой величины})/10^\circ\text{C}$ для измерения остальных величин $\Delta X_{indtemp} = \pm(1\% \text{ от измеряемой величины} + 1\text{емр})/10^\circ\text{C}$ Стандартная неопределенность: $u(\Delta X_{ind}) = \frac{\Delta U_{indon}}{\sqrt{3}}$</p>
<p>Входная величина: Погрешность цифровой индикации $\Delta X_{indc\ ind}$</p>	<p>Тип неопределенности: В Вид распределения: прямоугольное Оцененное значение: 0 Интервал, в котором находится значение входной величины: $\Delta X_{indc\ ind} = \pm 1\text{емр}$ Стандартная неопределенность: $u(\Delta X_{ind}) = \frac{\Delta U_{indon}}{\sqrt{3}}$</p>

Список литературы

1. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Методы оценивания неопределенности измерений при калибровках. Общие положения. Примеры оценивания неопределённости измерений при калибровках / под общ. ред. В. Л. Гуревича. – Минск : БелГИМ, 2017. – 62 с.
2. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация, сертификация : учеб. пособие / А. Г. Сергеев, М. В. Латышев, В. В. Терегеря. – М. : Логос, 2003. – 536 с.

A method for evaluating the uncertainty of the measurement results of the parameters of residual current devices has been developed.

Бородавко Николай Павлович, магистрант 2-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, koborodavko@gmail.com.

Научный руководитель – **Васильюк Геннадий Тимофеевич**, доцент кафедры общей физики физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь, vasilyuk@grsu.by.

М. А. БОЧКО

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ И ПРОЦЕССОВ

Описана созданная автором экспериментальная вакуумная установка на основе самодельной вакуумной камеры и пластинчато-роторного насоса ЗНВР-1Д, используемая для проведения экспериментов и демонстрации физических явлений и процессов.

Целью настоящей работы является разработка и изготовление экспериментальной вакуумной системы, оснащенной необходимым оборудованием для дальнейшего изучения ионообразования в плазме тлеющего разряда.

Разработанная установка может быть применена в демонстрационном эксперименте, а также использоваться для модификации поверхностных слоёв металлов посредством ионной имплантации и создания тонокопленочных покрытий на поверхности деталей путём вакуумного напыления.

Конструкция вакуумной системы состоит из металлической стойки с полками для расположения приборов и оборудования, откачивающих приспособлений и самой вакуумной камеры (рисунок 1а).

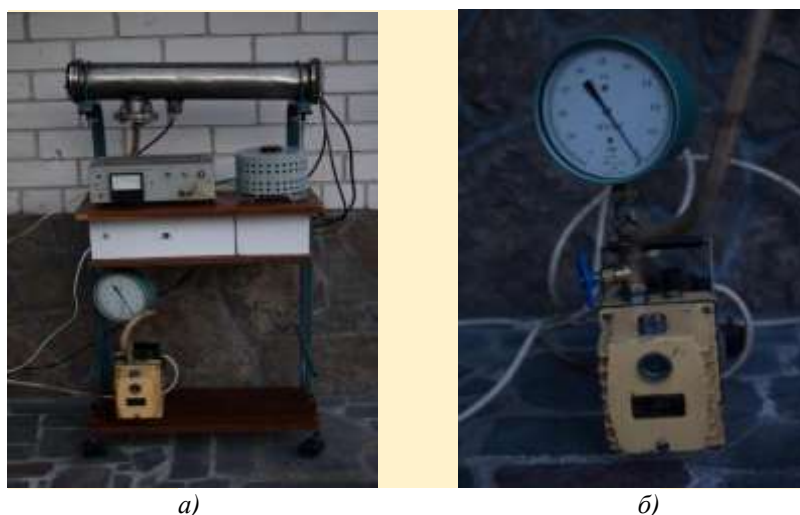


Рисунок 1 – Вакуумная установка:
а) внешний вид; б) пластинчато-роторный насос ЗНВР-1Д

Вакуумная камера представляет собой трубу из нержавеющей стали внутренним диаметром 108 мм и длиной 600 мм, со смотровым окном из стекла с повышенным содержанием свинца с одной стороны и герметичным фланцем из текстолита с электродами с другой стороны, уплотнёнными прокладками из вакуумной резины. Также вакуумная камера оснащена дополнительным высоковольтным вводом и фланцем для присоединения откачивающих приспособлений (рисунок 2).

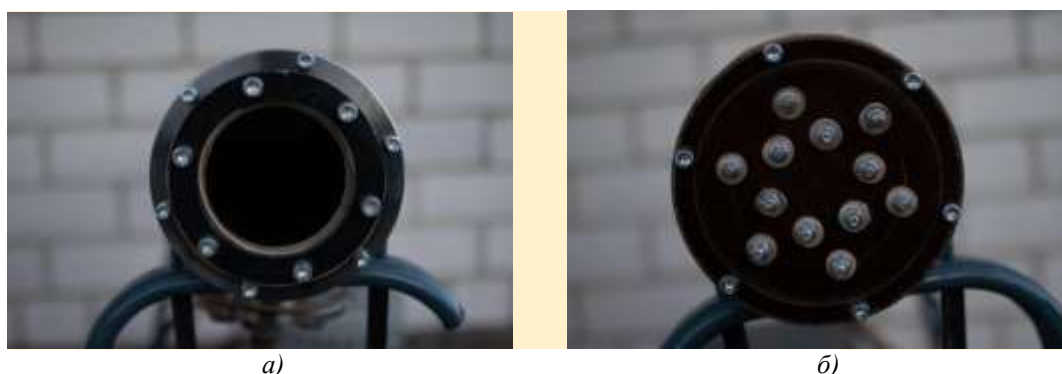


Рисунок 2 – Внешний вид фланцев:
а) со смотровым окном; б) с электродами

Откачка производится пластинчато-роторным насосом ЗНВР-1Д, способным создать разрежение до 1,1 Па и скоростью откачивания 1,25 л/с (рисунок 1б). В дальнейшем планируется установить диффузионный насос типа Н-0.025-2 для создания более низкого вакуума.

В настоящий момент установка требует для работы два источника высокого напряжения.

В первую очередь, это мощный высоковольтный источник напряжением до четырёх киловольт, изготовленный на основе трансформатора от СВЧ печи мощностью 800 Вт, с диодным мостом в качестве выпрямителя. Для регулировки выходного напряжения используется лабораторный автотрансформатор, включённый в цепь первичной обмотки повышающего трансформатора. Данный источник высокого напряжения необходим для генерации плазмы тлеющего разряда относительно высокой плотности.

Также в конструкции установки используется второй источник высокого напряжения, предназначенный для ускорения ионов. Он собран на основе автомобильной катушки зажигания с удвоителем напряжения, регулировка выходного напряжения производится с помощью стандартного симисторного диммера, предназначенного для управления яркостью освещения, рассчитанного на мощность нагрузки 500 Вт. Выходное напряжение данного источника питания регулируется в диапазоне 0–50 кВ.

В настоящее время установка проходит испытания, в результате которых были найдены и устранены незначительные течи со стороны фланца с электродами и некоторых соединений.

При проведении экспериментов зарегистрированы интересные явления, наблюдаемые в вакуумной камере. Фрагменты видео, демонстрирующие данные явления, представлены по ссылке (https://youtu.be/CORu8h_J8zk).

Список литературы

1. Грошковский, Я. Техника высокого вакуума / Я. Грошковский ; пер. с пол. – М. : Мир, 1975.
2. Дэшман, С. Научные основы вакуумной техники / С. Дэшман ; пер. с англ. – М. : Мир, 1964.
3. Вакуумная техника / под ред. Е. С. Фролова, В. Е. Минайчева. – М. : Машиностроение, 1985.

In this paper describes created by author an experimental vacuum system, based on a home-made vacuum chamber and a ЗНВР-1Д lamellar-rotary pump The vacuum system is used to experiments and demonstrate physical phenomena and processes.

Бочко Матвей Андреевич, студент 1-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, matvey.bochko.2003@mail.ru.

Научный руководитель – **Герман Андрей Евгеньевич**, заведующий кафедрой электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, доцент, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

УДК 53-087.4

В. С. ВЕРЕТИЛО

ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКОВ, СОВМЕСТИМЫХ С ЭКОСИСТЕМОЙ ARDUINO В ТЕХНОЛОГИИ «УМНЫЙ ДОМ»

Рассмотрены вопросы создания бюджетной системы «Умный дом». Проанализирован рынок современных систем автоматизации, предложен вариант самостоятельного создания данной системы на основе модулей, входящих в экосистему Arduino. Изучены самые распространенные виды контроллеров Arduino, представлены их основные характеристики, а также протестированы Arduino-совместимые датчики.

В век автоматизации и информационных технологий люди нуждаются в увеличении комфорта и удобства жилищных условий. Теперь в квартирах и частных домах, помимо бытовой техники и электроники, активно внедряются системы кондиционирования, охраны, отопления и др. Всеми этими системами должен управлять человек, что приводит к необходимости владения им определенными техническими компетенциями, а человеческий фактор обуславливает возникновение аварийных ситуаций и неудобств.

Относительно недавно человечество познакомилось с таким понятием, как «Умный дом». По мнению И. Н. Набродовой, «Умный дом» – широко известная за рубежом современная система автоматизации, призванная сделать жизнь человека максимально комфортной. Она может кардинальным образом изменить управление домом – от контроля температуры в комнатах и уровня их освещения до управления безопасностью дома и всей семьи [1]. То есть можно сказать, что умный дом – это автоматизированная система управления, которая облегчает быт человека в разы.

Для установки системы «Умный дом» необходимо одно условие – помимо основного контроллера потребуется установка необходимых датчиков и исполнительных механизмов. На сегодняшний день покупка

необходимого оборудования не является трудностью, так как ведущие производители выпускают комплексы оборудования для «Умного дома». Лучшими производителями систем «Умный дом» признаны: Amazon, Apple, Google, Control4, Fibaro, Xiaomi, Redmond, Ajax, Gal. Однако из-за высокой стоимости, плохой совместимости и отсутствия универсальности часто появляется необходимость в самостоятельном создании системы на основе дешевых и, в свою очередь, универсальных компонентов. И, на мой взгляд, система, созданная на платформе Arduino – это отличный бюджетный вариант, обладающий хорошей совместимостью с другими устройствами.

Существует три основных вида плат Arduino:

- Arduino UNO – средних размеров плата с собственным процессором и памятью.

Основа – микроконтроллер ATmega328. В наличии 14 цифровых входов/выходов (6 из них можно использовать как ШИМ выходы), 6 аналоговых входов, кварцевый резонатор 16 МГц, USB-порт (на некоторых платах типа USB-B), разъем для внутрисхемного программирования, кнопка RESET. Флэш-память – 32 Кб, оперативная память (SRAM) – 2 Кб, энергонезависимая память (EEPROM) – 1 Кб [2].

- Arduino NANO – это функциональный аналог Arduino UNO, но размещенный на миниатюрной плате.

Отличие заключается в отсутствии разъема для внешнего питания, использование микросхемы FTDI FT232RL для USB-Serial преобразования (либо CH340G) и применением mini-USB полноразмерного разъема. В остальном, начинка и способы взаимодействия совпадают с базовой моделью. Платформа имеет штырьковые контакты, что позволяет легко устанавливать её на макетную плату [3].

- Arduino MEGA – построена на микроконтроллере ATmega2560. Плата имеет 54 цифровых входа/выходов (14 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 16 аналоговых входов, 4 последовательных порта UART, кварцевый генератор 16 МГц, USB, разъем питания, разъем ICSP и кнопке перезагрузки. Arduino Mega 2560 совместима со всеми платами расширения, разработанными для платформ UNO или Duemilanove [4].

Исходя из предложенных на рынке плат, была выбрана Arduino Uno. Несмотря на то, что это одна из самых дешевых плат Arduino, она достаточно функциональна. Также из-за небольших размеров данной платы не возникает трудностей при ее монтаже и интеграции в другое оборудование.

Аппаратная часть системы «Умный дом» состоит из головного устройства (Arduino UNO), а также набора необходимых датчиков, таких как: фоторезисторы для регистрации света, датчики температуры, датчики газа и дыма, датчики влажности, датчики уровня воды, инфракрасные и микроволновые датчики движения, датчики звука, инфракрасные приемники и др. Помимо датчиков, в состав системы входят исполнительные устройства: блоки реле и полупроводниковых ключей для управления освещением, системами вентиляции и кондиционирования, бытовыми приборами и т.д.

При изучении экосистемы Arduino вноу были изучены и протестированы некоторые датчики:

- Фоторезисторы (LDR) Это особый тип резистора с сопротивлением, которое изменяется в зависимости от интенсивности падающего на него света. Это позволяет использовать их в фоточувствительных схемах.

- Аналоговый датчик температуры (LM35) Это полупроводниковый прецизионный датчик для измерения температуры на интегральной схеме с выходным напряжением, линейно пропорциональным температуре по шкале Цельсия. Он удобен.

- Цифровой датчик температуры DS18B20. Это полноценный полупроводниковый цифровой термометр, который может измерять температуру с точностью от 9 до 12 бит в пределах от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$.

- Датчик газа и дыма (MQ2). Этот полупроводниковый датчик предназначен для обнаружения утечки газа. Он может обнаруживать H₂, LPG, CH₄, CO, пропан. Когда детектируется газ существует, проводимость датчика увеличивается пропорционально увеличению концентрации газа.

- Датчик температуры и влажности (DHT11) использует емкостной датчик влажности и терморезистор для измерения параметров среды. Датчик выдает цифровой сигнал, что позволяет применять его без использования аналого-цифрового преобразования.

- Датчик уровня воды предназначен для определения уровня воды в различных емкостях, где недоступен визуальный контроль, с целью предупреждения переполнения емкости водой через критическую отметку. Его принцип работы основан на измерении проводимости среды между электродами.

- Инфракрасный датчик движения (HC-SR501). Пирозлектрический датчик используется для обнаружения в контролируемой зоне движения объектов, которые испускают инфракрасное излучение.

- Датчик звука позволяет при помощи встроенного микрофона определить звук, интенсивность которого превышает заданный пользователем уровень.

Также были изучены и опробованы модули электромагнитных реле, представляющие собой электромеханический выключатель, который может использоваться для включения/выключения внешнего

устройства. Перечисленные датчики и модули показали простоту и удобство их применения, а также возможность использования для решения задач по созданию системы «Умный дом».

Список литературы

1. Набродова, И. Н. Система дистанционного управления поливом [Электронный ресурс] / И. Н. Набродова // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2019. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-distantsionnogo-upravleniya-polivom/viewer>. – Дата доступа: 01.03.2021.
2. Умный дом на основе Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://future2day.ru/umnyj-dom-na-osnove-arduino/>. – Дата доступа: 03.03.2021.
3. Сравнение плат Arduino. Какую выбрать? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ampermarket.kz/base/arduino_family/. – Дата доступа: 03.03.2021.
4. ArduinoMega 2560 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardMega2560>. – Дата доступа: 03.03.2021.

This article discusses the issues of creating a budget system «Smart House». The market of modern automation systems is analyzed, the option of self-creation of this system based on the modules included in the Arduino ecosystem is proposed. The most common types of Arduino controllers are studied, their main characteristics are presented, and Arduino-compatible sensors are tested.

Веретилко Виталий Сергеевич, студент 4-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, vitaly.veretilo@gmail.com.

Научный руководитель – **Герман Андрей Евгеньевич**, заведующий кафедрой электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, доцент, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

УДК 620.9

П. С. ВИШНЕВСКИЙ, М. А. ДУБРОВНИК, В. Д. СЕМЧУК

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Рассмотрены светодиодные лампы. Приведены классификация и маркировка. Приведены источники питания для светодиодного освещения.

Современные светодиодные лампы могут быть классифицированы по нескольким признакам: по назначению лампы; по типу ее конструкции; по типу цоколя; по свойствам излучаемого света.

По назначению светодиодные лампы подразделяются на: лампы основного освещения в жилых помещениях; лампы для локальных дизайнерских подсветок; лампы для наружной архитектурной подсветки и ландшафтного дизайна; лампы для использования во взрывоопасной среде; лампы для освещения улиц, автостоянок, мостов, тротуаров, железнодорожных станций и т. д.; лампы для прожекторов, которые устанавливаются на промышленных зданиях и территориях [1].

По типу, в зависимости от остальных свойств, светодиодные лампы делятся на: лампы общего назначения для жилых и офисных помещений; лампы направленного света для прожекторов, которые применимы как для локальной подсветки интерьеров зданий, витрин магазинов, рекламных конструкций, так и для ландшафтного освещения; линейные лампы в форме продолговатых трубок, для замены люминесцентных ламп [2].

На упаковке обязательно указывается мощность, потребляемая данной светодиодной лампой от сети. Как правило, на упаковке указана и эквивалентная по световому потоку мощность ламп накаливания, однако этот эквивалентный параметр приводится лишь для сравнения. Реальная мощность светодиодных ламп общего назначения находится в диапазоне от 1 до 25 Вт.

Срок службы измеряется в часах. Этот параметр у разных производителей может отличаться и по статистике, срок службы светодиодных ламп в нормальных, не экстремальных условиях, при качественной питании от сети может достигать 50000 часов.

Светодиодные лампы являются весьма энергоэффективными, и на упаковке всегда указан класс энергоэффективности. Раньше этот показатель ограничивался уровнем «А». С развитием энергоэффективного светодиодного освещения, появились и дополнительные классы «А+» и «А++», свидетельствующие о существенно меньшем значении отношения потребляемой мощности к мощности, рассчитанной по получаемому от данной лампы эффективному световому потоку.

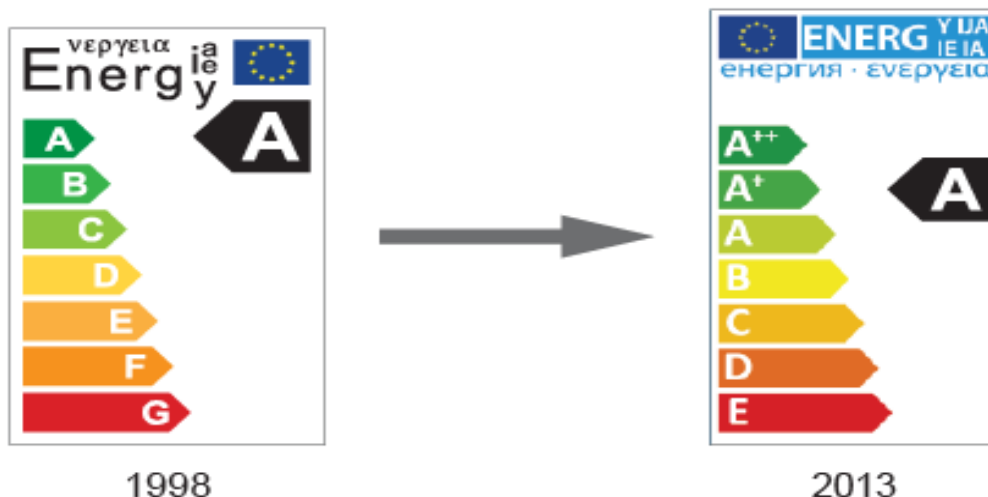


Рисунок 1 – Классы энергоэффективности

Показатель яркости светодиодной лампы, измеряемый в Люменах. Для наглядности можно воспользоваться таблицей, и получить представление о световом потоке, который дают обычные лампы накаливания. Главным преимуществом светодиодных ламп является то, что они способны дать соответствующий световой поток, потребляя гораздо меньше электрической энергии [3].

Мощность, Вт			Световой поток, Лм
Накаливания	Люминесцентная	Светодиодная	
20 Вт	5-7 Вт	2-3 Вт	250
40 Вт	10-13 Вт	4-5 Вт	400
60 Вт	15-16 Вт	8-10 Вт	700
75 Вт	18-20 Вт	10-12 Вт	900
100 Вт	25-30 Вт	12-15 Вт	1200
150 Вт	40-50 Вт	18-20 Вт	1800
200 Вт	60-80 Вт	25-30 Вт	2500

Рисунок 2 – Световой поток различных ламп

Цветовая температура может быть разной, от очень теплой до очень холодной, причем для человека более комфортным является более «теплый» свет, ближе к желтому, как это имеет место у ламп накаливания. Холодный свет больше подходит для производственных помещений, уличного освещения и других мест, где человек не стремится получить максимум уюта. Если в жилом помещении установить холодный свет, это неблагоприятно будет влиять на нервную систему человека [4]. На упаковке этот показатель обязательно указывается.

Цветовая температура измеряется в Кельвинах, и диапазоны имеют соответствующие названия при маркировке: теплый белый свет (2700–3200 К), нейтральный белый или дневной свет (3500–4500 К), белый свет (4700–6000 К), холодный белый свет (от 6000 К) [3].

Измеряется в Ra или CRI. Характеризует то, насколько точно освещаемый предмет сохраняет свои естественные оттенки. Индекс цветопередачи яркого дневного солнечного света равен 100 CRI. Для искусственного освещения нормальным считается показатель выше 75 CRI: для ламп накаливания – от 90 и выше, для светодиодных – от 80 до 89. Показатель Ra больше 80 считается достаточно высоким [5].

Для освещения в настоящее время все чаще используются источники питания на светодиодах. Светодиоды отличаются от традиционных элементов освещения экономичностью и надежностью.

Основным элементом светодиодного светильника является полупроводниковый прибор под названием светодиод. Питание такого прибора имеет свои особенности. В частности, он имеет нелинейную зависимость протекающего по нему тока от напряжения.

При нестабильности напряжения питания такая нелинейность может привести к резкому увеличению тока и выходу светодиода из строя. Для предотвращения этого явления надо обеспечить ограничение тока в цепи питания. Простейшим методом ограничения тока является последовательное включение с диодом резистора. Такая схема чаще всего нужна для включения простых светодиодных лент. В более сложных случаях применяется блок питания для LED-ленты.

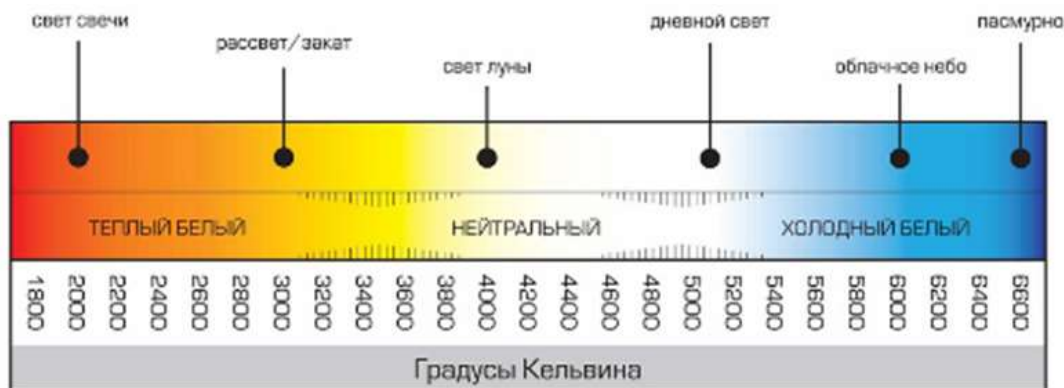


Рисунок 3 – Шкала цветовой температуры

Источник питания светодиодного освещения должен иметь следующие свойства: надежность; высокий КПД; безопасность.

Поскольку долговечность работы светодиодов определяется величиной в 40–50 тысяч часов, то и источник питания должен быть надежным. Высокие энергетические характеристики светодиодов требуют, чтобы и источник питания, как часть системы освещения, имел бы высокий КПД [6].

Безопасность системы освещения на светодиодах также определяется источником питания, поскольку он связан с преобразованием высокого сетевого напряжения. Кроме того, от качества работы источника питания зависит качество излучаемого светодиодом света. Если выпрямленный ток будет меняться во времени, то и качество света будет невысоким.

Существует несколько видов источников питания. Для питания светильников применяют блоки питания или драйверы. Первые нужны для выработки и поддержания на своем выходе напряжения, стабилизированного по величине. Вторые вырабатывают стабилизированный ток.



Рисунок 4 – Блоки питания

В состав блока питания трансформаторного типа входят понижающий трансформатор на 50 Гц, выпрямительное устройство, сглаживающий фильтр. Для стабилизации выходного напряжения применяется схема на стабилитронах или транзисторах.

Преимущества блока – простая схема и развязка от сети, а также нечувствительность к режиму х. х.

Недостатки – большой вес, небольшой КПД и плохая переносимость перегрузок. Блок питания импульсного типа отличается тем, что он работает на повышенных частотах, поэтому его трансформатор имеет меньшие габариты и вес. Но такой блок чувствителен как к перегрузке, так и к холостому ходу. При использовании блока питания часть мощности уходит на нагревание резисторов.

Драйвер представляет собой импульсный источник стабилизированного тока. Он бывает двухкаскадным и однокаскадным. При этом первый каскад предназначен для защиты сети от гармоник, возникающих при работе нелинейных элементов схемы. В драйверах для регулировки яркости приборов часто используется димминг. При этом ток драйвера на выходе меняется путем широтной модуляции импульсов [6].

При наличии драйвера светодиода могут работать на полную мощность, так как не надо уменьшать питающее напряжение из-за опасности выхода прибора из строя. Срок службы при таком питании также возрастает, так как при любых обстоятельствах ток меньше или равен его допустимой величине.

Список литературы

1. <https://electronoff.ua/academy/post/klassifikacziya-i-markirovka-svetodiodnykh-lamp.php>.
2. <https://ук-энерготехсервис.рф/podklyuchenie/klassifikatsiya-i-markirovka-svetodiodnyh-lamp.html>.
3. <http://elektrik.info/main/lighting/951-klassifikaciya-i-markirovka-svetodiodnyh-lamp.html>.
4. <https://sovet-ingenera.com/elektrika/svetylnik/xarakteristiki-svetodiodnyh-lamp.html>.
5. <https://ledjournal.info/spravochnik/markirovka-svetodiodnykh-lamp.html>.
6. http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/powersupply/istpit_svtld.htm.

LED bulbs. Classification and labeling. Power supplies for LED lighting.

Вишневецкий Павел Сергеевич, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, vishnevskky@gmail.com.

Дубровник Максим Александрович, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, dubrovnik.2001@outlook.com.

Семчук Вадим Дмитриевич, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, 1vadimsemchuk2001@gmail.com.

Научный руководитель – **Комар Владимир Николаевич**, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь.

УДК 621.313.333

Е. О. ГАЛИМОВ

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В РАБОТЕ ГЭС «ГЕЗГАЛЫ»

В настоящее время остро стоит проблема развития альтернативной энергетики. Цель поиска альтернативных источников энергии – потребность получать ее из энергии возобновляемых или практически неисчерпаемых природных ресурсов и явлений. Асинхронные двигатели являются основными преобразователями электрической энергии в механическую и составляют основу электропривода большинства механизмов, используемых во всех отраслях народного хозяйства.

Асинхронный двигатель – это машина, в которой при работе возбуждается вращающееся магнитное поле, но ротор вращается асинхронно, т. е. с угловой скоростью, отличной от угловой скорости поля. Асинхронный двигатель состоит из двух частей: неподвижного статора и вращающегося ротора. Статор асинхронной машины представляет собой полый цилиндр, собранный из пластин электротехнической стали, изолированных друг от друга слоем лака. Ротор асинхронной машины представляет собой цилиндрический сердечник, собранный из пластин электротехнической стали, изолированных друг от друга лаком [1, с. 417–419].

Большое количество асинхронных двигателей используется на мини-ГЭС «Гезгалы» Гродненской области Дятловского района (рис. 1) [1]. ГЭС «Гезгалы» установленной мощностью 620 кВт стоит на реке Молчадь. Построена и введена в эксплуатацию 9 мая 1960 года. На мини-ГЭС «Гезгалы» установлены два синхронных генератора мощностью 310 кВт марки ВРСР 213/24-28 производства г. Лысьва. Объем водохранилища Гезгальской мини-ГЭС составляет 122 га. Турбинные камеры оснащены поворотными лопастными турбинами с частотой вращения 214 об./мин. при напоре воды 4,8 м [1].

Электродвигатели приводов подъемных механизмов затворов донного водовыпуска (4АМ100S8/4/2У3) в количестве 2 штук служат для выполнения маневрирования щитами затворов при сбросе воды при опоражнивании водохранилища для производства ремонта гидротехнических сооружений (рис. 2). Трехскоростной электродвигатель с короткозамкнутым ротором 4АМ100S8/4/2У3 предназначен для продолжительного режима работы S1 от сети переменного тока с частотой 50 Гц. Благодаря простоте и надежности конструкции, отсутствие подвижных контактов данная марка нашла свое применение в различных отраслях производства и народного хозяйства.



Рисунок 1 – Изображение мини-ГЭС «Гезгаль»¹

Данный электродвигатель весит более 34 кг и работает при напряжении 380 В. При соединении данного электродвигателя «треугольником» частота вращения ротора будет составлять 1425 об./мин., мощность будет составлять 1,1 кВт, коэффициент мощности будет равен 0,76, а КПД будет равен 66 %. При соединении данного электродвигателя «звездой» коэффициент мощности будет равен 0,59, частота вращения – 705 об./мин., мощность – 0,63 кВт, а КПД будет составлять 58 %. В те времена, когда преобразователи частоты для асинхронных двигателей были роскошью (более 20 лет назад), в промышленном оборудовании в случае необходимости применялись двигатели постоянного тока, в которых имелась возможность регулировать частоту оборотов. Способ этот был громоздкий, и наряду с ним использовался еще один, попроще – применялись двухскоростные (многоскоростные) двигатели, в которых обмотки подключаются и переключаются определенным образом по схеме Даландера, что позволяет изменять скорость вращения. При соединении данного электродвигателя двумя звездами частота вращения ротора составила 2850 об./мин., мощность 1,5 кВт, коэффициент мощности равен 0,9, а КПД – 67 %. Степень защиты IP44 позволяет использовать изделия преимущественно в помещениях с повышенным уровнем влажности (подвал дома и др.) [1].



Рисунок 2 – Асинхронный двигатель 4AM100S8/4/2У3

Электродвигатели насосов технического водоснабжения (АИР 80В2 у2) в количестве 2 штук обеспечивают подачу воды на охлаждение масляных ванн генераторов и смазку резиновых вкладышей направляющих подшипников валов турбин гидроагрегатов. Общепромышленный асинхронный электродвигатель АИР 80В2 у2 (рис. 3) изготавливается на одинарное напряжение 380В (три клеммы в коробке выводов) или двойное напряжение 220/380В (шесть клемм). В двигателе используется климатическое исполнение У, категории размещения – 2 (эксплуатация под навесом, отсутствие прямого воздействия осадков

¹Фотографии двигателей в данном исследовании являются авторскими.

и солнечного излучения). Режим работы данного двигателя – продолжительный, S1. Двигатель имеет степень защиты – IP55 (содержание не токопроводящей пыли в воздухе до 100 мг/м³, двигатель защищен от брызг воды с любого направления).

Данный электродвигатель имеет частоту вращения ротора – 2840 об./мин. и весит менее 20 кг. Электродвигатель имеет мощность 2,2 кВт, коэффициент мощности – 0,85, а КПД у данного электродвигателя составляет 80,6 % [1, с. 87].



Рисунок 3 – Асинхронный двигатель АИР 80В2 у2

Электродвигатели приводов подъемных механизмов русловых затворов (АО-73-6) в количестве 6 штук служат для выполнения маневрирования щитами затворов при сбросе излишков воды, льда, сора во время весеннего половодья и дождевых паводков. Электродвигатели серии АО – это высоковольтные двигатели переменного тока с короткозамкнутым ротором на стояковых подшипниках скольжения. Данный электродвигатель был выпущен на Бакинском электромашиностроительном заводе в 1958 году. Режим работы данного двигателя – продолжительный, S1. Частота вращения ротора данного электродвигателя составляет 730 об./мин., а вес равен 300 кг. Мощность электродвигателя равна 1,4 кВт, коэффициент мощности – 0,81, а КПД составляет 87,5 %. Работает на одинарное напряжение 380 В (три клеммы в коробке выводов) или двойное напряжение 220/380 В (шесть клемм).

Электродвигатель приводов подъемных механизмов ремонтных затворов (4АМ180М8У3) в количестве 2 штук служат для выполнения маневрирования щитами при выполнении ремонтных работ и осмотров турбинных шахт и направляющих аппаратов гидроагрегатов ГЭС. Электродвигатель 4АМ180М8У3 (рис. 4) – качественный трехфазный асинхронный электродвигатель 15 кВт 735 об./мин. с короткозамкнутым ротором. Климатическое исполнение У, категории размещения – 3 (эксплуатация в закрытых помещениях без регулирования климатических условий). Электродвигатель 4АМ180М8 может работать на двух разных напряжениях сети – 380 или 660 В, при промышленной частоте 50 и 60 Гц, благодаря наличию двух схем подключения – треугольник/звезда. 4АМ180М8 15/750 подходит для продолжительного режима работы с неизменной нагрузкой на валу, имеет хорошую защищенность (брызги воды и нетокопроводящая пыль), что позволяет ему работать в затрудненных условиях [1]. Коэффициент мощности данного электродвигателя составляет 0,8, а КПД составляет 88 %.

Таким образом, на мини-ГЭС «Гезгалы» применяется большое количество асинхронных двигателей разного назначения, в основном они служат для маневрирования щитами затворов при сбросе излишков воды, льда, сора. Данные электродвигатели имеют разные частоты вращения, КПД, мощности и др. В асинхронных двигателях применяется короткозамкнутый ротор, т. к. он значительно дешевле, и, что очень существенно, обслуживание двигателя с короткозамкнутым ротором значительно проще [1, с. 419]. В современном мире асинхронные двигатели используются во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства. Асинхронные двигатели до сих пор являются лучшим двигателем и экологически чистым. На мини-ГЭС присутствует большое количество устаревших двигателей, которые требуют замены на более новую модель. Среди перечисленных двигателей наиболее оптимальным будет двигатель 4АМ180М8У3, так как данный двигатель был заменен на ГЭС «Гезгалы» совершенно недавно и имеет, по сравнению с другими двигателями, наибольший КПД.

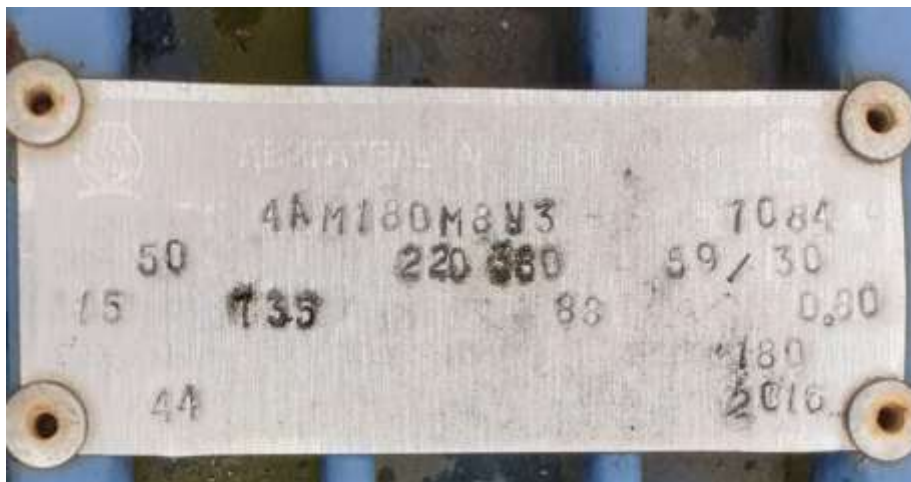


Рисунок 4 – Асинхронный двигатель 4AM180M8Y3

Список литературы

1. Касаткин, А. С. Электротехника / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – 6-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 2000. – 452 с.
2. Гезгальская ГЭС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://be-tarask.wikipedia.org/wiki/Гезгальская_ГЭС.
3. Дорофейчик, А. Н. Гидроэнергетика Гродненщины / А. Н. Дорофейчик // Энергия и менеджмент. – 2006. – № 2 (29). – С. 42–45.
4. ГОСТ 14254-96. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (МЭК 529-89).
5. Лихачев, В. Л. Электродвигатели асинхронные / В. Л. Лихачев. – М. : СОЛОН-Р, 2002. – 303 с.
6. Электродвигатель 4AM180M8 15 кВт 750 об./мин., 380/660 В [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://all-electro.com.ua/p112888834-elektrodvigatel-4am180m8-kvt.html>.

Currently, the problem of alternative energy development is acute. The purpose of the search for alternative sources of energy is the need to obtain it from the energy of renewable or practically inexhaustible natural resources and phenomena. Asynchronous motors are the main converters of electrical energy into mechanical energy and form the basis of the electric drive of most mechanisms used in all sectors of the national economy.

Галимов Егор Олегович, студент 2-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, galimov.egor.2001@mail.ru.

Научный руководитель – *Комар Владимир Николаевич*, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь, v.komar@grsu.by.

УДК 53.083.94

В. А. ГРЕМЧУК, П. Р. МАКЕЙ

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВНУТРИСХЕМНОГО ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАССИВНЫХ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ

Представлен простой прибор для внутрисхемного измерения сопротивления пассивных радиоэлементов на основе микроконтроллера ATMEGA8, показана упрощенная схема устройства, рассмотрены ее особенности и возможность дальнейшей доработки.

При внутрисхемном измерении параметров пассивных радиоэлементов важно учитывать ряд условий, без которых выполнить измерения с достаточной точностью не представляется возможным:

1. Напряжение измерения, подаваемое на участок схемы, не должно превышать падения напряжения на полупроводниковых элементах при прямом включении их р-п перехода. Это необходимо для предотвращения влияния активных элементов и подключенных к ним компонентов на результат измерения. Для большинства кремниевых транзисторов, диодов, а также ИМС, построенных на их базе, типичное значение данного напряжения лежит в пределах 0,55–0,7 В. Для полупроводниковых диодов Шоттки падение напряжения составляет около 0,15 В, однако они чаще всего используются в цепях питания, где влияние на результат внутрисхемного измерения остальных элементов схемы не является критичным.

2. Необходим хороший электрический контакт щупов измерительного прибора с радиоэлементом. При этом важно использование специализированных подпружиненных щупов, которые обеспечивают постоянство электрического контакта.

Схема прибора, смоделированная в среде Proteus, представлена на рисунке 1.

Принцип работы устройства для внутрисхемного измерения сопротивления заключается в измерении напряжения $V_{1,3,ж}$ в делителе R_1 и R_2 с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) микроконтроллера ATMEGA8, лежащего в основе прибора. опорное напряжение $V_{ион}$ для АЦП берется с делителя, образованного резисторами R_3 и R_4 (коэффициент деления 2). Измеряемое сопротивление вычисляется по формуле:

$$R_2 = k \left(\frac{R_1 V}{V - V_{1,3,ж}} - R_1 \right),$$

где V – стабильное напряжение, подаваемое на оба делителя; k – коэффициент усиления буферного усилителя между измерительной схемой и входом АЦП. При непосредственном измерении $k = 1$.

Диоды VD_1 и VD_2 выполняют роль защитной цепи, препятствуя возможному попаданию напряжения выше 0.5–0.6 В на вход АЦП. Результат измерения отображается на четырехразрядном светодиодном индикаторе, работающем в режиме динамической индикации.

При значениях сопротивлений резисторов, показанных на рисунке 1, измеряемое сопротивление может находиться в пределах от 0 до 1000 Ом. Для изменения пределов измерения необходимо заменить резистор R_1 , либо установить усилитель между измеряемой частью и входом АЦП. При этом максимальное измеряемое сопротивление:

$$R_2 = R_1 k,$$

где k – коэффициент усиления буферного усилителя между измерительной схемой и входом АЦП.

Использование виртуального эксперимента в среде Proteus позволило провести апробацию методики в среде, исключающей воздействие сторонних наводок и других факторов, искажающих результаты измерения. В реальном устройстве уменьшение наводок будет осуществляться путем экранирования, а также за счет фильтрующих цепей.

Внутрисхемное измерение сопротивления элементами обычными омметрами обычно приводит к большим погрешностям, так как омметр использует рабочее напряжение, превышающее напряжение открытия полупроводниковых элементов. Специализированные приборы, представленные на рынке и имеющие характеристики, сходные с рассмотренным прибором, имеют довольно высокую стоимость. Предложенный вариант устройства является компромиссным с точки зрения оценки параметра отношения «стоимость/точность». По предварительным расчетам и на основании результатов моделирования, погрешность измерений составляет около 0,2 %. Большую точность можно получить, используя АЦП с большей разрядностью.

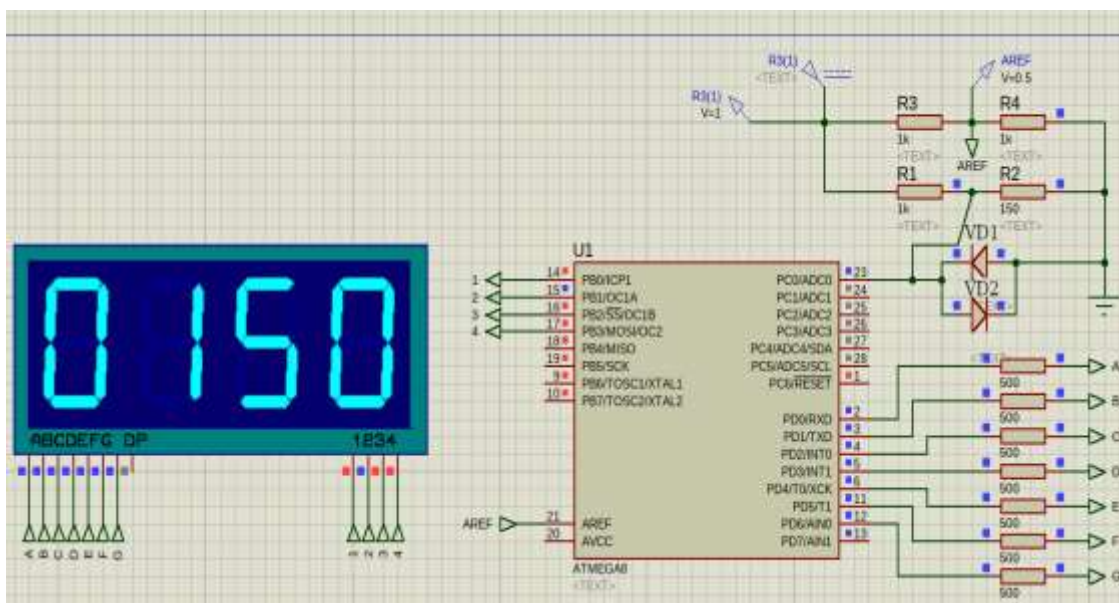


Рисунок 1 – Схема прибора в среде Proteus

Представленная схема была собрана и протестирована на макетной плате. Авторами написано программное обеспечение для микроконтроллера, выполняющее измерение сопротивления резисторов в диапазоне 0–1000 Ом. Испытания продемонстрировали принципиальную работоспособность прибора, преимуществами которого являются: простота и низкая стоимость; высокая точность за счет отсутствия влияния на результат измерения колебаний опорного напряжения, так как источник опорного напряжения и измерительные цепи питаются от одного источника стабильного напряжения; возможность установки нуля, как с помощью делителя, так и программно (это может быть использовано с целью компенсации сопротивления щупов при измерении).

В дальнейшем авторы планируют продолжить работу над измерителем с целью уменьшения влияния сторонних факторов на точность измерения, добавление автоматического выбора пределов измерения, а также изготовления полнофункционального прототипа прибора.

Список литературы

1. Соломахо, В. Л. Нормирование точности и технические измерения / В. Л. Соломахо, Б. В. Цитович, С. С. Соколовский. – Минск : Выш. шк., 2015. – 367 с.
2. Евстифеева, А. В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny и Mega фирмы Atmel / А. В. Евстифеева. – М. : Додэка-XXI, 2004. – 282 с.
3. Матвиенко, В. А. Основы теории цепей : учеб. пособие / В. А. Матвиенко. – Екатеринбург : УМЦ УПИ, 2016. – 162 с.
4. Динамическая индикация. Программирование микроконтроллеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vk.cc/bZEG71>. – Дата доступа: 08.03.2021.

In this paper presents a simple device for in-circuit measurement of the resistance of passive radioelements. Device based on the ATMEGA8 microcontroller. Reviewed a simplified diagram of the device, its features and the possibility of further revision.

Гремчук Владислав Алексеевич, студент 1-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, vlad.gremchuk@mail.ru.

Макей Прохор Романович, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, prohormakey123@gmail.com.

Научный руководитель – **Герман Андрей Евгеньевич**, заведующий кафедрой электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, доцент, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

УДК 37.016:53

Д. А. ДРОБЫШ

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Представлено краткое описание оборудования, применяемого для исследования качества электрической энергии. Проведены измерения качества электрической энергии в жилом здании. На основании полученных данных сделан вывод о состоянии анализируемой электрической сети.

Целью исследования является изучение методик измерения качества электрической энергии однофазных сетей. Мониторинг и последующий анализ параметров качества электрической энергии (далее – ПКЭ) осуществляется при помощи анализаторов качества электроэнергии. Анализаторы представляют собой multifunctional электроизмерительные приборы, конструктивно выполненные в специальном пластмассовом защитном корпусе. Для проведения данного исследования использовался анализатор серии PQM марки 703 (Sonel, Республика Польша).

Управление режимами работы и настройками анализатора осуществляется с помощью программного обеспечения, которое встроено в защищенную от записи память микроконтроллера.

Для работы с анализатором необходимо прикладное программное обеспечение «SONELANALYSIS», устанавливаемое на персональный компьютер. Оно позволяет выполнить:

- конфигурацию анализатора;
- чтение данных из регистратора;
- мониторинг сети в режиме реального времени;
- удаление данных из анализатора;
- представление данных в виде таблиц;
- представление данных в виде графиков (диаграмм);
- анализ данных с точки зрения различных международных стандартов.

В исследовании изучается методика измерения качества электроэнергии однофазных сетей многоквартирного жилого дома в г. Гродно. Сетевое напряжение дома составляет 220/380 В, частота 50 Гц. Соответственно, для измерения качества необходимо устройство, работающее с диапазонами напряжений и частот, в которые входят данные значения и с однофазными сетями. Анализатор серии PQM марки 703 соответствует данным требованиям [2].

Установленные значения параметров качества электрической энергии определены в международном стандарте «О нормах качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» ГОСТ 2013-32144. Применительно к изменениям характеристик напряжения электропитания, относящихся к частоте, значениям и форме напряжения, установлены нормы и показатели качества, измеренные в соответствии с требованиями международного стандарта «О методах измерений показателей качества электрической энергии» ГОСТ 30804.4.30. Соответственно, именно эти стандарты учитываются в данном исследовании [3; 4].

Для выявления ПКЭ, не соответствующих установленным значениям, необходим анализ качества. Перед осуществлением анализа выполняется непрерывный мониторинг показателей в определенный промежуток времени. Далее выявляются ухудшения показателей, причины их возникновения и даются рекомендации по их устранению [5; 6].

Измерения проводились в течение двух суток в период с 18.05.2020 по 20.05.2020. Время начала и окончания измерений – 01.00. Подключение осуществлялось напрямую к сети через сетевой адаптер AZ-1.

По итогу измерения отклонения от допустимых значений зафиксированы в следующих параметрах качества электроэнергии:

- одиночные быстрые изменения напряжения;
- несинусоидальность напряжения.

Одиночные быстрые изменения напряжения были зафиксированы 39 раз, при которых значение напряжения превышало номинальное значение более чем на 5 %, продолжительностью менее одной минуты. Результаты измерений приведены в графике на рисунке 1.

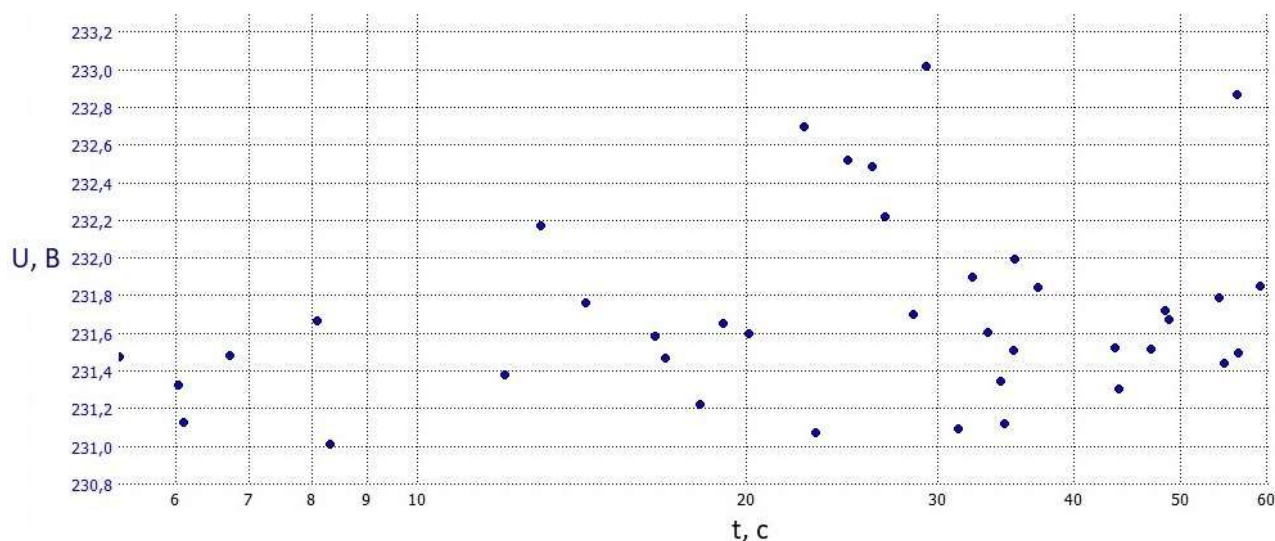


Рисунок 1 – График зависимости величины отклонений напряжений от их длительности до 1 минуты

Согласно ГОСТ 2013-32144 превышение допустимо только несколько раз за день. Следовательно, данный параметр влияет на ухудшение качества электрической сети жилого дома.

Так же зафиксировано 141 событие, при которых значение напряжения превышало номинальное более чем на 5 %, продолжительностью от 1 минуты до 1 часа 13 минут. Общая длительность отклонений составляет более 23 часов, то есть примерно половину от общего времени измерения. Данные показатели не учтены в международном стандарте. Однако они не превышают предельно допустимые значения и, в отличие от быстрых изменений напряжения, не учитываются, как ухудшающие общее качество электрической энергии сети жилого дома. Результаты измерений приведены в графике на рисунке 2.

По несинусоидальности напряжения зафиксировано 991 отклонение коэффициентов гармонических составляющих напряжения 3-го порядка и 558 отклонений коэффициентов гармонических составляющих напряжения 15-го порядка.

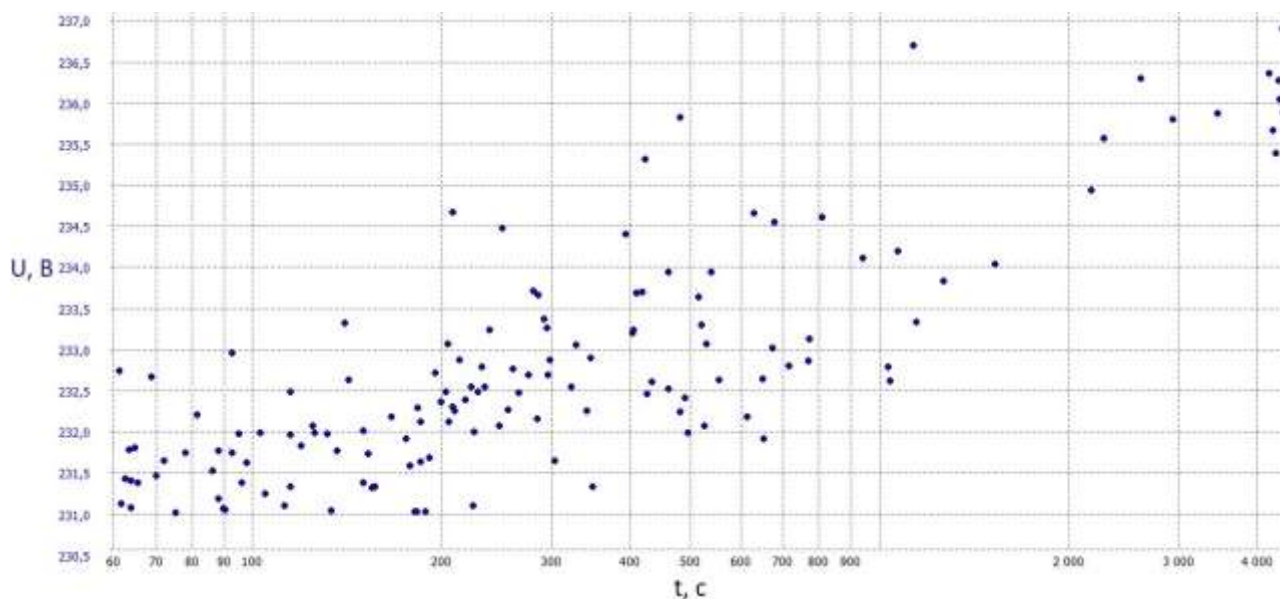


Рисунок 2 – График зависимости величины отклонений напряжений от их длительности более 1 минуты

Согласно ГОСТ 2013-32144 значения коэффициента гармонической составляющих напряжения по 3-й гармонике не должно превышать значения $K_{U(3)} = 5\%$, по 15-й гармонике не должно превышать значения $K_{U(15)} = 0,5\%$ в течение 95 % времени измерения, и увеличенных в 1,5 раза, в течение 100 % времени измерения.

Значения коэффициентов, увеличенные в 1,5 раза будут составлять: для 3-й гармонике $K'_{U(3)} = 7,5$; для 15-й $K'_{U(15)} = 0,75$. Как видно на предоставленных графиках, ни одно из зафиксированных отклонений не превышает данное значение.

Однако общее время отклонения коэффициента по 3-й гармонике от допустимых значений примерно равняется 17 часам. По 15-й – примерно 2,5 часам. Допустимое время продолжительности отклонений:

$$48 \cdot 95\% = 45,6 \text{ (ч);}$$

$$48 - 45,6 = 2,4 \text{ (ч).}$$

Время отклонений от каждой из гармоник превышает допустимое. Следовательно, данные параметры влияют на ухудшение общего качества электрической сети жилого дома.

Причиной быстрых одиночных отклонений напряжения являются резкие изменения нагрузки. То есть источником отклонения могут потребители электроэнергии, находящиеся на территории жилого дома, не соответствующие международным стандартам, перечисленным в данной работе (например, приборы ручной сборки).

Одиночные отклонения могут приводить к сокращению срока службы таких электроприемников, как телевизоры, персональные компьютеры, холодильники, осветительные лампы, резервные блоки питания и т. д.

Причиной появления искажения гармоник напряжения является наличие потребителей с нелинейной нагрузкой, таких как компьютеры, тиристорные преобразователи и т. п. При этом наряду с искажением происходит генерирование значительного потока реактивной мощности во внешнюю электросеть, что ухудшает качество работы других потребителей электроэнергии.

Для уменьшения искажений гармоник рекомендуется применять фильтры, представляющие собой последовательное соединение индуктивного и емкостного сопротивлений, настроенных в резонанс на определенную гармонику [7].

При анализе качества однофазной сети жилого дома были найдены параметры, влияющие на ухудшение общего качества данной сети. Однако зафиксированные изменения этих параметров не являлись критичными и по большинству показателей (за исключением времен отклонения по гармоникам) соответствуют допустимым нормам.

Список литературы

1. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] : материалы XXVIII междунар. науч.-практ. конф. аспирантов, магистрантов и студентов (Гродно, 17 апр. 2020 г.) / ГрГУ им. Янки Купалы, физ.-техн. фак. ; редкол.: А. Е. Герман (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2020.
2. Приборы для анализа качества электроэнергии [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://www.sonel.ru/products/power-quality/detail.php?id4=572>. – Дата доступа: 28.02.2021.
3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 25.03.2013. – М. : Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации.
4. ГОСТ 30804.4.30-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии. – Введ. 01.01.2014. – М. : Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации.
5. Хавецкий, К. В. Проблемы качества электроэнергии в системах электроснабжения [Электронный ресурс] / К. В. Хавецкий. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-kachestva-elektroenergii-v-sistemah-elektrosnabzheniya>. – Дата доступа: 29.02.2021.
6. Саприка, О. В. Анализ качества электрической энергии на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства [Электронный ресурс] / О. В. Саприка. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-kachestva-elektricheskoy-energii-na-predpriyatiyah-zhilishno-kommunalnogo-hozyaystva>. – Дата доступа: 29.02.2021.
7. Качество электрической энергии и основные неполадки питания, представляющие опасность для работы ЛВС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ups-service.by/PDF/Voltage_quality.pdf. – Дата доступа: 29.02.2021.

A brief description of the equipment used for quality of electrical energy research is present. Measurements of the quality of electrical energy in a residential building were carried out. Based on the data obtained was made a conclusion about the state of the analyzed electrical network.

Дробыш Даниил Александрович, магистрант 2-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, numetalfan2@gmail.com.

Научный руководитель – *Герман Андрей Евгеньевич*, заведующий кафедрой электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, доцент, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

УДК 004.9

М. А. ДУБРОВНИК

ПРИМЕНЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Приведен анализ системы и видов освещения. Рассмотрены основные виды осветительных приборов.

Виды освещения. В зависимости от природы источника световой энергии различают естественное, искусственное и совмещенное освещения [4].

Естественное освещение подразделяют на боковое (одно- или двустороннее), когда свет проникает в помещение через световые проемы в наружных стенах; верхнее, осуществляемое через фонари и световые проемы в кровле; верхнее и боковое, сочетающее верхнее и боковое освещения.

Совмещенное освещение применяют в помещениях с недостаточным естественным светом, который дополняется электрическими источниками света, работающими не только в темное, но и в светлое время суток.

Искусственное (электрическое) освещение по характеру выполняемых задач делят на рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное и дежурное. Рабочее освещение устраивают во всех помещениях, а также на открытых территориях, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Аварийное освещение предусматривают на случай, когда прекращение или нарушение нормального обслуживания оборудования вследствие выхода из строя рабочего освещения может вызвать пожар, взрыв или отравление людей, длительное нарушение технологического процесса, отказ в работе связи, тепло- или электроснабжения, канализации, опасность травмирования, нарушение нормального обслуживания больных. Минимальная освещенность рабочих поверхностей, требующих обслуживания при аварийном режиме, должна быть равна 5 % нормируемой освещенности при системе общего освещения. В то же время она не должна быть ниже 2 лк внутри зданий и 1 лк на открытых территориях. Максимальная освещенность при аварийном освещении более 30 лк для газоразрядных и более 10 лк для ламп накаливания требует соответствующего обоснования.

Эвакуационное освещение (аварийное для эвакуации людей) выполняют в местах, опасных для передвижения людей, в основных проходах и на лестничных клетках зданий, в которых работает более 50 чел., или жилых домов в пять этажей и выше, а также в помещениях, выход людей из которых при аварии освещения

связан с опасностью травмирования. Наименьшая освещенность на полу, земле или ступенях должна быть в помещениях 0,5 лк и на открытых территориях 0,2 лк. Для аварийного и эвакуационного освещений разрешается использовать только лампы накаливания, а также люминесцентные лампы в помещениях с температурой воздуха не ниже +5 °С при условии питания ламп напряжением не менее 90 % номинального. Светильники аварийного освещения должны отличаться от осветительных приборов рабочего освещения.

Охранное освещение устраивают вдоль границы площадок предприятий, охраняемых в ночное время. При этом освещенность должна быть 0,5 лк на уровне земли в горизонтальной плоскости или в вертикальной плоскости на уровне 50 см от земли. При необходимости часть светильников любого вида освещения можно использовать для дежурного освещения.

Системы освещения. По конструктивному исполнению различают две системы электрического освещения – общее и комбинированное. При общем освещении (равномерном и локализованном) все рабочие места в помещении освещаются от общей осветительной установки. Если к общему освещению добавляют местное, сосредоточивающее световой поток непосредственно на рабочих местах, то такое освещение называют комбинированным. Освещенность на рабочих поверхностях, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять 10 % нормируемой. Эта величина, однако, не может быть менее 150 лк для газоразрядных и 50 лк для ламп накаливания. Одно местное освещение к применению не допускается, так как вызывает необходимость частой переадаптации, зрения, создает глубокие и резкие тени, опасность травмирования и другие неблагоприятные факторы [4].

Осветительный прибор ближнего действия называется светильником.

Светильник состоит из двух основных частей – источника света и устройства, перераспределяющего световой поток источника в пространстве (отражатель, рассеиватель и т. п.). Кроме того, в состав светильника входит арматура: провода, ламподержатели или патроны, детали крепления и пускорегулирующие устройства (ПРА) [1].

Экономичность, качество и удобство эксплуатации осветительной установки зависят от выбора светильников. Экономичность и качество освещения определяются их светотехническими характеристиками, надёжность и эксплуатационные требования – конструктивным исполнением.

Светильники характеризуют по ряду признаков:

- 1) по характеру светораспределения;
- 2) по форме кривой силы света;
- 3) по типу источника света;
- 4) по способу установки;
- 5) по защищённости от воздействия внешней среды;
- 6) по целевому назначению и т. д. [1].

ГОСТ 17677–82 «Светильники. Общие технические условия» предусматривает классификацию светильников по указанным условиям [2].

Полная светотехническая характеристика светильника образуется:

- 1) из его класса светораспределения;
- 2) из формы кривой силы света в любых меридианах (т. е. в вертикальных плоскостях) и направления максимума силы света;
- 3) из степени защиты от пыли и воды.

Перечисленные параметры, характеризующие светильник, определяются по справочной литературе: классификация светильников по светораспределению [2, с. 74; 3, с. 94]; классификация светильников по форме кривой силы света [2, с. 75; 3, с. 94]; минимально допустимая степень защиты светильников [2, с. 77–78; 3, с. 97–98].

Структура условного обозначения светильников по ГОСТ 17677–82:

первая буква – источник света:

- Н – лампы накаливания;
- С – лампы-светильники (зеркальные, диффузные);
- И – кварцевые галогенные (накаливания);
- Л – прямые трубчатые люминесцентные;
- Ф – фигурные люминесцентные;
- Р – ртутные типа ДРЛ;
- Г – ртутные типа ДРИ, ДРИШ;
- Ж – натриевые типа ДНаТ;
- Б – бактерицидные;
- К – ксеноновые трубчатые;

вторая буква – способ установки светильника:

- С – подвесные;
- П – потолочные;

- В – встраиваемые;
- Д – пристраиваемые;
- Б – настенные;
- Н – настольные, опорные;
- Т – напольные, венчающие;
- К – консольные, торцевые;
- Р – ручные;
- Г – головные.

третья буква – назначение светильника:

- П – для промышленных и производственных зданий;
- О – для общественных зданий;
- Б – для жилых домов;
- У – для наружного освещения;
- Р – для рудников и шахт;
- Т – для кинематографических и телевизионных студий.

Затем следуют:

- 1) число, обозначающее номер серии (01–99);
- 2) число ламп в светильнике (если больше одной);
- 3) число, обозначающее мощность ламп в ваттах;
- 4) число, обозначающее номер модификации светильника (001–999);
- 5) буквы и числа, обозначающие климатическое исполнение и категорию размещения светильника.

Основными факторами, определяющими выбор светильников в производственном помещении, являются:

- а) условия окружающей среды (наличие пыли, влаги, химической агрессивности, пожароопасных и взрывоопасных зон);
- б) строительная характеристика помещения (в том числе высота, наличие ферм, технологических мостиков, размеры строительного модуля, отражающие свойства стен, потолка, пола и рабочих поверхностей);
- в) требования к качеству освещения.

От конструктивного исполнения светильников зависит их надежность и долговечность в данных условиях среды помещения, безопасность в отношении пожара, взрыва и поражения электрическим током, а также удобство обслуживания.

В нормальных сухих и влажных помещениях допускается применения всех типов незащищенных (IP20) светильников.

В сырых помещениях также допускается применение незащищенных (IP20) светильников, но при условии выполнения корпуса патрона из изоляционных и влагостойких материалов.

В особо сырых помещениях и в помещениях с химически активной средой рекомендуется применение светильников со степенью защиты не ниже IP22, в пыльных помещениях – не ниже IP44.

В жарких помещениях – не ниже IP20, причем в светильниках с люминесцентными лампами рекомендуется применение амальгамных ламп [3].

В производственных помещениях с низкими коэффициентами отражения стен, потолков целесообразно применение светильников прямого света класса П со светораспределением типа К (концентрированная) при высоких потолках (более 6–8 м), с меньшей высотой потолков – со светораспределением типа Д (косинусная), реже Г (глубокая). С увеличением высоты помещения применяемый светильник должен иметь большую степень концентрации светового потока (К, Г) и, наоборот, в низких помещениях рекомендуется использовать светильники с более широким светораспределением (Д, Г).

При высоких отражающих свойствах стен и потолков производственных помещений (светлые потолки и стены) целесообразно применение светильников преимущественно прямого света класса Н.

Для обеспечения экономичности, удобства и безопасности обслуживания светильники надо устанавливать:

- 1) при обслуживании с лестниц или стремянки – не выше 5 м над уровнем пола;
- 2) в электропомещениях при близости токоведущих частей – на высоте 2,1 м над уровнем пола; при обслуживании с кранов – на высоте 1,8–2,2 м над настилом крана или на уровне нижнего пояса ферм;
- 3) при обслуживании со специальных мостиков или площадок – на уровне настила площадок $\pm 0,5$ м (как исключение, на высоте не более 2,2 м над настилом);
- 4) на стойках при обслуживании с технологических площадок – не выше 2,5 м над уровнем площадок.

Светильники наружного освещения устанавливают на высоте от 6,5 (менее мощные) до 10 м (наиболее мощные), прожекторы заливающего света – на высоте 10–21 м. Осветительные приборы с ксеноновыми лампами устанавливают на мачтах высотой 20–30 м.

Сегодня огромная роль отводится искусственному освещению. Осветительными приборами человек пользуется как в производстве, так и дома. Поэтому очень важно знать особенности и характеристики приборов освещения, чтобы не навредить здоровью человека и разумно экономить электрическую энергию.

Список литературы

1. Шпиганович, А. Н. Электрика предприятий, организаций и учреждений. Электрическое освещение и сети : учеб. : в 2 т. Т. 1 : Осветительные приборы и сети / А. Н. Шпиганович, В. И. Зацепина, Е. П. Зацепин. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2009. – 320 с.
2. Козловская, В. Б. Электрическое освещение : справ. / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацкевич. – Минск : Техноперспектива, 2007. – 255 с.
3. Кнорринг, Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров. – СПб. : Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отд-ние, 1992. – 448 с.
4. Виды и системы освещения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/4396271>. – Дата доступа: 16.03.2021.

Today, artificial lighting plays a huge role. A person uses lighting devices both in production and at home. Therefore, it is very important to know the features and characteristics of lighting devices, so as not to harm human health and reasonably save electrical energy.

Дубровник Максим Александрович, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, dubrovnik.2001@outlook.com.

Научный руководитель – *Комар Владимир Николаевич*, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь.

УДК 621.326

Д. С. ДЫСЬ

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В НАШИ ДНИ

Рассматриваются история появления, а также развитие ламп накаливания. Изучены сфера применения ламп в различных видах деятельности, их конструкция и характеристики, причины вывода из продажи и производства, основные преимущества и недостатки. Приводится маркировка ламп накаливания.

Лампа накаливания – искусственный источник света, в котором свет испускает тело накала, нагреваемое электрическим током до высокой температуры [1].

Процесс возникновения и распространения лампочек накаливания был достаточно продолжительным и запутанным, а вклад в изобретение вложили достаточное количество ученых и изобретателей. История появления говорит о том, что появление «лампочек Ильича» или ламп накаливания произошло в 1872 году благодаря русскому ученому Александру Николаевичу Лодыгину. Он впервые провел ток сквозь стержень из угля, который размещался в вакууме колбы, сделанной из стекла. При этом происходила большая светоотдача из-за возрастания силы тока, превышение температур плавления с последующим угасанием лампочки. Благодаря этому опыту были определены подходящие для работы ламп режимы, а в 1873 году они впервые были использованы на улицах Санкт-Петербурга. В этот же период времени к разработке ламп приступил Томас Эдисон, который в дальнейшем получил на них патент. В дальнейшем он получил прозвище «отец» электрических ламп. Но точной информации нет, кто совершил данное открытие первым, поскольку прибор был изобретен одновременно в разных странах. Александр Николаевич Лодыгин заменил угольную нить на вольфрамовую, которая обладает высокой температурой плавления (3410 °С). В тот же период времени Томас Эдисон создал резьбовую систему «патрон-цоколь», которая и в наше время используется, практически не поменявшись. Именно буква Е в маркировке современных цоколей говорит о том, что именно американский ученый Эдисон (Е – Edison Screw) является изобретателем. Самыми популярными типами цоколя в Европе и странах СНГ являются Е27 и Е14, а в Америке из-за различия напряжения сетей используются другие. Спустя 20 лет еще один американский ученый воплотил в жизнь идею замены нити спиралью, благодаря чему уменьшились габариты лампочки, улучшилась работа и увеличилась световая отдача. Лампы все реже и реже используются, хотя еще встречаются. В 2009 году в Евросоюзе вышла директива, направленная на снижение закупок ламп накаливания магазинами, их импорт и всяческое распространение. В будущем выходили и другие нормативные акты, создающие ограничения на производство ламп. К примеру, с 2010 года запрещено производство ламп с матовой колбой мощнее 75 Вт. Мировая политика нацелена на полное прекращение производства ламп накаливания и отказ от их применения. Переход на более экономичные источники света позволит существенно снизить объем потребления энергии, что сократит расход ресурсов на ее выработку. Несмотря на это, лампы накаливания все еще широко используются для освещения: жилых помещений, улиц, теплиц, промышленных зон [1].

Наиболее актуальное применение ламп накаливания в качестве устройств, дающих не только свет, но и тепло. Это делает их востребованным и самым оптимальным выбором для инкубаторов, ферм. Лампы используют для подогрева новорожденных особей в брудере и т. п. Также растения под такими лампами чувствуют себя комфортно. Хотя в теплицах выгоднее применять светодиодные лампы. Однако LED устройства в разы дороже, что существенно оттягивает момент их окупаемости за счет экономичности, что и позволяет использовать ЛН до сих пор. Также лампы этого типа все еще используются в автомобильных фарах, для подсветки холодильников, духовых шкафов, микроволновых печей.

То, что лампы сильно греются, нужно учитывать при их выборе для установки в пластиковые люстры, бра, торшеры, настольные лампы. Эти устройства при нагреве могут расплавиться, поэтому необходимо это учитывать. Для предотвращения расплава производители указывают в инструкции рекомендуемый максимальный порог мощности используемой лампой накаливания. В этом случае установка ламп до него безопасна.

Лампа накаливания только на первый взгляд для неопытного человека может показаться простой. Этот осветительный прибор – это совокупность различных научных достижений в области светотехники. На сегодняшний день спираль накаливания может быть не только вольфрамовой. Сейчас материалом изготовления также служат осмий, а также осмиевые соединения. Кроме того, колба сегодня уже не вакуумная и заполняется различными инертными газами. Именно это новшество помогло избежать сильного атмосферного давления на лампу, значительно увеличив продолжительность ее работы. Ведь когда ток проходит через спираль, он вызывает ее сильный нагрев (до 2900 °С) и испарение вольфрама, с его последующим оседанием на стекле. Следовательно, колба со временем загрязняется, уменьшается ее светоотдача, понижается срок службы нити.

Для лампы накаливания характерен слишком яркий светом желтый цвет, что вызывает дискомфорт. Именно поэтому производители выпускают не только с прозрачные лампочки, но и матовые. Такое стекло рассеивает свет, делая его мягким при небольшой потере интенсивности.

В любой лампе накаливания используется эффект нагревания проводника при протекании через него электрического тока. После замыкания электрической цепи, температура нити повышается. Для получения видимого излучения необходимо, чтобы температура излучающего тела превышала 570 градусов (температура начала красного свечения, видимого человеческим глазом в темноте). Для зрения человека, оптимальный, физиологически самый удобный, спектральный состав видимого света отвечает излучению с температурой поверхности фотосферы Солнца 5770 К. Но еще не открыты твердые вещества, готовые выдержать такую температуру, поэтому рабочие температуры нитей ламп накаливания лежат в пределах 2000–2800 °С. В телах накаливания современных ламп накаливания применяется тугоплавкий и относительно недорогой вольфрам (температура плавления 3410 °С), рений и (очень редко) осмий. Малая доля электромагнитного излучения лежит в области видимого света, основная доля приходится на инфракрасное излучение, невидимое человеческим глазом и воспринимается в виде тепла. Чем меньше температура тела накаливания, тем меньшая доля энергии, подводимой к нагреваемой проволоке, преобразуется в полезное видимое излучение, и тем более «красным» кажется излучение. Соответственно, старые лампы нагревают нить слабее, а значит и видимое излучение меньше. За счет этого нить накаливания медленнее испаряется и дольше функционирует.

Старые лампы накаливания не могут быть не полезны. При типичных для ламп накаливания температурах 2200–2900 К излучается желтоватый свет, отличный от дневного. В вечернее время «тёплый» (< 3500 К) свет более комфортен для человека, наиболее благоприятно влияя на его здоровье.

В атмосферном воздухе при высоких температурах вольфрам быстро окисляется. Образуется налет белого цвета, если герметичность лампы была нарушена. По этой причине, вольфрамовую нить накала помещают в герметичную колбу без воздуха. Более часто встречаются газонаполненные лампы: в них колба заполняется инертным газом – аргоном. Повышенное давление в колбе газонаполненных ламп уменьшает скорость испарения вольфрамовой нити. Это увеличивает срок службы лампы и позволяет повысить температуру тела накаливания. Таким образом, световой КПД повышается, а спектр излучения приближается к белому.

Конструкции ламп накаливания (рис. 1) бывают различными, однако различия это в основном мощность, форма и размер колбы и тип цоколя.

В конструкции ламп для общественного использования предусматривается предохранитель – звено из ферроникелевого сплава, вваренное в разрыв одного из токовводов и расположенное вне колбы лампы – как правило, в ножке. Назначение – предотвратить разрушение колбы при обрыве нити накала в процессе работы [3].

Лампы накаливания хоть и перестают быть в эксплуатации, но также имеют свои преимущества.

1. Простота крупносерийного производства, которое налажено и отработано за много лет работы.
2. Невысокая себестоимость.
3. Практически мгновенный разогрев до рабочих температур.
4. Нечувствительность к скачкам напряжения в сети (кроме перепадов на большую величину).

5. Отсутствие в конструкции материалов, загрязняющих окружающую среду.
6. Возможность работы при постоянном и переменном токе любой частоты.
7. Отсутствует полярность при подключении цоколя.
8. Отсутствие пульсаций света, связанных с частотой напряжения.
9. Легкость регулирования степени накала лампы.
10. Широкий диапазон температур работоспособности.
11. Возможность изготовления ламп под любое напряжение и мощность.

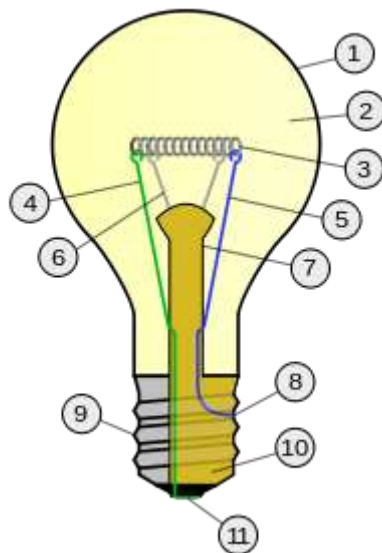


Рисунок 1 – Конструкция лампы накаливания:

1 – колба; 2 – полость колбы; 3 – нить (тело накала); 4, 5 – электроды; 6 – крючки-держатели нити; 7 – ножка лампы; 8 – предохранитель; 9 – корпус цоколя; 10 – изолятор цоколя (стекло); 11 – контакт доньшка цоколя

Но наряду с достоинствами имеются и недостатки, из-за которых стали появляться более новые лампы:

- невысокая световая отдача при высоком энергопотреблении;
- малый срок службы;
- резкое увеличение тока в цепи в момент подачи напряжения на нить (при этом ток возрастает в 8...10 раз, нагружая электрическую проводку и контактные соединения);
- хрупкая колба, очень чувствительная к ударам и вибрации;
- изменение интенсивности освещения от напряжения (вместе с этим меняется и срок службы, который сильно сокращается при высоких напряжениях);
- пожароопасность из-за нагрева колбы и патрона;
- нагрев лампы вызывает охрупчивание материала патрона, который просто рассыпается при попытке выкрутить цоколь лампы.

В зависимости от назначения и технических параметров на лампы накаливания может наноситься определенная маркировка. Она прописывается несмываемой краской на колбе устройства [2].

Буквенное обозначение указывает на особенности конструкции или физическое свойство: Б – без спирали на аргоне, В – с вакуумным заполнением, Г – газонаполненная на аргоне, БК – биспиральная криптоновая, МТ – с матовым стеклом, О – с опаловым стеклом.

Также в маркировке может присутствовать вторая буквенная часть. Она указывает на назначение конкретной конструкции лампы: Ж – для ЖД, СМ – для вертолетов и самолетов, КМ – коммутаторная, А – для автотранспорта, ПО – для прожекторов.

В связи со всеми нюансами, лампы накаливания в некоторых сферах жизни важны и необходимы. Например, широкое использование имеют галогенные лампы в автомобилях. В то же время в мире постепенно уменьшается продажа ламп накаливания с мощностью 100 Вт и более, хотя имеющиеся в продаже лампы с заявленной мощностью 95...97 ватт по факту являются обычными «сотками». Однако запрет на продажу более мощных изделий обходится с помощью изменения названия на «теплоизлучатель» или «нагревательный прибор». Под таким обозначением доступны лампы с мощностью от 150 до 300 Вт.

Список литературы

1. <https://www.elektro.ru/articles/detail/istoriya-vozniknoveniya-lamp-nakalivaniya-i-ikh-kharakteristika>.
2. <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobustrojstvo/osveshhenie/lampy-nakalivaniia>.
3. <https://razvodka.net/svet/lampa-nakalivaniya-1869>.
4. <https://un-sci.com/ru/2019/06/30/istoriya-razvitiya-lamp-nakalivaniya>.

The history of the appearance, as well as the development of incandescent lamps. The scope of application of lamps in various activities. Designs and characteristics. Reasons for withdrawal from sale and production, main advantages and disadvantages. Incandescent lamp marking.

Дысь Дмитрий Сергеевич, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, d_dys@mail.ru.

Научный руководитель – *Комар Владимир Николаевич*, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь.

УДК 616.004

С. Р. ЖВИРБЛЯ

ЗАВИСИМОСТЬ ИМПЕДАНСА ОТ ЧАСТОТЫ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Целью исследования является разработка методики диагностики с применением биоимпедансной спектроскопии для оценки электрических параметров биообъектов, в частности, сопротивления тканей электрическому току биологического объекта на разных частотах для оценки биологических показателей организма человека. Биоимпедансный анализ является недорогостоящим и широко используемым подходом к диагностике тела человека. Существует множество методов, применяемых для интерпретации измеренных биоимпедансных данных, а также широкий спектр применений биоимпеданса при оценке состава тела человека. Объектом исследования является процесс распространения электрического тока различной частоты по биологическим тканям.

Ключевые слова: биоимпедансная спектроскопия, электрические параметры биообъектов, активное и реактивное сопротивление биологической ткани.

Биоимпедансная спектроскопия представляет собой одну из крупнейших новых технологий в области медицинских устройств. Этот метод недорогой, многое из того, что мы знаем о биологических клетках и тканях, получено благодаря использованию биоимпедансной спектроскопии. С помощью биоимпедансного анализа стало возможно легко и быстро определить содержание основных компонентов тела человека, не прибегая к инвазивным процедурам [1]. Биоимпедансная спектроскопия обеспечивает оценку внутриклеточной воды и внеклеточной воды путем измерения активного сопротивления R и реактивного сопротивления X_c на разных частотах. Предполагается, что на самых низких частотах ток проходит только через внеклеточную жидкость, тогда как на высоких частотах он проходит как внутриклеточной, так и во внеклеточной жидкости. Методы биоимпедансного анализа для измерения нормального состояния гидратации можно классифицировать как по одной частоте, так и по многочастотной биоимпедансной спектроскопии. Анализ биоимпеданса, полученный на более чем двух частотах, известен как многочастотный биоимпедансный анализ и основан на выводе о том, что состояние биологических объектов может быть оценено путем воздействия на них электрических токов низкой и высокой частоты соответственно.

Согласно литературным данным измерения полного сопротивления (импеданса) живой ткани, проведенные на разных частотах, показывают, что сопротивление ткани максимально и равно R на постоянном токе, а с увеличением частоты переменного тока импеданс сначала быстро уменьшается, а затем, достигнув некоторого значения Z , остается практически постоянным [2]. В живой ткани нет элементов, обладающих индуктивностью, но есть элементы, обладающие свойствами емкости. Емкостное сопротивление ткани X_c определяется ее диэлектрическими структурными составляющими (клеточные мембраны, жировая клетчатка, эпидермис), а величина сопротивления R – активного сопротивления – определяется омическими составляющими проводящих структур биологической ткани – кожи, тканевой жидкости, крови, цитоплазмы.

Метод биоимпедансной спектроскопии выполнен у всех пациентов с помощью анализатора иммитанса широкополосного E7-28, который позволяет определить электрические характеристики активного и реактивного сопротивлений на разных частотах при прохождении тока через ткани организма. Измерения были выполнены для 40 здоровых добровольцев с помощью многочастотного анализатора иммитанса широкополосного E7-28 на частотах от 5 кГц до 500 кГц. Были определены: Z – полное сопротивление, R – активное сопротивление переменного тока в последовательной схеме замещения, X_c – реактивное

сопротивление в последовательной схеме замещения, C_S – емкость в последовательной схеме замещения. Принцип действия анализатора иммитанса широкополосного Е7-28 основан на методе вольтметра-амперметра. Напряжение рабочей частоты с генератора поступает через измеряемый объект на преобразователь, который формирует два синусоидальных напряжения (пропорциональное току, протекающему через объект, и пропорциональное напряжению на объекте), преобразующиеся в цифровую форму. Значение измеряемых параметров определяется расчетным путем и отображается на дисплее.

Измерения были выполнены для одной и той же группы пациентов разных возрастных категорий. Метод основан на возможности свободных от жира тканей проводить электрический ток. Сопротивление тканей электрическому току прямо соотносится с содержанием в них жидкости – высокогидрированная свободная от жира масса является хорошим проводником, в то время как плохо гидрированная жировая ткань является хорошим изолятором. Отношение между низко- и высокочастотным импедансом практически является маркером разделения общей и внеклеточной воды. Пациенты перед исследованием укладывались на сухую поверхность и находились в покое, в горизонтальном положении. Электроды накладывались на запястье и голеностоп пациента. Необходимо во время исследования надежно изолировать пациента от окружающих электропроводящих приборов и от хороших проводников электричества, т. е. от контакта с металлом, что может повлиять на точность измерений. Перед исследованием желательны соответствующие участки кожи протереть спиртом, а электроды покрыть тонким слоем геля-электролита, или пользоваться одноразовыми клеящимися электродами. Необходимо помнить о точности наложения электродов. По литературным данным смещение электродов на 1 см вдоль направления зондирующего тока приводит к 2 %-й ошибке измерения импеданса. Использование электродов, адаптированных к конкретной методике биоимпедансной диагностики, является существенным требованием, определяющим точность измерений. При проведении эксперимента использовались самоклеющиеся электроды, которые представляют собой слоистую гибкую структуру из полимерной пленки с напылением электропроводящего материала. Частотные характеристики импеданса можно представить на примере упрощенной эквивалентной схемы биообъекта, состоящей из R – омического сопротивления межклеточной и внутриклеточной жидкостей, C_m – емкости клеточных мембран. С ростом частот переменного тока реактивное сопротивление емкости C_m уменьшается, и все большая часть тока проходит внутри клеток. На каждой частоте такая цепь может быть представлена в виде последовательного соединения активного и реактивного сопротивлений. Частотная зависимость импеданса позволяет оценить жизнеспособность тканей организма.

На основе экспериментальных данных электрических характеристик человеческого организма, полученных методом биоимпедансной спектроскопии, определен полный импеданс на частотах от 5 кГц до 500 кГц. Полученные данные хорошо согласуются с теоретическими данными.

Список литературы

1. Башун, Н. З. Методы исследования состава тела человека на современном этапе / Н. З. Башун, О. А. Жарнова, А. М. Жарнов // Весн. Гродзен. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 5, Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2019. – Т. 9, № 1. – С. 119–130.
2. Лещенко, В. Г. Медицинская и биологическая физика : учеб.-метод. пособие / В. Г. Лещенко, Г. К. Ильич. – Минск : Новое знание : ИНФРА-М, 2012. – 261 с.

Жвирбля Сергей Русланович, студент 4-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, Gvirdliago.com@gmail.com.

Научный руководитель – *Жарнова Ольга Александровна*, доцент кафедры теоретической физики и теплотехники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат технических наук, Гродно, Беларусь, zharik783@tut.by.

УДК 543.52:550.835:006.91

М. А. ЖИЛКИН

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Работа посвящена оцениванию метрологических характеристик средств радиометрических измерений.

Радиометрия – один из основных разделов метрологии в области ионизирующих излучений, в задачу которого входит разработка методов и средств точных измерений количественных характеристик радиоактивных источников излучений с целью обеспечения единства и правильности этих измерений.

Базируется на различных физических эффектах, возникающих при воздействии излучения на вещество – люминесценция, ионизация, образование видимых следов и т. д.

Радиометрия тесно связана с дозиметрией, поскольку радиометрия характеризует сами источники излучений, а дозиметрия количественно оценивает их воздействие. Методы радиометрии также служат для оценки воздействия радиоактивных веществ на человека, животных и для дозиметрического контроля за их содержанием в окружающей среде, продуктах и организме. Методы радиометрии применяют при изготовлении эталонов и образцовых источников излучений, градуировке радиометрической и дозиметрической аппаратуры.

Все растущее применение радиоактивных веществ и радиоактивных источников ионизирующих излучений в различных отраслях народного хозяйства при одновременном расширении номенклатуры этих веществ и источников настоятельно требует обеспечения единообразия и правильности измерений основной количественной характеристики любого радиоактивного образца – активности нуклида в образце, а также массы радия для радиевых образцов [1].

Совершенствование методов метрологического контроля (поверки и калибровки) средств регистрации ионизирующих излучений является важной и актуальной задачей.

Настоящая работа посвящена оцениванию метрологических характеристик средств радиометрических измерений.

Прохождение ионизирующего излучения через вещество приводит к взаимодействию частиц и фотонов с атомами, в процессе которого происходит передача энергии излучения веществу. Результат передачи энергии рассматривается с двух сторон. С одной стороны, происходит изменение энергии излучения вследствие ее поглощения веществом. Применительно к веществу происходит абсорбция энергии и изменение его состояния вследствие передачи энергии излучением [2].

Поглощенная доза, или доза излучения (D), применяется для определения количества энергии ионизирующего излучения, поглощенного облучаемым веществом. Это одна из фундаментальных физических величин в дозиметрии, поскольку все изменения в объекте облучения происходят под воздействием ионизирующего излучения.

Поглощенная доза – отношение средней энергии dE , переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе dm вещества в этом объеме:

$$D = \frac{d\bar{E}}{dm} \quad (1)$$

Под переданной энергией в определении поглощенной дозы понимается:

$$E = E_{\text{ex}} + E_{\text{вых}} + \sum Q_1 - \sum Q_2 \quad (2)$$

где E_{ex} – суммарная кинетическая энергия всех непосредственно и косвенно ионизирующих частиц, входящих в данный объем, $E_{\text{вых}}$ – кинетическая энергия частиц, которые покидают указанный объем. Внутри данного объема возможны ядерные реакции и превращения элементарных частиц. В этих случаях возможны как выделение, так и затраты энергии. Суммарная выделившаяся при этом энергия Q_1 , а суммарная затраченная энергия Q_2 . В Международной системе единиц (СИ) поглощенная доза измеряется в Дж/кг и имеет специальное название – Грей (Гр).

Эквивалентная доза – произведение поглощенной дозы облучения органа или ткани – $D_{T,R}$ и взвешивающего коэффициента качества излучения W_R :

$$H_T = \sum_R D_{T,R} \times W_R \quad (3)$$

Единица эквивалентной дозы – Дж/кг, обозначается как Зиверт, Зв.

В зависимости от характера взаимодействия излучения с веществом методы регистрации излучения условно можно разделить на следующие виды:

- ионизационные, основанные на ионизирующем действии излучения;
- оптические, сцинтилляционные основаны на регистрации люминесценции некоторых веществ под действием излучения;
- радиографические, основанные на химическом воздействии излучений на фотоэмульсию;
- методы, основанные на эффекте Черенкова – Вавилова, заключающиеся в том, что в некоторых веществах появляется свечение, при пролете через него, частицы движутся со скоростью, превышающей фазовую скорость распространения света в данном веществе.

Все эти процессы, заключаются в преобразовании энергии излучения в другие виды энергии, использующие для регистрации частиц. Чтобы зарегистрировать указанные процессы, необходимы специальные средства измерений – радиометры.

Радиометры – приборы, предназначенные для получения информации об активности нуклидов, плотности потока и о потоке ионизирующих частиц или фотонов. Разновидность радиометров представляют собой дозиметры, отградуированные в единицах дозы или мощности излучения.

Метрологический контроль радиометров и дозиметров осуществляется путем поверки (калибровки) этих средств измерений [3]. Их важнейшая метрологическая характеристика – основная относительная погрешность измерения мощности эквивалента дозы (МЭД).

Основные этапы определения основной относительной погрешности измерения мощности эквивалента дозы:

1) определить среднее значение показаний прибора на внешнем радиационном у-фоне в отсутствии источника излучений, для чего через 600 с после размещения прибора на установке или при установлении значения статистической погрешности менее 10 % снять показания прибора. Измерение повторить пять раз и рассчитать среднее значение МЭД фона, мЗв/ч, по формуле:

$$H_{\Phi} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 H_{\Phi i} \quad (4)$$

где $H_{\Phi i}$ – i -е значение показаний прибора на фоне, мЗв/ч;

H_{Φ} – среднее значение МЭД фона, мЗв/ч;

2) установить прибор в контрольную точку, совпадающую с геометрическим центром детектора, в которой эталонное значение МЭД $H_{oj} = 0,003$ мЗв/ч, и подвергнуть прибор облучению;

3) измерение повторить пять раз и вычислить среднее значение МЭД, по формуле:

$$\bar{H}_j = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 H_{ji} \quad (5)$$

где H_{ji} – i -е значение показаний прибора в j -й контрольной точке, мкЗв/ч;

\bar{H}_j – среднее значение МЭД, мкЗв/ч;

4) для каждой контрольной точки вычислить относительную погрешность измерения Q_j , в процентах, по формуле:

$$Q_j = \left| \frac{(\bar{H}_j - \bar{H}_{\Phi}) - H_{oj}}{H_{oj}} \right| \times 100 \quad (6)$$

где H_{oj} – эталонное значение МЭД в j -й контрольной точке;

5) рассчитать доверительные границы допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД поверяемого прибора, с доверительной вероятностью 0,95% по формуле:

$$\delta = 1,1 \sqrt{(Q_0)^2 + (Q_j)^2} \quad (7)$$

где Q_0 – погрешность эталонной дозиметрической установки, %;

Q_j – относительная погрешность измерения Q_j ;

На основании алгоритма, описанного формулами (4)–(7), разработана программа автоматизированного оценивания метрологических характеристик (основной относительной погрешности МЭД) средств радиометрических измерений.

Список литературы

1. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация, сертификация : учеб. пособие / А. Г. Сергеев, М. В. Латышев, В. В. Терегеря. – М. : Логос, 2003. – 536 с.
2. Чернуха, Г. А. Радиометрия и дозиметрия : в 3 ч. Ч. 1 : Радиометрия ионизирующих излучений / Г. А. Чернуха, Т. В. Сачивко, Ю. В. Азаренко. – Горки : БГСХА, 2015. – 95 с.
3. СТБ 8065-2016. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Дозиметры и измерители мощности дозы фотонного излучения. Методика поверки.

The work is devoted to the assessment of the metrological characteristics of radiometric measuring instruments.

Жилкин Макар Александрович, студент 4-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, makar.zhilkin@bk.ru.

Научный руководитель – *Василюк Геннадий Тимофеевич*, доцент кафедры общей физики физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь, vasilyuk@grsu.by.

УДК 535.3

Н. А. ЖИНКО

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИК ПЕРЕДАТЧИКОВ В БЫТУ

Рассмотрена такая технология, как ИК передатчик, её аппаратная реализация, принцип действия, а также применение в различных сферах быта.

ИК передатчики неразрывно связаны с нашим бытом, они окружают нас повсеместно. Прежде чем говорить о том, где они используются, следует разобраться, что это за технология.

Истоки данной разработки находятся у изучения инфракрасного диапазона световых волн. Инфракрасное излучение – электромагнитное излучение, которое занимает спектральную область между красным концом видимого света и микроволновым излучением. Следует учесть, что данная технология является разновидностью оптико-волоконной линии связи ближнего радиуса действия. Она была особо популярна в конце 1990-х – начале 2000-х годов. Сейчас этот метод связи конкурирует с более современными аналогами, такими как WiFi и Bluetooth.

Итак, ИК порт – группа стандартов, описывающая протоколы физического и логического уровня передачи данных с использованием инфракрасного диапазона световых волн в качестве среды передачи.

Аппаратная реализация, как правило, представляет собой пару из излучателя, в виде инфракрасного светодиода, и приёмника, в виде фотодиода расположенных на каждой из сторон линии связи. Наличие и передатчика и приёмника на каждой из сторон является необходимым для использования протоколов двусторонней передачи данных.

Иногда устройства оснащают несколькими приёмниками, что позволяет одновременно поддерживать связь с несколькими устройствами. Использование при этом одного передатчика возможно благодаря тому, что протоколы логического уровня требуют лишь незначительного обратного трафика для обеспечения гарантированной доставки данных. Наличие нескольких передатчиков встречается гораздо реже.

Большинство оптических сенсоров, используемых в фото- и видео камерах, имеет диапазон чувствительности гораздо шире видимой части спектра. Благодаря этому работающий инфракрасный передатчик можно увидеть на экране или фотоснимке в виде яркого пятна [1].

Другими словами, пульт ИК управления при нажатии кнопки излучает кодированную посылку, а приемник, установленный в управляемом устройстве, принимает её и выполняет требуемые действия. Для того, чтобы передать логическую последовательность, пульт формирует импульсный пакет ИК лучей, информация в котором модулируется или кодируется длительностью или фазой составляющих пакет импульсов.

В первых устройствах управления использовались последовательности коротких импульсов, каждый из которых представлял собою часть полезной информации. Однако в дальнейшем, стали использовать метод модулирования постоянной частоты логической последовательностью, в результате чего в пространство излучаются не одиночные импульсы, а пакеты импульсов определенной частоты. Такой метод передачи и приема отличается высокой помехозащищенностью, поскольку приемник, настроенный на частоту передатчика, уже не реагирует на помехи с другой частотой.

Сегодня для приема ИК сигнала обычно применяется специальная микросхема, объединяющая фотоприемник, усилитель с полосовым фильтром, настроенным на определенную несущую частоту, усилитель с АРУ и детектор для получения огибающей сигнала. Кроме электрического фильтра, такая микросхема имеет в своем составе оптический фильтр, настроенный на частоту принимаемого ИК излучения, что позволяет в максимальной степени использовать преимущество светодиодного излучателя, спектр излучения которого имеет небольшую ширину.

В результате таких технических решений, стало возможным принимать маломощный полезный сигнал на фоне ИК излучения других источников, бытовых приборов, радиаторов отопления и т. д. Работа современных устройств ИК управления достаточно надежна, а дальность составляет от нескольких метров до 40 и более метров, в зависимости от варианта реализации и уровня помех [2].

Передатчик ИК сигнала чаще всего имеет питание от аккумулятора. Следовательно, его потребление должно быть максимально низким. С другой стороны, излучаемый сигнал должен быть значительной мощности

для обеспечения большой дальности передачи. Такие противоположные по энергетическим затратам задачи успешно решаются способом передачи коротких импульсных кодированных пакетов. В промежутках между передачами пульт практически не потребляет энергии. Основное требование к таким микроконтроллерам – это наличие режима сна с чрезвычайно низким потреблением и способность чувствовать нажатия кнопок в этом состоянии.

Такого рода схема не лишена недостатков, в частности при снижении уровня заряда батареи, мощность излучения будет падать, что приведет к снижению дальности. Для снижения зависимости от напряжения питания, можно использовать простейший стабилизатор тока.

Большинство передатчиков работают на частоте 30–50 кГц. Такой диапазон частот был выбран исторически при создании первых подобных устройств. Была выбрана область с наименьшим уровнем помех. Кроме того, принимались в расчет ограничения на элементную базу. В дальнейшем, по мере стандартизации и распространения аппаратуры с таким способом управления, переход на другие частоты стал нецелесообразным.

Приемник ИК сигнала, как правило, имеет в своем составе собственно приемник ИК излучения и микроконтроллер. Микроконтроллер декодирует принимаемый сигнал и выполняет требуемые действия. Поскольку приемник в большинстве случаев устанавливается в аппаратуре с сетевым питанием, его потребление несущественно. Микроконтроллер чаще всего выполняет и другие сервисные функции в устройстве и является его центральным логическим устройством.

Приемник ИК излучения чаще всего выполняется в виде отдельного интегрального модуля, который располагается за передней панелью управляемой аппаратуры. В передней панели имеется прозрачное для ИК лучей окошко.

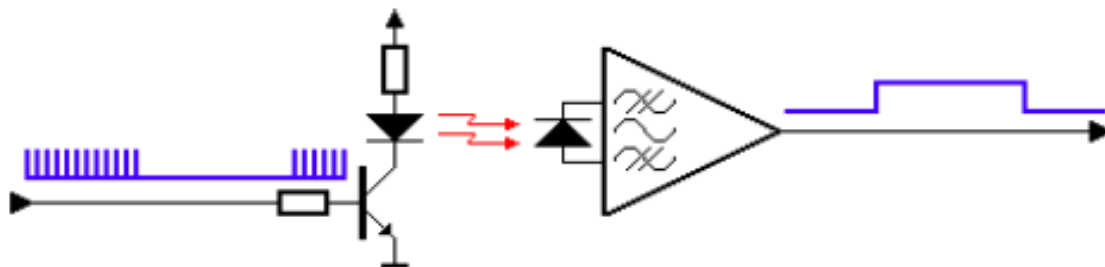


Рисунок 1 – Принцип действия

Оптические свойства веществ в инфракрасном излучении отличаются от их свойств в видимом свете. Например, некоторые стекла непрозрачны для инфракрасных лучей, а парафин, в отличие от видимого света, прозрачен для ИК излучения и используется для изготовления ИК линз. Для его регистрации используют тепловые и фотоэлектрические приемники и специальные фотоматериалы. Источником ИК лучей, кроме нагретых тел, наиболее часто используются твердотельные излучатели – инфракрасные светодиоды, ИК лазеры, для регистрации применяются фотодиоды, фототезисторы или болометры. Некоторые особенности инфракрасного излучения делают его удобным для применения в устройствах передачи данных:

- ИК твердотельные излучатели (ИК светодиоды) компактны, практически безинерционны, экономичны и недороги;
- ИК приемники малогабаритны и также недороги;
- ИК лучи не отвлекают внимание человека в силу своей невидимости;
- Несмотря на распространенность ИК лучей и высокий уровень фона, источников импульсных помех в ИК области мало;
- ИК излучение низкой мощности не сказывается на здоровье человека;
- ИК лучи хорошо отражаются от большинства материалов (стен, мебели);
- ИК излучение не проникает сквозь стены и не мешает работе других аналогичных устройств.

Все это позволяет с успехом использовать ИК способ передачи информации во многих устройствах. ИК передатчики и приемники находят применение в бытовой и промышленной электронике, компьютерной технике, охранных системах, системах передачи данных на большие расстояния по оптоволокну. Рассмотрим более подробно работу систем (пультов) управления бытовой электроники [2].

1. Пульт дистанционного управления – электронное устройство для удалённого (дистанционного) управления устройством на расстоянии.

ПДУ применяются для управления производственными процессами, системами связи, техникой повышенной опасности. Конструктивно пульт – обычно небольшая коробка, содержащая в себе электронную схему, кнопки управления и источник автономного питания.

Широко используются для дистанционного управления бытовой электронной аппаратурой (телевизорами, муз. центрами, кондиционерами и пр. аудио-, видеотехникой) [3].

2. Пирометр – прибор для бесконтактного измерения температуры тел. Принцип действия основан на измерении мощности теплового излучения объекта преимущественно в диапазонах инфракрасного излучения и видимого света.

Пирометры применяют для дистанционного определения температуры объектов в промышленности, быту, сфере ЖКХ, на предприятиях, где большое значение приобретает контроль температур на различных технологических этапах производства (сталелитейная промышленность, нефтеперерабатывающая отрасль). Пирометры могут выступать в роли средства безопасного дистанционного измерения температур раскаленных объектов, что делает их незаменимыми для обеспечения должного контроля в случаях, когда физическое взаимодействие с контролируемым объектом невозможно из-за высоких температур. Особенную актуальность пирометры обрели в наше время с началом пандемии Covid-19, их модификации начали активно использовать для быстрого и бесконтактного измерения температуры тела человека [4].

3. Лазертаг (от англ. *laser* – лазер, и *tag* – метка), или лазерный бой – высокотехнологичная игра, происходящая в реальном времени и пространстве. Суть игры состоит в поражении игроков-противников (часто еще и специальных интерактивных мишеней) безопасными лазерными выстрелами из бластера-автомата. Собственно «поражение» игрока происходит путём регистрации ИК луча бластера-автомата специальными датчиками оппонента (сенсорами), закрепленными на одежде игрока или на специальном жилете (приёмниками ИК лучей) [5].

Список литературы

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Infrared_Data_Association.
2. [https://leddisplays.ru/ir_remote_theory.html#:~:text=ИК%20передатчики%20и%20приемники%20находят,\(пульты\)%20у%09](https://leddisplays.ru/ir_remote_theory.html#:~:text=ИК%20передатчики%20и%20приемники%20находят,(пульты)%20у%09).
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Пульт_дистанционного_управления.
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пирометр>.
5. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Лазертаг>.

This article discusses such technology as an IR transmitter, its hardware implementation, the principle of operation, as well as its application in various spheres of life.

Жинко Никита Александрович, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, zhinkonik@mail.ru.

Научный руководитель – **Комар Владимир Николаевич**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь.

УДК 621.793;533.9.03

А. И. ЗАНЬКО, Н. В. ЛЕОНОВИЧ, А. В. АКСЮЧИЦ

ПОЛУЧЕНИЕ ПЛЁНОК ОКСИДА КРЕМНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛАЗМЫ АТМОСФЕРНОГО РАЗРЯДА

Получены пленки оксида кремния методом плазмохимического осаждения из плазмы атмосферного разряда из смеси Ag+ТЕОС/Ag. Получена зависимость скорости осаждения оксида кремния от расположения подложки и сопла факела, соотношения смеси газов. Установлена зависимость показателя преломления от варьирования смеси Ag + ТЕОС/Ag.

В промышленности пленки оксида кремния получают термическим окислением кремния или методом плазмохимического осаждения из газовой фазы (ПХОГФ). Для реализации метода плазмохимического осаждения, как правило, используются вакуумные реакторы с генераторами возбуждения плазмы низкочастотным (НЧ), высокочастотным (ВЧ) и сверхвысокочастотным (СВЧ) разрядом, что значительно усложняет конструкцию и реализацию данного метода [1; 2]. С применением плазмы атмосферного разряда имеется возможность получать пленки оксида кремния без сложных и дорогостоящих средств откачки, высокоомощных источников питания и согласующих устройств плазменного разряда.

Для получения пленок оксида кремния использовался экспериментальный макет генерации плазмы атмосферного разряда факельного типа. Экспериментальный макет представляет собой кварцевую трубку с двумя электродами закрепленных на внешней стороне трубки, на один из электродов подается импульсное напряжение синусоидальной формы частотой 38 кГц. В качестве прекурсора для осаждения оксида кремния

использовался тетраэтоксисилан (ТЕОС) который представляет собой летучую бесцветную жидкость соединения кремниевой кислоты и этилового спирта. Для прокачки паров использовался аргон, вытесняющий пары ТЕОСа из барботёра. При генерации плазмы при атмосферном давлении (воздух) ТЕОС более предпочтителен с точки зрения безопасности, чем моносилан (SiH_4), который хотя и чаще используется при осаждении кремнийсодержащих тонких слоев, но который воспламеняется на воздухе. Для регулирования расхода аргона в смеси $\text{Ar}+\text{TEOS}/\text{Ar}$ использовались РРГ-12. При этом вся газоразрядная система находилась в вытяжном шкафу. Схема экспериментального макета представлена на рисунке 1.

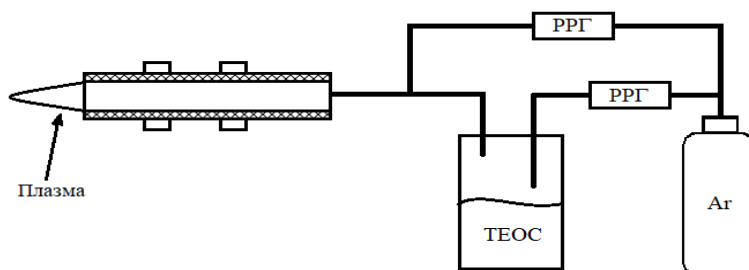


Рисунок 1 – Схема экспериментального макета

При экспериментальных исследованиях технологии осаждения оксида кремния при атмосферном разряде была обнаружена высокая зависимость скорости осаждения от расстояния подложки, в нашем случае кремниевая пластина КДБ-10, от выходного сопла факельного разряда. При неподвижной разрядной системе наблюдается радиальное распределение толщины пленки диаметром 5–15 мм, с уменьшением толщины пленки с центра к краю, что можно нивелировать системой координатного перемещения. В данной работе для отработки технологии осаждения оксида кремния рассматривались образцы, осажденные при статическом расположении разрядной системы и подложки, измерения толщины пленок в центре проводились с помощью рефлектометра FRT MicroProf 200. График зависимости скорости осаждения оксида кремния от расстояния сопла факела представлен на рисунке 2, напряжение и ток разряда составляли соответственно 18,6 В и 1,2 А.

Из представленной зависимости можно заметить, что скорость осаждения оксида кремния имеет плато с небольшим изменением скорости осаждения в диапазоне 2–2,5 мм, при увеличении расстояния подложка-сопло скорость значительно уменьшается, что, скорее всего, связано с газодинамическим потоком при атмосферном давлении, генерируемые частицы подвергаются большему рассеиванию в направлении к подложке. При расстоянии 1,5 мм наблюдается самая высокая скорость осаждения, превышающая 300 нм/мин., но при этом на поверхности пленки мы обнаружили небольшие пятна, напоминающие капли, что можно объяснить конденсацией паров ТЕОС, которые не прошли разложение в плазме атмосферного разряда. В связи с этим расстояние в 2 мм является наиболее оптимальным расстоянием от подложки до сопла факела.

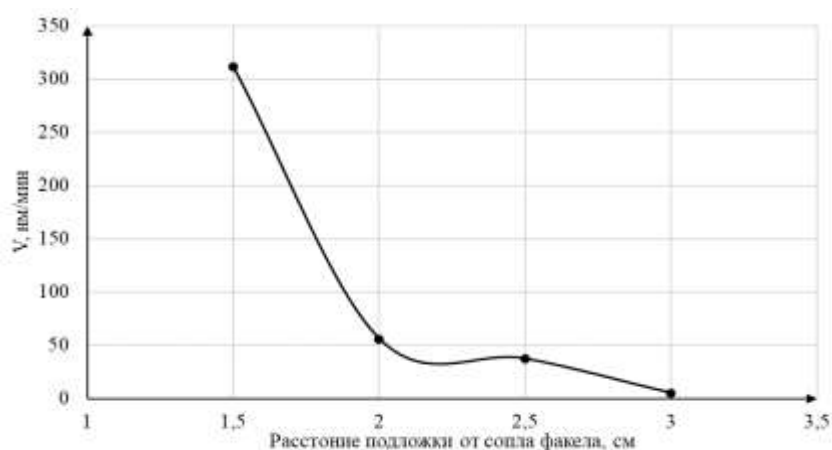


Рисунок 2 – График зависимости скорости осаждения оксида кремния от расстояния сопла факела

При рассматриваемых параметрах при пропускании аргона только через ТЕОС осаждение не наблюдалось, хотя при этом плазма загоралась, что возможно связано с недостаточной ионизацией паров ТЕОСа и его разложения. В связи с этим мы добавили линию аргона вне ТЕОСа (рисунок 1). В ходе

экспериментальных исследований установили зависимости скорости осаждения и показателя преломления (632,8 нм) оксида кремния от отношения смеси Ar + TEOS/Ar при постоянном расходе аргона вне TEOSa 673 л/ч и мощности разряда 22 Вт, зависимости представлены на рисунке 3. Зависимость скорости осаждения имеет ярко выраженный локальный максимум 78 нм/мин. при соотношении смеси Ar + TEOS/Ar 0,06, что может быть связано с пористостью полученного оксида, так как эта пленка имеет самый низкий показатель преломления 1,41. Наиболее стехиометрический оксид кремния с показателем преломления 1,457 был получен при соотношении смеси 0,08, при этом скорость осаждения составила 56 нм/мин. При другом соотношении смеси рабочих газов получены пленки с показателем преломления 1,410–1,435, что говорит об уменьшении кислорода в пленке по сравнению со стехиометрическим окислом [3].

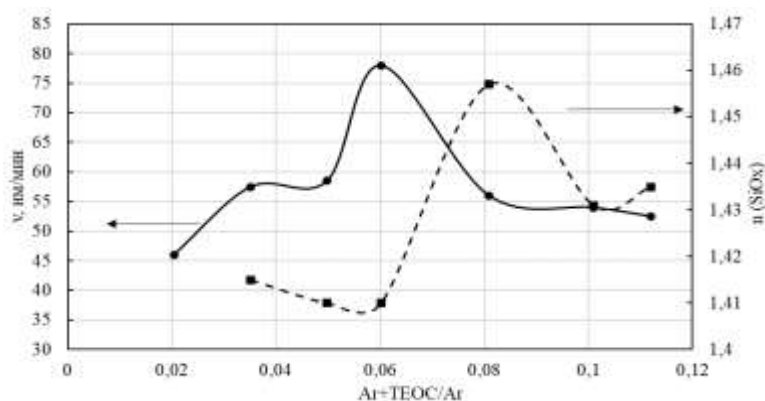


Рисунок 3 – График зависимости скорости осаждения и показателя преломления оксида кремния от смеси газов Ar+TEOS/Ar

Список литературы

1. Martinu, L. Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition of Functional Coatings / L. Martinu, O. Zabeida and J. E. Klemberg-Sapieha // Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings. – 2009. – C9. – P. 392–465.
2. June Hee Lee. Characteristic of SiO₂ Films Deposited by Using Low-Temperature PECVD with TEOS/N₂/O₂ / June Hee Lee // Journal of the Korean Physical Society. – 2005. – Vol. 46, No. 4. – P. 890–894.
3. Systematic Study of the SiO_x Film with Different Stoichiometry by Plasma-Enhanced Atomic Layer Deposition and Its Application in SiO_x/SiO₂ Super-Lattice / Hong-Ping Ma [et al.] // Nanomaterials. – 2019; 9(1):55.

Silicon oxide films were obtained by plasma-chemical deposition from atmospheric plasma from an Ar + TEOS / Ar mixture. The dependence of the deposition rate of silicon oxide on the location of the substrate and the burner nozzle and the ratio of the gas mixture is obtained. The dependence of the refractive index on the change in the Ar + TEOS / Ar mixture has been established.

Занько Андрей Иванович, аспирант факультета радиотехники и электроники Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, zanko.andrei@inbox.ru.

Леонович Никита Викторович, аспирант факультета радиотехники и электроники Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, nickxz51@gmail.com.

Аксючиц Александр Владимирович, аспирант кафедры микро- и наноэлектроники факультета радиотехники и электроники Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, alex.ak11996@mail.ru.

Научный руководитель – **Котов Дмитрий Анатольевич**, доцент кафедры микро- и наноэлектроники Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, кандидат технических наук, Минск, Беларусь, kotov@bsuir.by.

УДК 537.523

Ю. В. ЗАПОРОЖЧЕНКО, А. В. АКСЮЧИЦ

ИЗМЕНЕНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ КОСТНОЙ ТКАНИ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ В ПЛАЗМЕ АТМОСФЕРНОГО РАЗРЯДА

Излагаются результаты экспериментальных исследований угла смачиваемости поверхности зуба после обработки в плазме диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении. В качестве рабочего газа использовался аргон. Угол смачивания дистиллированной водой определялся методом лежащей капли. В зависимости от времени обработки наблюдалось снижение краевого угла смачивания поверхности зуба от исходных 77 градусов до 20 градусов. Определены

режимы работы генератора плазмы в процессе обработки поверхности зуба, обеспечивающие наилучшие показатели ее смачиваемости.

Одной из перспективных технологий настоящего времени, предоставляющей значительные возможности для решения глобальных проблем мирового сообщества в направлениях деятельности биологии и медицины, является технология, основанная на плазме атмосферного разряда. Целесообразность внедрения таких технологий диктуется возможностями локального и избирательного воздействия на объекты различной природы за счет направленного физического и химического взаимодействия составляющих плазмы с поверхностью. В частности, вышесказанное относится к низкотемпературной неравновесной плазме, основными достоинствами которой являются безопасность для человека, низкая проникающая способность и возможность обработки объектов при атмосферном давлении и температуре, близкой к комнатной. Плазма может иметь температуру в диапазоне от 25 до 40 °С, что открывает возможность обработки биологических тканей [1]. В ходе обработки не образуются и не используются стабильные химически-агрессивные соединения, что свидетельствует об экологической безопасности генераторов плазмы. Одним из существенных преимуществ плазмы является то, что она не теряет свою бактерицидную (спорицидную), фунгицидную и вируцидную активность. Последние исследования выявили, что низкотемпературная плазма эффективно инактивирует микроорганизмы на живых тканях, ускоряет сворачиваемость крови, деление клеток и заживление ран. В настоящее время известен также ряд работ по применению атмосферной плазмы в стоматологии [1–3]. В связи с этим в данной статье рассматриваются вопросы влияния атмосферной плазмы на гидрофильные и гидрофобные свойства поверхности зуба.

Для обработки поверхности зуба использовался экспериментальный комплекс, созданный в БГУИР (рисунок 1).

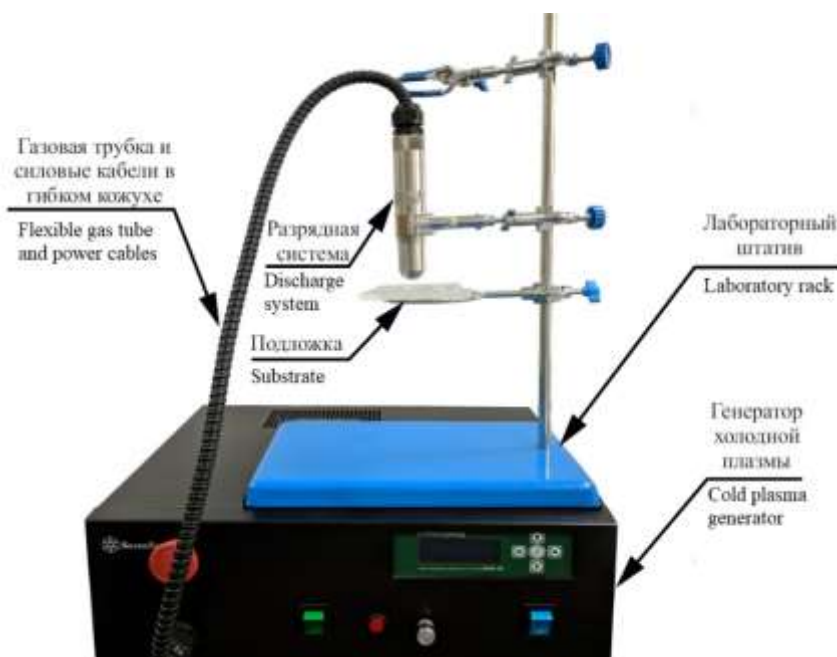


Рисунок 1 – Внешний вид экспериментального комплекса

Комплекс включает разрядную систему коаксиального типа, к которой через гибкий кабель-канал подводится плазмообразующее вещество и питающее напряжение для генерации диэлектрического барьерного разряда, лабораторный штатив с обрабатываемой подложкой для размещения биообъекта (зуба). Комплекс позволяет проводить исследования при различных режимах: изменение расхода плазмообразующего газа от 1 до 700 л/час, напряжения на выходе повышающего трансформатора разрядной системы от 0,5 до 3 кВ, при токе до 0,1 А, различных формах сигналов питающих разрядную систему.

Обработка поверхности зуба, состоящей из зубной эмали (содержание неорганических веществ (до 97 %), главным образом кристаллов гидроксиапатита – $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, модифицированного наличием магния, фтора, углерода и некоторых других элементов [4]) проводилась в плазменном факеле, формируемом диэлектрическим барьерным разрядом в потоке инертного газа – аргона. Выбор инертного газа обусловлен как условиями плазмообразования, так и фактором слабого взаимодействия с исследуемым объектом [5].

Поверхность зубной эмали перед обработкой подвергалась дезинфекции путем протирки салфеткой, смоченной в этиловом спирте. Измерения проводились на одном и том же участке поверхности зуба. После

каждой обработки в плазме измерялся угол смачивания, после чего поверхность тщательно просушивалась. Для оценки полученных результатов использовался метод лежащей капли описанный в материалах конференции.²

В ходе экспериментов по исследованию изменения угла смачивания поверхностного слоя зубной эмали установлено, что максимальный эффект от обработки поверхности эмали достигается при дистанции между образцом и торцом разрядной системы 10–15 мм. Вследствие этого при проведении исследований было выбрано расстояние обработки – 10 мм.

На рисунке 2 представлена зависимость краевого угла смачивания поверхности эмали зуба от времени обработки, а на рис. 5 – фотография зуба во время ее проведения.

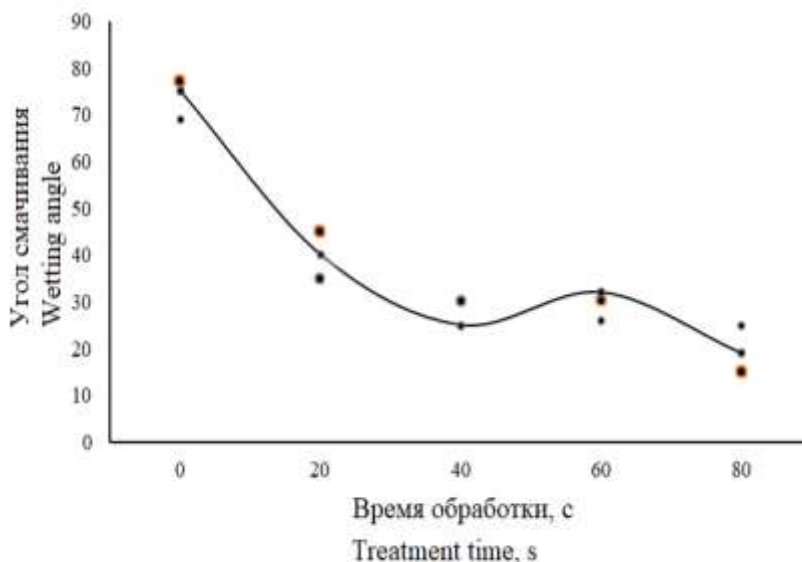


Рисунок 2 – Зависимость угла смачивания поверхности эмали зуба от времени обработки

Полученная зависимость имеет «волнообразный» характер. В течение первых 30 секунд происходит существенное уменьшение угла смачиваемости поверхности зуба в ~ 3 раза (с 77° до 25°). При дальнейшей обработке поверхности (43–58 секунды) наблюдается незначительное повышение угла смачиваемости до 30 градусов, что можно объяснить разложением органической составляющей эмали зуба с выделением углерода и фтора, при дальнейшей обработке они удаляются с поверхности образца и угол смачивания снижается ниже 25°. Время обработки в интервале от 35 до 45 секунд, является наилучшим, так как позволяет достичь максимальной смачиваемости поверхности за минимальное время обработки. В этот период не происходит видимых нарушений целостности структуры поверхности зуба. Более длительное воздействие «холодной» плазмы на образец не приводит к существенному улучшению смачиваемости поверхности.

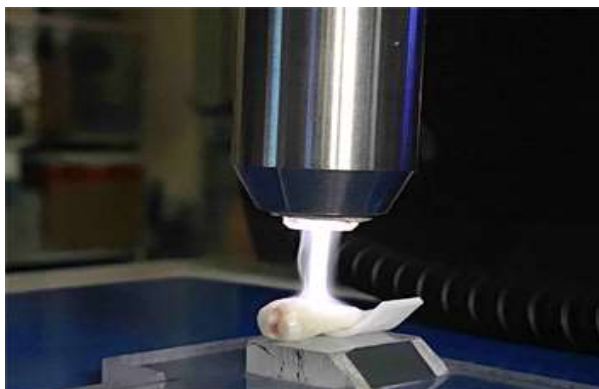


Рисунок 3 – Обработка зуба в плазме при атмосферном давлении

²Managing the surface properties of materials of display technology by means of treatment in atmospheric discharge plasma / Y. V. Zaporozhchenko [et al.] // Доклады БГУИР. 2019;(7(125)):107–112.

Разработана методика обработки поверхности зуба в «холодной» плазме диэлектрического барьерного разряда, обеспечивающая достижение минимального угла смачивания поверхности и требуемую температуру объекта при ограничении расхода газа и времени обработки. Так, при времени обработки от 35 до 45 секунд наблюдается достижение минимального краевого угла смачивания поверхности зубной эмали – 25° (до обработки – 77°). Температура зуба во время процесса не превышает 37 °С.

Показано, что плазма диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении может успешно применяться в стоматологии для очистки поверхности костной ткани зуба.

Список литературы

1. Plasma Apparatuses for Biomedical Applications / Y. J. Kim [et al.] // IEEE Transactions on plasma science. – 2015. – Vol. 4. – P. 944–950.
2. Matteo Gherardi, Riccardo Tonini and Vittorio Colombo // Trends in Biotechnology. – June 2018. – Vol. 36, No. 6. – P. 583–585.
3. Новиков, С. В. Использование холодной атмосферной плазмы в стоматологии / С. В. Новиков, И. Д. Тамазов, П. А. Тополянский, А. П. Тополянский // The Journal of scientific articles «Health and Education Millennium». – 2018. – Vol. 20, No 1. – С. 124–127.
4. Щукин, Е. Д. Коллоидная химия : учеб. / Е. Д. Щукин, А. В. Петров, Е. А. Амелина. – М. : Высш. шк., 2004. – 445 с.
5. Sakaе, T. Variations in dental enamel crystallites and microstructure / T. Sakaе // Journal of Oral Biosciences. – 2006. – Vol. 42, № 2. – P. 85–93.

As a result of the research, it was found that it is possible to change the length of the plasma torch in the range from 9 mm to more than 25 mm, and the temperature of the treated tooth surface with an increase in flow rate from 40 degrees Celsius fell to 32 degrees Celsius. Depending on the processing time, a decrease in the contact angle of the tooth surface wetting from the initial 77 degrees to 20 degrees was observed.

Запороженко Юлия Владимировна, аспирант кафедры МНЭ Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, ulyazapozozchenko@gmail.com.

Аксючич Александр Владимирович, аспирант кафедры МНЭ Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, alex.ak11996@mail.ru.

Научный руководитель – *Котов Дмитрий Анатольевич*, доцент кафедры микро- и нанoeлектроники Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, кандидат технических наук, Минск, Беларусь, kotov@bsuir.by.

УДК 004.031.4

И. А. ИЛЬЮКОВ

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ СЕРВЕРНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УДАЛЁННОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ

Рассмотрены основные технологии, используемые при создании серверного программного обеспечения для удаленного управления электронными устройствами. Сделано обоснование выбора фреймворка Spring Framework и поисковой системы Elasticsearch.

При удаленном управлении различными электронными устройствами через Интернет возникает задача разработки серверного программного обеспечения. В настоящей работе сделана попытка представить основные критерии выбора подходов и технологий программирования, которые будут положены в основу создания сервера для управления электронными устройствами с использованием популярного контроллера ESP8266 [1] и совместимых с ним устройств.

Основные критерии выбора технологий:

- Скорость разработки конечного программного обеспечения.
- Простота сборки программного обеспечения.
- Запуск программного обеспечения на Linux и Windows совместимых операционных системах.
- Масштабируемость в зависимости от нагрузки.
- Безопасность.

Во время разработки программного обеспечения отправной точкой является выбор языка программирования. От него зависит практически всё, начиная с набора сторонних библиотек, заканчивая поддерживаемыми платформами. Нами сделан выбор языка программирования Java, так как написанную на

нём программу можно запустить на всех используемых в данный момент операционных системах: Linux, Windows, MacOS.

Фреймворк – это программная платформа, определяющая структуру программной системы; программное обеспечение, облегчающее разработку и объединение разных компонентов большого проекта. Фреймворк также можно представить как большую библиотеку с максимальной оптимизацией внутренних компонентов, таких как: модуль работы с базами данных, модуль передачи данных по различным протоколам, модуль асинхронных задач и т. д. В классическом понимании фреймворк является каркасом программы, и он определяет то, как пишется программный продукт, по каким принципам строится обмен данными между разными фрагментами программного кода.

Так, для наших нужд выбор сделан в пользу Spring Framework [2], который состоит из большого количества модулей с открытым кодом для разных типов задач. Например, модуль Spring Boot позволяет не настраивать соединение с базой данных, а всего лишь указать адрес и пароль для доступа. Также не требуется отправка запросов к базе данных для открытия соединения с ней, обработки ошибок. Модуль Spring Data JPA позволит не писать вручную запросы к базе данных, не потребуются писать транзакционные методы и т. д.

Малый объем конечного программного продукта обеспечивается тем, что мы подключаем только нужные модули и используем только их, что не перегружает конечный размер библиотек.

Время развёртывания Spring приложения составляет порядка нескольких секунд, что в рамках пользовательского запроса довольно много, однако время запуска чистого Spring-приложения составляет около 1 с. Важно, что с последним обновлением Spring Framework стал доступен новый модуль Spring Native, в котором реализована поддержка технологии виртуальных машин Java GraalVM, позволяющая запустить Spring-приложение за 30 мс.

Уменьшить время запуска Spring-приложения позволит использование Lazy загрузок. Аннотируя свой программный код с помощью @Lazy происходит указание фреймворку, что создание и настройка bean компонентов (в Spring Framework bean компонентом называют все классы пользователя и классы самого фреймворка) будет производиться при фактическом их запросе любой функцией.

Используя перечисленные технологии, удалось на практике уменьшить время запуска приложения с 40 до 5 с. Важно иметь в виду, что время запуска полностью зависит от настроек, которые имеются в нашем приложении. Так, если мы работаем с множеством различных баз данных или запросов для получения конфигурационных данных с внешнего сервера, то есть приложение полностью зависит от времени обработки HTTP запросов. Использование сторонних библиотек также может влиять на время запуска.

Простота развёртывания программного продукта заключается в возможности создаваемого Spring-приложения (фактически обычного Java приложения при помощи любого сборщика приложений (в нашем случае Maven) собрать весь программный код в один файл с расширением .jar. Далее мы можем, используя данный файл, запускать приложение на любой операционной системе. Также можно использовать Docker [3] или любую другую утилиту для работы с виртуализацией.

Spring Framework поддерживает и во многом рекомендует микро-сервисную архитектуру программного обеспечения. Микро-сервисная архитектура – это набор небольших приложений, запущенных на разных серверах и работающий в рамках одного приложения. Это позволяет разбивать весь программный код на набор модулей и упрощает написание конечного приложения за счёт возможности работы над одним проектом нескольких групп разработчиков. Микро-сервисная архитектура позволит без отключения приложения изменять количество работающих виртуальных машин.

Безопасность пользовательских данных и работа с пользовательской сессией обеспечивается использованием SpringSecurity. Настройка и использование этого модуля достаточно просты. Необходимо только передать приложению строковый ключ для шифрования сессий, а также время жизни пользовательской сессии. Доступ пользователя к сессии осуществляется за счёт передачи ему jwt токенов, которые при каждом запросе к серверу стоит помещать в заголовок запроса.

Spring Security также позволяет разграничить ваше приложение на области видимости в рамках которых различные пользователи с различными ролями (user, admin и т. д.) будут иметь разные возможности в работе с приложением.

При решении задач автоматизации и удаленного управления различными устройствами основной проблемой становится время отклика системы для изменения фактического состояния устройства на требуемое. Это время должно быть минимальным. Проблему может решить использование Elastic Search [4]. Elasticsearch – это поисковая система, основанная на библиотеке Lucene. Она предоставляет распределенную, совместимую с несколькими арендаторами систему полнотекстового поиска с веб-интерфейсом HTTP и документами JSON без схем.

Данная поисковая система оптимизирована с учетом минимального времени поиска информации и позволяет хранить все наши сущности, требующие быстрого поиска и отклика. При проведении тестов на производительность мы получили уменьшение фактического времени выполнения одного запроса от двух до

десяти раз в сравнении с классическими SQL базами данных (MySQL). Elasticsearch позволяет практически мгновенно получать доступ к данным.

Одним из замеченных недостатков системы являются проблемы с производительностью при работе с вложенными структурами данных. Если наша схема данных будет иметь вложенность, то это приведет к увеличению времени запросов, однако это все равно будет значительно быстрее аналогичных запросов в SQL базы данных.

Использовать Elasticsearch при небольшом количестве подключенных устройств неоправданно. В данном случае лучше использовать внутренний пакет `Java:java.util.concurrent`. Данный модуль позволит обмениваться данными между несколькими потоками без потери времени на запросы к базе данных, что позволит иметь доступ к данным мгновенно, так как время отправки запроса к базе данных и чтения данных с жесткого диска значительно больше, чем время обращения с ячейки в оперативной памяти.

Таким образом, проанализировав и опробовав на практике различные технологии, были выбраны для написания серверного программного обеспечения для удаленного управления устройствами: язык программирования Java, фреймворк Spring Framework, поисковая система Elasticsearch. Для развертывания готовых программных продуктов был выбран Docker.

Список литературы

1. ESP8266 Technical Reference [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf. – Дата доступа: 22.02.2021.
2. Spring Framework Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.spring.io/spring-framework/docs/current/reference/html>. – Дата доступа: 03.03.2021.
3. Docker Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.docker.com>. – Дата доступа: 04.03.2021.
4. Elasticsearch Reference [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elastic.co/guide/en/elasticsearch/reference/current/index.html>. – Дата доступа: 12.03.2021.

The study deals with the main technologies used in the creation of server software for remote control of electronic devices. The rationale for the choice of the Spring Framework and the Elasticsearch search system has been made.

Илюков Илья Александрович, магистрант физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, ilyailyukou@gmail.com.

Научный руководитель – **Герман Андрей Евгеньевич**, заведующий кафедрой электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, доцент, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

УДК 536.581.2

Я. Д. КОБЫЛЯНЕЦ

СТРУКТУРА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ГЕНЕРАТОРА ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Предложена и исследована модель генератора газовых смесей с автоматической системой регулирования и стабилизации температуры.

Известно, что в целях охраны здоровья и соблюдения норм охраны труда необходим контроль содержания алкоголя в организме человека. Концентрацию алкоголя в человеческом теле можно определить, используя выдыхаемый воздух или венозную кровь. Для регистрации правонарушений, связанных с употреблением спиртных напитков, широко используется метод определения концентрации алкоголя в выдыхаемом воздухе. Одним из приборов, позволяющих осуществить данный метод на практике, является алкометр. Поверка и калибровка таких приборов осуществляется при помощи водно-спиртовых растворов с известной массовой концентрацией этанола и генераторов водно-спиртовых смесей, генерирующих поверочные газовые смеси.

В Республике Беларусь при поверке (калибровке) алкометров используются генераторы спирто-воздушных смесей, генерирующие газовые смеси при температуре 34 °С, что соответствует средней температуре выдыхаемого человеком воздуха. Известно, что нахождение человека в условиях повышенных или пониженных температур окружающей среды может значительно влиять на температуру выдыхаемого им воздуха.

Для приготовления водно-спиртовых растворов, используемых при поверке алкометров (алкотестеров), пользуются следующим выражением:

$$C_{ж} = \frac{C_{г}}{K} \text{ (г/дм}^3\text{)}, \quad (1)$$

где $C_{ж}$ – массовая концентрация спирта в водно-спиртовом растворе, $г/дм^3$;

C_t – требуемая концентрация спирта в спирто-воздушной смеси, $мг/м^3$;

K – коэффициент распределения этилового спирта (абсорбционный коэффициент Бунзена), зависящий от температуры ($K = 233$ для $t = 26$ °С).

Из формулы 1 видно, что концентрация этанола в газовой смеси зависит от температуры. Таким образом, существующие на сегодняшний день методы и оборудование, используемые при поверке и калибровке алкометров (алкотестеров), нуждаются в существенной доработке.

В настоящей работе исследованы способы реализации высокоточного термостата со встроенной автоматической системой регулирования и стабилизации температуры, работающего автономно в составе комплекса, генерирующего спирто-воздушные смеси заданных концентраций при различных температурах. По результатам исследований составлена математическая модель тепловых процессов, протекающих в термостате на основе дифференциального уравнения теплопроводности Фурье.

Связь между количеством теплоты δQ , проходящим за промежуток времени dt через элементарную площадку dS , расположенную на изотермической поверхности, и градиентом температуры устанавливается гипотезой Фурье, согласно которой

$$\delta Q = -\chi \cdot dS \cdot grad T \cdot dt = -\chi \cdot dS \cdot dt \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right), \quad (2)$$

где dn – расстояние между двумя изотермическими поверхностями, разность температур которых равна dT ;

χ – коэффициент теплопроводности.

Минус в правой части (2) показывает, что в направлении теплового потока температура убывает и $grad(T)$ является величиной отрицательной.

Компьютерное моделирование показало, что, хотя металлический цилиндр полностью прогрет, в нем существует температурный градиент, связанный с рассеянием тепла в окружающую среду через теплоизолятор. Такой же градиент существует и в жидкости. Решением данной проблемы стало создание многоконтурной системы. Вариант структуры такой системы и её температурный градиент представлены на рисунке 1.

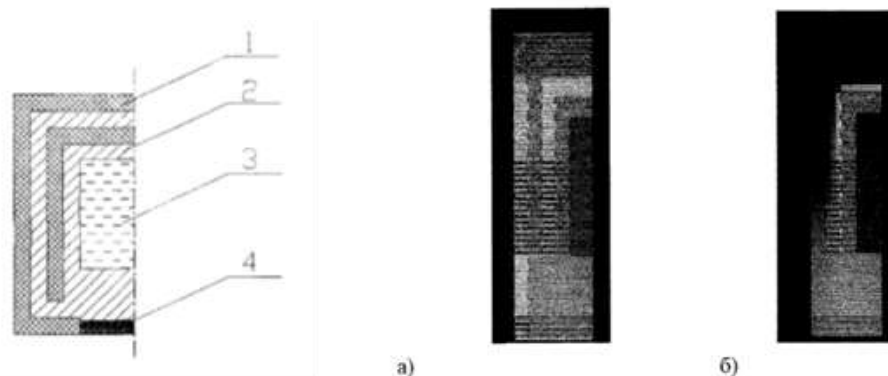


Рисунок 1 – Разрез камеры объекта управления и соответствующий ей градиент температур при установившемся температурном режиме:

а) шкала 20...40 °С; б) шкала 39,8...40 °С, где 1 – теплоизоляция; 2 – металлический цилиндр; 3 – термостабилизируемая жидкость; 4 – термоэлемент Пельтье

Таким образом, в результате моделирования предложена многослойная структура объекта терморегулирования. Внешний теплопроводный слой играет роль экрана внешних тепловых полей, а внутренний является теплоподводящим. Такая конструкция позволила снизить на порядок неравномерность тепловых полей без изменения массогабаритных показателей.

Поскольку основной задачей объекта регулирования является насыщение парами этанола поступающего из окружающей среды воздуха, температура которого отлична от температуры объекта регулирования, необходима дополнительная система подогрева жидкости. Решением данной проблемы стало введение в термостатируемую среду нагревателя в виде нихромовой проволоки в изоляции. Для обеспечения равномерности теплопередачи используется перемешивающее устройство.

Функциональная схема генератора газовых смесей представлена на рисунке 2.

Автоматическую систему регулирования и стабилизации температуры (рис. 3) генератора газовых смесей можно условно разделить на две составляющие:

1) система поддержания заданной температуры термостатируемой среды (ёмкостей, содержащих водно-спиртовые растворы), которая состоит из экранированных термоизолированных пространств, терморегуляторов, высокоточных датчиков температуры и перемешивающего устройства;

2) система регулирования и стабилизации температуры воздуха, подаваемого в генератор, которая состоит из компрессора или помпы, терморегулятора, датчика температуры, ротаметра.

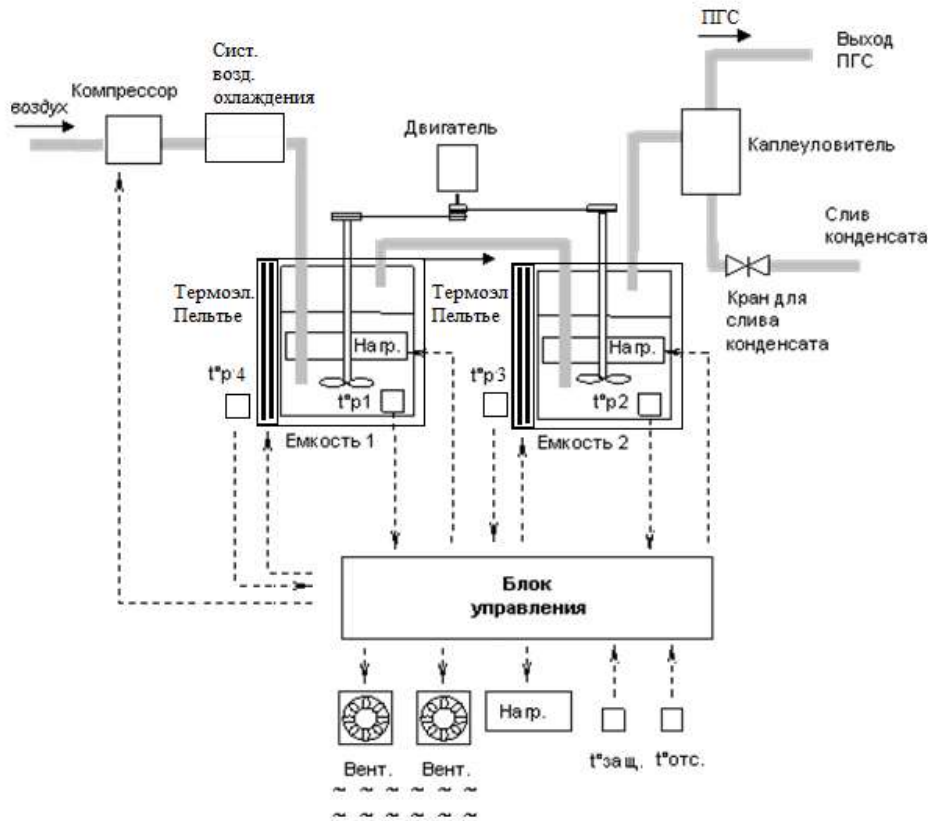


Рисунок 2 – Функциональная схема генератора спирто-воздушных смесей

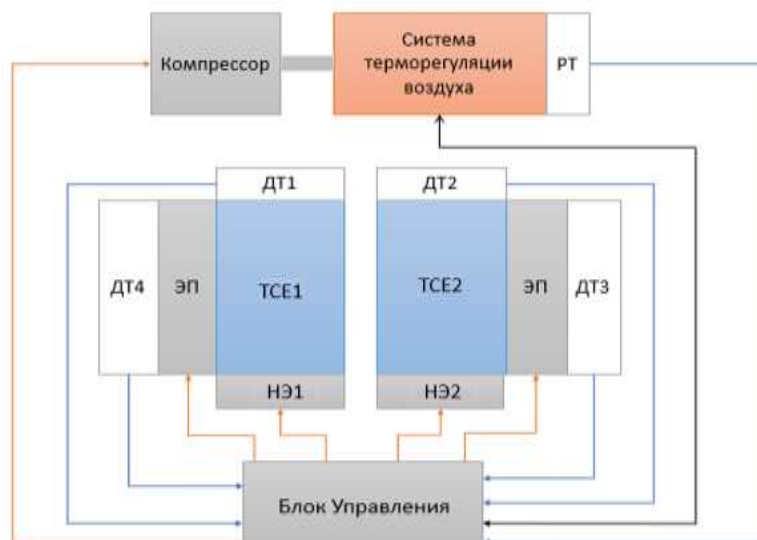


Рисунок 3 – Структурная схема автоматической системы регулирования и стабилизации температуры генератора газовых смесей:

ДТ 1, 2, 3, 4 – датчики температуры, РТ – ротаметр, ТСЕ1, ТСЕ2 – термостатируемые ёмкости, НЭ1, 2 – нагревательные элементы, ЭП – элемент Пельтье

Предложенная выше автоматическая система регулирования и стабилизации температуры генератора газовых смесей позволит производить поверочные газовые смеси с высокой точностью, при этом реализация такой системы позволяет имитировать выдох человека при различных температурах окружающей среды. Таким образом, не только совершенствуется метод поверки (калибровки) газоанализаторов, но и открываются возможности создания новых алкотестеров, способных оперативно и достоверно определять концентрацию этанола в выдыхаемом человеком воздухе при различных температурных условиях окружающей среды.

Список литературы

1. Тетельбаум, И. М. Модели прямой аналогии / И. М. Тетельбаум, Я. И. Тетельбаум. – М. : Наука, 1979.
2. Ярышев, Н. А. Тепловой расчет термостатов / Н. А. Ярышев, Л. Б. Андреева. – Л. : Энергоатомиздат, 1984.
3. Ярышев, Н. А. Обобщенная одномерная модель нестационарного теплообмена объектов с распределенными параметрами / Н. А. Ярышев, А. С. Столяров // Известия вузов: Приборостроение. – 1982. – Т. 25, № 8.
4. Бахвалов, Н. С. Численные методы / Н. С. Бахвалов. – М. : Наука, 1975.
5. Волков, Е. А. Численные методы / Е. А. Волков. – М. : Наука, 1982.
6. Андрусак, С. А. Термостат для стабилизации прецизионных измерительных систем / С. А. Андрусак // Измерительная техника. – 1974. – № 7.
7. Вайнер, А. Л. Термоэлектрический термостат для прецизионного кварцевого резонатора / А. Л. Вайнер, В. П. Зайков, Э. М. Лукишкер // Вопросы радиоэлектроники. Сер. «ТРТО». – 1973. – Вып 2.
8. Венгеровский, Л. В. Системы термостатирования в радиоэлектронике / Л. В. Венгеровский, А. Х. Ванштейн. – Л. : Энергия, 1969.
9. Hemminger, W. The thermostat with electron regulation of temperature / W. Hemminger, E.-T. Henio, H. L. Lukar // Prakt. Metallogr. – 1973. – № 10.
10. Mohsin, M. A. Water thermostat / M. A. Mohsin // Res. and Ind. – 1972. – 17. – № 2.
11. Tanford, C. Physical Chemistry of Macromolecules / C. Tanford. – John Wiley and Sons, Inc., New York, 1961.

In this work, a model of a gas mixture generator with an automatic system for regulating and stabilizing temperature.

Кобылянец Ярослав Дмитриевич, магистрант 2-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, lomidolomger1@gmail.com.

Научный руководитель – *Василюк Геннадий Тимофеевич*, доцент кафедры общей физики физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь, vasilyuk@grsu.by.

УДК 620.9

М. А. КОСКО

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ «НОВОГРУДСКИЕ ДАРЫ» ФИЛИАЛА ОАО «ЛИДСКИЙ МОЛОЧНО-КОНСЕРВНЫЙ КОМБИНАТ»

Рассмотрена возможность модернизации системы электроснабжения предприятия путем внедрения когенерационной установки. Рассмотрены виды когенерационных установок, сделан сравнительный обзор различных установок, обоснован выбор оптимальной установки для внедрения на предприятии.

Рассматриваемое предприятие показывает высокий уровень эффективности использования топливно-энергетических ресурсов. Однако имеются объекты, на которых необходимо провести ряд мероприятий для повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и для устранения необоснованных потерь топлива, тепловой и электрической энергии.

Эффективное использование ТЭР и совершенствование технологических линий производства продукции можно обеспечить за счет комбинированной выработки тепловой и электрической энергии (когенерации).

Суммарное потребление энергоресурсов предприятием составляет 8326 т у. т. в год, при этом электроэнергия составляет около 14 % от суммарного потребления ТЭР.

В энергетическом балансе предприятия преобладает тепловая энергия, производимая собственной котельной. Основным рабочим топливом является природный газ, его потребление составляет 7185 т у. т. в год.

Электропотребление предприятия определяется в основном асинхронными электродвигателями приводов технологических механизмов – сепараторов, вакуум-выпарных установок и насосов производственных участков, насосов водоснабжения, а также электропотреблением собственных нужд котельной – дымососы, вентиляторы, насосы. Среднегодовое электропотребление предприятия составляет порядка 1141 т у. т. (9279 тыс. кВт·час), из них порядка 561 тыс. кВт·час – собственные нужды котельной.

На сегодняшний момент в энергетике в основном применяется два вида оборудования для когенерации:

- газотурбинные установки;
- установки на базе двигателей внутреннего сгорания (газопоршневые (ГПУ) и дизельные установки).

Существуют и другие решения: сочетание паровых котлов и турбин; турбодетандер, который утилизирует избыточное давление природного газа и в некоторых случаях также может использоваться в качестве основного источника электроэнергии; микротурбины, которые применяются в самых сложных проектах и требуют больших капиталовложений.

Так как основным рабочим топливом на предприятии является газ, поэтому для внедрения рассматриваются только газотурбинные и газопоршневые установки. Важно, что при работе дизеля уровень вредных выбросов значительно выше, чем у газопоршневой установки. При этом стоимость жидкого топлива увеличивается быстрее, чем газообразного.

ГПУ более эффективны по сравнению с газотурбинными и дизельными установками. На это есть ряд причин:

- более высокий и менее зависимый от нагрузки КПД;
- безопасность – отсутствие высоких температур, давлений, моментов инерции;
- большой срок службы поршневых двигателей на газовом топливе, меньшая цена капитального ремонта;
- газопоршневая установка может запускаться и останавливаться неограниченное число раз, что практически не влияет на общий моторесурс двигателя, тогда как 100 пусков газотурбинной установки уменьшают ресурс турбины на 500 часов;
- время запуска: время до принятия нагрузки после старта составляет у газовой турбины 15–17 минут, у газопоршневого двигателя – 2–3 минуты;
- малый срок окупаемости – от 3 до 5 лет;
- «всеядность» – ГПУ могут работать на природном газе, пропане, бутане, попутном нефтяном газе, коксовом газе, биогазе и т. д.
- номинальный выход мощности как газопоршневого двигателя, так и газовой турбины зависит от высоты площадки над уровнем моря и температуры окружающего воздуха. В отличие от газовой турбины газопоршневой двигатель имеет более высокий и постоянный КПД во всем интервале температур.

Данное сравнение является условным и выбор того или иного технического решения зависит от конкретного проекта и характеристик оборудования различных фирм-производителей, однако позволяет сделать вывод о том, что газопоршневая установка превосходит другие когенерационные установки.

Установка газовых турбин целесообразна на объектах, которые имеют равномерные электрические и тепловые потребности при мощности свыше 30–40 МВт. На анализируемом предприятии требуемые мощности ниже, поэтому выбор сделан в пользу газопоршневой установки.

Планируемая к внедрению ГПУ будет работать параллельно с энергосистемой и котельной предприятия, без выдачи мощности в энергосистему. Вырабатываемая ГПУ электроэнергия сможет использоваться для покрытия части собственных нужд предприятия. Полученная тепловая энергия пойдет на повышение производственных мощностей (подогрев воздуха в сушилках молока и др.).

В качестве возможного выбора генерирующего оборудования рассматривается ГПУ фирмы JENBACHER модели J312 GS-N.L.C. мощностью 0.6 МВт. ГПУ представляет собой контейнер наружной установки и в комплекте имеет генераторное распределительное устройство 400В и панель управления с устройствами управления и защиты. Основные характеристики газопоршневого аппарата представлены ниже:

Номинальная электрическая мощность	600 кВт
Номинальная тепловая мощность на 100 %-й нагрузке	705 кВт
Расход газа	164 м ³ / ч
Напряжение генератора	0,4 кВ
Температура воды в системе охлаждения	100 °С
Частота тока	50 Гц
Скорость вращения	1500 об./мин.
Теплотворность топлива	8000 ккал / м ³
Отбор электрической мощности на собственные нужды	30 кВт

Совместно с ГПУ поставляется газо-водяной теплообменник для охлаждения дымовых газов. Водяной калорифер устанавливается перед забором воздуха на теплогенераторы. Для обеспечения непрерывной работы когенерационного комплекса в течение года может предусматриваться установка водяных баков-аккумуляторов горячей воды. Во время остановки сушилок и теплогенераторов тепловая энергия сможет накапливаться в баках-аккумуляторах.

Отпуск электрической энергии ГПУ составит около 4800 тыс. кВт.ч (что составляет примерно 50 процентов от суммарного потребления электроэнергии всем предприятием).

Когенерационная установка обеспечит качественное улучшение эффективности использования природного газа, что позволит предприятию снизить затраты на производство продукции.

Список литературы

1. Газопоршневые двигатели фирмы INNIO Jenbacher&WaukeshaGasEngines [Электронный ресурс] // Иннио. – Режим доступа: <https://www.innio.com/en>. – Дата доступа: 04.03.2021.
2. «Новогрудские Дары» филиал ОАО «Лидский молочно-консервный комбинат» [Электронный ресурс] // Новдар. – Режим доступа: <http://novdar.by/> – Дата доступа: 04.03.2021.
3. Когенерация, использование когенерационных установок [Электронный ресурс] // Научный форум. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2012/article/2012002908>. – Дата доступа: 04.03.2021.

The paper considers the possibility of upgrading the company's power supply system by introducing a cogeneration plant. The types of installations are considered and a comparative review of various installations is made, the choice of the optimal type and model of the installation for implementation at the enterprise is justified.

Коско Матвей Александрович, студент 5-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, mkosko@bk.ru.

Научный руководитель – *Герман Андрей Евгеньевич*, заведующий кафедрой электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, доцент, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

УДК 628.97

А. С. КОХАНОВСКИЙ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ДВОРОВЫХ ТЕРРИТОРИЯХ, ДОРОГАХ И ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ УЛИЦ

Рассматриваются требования к осветительным установкам, классификация светильников, маркировка светильников, эксплуатация осветительных установок. Приведены требования к освещению производственных помещений и рабочих мест, нормы освещенности, освещение дорог и проезжей части улиц, а также освещение дворовых территорий.

Осветительная установка – комплексное светотехническое устройство, предназначенное для искусственного и (или) естественного освещения и состоящая из источника оптического излучения, осветительного прибора или светопропускающего устройства, освещаемого объекта или группы объектов, приемника излучения и вспомогательных элементов, обеспечивающих работу установки (проводов и кабелей, пускорегулирующих и управляющих устройств, конструктивных узлов, средств обслуживания).

При проектировании и эксплуатации осветительных установок внимание должно обращаться на создание оптимальных условий для зрительной работы человека. При этом необходимо иметь в виду:

- 1) действие света на человека – психофизиологическое, морфофункциональное, тепловое и бактерицидное;
- 2) освещенность, необходимую для качественного выполнения зрительных работ, с учетом и экономических факторов, характеризуемых нормируемой минимальной освещенностью, качеством освещения;
- 3) источники света, выбор которых характеризуется разнообразными условиями, обеспечивающими функциональные, архитектурно-художественные, эстетические и экономические требования;
- 4) системы и виды освещения (общее, рабочее, аварийное, эвакуационное и дежурное), выбор которых определяется индивидуально в процессе разработок осветительных установок;
- 5) светотехнические расчеты, позволяющие определять оптимальные световые решения в соответствии с действующими нормами и правилами;
- 6) экономическую эффективность, зависящую от многообразия характеристик осветительных установок;
- 7) напряжение источников света, которое должно быть в пределах, предусмотренных соответствующими нормами, и отклонения его по частоте и значению как в меньшую, так и в большую стороны, не должны превышать заданных;

8) элементы осветительных установок (групповые осветительные щитки, электроустановочные изделия, осветительные сети и т. д.), которые должны отвечать требованиям качества, долговечности, эстетики;

9) свет и цвет, позволяющие разнообразным сочетанием освещенных и неосвещенных плоскостей, созданием светотеней при одновременном решении общих пространственных и декоративных задач добиться художественного эффекта, изменить цветовой климат помещения, придать ему парадный, интимный или деловой характер, вызвать иллюзию изменения его объема;

10) правильность эксплуатации осветительных установок, являющуюся важным фактором их долговечности [1].

В первую очередь светильники делят на группы по месту применения – для помещений, открытых пространств, экстремальных сред.

Представить светильники для помещения или для открытых пространств не составит труда: люстры, бра, торшеры, споты, всевозможные уличные светильники и т. д. К группе «экстремальных» светильников относятся преимущественно промышленные световые приборы, которые сохраняют свои функции в разных сложных условиях. Высокая или низкая температура, повышенная влажность или подводное пространство, мелкие частицы или пыль – в этих условиях необходимо использовать специальные светильники.

Также светильники делятся по способу распространения света. В проектировании интерьера важную роль играет распределение света в помещении. Поэтому стоит рассмотреть классификацию светильников по способу распространения света:

1) создающие прямое освещение светильники (у светильников прямого света не менее 80 % излучения направлено в нижнюю полусферу);

2) создающие отражённый свет (светильники отраженного света направляют более 80 % излучения в верхнюю полусферу. На свойства отраженного света влияют формы и направления источника света, а также ориентация отражающей поверхности и её свойства. Такой тип используют, когда есть необходимость избежать теней. В плане экономичности светильники отражённого света проигрывают светильникам прямого);

3) диффузные светильники (Светильники такого типа излучают свет равномерно во всех направлениях, создают мягкое освещение без засветов).

В свою очередь вышеперечисленные типы светильников подразделяются на группы по месту установки:

Потолочные – изобилуют формами, различаются по стилям, размерам и способам исполнения. Важны в таком элементе интерьера и материал конструкции и используемый источник света. Именно потолочный свет, как правило, является основным. По типу потолочные светильники разделяют на подвесные, накладные и встраиваемые.

Настенные – незаменимые помощники дизайнеров интерьеров в различных проектах. Бра с мягким светом в зоне отдыха создаст атмосферу комфорта и тепла, а точечный светильник выгодно подчеркнет важный объект в интерьере.

Настольные – важная составляющая любого кабинета или рабочего места. В разработке проектов всегда стоит помнить о важности настольных светильников, которые помогают решать функциональные задачи.

Напольные – наиболее удобный вид светильников. С помощью такого прибора можно временно добавить освещения там, где это необходимо (локальное освещение). Самым распространенным примером напольного светильника является торшер [2].

В зависимости от назначения и технических параметров на лампы накаливания может наноситься определенная маркировка. Она прописывается несмываемой краской на колбе устройства.

Первая буква определяет тип используемого источника света: Н – лампы накаливания общего назначения, С – лампы-светильники – рефлекторные и диффузные, И – кварцевые галогенные – накаливания, Л – линейные люминесцентные, Ф – фигурные люминесцентные, Э – эритемные люминесцентные, Р – ртутные типа ДРЛ, Г – ртутные типа ДРИ, ДРИШ, К – бактерицидные.

Вторая буква указывает на способ установки светильника.

С – подвесные, П – потолочные, В – встраиваемые, Д – при встраиваемые, Б – настенные, Н – настольные, опорные, Т – напольные, венчающие, К – консольные, торцевые, Р – ручные, Г – головные.

Основное назначение светильника указывается третьей буквой.

П – для промышленных и производственных зданий, О – для общественных зданий, Б – для жилых (бытовых) помещений, У – для наружного освещения, Р – для рудников и шахт, Т – для кинематографических и телевизионных студий.

Четвертая позиция в маркировке на светильники – двузначное число, обозначающее номер серии.

Пятой идет цифра, обозначающая количество ламп в светильнике (для одноламповых моделей цифра 1 не указывается, знак «х» не ставится).

На шестой позиции – число, указывающее мощность ламп в ваттах.

Седьмое – трехзначное число, которое обозначает номер модификации.

Восьмая позиция указывает на климатическое исполнение модели, У – для макроклиматических районов с умеренным климатом, ХЛ – для макроклиматических районов с холодным климатом [3].

При недостаточной освещенности производственных цехов ухудшается зрение и падает производительность труда, снижается качество выпускаемой продукции. Поэтому для промышленных предприятий разработаны и являются обязательными нормы минимальной освещенности, предусмотренные СНиП и ПУЭ.

Величины освещенности по этим нормам зависят от характера производства и тем выше, чем большая точность требуется при выполнении технологических процессов и производственных операций. При проектировании и светотехнических расчетах освещенность принимают несколько большую, чем требуется по нормам.

В процессе проектирования наружного освещения, также как и искусственного освещения помещений, проще всего все расчеты выполнять компьютерными методами, используя типовые программы, такие как DIALux. При расчетах коэффициент запаса принимается в пределах 1,5...1,7. Осветительные приборы предпочтительно равномерно подключают к трем фазам осветительной сети. При подключении необходимо следить за тем, что в случае отключения одной из фаз в ночное время к этой фазе не оказались подключенными светильники, которые установлены в местах, требующих повышенного уровня освещенности.

Защитный и рабочий нулевые проводники должны подключаться к PEN проводнику отдельными зажимами.

При освещении дорог и улиц необходимо определить тип дорожного покрытия, нанести на план улицы все пешеходные переходы, пересечения с другими улицами и дорогами. При наличии трамвайного движения так же нанести на план места посадок в трамвай. Необходимо определить все места на проезжей части улиц, в которых могут оказаться пешеходы.

Категории дорог и улиц определяют в зависимости от их назначения, транспортных характеристик, расчетной скорости движения автотранспорта и количества полос движения. Их разделяют на магистрали и улицы общегородского (классы дорог А1...А4), районного (классы дорог В1, В2) и местного (классы дорог В1...В3) значения.

Размещение светильников наружного освещения вдоль улицы или дороги выполняется по существу одновременно с выполнением расчета освещенности. Осветительные приборы устанавливают на специально предназначенных для этого опорах освещения, на опорах контактной сети электрифицированного городского транспорта, на опорах линий электропередачи напряжением 0,4 кВ, а также подвешивают на тросы (растяжки).

Для освещения дворовых территорий вдоль пешеходных дорожек и во дворах устанавливают опоры освещения. При невозможности установить опоры могут быть использованы растяжки, на которых крепят светильники, либо их устанавливают на установленные на стенах домов кронштейны [4].

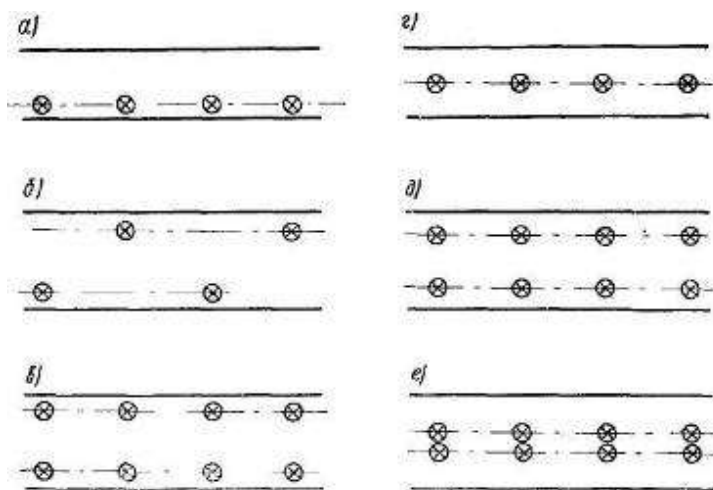


Рисунок 1 – Схемы размещения фонарей на улицах:

а – односторонняя; б – двухрядная в шахматном порядке; в – двухрядная прямоугольная; г – осевая;
д – двухрядная прямоугольная по осям движения; е – двухрядная прямоугольная по оси улицы

Если при проектировании наружного освещения дворов предполагается установить опоры, всегда следует проверять, сможет ли автоподъемник беспрепятственно подъехать к ним. Если свободного доступа автоподъемника обеспечить не удастся, то устанавливают опоры высотой до 4 метров, которые можно установить и обслуживать без спецтехники. Такие опоры, как правило, устанавливают для освещения детских площадок. Для освещения спортивных площадок на территории дворов часто устанавливают складывающиеся опоры высотой 6 метров, которые позволяют обслуживать светильники прямо с земли. Между опорами на детских и спортивных площадках всегда прокладывают кабель в траншее [5].

Исходя из вышеизложенного современное наружное освещение, это комплексная система, решающая широкий спектр задач в тёмное время суток. Её основные элементы представлены тысячами самых разных ламп, установленных на путепроводах, опорах и мачтах, которые могут включаться в автоматическом, либо ручном режиме. Правильно освещенные дворы создают комфортную среду для проживания жителей многоквартирных домов. Основным подходом к освещению является путь к созданию гармоничного светового образа города. Чтобы решить столь сложную многоуровневую задачу, необходимо учесть множество факторов (расположение и благоустройство улиц и жилых массивов, автомагистралей и пешеходных зон, площадей и природно-парковых зон, наличие приоритетных объектов для художественного освещения и т. д.), провести мониторинг реального состояния городского освещения и, наконец, разработать современную концепцию, основанную на современных энергосберегающих технологиях.

Список литературы

1. https://www.websor.ru/trebovaniya_osve.html.
2. <https://www.o-svet.ru/blog/lightning-classification>.
3. <http://www.4living.ru/items/article/klassifikacia-svetilnikov>.
4. <https://electromontaj-proekt.ru/nashi-stati/proektirovanie/naruzhnoe-osveshchenie/#a1no>.
5. <https://xreferat.com/88/755-1-iskusstvennoe-osveshchenie-goroda.html>.

Requirements for lighting installations. Classification of luminaires. Luminaire marking. Operation of lighting installations. Requirements for lighting production facilities and workplace. Illumination standards. The choice of light sources, lamps. Lighting of roads and carriageways of streets. Courtyard lighting

Кохановский Александр Сергеевич, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, kokhanovsky_01@bk.ru.

Научный руководитель – *Комар Владимир Николаевич*, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь.

УДК 681.587.78

И. А. ЛАТОШ

СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ И ФОРМИРОВАНИЕ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ ИНТЕГРИРОВАННЫМИ СРЕДСТВАМИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕМЕЙСТВА ATMEGA

Продемонстрированы, а также протестированы описанные в литературе способы измерения и формирования аналоговых сигналов интегрированными средствами микроконтроллера Atmega328P. На основе результатов тестирования разработаны задания для лабораторного практикума.

Добавление интеллектуальных функций в современную радиоэлектронную аппаратуру основано на использовании микропроцессоров, программируемых логических интегральных схем и других современных цифровых устройств. Подобная интеграция позволяет автоматизировать процессы измерения, управления, контроля, регулирования и обработки информации.

Микроконтроллер – микросхема, которая сочетает на одном кристалле функции процессора и периферийных устройств. Для измерения и формирования аналоговых сигналов микроконтроллером необходимо наличие периферии, такой как аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) и цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Архитектура микроконтроллеров Atmel Atmega предусматривает наличие 10-битного АЦП последовательного приближения, однако наличие ЦАП не предусмотрено. Формирование аналогового сигнала осуществляется за счет широтно-импульсной модуляции (ШИМ) [1–3].

В данной работе были рассмотрены и протестированы схемы подключения аналоговых датчиков, а также исполнительных устройств к микроконтроллеру. В качестве основы использовалась платформа ArduinoNANO с микропроцессором AtmelAtmega328P. В роли аналоговых датчиков выступают датчик температуры LM35 и фоторезистор, а исполнительное устройство представлено в виде электродвигателя. Серия LM35 это прецизионные интегральные датчики температуры, у которых выходное напряжение пропорционально температуре по шкале Цельсия. Пропорциональное температуре выходное напряжение снимается со среднего вывода датчика (V_{out}). Плата ArduinoNANO имеет 8 каналов АЦП, один из входов которых необходимо соединить с выводом V_{out} , как показано на схеме (рисунок 1).

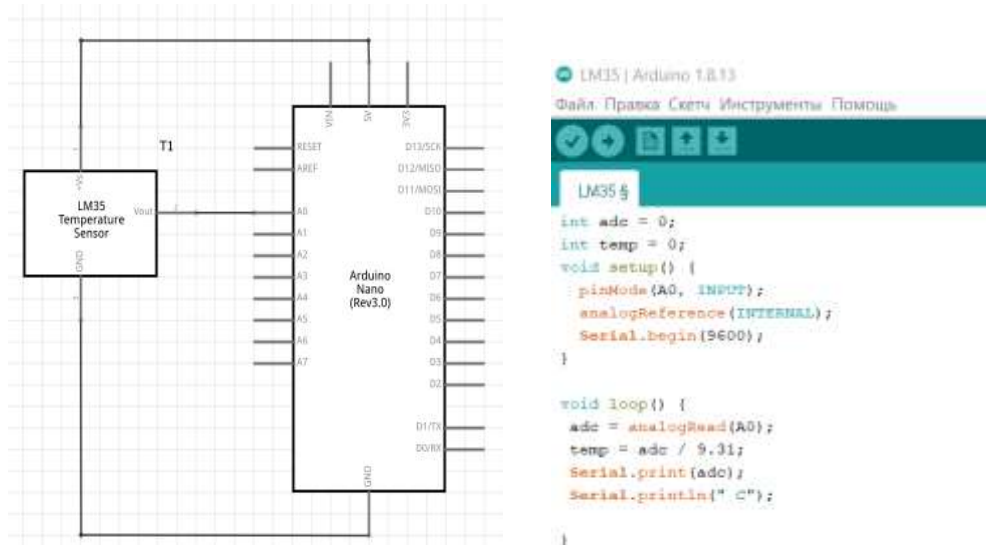


Рисунок 1 – Типовая схема и вариант тестового ПО для подключения датчика температуры к плате ArduinoNANO

Тестовое программное обеспечение основано на функции `analogRead(Pin)`, благодаря которой мы считываем значение с указанного аналогового входа Arduino. Pin – номер контакта, с которым мы взаимодействуем. Напряжение, поданное на аналоговый вход от 0 до 5 В, будет преобразовано в значение от 0 до 1023, это 1024 шага с разрешением 0.0049 В. Полученное значение необходимо математически перевести в градусы Цельсия, затем исходное значение можно вывести на экран персонального компьютера или дисплей, который можно непосредственно подключить к плате Arduino.

Фоторезистор – это полупроводниковый прибор, у которого под воздействием света снижается сопротивление. Для снятия аналогового сигнала с фоторезистора, необходимо включить его в делитель напряжения, средний вывод которого соединяется с одним из аналоговых входов Arduino (рисунок 2). Под воздействием света фоторезистор меняет свое сопротивление и, в зависимости от изменения данного значения сопротивления, изменяется напряжение на среднем выводе делителя напряжения. Изменение данного напряжения считывает АЦП микроконтроллера при помощи все той же функции `analogRead(Pin)`. Соответственно на выходе АЦП мы получаем цифровое значение от 0 до 1023 в зависимости от поданного напряжения.

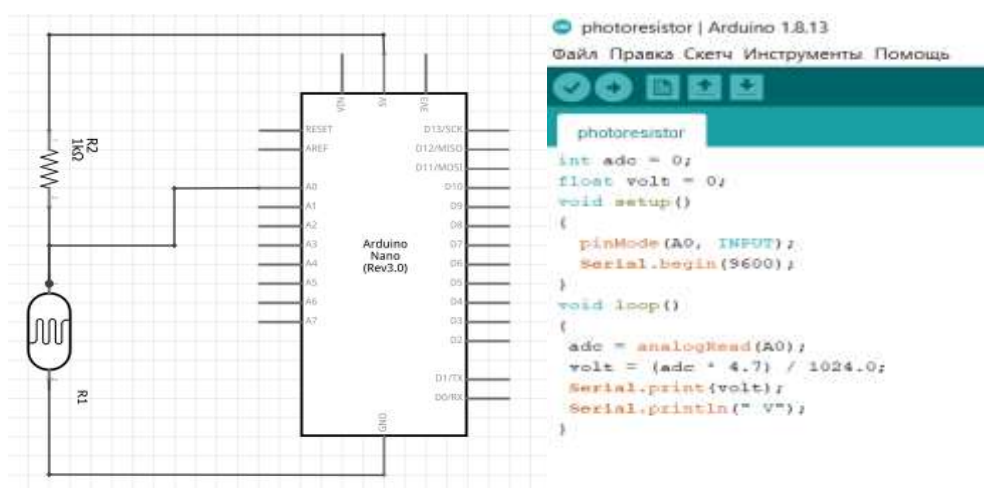


Рисунок 2 – Типовая схема и вариант тестового ПО для подключения фоторезистора к плате ArduinoNANO

Формирование аналогового сигнала на выводах микроконтроллера осуществляется за счет широтно-импульсной модуляции (ШИМ). У платформы ArduinoNANO имеется 14 портов ввода/вывода, 6 из которых могут быть использованы, как выходы ШИМ. Подключив нагрузку к микроконтроллеру, мы можем плавно регулировать, например, яркость светодиода. Однако дискретный выход Arduino выдает максимальный ток не больше 40 мА, которого недостаточно для подключения более мощной нагрузки, такой как электродвигатель. Для этого используется транзисторный ключ, на базу которого через резистор подается управляющий сигнал с микроконтроллера. Благодаря такому ключу можно управлять достаточно мощной нагрузкой (рисунок 3).

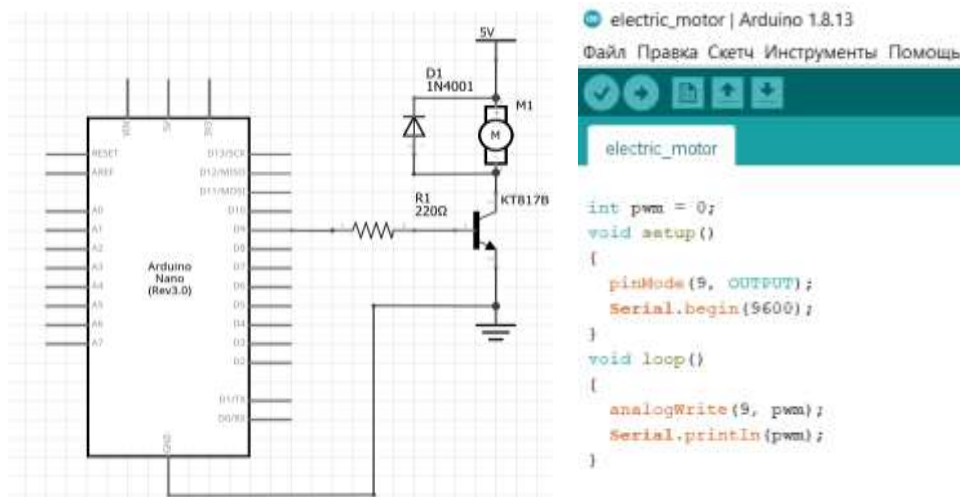


Рисунок 3 – Типовая схема и вариант тестового ПО для подключения электродвигателя к плате ArduinoNANO

В схеме транзисторного ключа использован транзистор KT817B, с коэффициентом передачи тока равным 25. Для ограничения тока базы транзистора, в цепь базы включен резистор R1 номиналом 220 Ом. Параллельно электродвигателю ставится полупроводниковый диод D1, для защиты транзистора от импульсов ЭДС.

При подаче сигнала ШИМ (параметр функции analogWrite от 0 до 255, что соответствует разрядности генератора ШИМ сигнала, равной 8 бит) на базу транзистора, мы периодически коммутируем нагрузку с частотой и скважностью ШИМ сигнала. Это повлечет за собой изменение среднего тока, протекающего транзистор. Т.к. электродвигатель (или другая нагрузка) обладает инерцией, изменение тока коллектор-эмиттер, за счет быстрого переключения транзистора с помощью ШИМ сигнала, приведет к регулировке его скорости вращения. Осуществляется данное управление ШИМ функцией analogWrite(Pin, Value), где Pin – номер цифрового вывода порта с поддержкой ШИМ (в платформе ArduinoNANO ШИМ поддерживают порты 3, 5, 6, 9, 10 и 11), Value – значение от 0 до 255. В нашем случае используется цифровой контакт 9.

На основе проделанной работы были составлены задания для лабораторного практикума по предмету «Микропроцессорные измерительные устройства и системы» студентам». Рассмотренные схемы и варианты тестового программного обеспечения помо в изучении практического применения микроконтроллеров как в быту, так и в промышленных сферах деятельности.

Список литературы

1. Евстифеев, А. В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы Atmel / А. В. Евстифеев. – М. : ИД «Додэка–XXI», 2004. – 560 с.
2. Баранов, В. Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы / В. Н. Баранов. – М. : ИД «Додэка–XXI», 2004. – 288 с.
3. Петин, В. А. Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things / В. А. Петин. – СПб. : БХВ–Петербург, 2016. – 320 с.

Methods for measuring and generating analog signals by integrated means of the Atmega328P microcontroller described in the literature have been demonstrated and tested. Based on the test results, tasks for a laboratory workshop were developed.

Латош Илья Александрович, студент 4-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, ilialatosh00@gmail.com.

Научный руководитель – **Герман Андрей Евгеньевич**, заведующий кафедрой электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, доцент, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

Н. В. ЛЕОНОВИЧ, А. И. ЗАНЬКО, К. Т. ЛОГУНОВ

ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ АЛМАЗОПОДОБНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМЫ

Разработана технология химического осаждения алмазоподобного углеродного покрытия в плазме высокой плотности. Описан реактор для плазмохимического осаждения. Получены покрытия алмазоподобного углерода. Представлены результаты исследования технологического процесса осаждения алмазоподобных углеродных покрытий.

Алмазоподобное углеродное (АПУ) покрытие является одним из востребованных оптических покрытий, благодаря его уникальным свойствам, таким как высокое пропускание в ИК спектре и рассеивание ИК-излучения, высокая теплопроводность и электрическое сопротивление, сопротивление к стиранию и высокая стойкость к кислотам, щелочам, солям, что важно для приборов ночного видения, мобильных транспортных средств передвижения. Применение алмазоподобных углеродных покрытий в оптике обусловлено наличием в покрытии sp^3 - и sp^2 -гибридизированных связей. У покрытий с высоким содержанием sp^3 (алмазных) связей усиливается процент пропускания света, а в случае высокого содержания sp^2 (графитовых) связей усиливается процент поглощения [1; 2].

Основные преимущества HDPCVD (high-density plasma chemical vacuum deposition – химическое осаждение и парогазовой фазы) с применением индуктивно связанной плазмы, по сравнению с физико-химическими методами осаждения: хорошая адгезия пленок к нижележащим слоям; широкий спектр химических реакций и источников для реакций с благоприятными термодинамикой и кинетикой. Индуктивно связанная плазма высокой плотности обеспечивает создание неравновесных условий, что обеспечивает получение различных метастабильных состояний вещества с уникальными механическими и физическими свойствами, а именно управление формированием соотношения sp^3 / sp^2 фазы углерода и достижением содержания sp^3 фазы более 60%.

Для создания нужных условий формирования высокоплотной плазмы и равномерного осаждения пленок, необходимо обеспечить правильное газораспределение. Поэтому нами был разработан цилиндрический реактор плазмохимического осаждения алмазоподобных углеродных покрытий с внутренним диаметром 280 мм, габаритные размеры реактора выбирались таким образом, чтобы проводить осаждение покрытий на подложках диаметром до 200 мм. Реактор оснащен соосно расположенным плоским генератором плазмы высокой плотности индукционного типа, работающего на частоте 13,56 МГц, блоком питания, блоком согласования, кольцевым газораспределителем лабиринтного типа, охлаждаемым подложкодержателем с возможностью смещения потенциала плазмы и двумя соленоидами. Схема реактора представлена на рисунке 1. На корпус реактора установлено два соленоида, которые обеспечивают генерацию магнитного поля в камере в диапазоне от 0,3 до 10 мТл. Газораспределитель разработан с возможностью перемещения от источника плазмы на расстоянии до 150 мм, для отработки различных технологических процессов. Поток смеси рабочего газа, аргона и ацетилена, задается через регуляторы расхода газа – РРГ-12.

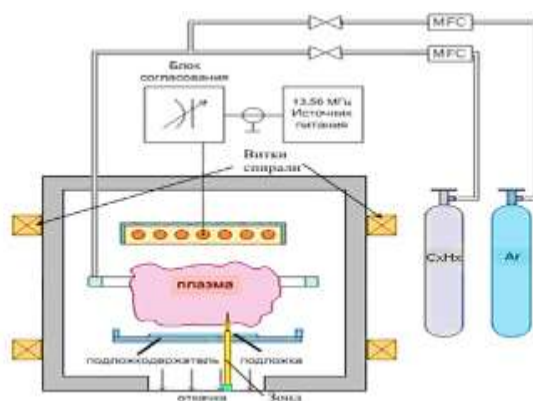


Рисунок 1 – Схема установки осаждения алмазоподобного углеродного покрытия в плазме высокой плотности

Мощность плазменного разряда определяет эффективность генерации активных частиц, а это в свою очередь способствует увеличению скорости плазмохимических процессов. Установлено, что при увеличении ВЧ-мощности индукционного разряда от 300 до 900 Вт скорость осаждения АПУ покрытий увеличивается, при различном рабочем расходе ацетилена, показано на рисунке 2а. Это свидетельствует об повышении интенсивности ионизации плазмообразующих газов и эффективности распада ацетилена. С увеличением

мощности разряда свыше 900 Вт достигается режим насыщения, это показывает что практически весь поступающий газ прекурсор распадается на активные химические радикалы и, в связи с этим, скорость осаждения с увеличением ВЧ-мощности индукционного разряда практически не увеличивается.

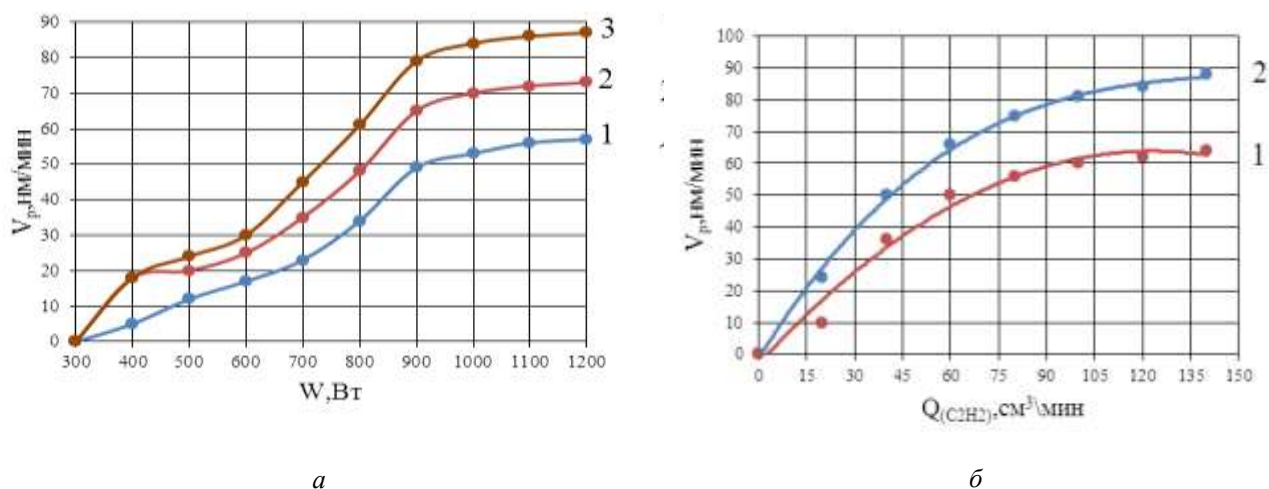


Рисунок 2 – Зависимость скорости роста алмазоподобных углеродных покрытий на кремниевой подложке в высокоплотной плазме индукционного разряда от величины подводимой ВЧ-мощности при различном расходе ацетилена: 1 – 50 см³/мин., 2 – 80 см³/мин., 3 – 120 см³/мин. (а), и от соотношения компонентов газовой смеси при разных мощностях: 1 – 600 Вт, 2 – 900 Вт (б), остаточное давление в реакторе 2.5 Па

Наблюдение за изменением скорости роста АПУ покрытий при постоянном расходе аргона 250 мл/мин. и постоянной ВЧ-мощности показывает, что скорость роста АПУ покрытий увеличивается во всем исследуемом диапазоне расхода ацетилена от 33 до 150 см³/мин. По сути, в этом случае изменение скорости роста коррелирует с увеличением атомов углерода в реакционном пространстве, показано на рисунке 2б. Увеличение количественного содержания ацетилена от 20 см³/мин. до 100 см³/мин. приводит к резкому увеличению скорости осаждения алмазоподобного углеродного покрытия при ВЧ-мощности 600 Вт и 900 Вт. А снижение скорости осаждения АПУ покрытий, при избыточном расходе аргона, по-видимому, можно объяснить тем, что избыточный расход его при постоянных давлении и мощностях плазменного разряда приводит к уменьшению времени нахождения активных частиц в целом в зоне реакции, и, следовательно, к уменьшению их объемной плотности.

С увеличением скорости роста алмазоподобных углеродных покрытий процент содержания sp³ (алмазной) связей падает и растет процент содержания графит подобной фазы, что приводит к низкой твердости и легкому истиранию покрытий. В результате выполнения экспериментального осаждения алмазоподобные углеродные покрытия были получены с наилучшими оптическими и физическими характеристиками при низком расходе ацетилена и не высокой мощности, а именно при следующих технологических параметрах процесса: ВЧ-мощность 600 Вт, расход газа прекурсора 20 см³/мин. при остаточном давлении в рабочей камере 2.5 Па.

Список литературы

1. Diamon-like carbon coating made by RF plasma enhanced chemical vapour deposition for protective antireflective coatings on germanium / Ashish Varade [et al.] // Procedia Materials Science 5 (2014) 1015–1019.
2. Strengthening diamond like carbon coatings for optic materials / Y. Mironov [et al.] // Russian – Israeli Bi-National Workshop. – 2014. – Vol. 2. – P. 52–59.

Леоневич Никита Викторович, аспирант факультета радиотехники и электроники Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, nickxz51@gmail.com.

Занько Андрей Иванович, аспирант факультета радиотехники и электроники Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, zanko.andrei@inbox.ru.

Логунов Константин Тимофеевич, студент 4-го курса факультета радиотехники и электроники Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, constantalag@yandex.by.

Научный руководитель – **Котов Дмитрий Анатольевич**, доцент кафедры микро- и нанoeлектроники Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, кандидат технических наук, Минск, Беларусь, kotov@bsuir.by.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ПОЗЫ ЧЕЛОВЕКА ПО ПОЛОЖЕНИЮ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК

Предложен метод оценки поз человека по ключевым точкам с использованием алгоритма OpenPose.

Цель оценки позы тела состоит в том, чтобы определить местоположение людей на изображении и ориентацию их частей тела.

Существует две стратегии оценки позы тела.

Стратегия «сверху вниз» сначала идентифицирует отдельных людей с помощью обнаружения объектов, а затем оценивает позу каждого человека.

Стратегия «снизу вверх» сначала идентифицирует части тела на изображении, такие как нос и левый локоть, а затем собирает людей на основе вероятных пар частей тела, что позволяет получить лучший результат в случае пересечения частей тел разных людей и наложения.

OpenPose – это алгоритм оценки позы человека, который использует стратегию «снизу вверх».

Для идентификации частей тела на изображении OpenPose использует предварительно обученную нейронную сеть, которая предсказывает тепловые карты и поля сочленения частей (PAFs) для частей тела на входном изображении.

Каждая тепловая карта показывает вероятность того, что определенный тип части тела находится в каждом пикселе изображения. PAF – это векторные поля, которые указывают степень связанности двух частей тела. Для каждого определенного типа сопряжения частей тела, например, шеи с левым плечом, существует два PAF, которые показывают x - и y -компоненты векторного поля между экземплярами частей тела.

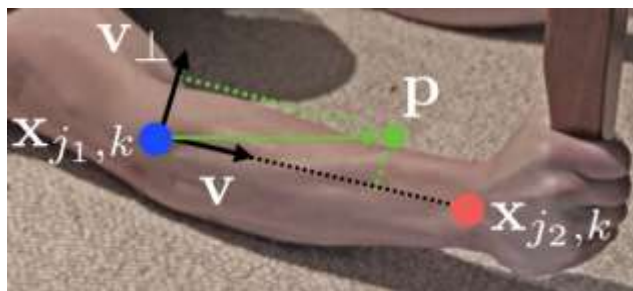


Рисунок 1 – PAF, связывающий две части тела

Чтобы собрать части тела в отдельных людей, алгоритм OpenPose выполняет ряд операций постобработки. Первая операция идентифицирует и локализует части тела, используя тепловые карты, возвращаемые сетью. Последующие операции выявляют фактические связи между частями тела, в результате чего создаются индивидуальные позы.



Рисунок 2 – Изображение на выходе алгоритма

Данный алгоритм определения поз людей имеет неограниченную перспективу в системах, где необходимы эти данные. Например, взаимодействие с компьютером, использование в кинематографе и т. д.

Список литературы

1. Cao Zhe, Gines Hidalgo, Tomas Simon, Shih-En Wei, and Yaser Sheikh. OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields. *ArXiv:1812.08008 [Cs]*, May 30, 2019. <https://arxiv.org/abs/1812.08008>.
2. Osokin, Daniil. Real-Time 2D Multi-Person Pose Estimation on CPU: Lightweight OpenPose. *ArXiv:1811.12004 [Cs]*, November 29, 2018. <https://arxiv.org/abs/1811.12004>.

Estimate body pose using deep learning.

Медведкин Антон Витальевич, студент 4-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, anton.medvedkin@mail.ru.

Ступакевич Максим Русланович, студент 4-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, smsdtr@mail.ru.

Научный руководитель – **Ассанович Борис Алиевич**, доцент кафедры информационных систем и технологий физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат технических наук, Гродно, Беларусь, Bas@grsu.by.

УДК 620.9

Е. А. МЕШКЕВИЧ

РАЗРАБОТКА ОСВЕЩЕНИЯ ОТКРЫТЫХ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрены основные задачи подсветки открытых спортивных сооружений, нормы освещения для открытых спортивных объектов (футбол, хоккей с шайбой, теннис), плюсы светодиодного освещения.

Спорт – важная часть жизни почти каждого человека. Одни занимаются им профессионально, другие являются любителями, а третьи посещают спортивные площадки только по той причине, что им нравятся те или иные соревнования и они любят следить за ними не по телевизору, а вживую (к примеру, поход на стадион для просмотра футбольного матча любимой команды). Только качественное освещение спортивных площадок гарантирует работоспособность, укрепление здоровья и хорошее самочувствие человека [1].

Спортивные площадки бывают разные по размеру, наполняемости трибун, функциям, поэтому в организации света требуется индивидуальный подход. Поэтому продумывать установку ламп нужно уже на стадии проекта. По завершении строительства систему можно откорректировать.

Иллюминация дворовой хоккейной коробки и многотысячного футбольного стадиона – разные вещи. Нужно учитывать мощность прожекторов, их количество, место расположения.

Основные задачи подсветки:

- 1) обеспечивать должный уровень светоподдачи для хорошей игры спортсменов, работы судей;
- 2) обеспечивать комфортабельное количество света для зрителей на трибунах;
- 3) обеспечивать хороший показатель передачи света;
- 4) зонирование пространства спортплощадки;
- 5) обеспечивать отсутствие пульсации для проведения телетрансляции;
- 6) обеспечивать нужный уровень освещённости при эвакуации [2].

Чтобы получить качественную подсветку любого объекта, относящегося к спорту, необходимо учитывать следующие критерии:

- 1) тип сооружения (открытое или закрытое);
- 2) предназначение (зал для соревнований, зал для занятий, корт и т. д.);
- 3) для какого вида спорта предназначается данное сооружение. Особое внимание следует уделять разнице в нормах по уровню освещённости, которая максимально различна для зимних и летних видов спорта;
- 4) габариты помещения. Для небольших залов и кортов нормы будут отличаться от тех, которые установлены для футбольных полей и баскетбольных залов;
- 5) наличие или отсутствие трибун, ведь они так же должны быть освещены, чтобы было хорошо видно происходящее на площадке;
- 6) уровень светового потока должен быть высок для полноценного освещения сооружения в комплексе всех полей, площадок;
- 7) следует исключить формирование отдельных участков, куда падает тень [1; 3].

Таблица – Нормы для открытых спортивных объектов [4]

Вид спорта	Класс освещения	Средняя освещенность $E_{ср}$, лк	Равномерность распределения освещенности $E_{min}/E_{ср}$, не менее	Коэффициент слепящей блескости, R_G , не более	Индекс цветопередачи источников света, R_a , не менее
Футбол	II	200	0,6	50	60
Хоккей с шайбой	III	200	0,5	55	40
Теннис	III	200	0,6	55	40

Оборудование спортивных объектов состоит из светильников (ламп) и опорных конструкций (мачт, креплений к фасадам зданий, ограждениям или трибунам), а также проводки и контрольно-распределительных устройств (щитов, выключателей).

Чаще всего на благоустроенных и профессиональных площадках используются:

1. Модульные прожекторы. Удобные светодиодные устройства. Благодаря модульной системе инженеры могут подобрать достаточную мощность и параметры освещения под конкретные размеры территории. Естественно, освещение кортов требует меньшей мощности, по сравнению с футбольным полем (разница в размерах: теннис – 23,78×11,89 м, футбол – 90×120 м). Потому вариант «наборного» модульного светодиодного прожектора оптимальный.

2. Магистральные уличные светильники. Это уже дополнительное освещение (для профессиональных стадионов), применимое для организации тренерских и фан-зон. Устройства также устанавливаются на аллеях, освещают входы и т. п. Для простых городских спортивных территорий магистральные светильники используются как основное освещение. Их мощности более чем достаточно для небольшого «домашнего» поля.

Выбор в пользу светильников предпочтителен для спортивных объектов, занимающих протяженные участки (трассы). Прожекторы характерны для «замкнутых» форм: футбольных полей, площадок, кортов. Конструктивные элементы осветительных приборов должны обеспечивать:

- 1) коррозионную устойчивость (это же относится и к опорным конструкциям);
- 2) герметичность (степень защиты оптической части $\geq IP65$, защита ПРА, размещаемой вне корпуса ОП $\geq IP53$);
- 3) устойчивость к механическим воздействиям и вандализму;
- 4) сохранность светопропускающих свойств.

Источники света должны:

- 1) сохранять работоспособность при сезонном изменении температуры воздуха и перепадах напряжения;
- 2) быстро восстанавливать ее после аварийных отключений;
- 3) обладать длительным эксплуатационным периодом, хорошей цветопередачей и высокой световой отдачей [5].

Самыми распространенными типами освещения спортивных сооружений на сегодняшний день являются люминесцентные, металлогенные и светодиодные светильники.

1. Линейное люминесцентное освещение. Такие лампы имеют прямую, U-образную или кольцевую форму. Основная часть излучаемого света выделяется благодаря люминесцентному покрытию, на которое действует ультрафиолетовое излучение. Люминесцентные лампы по сроку службы превосходят обычные лампы накаливания в 5–10 раз, однако имеют сравнительно низкую мощность и иногда отличаются довольно высоким коэффициентом пульсации. На спортивных объектах применяются люминесцентные лампы с углом раскрытия 120 градусов и больше. Люминесцентное освещение всегда необходимо защищать противоударными решетками.

2. Освещение с использованием металлогалогенных ламп. Это вид газоразрядных ламп высокого давления. Такие лампы относительно компактны, эффективны, обладают высокой мощностью. Сейчас металлогалогенные светильники широко применяются, в том числе для освещения спортивных комплексов и сооружений. Но у этих ламп есть недостаток: для разогревания прожекторов и получения необходимого уровня освещения потребуется некоторое время (от 3 до 10 минут в зависимости от размера лампы). Кроме того, после выключения прожекторов снова потребуется время — на остывание (до 10 минут). Повторный запуск лампы нельзя осуществлять до полного остывания во избежание выхода таких светильников из строя.

Выбор зависит от бюджета. Следует, однако, учитывать, что светодиодные лампы при высокой стоимости окупаются в течении нескольких лет за счет экономии электроэнергии и более надежной эксплуатации [6].

За последние годы резко возросла популярность таких источников света, как светодиодные лампочки. Многие скептически негативно относятся к организации освещения с использованием светодиодов. Однако четких минусов в технологии найдено не было. Светодиоды безвредны, долговечны, не реагируют на смену температуры, влажность и атмосферные осадки.

В отношении масштабного полевого освещения можно выделить следующие положительные особенности:

1. Экономия энергии (по сравнению с лампами ДНаТ либо ДРИ – в несколько раз). Расценки за электроэнергию для крупных площадок немалые, поэтому выгода от использования светодиодных светильников проявится достаточно быстро.

2. Долговечность. Обычно светодиодным светильникам определяется срок службы до 100 тысяч часов (в зависимости от типа устройств), но на деле многое зависит от сопутствующих факторов. Одно можно сказать с уверенностью – диоды служат существенно дольше натриевых ламп, так как более устойчивы к внешним воздействиям.

3. Безопасность. Крупные стадионы уже давно отказались от других типов светильников, так как при повреждении либо скачке напряжения они могут искрить, распространять опасные вещества и т. п. Потому в зрительских и игровых зонах устанавливаются светодиодные светильники и прожекторы. Эти устройства, даже если повредятся от механического воздействия, просто погаснут.

4. Возможность моментального включения освещения после аварийного или случайного выключения светильников. Это принципиально важное преимущество при проведении спортивных соревнований, особенно сопровождающихся телевизионной трансляцией. Стандартные газоразрядные светильники после выключения можно включить только через несколько минут.

5. Простота управления. Например, магистральные уличные светильники контролируются на расстоянии специальным пультом. Причем оператор может не только включать и выключать, но и регулировать мощность освещения, что важно для спортивных площадок, когда требуется определенное акцентирование (например, на определенном участке поля).

6. Наличие защиты от импульсных напряжений. Это важнейшая особенность уличных диодных светильников, так как цепь несет большие нагрузки, способные привести к скачкам напряжения. У светодиодов установлена защита до 10 кВт.

7. Специальный корпус, защищающий светильник от загрязнений.

8. Стабильный свет. Отсутствие вредного для глаз мерцания, которое может отразиться на внимании и реакции людей на площадке.

Так же светодиодные устройства не требуют особого ухода. Они просты в обслуживании, абсолютно экологичны. Их утилизация не имеет особых сложностей. Все это делает их незаменимыми для использования в промышленности [7].

Таким образом, организация системы освещения в спортивных сооружениях (на футбольных полях, площадках, кортах, залах, в многопрофильных спорткомплексах и т. д.) требует тщательного подхода и учета многих моментов, без которых будет невозможно комфортно наблюдать за игрой, а тем более быть ее участником. При правильном подходе для каждой спортивной арены можно без лишних сверхусилий подобрать оптимальный уровень освещенности.

Список литературы

1. <https://220.guru/osveshhenie/istochniki-sveta/osveshhenie-sportivnyh-ploshhadok.html>.
2. <https://lightgid.ru/lighting/osveshhenie-sportivnyh-ploshhadok-osobennosti-vybora-svetilnikov>.
3. <https://1posvetu.ru/svetodizajn/normy-osveshhenosti-sportivnyh-ploshhadok.html>.
4. <https://www.bigpro.ru/blog.html/id/22>.
5. <https://svetpro.ru/uchebnik-svetotekhniki/sportivnoe-osveshhenie/osveshhenie-otkrytyix-sportivnyix-obektov.html>.
6. <https://trampSPORT.ru/info/ulichnoe-osveschenie-sportivnyh-ploshhadok>.
7. <https://www.leadlight.ru/info/led-dlya-sportivnykh-obyekt>.

In this review research work, the main tasks of illumination of outdoor sports facilities, lighting standards for outdoor sports facilities (football, ice hockey, tennis), and the advantages of LED lighting are considered.

Мешкевич Екатерина Александровна, студентка 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, kmeshkevich2001@gmail.com.

Научный руководитель – *Комар Владимир Николаевич*, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь.

УДК 620.9

Е. А. МЕШКЕВИЧ

ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ЭНЕРГЕТИКЕ

Рассмотрены основные элементы системного анализа в энергетике. Объект, предмет и характерные черты системного анализа. Роль системного анализа в энергетике. Методики и технологии системного анализа в энергетике.

Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2035 г. определено, что: важнейшими задачами обеспечения устойчивого развития Беларуси является переход на инновационный путь развития, реализация *общесистемных* преобразований экономики и общества.

Управление национальной инновационной системой (НИС) в перспективе будет осуществляться в рамках корпоративной модели, предполагающей обеспечение *комплексного подхода* и взаимную координацию деятельности всех компонентов системы, обеспечивающих осуществление инновационной деятельности, ее развитие и поддержку для эффективной организации устойчивого инновационного развития страны [1; 2; 3].

Одним из этапов (период 2021–2030 гг.) Концепции Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года является создание *системных условий* и цифровая интеллектуальная модернизация традиционных отраслей посредством формирования точек роста наукоемкой экономики, что предполагает применение методов и средств *системного анализа* [4].

Определение системного анализа. Системный анализ возник в конце 50-х и начале 60-х годов ХХ столетия и является одной из молодых научных дисциплин. В связи с этим даже само понятие системного анализа еще не является достаточно устоявшимся. Сущность его также понимается различными авторами по-разному [5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12]: как совокупность правил для решения сложных проблем; как методология решения крупных проблем; как комплексная нормативная методология анализа и синтеза сложных систем; как способ исследования сложных проблем выбора в условиях неопределенности; как нормативная методология для решения сложных проблем в условиях изменения внешних воздействий, основанная на системном подходе;

Системный анализ основывается на комплексном системном подходе к решению проблем, что в случае сложных систем большого масштаба является единственной гарантией принятия решения, близкого к оптимальному. Он оказался действенным и эффективным средством решения сложных проблем в разных областях человеческой деятельности [10].

Для *системного анализа* характерно наличие определенных типов стандартных компонентов, которые практически всегда присутствуют в *анализе* любой проблемы. Сочетание этих характерных элементов в определенной последовательности, диктуемой структурой проблемы и причинно-следственными связями, и приводит к ее *системному решению* [13].

Объект, предмет и характерные черты системного анализа. Объектом системного анализа являются системы. Предметом системного анализа являются общесистемные характеристики и взаимодействие системы с ее окружением.

Можно определить следующие *характерные черты* системного анализа:

1. Системный анализ является научной дисциплиной методологического характера. При этом материальный характер, физическая сущность объекта исследования не имеет значения. При системном анализе основное внимание обращается на системные свойства объекта, поведение и функционирование системы или ее составляющих.

2. Системный анализ на современной ступени его развития не представляет собой комплекса специфических методов, хотя общее развитие идет в этом направлении. Используется целый ряд методов, применяемых в различных областях знаний.

3. Основой системного анализа является системный подход. Предметом системного анализа являются характеристики всей системы. Основное внимание сосредоточивается на вопросах структуры, поведения и функционирования анализируемой, проектируемой или разрабатываемой системы в их взаимосвязях. Отдельные составляющие системы исследуются с точки зрения их влияния на систему в целом, их места и веса во всей системе. Такой общий системный подход к объекту исследования является одной из ключевых характеристик системного анализа.

4. Системный анализ носит операционный характер. Он обеспечивает нахождение лучших количественных показателей деятельности объекта, для которого предложена данная система.

Роль системного анализа в энергетике. Системные исследования в энергетике представляют собой процесс изучения сложных теоретических и практических проблем развития антропогенной энергетике (созданной человеком для обеспечения его жизнедеятельности) методами системного анализа [14].

Под системными исследованиями в энергетике понимаются *исследования, основанные на системном подходе и использующие средства системного анализа*, которые включают не только исследования систем, но и исследования сложных энергетических проблем. При этом системный анализ рассматривается как методический аппарат системных исследований – совокупность методов, методик, процедур и правил, используемых в системных исследованиях. Применяя эти определения к энергетическим проблемам, можно полагать, что системные исследования в энергетике – это исследования энергетических объектов и систем на основе методологии системного подхода с использованием методического аппарата системного анализа [15; 16; 17].

Методики и технологии системного анализа в энергетике. Методика – набор конкретных приёмов, используемых для реализации поставленных задач в сфере образования, науки, психологии. Методика

должна быть понятной, реалистичной, воспроизводимой, результативной и обоснованной. Детализированная и разработанная, опробованная на практике, она обретает уровень технологии [18].

Технология – инструментарий конкретной области деятельности человека, набор процессов, методов и принципов, необходимый для создания конечного продукта. В объём понятия входят организационные приёмы и операции, которые применяются исполнителем в процессе труда.

Методика и технология системного анализа разрабатываются для того, чтобы с одной стороны организовать процесс принятия решений в сложных проблемных ситуациях [19], с другой стороны организовать процессы проектирования новых систем и изменений в существующих системах; а также осуществить внедрение в практику результатов, полученных в ходе анализа [10; 20].

Для принятия решений системный анализ используют ряд методик проведения энергетических обследований предприятий и организаций, основанных на методах и принципах системного анализа и направленных на решение следующих основных задач [21; 22; 23]: оценка фактического состояния энергоиспользования на предприятии, выявление причин возникновения и определение значений потерь топливно-энергетических ресурсов; разработка плана мероприятий, направленных на снижение потерь топливно-энергетических ресурсов; определение рациональных размеров энергопотребления в производственных процессах и установках; определение требований к организации по совершенствованию учета и контроля расхода энергоносителей [24].

В результате обследования определяют реальное состояние исследуемого объекта, энергетические балансы, оценивают источники потерь энергии, определяют направления снижения энергетических затрат. Обязательным итогом энергетического обследования предприятия является выдача рекомендаций по оптимизации технологии производства и потребления энергоресурсов с точки зрения повышения энергетической эффективности предприятия.

Учитывая положения, изложенные в работах Ф. П. Тарасенко и К. Качира [20; 25], предлагается следующая прикладная технология системного анализа: формулировка проблемы; исследование существующего положения; анализ существующего положения; разработка проекта системы; анализ системы; детальная разработка системы; реализация системы; подготовка к внедрению и внедрение системы; эксплуатация системы; утилизация системы.

Таким образом, некоторые из основных положений системного анализа состоят в следующем [26]: процесс решения проблемы должен начинаться с выявления и обоснования конечной цели, которой хотят достичь в той или иной области и уже на этом основании определяются промежуточные цели и задачи; к любой проблеме необходимо подходить, как к сложной системе, выявляя при этом все возможные подпроблемы и взаимосвязи, а также последствия тех или иных решений.

Если попытаться охарактеризовать современный системный анализ очень укрупнено, то можно сказать, что он включает такие виды деятельности, как: научное исследование вопросов, связанных с проблемой; проектирование новых систем и изменений в существующих системах; внедрение в практику результатов, полученных в ходе анализа [10].

Список литературы

1. Волчок, В. А. Инновационное развитие нетрадиционных и возобновляемых источников энергии на основе Smart Grids и Micro Grids технологий / В. А. Волчок // Современные информационные технологии в системе научного и учебного эксперимента: опыт, проблемы, перспективы : материалы III междунар. науч.-метод. конф. (Гродно, 14–15 мая 2015 г.) / ГрГУ им. Янки Купалы ; редкол.: В. Г. Барсуков (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2015. – С. 20–23.
2. Концепция Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]. – Минск : ГУ «БелИСА», 2020. – 56 с. – Режим доступа: <http://belisa.org.by/pdf/2020/GPIR.pdf>. – Дата доступа: 10.03.2021.
3. Концепция Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года [Электронный ресурс] / Министерство экономики Республики Беларусь. – Минск, 2018. – Режим доступа: <https://www.economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/Kontseptsija-na-sajt.pdf>. – Дата доступа: 05.11.2020.
4. Стратегия «Наука и технологии: 2018–2040» : Постановление Президиума Национальной академии наук Беларуси, 26.02.2018, № 17 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://nasb.gov.by/congress2/strategy_2018-2040.pdf. – Дата доступа: 20.01.2021.
5. Волчок, В. А. Элементы системного подхода к формированию информационных ресурсов в корпоративной информационной инфраструктуре университета / В. А. Волчок // Вестн. Гродн. гос. ун-та им. Янки Купалы. Сер. 2, Информатика. – 2007. – № 2 (52). – С. 84–88.
6. Оптнер, С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем [Электронный ресурс] / С. Оптнер. – М. : Советское радио, 1969. – 69 с. – Режим доступа: <https://pqm-online.com/assets/files/lib/books/optner.pdf>. – Дата доступа: 10.03.2021.
7. Юдин, Б. Г. Методология науки. Системность. Деятельность [Электронный ресурс] / Б. Г. Юдин. – М. : Эдиториал УРСС, 1997. – 440 с. – Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/794629/>. – Дата доступа: 10.03.2021.

8. Уемов, А. И. Системный подход и общая теория систем [Электронный ресурс] / А. Уемов. – М. : Мысль, 1978. – 272 с. – Режим доступа: http://www.philosoph.onu.edu.ua/elb/uemov/system_general_theory.pdf. – Дата доступа: 05.01.2021.
9. Квейд, Э. Анализ сложных систем / Э. Квейд. – М. : Советское радио, 1969. – 520 с.
10. Перегудов, Ф. И. Введение в системный анализ [Электронный ресурс] / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – М. : Высш. шк., 1989. – 367 с. – Режим доступа: http://systems-analysis.ru/assets/systems_analysis_peregudov.pdf. – Дата доступа: 04.01.2021.
11. Спицнадель, В. Н. Основы системного анализа [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Н. Спицнадель. – М. – СПб. : Изд. дом «Бизнес-пресса», 2000 г. – 326 с. – Режим доступа: <http://www.library.fa.ru/files/Spitsnadel.pdf>. – Дата доступа: 05.01.2021.
12. Сурмин, Ю. П. Теория систем и системный анализ [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. П. Сурмин. – Киев : МАУП, 2003. – 368 с. – Режим доступа: <https://victor-safronov.ru/systems-analysis/lectures/surmin.html>. – Дата доступа: 17.01.2021.
13. Голубков, Е. П. Системный анализ как методологическая основа принятия решений [Электронный ресурс] / Е. П. Голубков // Менеджмент в России и за рубежом. – 2003. – № 4. – Режим доступа: <http://www.mevriz.ru/articles/2003/4/1125.html>. – Дата доступа: 04.01.2021.
14. Системные исследования в энергетике: методология и результаты [Электронный ресурс] / под ред. А. А. Макарова, Н. И. Воропая. – М. : ИНЭИ РАН, 2018. – 309 с. – Режим доступа: <https://isem.irk.ru/upload/iblock/40b/40b6e2c1c8d489f3ab509aa39fe9ed1d.pdf>. – Дата доступа: 05.01.2021.
15. Мелентьев, Л. А. Системные исследования в энергетике / Л. А. Мелентьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1983. – 456 с.
16. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ – ИСЭМ [Электронный ресурс] / отв. ред. Н. И. Воропая. – Новосибирск : Наука, 2010. – 686 с. – Режим доступа: <https://isem.irk.ru/upload/iblock/947/947054cfba6c630ec12812c71008564e.pdf>. – Дата доступа: 05.01.2021.
17. Инновационная электроэнергетика-21 / ред.: В. М. Батенин, В. В. Бушуев, Н. И. Воропая. – М. : ИИЦ «Энергия», 2017. – 584 с.
18. Разница между методикой и технологией [Электронный ресурс] // TheDifference.ru. – Режим доступа: <https://thedifference.ru/chem-otlichaetsya-metodika-ot-technologie/>. – Дата доступа: 15.01.2021.
19. Прохорова, И. А. Теория систем и системный анализ [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. А. Прохорова. – Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2013. – 49 с. – Режим доступа: https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000515073&dtype=F&etype.pdf. – Дата доступа: 22.01.2021.
20. Тарасенко, Ф. П. Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем) [Электронный ресурс] : учеб. / Ф. П. Тарасенко. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2004. – 186 с. – Режим доступа: <http://www.library.fa.ru/files/Tarasenko.pdf>. – Дата доступа: 22.01.2021.
21. Афонин, А. Методика проведения энергетических обследований предприятий и организаций [Электронный ресурс] / А. Афонин, Н. Коваль, А. Сторожков, В. Шароухова. – Режим доступа: <http://xn-80aecd4bse4bmudleen7o.xn-p1ai/blog/2012/02/24/методика-проведения-энергетических>. – Дата доступа: 23.01.2021.
22. Шахнин, В. А. Энергетическое обследование [Электронный ресурс] : курс лекций для подготовки энергоаудиторов / В. А. Шахнин, С. И. Рощина, А. Н. Стариков ; Владимир. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2013. – 139 с. – Режим доступа: <http://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/2867/1/01215.pdf>. – Дата доступа: 23.01.2021.
23. Бухмиров, В. В. Классификация методик проведения энергетического обследования [Электронный ресурс] / В. В. Бухмиров, В. В. Банников // НП СРО «Гильдия Энергоаудиторов», г. Москва. – Режим доступа: http://www.guildenergo.ru/files/file/news/20112012/vestnik_minobr_bannikov_bukhmirov.pdf. – Дата доступа: 23.01.2021.
24. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федер. закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (последняя редакция) // КонсультантПлюс. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/. – Дата доступа: 10.03.2021.
25. Качир, К. Информационная система промышленного предприятия / К. Качир ; пер. со слов. ; предисл. В. П. Силина. – М. : Прогресс, 1977. – 202 с.
26. Живицкая, Е. Н. Системный анализ и проектирование: Системный анализ как методология решения проблем [Электронный ресурс] / Е. Н. Живицкая // Проект Виктора Сафронова, 2006–2017. – Режим доступа: <https://victor-safronov.ru/systems-analysis/lectures/zhivickaya/03.html>. – Дата доступа: 15.01.2021.

In this review research work, the main elements of system analysis in the energy sector are considered. Object, subject and characteristics of system analysis The role of system analysis in energy. Methods and technologies of system analysis in the energy sector.

Мешкевич Екатерина Александровна, студентка 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, kmeshkevich2001@gmail.com.

Научный руководитель – *Волчок Валерий Александрович*, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат технических наук, Гродно, Беларусь.

А. С. МИЦКЕВИЧ

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ
«ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ВОЗДУХЕ»**

Рассмотрена модернизация лабораторной работы «Определение коэффициента теплопроводности в воздухе».

Практикум и выполнение лабораторных работ является важной частью при подготовке студентов физических и инженерных специальностей. Навыки, получаемые в физической лаборатории важны для их будущей трудовой деятельности. Классические лабораторные работы, выполняемые в рамках практикума по физике, базируются на устаревших лабораторных установках, многие элементы которых изношены и морально устарели. Это не способствует привлекательности предмета «Физика». С другой стороны, применение новых технических решений делает даже классическую лабораторную работу по физике достаточно привлекательной.

Целью данной работы является модернизация лабораторной установки для проведения измерений с большей точностью, при этом, чтобы учащиеся затрачивали на процесс выполнения работы меньше времени с повышенной безопасностью проведения опытов.

Среди методов определения теплопроводности веществ метод нагретой нити из-за простоты конструкции и детальной разработки теории занимает ведущее место в исследованиях теплопроводностей жидкостей и газов. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности слоя газообразного вещества основано на измерении теплового потока и градиента температур в исследуемом веществе. Метод применяется для изучения процессов теплообмена в лабораторных условиях. Нить представляет собой проволоку, натянутую вдоль оси вертикального цилиндра. Нить цилиндра нагревается электрическим током I . После того как устанавливается стационарный режим, температура нити перестанет изменяться. Выделяющееся при этом вследствие прохождения электрического тока через нить тепло полностью отдается в окружающую среду.

В соответствии с законом Фурье в стационарном режиме тепловой поток Q , передаваемый теплопроводностью через цилиндрический слой, выражается в виде [1]:

$$Q = \frac{2\pi l(t_2 - t_1)}{\lambda \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)},$$

где λ – коэффициент теплопроводности вещества слоя, Вт/(м·К); d_1 , d_2 , l – внутренний, внешний диаметры и длина цилиндрического слоя, м; t_1 , t_2 – температуры внутренней и внешней ограничивающих поверхностей слоя, °С. Для определения λ из уравнения (2.1) необходимо знать температуру проволоки t_1 и температуру термостатированной холодной стенки внутренней стеклянной трубки t_2 и определить величину теплового потока, равную электрической мощности, необходимой для нагрева проволоки $Q = IU_1$.

Лабораторная установка состоит из запаянного с двух сторон стеклянного цилиндра в котором вдоль оси натянута нихромовая проволока (рисунок 1). Цилиндрическая трубка с исследуемым воздухом имеет отвод для откачивания и окружена стеклянным кожухом. Через кожух пропускается вода из водопровода, таким образом, поддерживается постоянная температура стенки трубки с воздухом. Установка размещена таким образом, что проволоочная нить находится в вертикальном положении.

На рисунке 2 показана функциональная схема модернизированной лабораторной установки, по которой рассмотрен её состав и принцип работы. Перед началом работы установки через вентиль (4) проточная вода, температура которой 14–15 °С, протекает через колбу (2) и создаёт равномерное охлаждение колбы (3) с установленной вертикально проволокой. Через 15–20 минут времени, необходимого для охлаждения колбы, подаётся питание на установку и при помощи электровакуумного насоса создаётся разрежение, которое контролируется манометром (12). Далее, включаем источник питания (14), напряжение с которого подаётся на вакуумный насос, и создаём разрежение в измерительной колбе 3. Давление контролируем манометром (12). После чего, источником тока, задаем силу тока в диапазоне 30–900 мА, через каждые 30 мА и проводим измерения, определяем температуру проволоки, температурный коэффициент сопротивления, рассчитываем сопротивление проволоки с помощью амперметра и вольтметра при соответствующей температуре. Падение напряжения на проволоке контролируем по вольтметру (7). После снятия необходимых измерений, определяем коэффициент теплопроводности, а позже оцениваем погрешность измерений. По окончании работы следует перекрыть вентиль с проточной водой, выключить источник питания, отключить клапан выпуска давления с колбы.

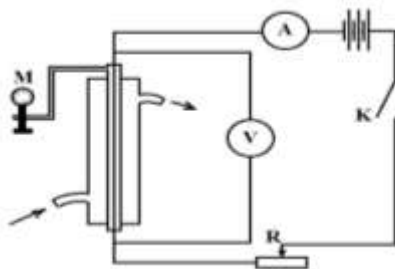


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для определения коэффициента теплопроводности газов

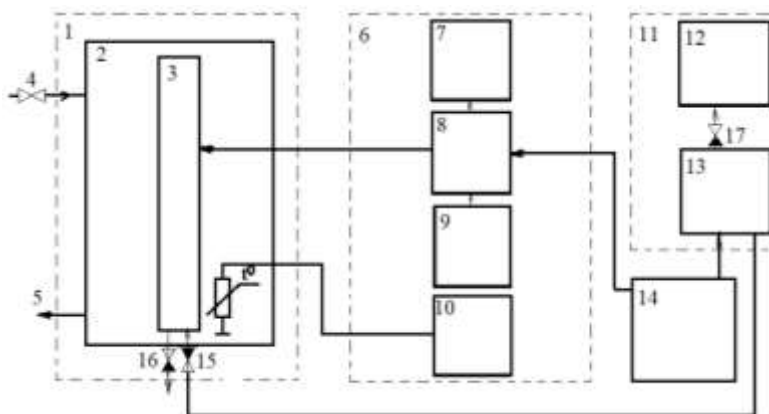


Рисунок 2 – Функциональная схема модернизированной лабораторной установки:

- 1 – блок термостата и эталонной нагрузки; 2 – цилиндрическая трубка; 3 – стеклянный цилиндр с проволокой; 4 – вентиль для подачи воды; 5 – слив воды; 6 – блок управления и измерений; 7 – вольтметр; 8 – амперметр; 9 – схема регулировки I и U ; 10 – датчик температуры; 11 – блок отрицательного давления; 12 – манометр; 13 – компрессор; 14 – блок питания; 15–17 – обратный клапан

В ходе выполнения работы разработана схема, позволяющая модернизировать лабораторную установку по измерению коэффициента теплопроводности воздуха. Модернизированная лабораторная установка позволяет проводить измерения с большей точностью, при этом учащиеся затрачивают на процесс измерения меньше времени. Так же повышается безопасность проведения опытов.

Список литературы

1. Булкин, П. С. Общий физический практикум. Молекулярная физика : учеб. пособие / П. С. Булкин, И. И. Попова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 180 с.

A scheme has been developed that allows modernizing a laboratory installation for measuring the coefficient of thermal conductivity of air. The redesigned laboratory setup allows for more precision measurements with less time for students to measure.

Мицкевич Артём Сергеевич, студент 4-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь.

Научный руководитель – *Маскевич Александр Александрович*, заведующий кафедрой общей физики физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, доктор физико-математических наук, доцент, Гродно, Беларусь.

УДК 617-7:67.02

В. С. НИСС, В. В. ГАВРИЛЕНКО

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МАТРИЧНЫХ КОРОНАРНЫХ СТЕНТОВ ИЗ КОБАЛЬТ-ХРОМОВОГО СПЛАВА

Рассмотрены особенности формирования поверхности матричных коронарных стентов из кобальт-хромового сплава, получаемых лазерной резкой фемтосекундным лазером и последующей электрохимической полировкой тонкостенных

трубчатых заготовок малого диаметра. Проанализировано состояние и шероховатость поверхности опытного образца стента, возможность применения его в качестве изделия медицинского назначения.

Сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти. Наиболее распространенная из них является ишемическая болезнь сердца (ИБС), на которую приходится 16 % от зарегистрированных смертей в мире за 2019 год [1]. ИБС представляет собой поражение миокарда из-за образования на внутренней части коронарных артерий слоя атеросклеротических бляшек, который ограничивает поток богатой кислородом крови.

Стент в исходном состоянии имеет вид сетчатого металлического цилиндра, выполненного из специального сплава, и надет в сжатом виде на баллон. Когда баллон доставлен по руслу артерии к месту расположения бляшки, он раздувается, стент раскрывается вместе с ним, после чего баллон сдувается и убирается из артерии, а стент остается в ней и благодаря своим упругим свойствам поддерживает расширенным сосуд.

Материал стента должен отвечать требованиям биосовместимости, эластичности, прочности, коррозионной стойкости и радиальной жесткости [2].

Целью проводимых исследований являлось изучение особенностей формирования поверхности опытных образцов коронарных стентов из кобальт-хромового сплава для придания качества и шероховатости, обеспечивающей высокую биосовместимость изделия. Вариант дизайна разработанных базовых элементов стента представлен на рисунке 1а (развертка) и рисунке 1б (3D-модель).

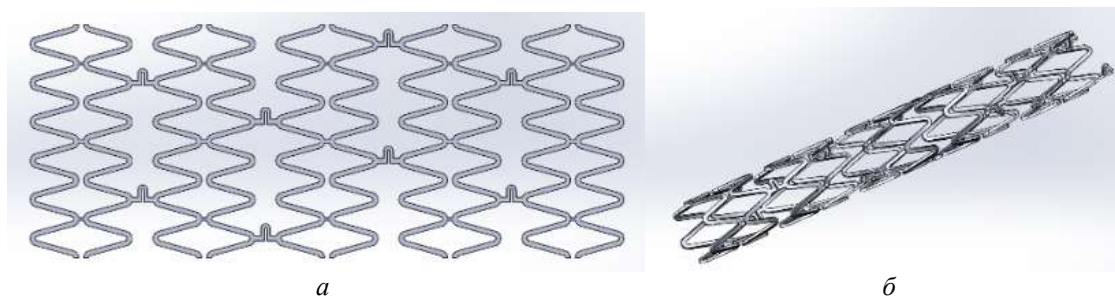


Рисунок 1 – Дизайн базовых элементов стента:
а – развертка; б – 3D-модель

В качестве исходной заготовки для получения стента применялась тонкостенная трубка из кобальт-хромового сплава с толщиной стенки порядка 0,11 мм и наружным диаметром 1,6 мм соответствующая стандартам ASTM F 90 и ISO 5832-5. Химический состав используемой заготовки представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав используемой заготовки

Химический элемент	C	Si	P	S	Mn	Ni	Cr	Fe	Co	W
Массовая доля, %	0,082	0,179	<0,005	0,00013	1,21	10,58	20,92	1,24	Баланс	14,76

Данный материал обладает высокими механическими свойствами, что позволяет при малом диаметре и толщине получить надежную конструкцию. Механические характеристики заготовки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Механические характеристики заготовки

Характеристика	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
Значение	1838	1049	13

На рисунке 2а представлен внешний вид наружной поверхности исходной трубки в состоянии поставки. На рисунке 2б представлена соответственно внутренняя поверхность.

Состояние поверхности исходной трубки характеризуется наличием технологических дефектов, характерных для холоднотянутых труб, получаемых из бесшовных заготовок. Поперечный размер зерна материала 10 мкм. Отмечается наличие карбидов преимущественно по границам зерен (рисунок 2б).

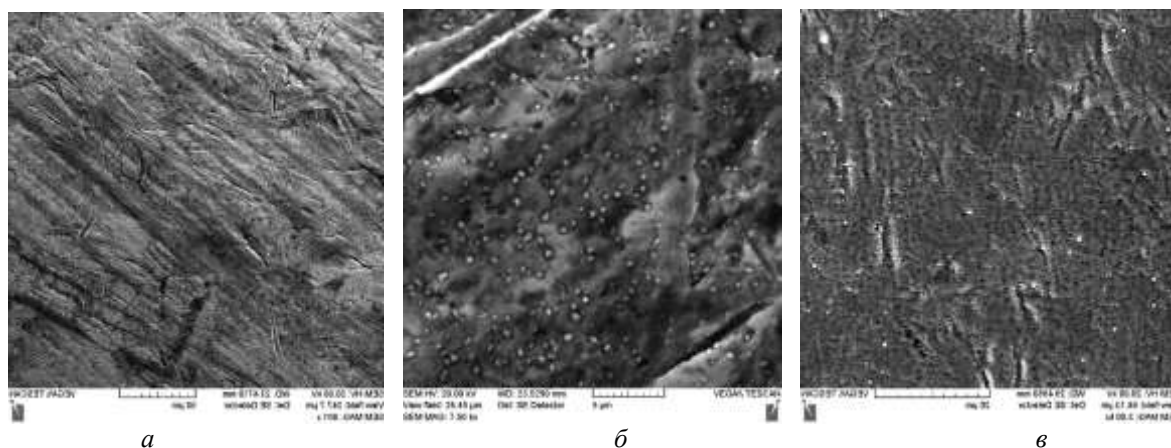


Рисунок 2 – Микроструктура наружной (а, б) и внутренней (в) поверхности трубки из кобальт-хромового сплава

Исследования шероховатости поверхности проводились с использованием сканирующего зондового микроскопа Solver PRO-M (NT-MDT, Россия) в контактном режиме на площади поверхности образца 70×70 мкм. Значение шероховатости было определено с использованием специализированного программного обеспечения Image Analysis 2, поставляемого совместно с программным обеспечением сканирующего зондового микроскопа. На рисунке 3 представлена 3D-изображение сканирования наружной поверхности трубки. Наибольшая высота профиля R_{max} составляет 4 мкм, параметр R_z 2 мкм, параметр R_a 0,6 мкм.

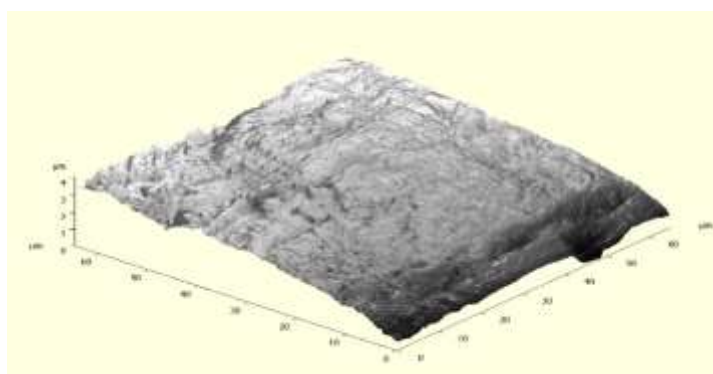


Рисунок 3 – 3D-изображение сканирования наружной поверхности исходной трубки Co-Cr

Требуемый дизайн стента получен лазерной резкой фемтосекундным лазером, обеспечивающим малые значения ширины реза и толщины поврежденного слоя материала для создания большей ширины стоек и, соответственно, радиальной жесткости конструкции и площади наружной поверхности стента (рисунок 4а). Ширина реза лазером составляет до 20 мкм (рисунок 4б). Для удаления вырезанных фрагментов применялась ультразвуковая очистка. Образец поверхности после лазерной резки и очистки представлен на рисунке 4в.

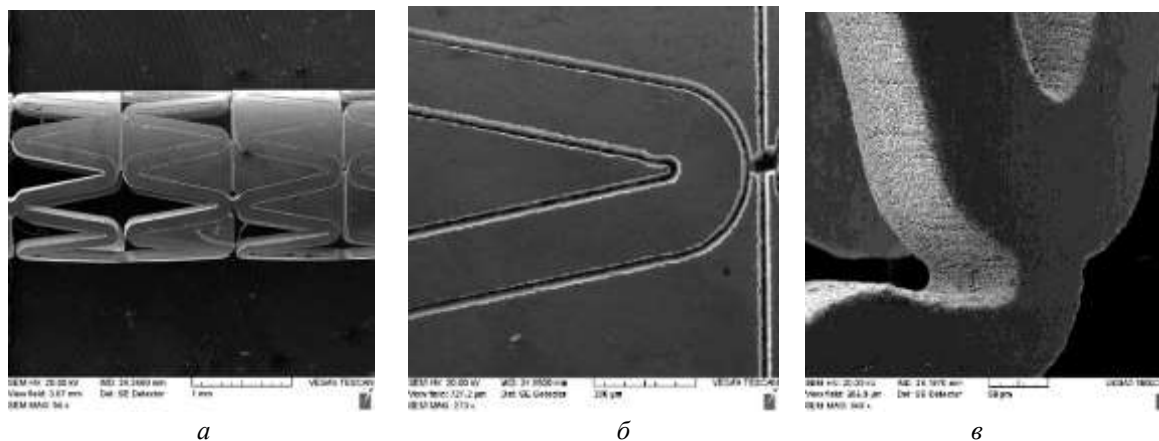


Рисунок 4 – Заготовка стента после лазерной резки до удаления фрагментов (а, б) и после (в)

Толщина дефектного слоя, образующегося при лазерной резке, составляет до 4 мкм. Для получения требуемого качества поверхности стента необходимо удалить этот дефектный слой и обеспечить значение параметра Ra менее 0,4 мкм.

Требуемый параметр шероховатости поверхности обеспечивался электрохимическим полированием в среде кислот. На рисунке 5 представлены фотографии одной секции полированного стента (а) и соединительного элемента компенсатор (б). На рисунке 5в укрупненно показана зона соединения стоек стента.

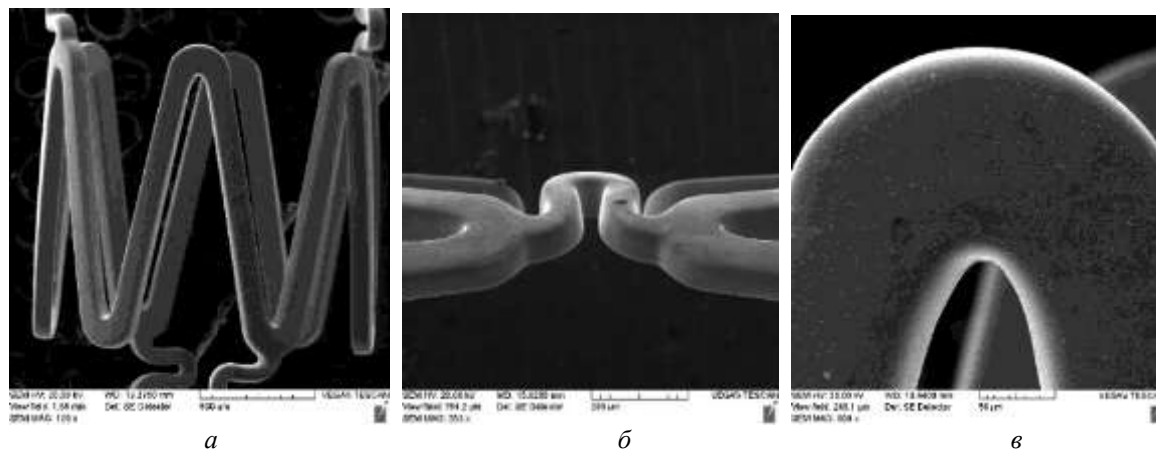


Рисунок 5 – Вид элементов стента после электрохимической полировки: кольцевая секция (а), компенсатор (б) и переход между стойками (в)

Ввиду малой ширины стойки стента исследования шероховатости поверхности полированных образцов микроскопом Solver PRO-M проводилось на площади поверхности образца 10 на 10 мкм. На рисунке 6 представлено 3D-изображение сканирования полированной поверхности стойки стента из кобальт-хромового сплава. Наибольшая высота профиля Rmax составляет 0,7 мкм, параметр Rz 0,35 мкм, параметр Ra 0,05 мкм.

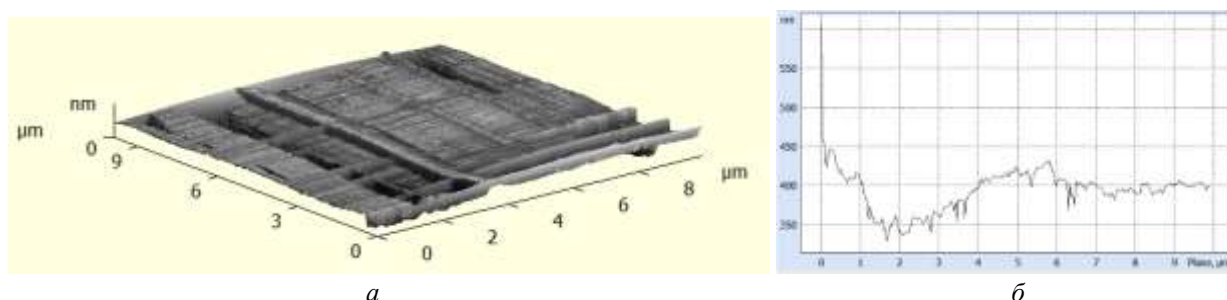


Рисунок 6 – 3D-изображение (а) и профилограмма (б) сканирования полированной поверхности стойки стента

Полученный опытный образец стента соответствует разработанному дизайну и имеет качественную полированную поверхность, которая является важным фактором, обеспечивающим биосовместимость изделия, что подтвердили успешные технические испытания на животных (бараны), проведенные путем стентирования коронарных сосудов с использованием разработанных опытных образцов стентов.

Полученные результаты исследования процесса формирования поверхности опытных образцов коронарных стентов из кобальт-хромового сплава позволяют рекомендовать разработанную технологию для получения качественных изделий медицинского назначения.

Список литературы

1. WHO Mortality Database (WHO MD) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>. – Date of access: 09.03.2021.
2. Баикин, А. С. Разработка композиционного биомедицинского материала «Наноструктурный никелид титана – биодegradуемый полимер»: дис. ... канд. техн. наук : 05.16.06 / А. С. Баикин. – М., 2019. – 140 л.

The features of the formation of the surface of matrix coronary stents made from cobalt-chromium alloy were reviewed. The stents were obtained by laser cutting with a femtosecond laser and subsequent electrochemical polishing of thin-walled tubular

workpieces of small diameter. The condition and roughness of the surface of the obtained prototype stents make it possible to use it as medical devices.

Нисс Владимир Семенович, заведующий центром ИПЦ МОиИ Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент, Минск, Беларусь, niss@park.bntu.by.

Гавриленко Владислав Владимирович, аспирант Белорусского национального технического университета, Минск, Беларусь, vga@park.bntu.by.

Научный руководитель – *Нисс Владимир Семенович*, заведующий центром ИПЦ МОиИ Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент, Минск, Беларусь, niss@park.bntu.by.

УДК 621

З. А. ОМЕЛЬЧЕНКО

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Дано определение электродвигателя. Рассмотрены история развития электродвигателей, преимущества и недостатки электродвигателей в сфере эксплуатации их в автомобилях.

Электрический двигатель, сокращенно электродвигатель – электрическая машина, с помощью которой электрическая энергия преобразуется в механическую, для приведения в движение различных механизмов. Электродвигатель является основным элементом электропривода [1].

Уже опыты М. Фарадея, проведенные им ещё в 1821 году, можно считать наглядной иллюстрацией принципиальной возможности построения электродвигателя. Исследуя взаимодействие проводников с током и магнитом, он показал, что электрический ток вызывает вращение проводника вокруг магнита или вращение магнита вокруг проводника с током.

В 1833 г. английский ученый У. Риччи создал прибор, в котором магнитное поле образовывалось постоянным неподвижным магнитом. Между его полюсами на вертикальной оси помещался электромагнит. Взаимодействие полюсов постоянного магнита и электромагнита приводило к вращению электромагнита вокруг оси. Направление тока периодически изменялось коммутатором. Вследствие своей примитивной конструкции и незначительной мощности электродвигатель Риччи не мог получить практического применения.

Первые устройства для преобразования электрической энергии в механическую применялись главным образом для получения переменного движения в так называемых электрических прерывателях. Основным элементом их является вибрирующий якорь, притягиваемый электромагнитом под действием электрического тока и возвращаемый назад за счет сжатия пружины при разрыве электрической цепи. Такие устройства получили достаточно широкое распространение в виде, например, электрических звонков.

Но значительно более интересно было преобразовать электрическую энергию во вращательную. Наиболее просто этого можно достичь, прикрепив к вибрирующему якорю шатун, действующий на кривошип вала и производящий при помощи качаний вращательное движение. Примером такой простейшей конструкции может служить электродвигатель Грюэля.

Увеличивая количество электромагнитов, можно получить значительно более плавное вращательное движение. Две системы электромагнитов первым применил русский ученый Б. С. Якоби, создавший в мае 1834 г. электрический двигатель с вращательным движением якоря, который действовал на принципе притяжения и отталкивания между электромагнитами. В качестве источника питания электромагнитов использовалась батарея гальванических элементов, а для изменения полярности подвижных электромагнитов – коммутатор.

В ноябре 1834 года Якоби представил Парижской академии наук сообщение об этом устройстве. Известие об изобретении Якоби очень быстро распространилось. Сам автор широко демонстрировал свой электродвигатель и подвергал его опробованию для приведения во вращение различных механизмов. Он исходил из законов и представлений Ампера и Фарадея, дополненных собственными исследованиями, проведенными совместно с академиком Э. Ленцем в конце 1830-х годов. В процессе совершенствования двигателя Якоби объединил несколько электродвигателей в один агрегат, расположив неподвижные и вращающиеся магниты в одной плоскости, то есть пошел по пути механического соединения определенного числа элементарных машин. При этом увеличились размеры электродвигателя в вертикальном направлении, а это было удобно для создания опытной судовой установки. В 1838 году Якоби построил первый магнитоэлектрический двигатель, приводящий в движение на реке Неве против течения лодку [2].

Это был первый в мире опыт практического применения электродвигателя для движения судна. Комиссия, учрежденная для испытания «электрического бота» Якоби, признала успех.

Публичные испытания «электрического бота» состоялись в августе 1839 г. и вызвали восторженные отклики зрителей и статьи в двух номерах петербургской газеты «Северная пчела». В статье с весьма

оптимистическим заголовком «Новые успехи на поприще электромагнетических опытов и радостные надежды в будущем» газета писала: «Человек до шестидесяти ученых, литераторов и любителей наук (в том числе несколько высших сановников) собрались на Петровском Острове, чтобы быть свидетелями новых опытов над применением электромагнетической силы к судоходству. Катер с 12 человеками, движимый электромагнетической силой (в 3/4 силы лошади), ходил несколько часов против течения при сильном противном ветре. Этот опыт в области науки то же, что открытие письмен. Нет еще эпопеи, но мысль уже выражена. Что бы ни было впоследствии, но важный шаг уже сделан, и России принадлежит слава применения теории к практике».

Испытания двигателя показали, что он превосходит все другие зарубежные двигатели. Результаты испытаний давали надежду на реальную возможность использования двигателя в судоходстве. Особые надежды возлагали представители Военно-морского ведомства, видевшие его неоспоримые преимущества перед паровым двигателем, особенно на военных кораблях – ведь достаточно было одного вражеского ядра, чтобы парализовать движение корабля. Вместо огромного груза угля и паровой установки можно было увеличить число артиллерийских орудий, а штат команды сократить [3].

Испытания электродвигателя Якоби показали возможность практического применения электродвигателей, но в то же время обнаружили, что при питании их током от гальванических батарей (на боте Якоби вначале было установлено 320 гальванических элементов) механическая энергия получается очень дорогой. Произведенные опыты и теоретическое исследование привели Б. С. Якоби к очень важному выводу: применение электродвигателей находится в прямой зависимости от удешевления электроэнергии, то есть от создания генератора, более экономичного, чем гальванические батареи.

Все электрические двигатели постоянного тока, созданные позднее, были по существу лишь усовершенствованием электродвигателя Якоби.

Но, когда речь идет об истории создания электродвигателей, необходимо отметить неоценимый вклад ученых Феррариса, Тесла, и Доливо-Добровольского.

В 1885 итальянский физик и инженер Галилео Феррарис изобрел первый двухфазный асинхронный электродвигатель. Однако Феррарис думал, что такой двигатель не сможет иметь КПД выше 50 %, поэтому он потерял интерес и не продолжал улучшать асинхронный электродвигатель. Считается, что Феррарис первым объяснил явление вращающегося магнитного поля.

А уже 1887 американец сербского происхождения, изобретатель, Никола Тесла, работая независимо от Феррариса, изобрел и запатентовал двухфазный асинхронный электродвигатель с явно выраженными полюсами статора (сосредоточенными обмотками). Тесла ошибочно считал, что двухфазная система токов оптимальна с экономической точки зрения среди всех многофазных систем.

После, в 1889–1891, русский электротехник польского происхождения, Михаил Осипович Доливо-Добровольский, прочитав доклад Феррариса о вращающемся магнитном поле, изобрел ротор в виде «беличьей клетки». Дальнейшая работа в этом направлении привела к разработке трехфазной системы переменных токов и трехфазного асинхронного электродвигателя, получившего широкое применение в промышленности и практически не изменившегося до нашего времени [4].

В итоге в конце XIX – начале XX века изобретатели во многих странах пытались совершенствовать систему получения, передачи, превращения электричества в механическую работу и приспособить его для перемещения и поднятия грузов, освещения улиц и прочее. В Европе и Америке наибольшее распространение получили электродвигатели малой и средней мощности, используемые в основном для городского электротранспорта и легкой (например, швейной и текстильной) промышленности.

В сравнении с другими типами двигателей электродвигатель обладал столь важными преимуществами, что очень быстро стал устанавливаться везде, где только была возможна доставка электрического тока. Прежде всего он отличался легкостью установки, простотой ухода и относительной компактностью в сравнении с другими типами двигателей (например газомоторами) аналогичной мощности. Электродвигатели малой и средней мощности не требовали мощных фундаментов и могли устанавливаться прямо на полу или даже на стальных кронштейнах. Кроме того, при квалифицированном обслуживании эксплуатация их была практически безопасна.

Приход XX века ознаменовался массовым использованием электропривода постоянного тока в различных отраслях промышленности.

На сегодняшний день распространение и популяризация электродвигателей растет в геометрической прогрессии. В большей мере это связано с активной деятельностью, уже известной на весь мир своими электромобилями, американской компании «Tesla», которая из года в год удивляет нас своими новшествами в области техники и дизайна.

В наиболее популярной модели электромобиля («Tesla Model X») этой компании стоит тот самый пресловутый асинхронный электродвигатель, представляющий собой трехфазный четырехполюсный мотор [5].

Проведя анализ, автором были выявлены следующие преимущества и недостатки электродвигателей в сфере эксплуатации их в автомобилях.

Преимущества:

- ТЭД(тяговый электро двигатель) имеет КПД до 90–95 % по сравнению с 22–60 % у ДВС (двигатель внутреннего сгорания).
- Нет потери на трение в трансмиссии.
- Максимальный крутящий момент ТЭД развивается с начала движения, в момент пуска, поэтому ему не нужна коробка передач. Именно поэтому у электрических машин фантастическая тяга.
- Меньшая стоимость эксплуатации и обслуживания.
- Отсутствие вредных выхлопов.
- Высокая экологичность ввиду отсутствия применения нефтяных топлив, антифризов, трансмиссионных и моторных масел.
- Низкая пожаро- и взрывоопасность при аварии.
- Простота конструкции (простота электродвигателя и трансмиссии, отсутствие необходимости в переключении передач) и управления, высокая надёжность и долговечность экипажной части (до 20–25 лет) в сравнении с обычным автомобилем.
- Меньший шум за счёт меньшего количества движимых частей и механических передач.
- Высокая плавность хода с широким интервалом изменения частоты вращения вала двигателя.
- Возможность торможения самим электродвигателем (режим электромагнитного тормоза) без использования механических тормозов – отсутствие трения и соответственно износа тормозов.

Недостатки:

- Меньший пробег на одной заправке.
- Более высокая стоимость (уменьшается с началом серийного производства).

Таким образом, хоть буквально было доказано преимущества электродвигателей, но как мы видим, в мире каждый год конструируются новые автомобили на ДВС.

В итоге автором были найдены причины такого парадокса.

Первое, электричество надо вырабатывать на электростанциях. До сих пор 82 % мирового электричества производится из нефти, газа и угля.

Второе, электричество нельзя запастись впрок на большое время. Аккумуляторы саморазряжаются (по крайней мере на сегодняшний день). Так что если война и электричество кончилось – конец. По этой причине мы не замечаем внедрение электромашин в военную отрасль.

Третье, конечно же, сложная утилизация аккумуляторов.

Все же эти минусы возможно со временем устранить, если ведущие страны мира будут заинтересованы в этом.

Список литературы

1. Правила устройства. Электродвигатели – типы, устройства, принцип работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/motor>. – Дата доступа: 02.03.2021.
2. Познание и опыт – путь к современной энергетике. Кн. 2. Разд. 9.1 : Первые электродвигатели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-2/part-3/section-9/9-1>.
3. Ян Шнейберг – История выдающихся открытий и изобретений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://profilib.org/chtenie/109582/yan-shneyberg-istoriya-vydayuschikhsya-otkrytiy-i-izobreteniy-elektrotehnika-12.php>. – Дата доступа: 02.03.2021.
4. История создания электродвигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/history>. – Дата доступа: 02.03.2021.
5. Вся правда об электродвигателе tesla и его преимущества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avtovikup.by/blog-o-vykupe-avto/642-vsya-pravda-ob-elektrodvigatele-tesla-i-ego-preimushchestvo>. – Дата доступа: 02.03.2021.

This article discusses the history of the development of electric motors. Their advantages and disadvantages in the engineering industry were identified. And the paradox of the former relevance of cars on the internal combustion engine is also revealed.

Омельченко Захар Артемович, студент 2-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, zah-bakh@mail.ru.

Научный руководитель – *Комар Владимир Николаевич*, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь.

ПРОБЛЕМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ РАБОТ

Показано, что в современном мире существует ряд проблем при совместной работе разнородных агентов, выполняющих множество параллельных задач. Решением этих проблем становится нахождение наилучшего алгоритма распределения потока задач между взаимодействующими агентами. Существуют определенные ограничения, связанные с процессом выполнения задач, которые необходимо учитывать в разработке подобного алгоритма.

В современном мире развивающихся технологий с каждым годом всё более актуальным становятся вопросы о совместной работе машин и людей, а также о совместной работе множества разнородных агентов, выполняющих множество параллельных задач, связанных с решением одного вопроса. Примерами таких задач могут служить спасение людей при чрезвычайных ситуациях, управление работой транспорта при уборке урожая (сельское хозяйство), доставка множества различных товаров большому числу получателей и т. п.

I. Основные проблемы и ограничения.

Существует длинный список характерных проблем, факторов и ограничений, которые приходится учитывать при планировании алгоритма параллельной работы множества агентов, и иногда сложно определить сходства и различия между этими проблемами для возможности их взаимного исключения.

Приведём примеры некоторых из возникающих проблем и ограничений:

- возможности каждого агента;
- временные рамки выполнения тех или иных работ агентами;
- территориальная разобщенность мест, где выполняются работы;
- доступность ресурсов для агентов, необходимых для выполнения поставленных задач в определённые промежутки времени;
- проблемы приоритетов выполнения работ для каждого агента;
- сопоставление временных ограничений по выполнению работ с графиком доступных агентов в конкретный промежуток времени;
- оптимальность доходов и затрат, связанных с выполнением задач;
- проблемы маршрутизации транспортных средств.

Главной задачей становится разработка наилучшего алгоритма распределения потока задач между взаимодействующими агентами с учётом всех ограничений.

II. Подходы к решению.

Существует несколько подходов к решению данных вопросов. Некоторые основываются на операциях поиска для вычисления ограничений оптимальных решений для ограниченного круга проблем. Также необходимо регулярно решать задачу о назначении свободным агентам возникающих задач с учетом реальных ограничений и возможной коррекции плана назначения с учетом текущего состояния. Такое изменение порядка задач есть особая операция, которая требует конечного времени, учета всех выше упомянутых ограничений и имеющая свою особую математическую модель, что неизбежно повлияет на решение всей задачи построения алгоритма параллельной работы агентов.

Традиционно задачи планирования алгоритма параллельной работы множества агентов сводятся к известным задачам дискретной оптимизации, таким как линейная задача о назначении или задача нескольких странствующих коммивояжеров. Однако необходимость учета реальных отношений между агентами и задачами приводит к экспоненциальной сложности алгоритма формирования оптимального назначения и часто делает их практически не реализуемыми. Самым популярным решением становится перекрёстный график зависимостей для группы агентов. Преимущество данного подхода в том, что он может сочетаться с другими решениями и подходами для координации активных действий команды агентов. Здесь играет важную роль планирование координации неоднородных команд. Перекрёстный график зависимостей может иметь различные приоритеты в своих расчётах, таких как приоритеты ограничений, задачи распределения, планирования и маршрутизации, одновременность выполнения, расположения и возможности доставки к месту выполнения. Несмотря на это, во всех графиках всегда должны учитываться ограничения возможностей агентов в ограниченном промежутке времени. Это является минимальным необходимым условием для расчёта перекрёстного графика зависимостей с минимальной оптимальностью.

Осложняется проблема координации агентов ещё и тем, что на вычисление наилучшего решения координации агентов с учётом всех возможностей и ограничений требуется определённое время. В зависимости от сложности алгоритма и количества переменных, участвующих в расчётах (а часто их достаточно большое количество), времени на подсчёт уходит достаточно много. Слишком долгое ожидание оптимального решения может стоить больше, чем выполнение решения с некоторыми недостатками. Особенно это важно в таких областях человеческой деятельности, как чрезвычайные ситуации, где зачастую от грамотной и быстрой работы спасателей зависят человеческие жизни. В таких случаях полезно иметь некоторые ограничения, наиболее

важные в данной ситуации, для наилучшего выполнения не самого лучшего, но быстро доступного сценария выполнения работы.

Одним из немаловажных, а иногда и основополагающим, становится вопрос экономической выгоды вычислительных алгоритмов принятия решений на практике почти в любой сфере деятельности человека. Этим занимается бизнес планирование. Здесь так же не последнюю роль играет время. Для того, чтобы организовать грамотную работу потоков работ, удовлетворяющие всем экономическим требованиям, приходится иметь дело с большим количеством временных проблем. Решение данной проблемы основывается на анализе временной информации данного процесса (т. е. на информации, полученной с выполнения данного процесса ранее). К сожалению, такая информация не всегда может быть доступна для разработчика, что тоже является проблемой. Также существуют доходы и расходы, связанные с выполнением задач. У каждой сферы выполнения задач существует своя специфика, которая может включать в себя, например, доходы, связанные со стоимостью и или важностью выполняемой задачи, или расходы, связанные с необходимым временем для выполнения задач, или расстоянием, на котором выполняются данные задачи.

Таким образом, темпы развития программных средств в современном мире привели к появлению большого количества инструментальных программных средств, применяемых на различных этапах решения задач распределения потока задач между взаимодействующими агентами. Неоспорима польза применения подобных программных средств на практике, но, к сожалению, ни одно из них не может учесть все сложности и ограничения планирования координации неоднородных команд.

Алгоритмы распределения неоднородных команд агентов (например, роботов и людей или агентов из разных сфер услуг и не только) могут быть использованы для решения более широкого круга вопросов в различных областях человеческой деятельности. Они могут использоваться для разработки алгоритмов решения различных задач и распределённых подходов в сравнительном анализе. Не менее важна необходимость решения вопросов динамизма и возможность перераспределения ресурсов и агентов в отклике на происходящее в данный момент.

Решению данных вопросов уделяется мало внимания в специализированной литературе, что предоставляет плодородную почву для дальнейших научных изысканий ведь проблемы координации неоднородных команд будут становиться всё более и более важными, так как машин и механизмов с каждым годом становится все больше и больше, а людям приходится с ними работать всё чаще в тесном контакте и в различных областях.

Список литературы

1. Ayorkor Korsah, G. Exploring Bounded Optimal Coordination for Heterogeneous Teams with Cross-Schedule Dependencies / G. Ayorkor Korsah // Pittsburgh: School of Computer Science Carnegie Mellon University. – 2011. – Vol. 173.
2. Nissim, R. Cost-Optimal Planning by Self-Interested Agents / R. Nissim, R. Brafman // Proceedings of the Distributed and Multi-Agent Planning workshop / R. Nissim, D. L. Kovacs. – 2013. – P. 1–8.
3. Talamadupula, K. A theory of intra-agent replanning / K. Talamadupula, W. Cushing, S. Kambhampati, D. Smith // Proceedings of the Distributed and Multi-Agent Planning workshop / R. Nissim, D. L. Kovacs. – 2013. – P. 45–52.

It is shown that in the modern world there are a number of problems in the joint work of heterogeneous agents performing many parallel tasks. The solution to these problems is to find the best algorithm for distributing the flow of tasks between interacting agents. There are certain limitations associated with the process of performing tasks that must be taken into account in the development of such an algorithm.

Пушкина Анастасия Константиновна, аспирант кафедры информационных технологий автоматизированных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, anastacia.pushkina@yandex.ru.

Научный руководитель – *Ревотюк Михаил Павлович*, доцент кафедры информационных технологий автоматизированных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, кандидат технических наук, Минск, Беларусь.

УДК 629.7.036.73:623.746.-519

А. О. РОМАШКЕВИЧ

ИОННЫЙ ВЕТЕР В БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

Статья посвящена беспилотным летательным аппаратам (ионопланам) с электроаэродинамической двигательной установкой, основанной на явлении ионного ветра. Рассматриваются возможности электродного крыла. Предложена авторская концепция ионоплана.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) все чаще находят применение в различных сферах деятельности. Их эксплуатация может затрудниться из-за шума и вращающихся элементов с определённым сроком службы. Поэтому альтернативной заменой движущимся деталям может стать использование бесшумного электроаэродинамического (ЭАД) двигателя в основу которой заложено явление ионного (электрического) ветра.

Горизонтально летающие аппараты (ЛА) с ЭАД двигательной установкой для простоты будем называть ионопланом. Ионоплан – это бесшумный ЛА, управление которым возможно без подвижных механизмов. Самолет будет рассматриваться как БПЛА, хотя использование ионного ветра также может быть пригодно для прочих других ЛА. Также рассмотрим концепцию электродного крыла.

Явление ионного ветра (ИВ) возникает за счет эффекта Бифельда-Брауна. Электрический ветер образуется при коронном разряде в сильно неоднородных электрических полях в системе асимметричного конденсатора. Коронирующий электрод (эмиттер) имеет малый радиус кривизны поверхности, а второй (коллектор), напротив, не имеет резких граней. Электроды устанавливаются на некотором расстоянии друг от друга, образуя межэлектродный промежуток. Коронный разряд эмитирует ионы, которые под действием кулоновских сил движутся в сторону коллектора, сталкиваются с нейтральными частицами, передавая им свой импульс. В конденсаторе создается гидродинамический поток среды и, как следствие, образуется сила тяги в сторону эмиттера [1].

Исследователи Массачусетского технологического института провели успешные летные испытания прототипа ЭАД самолета, выполненного по схеме высокоплана, тяга в аппарате осуществляется исключительно явлением ионного ветра. Под крылом установлены электроды. В фюзеляж встроены литий-ионные аккумуляторы и высоковольтный преобразователь с выходным напряжением 40 кВ [2], выводы которого подключены к электродам. При подаче высокого напряжения на электродах возникает ЭАД тяга ионного ветра.

Исследователи МТИ применили геометрическое программирование к прототипу, чтобы оптимизировать конструкцию своего самолета для минимизации массогабаритных характеристик и стоимости. В результате получился самолет с размахом крыльев 5 м, массой 2,45 кг. При тяге 3,2 Н скорость полета аппарата составила 4,8 м/с, а потребляемая мощность – 600 Вт [2].

Двигательная установка собрана из пары электродных коробок или ступеней, размещенных друг за другом. Каждая коробка включает 4 пары электродов эмиттер/коллектор, размещенных в параллельных плоскостях друг над другом. Эмиттер изготовлен из провода с очень тонким сечением, а коллектор имеет сечение профиля, передняя часть которого оклеена тонким слоем из алюминиевой фольги. Электроды имеют пролет 3 м [2].

Благодаря катапульте, ионоплан испытывался в полете по 10 раз с включенным и выключенным ЭАД двигателем. Максимальная дальность полета ограничивалась длиной помещения и составила 60 м. Устойчивый полет осуществлялся на средней высоте полета 0,47 м. В свободном полете дальность не превышала 10 м [2].

Анализ источников, посвященных разработке ионоплану от МТИ, выявил достоинства и недостатки ЭАД системы как в примере с ионопланом, так и в принципе работы этой системы.

Достоинства	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> Отсутствие шума, продуктов сгорания, подвижных деталей; механическая простота и возможность управления аппаратом без подвижных элементов (элеронов, рулей высоты и т. д.) [2]. При движении ЭАД устройства со скоростью 300 м/с, эффективность может достигать 50 % [2; 3]. ИВ может улучшить аэродинамику крыльев самолёта [3]. Возможность распределения тяги по всей поверхности ЛА [3]. Отношения тяги к мощности 6,25 Н/кВт при потребляемой мощности 500 Вт (2 Н/кВт для реактивного двигателя), в отдельных испытаниях тяги ИВ, отношение доходило до 110 Н/кВт [2, 4]. 	<ul style="list-style-type: none"> Тяга 3,2 Н при $P_{\text{потреб}} = 600 \text{ Вт}$ [2]. КПД 2,56 % при $P_{\text{потреб}} = 600 \text{ Вт}$ [2]. Электрическая опасность данного устройства, 40 кВ при 600 Вт мощности [2]. Плотность тяги 3 Н/м² (~10 Н/м² у БПЛА и ~1000 Н/м² – у авиалайнера) [2]. Батарея могла выдерживать мощность разряда 600 Вт в течение ~90 с [2].
Возможное достоинство	Возможный недостаток
<ul style="list-style-type: none"> Перспектива совмещения ЭАД установок с: <ul style="list-style-type: none"> солнечными панелями [3]; другими двигательными установками, в качестве дополнительной движущей системы [3]. 	<ul style="list-style-type: none"> Тяговооруженность прототипа ионоплана составляет 0,12 (0,205 – для стратегического бомбардировщика В-2) [5].

Электродное крыло (ЭК) представляет собой асимметричный конденсатор, где крыло оснащается электропроводящей поверхностью и играет роль коллектора, эмиттер устанавливается на определённом удалении от передней кромки, образуя межэлектродный промежуток.

С ЭК проводился ряд экспериментов в 1968-м и 1970-м годах компанией Northrop Corporation [6; 7].

В некоторых патентах предлагается использование ионного ветра в дозвуковом и сверхзвуковом потоках, например способ и устройство для уменьшения звуковых волн и аэродинамического сопротивления элементов летательного аппарата, например крыльев самолета [8].

Для дозвуковых потоков легирование области перед аэродинамическим элементом снижает плотность воздуха в пограничном слое вдоль поверхности аэродинамического элемента, уменьшая сопротивление трения на аэродинамическом элементе. Уменьшение сопротивления вызвано кулоновскими силами отталкивания между ионами в легированной области, что увеличивает эффективное давление в этой области, изменяя характеристики воздушного потока и звуковой волны (в сверхзвуковом случае). В этом патенте также говорится о явлении ионного ветра в управлении дозвуковым потоком и самолетом без движущихся поверхностей (или для улучшения характеристик движущихся поверхностей) [9].

Из приведённого выше можно сделать вывод, что ионизация воздуха напротив передней кромки крыла снижает аэродинамическое сопротивление как в сверхзвуковом, так и в дозвуковом потоках.

Имеются экспериментальные данные с электродным крылом-коллектором. Фрагмент неподвижного электродного крыла помещался во вращающуюся ёмкость с подсолнечным маслом. Крыло было покрыто алюминиевой фольгой и соединено с отрицательным полюсом высоковольтного генератора. Тонкий медный провод, расположенный на расстоянии 12 мм от передней кромки крыла, соединен с положительным полюсом ВВ-генератора. Когда поток масла установлен в непрерывное вращение (линейная скорость = 38 см/с) без применения высокого напряжения, перед передней кромкой можно легко увидеть картину ударной волны. При подаче высокого напряжения, картина ударной волны на передней кромке заметно уменьшается. Вдобавок, поток масла ускорялся вдоль поверхности крыла. Следовательно, эти серии испытаний полностью подтверждают возможность устранения ударной волны и снижения лобового сопротивления на ЭК. Также показано, что ЭАД поток способен не только снижать аэродинамическое сопротивление поверхности крыла, но создавать дополнительную тягу [10]. Эксперимент проводился с легким макетом летающего крыла, которое использовало конфигурацию ЭАД. Крыло подвешивалось на специальном оборудовании и имело возможность перемещаться по окружности. При включении ВВ-генератора постоянного тока 30 кВ крыло начинало быстро разгоняться и продолжало вращаться с большой скоростью [11].

В этой статье также предлагаются собственные наработки по созданию прототипа ионоплана (рисунок 1). Некоторые параметры ионоплана от МТИ, такие как масса, сила тяги, скорость, площадь несущей поверхности и общая длина электродов, послужили основой для проектирования более компактного ЛА.

Цель использования действующего прототипа – это исследование движущей силы ионного ветра в БПЛА, а также влияние явления на аэродинамические характеристики крыла и поведения его в полете.

Исследователи МТИ выбрали нормальную аэродинамическую схему (моноплан) и это неспроста, ведь эта схема наиболее проста и практична. В отличие от аппарата МТИ, где под крылом моноплана размещается ЭАД установка, авторская задумка в том, чтобы использовать полезную поверхность крыла в образовании ионной тяги, т. е. создать электродное крыло и включить в ЭАД систему.

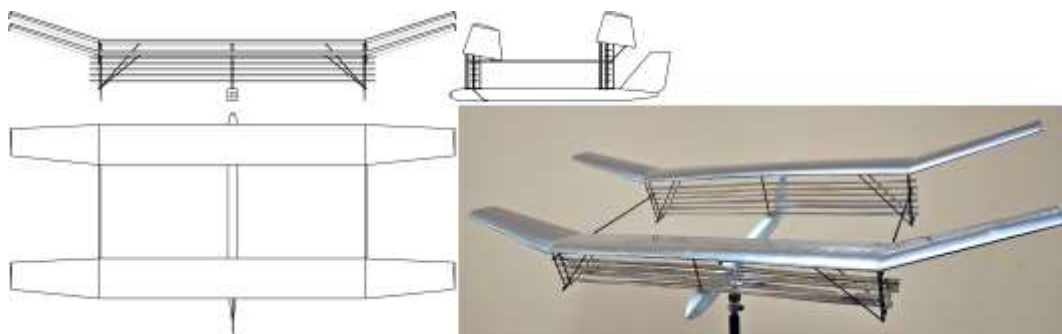


Рисунок 1 – Схематический чертёж ионоплана и фотография макета

Выбор схемы тандем оказалась перспективной при использовании электродных крыльев как дополнения к ЭАД системе из электродов под крыльями. Выбор схемы обусловлен тем, что общая длина размахов электродных крыльев составляет 6,8 м. Аналогичное по площади крыло моноплана с удлинением, равным одному крылу из схемы тандем, получилось бы размахом 5 м. Следовательно, схема тандем дает некоторый выигрыш при проектировании аппарата с ЭК. В такой схеме электроды размещаются под передним и задним крылом, разводятся с крыльями на значительное расстояние и этим паразитное влияние электродных коробок

друг на друга, т. е. образование противотока исчезает полностью, хотя, как показывают другие исследования, нормальное расстояние между ступенями равно примерно 2–3,3 межэлектродных промежутка [4]. Оборудование можно удобно расположить в фюзеляже относительно центра тяжести, который находится примерно в середине между крыльями. В целом, аппарат с размахом крыльев 3,4 м компактнее, чем ионоплан от МТИ.

Рассмотрим ЭАД установки в аппаратах от МТИ и предлагаемом ионоплане. Где есть некоторые отличия в размещении эмиттеров и коллекторов. В прототипе от МИТ пара эмиттер/коллектор расположена в одной плоскости, а в предлагаемом ионоплане электроды находятся в разных плоскостях. Такое размещение электродов связано с авторскими исследованиями положения электродов относительно друг друга. В эксперименте использовался нерегулируемый по напряжению ВВ-генератор. Сила тяги находилась в двух конфигурациях с тонкими электродами и пластинами коллектора, размещенных в параллельных плоскостях друг над другом (рисунок 2а). Измерения проводились для каждой конфигурации одинаково, где исследовалось соотношение силы тяги к межэлектродному промежутку рисунке 2б [1].

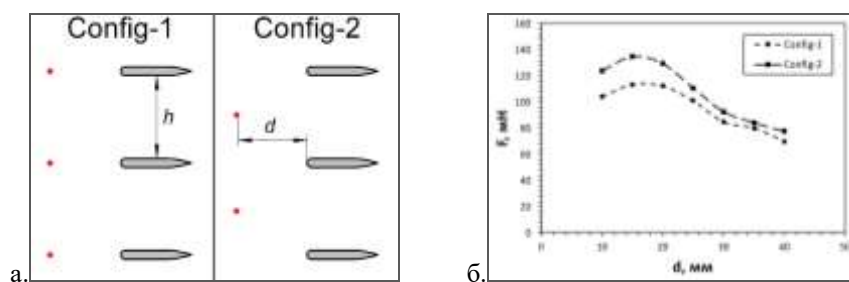


Рисунок 2 – а) схематическое изображение электродов в коробке для первой и второй конфигураций; б) графики зависимостей силы тяги F к межэлектродному промежутку d для первой и второй конфигураций [1]

Из опыта следует, что 2-я конфигурация позволила получить некоторое преимущество в образовании тяги, однако влияние такого размещения электродов на изменение отношения тяги к мощности пока не известно и будет предметом дальнейших исследований.

Также имеются теоретические доказательства того, что отношение тяги к мощности приблизительно не зависит от формы электрического поля, но тяга к мощности зависит от геометрии электрода, которая, в свою очередь, определяет форму электрического поля [4].

Предлагаемая конструкция, разработана с помощью теоретических расчётов. Не известно, какова будет работоспособность аппарата, собранного по предлагаемому чертежу, поэтому в будущем возможны некоторые изменения в конструкции.

Список литературы

1. Ромашкевич, А. О. Ионный ветер в сверхлёгких летательных аппаратах [Электронный ресурс] / А. О. Ромашкевич // Сетевое издание «Научные исследования XXI века». – 2020. – № 5 (7). – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44141362_66363656.pdf. – Дата доступа: 10.04.2021.
2. Flight of an aeroplane with solid-state propulsion [Electronic resource] / H. Xu [et al.] // Letter of Nature research journals. – 2018. – Mode of access: <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0707-9.e.pdf>. – Date of access: 10.04.2021.
3. Plouraboué, F. Flying with ionic wind [Electronic resource] / F. Plouraboué // NEWS & VIEWS of Nature research journals. – 2018. – Mode of access: <https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-018-07411-z/d41586-018-07411-z.pdf>. – Date of access: 10.04.2021.
4. Gilmore, Ch. K. Electrohydrodynamic thrust density using positive corona-induced ionic winds for in-atmosphere propulsion [Electronic resource] / Ch. K. Gilmore, S. R. H. Barrett // Research articles of the Royal Society Publishing. – 2015. – Mode of access: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rspa.2014.0912>. – Date of access: 10.04.2021.
5. Тяговооружённость [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тяговооружённость>. – Дата доступа: 10.04.2021.
6. Cahn, M. S. Electroaerodynamics in supersonic flow / M. S. Cahn, G. M. Andrew // 6th Aerospace Sciences Meeting, New York, 22–24 January 1968 / AIAA. – New York, 1968.
7. Cahn, M. S. Recent experiments in supersonic regime with electrostatic charges / M. S. Cahn, G. M. Andrew // 3rd Fluid and Plasma Dynamics conference, Los Angeles, 29 May – 1 July 1970 / AIAA. – Los Angeles, 1968.
8. Method and apparatus for reducing sonic waves and aerodynamic drag [Electronic resource] : pat. US3446464A / William A. Donald. – Publ. date 27.05.1969. – Mode of access: <https://patents.google.com/patent/US3446464A/en>. – Date of access: 10.04.2021.
9. Ion doping apparatus and method for aerodynamic flow control [Electronic resource] : pat. US6247671B1 / Richard E. Saeks [et al.]. – Publ. date 19.06.2001. – Mode of access: <https://patents.google.com/patent/US6247671B1/en>. – Date of access: 10.04.2021.

10. Naudin, J.-L. The Northrop shock wave reduction experiment «Electroaerodynamics in supersonic flow» [Electronic resource] / J.-L. Naudin // JLN Labs web site dedicated to the search of Free-Energy solutions and new generation of space-propulsion systems. – 2003. – Mode of access: <http://jnaudin.free.fr/html/ehdaero.htm>. – Date of access: 10.04.2021.

11. Naudin, J.-L. The ARDA v2.0 - Closed loop test [Electronic resource] / J.-L. Naudin // JLN Labs web site dedicated to the search of Free-Energy solutions and new generation of space-propulsion systems. – 1999. – Mode of access: <http://jnaudin.free.fr/html/ardav2cl.htm>. – Date of access: 10.04.2021.

The article is devoted to drones (ionplanes) with an electroaerodynamic propulsion system based on the ion wind phenomenon. The possibilities of the electrode wing are considered. The author's concept of the ionplane is proposed.

Ромашкевич Андрей Олегович, студент 2 курса (магистратуры) физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, newgomand@gmail.com.

Научный руководитель – **Тарковский Викентий Викентьевич**, заместитель декана физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, доцент, Гродно, Беларусь, tarkovsky@grsu.by.

УДК 629.7

А. А. РУДИК

СРАВНЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ РЕАЛЬНОЙ И ФАЛЬШИВОЙ УЛЫБОК

Рассмотрено сравнение частотных представлений реальной и фальшивой улыбок.

Улыбка является сильным оружием и характеристикой у человека. Она не только отображает хорошее настроение и расположение. Окружающие воспринимают ее как сигнал доброжелательности, выражения радости и привлечения к себе людей. Также необходимо различать реальные улыбки человека от фальшивых.

Длительное время считалось, что выражение радости состоит только из улыбки (выражаясь научным языком, напряжения большой скуловой мышцы *Musculus Zygomaticus Major*) [1].

Для определения, доволен человек или нет, лучше всего подойдет программа, считывающая выражения лица человека через видеокамеру. Для определения улыбки на лице используется построение координатных точек по фотографии или видео. По этим координатным точкам в (системе Matlab) идет считывание сигналов движения и в дальнейшем на их основе определяется, фальшивая улыбка или искренняя.

Для определения настоящей и поддельной улыбок будем использовать их временные сигналы s_1 и s_2 , а соответствующие им спектральные функции – как $S_1(j\omega)$ и $S_2(j\omega)$.

Спектральная плотность $S_1(j\omega)$ представляется в виде

$$S_1(j\omega) = \frac{a}{2\sigma^2} e^{-\omega^2 \sigma^2 / 2}. \quad (1)$$

В данном исследовании мы предполагаем, что поддельная улыбка создается с помощью постоянной скорости увеличения или уменьшения напряжения лицевых мышц, а затем удерживается с помощью растянутых губ. Это несколько упрощенная модель, но отражает процесс постановки и используется в данном исследовании. Далее, используя свойства преобразования Фурье (ФТ) и используя дифференцирование прямоугольного импульса, можно найти спектральную функцию трапецевидного сигнала в следующем виде

$$S_2(j\omega) = At_i \frac{\sin(\omega t_i / 2)}{\omega t_i / 2} \cdot \frac{\sin(\omega t_s / 2)}{\omega t_s / 2}. \quad (2)$$

Спектральная плотность $S_2(j\omega)$ сигнала $s_2(t)$ аналогична спектру прямоугольного импульса с наличием слабо подавленных боковых лепестков, которые появляются из-за нулей спектральной функции.

Учитывая различия в поведении $S_1(j\omega)$ и $S_2(j\omega)$, можно предложить алгоритм их классификации в частотной области с использованием дискретного Фурье преобразование (DFT).

Таким образом, на основе предложенных моделей сигналов, анализа их спектральных свойств с учетом использования ДПФ их дискретных копий $g_i[n]$, алгоритм их классификации может включать следующие этапы.

1. Используя формулу (1), получим дискретизированные сигналы $g_i[n]$ входной длины L_i ($i = 1, 2$), соответствующие одному из двух классифицированных типов сигналов.

2. Преобразуйте длину g [n] в N , то есть следующую степень двойки от исходной длины сигнала L_i . Выполните его ДПФ и найдите частотные компоненты $G_N[k]$ для $k = 1, N$.

3. Для каждого элемента $G_N[k]$, начиная с $k = 1$, проверьте G_N , уменьшите и найдите соотношение

$$r = \frac{G_N[k+1]}{G_N[k]} \tag{3}$$

$$\text{где } G[k] = \sum_0^{N-1} g[n] e^{-i2\pi \frac{kn}{N}} \tag{4}$$

4. Если $r < 1$, то сигнал $g[n]$ относится к классу 1. Если нет, то увеличьте k . Если $k = N - 1$, то сигнал относится к классу 2.

Применение алгоритма позволяет не только выполнить классификацию, но и измерить длительность сигнала улыбки [2].

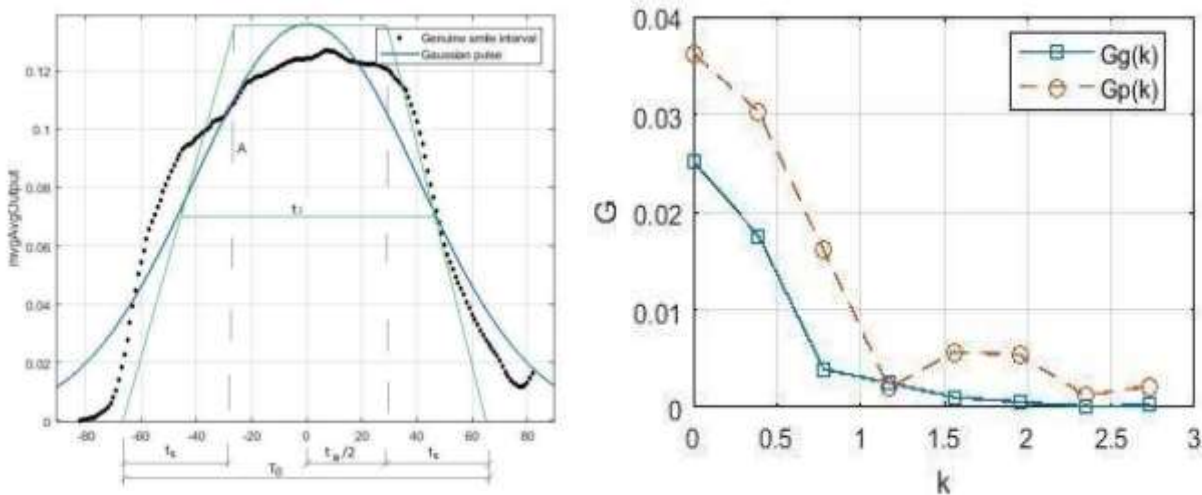


Рисунок 1 – Записанный интервал, модель искренней и поддельной улыбки

В правой части рисунка приведены дискретизированные версии $g_1[n]$ и $g_2[n]$ подлинных и поддельных улыбок исходных временных сигналов и применен предложенный алгоритм их классификации с использованием частотных составляющих $G_N [k]$. Графики первых восьми нормированных спектральных компонент, полученных для подлинного $G_g [k]$ и поддельного $G_p [k]$ с длинами $N_1 = 256$ и $N_2 = 128$ (сплошная и пунктирная линии соответственно). На этом графике видно отличие частотных представлений настоящей и поддельной улыбок [3].

Список литературы

1. Ekman, P. The Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement / P. Ekman, W. V. Friesen. – San Francisco, CA, USA : Consulting Psychol. Press Inc., 1978.
2. Yu. Shmaliy. Continuous Time Signals. Springer.
3. Recognition of the genuine smile as a factor of happiness and its application to measure the quality of retail customer services. Grodno State University named after Ya. Kupala. Grodno Ozheshko 22, Belarus. Boris Assanovich, Yuri Veretilo, Natalia Beach, Anastasia Pushkina, Valentina Khilmanovich.

Рудик Александр Александрович, студент 4-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, rudik.alexander.99@yandex.by.

Научный руководитель – **Ассанович Борис Алиевич**, доцент кафедры информационных систем и технологий Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат технических наук, Гродно, Беларусь, bas@grsu.by.

УДК 511.75

К. К. САВВА, О. А. МАЛЬЦЕВ

ГЕНЕРАТОР ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

Представлен разработанный авторами генератор псевдослучайных чисел, показана простейшая блок-схема генератора, рассмотрена возможность её модернизации.

Генератор псевдослучайных чисел (ГПСЧ) – устройство, формирующее псевдослучайный набор целых чисел.

Целью представленной работы являлась разработка схемы генератора, его сборка, написание программного обеспечения и отладка. Такое устройство может служить одним из инструментов для изучения предмета «Теория вероятностей и математическая статистика» в качестве опорного источника данных. Помимо этого, генератор псевдослучайных чисел может быть использован для принятия неявных решений, для организации розыгрышей или лотерей.

В качестве источника энтропии для генерации псевдослучайных чисел используется промежуток времени с момента запуска устройства, т. е. для получения целого числа от 0 до N достаточно вычислить остаток от деления текущего времени в миллисекундах на число N+1. Недостатком такого метода для ГПСЧ является то, что в течение одной миллисекунды итоговое число не будет изменяться. Поскольку нажать на кнопку запуска генерации случайного числа с точностью до миллисекунды для человека невозможно, мы можем считать, что генерация чисел достаточно случайна. Тем не менее такой прибор не способен генерировать полностью случайные числа, устройство может только аппроксимировать некоторые их свойства.

Интервал N, в котором мы можем получить случайное целое число, равен от 0 до 9 включительно с возможностью его настройки во время непосредственной эксплуатации путём изменения данного параметра в режиме настройки.

Блок-схема ГПСЧ представлена на рисунке 1. Генератор был спроектирован на базе микроконтроллера ATmega8 семейства AVR и семисегментного светодиодного индикатора. Данные компоненты выбраны по причине их доступности, дешевизны, а также простоты написания программного обеспечения. В качестве источника питания использован литий-ионный аккумулятор с номинальным напряжением 3,7 В. Так как микроконтроллеру для корректной работы необходимо напряжение питания $U_{п} = 5$ В, то для повышения напряжения и его стабилизации используется DC-DC преобразователь, а светодиод, включенный встречно параллельно этому преобразователю, сигнализирует о разряде аккумулятора.

Авторами был сделан упор на низкое энергопотребление в выключенном состоянии. Поэтому в схему добавлен блок управления питанием, программно отключающий основные компоненты устройства. Вывод устройства из спящего режима осуществляется кнопкой управления. Во включенном состоянии максимальное потребление ГПСЧ составляет не более 50 мА.

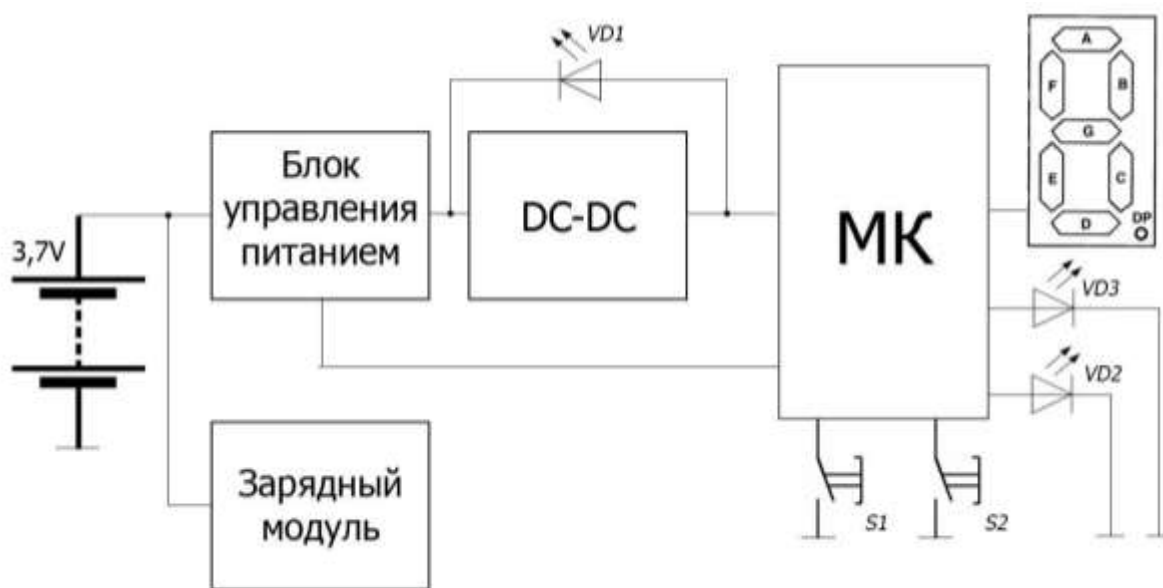


Рисунок 1 – Блок-схема переносного ГПСЧ

В приборе для управления присутствуют всего две кнопки: ON/OFF и RANDOM/OPTIONS, которые включают/выключают и запускают/настраивают генерацию соответственно. Также имеется два светодиода, индицирующих состояние устройства.

На данном этапе ГПСЧ был собран и проверен на макетной плате. В настоящее время разрабатывается печатная плата и корпус устройства. При этом планируется доработать программное обеспечение, а также реализовать функции расширенной настройки параметров генератора.

Список литературы

1. Генератор псевдослучайных чисел [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://cutt.ly/izVJb2K>. – Дата доступа: 12.03.2021.

2. Дональд Э. Кнут. Случайные числа / Дональд Э. Кнут // Искусство программирования = The Art of Computer Programming. – 3-е изд. – М. : Вильямс, 2000. – Т. 2 : Получисленные алгоритмы. – 832 с.

3. Документация на микроконтроллер ATmega8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gaw.ru/pdf/Atmel/AVR/atmega8.pdf>.

4. Семисегментный индикатор [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://cutt.ly/uzVC2Bc>. – Дата доступа: 12.03.2021.

This article presents a simple device for generating pseudo-random numbers based on the ATmega8 microcontroller. A block diagram is given and some design features of the device are, described with the possibility of their revision.

Савва Корней Константинович, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, 2518kogney@mail.ru.

Мальцев Олег Андреевич, студент 1-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, as2241466@gmail.com.

Научный руководитель – *Герман Андрей Евгеньевич*, заведующий кафедрой электротехники и электроники Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, доцент, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

УДК 620.9

М. С. САВОЩИК

ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ДЛЯ СЕТЕЙ ОСВЕЩЕНИЯ

Рассмотрены кабельные изделия, построение защиты кабельной линии от воспламенений. Дан анализ защиты токов от КЗ. Представлены времятоковая характеристика аппарата защиты, условия аппаратов защиты, автоматические выключатели, осветительные сети.

В настоящее время анализ причин пожаров показывает, что наиболее пожароопасный вид электроустановок – кабельные изделия, а наиболее распространенные причины их пожарной опасности – перегрузки и короткие замыкания. В Республике Беларусь в среднем 20 % пожаров возникает по этим причинам [1].

Одним из основных пожароопасных проявлений электрического тока является то, что при его протекании по токоведущим жилам кабельного изделия последние нагреваются. При больших кратностях аварийного тока (токах перегрузки и КЗ) происходит значительное выделение тепловой энергии. В связи с этим возможен нагрев токоведущих жил и изоляционных покровов кабельного изделия до температуры самовоспламенения изоляции.

Предотвратить воспламенение изоляции кабельных изделий можно путем выбора сечений токопроводящих жил по ПУЭ, а также быстрого отключения поврежденного участка аппаратами защиты еще на стадии проектирования электрических сетей. Принцип построения защиты заключается во взаимном расположении времятоковой характеристики (ВТХ) аппарата защиты (автоматического выключателя или предохранителя) и ВТХ кабельного изделия. ВТХ кабельного изделия должна располагаться выше ВТХ аппарата защиты.

Изложенный выше принцип построения защиты кабельной линии от воспламенения изоляции проверен экспериментальными исследованиями, проведенными ВНИИПО МЧС России. На специальном стенде моделировались различные аварийные режимы в проводах АПВ 1×2,5 мм² и АПВ 1×6 мм², защищаемых автоматическим выключателем или предохранителем. Полученные экспериментальные данные хорошо коррелируются с взаимным расположением времятоковых характеристик воспламенения изоляции кабельных изделий и времятоковых характеристик аппаратов защиты, используемых в экспериментах. Таким образом, зная времятоковую характеристику воспламенения изоляции кабельного изделия, можно выполнить защиту кабельных линий и электропроводок от воспламенения средствами аппаратов защиты, применяемых в распределительных сетях до 1 кВ – автоматическим выключателем или предохранителем.

При построении защиты кабельной линии нельзя ориентироваться на температуру воспламенения изоляции, так как после достижения данной температуры, даже если аппарат защиты через небольшой интервал времени отключит сеть и не даст развиваться пожароопасной ситуации, защищаемый проводник необходимо заменить на новый. А это ведет к дополнительным экономическим затратам.

Выбор аппаратов защиты производится с учетом следующих основных требований:

- напряжение и номинальный ток аппаратов должны соответствовать напряжению и расчетному длительному току цепи. Номинальные токи расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей нужно выбирать, по возможности, наименьшими по расчетным токам этих участков сети.

Аппараты не должны отключать установку при перегрузках, возникающих в условиях нормальной эксплуатации, например, при одновременном включении группы ламп;

- аппараты защиты должны обеспечивать надежное отключение одно- и многофазных замыканий в сетях с глухозаземленной нейтралью;

- должна быть обеспечена, по возможности, селективность действия защиты.

Для оценки существующей методики выбора аппаратов защиты с точки зрения обеспечения пожарной безопасности кабельных изделий при перегрузках выберем аппараты защиты для кабелей марок ВВГ 2×2,5; ВВГ 2×4 и ВВГ 2×6 согласно ПУЭ. Для упрощения расчетов сделаем допущение – расчетный ток в цепи равен длительно допустимому току для проводов указанных марок, сеть работает без кратковременных перегрузок, режим КЗ рассматривать не будем.

Аппараты защиты должны удовлетворять следующим условиям:

1. Номинальные токи автомата $I_{на}$ и расцепителей $I_{н.элм;н.тепл}$ должны быть больше или равны расчетному току $I_{р}$ сети: $I_{на} \geq I_{р}$; $I_{н.элм;н.тепл} \geq I_{р}$.

2. Автоматы должны отключать сеть при длительных перегрузках.

При защите сетей автоматическим выключателем, имеющим только электромагнитный расцепитель:

- для проводников с поливинилхлоридной, резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией

$$I_{ср.элм}/I_{доп} \leq 0,8; \quad (1)$$

- для проводников, прокладываемых в невзрывоопасных производственных помещениях промышленных предприятий, а также для кабелей с бумажной изоляцией

$$I_{ср.элм}/I_{доп} \leq 1. \quad (2)$$

При защите сетей автоматическим выключателем, имеющим нерегулируемую токовую характеристику теплового расцепителя для проводников всех марок:

$$I_{н.тепл}/I_{доп} \leq 1. \quad (3)$$

При защите сетей автоматическим выключателем, имеющим регулируемую токовую характеристику теплового расцепителя, для проводников с поливинилхлоридной, резиновой и аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией:

$$I_{ср.тепл}/I_{доп} \leq 1. \quad (4)$$

В соответствии с формулами (1)–(4) для кабеля марки ВВГ 2×2,5 подходят автоматические выключатели со следующими характеристиками:

1) $I_{на} \geq 30$ А; $I_{н.элм;н.тепл} \geq 30$ А;

2) $I_{ср.элм} \leq 30$ А ($0,8 \cdot 30 = 24$ А – для автоматических выключателей, имеющих только электромагнитный расцепитель); $I_{ср.тепл} \leq 30$ А.

Для кабеля марки ВВГ 2×4 подходят автоматические выключатели со следующими характеристиками:

1) $I_{на} \geq 41$ А; $I_{н.элм;н.тепл} \geq 41$ А;

2) $I_{ср.элм} \leq 41$ А ($0,8 \cdot 41 = 32,8$ А); $I_{ср.тепл} \leq 41$ А.

Для кабеля марки ВВГ 2×6 подходят автоматические выключатели со следующими характеристиками:

1) $I_{на} \geq 50$ А; $I_{н.элм;н.тепл} \geq 50$ А;

2) $I_{ср.элм} \leq 50$ А ($0,8 \cdot 50 = 40$ А); $I_{ср.тепл} \leq 50$ А [1].

Для проведения анализа надежности защиты проводов указанных марок автоматическими выключателями, выбранными в соответствии с ПУЭ, совместим ВТХ аппаратов защиты, взятые из паспортных данных, и проводов, полученных в результате экспериментальных испытаний. С помощью электронных таблиц Excel построены совмещенные графики в единой логарифмической системе координат (рис. 2, 3). На оси абсцисс отложено отношение ожидаемого тока в цепи I (тока перегрузки) к номинальному току расцепителя I_n , а на оси ординат – время полного отключения автоматического выключателя t [2].

Осветительные сети должны иметь защиту от токов короткого замыкания (КЗ), обеспечивающую по возможности наименьшее время отключения и требования селективности. Предохранители имеют ограниченное применение. Одним из преимуществ автоматов перед предохранителями является возможность использования их не только в качестве аппарата защиты, но и коммутации. Для защиты осветительных сетей следует применять автоматы с расцепителями, имеющими обратно зависимую от тока защитную характеристику. Автоматические выключатели, имеющие только электромагнитный расцепитель, для осветительных сетей применять не рекомендуется.

Считается, что надежное отключение тока КЗ обеспечивается, если отношение наименьшего расчетного тока КЗ (одно-, двух-, трехфазного) к номинальному току расцепителя автомата или плавкой вставки

предохранителя будет не менее трех в невзрывоопасных зонах. Во взрывоопасных зонах это отношение должно быть не менее четырех для предохранителей и шести – для автоматических выключателей с обратно зависимой от тока характеристикой.

Защита со стороны высшего напряжения не обязательна, если трансформаторы (не более трех) питаются от осветительных щитков самостоятельными группами [3].

Аппараты защиты осветительных сетей следует располагать по возможности группами в доступных для обслуживания местах. Распределенная установка устройств защиты допускается при питании освещения от распределительных магистралей.

Выбранные сечения проводников должны соответствовать их защитным аппаратам, что проверяется по условию

$$I_{\text{доп}} \geq I_3 \cdot K_3 / K_2$$

где K_2 – кратность длительно допустимого тока проводника по отношению к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата;

I_2 – номинальный ток или ток срабатывания защитного аппарата.

По выражению допускается применение ближайшего меньшего сечения проводника, но не меньшего, чем это требуется по условию нагрева расчетным током, если сеть не нуждается в защите от перегрузки.

В сетях, не требующих защиты от перегрузки, принимаются следующие минимальные значения коэффициента K_2 :

- 0,33 – для номинального тока плавкой вставки предохранителя;

- 0,22 – для тока уставки автоматического выключателя, имеющего только отсечку;

- 1,0 – для номинального тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависимой от тока характеристикой;

- 0,8 – для тока трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависимой от тока характеристикой [2].

Наличие аппарата защиты с завышенными значениями I_2 не является обоснованием для увеличения сечения проводников сверх принятого по расчетному току. Если условие не удовлетворяется, то в сети до 1 кВ следует рассчитать ток однофазного КЗ и определить его кратность по отношению к I_2 .

Если расчетная проверка показала, что кратности тока КЗ меньше нормируемых значений, то отключение однофазных КЗ в сети до 1кВт должно обеспечиваться специальной защитой.

Для электрических сетей, защищаемых от перегрузки, при проверке условия значения K_2 принимается по табл. 1.

Таблица 1 – Кратности допустимых токовых нагрузок на проводники по отношению к номинальным токам или токам срабатывания защиты

Проводник	Вид защитного аппарата	I_2	K_2
		Номинальный ток плавкой вставки	
Проводники с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией	Предохранитель	Номинальный ток плавкой вставки	1,25*
	Автоматический выключатель, имеющий только отсечку	Ток уставки расцепителя	1,25*
Кабели с бумажной изоляцией	Предохранитель	Номинальный ток плавкой вставки	1,0
	Автоматический выключатель, имеющий только отсечку	Ток уставки расцепителя	1,0
Проводники всех марок	Автоматический выключатель с нерегулируемой обратно зависимой от тока характеристикой	Номинальный ток расцепителя	1,0
Проводники с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией	Автоматический выключатель с регулируемой обратно зависимой от тока характеристикой	Ток трогания расцепителя	1,0
Кабели с бумажной изоляцией и с изоляцией из вулканизированного полиэтилена	Автоматический выключатель с регулируемой обратно зависимой от тока характеристикой	Ток трогания расцепителя	0,8

Для проводников, прокладываемых в невзрывоопасных производственных помещениях промышленных предприятий, допускается принимать $K_2 = 1$.

Для сетей, защищаемых от перегрузки, рекомендуется обеспечивать кратности, приведенные в таблице, не прибегая к возможности применения ближайшего меньшего сечения [2].

Список литературы

1. <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/2620/35-41.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
2. https://edu.grsu.by/pluginfile.php/1263579/mod_resource/content/1/проектирование%20систем%20освещения.pdf.
3. https://studopedia.net/6_5522_zashchita-osvetitelnoy-seti-i-vibor-apparatov-zashchiti.html.

Cable products. Building the protection of the cable line from contamination. Protection of short-circuit currents. Time-current characteristic of the protection device. Conditions of protection devices. Circuit breakers. Lighting networks.

Савошиц Мария Сергеевна, студентка 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, savoschik0108@gmail.com.

Научный руководитель – **Комар Владимир Николаевич**, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь.

УДК 620.9

В. Д. СЕМЧУК, М. А. ДУБРОВНИК, П. С. ВИШНЕВСКИЙ

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП, ИХ ОСОБЕННОСТИ И УСТРОЙСТВО

Рассмотрены устройство и принцип работы ламп, маркировка люминесцентных ламп, различия по спектру, по диаметру колбы и длине. Определено, какой может быть мощность. Даны расшифровка маркировки люминесцентных ламп, маркировка starters для люминесцентных ламп, напряжение, форма колбы лампы, температура цвета, стартерная схема включения люминесцентной лампы.

Данный вид световых приборов был впервые представлен еще в 1938 году, бросив вызов единственным монополистам того времени, лампочкам накаливания. С того времени их конструктивные особенности претерпели значительные изменения и доработки за счет чего люминесцентные лампы перешли в разряд энергосберегающих. Конструкция относящаяся к газоразрядным источникам освещения, сконструирована с использованием трубки из стекла, которая с двух сторон запаяна. Изнутри на поверхности лампы нанесен слой специального вещества (люминофора). Устройство излучает рассеивающий свет после подключения к источнику электропитания. Изнутри колбу наполняют аргоном.

Люминесцентное устройство включает: катоды, защищенные эмиттерным слоем; выводные штыри; концевую панель; трубки для отвода инертного газа; ртуть; стеклянную штампованную ножку, дополненную электропроводами и т. д.

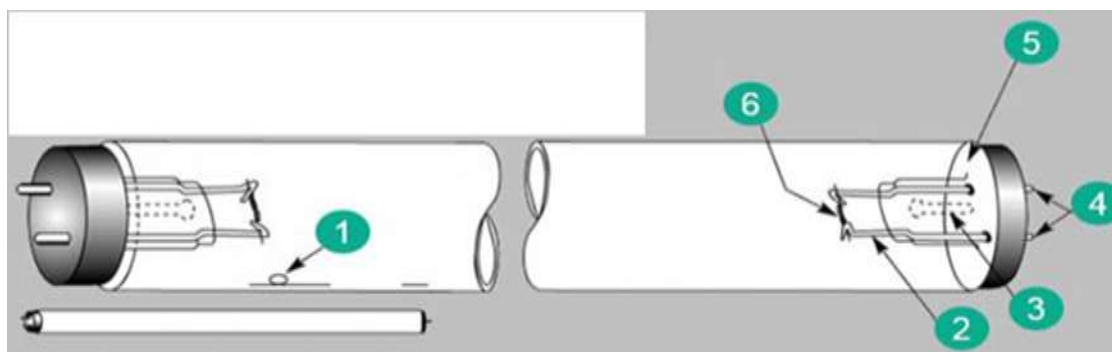


Рисунок 1 – Устройство люминесцентной лампы:

- 1 – ртуть; 2 – штампованная стеклянная ножка с электропроводами;
- 3 – трубка для откачки (при изготовлении);
- 4 – выводные штырьки; 5 – концевая панелька;
- 6 – катод с эмиттерным покрытием

Принцип функционирования основывается на возникновении электроразряда между электродами после подсоединения к электросети. После взаимодействия разряда с газами инертными и испарениями ртути возникает излучение ультрафиолета, воздействующее на люминофор, преобразующий энергию в световое излучение. Для корректировки оттенков ртутьсодержащих устройств применяются люминофоры с разными химическими компонентами. Дуговой разряд в колбе создается оксидным самокалящимся катодом, на который воздействует электричество. Для включения ламп ДРЛ, ЛД катоды разогревают посредством пропускания разряда тока. Устройства с холодным катодом запускаются ионным воздействием в тлеющем разряде высокого напряжения. Для функционирования люминесцентным приборам требуется дополнительный узел (балласт), обеспечивающий работу дросселем и стартером. Балласт регулирует силу разряда и выпускается 2 видов (электромагнитный и электронный). Электромагнитный балласт является механическим. Устройство относится к бюджетным вариантам, в работе прибор может издавать шум.

Маркировка люминесцентных ламп. Различаться все поставляемые сегодня на рынок люминесцентные лампы могут по следующим признакам: спектру света; диаметру колбы; мощности; количеству цоколей и их характеристикам; наличию или отсутствию пусковой аппаратуры; напряжению сети; форме колбы. Классифицироваться такие лампы могут также по цвету свечения и световой температуре. Отображаются технические характеристики, как и у любого другого оборудования, в данном случае в маркировке. У люминесцентных ламп она выглядит примерно следующим образом: ЛБ Т8 w8 FS G13 RS 220 В. 2U. Различия по спектру. Первой в отечественной маркировке такого осветительного оборудования всегда идет буква Л. Следом за ней обычно стоят Б, Д или У. Эти буквы обозначают спектр света, испускаемого лампой: Б – белый. Д – дневной. У – универсальная лампа. То есть в маркировке в самом начале может стоять комбинация букв ЛБ, ЛД или ЛУ.

Различия по диаметру колбы и длине. Этот параметр у люминесцентных ламп может варьироваться в довольно-таки широких пределах. От диаметра колбы такого оборудования напрямую зависят многие другие его технические характеристики: спектр; светимость; срок службы. Считается, что чем толще люминесцентная лампа, тем дольше она способна прослужить. Диаметр в маркировке такого оборудования, согласно международным стандартам, обозначается цифрами, идущими за буквой Т. Единицей его является 1/8 дюйма. К примеру, диаметр колбы с маркировкой Т8 будет равен 26 мм.

Какой может быть мощность. Этот параметр в маркировке обозначается буквой W и идущими за ней цифрами. Зная мощность люминесцентной лампы, можно определить, помещение какой площади ей можно осветить. К примеру, этот показатель может кодироваться как 11 W, 15 W, 20 W. В отношении мощности обозначения в маркировке люминесцентных ламп соответствуют определенным шифрам такого же оборудования с нитью накаливания. Указываются эти соотношения в специальных таблицах. Представленные в них данные могут значительно облегчить выбор покупателю. К примеру, обозначение 11 W будет соответствовать мощности лампы накаливания в 55 W, 15 W – 75 W, 20 W – 100 W.

Расшифровка маркировки люминесцентных ламп: таких элементов в конструкцию лампы может входить 1 или 2. В первом случае в маркировке будет присутствовать обозначение FS, во втором – FD. Иногда на люминесцентных лампах можно видеть и шифр FB. Так маркируется компактное оборудование со встроенным цоколем типа ЭПРА. Характеристики этой части конструкции люминесцентных ламп обозначаются буквой и двумя цифрами. Цоколи могут маркироваться, к примеру, как: G – штырьковый. E – резьбовой. Цифры, идущие за буквой в маркировке, обозначают наружный диаметр.

Пусковая аппаратура. Современной промышленностью сегодня выпускается две основных разновидности люминесцентных ламп: в дополнение к которым необходимо приобретать стартер; с возможностью включения в схему с балластом, без пусковой аппаратуры; универсальные. Первый тип оборудования маркируется как Phs, второй – RS, третий – US. Иногда буквы, характеризующее способ пуска лампы, в шифре могут и отсутствовать. Это обозначает то, что стартер для данного оборудования – элемент обязательный.

Маркировка стартеров для люминесцентных ламп. Такие пусковые устройства представляют собой небольшие газоразрядные лампы с тлеющим зарядом. На колбу стартеров могут наноситься следующие коды: С – стартер; цифры перед ней – мощность (60, 90, 120); цифры после нее – напряжение (220, 127). Также маркировка стартеров для люминесцентных ламп может быть западной. В этом случае на колбы оборудования: в 220 В с напряжением 4–80 Вт наносится шифр S10, FS-U или ST111; в 127 В с мощностью до 20 Вт – S2, FS-2, ST151.

Напряжение. Большинство выпускаемых современной промышленностью люминесцентных ламп рассчитано на использование в стандартной бытовой электросети. То есть чаще всего такое оборудование работает при напряжении в 220 В. Однако в продаже сегодня имеются и люминесцентные лампы на 127 и 75 В. Первый тип такого оборудования, рассчитанного на пониженное напряжение, используется в метрополитене. Лампы на 75 В устанавливаются обычно в электропоездах. В маркировке необходимое для такого оборудования напряжение обозначается напряжением. То есть именно 220 В, 127 В или 75 В.

Форма колбы лампы. Видов люминесцентного оборудования по этому параметру также существует множество. В маркировке лампы форма ее колбы может обозначаться как: U – подковообразная. 4U – четырехдуговая. S – спиралевидная. C – свечеобразная. R – рефлекторного типа. G – шарообразная. T – в виде таблетки. Линейная форма колбы в маркировке лампы не отображается никак. В некоторых случаях обычная трехзначная кодировка цветовых характеристик лампы в кодировке может заменяться на двузначную. К примеру: цифра 33 соответствует шифру 640 (60 Ra, 4000 К); 54 – 765; 29 – 530. Такую маркировку обычно можно видеть только на морально устаревших лампах старого образца.

Температура цвета. Этот показатель у люминесцентных ламп может колебаться в пределах 5000–8000 К. Чем выше параметр температуры такого оборудования, тем более холодный свет оно испускает. Считается, что лампы: с температурой 2700–3500 К дают тепло-белый цвет; 3500–4500 К – нейтральный белый; выше – холодный белый.

Стартерная схема включения люминесцентной лампы. Устройство стартера для люминесцентной лампы. Пусковое устройство – необходимый элемент схемы освещения на этом типе источника света. Это второй по важности элемент осветителя. Классический стартер – вещь чувствительная к условиям эксплуатации, это самый недолговечный компонент системы. При его выходе из строя осветительная система не может быть запущена.

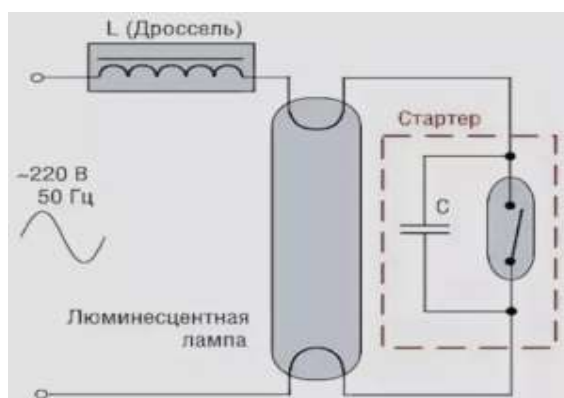


Рисунок 2 – Схема подключения стартера к лампам дневного света

При рассмотрении схемы становятся понятны функции, выполняемые стартером: включается в момент подачи напряжения питания; в момент старта прогреваются катоды, так как без их прогрева эмиссия электронов не возможна; размыкает цепь после прогрева. Схема биметаллического стартера всегда одна и та же. Существуют различные варианты исполнения. Схема подключения. Мощность источника света должна коррелировать с параметрами остальных компонентов. Если они не совпадают, то возможно, что схема вообще не запустится, либо при запуске электроды разрушатся из-за перегрева. Для подключения двух люминесцентных ламп не требуется дуближ схемы. Целесообразно сократить количество элементов. В этом случае высвобождается один из дросселей.

Преимущества люминесцентных ламп: более долговечные по сравнению с лампами накаливания (продолжительность эксплуатации в часах в 10–20 раз выше), но только при отсутствии существенных перепадов напряжения; высокая светоотдача; разнообразие цветовых решений; световой поток по спектру приближен к солнечному свету. Рассеянное свечение по всей площади колбы (в лампах накаливания излучение идет от вольфрамовой нити). Недостатки, которые обязательно нужно учитывать: более высокая стоимость; представляют собой источник угрозы, поскольку в колбе содержится ртуть – это усложняет их утилизацию, а в случае утечки вредит здоровью человека; высокая чувствительность к влажности, пониженной или повышенной температуре. Эксплуатация возможна в диапазоне температур от –20 или выше +50 °С; при включении наблюдается задержка – требуется дополнительное время для разогрева; при малейших дефектах (или в дешевых китайских изделиях) создается мерцание, вредное для глаз человека.

Рекомендации по применению. Рекомендуется линейные лампы использовать исключительно для освещения нерабочих зон жилых домов – прихожих, подсобных помещений, организации подсветки полок и пр. А для обычного общего освещения светильниками, люстрами, применять компактные лампы. Такие устройства оснащены электронными пускорегулирующими устройствами, снижающими эффект пульсаций в 10–100 раз. Люминесцентные лампы создают прекрасную освещенность в доме, таким образом, сохраняя зрение, поднимают работоспособность, повышают настроение. Помимо этого спектральный состав их свечения обеспечивает обширные возможности для изменения цвета свечения. Все это делает их исключительно полезными, привлекательными для потребителей.

Список литературы

1. <https://odinelectric.ru/osveshhenie/istochniki-sveta/chto-takoe-lyuminescentnaya-lampa#i>.

2. <https://fb.ru/article/439383/markirovka-lyuminescentnyih-lamp-oboznachenie-klassifikatsiya-i-rasshifrovka>.
3. [https://vamfaza.ru/starter/#Устройство_стартера_для_лл_\(люминесцентной_лампы\)](https://vamfaza.ru/starter/#Устройство_стартера_для_лл_(люминесцентной_лампы)).
4. <https://asutpp-ru.turbopages.org/asutpp.ru/s/lyuminescentnaya-lampa.html>.
5. <https://220.guru/osveshhenie/istochniki-sveta/lyuminescentnye-lampy.html#preimushhestva-i-nedostatki>.
6. <https://pue8.ru/nizkovoltnye-seti-0-4kv/382-primenenie-lyuminescentnye-lamp.html>.

In this article, the device and the principle of operation of lamps were considered. Marking of fluorescent lamps. Differences in the spectrum. Differences in flask diameter and length. What can be the power. The decoding of the marking of fluorescent lamps, the marking of starters for fluorescent lamps, their voltage, and the shape of the lamp bulb were also considered. The color temperature and the starter circuit for switching on the fluorescent lamp.

Семчук Вадим Дмитриевич, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, 1vadimsemchuk2001@gmail.com.

Дубровник Максим Александрович, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, dubrovnik.2001@outlook.com.

Вишневецкий Павел Сергеевич, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, vishnevskiy@gmail.com.

Научный руководитель – *Комар Владимир Николаевич*, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, Гродно, Беларусь.

УДК 620.9

А. В. СКРЕБЕЦ, Д. А. НОВИЦКИЙ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ OpenFace ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Предложен метод оценки визуализации рельефа лица по маркерам с использованием алгоритма OpenFace.

Цель оценки визуализации рельефа лица по маркерам состоит в том, чтобы определить лицевые ориентиры, оценки позы головы и т. д.

За последние несколько лет возрос интерес к автоматическому анализу и пониманию лицевого поведения. В данной работе был использован инструмент OpenFace, предназначенный для исследователей компьютерного зрения и машинного обучения, профессионального компьютерного сообщества и людей, заинтересованных в создании интерактивных приложений на основе анализа поведения лиц.

Кроме того, данный инструмент способен работать в режиме реального времени (PPV) и может работать с простой веб-камерой без специального оборудования.

Работающее приложение обнаруживает черты лица, отслеживает положение головы в пространстве, распознаёт динамические изменения на лице и отслеживает взгляд (изображение и действие).

Для более подробного анализа данного приложения придётся рассмотреть его непосредственный принцип работы.

Пошаговый принцип работы приложения:

1. При загрузке фотографии (пункт Images-Single image) начинается обработка нашего исходного, импортируемого фото. Программа считывает все координаты (каждый пиксель на фотографии) и далее начинает преобразовывать данные координаты в csv-файл, чтобы в дальнейшем, уже из csv-файла считать данные и произвести визуализацию контуров рельефа лица.

2. В самом приложении задействуются три проекта, они же обрабатывающие данные – *FaceLandmarkImg*, *FaceLandmarkVidMulti* и *FeatureExtraction.exe*.

FaceLandmarkImg – предназначен для отдельных изображений, а *FeatureExtraction* – для анализа последовательности (последовательность изображений / веб-камера / видео), которые содержат одно лицо. *FaceLandmarkVidMulti* – предназначен для последовательностей, содержащих несколько лиц. Их выходной формат такой же.

Базовый:

- **frame** – номер кадра (в случае последовательностей).
- **face_id** – идентификатор лица (в случае нескольких лиц), нет гарантии, что он будет согласован для всех кадров в случае *FaceLandmarkVidMulti*, особенно в более длинных последовательностях.
- **timestamp** – таймер обрабатываемого видео в секундах (в случае последовательностей).
- **confidence** – насколько уверен трекер в текущей оценке обнаружения ориентира.
- **success** – трек успешен (есть ли лицо в кадре или мы думаем, что отследили его хорошо).

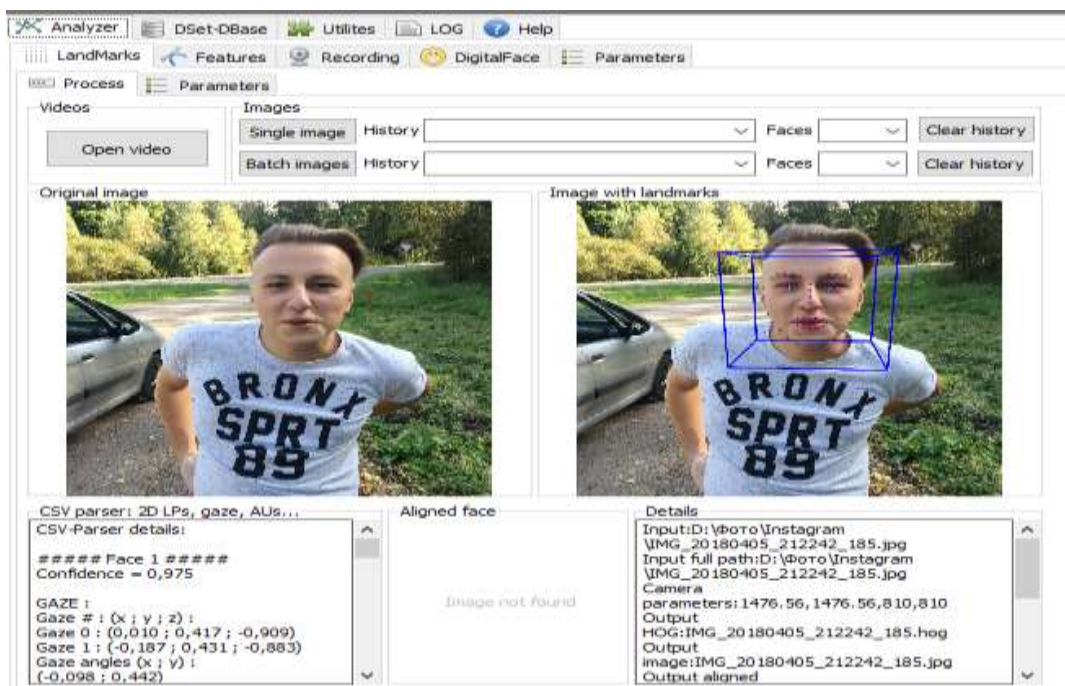


Рисунок 1 – Исходное изображение и изображение, визуализированное по рельефу лица

Расположение ориентиров в 2D.

$x_0, x_1, \dots, x_{66}, x_{67}, y_0, \dots, y_{67}$ – расположение 2D ориентиров в пикселях, индекс ориентира можно увидеть ниже.

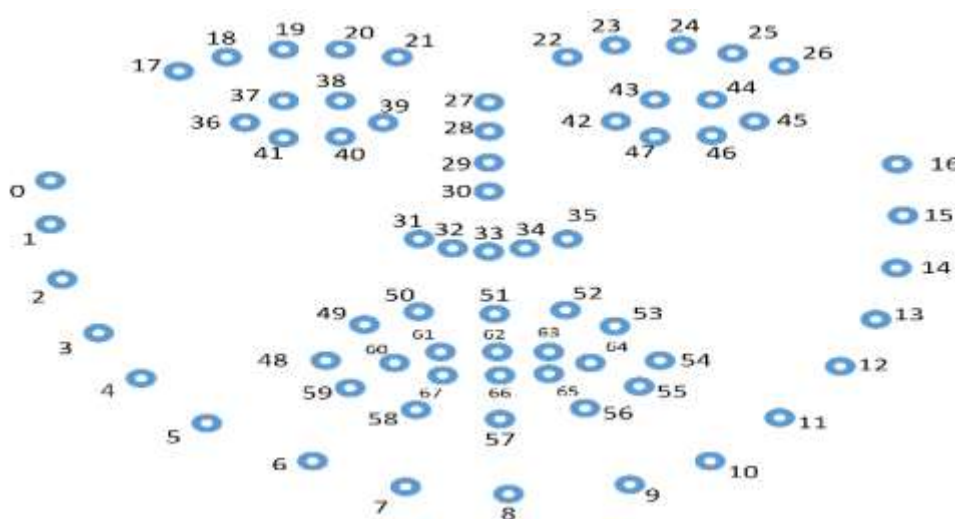


Рисунок 2 – Расположение ориентиров

Единицы действия для лица.

Единицы действия для лица (AU) – это способ описать выражение лица человека.

Обратите внимание, что единицы измерения наиболее точны на видео с одним человеком, если наблюдается ряд выражений, они не так точны с FaceLandmarkImg и FaceLandmarkVidMulti.

Система может определять интенсивность (от 0 до 5) 17 AE:

AU01_r, AU02_r, AU04_r, AU05_r, AU06_r, AU07_r, AU09_r, AU10_r, AU12_r, AU14_r, AU15_r, AU17_r, AU20_r, AU23_r, AU25_r, AU26_r, AU45_r

И наличие (0 отсутствует, 1 присутствует) 18 AU:

AU01_c, AU02_c, AU04_c, AU05_c, AU06_c, AU07_c, AU09_c, AU10_c, AU12_c, AU14_c, AU15_c, AU17_c, AU20_c, AU23_c, AU25_c, AU26_c, AU28_c, AU45_c

После подробного анализа данного приложения можно сделать следующее очевидное заключение:

OpenFace предназначен для исследователей компьютерного зрения и машинного обучения, профессионального компьютерного сообщества и людей, заинтересованных в создании интерактивных приложений на основе анализа поведения лиц. Это современный, высокотехнологичный инструмент, предназначенный для определения лицевых ориентиров, оценки позы головы и т. д.

Кроме того, данный инструмент способен работать в режиме реального времени (PPV) и может работать с простой веб-камерой без специального оборудования.

Но помимо этого, на основе OpenFace, мы имеем возможность увидеть вычисление координат, выбранных из 68-ми точек (рис. 2), а также определить непосредственные характеристики, которые учитываются при вычислении координат: параметры лица, элементы эмоций и пр.

Список литературы

1. <https://github.com/TadasBaltrusaitis/OpenFace>.

Скребец Алексей Васильевич, студент 4-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, bomboiz@mail.ru.

Новицкий Дмитрий Алексеевич, студент 4-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, novitsky02@mail.ru.

Научный руководитель – **Ассанович Борис Алиевич**, доцент кафедры информационных систем и технологий физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат технических наук, Гродно, Беларусь, Bas@grsu.by.

УДК 620.9

В. А. СТЕНЬКО

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ МНОГОКВАРТИРНЫЕ ДОМА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРОБЛЕМЫ

Политика энергосбережения в Республике Беларусь выражается в строительстве энергоэффективных многоквартирных домов. Все они разделяются на два поколения, отличающиеся различной комплектацией инженерного оборудования. В работе рассмотрены основные характеристики энергоэффективных домов и актуальные проблемы строительства типовых энергоэффективных домов.

В Республике Беларусь примерно 40 % производимой тепловой энергии расходуется на нужды отопления и горячее водоснабжение (ГВС) жилых и общественных зданий [1]. При этом каждый год строятся несколько десятков жилых домов. Для уменьшения расходов на тепловую энергию в построенных и проектируемых зданиях проводятся энергосберегающие мероприятия и внедряются новые энергоэффективные технологии. Наиболее современными зданиями являются так называемые энергоэффективные дома.

Под энергоэффективным домом подразумевают сооружение, обладающее низким энергопотреблением, которое достигается за счёт внедрения энергосберегающих технологий.

Все построенные энергоэффективные многоквартирные дома в Беларуси разделяют в зависимости от применённых энергоэффективных технологий на два поколения.

Первый энергоэффективный многоквартирный дом в СНГ был построен в 2007 году в микрорайоне Красный Бор-1, улица Притыцкого, 107, города Минска. Он относится к энергоэффективным домам первого поколения. Проект этого дома был разработан Институтом жилища – НИПТИС им. С. С. Атаева.

В энергоэффективных зданиях первого поколения стремились снизить потребление тепловой энергии на отопление. Отличительной особенностью таких домов были следующие внедрённые технологии:

- более тёплая оболочка здания с неоднородным утеплением наружных стен: сопротивление их теплопередаче спроектировано таким образом, чтобы уровень теплопотерь квартир, расположенных в различных частях здания был одинаковым;

- окна нового поколения с сопротивлением теплопередаче от 0,6 до 1,2 °С·м²/Вт;

- горизонтальная система отопления квартир с регуляторами температуры на каждом радиаторе, которая позволяет установить для каждой квартиры отдельный счётчик тепловой энергии;

- поквартирные счётчики тепловой энергии;

- программируемый блок управления системой вентиляции и отопления;

– децентрализованная система приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии вентиляционных выбросов, которая позволяет нагревать поступающий свежий воздух в помещение через теплообменник за счёт тепла уходящего воздуха [2].

Благодаря внедрённым энергоэффективным технологиям, перечисленным выше, дом по адресу ул. Притыцкого, 107 потребляет меньше на 30–40 % тепловой энергии по сравнению с обычными современными зданиями.

Энергоэффективные дома первого поколения были также построены в Витебске, Гродно, Полоцке, Новополоцке, Пинске, Гомеле и др. В общем по стране было построено больше 20 энергоэффективных домов.

По результатам проектов энергоэффективных зданий первого поколения были изменены действующие нормы к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий и впервые введена классификация зданий по показателю удельного потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

С 2015 года в Беларуси начали строить так называемые энергоэффективные дома второго поколения, целью которых было снизить потребление тепловой энергии не только на отопление, но и на ГВС. Для достижения этой цели использовались системы, обеспечивающие использование возобновляемых и вторичных источников энергии в здании.

В Беларуси на данный момент построены только три энергоэффективных дома второго поколения: в Минске, Могилёве и Гродно. Все они различаются по содержанию инженерного оборудования.

В г. Минск построен типовой крупнопанельный 19-этажный жилой дом серии МАПИД-111-90 на 140 квартир с одним подъездом. Вдобавок к стандартному набору энергосберегающего оборудования энергоэффективных домов установлена система утилизации тепловой энергии «серых» сточных вод для системы ГВС. В данной системе к «серым» сточным водам относят сточные воды из ванной комнаты, которые поступают в утилизатор (теплообменник). Для этого в здании устанавливаются две канализационные системы: одна для кухни и туалета, другая для ванной комнаты [3].

Энергоэффективный дом в г. Могилёв построен 10-этажным с 4 секциями. Из новых инженерных систем в данном доме установлены система утилизации тепловой энергии «серых» сточных вод для системы ГВС и гелиоколлектор площадью 415 м² с тепловым аккумулятором объёмом 14 м³ для системы ГВС.

Больше всех новых энергосберегающих инженерных систем было установлено в гродненском 10-этажном энергоэффективном многоквартирном доме с 3 секциями. Он имеет: систему утилизации тепловой энергии «серых» сточных вод для системы ГВС; тепловые насосы с отбором тепла у фундаментных свай и городского канализационного коллектора для системы отопления и ГВС; солнечные PV-панели общей площадью 414 м².

Проблемы энергоэффективных многоквартирных домов в Беларуси:

- высокая стоимость квадратного метра энергоэффективного здания по сравнению со стоимостью в обычном доме;
- необходимость специального рабочего персонала для обслуживания энергоэффективных инженерных систем;
- отсутствие специальных сниженных тарифов на электроэнергию для работы отопительного оборудования, обеспечивающего теплом весь многоквартирный дом;
- нежелание самих жильцов вникать в особенности эксплуатации энергосберегающего оборудования и экономить энергоресурсы.

Вышеперечисленные проблемы могут быть решены со стороны государства финансовой поддержкой, введением специальных льготных тарифов на электроэнергию. Создание специальной организации, которая будет заниматься разработкой, строительством и эксплуатацией энергоэффективных зданий в Беларуси станет стимулом для внедрения энергосберегающих технологий в строительстве [4]. Информирование и периодическое обучение правильной эксплуатации инженерного оборудования энергосберегающих зданий поможет перестройке мышления населения и будет способствовать популяризации энергосберегающих технологий в стране.

Список литературы

1. Жилищный сектор Беларуси: краткое резюме [Электронный ресурс] // Realt.by. – Режим доступа: <https://realt.by/news/article/14332/> – Дата доступа: 02.12.2020.
2. Пилипенко, В. М. Анализ опыта строительства энергоэффективных жилых многоэтажных зданий / В. М. Пилипенко. – Минск, 2014. – 32 с.
3. Данилевский, С. Л. Информационно-технический отчёт. Опыт проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий с минимизацией затрат энергии на отопление и горячее водоснабжение / С. Л. Данилевский. – Минск, 2018. – 39 с.
4. Энергоэффективное строительство: перспектива большой экономии [Электронный ресурс] / РУП «Белстройцентр». – Режим доступа: <https://bsc.by/ru/story/energoeffektivnoe-stroitelstvo-perspektiva-bolshoy-ekonomii>. – Дата доступа: 02.03.2021.

The policy of energy saving in the Republic of Belarus is expressed in the construction of energy-efficient apartment buildings. All of them are divided into two generations, differing in various types of engineering equipment. The main characteristics of energy-efficient houses and topical problems of building typical energy-efficient houses are considered in the work.

Стенько Василий Александрович, студент 5-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, diego.asd@yandex.ru.

Научный руководитель – **Герман Андрей Евгеньевич**, заведующий кафедрой электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, доцент, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

УДК 535.316

А. С. СТЕФАНОВИЧ, П. Э. ГРИНЕВИЧ, М. В. СИДОРЧУК

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ С ПОМОЩЬЮ ГОЛОСА

Рассматривается метод управления с помощью голоса. Авторами предлагается создать свою локальную систему по управлению с помощью голоса освещенностью в комнате, квартире или доме. Это осуществляется с помощью различных библиотек, которые обрабатывают голос в программный код.

Наша речь – это последовательность звуков. Звук в свою очередь – это суперпозиция (наложение) звуковых колебаний (волн) различных частот. Волна же, как нам известно из физики, характеризуется двумя атрибутами – амплитудой и частотой.

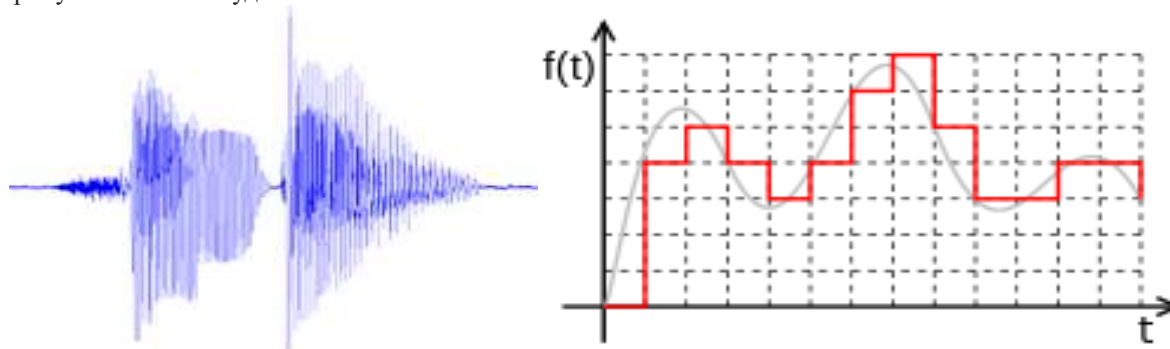


Рисунок 1 – Частотное представление звука в виде волны и деление её на промежутки

Для того, чтобы сохранить звуковой сигнал на цифровом носителе, его необходимо разбить на множество промежутков и взять некоторое «усредненное» значение на каждом из них. Таким вот образом механические колебания превращаются в набор чисел, пригодный для обработки на современных ЭВМ. Отсюда следует, что задача распознавания речи сводится к «сопоставлению» множества численных значений (цифрового сигнала) и слов из некоторого словаря (русского языка, например).

Немного о библиотеках различных компаний.

Microsoft Speech Platform (Речевая платформа Microsoft) – это набор программных модулей и средств разработки, позволяющих разработчикам создавать приложения и сервисы с поддержкой речевых технологий (распознавание речи и синтез речи по тексту), а пользователям взаимодействовать с такими приложениями. В официальных анонсах можно встретить указание на то, что Речевая платформа является, в определённой степени, развитием речевых технологий Microsoft, известных под общим названием Microsoft Speech API (MS SAPI), однако это вполне самостоятельный программный продукт, который можно установить в системе независимо от того, присутствует ли в ней MS SAPI или нет.

У «Яндекс» существует такая библиотека как SpeechKit. На сегодняшний день она является лучшей среди своих аналогов. Сервис Yandex SpeechKit позволяет разработчикам приложений использовать речевые технологии «Яндекса»: распознавание речи (Speech-to-Text) и синтез речи (Text-to-Speech). Для доступа к SpeechKit используйте HTTP API.

У библиотек google схема работы такая:

1. Распознать речь с микрофона.

Для распознавания речи мы используем библиотеку для Python SpeechRecognition.

Эта библиотека представляет собой обертку над многими популярными сервисами / библиотеками распознавания речи.

Т. к. из всех представленных в списке библиотеки сервисов первым заработал Google Speech Recognition, им мы воспользовались в дальнейшем.

2. Придумать более-менее разумный ответ.

Например, реализовать управление чем-нибудь физическим и не очень, в нашем случае – яркостью лампы.

3. Преобразовать этот самый ответ в речь и воспроизвести.

Синтезирование и воспроизведение речи.

Google Text to Speech – эта библиотека умеет преобразовывать строку в mp3 файл с речью. Т. к. за этой библиотекой стоит Google, то на выбор имеется много языков, включая русский.

Наша программа выполняет функцию голосового помощника, как например: «Алиса» или «Сири». Но выполняет она функции в более локальном масштабе, так как это не нейронная сеть, а программа, которую нужно переписывать самому для добавления каких-то команд и ответов на них. В планах, эта программа будет полноценно выполнять смену освещения в комнате или квартире и будет встроена в микроконтроллер, через который, в свою очередь, и будет осуществляться регулировка освещения с помощью голоса.

```
if '5% яркости' in zad:
    talk("Хорошо, меняю на 5 процентов, ещё что-то?")
    #тут будет код для смены света
    #sys.exit()
elif '10% яркости' in zad:
    talk("Хорошо, меняю на 10 процентов, ещё что-то?")
elif 'стоп' in zad:
    talk("Заканчиваю работу")
    sys.exit()
```

Рисунок 2 – Фрагмент кода программы

Данный фрагмент кода показывает, как именно осуществляется работа этой программы. Есть условие, в котором и пишется, что именно нужно сказать, чтобы выполнялся код, который находится в теле данного условия. Как, например, написано: «5 % яркости» программа должна будет выполнить эту команду и сменить освещение на 5 %, что в свою очередь уже будет понимать контроллер и выполнять её. Также можно вписывать в коде, что именно должна ответить программа на определенное действие со стороны пользователя. Чтобы резко закончить, нужно сказать «стоп», либо вписать в тело условия команду «sys.exit()» и тогда при выполнении определённой команды программа перестанет «слушать» пользователя и закончит свою работу. Пока что программа запускается через ПК, а также считывает информацию через микрофон, подключённый к ПК, а также работает через библиотеки «Google», откуда берётся голос программы и считывание голоса пользователя.

На данный момент программа является лишь прототипом и поэтому имеет множество недочётов. Но в будущем планируется переписать её без подключения каких-либо библиотек, сделать её обучаемой, а также «прошить» её в контроллер.

Стефанович Антон Сергеевич, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь.

Гриневиц Павел Эдвардович, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь.

Сидорчук Максим Владимирович, студент 3-го курса Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, antojklol@gmail.com.

Научный руководитель – **Ассанович Борис Алиевич**, кандидат технических наук, доцент, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, bas@grsu.by.

УДК 533.9.082.5

О. И. ТИХОН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СВЧ-МАГНЕТРОНА НА ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАЗМЫ СВЧ-РАЗРЯДА

Представлены результаты исследования сигнала оптического свечения плазмы СВЧ-разряда при различных условиях электропитания. Установлено, что площадь импульса оптического сигнала имеет пропорциональную зависимость от потребляемой из сети мощности. Показано, что дискретная регулировка за счёт изменения ёмкости в высоковольтной цепи

источника питания при использовании в конструкции СВЧ-генератора типовых элементов бытовых СВЧ-печей позволяет регулировать значения подводимой к разряду мощности в широком диапазоне значений.

Неравновесный сверхвысокочастотный (СВЧ) разряд, применяемый в технологическом процессе изготовления полупроводниковых изделий, является актуальным и перспективным способом вакуумно-плазменной обработки материалов. Данный тип разряда обладает высокими качественными характеристиками, по сравнению с традиционными ВЧ разрядами, а резонаторные системы, лежащие в основе одного из типов СВЧ-плазмотронов, способны обеспечить высокий уровень поглощаемой мощности и малый уровень потерь.

СВЧ-разряд в рабочем объёме установок плазменной обработки на базе плазмотронов резонаторного типа может быть сформирован путём применения в качестве источника энергии малогабаритных СВЧ-магнетронов непрерывного режима генерации [1]. Способ питания СВЧ-магнетрона определяет режим генерации плазмы и свойства СВЧ-разряда. При этом нестационарный характер нагрузки требует от источника питания магнетрона возможность обеспечения эффективной работы при сохранении высокой надёжности.

При проведении исследований были использованы два типа источников питания СВЧ-магнетрона.

Первый источник питания работает по схеме однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения. Конструктивно он состоит из повышающего высоковольтного трансформатора, высоковольтного выпрямляющего диода и конденсатора, собранных по схеме удвоения напряжения. Силовой трансформатор работает в режиме насыщения и обеспечивает 2 кВ на выходе вторичной обмотки, что позволяет получить после удвоения необходимое анодное напряжение. Импульсы анодного напряжения при этом имеют близкую к прямоугольной форму со скважностью около 2, пакки импульсов следуют с частотой 50 Гц.

Второй источник питания построен по упрощённой электрической схеме однополупериодного выпрямления сетевого напряжения. Ключевыми компонентами блока питания являются высоковольтный силовой трансформатор в цепи анодного питания магнетрона и высоковольтный выпрямляющий диод, отрезающий отрицательную полуволну анодного напряжения. Выбранная схема реализации источника питания позволила использовать в первичной цепи ЛАТР для регулировки величины напряжения на высоковольтном трансформаторе. Форма импульсов выходных сигналов анодного напряжения и тока данного источника питания имеет близкую к выпрямленной синусоидальной форму, пакки импульсов следуют с частотой 50 Гц.

Эксперименты проводились с использованием СВЧ вакуумно-плазменной установки резонаторного типа. Вакуумируемая разрядная камера, изготовленная из кварцевого стекла, располагалась в центре объёмного резонатора. Генерация вводимой в объём электромагнитной энергии осуществлялась СВЧ-магнетроном М-105 с рабочей частотой 2,45 ГГц. Откачка рабочего объёма выполнялась пластинчато-роторным насосом, величина давления устанавливалась вакуумным игольчатым натекалем. Плазмообразующая среда – атмосферный воздух, давление в разрядной камере – 133 Па.

Исследуемой характеристикой СВЧ-плазмы являлся уровень сигнала оптического свечения. Данный сигнал, как один из наиболее информативных параметров для оценки режима работы СВЧ плазмохимической системы, выступает в качестве индикатора величины вкладываемой в плазму энергии. Импульсы оптического интегрального свечения регистрировались с помощью ФЭУ, подключенного к АЦП ЛА-1,5 РС1.

При проведении экспериментов режим работы СВЧ-магнетрона определялся величиной мощности, потребляемой источником питания. Для первого источника питания варьирование потребляемой мощности осуществлялось путём изменения ёмкости высоковольтного конденсатора (0,5 мкФ; 0,75 мкФ; 1,0 мкФ; 1,5 мкФ), включенного в схему удвоения напряжения. При использовании второго источника питания мощность контролировалась с помощью изменения величины напряжения на первичной обмотке силового трансформатора. Переменное напряжение накала 3,15 В для обоих случаев задавалось от одного источника.

При питании магнетрона от источника, собранного по схеме однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения, изменение ёмкости конденсатора на выходе приводит к изменению формы и увеличению амплитудного значения сигнала анодного тока. Так как СВЧ-магнетрон является токовым электронным прибором, происходит закономерное увеличение генерируемой магнетроном СВЧ-энергии [2]. Изменение входных параметров для второго источника питания оказывает влияние лишь на амплитудное значение сигнала анодного тока. Существует корреляционная зависимость между формой и амплитудой импульсов оптического свечения плазмы СВЧ-разряда и вкладываемой в разряд мощностью [3], поэтому её можно оценивать по площади под огибающими этих импульсов. На рисунке 1 представлены полученные осциллограммы оптического свечения плазмы СВЧ-разряда.

Были рассчитаны средние значения площади под огибающей уровня сигнала оптического свечения СВЧ-плазмы на временном интервале 0,02 с при различных значениях мощности, потребляемой источниками питания. Полученные зависимости представлены на рисунке 2.

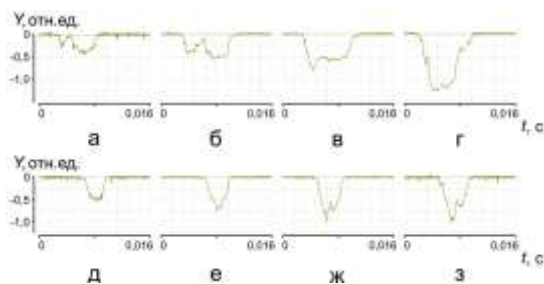


Рисунок 1 – Осциллограммы регистрируемых сигналов оптического свечения плазмы при различной потребляемой мощности источников питания СВЧ-магнетрона:

питание по схеме однополупериодного выпрямления с удвоением напряжения:

а – 710 Вт; б – 1040 Вт; в – 1340 Вт; г – 1650 Вт;

питание по упрощённой схеме однополупериодного выпрямления:

д – 720 Вт; е – 820 Вт; ж – 920 Вт; з – 1020 Вт

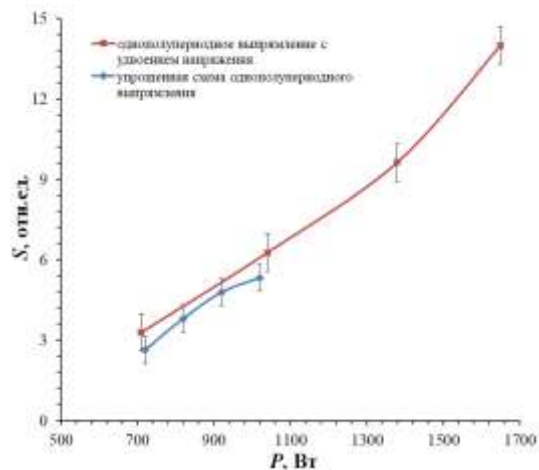


Рисунок 2 – Зависимость площади импульса сигнала оптического свечения СВЧ-плазмы от величины потребляемой мощности источников питания СВЧ-магнетрона

Увеличение мощности, потребляемой источником питания, собранным по упрощенной схеме однополупериодного выпрямления, выше 1 кВт рассматривать нецелесообразно, т. к. для обеспечения такого режима питания необходимо значительно повысить массогабаритные характеристики конструктивных элементов источника питания СВЧ-магнетрона.

Результаты экспериментов демонстрируют увеличение среднего амплитудного значения сигнала оптического свечения и площади под его огибающей с ростом потребляемой источниками питания СВЧ-магнетрона мощности. Использование схемы с удвоением напряжения с трансформатором, работающим в режиме насыщения, демонстрирует небольшую разницу в амплитудном значении импульса сигнала оптического свечения, но большую величину площади импульса и его длительности. Увеличение ёмкости в схеме удвоения напряжения даёт возможность значительно повысить рассматриваемые параметры сигнала оптического свечения, что сопровождается кардинальным увеличением подаваемой на магнетрон мощности. Подобный режим работы не является оптимальным для устройства и требует изменения штатных технических условий обеспечения температурного режима магнетрона для его эффективного функционирования.

Таким образом, представлены результаты исследования оптического свечения плазмы СВЧ-разряда при различных условиях электропитания, и изучена форма импульсов свечения. Исследование демонстрирует, что площадь импульса оптического сигнала имеет пропорциональную зависимость от потребляемой из сети мощности. Показано, что дискретная регулировка за счёт изменения ёмкости в высоковольтной цепи источника питания при использовании в конструкции СВЧ-генератора типовых элементов бытовых СВЧ-печей позволяет регулировать значения подводимой к разряду мощности в широком диапазоне значений.

Список литературы

1. Бордусов, С. В. Плазменные СВЧ-технологии в производстве изделий электронной техники / С. В. Бордусов ; под ред. А. П. Достанко. – Минск : Бестпринт, 2002. – 452 с.
2. Хлопов, Ю. Н. Магнетрон / Ю. Н. Хлопов. – М. : Знание, 1967. – 50 с.
3. Намитоков, К. К. Излучение газоразрядной плазмы / К. К. Намитоков, П. Л. Пахомов, С. Н. Харин. – Алма-Ата : Наука, 1984. – 302 с.

The results of the study of the optical luminescence signal of the microwave discharge plasma under various power supply conditions are presented. It was established that the area under the optical signal curve has a proportional dependence on value of power consumption. It is shown that discrete adjustment by changing the capacity in the high-voltage circuit of the power supply when using typical elements of household microwave ovens in the design of the microwave generator makes it possible to adjust the values of the power applied to the discharge in a wide range of values.

Тихон Олег Игоревич, аспирант Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, kritgar@bsuir.by.

Научный руководитель – **Мадвейко Сергей Игоревич**, кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь, madveyko@bsuir.by.

Д. Н. ФЕДОСЕЕВ

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНЫЙ МАНИПУЛЯТОР

Рассмотрен роботизированный учебный манипулятор на базе сервоприводов и микроконтроллера Atmega328p, предназначенный для приобретения практических навыков при работе с исполнительными устройствами. Рассмотрены принципы создания учебных манипуляторов, представлена схема подключения элементов созданного манипулятора.

В современном производстве главным направлением автоматизации является внедрение роботизированных комплексов, которые состоят из механических манипуляторов и систем их управления. Применение роботов-манипуляторов позволяет удешевить производство и увеличить его скорость, улучшить качество продукции, уменьшить площадь производственных помещений и исключить человека из травмоопасных этапов производства.

Для подготовки квалифицированных специалистов в области работы с манипуляторами необходимо сформировать не только теоретические знания, но и практические навыки использования данных устройств. Именно по этой причине было принято решение разработать свой учебный манипулятор, который поможет понять базовые принципы работы манипуляторов и методы их разработки.

Разработка роботов манипуляторов состоит из 2 основных этапов:

- разработка каркаса и подбор исполнительных механизмов;
- разработка системы управления.

Любой манипулятор должен выполнять точное перемещение объекта в пространстве по заданной траектории и с заданной ориентацией. Для выполнения данного условия механизм манипулятора должен иметь не менее шести степеней свободы. Для изготовления каркаса желательно использовать легкие металлы и сплавы, что позволит снизить нагрузку на исполнительные механизмы и увеличить максимальный вес поднимаемого груза. Для обеспечения движения модулей роботов на практике используются различные исполнительные механизмы. Для данной разработки целесообразно использовать цифровые сервоприводы. По сравнению с ближайшими аналогами – шаговыми двигателями, сервоприводы работают с большей скоростью без потери момента и потенциально обеспечивают большую точность за счет обратной связи по положению. Несмотря на то, что сервоприводы дороже шаговых двигателей, их использование существенно повышает характеристики манипулятора.

Для выполнения всех вышеперечисленных условий и удешевления разработки было принято решение взять готовый набор (<https://clck.ru/TUmbR>), в который входят: кронштейны, подшипники, механический захват и сервоприводы MG996R компании TowerPro. В ходе тестирования манипулятора было выявлено, что сервоприводы MG996R не подходят для использования на всех осях вращения манипулятора. Так как в данных сервоприводах максимальный крутящий момент 12 кг×см. Крутящий момент обычно выражается в килограммах на сантиметр и означает, какой вес способны удерживать сервоприводы в состоянии покоя на горизонтально повернутом рычаге длиной 1 сантиметр. Если крутящий момент сервопривода равен 3 кг×см, то это значит, что сервопривод удержит на весу в горизонтальном положении рычаг длиной 1 см, на конце которого подвесили 3 кг. С увеличением длины плеча данная величина будет изменяться пропорционально.

Если рассматривать самое длинное плечо на манипуляторе, то его примерная длина составит 45 сантиметров. Из чего следует, что сервопривод MG996R может удерживать $12 \text{ кг} / 45 \text{ см} = 270$ грамм веса. Также следует учесть вес самой удерживаемой конструкции, которая включает в себя помимо алюминиевых кронштейнов 5 сервоприводов, каждый из которых весит около 55 грамм. Конечно же, и сервоприводы распределены по всей длине плеча, поэтому суммировать их было бы некорректно. Из этого следует, что работать с какими-либо весами кроме тех, что весят несколько грамм такому манипулятору не под силу.

А что произойдет при превышении предельной нагрузки? Во-первых, сервопривод не сможет оперировать таким весом и его вал заблокируется. Во-вторых, сильно возрастет потребляемый ток. Настолько сильно, что провода стандартного шлейфа могут начать плавиться. При этом сервопривод также начнет нагреваться и при отсутствии теплоотвода в конце концов может выйти из строя. Наличие теплоотводов в сервоприводе являются немаловажным моментом. Пластиковые корпуса сервомоторов удерживают тепло и не пригодны для работы со значительными нагрузками. И здесь необходимо вспомнить, что у сервопривода MG996R корпуса пластиковые. Плохая теплопроводность также делает этот сервопривод малоприспособленным для использования на нагруженных осях манипулятора.

Итак, на каждую степень свободы можно рассчитать примерный необходимый нам крутящий момент сервопривода для каждой оси вращения. Хотелось бы собрать мощное устройство, способное оперировать килограммами, но чем выше крутящий момент сервопривода, тем выше его стоимость, что является нецелесообразным решением для учебного манипулятора.

У манипулятора с шестью степенями свободы на осях вращения основания 1, вращения захвата 5, а также сам захват 6, учитывая небольшую длину плеча, можно использовать относительно маломощные сервоприводы MG996R (рисунок 1).

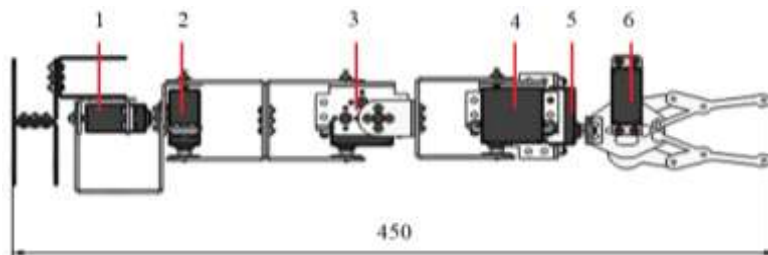


Рисунок 1 – Учебный робот-манипулятор

Для оставшихся трех осей необходимо использовать более мощные сервоприводы. К примеру, можно применить сервопривод как DS3225 компании DSSERVO. У данных сервоприводов максимальный крутящий момент 25 кг×см.

Для управления разрабатываемым манипулятором необходимо использовать вычислительное устройство. Таким устройством может служить микроконтроллер. Этот микроконтроллер должен отвечать определенным критериям: как минимум 6 каналов, генерирующих ШИМ сигнал с шириной импульсов от 500 до 2500 мкс или более; аналоговые и цифровые входные каналы для датчиков и дополнительных устройств; последовательный интерфейс UART/TTL (5В); отдельное управление скоростью для каждого канала; принимать сигналы обратной связи по току и скорости двигателей; производить вычисления регуляторов сервоприводов; управлять сервоприводом, выдавая управляющие сигналы.

Этим требованиям удовлетворяют микроконтроллеры ATmega168/328P архитектуры AVR. Поэтому в качестве платформы было принято решение взять ArduinoNano, построенную на микроконтроллере Atmega328P. Контроллер обладает следующими характеристиками: ядро – 8-битный AVR; тактовая частота – 16 МГц; flash-память – 32 КБ (2 КБ занимает загрузчик); SRAM-память – 2 КБ; EEPROM-памяти – 1 КБ; портов ввода-вывода всего – 20; портов с АЦП – 8; разрядность АЦП – 10 бит; портов с ШИМ – 6; разрядность ШИМ – 8 бит; номинальное рабочее напряжение – 5 В; допустимое входное напряжение от внешнего источника – 7–12 В [2].

Программное обеспечение для микроконтроллера было написано в среде разработки Arduino IDE. Она позволяет просто и быстро программировать микроконтроллеры на языке высокого уровня (C++).

Для установки требуемого угла вала сервопривода использовался потенциометр S16KN-B10K. При кручении вала потенциометра изменяется значение сопротивления, после чего оно считывается при помощи пина Arduino. При помощи аналого-цифрового преобразователя Arduino можно считывать показания потенциометра в диапазоне от 0 до 1023 и преобразовывать их в угол поворота сервопривода.

Также в проекте использовались ИК-пульт ir remote control arduino с ИК-датчиком TSOP312 для быстрого переключения между сервоприводами. Работа пульта осуществляется следующим образом. При нажатии кнопки пульта происходит кодирование номера нажатой кнопки в последовательность модулированных посылок в инфракрасном свете. Приемник на основе фотодиода принимает световые импульсы, демодулирует их, и передает принятые данные в микроконтроллер.

Схема подключения элементов учебного манипулятора представлена на рисунке 2. Схема может быть легко доработана путем добавления потенциометров для индивидуального управления всеми сервоприводами, а также интерфейса связи с управляющей ЭВМ.

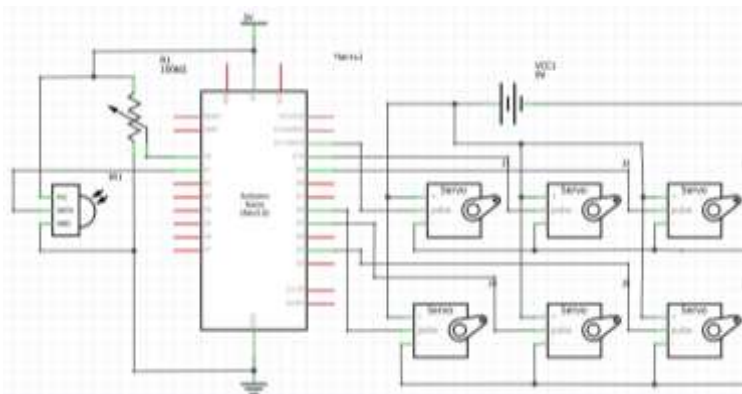


Рисунок 2 – Схема подключения элементов учебного манипулятора

Список литературы

1. Соммер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino / Freeduino / У. Соммер. – Изд. 2-е. – СПб. : БХВ-Петербург, 2017. – 256 с.
2. Datasheet Atmega328 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.alldatasheet.com/html-pdf/pdf/392243/ATMEL/ATMEGA>.
3. Datasheet MG996R [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1131873/ETC2/MG996R.html>
4. Datasheet DS3225 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.rcmoment.com/ru/p-rm10768.html>.

Федосеев Дмитрий Николаевич, студент 4-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, dima.fedosev@gmail.com.

Научный руководитель – **Герман Андрей Евгеньевич**, заведующий кафедрой электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Беларусь, кандидат физико-математических наук, доцент, Гродно, Беларусь, german@grsu.by.

УДК 621

Н. В. ШАМАЛУК

ПРИМЕНЕНИЕ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Синхронный электродвигатель – это устройство, преобразующее электрическую энергию в механическую. Чаще всего он применяется в компрессорах, прокатных станках, поршневых насосах и другом подобном оборудовании.

Двигатели с синхронным типом действия способны развивать мощность до 20 тысяч кВт, что очень важно для приведения в действие исполнительных механизмов мощных обрабатывающих станков в машиностроении и других отраслях производства. Например, в высокопроизводительных гильотинных ножницах, где имеются большие ударные нагрузки на ротор электродвигателя.

Синхронные электрические двигатели с успехом используются в качестве источников реактивной мощности в узлах нагрузки для поддержания стабильного уровня напряжения. Довольно часто двигатели с синхронным принципом действия используются в качестве силовых машин в компрессорных установках большой производительности.

Важной характеристикой синхронных электрических машин является сохранение постоянной скорости вращения, что важно для вращения приводов в виде насосов, компрессоров, вентиляторов, и различных генераторов переменного тока. Ценным также является возможность регулирования реактивного тока за счет вариаций тока возбуждения обмоток якоря. Благодаря этому увеличивается показатель косинуса φ при всех диапазонах работы, что увеличивает КПД двигателей и снижает потери в электрических сетях.

Сами двигатели с синхронным принципом действия устойчивы к колебаниям напряжения в сети, и обеспечивают постоянство скорости вращения при их возникновении. Синхронные электродвигатели при понижении питающего напряжения сохраняют большую перегрузочную способность, по сравнению с асинхронными. Способность к форсированию тока возбуждения при понижении напряжения повышает надежность их работы при аварийных снижениях питающего напряжения в электрической сети.

Синхронные электрические машины рентабельны при мощностях свыше 100 кВт и основное применение находят для вращения мощных вентиляторов, компрессоров и других силовых установок. В качестве недостатков синхронных машин можно отметить их конструктивную сложность, наличие внешнего возбуждения обмоток ротора, сложность запуска и довольно высокие стоимостные характеристики.

По сравнению с асинхронными электродвигателями синхронные имеют ряд существенных преимуществ, особенно при незначительных частотах вращения и больших мощностях машин.

Синхронные электродвигатели могут быть трех- и однофазными. Наиболее распространены трехфазные синхронные двигатели, работа которых основана на взаимодействии поля постоянных электромагнитов ротора с вращающимся магнитным полем, создаваемым обмоткой якоря (статора).

В большинстве практических случаев роторы синхронных электродвигателей выполняют явнополюсными (они относятся к категории тихоходных).

Вращающий момент синхронного двигателя создается в результате взаимодействия магнитного поля статора с магнитным полем полюсов ротора. При нормальной работе синхронного двигателя его ротор вращается с частотой вращающегося магнитного поля статора. При этом равноименные полюса полей статора и ротора, притягиваясь друг к другу, оказываются как бы сцепленными между собой через воздушный зазор машины. Магнитное поле статора при вращении увлекает за собой полюса ротора и заставляет их вращаться с той же частотой вращения, что и вращающееся магнитное поле.

В момент пуска при включении обмотки статора синхронного электродвигателя в трехфазную сеть возникает вращающееся магнитное поле, но при подаче постоянного напряжения в обмотку ротора он останется неподвижным, поскольку синхронный двигатель имеет пусковой момент, равный нулю. Поэтому пуск синхронного двигателя осуществляется с применением пусковых устройств.

Устройство синхронного двигателя.

Синхронный двигатель состоит из основных частей – якоря и индуктора. Обычно, его исполнение сделано таким образом, что якорь расположен на статоре, а индуктор – на роторе, отделенном воздушной прослойкой. Данные агрегаты обладают высоким коэффициентом мощности. Существенным плюсом является возможность их использования в сетях с любым напряжением. В состав якоря входят одна или несколько обмоток переменного тока. При работе двигателя токи, поступающие в якорь, приводят к вращению магнитного поля, пересекающегося с полем индуктора и преобразующего энергию. В состав индуктора входят электромагниты постоянного тока, называемые полюсами. Во всех синхронных электродвигателях индукторы бывают двух конструкций – явнополюсная и неявнополюсная, отличающиеся расположением полюсов. Конструкция статора включает в себя корпус и сердечник, в состав которого входят двух- и трехфазные обмотки. Сами обмотки могут быть распределенными и сосредоточенными. Чтобы уменьшить магнитное сопротивление и улучшить прохождение магнитного потока, используются ферромагнитные сердечники, расположенные в роторе и статоре. Каждый синхронный электродвигатель обладает важным параметром – электромагнитным моментом. Он возникает в том случае, когда магнитный поток ротора начинает взаимодействовать с вращающимся магнитным полем. Данное поле образуется под влиянием трехфазного тока, протекающего по обмотке якоря.

В режиме холостого хода происходит совпадение осей магнитных полей ротора и статора. Поэтому электромагнитные силы, возникающие между их полюсами, принимают радиальное направление, и значение электромагнитного момента агрегата становится равным нулю. При переходе устройства в двигательный режим, на ротор начинает воздействовать внешний нагрузочный момент, приложенный к валу. В результате происходит смещение ротора на величину определенного угла против направления вращения.

Подобное электромагнитное взаимодействие между ротором и статором приводит к созданию электромагнитных сил, направленных в сторону вращения. Таким образом, действие вращающегося электромагнитного момента стремится к преодолению действия внешнего момента. Максимальное значение электромагнитного момента образует угол 90 градусов, при расположении полюсов ротора между осями полюсов статора. Если значение нагрузочного момента, приложенного к валу двигателя, превысит максимальный электромагнитный момент, в этом случае двигатель остановится под влиянием внешнего момента. Из-за этого в неподвижном двигателе по обмотке якоря будет проходить очень высокий ток. Данный режим является аварийным, он представляет собой выпадение из синхронизма и на практике не должен допускаться.

Принцип действия синхронного двигателя основывается на взаимном влиянии магнитных полей якоря и полюсов индуктора. При обращенной конструкции агрегата расположение якоря и индуктора выполнено наоборот, то есть первый расположен на роторе, а другой – на статоре. Такой вариант используют криогенные синхронные машины, у которых в состав обмоток возбуждения входят материалы со свойствами сверхпроводимости. При запуске двигателя его разгоняют до частоты близкой к той, с которой в зазоре вращается магнитное поле. Только после этого он переходит в синхронный режим. В данной ситуации происходит пересечение магнитных полей якоря и индуктора. Этот момент получил название входа в синхронизацию. При разгоне используется состояние асинхронного режима, когда происходит замыкание обмоток индуктора с помощью реостата или короткозамкнутым путем, подобно асинхронным машинам. Для того, чтобы осуществлять запуск в таком режиме, ротор оснащается короткозамкнутой обмоткой, которая одновременно является успокоительной обмоткой, способной устранить раскачивание ротора во время синхронизации. После того, как скорость становится близкой к номинальной, в индуктор подается постоянный ток.

Таким образом, синхронный двигатель это не только двигатель, но и своеобразный генератор, поскольку у них одинаковое конструктивное исполнение. Схема работы двигателя будет следующей. Обмотка якоря подключается к трехфазному переменному току, а к обмотке возбуждения от постороннего источника подается постоянный ток. Вращающееся магнитное поле, созданное трехфазной обмоткой и поле, созданное обмоткой возбуждения, взаимодействуют между собой. Это вызывает появление электромагнитного момента, приводящего ротор во вращающееся состояние. Для двигателей, где установлены постоянные магниты, применяются специальные внешние разгонные двигатели. В отличие от асинхронных устройств, разгон ротора в синхронном двигателе должен достигнуть частоты вращения магнитного поля. Это связано с подачей в обмотку ротора тока из постороннего источника, а не индуцируется в нем под действием магнитного поля статора, следовательно, на него не влияет частота вращения вала. В результате, синхронный двигатель переменного тока приобретает постоянную частоту вращения ротора вне зависимости от нагрузки. Специфический принцип работы этих устройств оказал влияние на их пуск и регулировку частоты вращения.

В практике наиболее широко распространены следующие способы пуска:

- а) пуск синхронного двигателя с помощью вспомогательного двигателя;
- б) асинхронный пуск синхронного электродвигателя.

При пуске по первому способу ротор синхронного двигателя с возбужденными полюсами с помощью другого вспомогательного электродвигателя доводится до частоты вращения ротора, равной или близкой к синхронной частоте вращения. При этом разноименные полюса ротора и поля статора, неподвижные относительно друг друга в пространстве, притягиваются через воздушный зазор машины. Ротор входит в синхронизм и далее вращается самостоятельно с частотой вращающегося магнитного поля. Вспомогательный двигатель оказывается при этом ненужным и его можно отключить от сети. В качестве вспомогательного двигателя обычно используется электродвигатель постоянного тока или асинхронный двигатель с соответствующим числом пар полюсов.

Недостатком рассмотренного способа является относительная сложность процесса пуска и необходимость применения вспомогательного двигателя, который после окончания пуска оказывает тормозное воздействие на синхронный двигатель и снижает КПД установки. Учитывая это, в ряде случаев; после окончания пуска вспомогательный двигатель с помощью специального устройства отключается от вала синхронного электродвигателя.

Чаще применяется асинхронный пуск синхронного электродвигателя, лишенный указанных недостатков. Сущность способа заключается в том, что в полюсных наконечниках ротора синхронного двигателя укладывается дополнительная короткозамкнутая обмотка ротора, выполняющая ту же роль, что и обмотка ротора асинхронного двигателя.

При включении обмотки статора синхронного двигателя в трехфазную сеть в магнитопроводе и воздушном зазоре машины создается вращающееся магнитное поле. Это поле наводит в короткозамкнутой обмотке неподвижного ротора переменный ток, который, взаимодействуя с вращающимся магнитным полем, создает вращающий момент, приводящий ротор во вращение в направлении вращающегося магнитного поля.

Происходит нарастание частоты вращения ротора синхронного двигателя, которое после окончания разгона достигает значения, близкого к синхронной частоте вращения, т. к. процесс пуска синхронного двигателя происходит в режиме холостого хода, без нагрузки. Затем включается питание обмотки ротора синхронного двигателя. Полюса ротора возбуждаются, и в результате взаимодействия магнитных полей статора и ротора синхронный электродвигатель входит в синхронизм. После окончания пуска относительная скорость перемещения проводников короткозамкнутой обмотки ротора в магнитном поле оказывается равной нулю. Ток в этой обмотке уменьшается до нуля и при дальнейшей работе синхронного двигателя с синхронной частотой вращения короткозамкнутая обмотка ротора не оказывает воздействия на работу синхронного двигателя, так как момент вращения, создаваемый с ее помощью, также равен нулю.

При появлении толчков, возможных при сбросе и нарастании нагрузки на валу синхронного двигателя, когда происходит кратковременное скачкообразное изменение частоты вращения ротора в результате изменения угла нагрузки θ , в короткозамкнутой обмотке ротора возникает ток, который, взаимодействуя с полем статора, будет создавать момент, препятствующий изменению частоты вращения. В этом случае вспомогательная короткозамкнутая обмотка ротора играет роль своеобразного демпфера, сглаживающего толчки нагрузки.

Преимуществом данного способа пуска является простота, поскольку пуск производится простым включением в питающую сеть синхронного двигателя. Недостаток способа заключается в том, что при пуске в обмотке статора синхронного двигателя возникают значительные пусковые токи, которые вызывают заметное снижение напряжения в питающей сети, что неблагоприятно отражается на работе других потребителей электроэнергии, питающихся от той же сети. Для уменьшения пускового тока пуск синхронных электродвигателей производят при пониженном напряжении или иногда осуществляют пуск с переключением обмотки статора со звезды на треугольник.

Хотя асинхронные двигатели считаются более надежными и дешевыми, их синхронные «собратья» имеют некоторые преимущества и широко применяются в различных областях промышленности.

К отличительным характеристикам синхронного электродвигателя можно отнести:

- работу при высоком значении коэффициента мощности;
- высокий КПД по сравнению с асинхронным устройством той же мощности;
- сохранение нагрузочной способности даже при снижении напряжения в сети;
- неизменность частоты вращения независимо от механической нагрузки на валу;
- экономичность.

Синхронным двигателям также присущи некоторые недостатки:

- достаточно сложная конструкция, делающая их производство дороже;
- необходимость источника постоянного тока (возбудителя или выпрямителя);
- сложность пуска;
- необходимость корректировать угловую частоту вращения путем изменения частоты питающего напряжения.

Однако в некоторых случаях использование синхронных двигателей предпочтительнее:

- для улучшения коэффициента мощности;
- в длительных технологических процессах, где нет необходимости в частых запусках и остановках.

Таким образом, «плюсы» двигателей такого типа значительно превосходят «минусы», поэтому на данный момент они высоко востребованы.

Список литературы

1. https://electric-220.ru/news/princip_dejstvija_sinkhronnogo_dvigatelja/2013-12-05-465.
2. <https://www.szemo.ru/press-tsentr/article/ustroystvo-i-printsip-deystviya-sinkhronnogo-dvigatelya>.
3. <http://booklover.biz/book/170-yelektricheskie-mashiny.html>.
4. <https://www.ess-ltd.ru/maintenance-repair/18/1007>.
5. <https://www.tehnology-pro.ru/oblast-primeneniya-sinkhronnykh-elektrodvigatelej.html>.
6. <http://ruaut.ru/content/publikacii/electro/printsip-deystviya-i-dostoinstva-sinkhronnykh-elektrodvigatelej.html>.
7. https://portal.tpu.ru/SHARED/p/POLE/education1/Tab/Lab_mshini.pdf.
8. <http://electricalschool.info/main/electroshemy/208-tipovye-skhemy-puska-sinkhronnykh.html>.
9. <https://electrono.ru/elektricheskie-mashiny/ustrojstvo-i-princip-dejstviya-sinxronnoj-mashiny>.
10. <https://studfile.net/preview/6491292>.

This report discusses the principle of operation, design and application of synchronous machines. This report discusses the principle of operation, design and application of synchronous machines.

Шамалук Никита Викторович, студент 2-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, nik.schamaluk.02@gmail.com.

Научный руководитель – *Комар Владимир Николаевич*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь.

УДК 621

В. Р. ШМУКСТА

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДОВ

Рассмотрены устройство, принцип работы и сферы применения светодиодов в различных сферах жизнедеятельности. Описаны история открытия и развития, основные сферы применения светодиодов, их преимущества перед другими источниками освещения. Затронуто их текущее положение в мировой истории.

Светодиод – прибор полупроводникового типа с электронно-дырочным переходом, который излучает свет определенной длины волны под воздействием тока, пропускаемого в прямом направлении.

В основе светодиода лежит кристалл полупроводникового типа, закрепленный на основе из меди или алюминия. Сверху кристалл закрывается слоем силикона и линзой из пластмассы. Вместе они образуют оптическую систему.

Элементы помещают в корпус с контактами (анодом и катодом). Верхние слои кристалла, соприкасающиеся с контактными зонами, легированы донорскими и акцепторными аддитивами [1].

Предпосылки к появлению твердотельных полупроводящих элементов заложил еще Майкл Фарадей в 1833 году, обнаружив повышение электрической проводимости в сульфиде серебра (полупроводнике) с ростом температуры. Фарадей не смог объяснить причину эффекта.

В 1874 году Фердинанд Браун описал проводимость электрического тока полупроводниками только в одном направлении. Но объяснить свойство, противоречащее закону Ома, он не смог. Открытие Брауна стало востребованным спустя полвека, когда на его основе создали детекторный приемник.

Гринлиф Виттер Пикард в 1906 году запатентовал детектор кристаллической структуры. Он установил, что ряд таких кристаллических материалов, как галенит, кремний и др., при контакте с металлом действует как выпрямитель и демодулятор переменного тока высокой частоты, который возникает в антенне при приеме радиоволн [1].

Первое сообщение об излучении света твердотельным диодом сделал в 1907 году британский экспериментатор Генри Раунд из лаборатории Маркони.

Как и в обычном полупроводниковом диоде, в диоде светоизлучающем, ток легко проходит в прямом направлении и не проходит в обратном. Электроны при этом теряют энергию, которая в большей или меньшей степени, в зависимости от материала полупроводника, преобразуется в фотоны – это называется электролюминесценцией. Открытие такого понятия, как «электролюминесценция» полупроводников, принадлежит нашему соотечественнику Олегу Владимировичу Лосеву.

В 1923 году двадцатилетний руководитель Нижегородской радиотехнической лаборатории, О. В. Лосев заметил голубоватое свечение, испускаемое некоторыми полупроводниковыми детекторами, которые преобразуют высокочастотный сигнал радиостанции в низкочастотный звуковой в простейших радиоприёмниках. Холодный свет рождался внутри карбидокремниевых кристаллов вследствие неизвестных тогда электронных превращений. Интенсивность излучения была столь ничтожной, что научная общественность фактически не увидела его, по крайней мере, в переносном смысле.

Он вполне оценил практическую возможность создавать малогабаритные твёрдотельные (безвакуумные) источники света с низким напряжением питания (менее 10 В) и высоким быстродействием. Он получил два авторских свидетельства на «Световое реле» – это в 1927 г. закрепило за СССР приоритет в области светодиодов.

Но лишь четверть века спустя учёные всерьёз занялись «полупроводниковым светом» – промышленная разработка светоиспускающих полупроводниковых диодов (LED, СИД) началась в 1951 г. в США в Центре по разработке ламп, работающих на основе эффекта Лосева.

В 1961 г. американцы Гари Питтман и Роберт Байард из компании Texas Instruments запатентовали светодиод инфракрасного излучения. Но он имел сложную, непрактическую структуру.

Первые LED видимого излучения промышленного назначения на основе GaAsP/GaP создал в лаборатории Университета штата Иллинойс Ник Холоныяк, он считается отцом современных светодиодов.

В те же годы созданы первые СИД красного и жёлто-зелёного излучения в пределах верхней границы восприятия человеческого глаза (500–600 нм) при световой отдаче 1–2 Лм/Вт – для индикаторного прибора приемлемо. Но стоимость – примерно \$200. Всё же в 1968 г. фирма Monsanto выпустила первую серию таких индикаторных ламп. А компания Hewlett-Packard тут же построила светодиодный дисплей, предназначенный для рекламы – слабосветящийся, отображающий информацию только красным цветом – но первый в мире.

Ученик Н. Холоныяка – Джордж Крафорд – получил жёлтое свечение светодиода, повысив его яркость в десять раз.

Дальнейшее бурное развитие создания светодиодов шло по двум направлениям: расширение диапазона излучения и увеличение светового потока на основе поиска материала полупроводника.

В семидесятые годы лауреат Ленинской премии, академик Жорес Иванович Алферов изобрел и изготовил многопроходные двойные гетероструктуры на основе GaAs, благодаря чему удалось значительно увеличить внешний световой поток СИД – до 15 % красной части спектра (светоотдача около 10 Лм/Вт), и не менее 30 % – для инфракрасного излучения. За этот прорыв Ж. И. Алферов удостоен Нобелевской премии.

Между тем, Дж. Панков в лаборатории IBM создал на GaN светодиоды с голубым и фиолетовым излучением, однако с малым сроком службы.

В 1976 году выходят в свет жёлтые, жёлто-зелёные и красно-оранжевые светодиоды на фосфидах Al, Ga, In, разработанные компанией Hewlett Packard, и что важно – выпущенные в серию.

В начале восьмидесятых М. В. Чукичев и Г. В. Сапарин в МГУ обнаружили яркое люминесцентное свечение образца GaN, легированного цинком, при воздействии на него электронного пучка. Понять причину этого явления в то время ученым не удалось.

К 1985 г. поток света СИД стабильно увеличился до 10 лм, появилась возможность их применения как самостоятельных световых источников типа лампочки в автомобилях.

Создание LED синего диапазона не удавалось вплоть до 1991 г., пока доктор Ш. Накамура из компании Nichia Chemical не создал гетероструктуру на InGaN (и к 1994 г. довёл LED на ней до крупносерийного производства). Благодаря этому замкнулся RGB-круг, и появилась возможность получать любые цветовые оттенки путем смешения цветов красного (R), зелёного (G) и синего (B). Использоваться могут как три отдельных светодиода, так и три кристалла в одном корпусе. В 1993 г. Nichia выпустила LED с цветами от голубого до зелёного – теперь светодиоды освоили весь видимый спектр. А в 1997 г. Фред Шуберт из политехнического института Ренсселера изготовил однокристалльный светодиодный прибор, излучающий в белом спектре, по технологии, использующей люминофор с накачкой синим светодиодом.

В 1999 г. Ш. Накамура заявил, что яркость LED достигает уже 60 лм/Вт, и они становятся адекватной альтернативой лампам накаливания (100-ваттная ЛН даёт 15 лм/Вт). В 2008 г. в Bilkent University в Турции получили 300 лм/Вт с использованием нанокристаллов.

К концу 2006 года светодиоды заняли прочные позиции на современном рынке, и сфера их применения значительно расширилась. Основной объём рынка мощных светодиодов к этому году распределяется следующим образом:

1. Мобильные устройства – около 50 %.
2. Автомобильная светотехника – не менее 15 %.
3. Всевозможные табло, экраны и пр. – 15 %.

Применение светодиодов в качестве альтернативного общего освещения не превышало 5 %, что составляет около 200 миллионов долларов. К 2011 году эта цифра возросла до 1 миллиарда долларов [2].

На текущий момент LED-диоды могут быть следующих видов:

1. Осветительные, то есть с большой мощностью. Их уровень освещенности равен вольфрамовым и люминесцентным источникам света.

2. Индикаторные – с небольшой мощностью, их применяют для подсветки в приборах.

Индикаторные LED-диоды по типу соединения делятся на:

1. Двойные GaP (галлий, фосфор) – имеют зеленый и оранжевый свет в структуре видимого спектра.

2. Тройные AlGaAs (алюминий, мышьяк, галлий) – имеют желтый и оранжевый свет в структуре видимого спектра.

3. Тройные GaAsP (мышьяк, галлий, фосфор) – имеют красный и желто-зеленый свет в структуре видимого спектра.

По типу корпуса светодиодные элементы могут быть:

1. DIP – устаревшая модель низкой мощности, их применяют для подсветки световых табло и игрушек.

2. «Пирания», или Superflux, – аналоги DIP, но с четырьмя контактами. Они применяются для подсветки в автомобилях, меньше нагреваются и лучше крепятся.

3. SMD – самый распространенный тип, применяются во множестве источников света.

4. COB – это усовершенствованные светодиоды SMD.

SMD-светодиоды сегодня являются наиболее востребованными источниками света любых форматов.

1. Основа корпуса, куда крепится кристалл, является отличным проводником тепла. Благодаря этому в разы улучшился отвод тепла от кристалла.

2. В структуре белых светодиодов между линзой и полупроводником имеется слой люминофора, который нейтрализует ультрафиолет и задает необходимую цветовую температуру.

3. В SMD-компонентах, имеющих широкий угол излучения, линза отсутствует. При этом сам светодиод выделяется формой параллелепипеда [3].

Chip-On-Board (COB) представляют новейшее практическое достижение, которое должно занять в искусственном освещении лидерство в создании белых светодиодов.

Устройство светодиодов по технологии COB предполагает следующее: на алюминиевую основу посредством диэлектрического клея крепят десятки кристаллов без подложки и корпуса. Полученная матрица покрывается общим слоем люминофора. В итоге получается источник света, который имеет равномерное распределение светового потока без возможности появления теней.

Разновидностью Chip-On-Board является Chip-On-Glass (COG) технология, предусматривающая размещение на поверхности из стекла множества мелких кристаллов. К примеру, это филаментные лампы, где излучающим элементом является стеклянный стержень со светодиодами, которые покрыты люминофором.

Благодаря широкому спектру преимуществ, светодиодные источники излучения нашли применения в разнообразных областях. Основными направлениями использования LED являются:

Исторически первой областью применения светодиодов было приборостроение. Именно здесь светодиоды стали массово применяться в качестве устройств индикации. Индикаторами могут быть как одиночные LED (например, индикатор включения в сеть), так и собранные в различные табло (цифровые, цифро-буквенные).

В последние десятилетия стали широко использоваться так называемые светодиодные кластеры. По сути это массив светодиодов, находящихся под общим цифровым (как правило) управлением. Обывателю такие кластеры знакомы в виде бегущих строк, больших экранов, размещаемых на улицах городов.

Также светодиоды обеспечивают подсветку жидкокристаллических экранов мобильных устройств, телевизоров и мониторов персональных компьютеров и ноутбуков.

Мощные и сверхмощные светодиоды нашли своё применение в фонарях уличного освещения, а также в современных светофорах. Применение LED излучателей в светофорах крупных городов не только способствует оптимизации потребления электроэнергии, но и за счет высокой светоотдачи и цветопередачи способствует снижению аварийности на дорогах.

Повышению безопасности на дорогах способствует и внедрение принципиально новых элементов дорожной обстановки: дорожных знаков на основе светодиодов. Такие знаки прекрасно видны в любое время суток и практически в любую погоду.

В последние годы светодиоды получили широкое распространение в качестве основных источников промышленного и бытового освещения. Светильники на основе LED, а также светодиодные ленты уверенно вытесняют с рынка другие виды источников света. В первую очередь это происходит за счет лавинообразного снижения цен на светодиоды в последнее время, а также благодаря появлению множества локальных производителей достаточно качественной светодиодной продукции.

Использование LED технологий в растениеводстве позволяет создавать узкоспециализированные источники освещения (фитолампы) с особым спектром излучения, обеспечивающим максимальную эффективность процесса фотосинтеза в листьях сельскохозяйственных растений. Применение подобных приборов особенно перспективно на территориях с северным климатом.

Стремительное развитие информационных технологий также обуславливает значительный спрос на светодиодную продукцию. Использование LED в качестве легкодоступных источников модулированного электромагнитного излучения широко распространено при создании систем передачи информации по оптическим волокнам.

Заняли свою нишу светодиоды и в сфере дизайна в виде цветных светодиодных лент, гибких шнуров дюралайт, светодиодных гирлянд. С их помощью оформляются как интерьеры жилых помещений, так и архитектурные и арт-объекты, а также концертные и выставочные залы, бары, дискотеки, ночные клубы [4].

Список литературы

1. <https://svetodiodyekran.ru/poleznaya-informatsiya/istoria-voznikovenija-svetodiodyov.html>.
2. https://studbooks.net/2347613/tehnika/istoriya_sozdaniya_svetodiodyov_oblast_primeneniya.
3. <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/svetodiody>.
4. <http://light-ru.ru/svetodiody-printsipy-raboty-vidy-kharakteristiki-oblasti-primeneniya>.

The device, the principle of operation and the scope of application of LEDs in various spheres of life. The history of discovery and development, the main areas of application of LEDs, their advantages over other light sources. Affected their current position in world history

Шмукста Вадим Ростиславович, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, shmuvi00@mail.ru.

Научный руководитель – *Комар Владимир Николаевич*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь.

УДК 615.471

Я. В. ЯНКИНА

АППАРАТ СШИВАЮЩИЙ ХИРУРГИЧЕСКИЙ

Описано применение сшивающих устройств на примере аппарата сшивающего хирургического.

Сшивающие устройства являются прогрессивным, эффективным и необходимым техническим оснащением в хирургии. В настоящее время механический шов обладает рядом преимуществ перед ручным швом. Современные методики проведения хирургических операций требуют современного высокоэффективного хирургического оборудования и инструментария.

Известны различные способы соединения тканей в медицине посредством их сшивания нитями, скрепками или заклепками. При этих способах могут образовываться недостаточно герметичные швы и для достижения большей герметичности ткани необходимо сшивать в два ряда и более. Это приводит к увеличению травматичности, к деформации прилежащих тканей, к потере части функционирующей ткани и к дополнительному расходу материала.

Разрабатываемый аппарат сшивающий хирургический предназначен для механического соединения биологических тканей при хирургических операциях. Аппарат сшивает ткани путем введения в соединяемые биологические ткани быстротвердеющей биосовместимой массы через полые иглы. Данный способ уменьшает травматичность сшивания, при этом уменьшает деформацию прилежащих тканей, а также создает полную герметичность соединения при минимальном сдавливании тканей.

В настоящее время известны двух- и многокомпонентные композиции, мгновенно отверждающиеся на воздухе или под влиянием соответствующего облучения.

В результате использования быстротвердеющего биосовместимого рассасывающего в определенные сроки материала создаются наиболее благоприятные условия для заживления сшивающих тканей, так как не возникает отрицательной реакции организма на эти материалы, не остается инородных тел и нет узлов, вокруг которых образуются рубцовые ткани.

Список литературы

1. Хирургические аппараты, инструменты, новые материалы и сплавы / под ред. Р. И. Утямышева. – М. : Московская правда, 1976. – 257 с.
2. Сшивающее устройство : пат. 1922334 РФ, МПК А61В 17/04, U1 / А. В. Дубровский ; заявл. 25.02.2019 ; опубл. 09.09.2019 // Бюл. № 25. – 2019. – 46 с.

Янкина Янина Васильевна, студентка приборостроительного факультета Белорусского национального технического университета, Минск, Беларусь, yanayankina11@gmail.com.

Научный руководитель – *Минченя Владимир Тимофеевич*, кандидат технических наук, профессор, Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь.

УДК 621.317.78

К. В. ЯНКОВСКИЙ

СТРУКТУРА И АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ С ПРИБОРОВ УЧЁТА РЕСУРСОВ

Предложены структура и алгоритмы работы автоматизированной системы получения информации с приборов учета ресурсов.

В настоящее время большой интерес представляет создание комплексных многопрофильных систем учета ресурсов (электроэнергии, тепловой энергии, воды, газа и т. д.). При большом количестве потребителей, видов ресурсов и точек учёта и контроля весьма актуально реализовать техническое решение по автоматизации сбора данных.

Под системой учета ресурсов понимается совокупность функционально объединенных устройств, предназначенных для измерения и учета энергии и других ресурсов, удаленного сбора и передачи показаний приборов учета по одной и более точкам поставки [1].

В настоящей работе на основе анализа существующих систем предложены структура (рисунок 1) и алгоритмы работы (рисунки 2, 3) многопрофильной автоматизированной системы получения информации с приборов учета ресурсов.

Со счетчиков учета ресурсов (1А – электроэнергии, 1В – воды, 1С – тепловой энергии, 1D – газа) информация поступает на контроллеры сбора, обработки и передачи показаний счётчиков (2А – электроэнергии, 2В – воды, 2С – тепловой энергии, 2D – газа) и далее – на соответствующие концентраторы 3, с которых – на центральный сервер автоматизированной системы контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ) 4. Управление и контроль АСКУЭ осуществляются с автоматизированных рабочих мест 6.

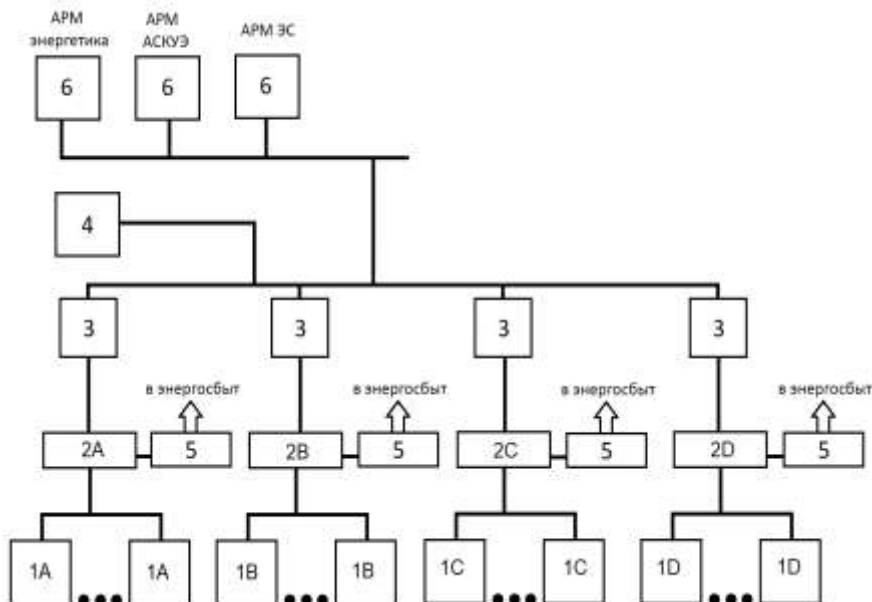


Рисунок 1 – Структура локальной многопрофильной автоматизированной системы учёта ресурсов:

1А – счётчики электроэнергии; 1В – счётчики потребления воды; 1С – счётчики тепловой энергии; 1D – счётчики потребления газа; 2 – контроллер сбора, обработки и передачи показаний счётчиков; 3 – концентратор; 4 – центральный сервер АСКУЭ; 5 – модем для связи с энергосбытом; 6 – автоматизированные места

Основные алгоритмы работы локальной многопрофильной автоматизированной системы учета ресурсов представлены на рисунке 2 (схема алгоритма циклического опроса и контроля показаний счетчиков учета ресурсов) и рисунке 3 (схема алгоритма расчета потребления ресурсов).

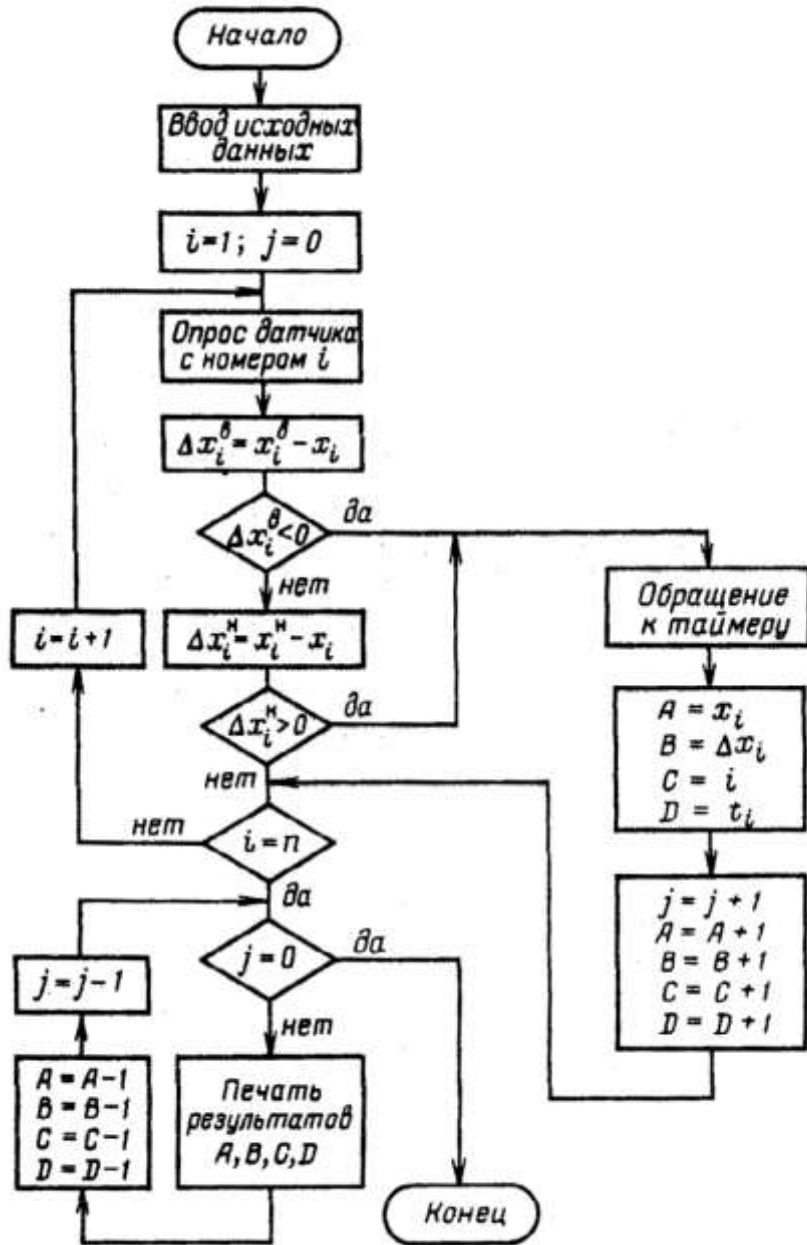


Рисунок 2 – Схема алгоритма циклического опроса и контроля показаний счётчиков учёта ресурсов

При этом оценка такой важнейшей метрологической характеристики автоматизированных систем учета как относительная погрешность измерительного канала осуществляется в соответствии со следующим выражением [2]:

$$\delta_{\text{сч}} = \delta_a + \delta_i = \delta_a + \frac{16 \cdot \gamma_i}{A_{i, \text{сч}} - 4}, \tag{1}$$

где, δ_a и δ_m – относительные погрешности датчика и модуля контроллера соответственно, γ_m – приведенная погрешность модуля контроллера, $A_{m, \text{сч}}$ – функция преобразования модуля.

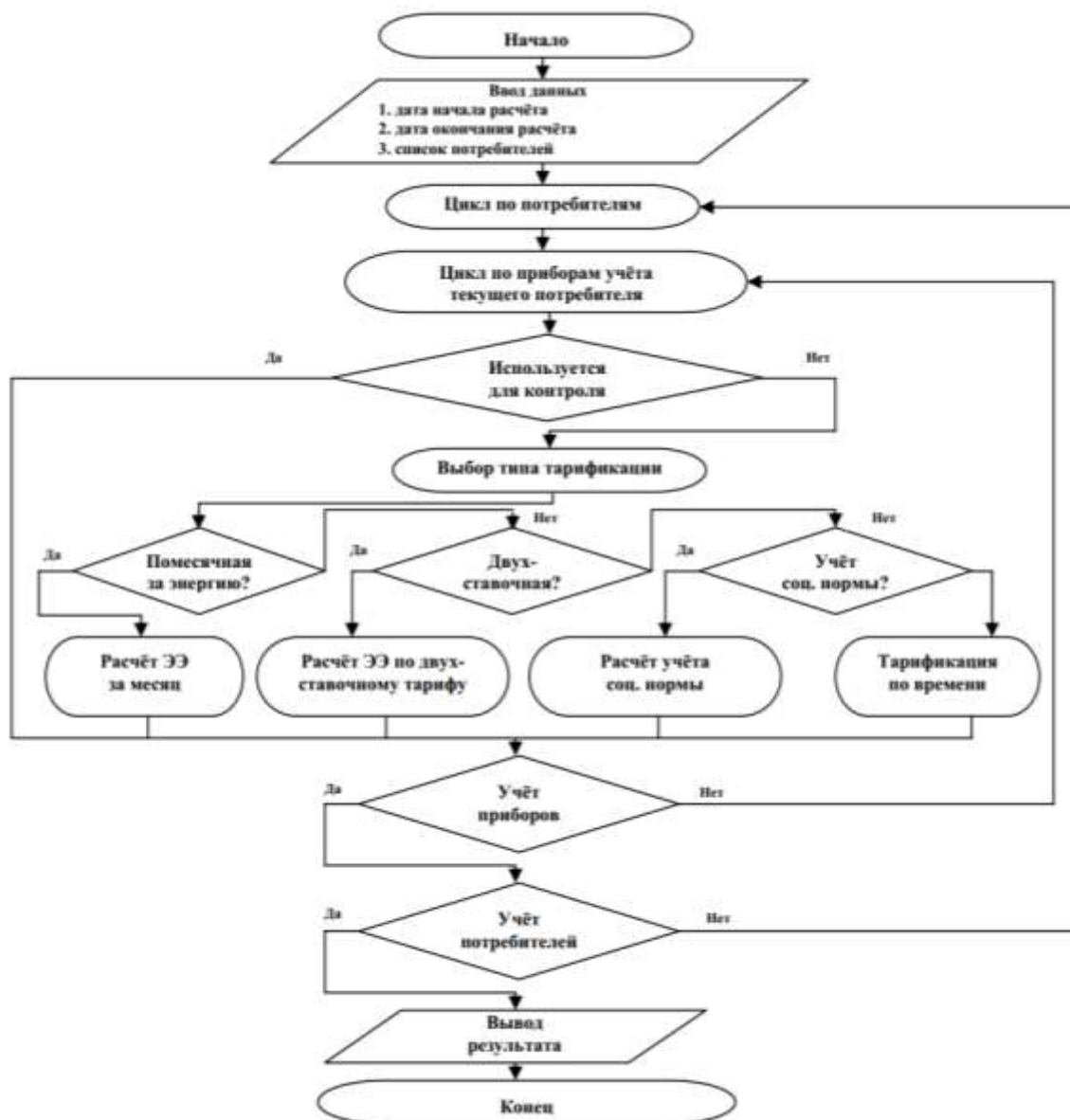


Рисунок 3 – Схема алгоритма расчёта потребления ресурсов

Список литературы

1. Куликов, В. М. Методы учета и анализа потребления энергоносителей : учеб. пособие / В. М. Куликов. – Екатеринбург : Изд-во ГОУВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2009. – 138 с.
2. Новиков, В. В. Метрология как важный компонент энергосбережения при создании автоматизированных систем учета для розничных рынков электроэнергии / В. В. Новиков // Журнал законодательной и прикладной метрологии. – 2014. – № 5. – С. 28–30.

The paper proposes the structure and algorithms for the operation of an automated system for obtaining information from resource metering devices.

Янковский Константин Владимирович, магистрант 1-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь.

Научный руководитель – **Василюк Геннадий Тимофеевич**, доцент кафедры общей физики физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, доцент, Гродно, Беларусь.

А. В. ЯРОШЕВИЧ

ВЫБОР КАБЕЛЕЙ ДЛЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Дано определение электропроводки. Раскрыты понятие, основные виды электропроводки и их характеристика. Приведен выбор конкретной электропроводки применительно к условиям среды, рекомендации по ее выбору.

Электропроводкой называют совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями: трубами, скобами, кронштейнами, изоляторами и т. п. [1].

В зависимости от места прокладки и условий эксплуатации осветительные электропроводки могут быть внутренними и наружными.

Внутренними называют проводки, прокладываемые в закрытых отапливаемых и неотапливаемых зданиях и сооружениях, не подверженные действию атмосферных осадков и непосредственному воздействию температуры наружного воздуха.

К наружным относят проводки, прокладываемые по наружным стенам зданий и сооружений и между ними, а также под навесами. Эти проводки могут подвергаться действию осадков и работают в условиях изменяющейся температуры наружного воздуха.

Осветительные электропроводки подразделяют на две группы:

1) открытые, прокладываемые по поверхности стен и перекрытий, по фермам и другим конструкциям;

2) скрытые, прокладываемые в конструктивных элементах зданий (в стенах, полах, перекрытиях), а также в полостях над непроходными подвесными потолками и в земле [1].

В производственных зданиях и сооружениях рекомендуются преимущественно открытые электропроводки, при этом, как правило, их следует выполнять беструбными: кабелями, прокладываемыми как непосредственно по строительным основаниям, так и на лотках и тросах.

Изолированные провода следует применять для прокладки электропроводок в корпусе осветительных приборов с люминесцентными лампами, которые состыкованы в линию, в трубах и на изоляторе.

В общественных и жилых зданиях, а также в производственных помещениях с повышенными эстетическими требованиями к интерьеру, как правило, используют скрытые электропроводки.

Для выполнения осветительных линий как в производственных, так и в общественных зданиях стали широко применять шинопроводы.

Для выбора конкретного вида электропроводки необходимо располагать данными о среде помещения и группе возгораемости материалов строительных конструкций, по которым прокладывают электропроводку. В таблице 1 приведены рекомендации к выбору видов осветительных проводок применительно к условиям среды [1].

В осветительных сетях, как правило, следует применять кабели и провода с алюминиевыми и медными жилами.

Самое уязвимое место в сфере обеспечения квартиры или дома электрической энергией – это электропроводка. Во многих домах продолжают использовать старую проводку, не рассчитанную на современные электроприборы. Нередко подрядчики и вовсе стремятся сэкономить на материалах и укладывают провода, не соответствующие проекту. В любом из этих случаев необходимо сначала сделать расчет сечения кабеля, иначе можно столкнуться с серьезными и даже трагичными последствиями.

В вопросе выбора сечения проводов нельзя следовать принципу «на глаз». Протекая по проводам, ток нагревает их. Чем выше сила тока, тем сильнее происходит нагрев [2].

Без расчета сечения проводника можно столкнуться с одной из двух ситуаций:

1) слишком сильный перегрев проводки. Возникает при недостаточном диаметре проводника. Создает благоприятные условия для самовозгорания и коротких замыканий;

2) неоправданные затраты на проводку. Такое происходит в ситуациях, когда были выбраны проводники избыточного диаметра. Конечно, опасности здесь нет, но кабель большего сечения стоит дороже и не столь удобен в работе.

В общем виде расчет сечения кабеля по мощности происходит в 2 этапа. Для этого потребуются следующие данные:

1) суммарная мощность всех приборов;

2) тип напряжения сети: 220 В – однофазная, 380 В – трехфазная;

3) ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7;

4) материал проводника: медь или алюминий;

5) тип проводки: открытая или закрытая.

Таблица 1

Условия окружающей среды	Вид электропроводки и способ прокладки	Провода и кабели
Открытые электропроводки		
Сухие помещения	На роликах и клицах	Скрученные двухжильные провода
Помещения всех видов и наружные установки	На изоляторах, а также на роликах, предназначенных для применения в сырых местах. В наружных установках ролики для сырых мест (больших размеров) допускается применять только в местах, где исключена возможность непосредственного попадания на электропроводку дождя или снега (под навесами)	Незащищенные одножильные провода
Наружные установки	Непосредственно по поверхности стен, потолков и на струнах, полосах и других несущих конструкциях	Кабель в неметаллической и металлической оболочках
Помещения всех видов	То же	Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической и металлической оболочках
Помещения всех видов и наружные установки	На лотках и в коробах с открываемыми крышками	То же
Помещения всех видов и наружные установки (только специальные провода с несущим тросом для наружных установок или кабели)	На тросах	Специальные провода с несущим тросом. Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической и металлической оболочках
Скрытые электропроводки		
Помещения всех видов и наружные установки	В неметаллических трубах из сгораемых материалов (несамозатухающий полиэтилен и т. п.). В замкнутых каналах строительных конструкций. Под штукатуркой	Незащищенные и защищенные, одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической оболочке
Исключения:		
	1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках	
	2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках	
Сухие, влажные и сырые помещения	Замонолично в строительных конструкциях при их изготовлении	Незащищенные провода
Открытые и скрытые электропроводки		
Помещения всех видов и наружные установки	В металлических гибких рукавах. В стальных трубах (обыкновенных и тонкостенных) и глухих стальных коробах. В неметаллических трубах и неметаллических глухих коробах из трудносгораемых материалов. В изоляционных трубах с металлической оболочкой	Незащищенные и защищенные одно- и многожильные провода. Кабели в неметаллической оболочке
Исключения:		
	1. Запрещается применение изоляционных труб с металлической оболочкой в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках	
	2. Запрещается применение стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и в сырых помещениях и наружных установках.	

Этап 1. Потребляемую мощность электроприборов можно найти в их инструкции или же взять средние характеристики. Формула для расчета общей мощности:

$$\sum P = (P_1 + P_2 + \dots + P_n) \times K_c \times K_3$$

где P_1, P_2 и т. д. – мощность подключаемых приборов, K_c – коэффициент спроса, который учитывает вероятность включения всех приборов одновременно, K_3 – коэффициент запаса на случай добавления новых приборов в доме.

K_c определяется так:

- 1) для двух одновременно включенных приборов – 1;
- 2) для 3–4 – 0,8;
- 3) для 5–6 – 0,75;
- 4) для большего количества – 0,7.

K_3 в расчете кабеля по нагрузке имеет смысл принять как 1,15–1,2. Для примера можно взять общую мощность в 5 кВт.

Этап 2. На втором этапе остается по суммарной мощности определить сечение проводника. Для этого используется таблица расчета сечения кабеля из ПУЭ. В ней дана информация и для медных, и для алюминиевых проводников. При мощности 5 кВт и закрытой однофазной электросети подойдет медный кабель сечением 4 мм².

Кабели и провода с медными жилами следует использовать в следующих случаях: для помещений со средой, химически активной по отношению к алюминию, для электропроводок на чердаках, кроме проводок в стальных трубах и скрытых проводок; для присоединения к сети свободно подвешиваемых осветительных приборов, а также устройств, размещаемых на виброизолирующих опорах; для ввода в пускорегулирующем аппарате и осветительных приборах, питаемые напряжением 380 В, или для присоединения их к сети через электрические соединения; во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Ia, а также для присоединения к сети переносных и передвижных осветительных приборов [1].

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок. Разд. 2 : Правила устройства электроустановок. Монтаж освещения и осветительных сетей. Монтаж осветительных сетей и электроустановок [Электронный ресурс] // Электрические сети. – Режим доступа: <https://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/montazh-osvescheniya-i-osvetitelnyh-setey-22.html>. – Дата доступа: 02.03.2021.
2. Расчет сечения кабеля [Электронный ресурс] // Бонком. – Режим доступа: <https://www.boncom.by/papers/raschet-secheniya-kabelya>. – Дата доступа: 02.03.2021.

Concept, definition of electrical wiring. The main types of wiring and their characteristics. The choice of a specific wiring in relation to environmental conditions, recommendations for selection.

Ярошевич Алексей Владимирович, студент 3-го курса физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, alexyaroshevich@outlook.com.

Научный руководитель – **Комар Владимир Николаевич**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электротехники и электроники физико-технического факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь.