

# **СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**

## **ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ**

### **Ж.И.АЛФЕРОВ - СТУДЕНТ, ПРОФЕССОР - НОБЕЛЕВСКИЙ ЛАУРЕАТ**

СЕРЕДЮК С.А.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д.

### **GPS И ГЛОНАСС**

ЧЕРНЫШЕВИЧ А.А., БАРАНОВСКИЙ Д.О.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ - К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д.

### **АККУМУЛЯТОРЫ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ**

ТРАХИМОВИЧ И.А.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДА В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ**

ХАРЧЕНКО К.Г.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д.

### **ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ**

КАРАНКЕВИЧ В.В., ТАРАНЧУК А.С.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ - К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д.

### **ГИДРОЭНЕРГЕТИКА**

ВОЛОШИН А.А., ЮРКОВСКИЙ В.Н.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ - К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д.

### **ЗАЩИЩЕННАЯ ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ QNX**

МАНСУРОВА Ю.С., ГУМИНСКАЯ М.С.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ - К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д.

### **ГИБРИДНЫЕ ДВИГАТЕЛИ АВТОМОБИЛЕЙ**

ГУЦА А.Ю.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ - К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д.

### **УМНАЯ ПЫЛЬ**

НАУМЕНКО Д.А., РОСЛИК А.С.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д.

### **ЭЛЕКТРОМОБИЛИ.**

СИДОРУК Ю.С.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ - К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д.

### **КУЛОНОВСКОЕ УВЛЕЧЕНИЕ – ЭЛЕКТРОНИКА БУДУЩЕГО**

МИРОНОВИЧ Н.С.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д. Д.В.

### **ПРИНЦИП РАБОТЫ СЕНСОРНЫХ ЭКРАНОВ**

ДЕГТЯРЕНКО Д. В., МИКУЛКО В. С  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д.

### **КОСМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

КИШКЕВИЧ Н.А., РИНЕЙСКИЙ Е.Г.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д.

### **УМНЫЙ ДОМ**

РЕУТ Я.Г., КОЛОДИЦА У.А.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ ЕЖОВ В.Д.

**МИКРОПРОЦЕССОРЫ**

Доронин И.С., Андык А.А.  
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежов В.Д.

**ЧАСТОТОМЕР Д506-М: ЕГО УСТРОЙСТВО И РЕМОНТ**

Голёта Д.А.  
Научный руководитель – старший преподаватель Куцыло А.В.

**ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ НА ТВ-ПРОГРАММЫ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ АВТОПОИСКА**

Вайтехович Д.А., Киркиж А.Г.  
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОПАР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ**

Подловкин Е.А., Лебедев В.В.  
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

**НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ДРЕЙФА НУЛЯ В УСИЛИТЕЛЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Черток А.А., Воробьёв П.И.  
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И РАБОТЫ КАЛЬКУЛЯТОРА С ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ИНДИКАТОРОМ**

Парфенцова С.В., Шахновская В.А.  
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

**ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ НА АЭС**

Егощенко И.Н.  
Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

**ТРИАДА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Швед И. В., Лешкевич В. С.  
Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О. А.

**СКАЧОК НАПРЯЖЕНИЯ. СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ СКАЧКА НАПРЯЖЕНИЯ**

Аврамчик Ю. И., Авижа А. В.  
Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

**СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И СПОСОБЫ ЕЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЛНЕЧНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (СКЭС)**

Медвещек О.С.  
Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

**ТРАНСФОРМАТОР ТЕСЛА**

Бушков П.Е., Ёч Э.И.  
Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

**СПОСОБЫ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

Скицунова И.А., Панкевич В.И.  
Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

**ВИХРЕВЫЕ ТОКИ ФУКО**

Малашук А.М., Сычик А.В.  
Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

**ЛЕГЕНДАРНЫЕ ЗАПИСИ НИКОЛЫ ТЕСЛЫ**

Бойко Е.Г., Лазарь А.С.  
Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

**НАКОПЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ**

ГОРБАЧ В. А.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ ПЕКАРЧИК О. А.

**БЛУЖДАЮЩИЕ ТОКИ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ГАЗОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ.**

ФИРСОВА В.В., МУЗЫКАНТОВА К.С.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ ПЕКАРЧИК О.А.

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЛАМПЫ И ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ: ЗА И ПРОТИВ**

КАРАСЁВА А.В., КАЦУБО В.В.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ ПЕКАРЧИК О.А.

**РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ НАМАГНИЧИВАЮЩЕГО ТОКА ТРАНСФОРМАТОРА**

КРАВЦОВ И.П.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ СУХОДОЛОВ Ю. В.

**ОБЕПЕЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

КРАВЦОВ И.П.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ СУХОДОЛОВ Ю. В.

**РЕЗОНАНСНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

КРАВЦОВ И.П.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ СУХОДОЛОВ Ю. В.

**УНИФИЦИРОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛА ПРИ КОНТРОЛЕ ОБМОТОК СТАТОРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

ПОЛОНЕВИЧ П. В.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ СУХОДОЛОВ Ю. В.

**АНАЛИЗ КОРРЕКЦИИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЛЬТРА В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ**

КРАВЦОВ И.П.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ СУХОДОЛОВ Ю. В.

**ГАЗОИЗОЛИРОВАННЫЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ЛИНИИ**

ИВАНОВА О.А., БОЛБАС И.А.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ ПЕКАРЧИК О.А.

**НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

САМОСЮК В. А., СТРАТИВНЫЙ В. В.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ МОРОЗ Р.Р.

**ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА**

БОГДАНОВИЧ И.М.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ МОРОЗ Р.Р.

**НОРМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

ПАШКЕВИЧ Н.С.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ МОРОЗ Р.Р.

**УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТРАНСФОРМАТОРА ТЕСЛА**

ХВИТЬКО К.В.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ GERMANOVICH E.I.

**Ж.И.АЛФЕРОВ - СТУДЕНТ, ПРОФЕССОР - НОБЕЛЕВСКИЙ ЛАУРЕАТ**

Середюк С.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежов В.Д.

10 октября 2000 г. Королевская академия наук Швеции опубликовала имена ученых, которым присуждалась Нобелевская премия по физике. Премии были удостоены Ж.И. Алферов (Россия) и Г. Кремер (США) за развитие полупроводниковых гетероструктур для высокоскоростной и оптоэлектроники. В публикуемой краткой биографической справке о лауреатах указывается высшее учебное заведение, которое окончил лауреат. Таким образом, весь мир узнал, что Нобелевский лауреат Жорес Иванович Алферов окончил Ленинградский электротехнический институт имени В.И. Ульянова (Ленина).



Студент Жорес Алферов учился на факультете электронной техники и закончил его в 1952 г., получив диплом с отличием. Годы учебы Ж.И. Алферова в ЛЭТИ совпали с началом студенческого строительного движения. В 1949 г. он в составе студенческого отряда участвовал в строительстве Красноборской ГЭС - одной из первых сельских электростанций Ленинградской области.

Еще в студенческие годы Ж.И. Алферов начал свой путь в науке. Под руководством доцента кафедры основ электровакуумной техники Наталии Николаевны Созиной он занимался исследованиями полупроводниковых пленочных фотоэлементов. Его доклад на институтской конференции студенческого научного общества (СНО) в 1952 г. был признан лучшим, и за него он получил первую в своей жизни научную премию - поездку на строительство Волго-Донского канала. Несколько лет он являлся председателем СНО факультета электронной техники.

После окончания ЛЭТИ Ж.И. Алферов был направлен на работу в Ленинградский физико-технический институт и стал работать в лаборатории В.М. Тучкевича. Здесь при участии Ж.И. Алферова были разработаны первые советские транзисторы.

В начале 60-х годов Ж.И. Алферов начал заниматься проблемой гетеропереходов. Открытие Ж.И. Алферовым идеальных гетеропереходов и новых физических явлений -

«сверхинжекции», электронного и оптического ограничения в гетероструктурах -позволило кардинально улучшить параметры большинства известных полупроводниковых приборов и создать принципиально новые, особенно перспективные для применения в оптической и квантовой электронике.

Своими открытиями Ж.И. Алферов заложил основы современной информационной техники, в основном через разработку быстрых транзисторов и лазеров. Созданные на базе исследований Ж.И. Алферова приборы и устройства буквально произвели научную и социальную революцию. Это лазеры, передающие информационные потоки посредством оптоволоконных сетей Интернета, это технологии, лежащие в основе мобильных телефонов, устройства, декорирующие товарные ярлыки, запись и воспроизведение информации CD-дисков и многое другое.

Под научным руководством Ж.И. Алферова были выполнены исследования солнечных элементов на основе гетероструктур, что привело к созданию фотоэлектрических преобразователей солнечного излучения в электрическую энергию, коэффициент полезного действия которых приблизился к теоретическому пределу. Они оказались незаменимыми для энергообеспечения космических станций, а в настоящее время рассматриваются как один из основных альтернативных источников энергии взамен убывающим запасам нефти и газа.

Благодаря фундаментальным работам Ж.И. Алферова были созданы светодиоды на гетероструктурах. Светодиоды белого света благодаря своей высокой надежности и эффективности рассматриваются как источники освещения нового типа и в ближайшем будущем заменят традиционные лампы накаливания, что будет сопровождаться гигантской экономией электроэнергии.

К числу научных направлений, которые активно развивает Ж.И. Алферов, относится разработка лазеров на основе квантовых точек. Использование массивов таких квантовых точек позволяет снизить электропотребление лазеров, а также повысить стабильность их характеристик при увеличении температуры. Первый в мире лазер на квантовых точках создан группой ученых, работающих под руководством Ж.И. Алферова. Характеристики этих приборов постоянно улучшаются, и сегодня они по многим показателям превосходят все типы полупроводниковых лазеров.

Академик Ж.И. Алферов прекрасно понимает, что наука и образование неразделимы. Поэтому он целенаправленно формирует систему подготовки научных кадров по новейшим направлениям науки и техники, основанную на широком привлечении к учебному процессу академических институтов и ведущих ученых РАН.

В 1973 г. академик Ж.И. Алферов, используя непрекращающуюся тесную связь с ЛЭТИ, создает и возглавляет на своем родном факультете электронной техники первую в стране базовую кафедру в ФТИ им. А.Ф. Иоффе, преподавателями которой становятся известные ученые. Система подготовки научных кадров на базовой кафедре дала прекрасные результаты. Когда в 2003 г. отмечалось тридцатилетие кафедры, то были приведены следующие данные. За 30 лет кафедра выпустила около шестисот высококвалифицированных специалистов, подавляющее большинство которых стало работать в ФТИ им. А.Ф. Иоффе. Более четырехсот человек защитили кандидатские диссертации, свыше тридцати - докторские, а Н.Н. Леденцов, В.М. Устинов и А.Е. Жуков стали членами-корреспондентами РАН.

Организация кафедры оптоэлектроники явилась началом деятельности Ж.И. Алферова по созданию целостной образовательной структуры. В 1987 г. он создает физико-технический лицей, в 1988 г. — организует физико-технический факультет в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете, деканом которого он является. В 2002 г. по инициативе Ж.И. Алферова постановлением президиума РАН создан Академический физико-технологический университет, который в 2006 г. получил статус государственного учреждения высшего профессионального образования. Созданные образовательные и научно-исследовательские структуры в 2009 г. были объединены и получили название Санкт-Петербургский академический университет -научно-

образовательный центр нанотехнологий РАН. Входящие в него подразделения размещены в прекрасных зданиях, построенных благодаря усилиям Ж.И. Алферова.

Академик Ж.И. Алферов делает все от него зависящее, чтобы поддержать международный авторитет российской науки. По его предложению президент Российской Федерации своим указом установил международную премию «Глобальная энергия», которая ежегодно присуждается троим российским и иностранным ученым, внесшим выдающийся вклад в развитие энергетики.

По инициативе и под председательством Ж.И. Алферова проводится Санкт-Петербургский научный форум «Наука и общество». В рамках этого форума первая встреча Нобелевских лауреатов «Наука и прогресс человечества» состоялась в год трехсотлетия Санкт-Петербурга. В ней приняли участие 20 Нобелевских лауреатов в области физики, химии, физиологии и медицины, экономики. Начиная с 2008 г. встречи Нобелевских лауреатов стали ежегодными. Форум 2008 г. был посвящен нанотехнологиям. Форум 2009 г. Темой форума были информационные технологии. Тема форума 2010 г. - экономика и социология в XXI веке.

Академик Ж.И. Алферов - крупнейший советский российский ученый, автор более 500 научных трудов, свыше 50 изобретений. Его работы получили мировое признание, вошли в учебники. Труды Ж.И. Алферова отмечены Нобелевской премией, Ленинской и Государственными премиями СССР и России, премией им. А.П. Карпинского (ФРГ), Демидовской премией, премией им. А.Ф. Иоффе и золотой медалью А.С. Попова (РАН), Хьюлетт-Паккардовской премией Европейского физического общества, медалью Стюарта Баллантайна Франклинского института (США), премией Киото (Япония), многими орденами и медалями СССР, России и зарубежных стран.

Жорес Иванович избран пожизненным членом института Б. Франклина и иностранным членом Национальной академии наук и Национальной инженерной академии США, иностранным членом академий наук Беларуси, Украины, Польши, Болгарии и многих других стран. Он является почетным гражданином Санкт-Петербурга, Минска, Витебска и других городов России и зарубежья. Почетным доктором и профессором его избрали ученые советы многих университетов России, Японии, Китая, Швеции, Финляндии, Франции и других стран.

Все эти награды и звания заслуженно увенчали труд не только исследователя, но и организатора науки. Пятнадцать лет Ж.И. Алферов возглавлял прославленный Физико-технический институт А.Ф. Иоффе РАН. Вот уже более двадцати лет Жорес Иванович бессменный председатель Санкт-Петербургского научного центра РАН, главной задачей которого является координация научной деятельности всех петербургских академических институтов. Ж.И. Алферов - вице-президент РАН.



УДК 621.39

## GPS И ГЛОНАСС

Чернышев А.А., Барановский Д.О.

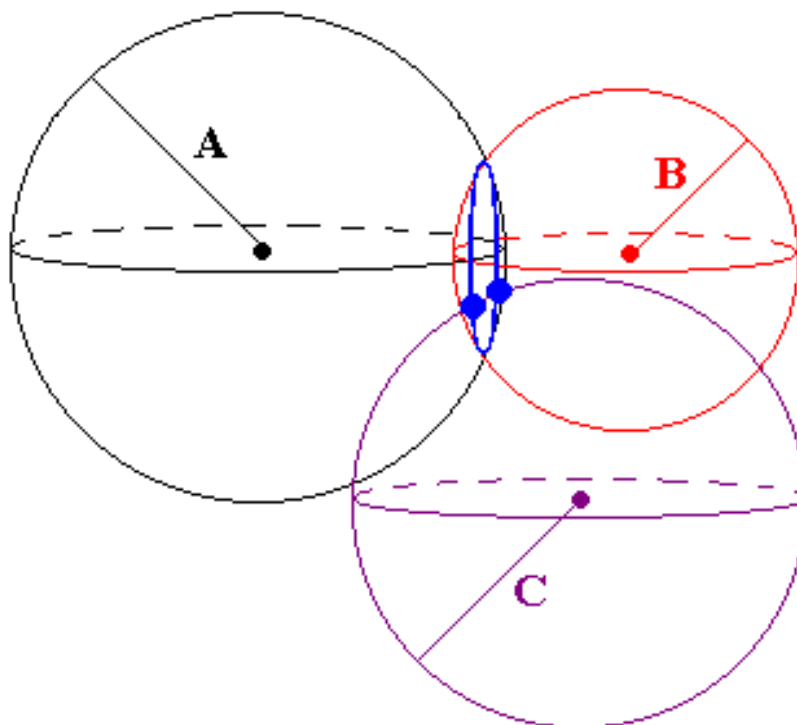
Научный руководитель - к.т.н., доцент Ежов В.Д.

### GPS Краткая история

Система GPS разработана Министерством обороны США. Работы над этим проектом, именуемым NAVSTAR (NAVigation Systemwith Timing and Ranging) - навигационная система определения времени и дальности), начались еще в 70-х годах. Первый спутник системы был выведен на орбиту в 1974 г, а последний из 24 необходимых для покрытия всей Земли только в 1993 г. Первоначально GPS предназначалась для эксплуатации военными США (навигация, наведение ракет и пр.), однако с 1983 года, когда был сбит самолет Корейских авиалиний, случайно вторгшийся на территорию СССР, использование GPS было разрешено и для гражданских. При этом, точность передаваемого сигнала загроублялась с помощью специального алгоритма, но в 2000 году и это ограничение было снято. Министерство обороны США продолжает обслуживать и модернизировать систему GPS. Именно эта полная зависимость работоспособности системы от правительства одной страны (например, во время первой войны в Персидском заливе, гражданский сектор GPS был отключён) побудило другие страны развивать альтернативные системы навигации (руссийская - ГЛОНАСС, европейская - GALILEO, китайская - Beidou).

Теоретически для определения местоположения необходимы данные с трех спутников. Попробуем разобраться, как происходит этот процесс. Допустим, нам известна величина расстояния от одного спутника до приемника. Зная ее, мы можем нарисовать окружность вокруг спутника, на краю которой и будет находиться наш приемник. Добавим данные со второго спутника. Таким образом, мы сузили сектор поиска до пересечения двух окружностей. Остается прибавить информацию о третьем спутнике.

Таким образом, мы получаем точные координаты приемника, который находится на пересечении трех окружностей. В данном описании схема сильно упрощена за счет изображения в двумерной плоскости. В действительности все происходит в трехмерном пространстве, но принцип вычислений используется тот же.



Расстояние до спутников рассчитывается простейшей формулой — умножением скорости света (скорость распространения радиоволн) на время прохождения сигнала от спутника до приемника. Полученная величина и будет искомым расстоянием. При этом для вычисления времени необходима точнейшая синхронизация часов космического аппарата с часами принимающего устройства, так как разница даже в 0.0000003 секунды впоследствии вызывает ошибку равную 100 метрам. Для этого на каждом спутнике установлено четверо точнейших атомных часов. Стоит отметить, что одни такие часы стоят порядка 100000\$. Но даже они могут содержать отклонения от эталонного времени. Что же говорить об обычных кварцевых часах, установленных непосредственно в принимающих устройствах, тут возможность погрешности в разы больше. Именно поэтому для точного определения координат нужно не три, а четыре спутника. Последний как раз и призван нивелировать временные ошибки первых трех.

Важно знать, что GPS приемник является лишь приемником сигналов от спутника, который ни при каких условиях не может передавать данные на спутник. Поэтому он только лишь принимает сигнал, подобно радиоприемнику.

#### Особенности работы GPS-приемников

Для определения координат GPS-приемнику необходимы данные с орбитальных спутников. Однако их получение и обработка требуют некоторого времени — от нескольких секунд до десятка минут. Попробуем разобраться, от чего зависит это время. В первую очередь, от наличия в приемнике альманаха и эфемерид. Альманах — это данные, передаваемые спутником и содержащие информацию о параметрах орбит всех спутников. С его помощью можно лишь приблизительно вычислить их местоположение. Альманах постоянно обновляется, так как передается каждым спутником, входящим в систему GPS. Время его актуальности составляет 2-3 месяца. Это связано с тем, что в работу спутников ежедневно вносятся корректировки, и по прошествии такого длительного времени погрешность будет слишком велика. Эфемериды, в отличие от альманаха, содержат более точные данные о местоположении спутников, но время их действия составляет не более 4-6 часов. От наличия этих двух типов данных и зависит время старта приемника.

Существует три типа стартов — «Холодный», «Теплый» и «Горячий».

«Холодный старт» — альманах и эфемериды неизвестны, в современных устройствах занимает несколько минут. «Теплый старт» — альманах известен, а эфемериды нет, длится не более минуты. «Горячий старт» — известны и альманах, и эфемериды, занимает несколько секунд. Определить, какой из стартов используется в данный момент, очень просто: если вы включаете приемник первый раз за 3 месяца, то это будет «холодный старт», если с момента последнего использования устройства прошло более 6 часов, то это будет «теплый старт», если менее 4 часов, то «горячий». Стоит отметить, что указанные нами данные о приблизительном времени стартов характерны исключительно для современных устройств, оснащенных наиболее популярным сегодня чипсетом SIRF StarIII. Если ваш приемник оснащен другим чипом, то это время может отличаться в несколько раз, причем как в худшую сторону, так и в лучшую.

Не стоит забывать и об ошибках, которые могут возникнуть в реальных условиях. В первую очередь на точность определения влияет рельеф местности. Если вы находитесь в зоне плотной застройки, то вероятность ошибки возрастает в разы, так как на полезный сигнал нередко накладывается отраженный, снижая, таким образом, точность позиционирования. Также немалое влияние оказывают погодные явления, например, дождь или снег. Не стоит забывать и про такие банальные источники помех, как листва деревьев, бытовые радиоприборы, кузов автомобиля и даже человеческое тело. Как раз все эти факторы и вынуждают использовать не четыре спутника, которых, в теории, достаточно для определения координат, а намного больше, дополнительно применяя при этом сложнейшие алгоритмы расчетов устранения ошибок, вызванных помехами.



## ГЛОНАСС

Официально начало работ по созданию ГЛОНАСС было положено в декабре 1976 года специальным постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР. Данный проект являлся продолжением развития отечественной навигационной спутниковой системы, начатой программой «Циклон».

4 апреля 1991 года в составе ГЛОНАСС в двух орбитальных плоскостях оказалось одновременно 12 работоспособных спутников системы и 24 сентября 1993 года система была официально принята в эксплуатацию Министерством обороны России. В этом же году США вывели на орбиту последний 24-й спутник

В дальнейшем вследствие недостаточного финансирования, а также из-за малого срока службы, число работающих спутников сократилось к 2001 году до 6.

В августе 2001 года была принята федеральная целевая программа «Глобальная навигационная система», согласно которой полное покрытие территории России планировалось уже в начале 2008 года, а глобальных масштабов система достигла бы к началу 2010 года

В 2002 году был осуществлён переход на обновлённую версию геоцентрической системы координат ПЗ-90 — ПЗ-90.02.

С 2004 года запускаются новые КА Глонасс - М, которые транслируют два гражданских сигнала на частотах L1 и L2.

В 2007 году проведена 1-я фаза модернизации наземного сегмента, вследствие чего увеличилась точность определения координат. Во 2-й фазе модернизации наземного сегмента на 7 пунктах наземного комплекса управления устанавливается новая измерительная система с высокими точностными характеристиками. В результате этого к концу 2010 года увеличится точность расчёта эфемерид и ухода бортовых часов, что приведёт к повышению точности навигационных определений.

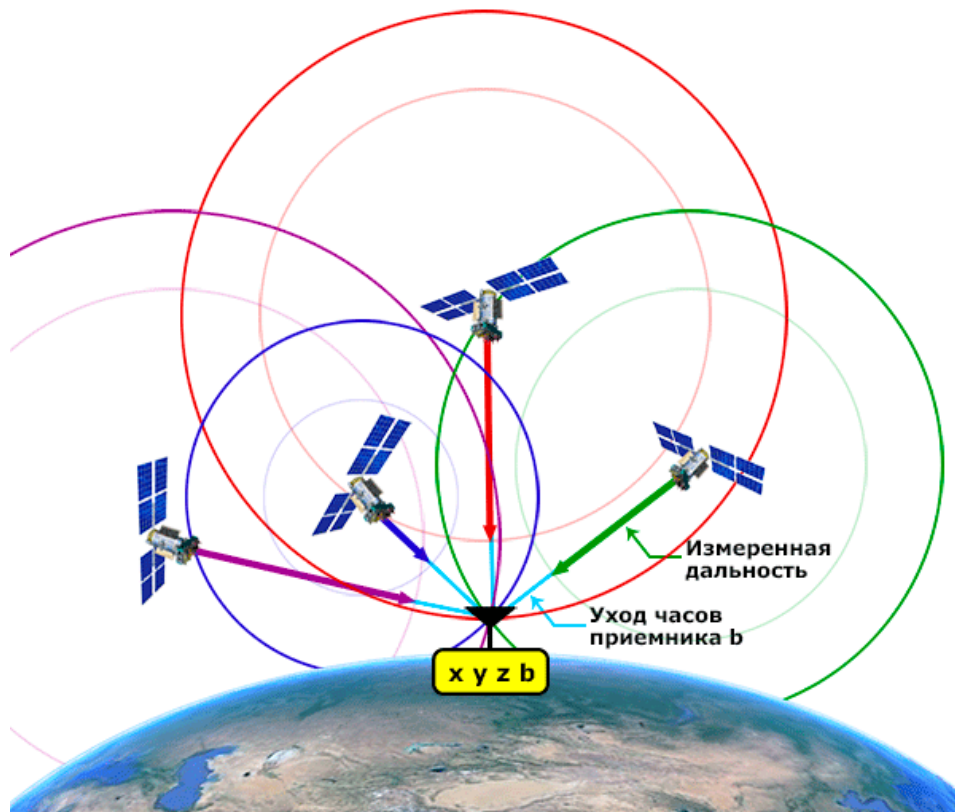
29 января 2009 года было объявлено, что первым городом страны, где общественный транспорт в массовом порядке будет оснащён системой спутникового мониторинга на базе ГЛОНАСС, станет Сочи. На тот момент ГЛОНАСС-оборудование производства компании «М2М телематика» было установлено на 250 сочинских автобусах

7 декабря 2015 года было объявлено о завершении создания системы ГЛОНАСС. Готовая система была направлена на заключительные испытания Минобороны РФ.

Основой системы являются 24 спутника, движущихся над поверхностью Земли в трёх орбитальных плоскостях с наклоном орбитальных плоскостей  $64,8^\circ$  и высотой орбит 19400 км. Принцип измерения аналогичен американской системе навигации NAVSTAR GPS. Основное отличие от системы GPS в том, что спутники ГЛОНАСС в своём орбитальном движении не имеют резонанса (синхронности) с вращением Земли, что обеспечивает им большую стабильность. Таким образом, группировка КА ГЛОНАСС не требует дополнительных корректировок в течение всего срока активного существования. Тем не менее, срок службы спутников ГЛОНАСС заметно короче.

В настоящее время развитием проекта ГЛОНАСС занимается Роскосмос и ОАО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем». Для обеспечения коммерциализации и массового внедрения технологий ГЛОНАСС в России и за рубежом постановлением Правительства РФ в июле 2009 года был создан «Федеральный сетевой оператор в сфере навигационной деятельности», функции которого были возложены на ОАО «Навигационно-информационные системы». В 2012 году федеральным сетевым оператором в сфере навигационной деятельности определено Некоммерческое Партнёрство «Содействие развитию и использованию навигационных технологий»

## Принцип действия



Современная спутниковая навигация основывается на использовании принципа беззапросных дальномерных измерений между навигационными спутниками и потребителем. Это означает, что потребителю передается в составе навигационного сигнала информация о координатах спутников. Одновременно (синхронно) производятся измерения дальностей до навигационных спутников. Способ измерений дальностей основывается на вычислении временных задержек принимаемого сигнала от спутника по сравнению с сигналом, генерируемым аппаратурой потребителя.

На рисунке приведена схема определений местоположения потребителя с координатами  $x$ ,  $y$ ,  $z$  на основе измерений дальности до четырех навигационных спутников. Цветными яркими линиями показаны окружности, в центре которых расположены спутники. Радиусы окружностей соответствуют истинным дальностям, т.е. истинным расстояниям между спутниками и потребителем. Цветные неяркие линии – это окружности с радиусами, соответствующими измеренным дальностям, которые отличаются от истинных и поэтому называются псевдодальностями. Истинная дальность отличается от псевдодальности на величину, равную произведению скорости света на уход часов  $b$ , т.е. величину смещения часов потребителя по отношению к системному времени. На рисунке показан случай, когда уход часов потребителя больше нуля – то есть часы потребителя опережают системное время, поэтому измеренные псевдодальности меньше истинных дальностей.

## Космический сегмент

Космический сегмент, состоящий из навигационных спутников, представляет собой совокупность источников радионавигационных сигналов, передающих одновременно значительный объем служебной информации. Основные функции каждого спутника – формирование и излучение радиосигналов, необходимых для навигационных определений потребителей и контроля бортовых систем спутника.

## Наземный сегмент

В состав наземного сегмента входят космодром, командно-измерительный комплекс (КИК) и центр управления. Космодром обеспечивает вывод спутников на требуемые орбиты при первоначальном развертывании навигационной системы, а также периодическое восполнение спутников по мере их выхода из строя или выработки ресурса. Главными

объектами космодрома являются техническая позиция и стартовый комплекс. Техническая позиция обеспечивает прием, хранение и сборку ракет-носителей и спутников, их испытания, заправку и состыковку. В число задач стартового комплекса входят: доставка носителя с навигационным спутником на стартовую площадку, установка на пусковую систему, предполетные испытания, заправка носителя, наведение и пуск.

Командно-измерительный комплекс служит для снабжения навигационных спутников служебной информацией, необходимой для проведения навигационных сеансов, а также для контроля и управления ими как космическими аппаратами.

Центр управления, связанный информационными и управляющими радиопередачами с космодромом и командно-измерительным комплексом, координирует функционирование всех элементов спутниковой навигационной системы.

#### Пользовательский сегмент

В пользовательский сегмент входит аппаратура потребителей. Она предназначена для приема сигналов от навигационных спутников, измерения навигационных параметров и обработки измерений. Для решения навигационных задач в аппаратуре потребителя предусматривается специализированный встроенный компьютер. Разнообразие существующей аппаратуры потребителей обеспечивает потребности наземных, морских, авиационных и космических (в пределах ближнего космоса) потребителей.

#### Минимальное количество видимых спутников для определения местоположения пользователя

В идеальном варианте, когда измерения производятся точно и показания часов спутников и потребителя совпадают для определения положения потребителя в пространстве достаточно произвести измерения до трех навигационных спутников.

В действительности показания часов, которые входят в состав навигационной аппаратуры потребителя, отличаются от показаний часов на борту навигационных спутников. Тогда для решения навигационной задачи к неизвестным ранее параметрам (три координаты потребителя) следует добавить еще один - смещение между часами потребителя и системным временем. Отсюда следует, что в общем случае для решения навигационной задачи потребитель должен «видеть», как минимум, четыре навигационных спутника.

Впрочем, на практике все не так гладко. Каждый из нас отлично знает, что точность навигации далека от идеальной – она может ошибаться и на 10, и на 100 м. И на это есть свои причины.

Во-первых, геометрия спутников далека от совершенства. Под геометрией в данном случае понимается расположение объектов по отношению друг к другу. Даже если приемное устройство «видит» все четыре спутника, они могут располагаться в одном направлении (например, на востоке), в итоге погрешность может составлять до 150 метров из-за «однообразности» сигнала.

Во-вторых, при пасмурной погоде или в черте города с высотными зданиями, сигнал может идти не напрямую, а отражаться от ряда объектов.

В-третьих, существует искусственное ограничение точности в целях безопасности, которое стало своеобразной платой за то, что военные поделились своими технологиями.

В-четвертых, точность данных также напрямую зависит от качества прибора мониторинга

#### Альтернативные спутниковые системы навигации

EGNOS (англ. European Geostationary Navigation Overlay Service) — европейская геостационарная служба навигационного покрытия. EGNOS предназначена для улучшения работы систем GPS, ГЛОНАСС и Galileo на территории Европы. Зона действия EGNOS охватывает всю Европу, север Африки и небольшую европейскую часть России. Система состоит из сети наземных станций, главной станции, которая аккумулирует информацию от спутников GPS, ГЛОНАСС и Galileo, и геостационарных спутников EGNOS, через которые эта информация транслируется на GPS-приёмники, поддерживающие приём дифференцированных поправок.

ГАЛИЛЕО (Galileo) — совместный проект спутниковой системы навигации Европейского союза и Европейского космического агентства, является частью транспортного проекта Трансевропейские сети (англ. Trans-European Networks). Система предназначена для решения геодезических и навигационных задач. В последнее время всё больше производителей GNSS-оборудования интегрируют в свои спутниковые приемники и антенны возможность принимать и обрабатывать сигналы со спутников Галилео, этому способствует достигнутая договорённость о совместимости и взаимодополнении с системой NAVSTAR GPS третьего поколения. Финансирование проекта будет осуществляться в том числе за счёт продажи лицензий производителям приёмников.

Помимо стран Европейского Союза, в проекте участвуют: Китай, Израиль, Южная Корея, Украина. Кроме того, ведутся переговоры с представителями Аргентины, Австралии, Бразилии, Чили, Индии, Малайзии

БЭЙДОУ Китайская спутниковая система навигации. Планируется, что космический сегмент навигационной спутниковой системы БЭЙДОУ будет состоять из 5 спутников на геостационарной орбите, 3 спутников на геосинхронной орбите (с наклоном  $55^\circ$ ) и 27 спутников на средней околоземной орбите (~21 500 км).

Система была запущена в коммерческую эксплуатацию 27 декабря 2012 как региональная система позиционирования, при этом спутниковая группировка составляла 16 спутников. Планируется, что на полную мощность система выйдет к 2020 году. Китайские представители также отметили, что ещё предстоит урегулировать вопросы, касающиеся частотных диапазонов, с российской, американской и европейской сторонами, которые также владеют спутниковыми навигационными группировками

#### Вывод

В настоящее время точность определения координат системой ГЛОНАСС несколько отстаёт от аналогичных показателей для GPS. На 2012 года ошибки навигационных определений ГЛОНАСС по долготе и широте составляли 3—6 м (в зависимости от точки приёма). В то же время ошибки GPS составляли 2—4 м.

При использовании обеих навигационных систем происходит существенный прирост точности. Европейский проект EGNOS, использующий сигналы обеих систем, даёт точность определения координат на территории Европы на уровне 1,5—3 метров.

#### Литература

- <http://sts-51.ru/index.php/navigatsiya/materials-about/73-fort-news3>
- <https://science.dirty.ru/statia-posviashchena-gps-v-nei-na-paltsakh-obiasniaetsia-printsip-raboty-etoj-tehnologii-423228/>
- <https://www.glonass-iac.ru/guide/navfaq.php>
- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Галилео\\_\(спутниковая\\_система\\_навигации\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Галилео_(спутниковая_система_навигации))
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/Бэйдоу>

УДК 62-1/-9

## АККУМУЛЯТОРЫ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Трахимович И.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежов В.Д.

Существует достаточно большое количество электрических автомобилей, которые питаются частично или полностью от электричества, которое соответственно берется от батарей на борту ТС. Главные параметры, в которые безусловно входит максимальное расстояние, которое может преодолеть электрокар на одной зарядке и скорость зарядки аккумуляторов зависят от типа применяемых батарей.

В настоящее время в большинстве электромобилей чаще всего используют литий-ионные аккумуляторы.

Литий-ионный аккумулятор состоит из электродов (катодного материала на алюминиевой фольге и анодного материала на медной фольге), разделённых пропитанными электролитом пористыми сепараторами. Электролит представляет собой гелеобразную массу, в состав которой входят соли лития. Электролитом пропитываются так называемые сепараторы – конструкции, имеющие пористую структуру. Электроды и сепараторы размещаются в герметичном корпусе. Для токосъёма предусмотрены присоединительные клеммы. Корпус аккумулятора снабжён предохранительным клапаном избыточного давления, срабатывающим в аварийных ситуациях. Переносчиком заряда в литий-ионном аккумуляторе является положительно заряженный ион лития, который имеет способность внедряться в кристаллическую решётку других материалов (например, в графит, окислы и соли металлов) с образованием химической связи.

Преимущества:

1. наибольшая плотность энергии из всех разновидностей аккумуляторов – как объёмная, так и весовая
2. напряжение питания на элементе - 3,6В, что в 3 раза выше, чем у NiMH и NiCd аккумуляторов и почти в 2 раза выше, чем для свинцово-кислотных аккумуляторов
3. быстрый процесс заряда батарей - до 90% емкости за 30-40 минут
4. высокий показатель ресурса - свыше 1000 циклов разряда/заряда
5. низкий показатель саморазряда - до 5% в месяц
6. дружелюбность окружающей среде - могут утилизироваться без предварительной переработки

Недостатки:

1. возможность взрыва при механическом повреждении или перезарядке аккумулятора
2. достаточно быстрое старение аккумулятора - большинство аккумуляторов резко снижают свои характеристики при хранении или использовании более 5 лет
3. высокая стоимость, но над этим параметром усиленно работают китайские производители

Старейший тип так называемых современных батарей, Ni-MH, по-прежнему используется во многих современных электрокарах, хотя литий-ионные аккумуляторы медленно начали вытеснять их со всех основных направлений, говорим мы о гибридах, плагин-гибридных автомобилях или полностью электрических транспортных средствах, везде виден переход на более современную систему хранения энергии.

В отличие от Li-ионов, никель-металлогидридные аккумуляторы используют водород, никель и титан или подобный ему металл для хранения энергии. Использование водорода в виде гидридов металлов позволило снизить вес и объём батарей, также снизилась и опасность взрыва батареи при перегреве. Это и делает их гораздо более дешёвыми в производстве по сравнению с первым типом аккумуляторов, но, так как все больше



автопроизводителей переходят на использование литий-ионных батарей (Tesla, например), большая разница в ценах должна сократиться.

Преимущества:

1. большая емкость на 40% и более, чем обычные NiCd батареи
2. меньшая выраженность эффекта "памяти" - циклы обслуживания батареи можно проводить в 2-3 раза реже
3. простая возможность транспортировки - авиакомпании перевозят без всяких предварительных условий
4. экологически безопасны - возможна переработка

Недостатки:

1. ограниченное время жизни батареи - обычно около 500 циклов полного заряда/разряда (хотя в зависимости от режимов работы могут быть различия в разы).
2. эффект памяти - NiMH батареи требуют периодической тренировки (цикла полного разряда/заряда аккумулятора)
3. Относительно малый срок хранения батарей - обычно не более 3х лет, после чего теряются основные характеристики. Хранение в прохладных условиях при частичном заряде в 40% замедляют процесс старения батарей.
4. Высокий саморазряд батарей
5. Ограниченная мощностная емкость - при превышении допустимых нагрузок уменьшается время жизни батарей.
6. Плохая переносимость высоких температур (свыше 25-30 по Цельсию)

Кобальт Диоксид, фосфат железа ( $\text{FePO}$ ) и литий-фосфат железа ( $\text{LiFePO}_4$ ), литий-воздух ( $\text{Li-Air}$ ), литий-полимерная система ( $\text{LiPo}$ ), никель-кобальт-марганец (NCM), никель-кобальт-алюминий (NCA) и оксид марганца ( $\text{MnO}$ )- это лишь некоторые из типов аккумуляторов, которые могут появиться в серийных электромобилях в будущем.

Аккумуляторы известных электромобилей:

Аккумулятор Tesla Model S:

Литий-ионный аккумулятор имеющий емкость 85 кВт·час Этого аккумулятора хватает, чтобы преодолеть расстояние равное 426 км. Батарея состоит из 16 блоков и располагается вдоль днища автомобиля, что дополнительно повышает торсионную жесткость и безопасность. Таким образом, такое расположение аккумулятора позволяет снизить центр тяжести авто до 45 см.

- Емкость батареи: 85 кВт·ч
- Запас хода до полной зарядки: 426 км
- Ресурс: 7 лет или 160 тыс. км
- Габариты батареи: Длина — 2.1 м, Ширина — 1.2 м, Высота — 15 см
- Вес батареи: ~450 кг
- Полный цикл зарядки (220 В) - 8 часов
- Энергопотребление: 27.7 кВт\*ч на 100 км

Аккумулятор Nissan-leaf:

Литий-ионная батарея для электромобиля собрана из 192 ячеек. Её состав (согласно пресс релизу): манганат лития на положительном электроде графит на отрицательном электроде. Масса батареи около 600 фунтов (270 кг) и расположена она под передними сиденьями. Ёмкости батареи 24 кВт·ч и возможностей рекуперативного торможения хватает (по оценкам представителей Nissan) на 175 км пробега. Жизненного цикла батарей, по предварительным оценкам, должно быть достаточно минимум на 5 лет. Полный цикл заряда аккумуляторов от бытовой электросети с напряжением 220 вольт и силой тока 30 ампер длится порядка 8 часов, 80 % ёмкости на специальном зарядном устройстве Nissan (480 вольт — 125 ампер) восполняются за 30 минут.

- Масса батареи - 270 кг



- Емкость батареи - 24 кВт·ч
- Длина пробега на полной зарядке - 175 км
- Жизненный цикл - 5 лет
- Полный цикл зарядки (220 В) - 8 часов
- Полный цикл зарядки (480 В, 125 Ампер) - 30 минут
- Энергопотребление - 765 кДж/км (21 кВт·ч/100 км)

Аккумулятор bmw-i3:

Аккумулятор BMW i3 рассчитан на питание от 22 киловатт-час, полезная емкость составляет около 19 киловатт-часов, 204 кг весом ионно-литиевая батарея, смонтированная в плоском модуле из алюминия. Этого запаса энергии хватает на 130–200 км пробега. Точное значение зависит от ездового цикла и включённого режима экономии. 80-процентное пополнение батареи от 50-киловаттного устройства экспресс-зарядки занимает менее 30 минут. А зарядка аккумулятора с нуля до 100% от простой бытовой розетки требует 8 часов. В европейском смешанном цикле BMW i3 потребляет всего 12 кВт·ч электричества на 100 км пробега.

- Масса батареи - 204 кг
- Емкость батареи - 22 кВт·ч
- Длина пробега на полной зарядке - 160 км
- Жизненный цикл - 5 лет
- Время зарядки 80% аккумулятора от 50кВт устройства экспресс-зарядки - 30 минут
- Время зарядка аккумулятора с нуля до 100% от простой бытовой розетки – 8 часов
- Энергопотребление - 12 кВт·ч/100 км)

#### Литература

1. <http://autotesla.ru/auto-tesla/akkumulyatory-tesla/akkumulyator-tesla-model-s-chto-vnutri-razbiraem.html>
2. <http://www.1gai.ru/publ/516324-vidy-akkumulyatorov-ih-preimuschestva-i-slabye-storony.html>
3. <http://mynissanleaf.ru/viewtopic.php?id=44>
4. <http://tesla-avtomobil.ru/tesla-model-s/tehnicheskij-obzor-elektromobilya-tesla-model-s/>

УДК 62-838

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДА В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Харченко К.Г.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежов В.Д.

Современная наука создала множество альтернативных источников энергии вплоть до двигателя ядерного распада в ваших машинах. Но большинство из этих технологий пока что представляют собой концепты без возможности реального применения. По крайней мере, так было до недавнего времени.

С каждым годом машиностроительные компании выпускают всё больше машин, работающих на альтернативных источниках питания. Одним из самых эффективных решений в данном контексте является водородный двигатель от бренда «ТОУОТА». Он позволяет полностью забыть про бензин, делая автомобиль экологичным и дешёвым транспортом

Сейчас существует два типа водородных двигателей, которые могут быть рентабельными и производительными.

К первому типу относятся водородные двигатели внутреннего сгорания, работающие полностью на водородном топливе или, когда 5-10 процентов водорода добавляют к основному топливу. В обоих случаях КПД увеличивается (70-75 %) и выхлоп становится чище. Принцип работы таких устройств сильно напоминает пропановые модели. Именно поэтому их часто перенастраивают для работы под водород. К сожалению, КПД подобных устройств на порядок ниже тех, что функционируют на топливных элементах.

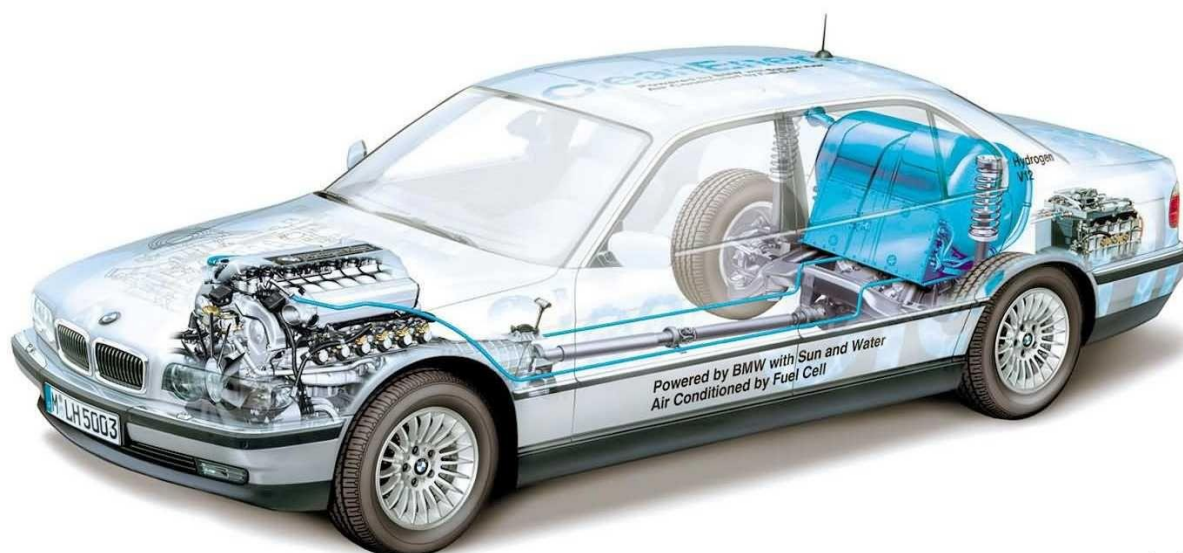
Второй тип водородного двигателя работает на топливных элементах. Внутри элемента происходит реакция, в которой принимают участие водород и кислород. В результате химического взаимодействия вырабатывается мощная энергия, которая питает электромотор. К сожалению, водородные двигатели данного типа до сих пор имеют высокую стоимость. Дело в том, что в конструкции содержатся дорогие материалы вроде платины

На данный момент тяжело сказать, какая из двух технологий по созданию водородных двигателей победит. У каждой есть свои плюсы и минусы. В любом случае работы в данном направлении не прекращаются. Поэтому, вполне возможно, что к 2030 году машину с водородным двигателем можно будет купить в любом автосалоне.

Первый тип двигателей имеет ряд нюансов. Внушительный нагрев и сжатие заставляют газ реагировать с металлическими составляющими агрегата и смазочной жидкостью. А при утечке, контактируя с раскалённым выпускным коллектором, конечно, он воспламеняется. Учитывая это, нужно использовать моторы роторные, у которых выпускной коллектор на приличном расстоянии от впускного, что снижает вероятность воспламенения. Также система зажигания требует некоторых изменений. И агрегат на водороде с внутренним сгоранием уступает по КПД электродвигателю на водородных элементах.

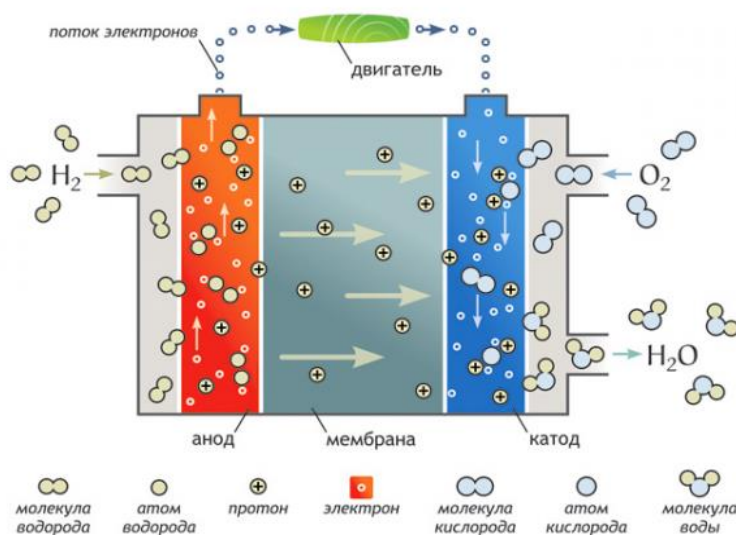
Отличным примером автомобиля с водородным двигателем может служить экспериментальный седан BMW 750hL, выпускающийся ограниченной серией и доступный покупателям. В нем установлен 12-ти цилиндровый двигатель, работающий на ракетном топливе (водород + кислород), позволяющий разогнаться до 140 км/ч.

Сжиженный водород хранится в специальном баке при низкой температуре. Запаса водорода хватает примерно на 300 километров. В случае если он израсходован, двигатель автоматически переключается на питание от дополнительного бака с бензином.



dec-fis-em

Основной движущей силой для второго типа двигателя автомобиля является электрохимический генератор (некий топливный элемент).



В корпусе водородно-кислородного топливного элемента установлена мембрана, проводящая только протоны. Она разделяет две камеры с электродами - анодом и катодом. В камеру анода подведен водород, а в камеру катода кислород. Каждый электрод покрыт слоем катализатора, к примеру, платиной. Молекулярный водород под воздействием катализатора, нанесенного на анод, теряет электроны. Протоны проводятся через мембрану к катоду, и под воздействием катализатора соединяется с электронами (поток электронов подводится извне), в результате чего образуется вода. Электроны из камеры анода уходят в электрическую цепь, подсоединенную к аккумуляторной батарее, которая в свою очередь питает электромотор, то есть создается электрический ток. КПД данных типов двигателей порядка 90 %. Однако для того, чтобы двигатель на водородных элементах работал в постоянном режиме, помимо прочего, ему нужны объёмные аккумуляторы и преобразователи. А в том виде, в котором они доступны сейчас, используется слишком много места для них. Здесь при изготовлении нужен принципиально новый подход. Топливные элементы ещё слишком дорогие. Пока только ведётся поиск альтернативных материалов для их производства.

#### Выгодные аспекты

1. Бесплатное сырьё — вода, из которой газ можно брать бесконечно;
2. Во время реакции, получаемые вещества вреда экологии не доставляют;
3. Колоссальная горючесть газа позволяет силовой установке бесперебойно работать при любых атмосферных показателях: как минусовых, так и плюсовых температурах;

4. Детонация при сгорании водородной смеси в разы ниже, чем у бензина, что снижает шумы и вибрацию при работе агрегата;

Для массового перехода на водород в качестве топлива существует целый ряд технологических и экологических препятствий. Производство водородного топлива на сегодняшний день обходится в 4 раза дороже, чем производство бензина.

Да и сам процесс получения водорода из воды пока еще обходится слишком дорого. Поэтому основной его объем в настоящее время производится из метана. С большими затратами связана его транспортировка и хранение из-за летучести. Требуется специальные заправки, к которым применяются совсем другие требования.



В случае массового внедрения таких силовых установок, резко увеличится количество водорода в атмосфере, что может привести к разрушению озонового слоя Земли, так как водородные двигатели выделяют значительно больше оксидов азота, чем бензиновые. Основным минус данного вида транспорта заключается в том, что водородный двигатель более взрывоопасен, чем классические дизельные и бензиновые аналоги. Уровень коммерческой окупаемости таких силовых установок просматривается лишь в отдаленной перспективе. Однако точно такие же проблемы в свое время возникали в период развития бензиновых, электрических и газовых двигателей. Эксперты говорят, что обслуживание подобной установки будет более затратным, чем, например, ремонт дизельного. Ну и, конечно же, отсутствие водородных заправочных станций. В мире таких лишь единицы, потому использовать сейчас такие автомобили весьма трудно. Тем более что заправить такую машину можно только при помощи специального оборудования.

На данный момент TOYOTA вывела на рынок новинку, доступную для всех-MIRAI.

Водородный двигатель в результате химической реакции взаимодействия водорода и кислорода вырабатывает электроэнергию, передаваемую на электродвигатель, мощностью 154 л.с., который приводит в движение передние колеса автомобиля. Для начала водородное чудо появится в самой Японии и около года будет доступна лишь там. К осени 2015 года начнутся первые поставки на территорию США. Там за машину придется отдать около 58 тысяч долларов.

#### Литература

1. <http://365cars.ru/istoriya/vodorodnyiy-dvigatel.html>
2. <https://blamper.ru/auto/wiki/dvigatel/vodorodnyy-dvigatel-3019>
3. <http://mashintop.ru/articles.php?id=2213>
4. <https://geektimes.ru/post/242987/>

УДК 004.946

## ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Каранкевич В.В., Таранчук А.С.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Ежов В.Д.

Представьте на минуту, что любые расстояния для вас потеряли свою непреодолимость, любые желания получили моментальное исполнение, а все красоты мира стали доступны по простому нажатию кнопки или двух. Как же это реально?

Виртуальная реальность – это созданный техническими средствами мир, в котором человек ощущает себя близко к тому, как он себя ощущает в реальном мире. Степень того насколько человек ведет и ощущает себя в виртуальной реальности – это степень погружения. Технологии виртуальной реальности развиваются постоянно. Одной из первых таких технологий можно считать кинематограф, а одними из последних применение технологий видео захвата, стерео видео и шлемов виртуальной реальности. Также широкое распространение и внедрение таких технологий порождает множество совершенно особых проблем и тенденций, с которыми человечество не сталкивалось ранее и которые не могут быть оставлены без внимания.

Современная технология виртуальной реальности началась с попытки соединить визуальное восприятие с восприятием движения и звука. Ее первоначальное применение предшествует изобретению компьютера. Это был летный тренажер, в исходной модели которого использовались движущаяся картинка и пневматические передачи, подобные органным трубам. Рычажный тренажер марки «ЛинкТрэйнер», запатентованный в 1929 году, заставлял моделирующее устройство двигаться, вращаться, падать, изменять курс и таким образом создавал удовлетворительное ощущение движения. А в 1956 году МортонХейлиг создал экспериментальный театр «Sensorama», в котором при демонстрации фильма о поездке имитировались тряска, шум, порывы ветра, дым, запахи. Были и другие попытки разработки различных средств имитации, при помощи которых человек мог получить ощущение псевдо реальности некой искусственно созданной среды.

В отличие от устройств «дополненной реальности», надев очки или шлем «виртуальной реальности», человек полностью погружается в виртуальный мир. На данный момент можно выделить два основных типа устройств для погружения в виртуальную реальность:

1. Очки для использования со смартфоном; Уже сейчас существует немало приложений для устройств виртуальной реальности. После того, как вы скачаете программное обеспечение на ваш смартфон и запустите приложение, то увидите, что экран разделился на две части. Именно по такому принципу и работают все устройства виртуальной реальности. Мы решили рассмотреть устройство очков виртуальной реальности для смартфонов на примере очков VRBOX 2. Технические характеристики вы можете увидеть на слайде. VR-очки акул бизнеса напичканы своим собственным железом – процессорами, видеокартами, динамиками, дорогими линзами и дисплеем высокого разрешения. Конструкция VR шлемов куда строже в этом плане, самый дорогой элемент их очков – высококачественные линзы. В конструкции присутствуют два ползунка, один позволяет настроить дальность линз, а второй межлинзовое расстояние. Таким образом, вы не будете испытывать дискомфорта. Электроника внутри и вовсе отсутствует.

2. Очки/шлемы, которые подключаются к компьютеру. В комплекте к Окьюлусу идёт комплект из трёх наборов линз. Легко можно отрегулировать фокусное расстояние. Очки виртуальной реальности обладают углом обзора в 110°. Датчик перемещения модели для разработчиков работает с частотой 1000 герц. Очки разбираются очень просто. Внутри скрывается основная часть очков — 7-дюймовый экран Innolux HJ070IA-02D. В версии для разработчиков дисплей имеет разрешение 1280×800. На задней стороне дисплея расположен контроллер Nimax HX8851. За дисплеем располагается плата датчика перемещения, специально оптимизированная для низких задержек. Используется микроконтроллер



STMicroelectronics 32F103C8 ARM Cortex-M3 с 72 МГц процессором, шестиосный контроллер движений (гиро и акселерометр) Invensense MPU-6000 и A983 2206 — предположительно, трёхосный магнитометр, используемый для коррекции погрешностей. Сзади выведены контактные площадки для тестирования неисправностей. Для полного погружения в виртуальную реальность, VR шлемы снабжаются специальными датчиками для отслеживания движений и перемещений головы и других частей тела в пространстве.

Популярные виды трекинговых систем:

1. Отслеживание головы;
2. Айтрекинг — отслеживание движений глаз;
3. Моушн трекинг — отслеживание движений тела, положения в пространстве, дублирование действий человека в виртуальном пространстве;
4. Wiredgloves — отслеживание движений рук;
5. 3D контролеры.

Отслеживание головы подразумевает, что, когда вы носите VR-гарнитуру, картина перед вами двигается в соответствии с тем, как вы посмотрите вверх, вниз или из стороны в сторону. Система называется 6DoF (шесть степеней свободы).

Технология отслеживания головы для успешной работы требует низкую задержку – мы говорим о цифре 50 мс или меньше, в ином случае пользователь будет ощущать отставание кадров в момент поворота головы. OculusRift имеет впечатляюще минимизированное отставание всего на 30 миллисекунд.

Отслеживание головы – это одно сплошное преимущество. Тут в ход вступает второй важнейший аспект погружения – отслеживание движений. Ведь, когда вы одеваете на голову VR-гарнитуру, то первое, что вы хотите сделать, это увидеть свои руки в виртуальном пространстве.

Для этого существует несколько устройств. Одним из первых аксессуаров, позволяющих отслеживать движения рук, является LeapMotion. Устройство использует инфракрасный датчик и присоединяется к гарнитуре виртуальной реальности.

Стоит также отметить технологию Valve Lighthouse и контроллеры HTC для гарнитуры Vive. Устройство включает в себя две базовые станции в частях комнаты, которые пускают через комнату лазеры. Они в свою очередь обнаруживают точное положение вашей головы и рук, и передают информацию на датчики в самой гарнитуре или портативном контроллере.

Отслеживание глаз, пожалуй, является последним кусочком этой головоломки. Функция не доступна на OculusRiftDK 1, HTC Vive или PlaystationVR, но ее предлагает достаточно перспективная гарнитура FOVE. Также SMI интегрировали систему трекинга глаз в систему виртуальной реальности OculusRift DK 2. ИК-датчик анализирует, куда смотрят ваши глаза внутри гарнитуры. В стандартных VR-гарнитурах все выглядит довольно резко, что отличается от того, как мы привыкли смотреть на мир. Если наши глаза смотрят на объект на расстоянии, например, передний план будет размываться, и наоборот.

Главное средство взаимодействия с окружающим миром для человека – это его руки. Поэтому идея создания «виртуальной руки» существует уже очень давно. Для этого предлагается использовать – специальные перчатки отслеживающее движение кистей рук и пальцев. Пока, к сожалению, перчатки виртуальной реальности не достаточно удобны, а в ближайшее время, вероятно будут вытеснены устройствами подобными Leap 3D.

Для того, чтобы окунуться в мир виртуальной реальности обычных 2D контролеров (геймпадов, джойстиков и т.д.) будет явно недостаточно. Конечно, их вполне можно использовать, но для достижения большего эффекта уже во всю идут разработки 3D манипуляторов. Они совмещают в себе функции компьютерной мыши и клавиатуры, снабжены датчиком отслеживания движений, поэтому могут быть запросто использованы для управления в режиме VR. На слайде представлены самые интересные образцы.

Несомненно, что дальнейшее развитие и распространение виртуальных технологий способно привести к коренным изменениям в научно-технической сфере, а также повлечь за собой существенные социальные преобразования. Возможно, мы не можем даже представить



себе, каково будет в связи с этим истинное положение дел, допустим, через несколько десятилетий.

**Криминалистика.** Физическое присутствие представителей присяжных на месте преступлений не всегда оказывается уместным, поэтому часто сцену происшествия приходится рассматривать исключительно по фото- и видеозаписям. Однако одна британская исследовательская команда создает систему виртуальной реальности, которая позволит заменить стандартное оборудование при исследовании доказательств. Более десяти лет в Колледже Вильгельма и Марии проводились исследования, связанные с этим вопросом. Команда из Саффолдширского университета решила продолжить наработки в этом направлении и активно исследует различные платформы виртуальной реальности, в том числе и те, которые используются в современной игровой индустрии.

Суть заключается в том, что место преступления можно просканировать с помощью лазеров или запечатлеть на видео с помощью компактного дрона, а затем, на основе полученных данных, создать трехмерную сцену, по которой можно ходить, не боясь затоптать важные улики. Министерство юстиции Великобритании возлагает большие надежды на развитие относительно недорогой технологии, которая не только позволит снизить расходы на расследования, но и упростит их.

**Различное производство.** Одна из самых интересных разработок называется CAVE (Автоматическая виртуальная среда). Принцип такой. Берется специальная комната квадратной формы, каждая стена которой является проекционным трехмерным экраном. Пользователь, зайдя в комнату, надевает специальные очки и с их помощью может изучать различные 3D-объекты под всевозможными углами. В некотором роде перед нами виртуальная голографическая установка.

Прелесть в том, что эта технология уже используется некоторыми автопроизводителями. Отметилась, например, компания Ford. Они используют физические модели своих автомобилей, на которые накладываются виртуальные модели. Во-первых, такой подход позволяет избавиться от необходимости создавать несколько физических моделей, экономя большой объем средств на разработку, а во-вторых, таким образом различные недочеты в дизайне решаются гораздо проще и быстрее.

В Ford отмечают, что если бы не виртуальная реальность, то в новейшей линейке автомобилей компании могли быть упущены некоторые дизайнерские огрехи.

**Реклама.** Благодаря Интернету реклама стала более направленной и навязчивой. Однако люди в рекламной индустрии считают, что технологии виртуальной реальности способны сделать рекламу действительно интересной и полезной для потребителя.

Тон развития в этом направлении задала компания Google со своим устройством Cardboard – простенькими картонными очками со стереоскопическими линзами. Cardboard работает со смартфонами и обладает потенциалом использования в качестве легкого в производстве и дешевого средства для просмотра VR-контента.

Свой интерес в виртуальной реальности проявляют такие автопроизводители, как BMW и Volvo, предлагающие провести виртуальный тест-драйв и гонки на моделях своих новых автомобилей. Производители брендовой одежды тоже не остаются в стороне. Например, HugoBoss и Diog запустили свои маркетинговые кампании с использованием виртуальной реальности, которая позволяет людям «поприсутствовать» на показах мод, не выходя из дома. Конечно же, это только начало и в будущем нас ожидают еще более амбициозные и интересные проекты.

**Архитектура.** Игровые «движки» — это своеобразные каркасы, с помощью которых, при использовании специального программного обеспечения, игровые дизайнеры и программисты способны создавать уникальные цифровые миры. Чаще всего движки содержат информацию о реальных физических свойствах объектов, их механике и движении.

Пожалуй, одним из самых ярких примеров долгоживущих и податливых для изменений технологий физических движков является UnrealEngine, первая версия которого была представлена компанией EpicGames в далеком 1998 году для своей игры Unreal. Его

последняя версия имеет полную поддержку виртуальной реальности, поэтому неудивительно, что она нашла быструю популярность среди архитекторов. Некоторые вообще заявили, что это совершенно новый уровень и метод структурного дизайна.

Спортивные тренировки. В 2007 году стэнфордский игрок в американский футбол Дерек Белч был просто поражен работой профессора Джереми Бейленсона «Коммуникация 166: виртуальные люди». Предложенная Белчем чуть позже идея виртуального футбольного тренера оказалась слишком ранней для уровня технологий того времени.

Сегодня компания STRIVR Labs превратила идею Белча в полноценную систему, уже внедренную в несколько институтских тренировочных футбольных программ, а также профессиональную команду Dallas Cowboys. Система позволяет записывать трехмерное видео во время тренировки, а затем использовать его для пошагового инструктажа того же самого игрока, но уже со стороны.

Тренажер для военных. Объединенная приборостроительная корпорация (ОПК) создала тренажер с виртуальной реальностью для мотострелковых дивизий. Новая разработка позволяет отрабатывать сценарий реальной боевой задачи в полностью реалистичном трехмерном пространстве.

В рамках форума «Армия-2016» ОПК представила комплекс учебно-тренажерных средств для мотострелковых подразделений. Разработка позволяет в виртуальном режиме отрабатывать связь и огневое взаимодействие экипажей БТР и пехотинцев в условиях реального боя.

В военном тренажере используются трехмерная модель местности, очки виртуальной реальности, специальные коммутационные устройства связи и особые муляжи боевого оружия для взаимодействия с объектами виртуального мира.

Управление военной техникой. Вооруженные силы Норвегии решили использовать систему OculusRift для более совершенного управления движением танка в условиях реального боя.

Как передает норвежский телеканал TuTV, военные начали испытания новой встраиваемой системы из нескольких внешних камер, которые обеспечивают угол обзора 360 градусов. Картинка выводится на дисплей шлема виртуальной реальности OculusRift, в который одет танкист. Круговая панорама, выпрямленная с помощью компьютера, возникает прямо перед его глазами.

Майор Ола ПеттерОдден из армейской лаборатории рассказал о бесчисленных преимуществах OculusRift в плане обеспечения безопасности. Например, пилоту не нужно высовывать голову из люка, чтобы увидеть полную картину происходящего снаружи. А хорошая видимость пространства вокруг боевой машины повышает точность действий экипажа танка. Кроме того, OculusRift позволяет накладывать на изображение дополнительную информацию, которая может оказаться полезной в бою.

Симуляция хирургических операций. Вполне возможно, что в скором времени Монреальский неврологический институт станет выпускать самых лучших в мире нейрохирургов. Все дело в том, что здесь используется симулятор нейрохирургии NeuroTouchCranio, позволяющий неопытным студентам оттачивать свои навыки до мастерства без боязни каких-либо последствий для пациентов.

На создание этого симулятора подтолкнула не совсем положительная статистика хирургических ошибок в канадских больницах. И исправить положение как раз призвана вот такая система. Будучи и без того уникальным и сверхполезным инструментом для обучения будущих хирургов, система NeuroTouchCranio способна анализировать качество исполнения операций, давать на основе этого полезные рекомендации для улучшения навыков обучаемых и даже проводить оценку того, подходит ли человек для того, чтобы стать нейрохирургом.

Более того, в системе предусмотрен специальный режим, который позволяет выяснить, готовы ли студенты к стрессовым ситуациям, всегда возникающим при безнадежных случаях лечения.

Лечение фобий. Виртуальная реальность может быть безопасным инструментом для медленного и комфортного преодоления страхов пациентом. Программа под названием SpiderWorld была создана для избавления людей от арахнофобии. Пациенты помещались в виртуальную комнату с тарантулом и тренировались подходить к пауку как можно ближе, используя джойстик. В конце концов сенсор на руке давал им возможность ощутить прикосновение к пауку (на самом деле они трогали игрушечного паука). После этой процедуры уровень тревожности при встрече с пауками значительно снижался.

Лечение шизофрении. Один из самых необычных видов использования виртуальной реальности — это изучение и даже лечение шизофрении. Вы можете подумать, что помещение шизофреника в воображаемый мир — это плохая идея, которая даже звучит нелогично.

Прежде всего, шизофрению в виртуальной среде можно измерить так, как не получится в реальном мире. Как и многие психические заболевания, шизофрению следует понимать в социальном контексте. Но небезопасно или неэтично помещать шизофреника в атмосферу, которая может беспокоить его или спровоцировать опасную реакцию. Поэтому исследователи разработали инструменты виртуальной реальности специально для этого. Одна из программ имитирует поездку в метро, ученые могут наблюдать за реакцией пациента по отношению к нейтральным аватарам. К примеру, если пациент убежден, что один из виртуальных персонажей разговаривает с ним, это может говорить о высоком уровне паранойи. Также виртуальная реальность существенно облегчает лечение, поскольку можно анализировать опыт пациента, помещая его в одну и ту же ситуацию.

Помощь парализованным людям. Эффективность в лечении парализованных людей доказал удивительный эксперимент Мигеля Николелеса, нейроученого из Дьюкского университета (США) и его команды исследователей, которые использовали экзоскелет и шлем виртуальной реальности, позволившие квадроплегикам (люди с парализованными руками и ногами) вновь испытать чувство того, что они могут ходить.

В рамках эксперимента пациентов помещали в виртуальную среду, где они могли управлять своими конечностями с помощью экзоскелета. У всех восьми испытуемых было отмечено улучшение уровня сенсомоторики.

Как указывают исследователи, виртуализация сенсорной и мышечной активности заставляет нервную систему человека вновь активизировать свою работу после получения травмы. Несмотря на то, что ученые пока не совсем понимают, как это происходит, результаты действительно впечатляют. После годовой терапии у половины пациентов, принимавших участие в исследовании, наблюдается существенное улучшение моторных функций, вплоть до того, что некоторым меняют диагнозы от «полной парализации» до «частичной».

#### Литература

1. Дацюк С. Ноу-хау виртуальных технологий. URL: [http://www.zhurnal.ru/5/vir\\_tech.htm](http://www.zhurnal.ru/5/vir_tech.htm) 10.09.2004.
2. Антипенко Л.Г. Проблема физической реальности. Логико-гносеологич. анализ.- М.: Наука, 1973.- 262 с.
3. <http://www.furfur.me/furfur/culture/culture/177141-virtualnaya-realnost>
4. [https://www.erudition.ru/ref/id.36004\\_1.html](https://www.erudition.ru/ref/id.36004_1.html)
5. <http://oculus-rift.ru/virtual-reality-and-devices/>

УДК621.22

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

Волошин А.А., Юрковский В.Н.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Ежов В.Д.

Гидроэнергия, равно как и мускульная энергия людей и животных, а также солнечная энергия, используется очень давно. Упоминание об использовании энергии воды на водяных мельницах для помола зерна и дутья воздуха при выплавке металла относится к концу II в. до н. э. С течением столетий размеры и эффективность водяных колёс увеличились. В XI в. в Англии и Франции одна мельница приходилась на 250 человек. В это время сфера применения мельниц расширилась. Можно считать, что современная гидроэнергетика родилась в 1891 году. В этом году русский инженер Михаил Осипович Доливо-Добровольский, эмигрировавший в Германию по причине «политической неблагонадёжности», должен был продемонстрировать на электротехнической выставке во Франкфурте-на-Майне изобретённый им двигатель переменного тока. Этот двигатель мощностью около 100 киловатт в эпоху господства постоянного электрического тока сам по себе должен был стать гвоздём выставки, но изобретатель решил для его питания построить ещё и совершенно неожиданное по тем временам сооружение - гидроэлектростанцию. В небольшом городке Лауффен Доливо-Добровольский установил генератор трёхфазного тока, который вращала небольшая водяная турбина. Электрическая энергия передавалась на территорию выставки по невероятно протяжённой для тех лет линий передачи длиной 175 километров (это сейчас линии передач длиной в тысячи километров никого не удивляют, тогда же подобное строительство было единодушно признано невозможным). Всего за несколько лет до этого события виднейший английский инженер и физик Осборн Рейнольдс в своих Канторовских лекциях неопровержимо, казалось бы доказал, что при передаче энергии по средствам трансмиссии потери энергии составляют всего лишь 1,4% на милю, в то время как при передаче электрической энергии по проводам на такое же расстояние потери составят 6%. Опираясь на данные опытов, он сделал вывод о том, что при использовании электрического тока на другом конце линии передачи вряд ли удастся иметь более 15-20% начальной мощности. В то же время, считал он, можно быть уверенным в том, что при передаче энергии приводным тросом сохранится 90% мощности. Этот «неоспоримый» вывод был успешно опровергнут практикой работы первенца гидроэнергетики в Лауффене.

Но эра гидроэнергетики тогда ещё не наступила. Преимущества гидроэлектростанций очевидны - постоянно возобновляемый самой природой запас энергии, простота эксплуатации, отсутствие загрязнения окружающей среды. Да и опыт постройки и эксплуатации водяных колёс мог бы оказать не малую помощь гидроэнергетикам. Однако постройка плотины крупной гидроэлектростанции оказалось задачей куда более сложной, чем постройка небольшой запруды для вращения мельничного колеса. Чтобы привести во вращение мощные гидротурбины, нужно накопить за турбиной огромный запас воды. Для постройки плотины требуется уложить такое количество материалов, что объём гигантских египетских пирамид по сравнению с ним покажется ничтожным. Поэтому в начале XX века было построено всего несколько гидроэлектростанций. Это было лишь началом. Освоение гидроэнергоресурсов осуществлялось быстрыми темпами, и в 30-е годы XX века была завершена реализация таких крупных проектов, как ГЭС Гувер в США мощностью 1,3 Гиговатт. Строительство подобных мощных ГЭС вызвало рост использования энергии в промышленно развитых странах, а это, в свою очередь, дало толчок программам освоения крупных гидроэнергетических потенциалов. В настоящее время использование энергии воды по-прежнему остается актуальным, а основным направлением является производство электроэнергии.

На 2016 год гидроэнергетика обеспечивает производство до 88 % возобновляемой и до 20 % всей электроэнергии в мире, установленная гидроэнергетическая мощность достигает 777 ГВт.

Абсолютным лидером по выработке гидроэнергии на душу населения является Исландия. Кроме неё этот показатель наиболее высок в Норвегии (доля ГЭС в суммарной выработке — 98 %), Канаде и Швеции. В Парагвае 100 % производимой энергии вырабатывается на гидроэлектростанциях.

Наиболее активное гидростроительство на начало 2000-х ведёт Китай, для которого гидроэнергия является основным потенциальным источником энергии. В этой стране размещено до половины малых гидроэлектростанций мира, а также крупнейшая ГЭС мира «Три ущелья» на реке Янцзы. Ещё более крупная ГЭС «Гранд Инга» мощностью 39 ГВт планируется к сооружению международным консорциумом на реке Конго в Демократической Республике Конго (бывший Заир).

На 2016 год крупнейшими производителями гидроэнергии (включая переработку на ГАЭС) в абсолютных значениях являются следующие страны<sup>[1]</sup>:

| Страна       | Потребление гидроэнергии в ТВт·ч |
|--------------|----------------------------------|
| 1. Китай     | 585                              |
| 2. Канада    | 369                              |
| 3. Бразилия  | 364                              |
| 4. США       | 251                              |
| 5. Россия    | 167                              |
| 6. Норвегия  | 140                              |
| 7. Индия     | 116                              |
| 8. Венесуэла | 87                               |
| 9. Япония    | 69                               |
| 10. Швеция   | 66                               |
| 11. Франция  | 63                               |

Имеются три основные схемы создания сосредоточенного напора ГЭС:

1. плотинная схема, когда напор создается платиной;
  2. деривационная схема, когда напор создается посредством деривации, осуществляемой в виде канала, туннеля или трубопровода;
  3. плотинно-деривационная схема, когда напор создается и плотиной, и деривацией.
- Плотины имеются во всех трех схемах.

*Плотинная схема* осуществляется преимущественно при больших расходах воды в реке и малых уклонах ее свободной поверхности.

В плотинной схеме в зависимости от напора ГЭС может быть *русловой* или *приплотинной*.

Русловой называется такая ГЭС, у которой здание ГЭС наряду с платиной входит в состав сооружений, создающих напор. Русловая ГЭС может быть построена при сравнительно небольшом напоре.

При средних и больших напорах, превышающих диаметр турбины более чем в 4-5 раз, здание ГЭС не может входить в состав напорного фронта. В таких случаях строят приплотинную ГЭС, здание которой располагается за плотиной и не воспринимает полного давления воды.

При *деривационной* схеме высота плотины может быть не большой. Приведена схема ГЭС с деривацией в виде открытого канала. Плотина создает небольшой подпор. Из



подпертого бьефа вода по деривационному каналу поступает в напорный бассейн, откуда она подается по трубопроводам к турбинам ГЭС. От турбин вода по отводящему каналу направляется в реку или в деривацию следующей ГЭС или же в ирригационный оросительный канал.

При пересеченном или горном рельефе местности, деривацию можно выполнить в виде туннеля, прорезывающего горный массив или в виде трубопровода, уложенного по поверхности земли.

В плотинно-деривационной схеме используются выгодные свойства обеих предыдущих схем, т. е. может быть создано водохранилище и использовано падение реки ниже платины.

Источником гидроэнергии является преобразованная энергия Солнца в виде запасенной потенциальной энергии воды, которая затем преобразуется в механическую работу и электроэнергию. Действительно под воздействием солнечного излучения вода испаряется с поверхности озер, рек, морей и океанов. Пар поднимается в верхние слои атмосферы, образуя облака; затем он, конденсируясь, выпадает в виде дождя, пополняя запасы воды в водоемах.

Преобразование потенциальной энергии воды в электрическую происходит на гидроэлектростанции

Поддержание постоянного напора осуществляется с помощью платины, которая образует водохранилище, служащее аккумулятором гидроэнергии. В связи с этим при строительстве ГЭС предъявляются определенные требования к рельефу местности, который должен позволить организовать водохранилище и создать требуемый напор за счет плотины. Все это связано со значительными затратами, и стоимость строительных работ может превышать стоимость оборудования ГЭС. Вместе с тем удельная стоимость электроэнергии, генерируемой ГЭС, является самой низкой по сравнению с себестоимостью энергии, производимой другими источниками. Как правило, срок окупаемости малых ГЭС не превышает 10 лет.

Для преобразования энергии воды в механическую работу используются гидротурбины.

Различают активные и реактивные турбины.

В активной турбине кинетическая энергия потока преобразуется в механическую. Дополнительные устройства, обеспечивающие работу турбины, - водовод и сопло. Из сопла выходит струя, обладающая кинетической энергией, которая направляется на лопасти турбины, находящейся в воздухе. Сила, действующая со стороны струи на лопасти, приводит во вращение колесо турбины, с валом которого непосредственно или через привод сопряжен электрогенератор. КПД реальных турбин колеблется от 50 до 90 %. В гидротурбинах малой мощности КПД ниже. Максимальное значение КПД, равно 100%. Оно может быть достигнуто, если струя после взаимодействия с лопатками будет двигаться вертикально вниз только под действием силы тяжести. КПД активной гидротурбины может быть повышен за счет ограниченного увеличения числа сопел, так как при большом их количестве будет сказываться взаимное влияние струй.

В реактивной гидротурбине рабочее колесо полностью погружено в поток, который постоянно воздействует на лопасти турбины. В наиболее распространенной турбине Френсиса вращение колеса осуществляется за счет разности давления потока на входе и на выходе вода поступает в рабочее колесо радиально. Зазор между рабочим колесом и камерой - переменный. После взаимодействия потока с колесом он разворачивается на 90°. Переменный зазор и поворот потока повышает эффективность турбины. Имеются и другие конструктивные решения реактивных гидротурбин, например, пропеллерная турбина Каплана. Однако этот тип турбин распространен в меньшей степени из-за перепада давления.

ГЭС бывают самых различных мощностей - от 3 кВт до 12 ГВт. Малыми ГЭС (именуемыми также микро-ГЭС и сельские ГЭС) называются ГЭС установленной мощностью менее 500 кВт. Сооружение их осуществляется обычно в качестве составной



части комплекса, предусматривающего также развитие сельскохозяйственного производства, водоснабжение и регулирование стока.

Гидроэнергетические объекты оказывают существенное влияние на окружающую природную среду. Это влияние является локальным. Однако сооружение каскадов крупных водохранилищ, намечая переброска части стока рек Сибири в Среднюю Азию и другие крупные водохозяйственные мероприятия могут изменить природные условия в региональном масштабе. При рассмотрении влияния гидроэнергетических объектов на окружающую среду необходимо различать период строительства гидроэнергетических объектов и период их эксплуатации.

Первый период сравнительно кратковременный - несколько лет. В это время в районе строительства нарушается естественный ландшафт. В связи с прокладкой дорог, постройкой промышленной базы и посёлка резко повышается уровень шума. Вода, используемая для разнообразных строительных работ, возвращается в реку с механическими примесями - частицами песка, глины и т. п. Возможно загрязнение воды коммунально-бытовыми стоками строительного посёлка. Подъём уровня воды в верхнем бьефе начинается обычно в период строительства. В результате производного при этом наполнении водохранилища изменяются расходы и уровни воды в нижнем бьефе.

В период эксплуатации происходит разносторонне влияние гидроэнергетических объектов на окружающую среду. Наиболее существенное влияние на природу оказывают водохранилища:

1. Затопление в верхнем бьефе. Создание водохранилищ ведёт за собой затопление территории. В зону затопления могут попасть сельскохозяйственные угодья, месторождения полезных ископаемых, промышленные и гражданские сооружения, памятники старины, дороги, лесные массивы, места постоянного обитания животных и растений и т. д. Наиболее заселены и освоены прирусловые участки реки и районы в устьях притоков. На склонах гор мало сельскохозяйственных угодий, обычно там отсутствуют промышленные объекты. Поэтому создание водохранилищ в горных условиях приносит значительно меньший ущерб, чем на равнинах.

2. Подтопление. Подтопление прилегающих к водохранилищу земель происходит вследствие подъёма уровня грунтовых вод. В зоне избыточного увлажнения подтопление влечёт за собой негативные последствия - переувлажнение корней растений и их отмирание. С изменением водно-воздушного режима почвы может произойти заболачивание и оглеение почв, что ухудшает качество почвы и снижает её продуктивность. В засушливых районах подтопление улучшает условия произрастания растений при соответствующих глубинах почвенных вод. В неблагоприятных условиях может происходить засоление почвы.

3. Переработка берегов. Вследствие подъёма и снижения уровня воды в водохранилище при регулировании стока и волновых явлений происходит переработка берегов водохранилища. Она заключается в размыве и обрушении крутых склонов, срезке мысов и кос. Размеры переработки берегов зависят от их геологического строения, режима уровней воды и глубины водохранилища, конфигурации берегов, господствующих ветров и т. п. Относительная стабилизация берегов происходит через 5-20 лет после наполнения водохранилища.

4. Качество воды. Вследствие снижения скорости течения и уменьшения перемещения воды по глубине существенно изменяются физико-химические характеристики воды по отношению к бытовым условиям реки до создания водохранилища. На качество в годы в водохранилище влияет заселённость зоны затопления, видовой и возрастной состав леса, подлеска и лесной подстилки, наличие притоков, режим и глубина сработки водохранилища и т. п. Качество воды ухудшают сточные воды промышленных, горнорудных и животноводческих комплексов, коммунально-бытовые сточные воды и вынос удобрений с сельскохозяйственных угодий. Для южных районов неприятным следствием перенасыщения воды в водохранилищах органическими и биогенными веществами (в основном ионами азота и фосфора) является бурное развитие в тёплой воде сине-зелёны водорослей. При создании

водохранилищ необходимо тщательно изучить Совместное влияние всех факторов с учётом перспектив строительства каскадов ГЭС и принимать меры для поддержания качества воды. Качество воды - характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность её для конкретных видов водопользования. Должна производиться тщательная очистка сточных вод, поступающих в водохранилище. Использовать прилегающие земли в сельском хозяйстве надо, применяя передовые методы агротехники, ограничивающие вынос удобрений в водохранилище.

5. Влияние водохранилищ на микроклимат. Водоохранилища повышают влажность воздуха, изменяют ветровой режим прибрежной зоны, а также температурный и ледяной режим водотока. Это приводит к изменению природных условий, а также жизни и хозяйственной деятельности населения, обитания животных, рыб. Степень влияния крупных водохранилищ на микроклимат различна для отдельных регионов страны. Интегральное влияние, оказываемое акваторией на развитие растительности, благоприятно в условиях степной и лесостепной зоны и неблагоприятно в лесной.

6. Влияние водохранилищ на фауну. Многие животные из зоны затопления вынуждены мигрировать на территорию с более высокими отметками. При этом видовой состав и численность животных значительно уменьшается. В ряде случаев водохранилища способствуют обогащению фауны новыми видами водоплавающих птиц и в особенности рыб: карасёвых, сазана, щуки и т. п. При ранней сработке водохранилища после весеннего половодья осушаются мелководья, что отрицательно влияет на нерест рыбы в верхнем бьефе. Глубокая зимняя сработка водохранилища в средней полосе страны может повлечь за собой замор рыбы на мелководных участках водохранилища.

Также на окружающую среду влияют гидротехнические сооружения. Возведение платин гидроузлов приводит к подъёму уровней воды в верхнем бьефе и образованию водохранилищ. Плотины, перегораживающие реки затрудняют проход рыб к местам естественных нерестилищ в верховьях рек. Но платины, здания ГЭС шлюзы каналы и т. п., удачно вписанные в рельеф местности и хорошо архитектурно оформленные, создают вместе с акваторией верхнего бьефа монументальные и живописные ансамбли.

Разрушения ГЭС при военных действиях приведёт к спуску воды водохранилища, возникновению волны высотой десятки метров, которая может уничтожить города, расположенные ниже ГЭС. Строительство ГЭС приводит к наведённой сейсмичности, в частности в США и Индии возникали землетрясения, разрушившие ГЭС.

Производство работ по возведению гидроэнергетических объектов следует проектировать с минимальным ущербом природе. При разработке стройгенпланов необходимо рационально выбирать карьеры, месторасположение дорог и т. п. К моменту завершения строительства должны быть проведены необходимые работы по рекультивации нарушения земель и озеленению территории. По водохранилищу наиболее эффективным природоохранным мероприятием является инженерная защита. Например, строительство дамб обвалования уменьшает площадь затопления и сохраняет для хозяйственного использования земли, месторождения полезных ископаемых, уменьшает площадь мелководий и улучшает санитарные условия водохранилища, сохраняет природные естественные комплексы. Если постройка дамб экономически не оправдана, то мелководья могут быть использованы для разведения птиц и для других хозяйственных нужд. При поддержании необходимых уровней воды мелководья могут быть использованы для рыбного хозяйства, как нерестилище и кормовая база.

Для предотвращения или уменьшения переработки берегов производят берегоукрепления. Предприятия, железные дороги, жилые и коммунально-бытовые постройки, памятники старины выносятся из зоны затопления.

Для обеспечения высокого качества воды необходима санитарная очистка ложа водохранилища до его затопления водой. С этой целью производят агротехнические мероприятия для уменьшения загрязненного поверхностного стока и строятся очистные сооружения.

В случаях необходимости организуются заповедники, заказники, отлов и перемещение животных, производятся лесопосадки. В целях рыборазведения создают искусственные нерестилища, нерестно-выростные хозяйства, строятся рыбопропускные сооружения для прохода рыбы на нерест из нижнего бьефа в верхний. Большие работы по инженерной защите проводятся в нижнем бьефе.

Преимущества:

- использование возобновляемой энергии.
- очень дешевая электроэнергия.
- работа не сопровождается вредными выбросами в атмосферу.
- быстрый (относительно ТЭЦ/ТЭС) выход на режим выдачи рабочей мощности после включения станции.
- смягчение климата вблизи крупных водохранилищ.

Недостатки:

- затопление пахотных земель
- строительство ведётся там, где есть большие запасы энергии воды
- на горных реках опасны из-за высокой сейсмичности районов
- сокращенные и нерегулируемые попуски воды из водохранилищ по 10-15 дней приводят к перестройке уникальных пойменных экосистем по всему руслу рек, как следствие, загрязнение рек, сокращение трофических цепей, снижение численности рыб, элиминация беспозвоночных водных животных, повышение агрессивности компонентов гнуса (мошки) из-за недоедания на личиночных стадиях, исчезновение мест гнездования многих видов перелётных птиц, недостаточное увлажнение пойменной почвы, негативные растительные сукцессии (обеднение фитомассы), сокращение потока биогенных веществ в океаны.

#### Литература

- 1) Владимир Сидорович. Мировая энергетическая революция: Как возобновляемые источники энергии изменят наш мир.
- 2) «Электроэнергетика. Строители России. XX век.» М.: Мастер

УДК 004.451.9

**ЗАЩИЩЕННАЯ ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ QNX**

Мансурова Ю.С., Гуминская М.С.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Ежов В.Д.

Операционная система реального времени - тип операционной системы, основное назначение которой - предоставление необходимого и достаточного набора функций для работы систем реального времени на конкретном аппаратном оборудовании.

Реальное время в операционных системах — это способность операционной системы обеспечить требуемый уровень сервиса в определённый промежуток времени

Для подобных систем характерно:

гарантированное время реакции на внешние события (прерывания от оборудования)

жесткая подсистема планирования процессов (высокоприоритетные задачи не должны вытесняться низкоприоритетными, за некоторыми исключениями)

повышенные требования к времени реакции на внешние события или реактивности

Классическим примером является управление роботом, берущим деталь с ленты конвейера. Деталь движется, и робот имеет лишь маленький промежуток времени, когда он может её взять. Если он опоздает, то деталь уже не будет на нужном участке конвейера и, следовательно, работа не будет выполнена, несмотря на то, что робот находится в правильном месте. Если он подготовится раньше, то деталь ещё не успеет подъехать, и он заблокирует ей путь.

В 1980 году студенты канадского Университета Ватерлоо Гордон Белл и Дэн Додж закончили изучение базового курса по разработке операционных систем, в ходе которого они создали основу ядра, способного работать в реальном времени. Разработчики были убеждены, что в их продукте была коммерческая потребность, и переехали в город Каната в провинции Онтарио (город высоких технологий, иногда это место называют северной Кремниевой долиной Канады) и основали компанию Quantum Software Systems. В 1982 году была выпущена первая версия QNX, работающая на платформе Intel 8088.

Создателей QNX Дэна Доджа и Гордона Белла в 2003 году журнал "Fortune" назвал героями промышленности. Действительно, разнообразие областей науки и техники, в которых нашла своё применение ОС РВ QNX, вызывает удивление даже у её разработчиков.

Как микроядерная операционная система, QNX основана на идее работы основной части своих компонентов, как небольших задач, называемых сервисами.

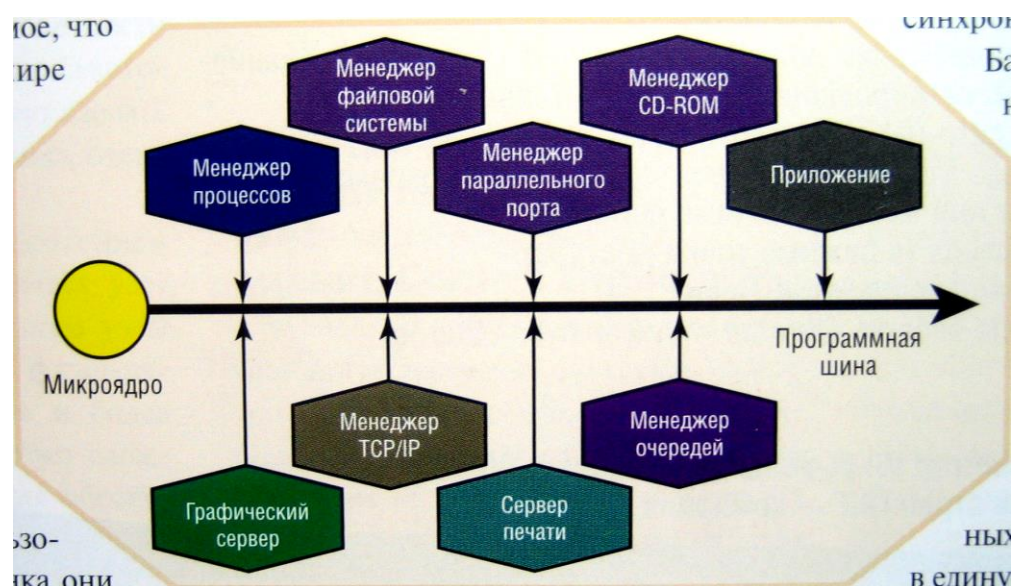


Рисунок 1. Архитектура защищенной операционной системы реального времени



Это отличает её от традиционных монолитных ядер, в которых ядро операционной системы — одна большая программа, состоящая из большого количества «частей», каждая со своими особенностями. Использование микроядра в QNX позволяет пользователям (разработчикам) отключить любую ненужную им функциональность, не изменяя ядро. Для этого можно просто не запускать определённый процесс.

Система достаточно небольшая, чтобы в минимальной комплектации уместиться на одну дискету, вместе с этим она считается очень быстрой и должным образом «законченной» (практически не содержащей ошибок).

QNX Neutrino, выпущенная в 2001 году, перенесена на многие платформы, и сейчас способна работать практически на любом современном процессоре, используемом на рынке встраиваемых систем. Среди этих платформ присутствуют семейства x86, MIPS, PowerPC, а также специализированные семейства процессоров, такие, как SH-4, ARM, StrongARM и xScale.

Система платная, при этом для некоммерческого использования и для обучения она предлагается бесплатно в течение 30 дней.

QNX — операционная система не только для персональных компьютеров, но и для самых разных бытовых и промышленных интеллектуальных устройств — управляющих технологическими процессами систем, станков с ЧПУ, интернет-приставок, видеовоспроизводящих агрегатов, игровых консолей, а возможно, и для холодильников, кофеварок и чайников недалёкого будущего.

Создавалась QNX изначально для промышленного применения, управления самыми разнообразными технологическими процессами — начиная от атомной энергетики и заканчивая варкой пива и производством шоколадных батончиков. Для столь ответственных и критичных областей применения, как вы понимаете, виснувшая в зависимости от погодных условий или расположения звёзд на небе Windows категорически не подходит. QNX же, в отличие от большинства ныне существующих систем, является системой реального времени, что в переводе с птичьего языка означает примерно следующее: эта ОС гарантированно среагирует на любое событие в течение определённого, также гарантированного, очень малого промежутка времени.

Ряд операций QNX выполняет в 20 раз быстрее UNIX. Входные данные при этом обрабатываются почти мгновенно — ОС работает быстрее, чем они поступают, и при этом из их потока не пропадает ни один бит.

Если же ОС будет обрабатывать данные медленнее, чем они приходят, то часть их может потеряться или же возникнет некая задержка, рассогласование действительных входных данных с той картиной, что имеет в данный момент оператор после их обработки системой, что, разумеется, неприемлемо в промышленных условиях — такие потери данных и задержки могут привести к многомиллиардным убыткам и даже человеческим жертвам. Достигается это в первую очередь истинной принудительной многозадачностью, используемой в QNX. То есть ни один зависший процесс не может ни при каких условиях заблокировать работу самой ОС или же как-то повлиять на другие задачи. Разумеется, QNX является и полностью 32-разрядной системой — без этого необходимой надёжности достигнуть было бы невозможно.

Следующая отличительная особенность QNX — чрезвычайно низкая требовательность к аппаратным ресурсам, что обусловлено тем, что QNX — микроядерная ОС. Ядро этой ОС, называемое Neutrino, имеет размер всего 32kb и выполняет только самые базовые функции, остальные же сервисы реализованы в динамически подключаемых модулях. Благодаря такому решению операционная система с минимальным набором дополнительных сервисов способна полноценно работать на 386 процессоре с 8 мегабайтами оперативки. Именно это обстоятельство позволяет найти ей ещё одну область применения — бытовые интеллектуальные устройства типа интернет-планшетов, банкоматов или кассовых аппаратов в магазинах.

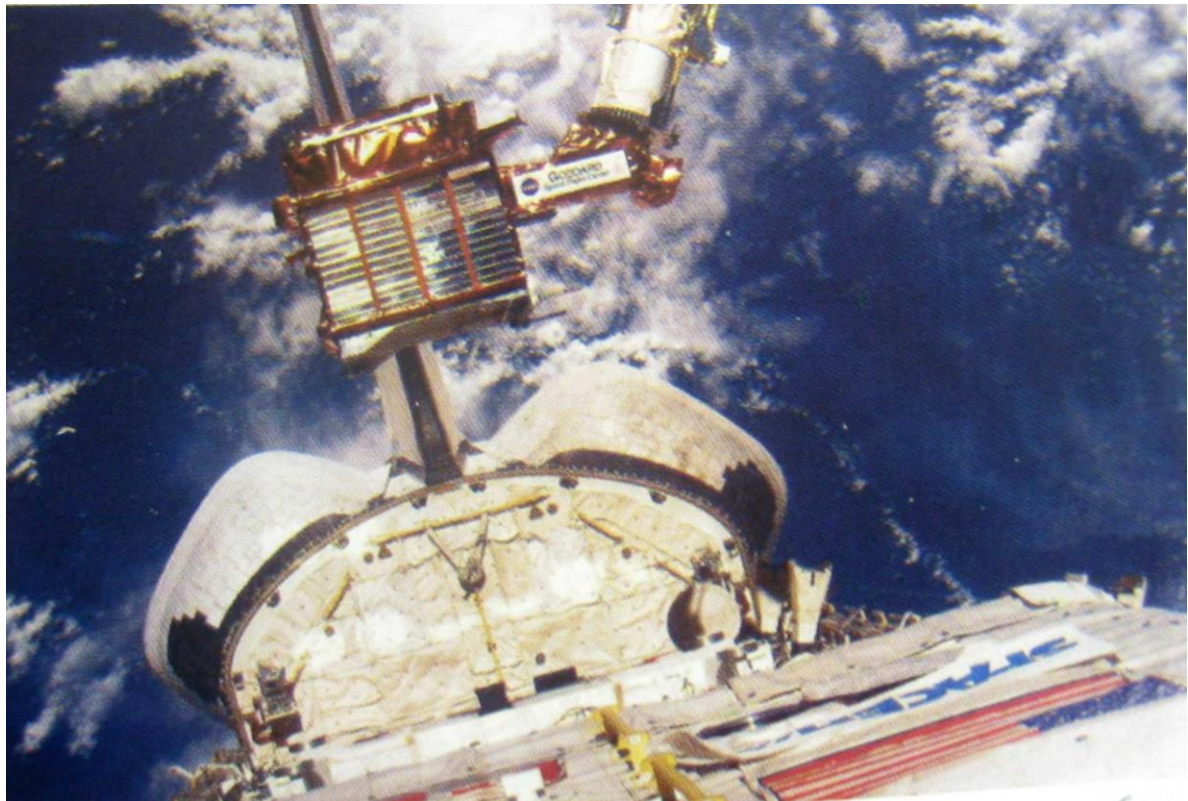


Рисунок 2. Управление бортовым манипулятором космического корабля «Шаттл» реализовано на основе QNX

Мировой опыт достаточно богат примерами построения решений на основе QNX, и среди них немало таких, которые связаны с ответственными или мобильными применениями, с системами двойного назначения, с использованием в условиях космоса, моря и т.д., то есть решений, которые можно рассматривать в качестве открытых аналогов многих военных применений.

Приведём некоторые из них:

1. система высокоточной обработки трёхмерных видеоизображений ASVS, разрабатываемая компанией Neptec и предназначенная для удалённого управления стыковкой космических аппаратов;

2. система наблюдения и сигнализации Senstar-100 компании Senstar Stellar, решающая задачи периметровой охраны важных объектов;

3. Управление бортовым манипулятором космического корабля «Шаттл» реализовано на основе QNX

4. радионуклидный анализатор RASA компании Pacific Northwest National Laboratory для идентификации ядерных объектов и мониторинга окружающей среды;

5. многоцелевые автономные подводные роботы (MT-98, TSL и др.) разработки Института проблем морских технологий ДВО РАН

Кроме того, можно упомянуть такие сферы применения, как сталелитейная промышленность, добыча, транспортировка и переработка нефти и газа, атомная энергетика, авиационные и морские тренажёры и симуляторы, автоматические телефонные станции и телекоммуникационное оборудование, робототехника и управление беспилотными аппаратами, медицинские приборы и многое другое.

На март 2009 года решения на базе QNX лицензированы для использования на более чем 10,1 миллионах единиц техники от практически всех ведущих производителей автомобилей, включая BMW, Chrysler, Fiat, Ford, Honda, Hyundai, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Saab, SsangYong, Toyota и Volkswagen. [18] В частности, такие автомобили выпускаются под марками Alfa Romeo, Audi, Cadillac, Chevrolet, Honda, Hummer, Infiniti, Jeep, Mini, Mercedes, Opel и другими.



А что же такого примечательного в QNX для автопроизводителей? Наверняка уже догадались. Это надёжность. Понятное дело, если высокобюджетный бизнес основан на качестве и на доверии к марке, то любая ошибка может привести к краху. Свою надёжность он доказал за 30 лет своего существования. Да, первая версия QNX вышла в 1981 году. Не только надёжность привлекает автопроизводителей, но и сама возможность использования QNX, нацеленность QNX на автомобильный рынок.

Несколько примеров использования QNX

Audi Multi Media Interface — управление навигацией, беспроводными устройствами, аудиодисками и спутниковым радио.

BMW Infotainment — различные системы управления навигацией, аудио, подключением плееров и беспроводных гарнитур.

Porsche Communication Management System — центральный контроллер функций коммуникации, навигации и аудио с возможностью голосового управления.

Chrysler MyGiG Multimedia Entertainment System — система навигации и мультимедиа.

Hyundai Mobis MTS-1 Navigation System — система навигации, громкой связи, развлечений, управления стеклоподъемниками и регулировки сидений.

Chrysler Pacifica UConnect — система громкой связи и голосового управления.

Одна из последних работ команды QNX это концепт Jeep Wrangler. Следующее видео показывает процесс его создания:

QNX используется не только во всём мире, но и в России. В одной из следующих заметок я расскажу об отечественных разработках для автомобильного рынка на основе QNX.

Компании QNX и Intel объявили о новом партнерстве, в котором они надеются построить «автомобиль будущего». В рамках этого нового партнерства, Intel будет работать с QNX для ускорения разработки технологии, используемой в информационно-развлекательных системах, цифровом кластере приборов и передовых системах помощи водителю.

#### Литература

1. Зыль С.Н. Операционная система QNX: от теории к практике. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 192 с.: ил.
2. Операционная система реального времени QNX Neutrino 6.3. Системная архитектура.
3. Wikipedia, интернет-энциклопедия, <http://wikipedia.org>
4. Алексеев Д. и др. "Практика работы с QNX"
5. <https://www.blackberrys.ru/review/5219.html>

УДК 62-838

## ГИБРИДНЫЕ ДВИГАТЕЛИ АВТОМОБИЛЕЙ

Гуща А.Ю.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Ежов В.Д.

Гибридная силовая установка сочетает в себе двигатель внутреннего сгорания и электромотор, что обеспечивает меньший расход топлива и снижает токсичность выхлопных газов. Однако, чем экономичнее гибридный автомобиль, тем более ёмкие аккумуляторы ему требуются и, следовательно, тем выше его цена.



Пример гибридного автомобиля Honda Insight

В зависимости от того, какую роль в силовой установке играет электромотор, гибриды делятся на умеренные (mildhybrids) и полные (fullhybrids). У первых электромотор служит помощником двигателю внутреннего сгорания, как, например, у хэтчбека Honda Insight. Вторые способны проехать некоторое расстояние на одной электротяге, как Lexus RX 400h. Есть ещё якобы микрогибриды — придуманный маркетингологами термин для рекламы системы start/stop. Но последняя по сути — генератор с расширенными функциями. А мы говорим о схемах, где электродвигатели передают крутящий момент на колёса.

### Схемы гибридных установок

Существует также три основные схемы устройства гибридных силовых установок: последовательная, параллельная и смешанная.

**Последовательная гибридная схема** появилась первой (её придумал в 1899 году сам Фердинанд Порше), но в легковых автомобилях распространена меньше. По ней, например, построены силовые агрегаты карьерных самосвалов, некоторых автобусов и локомотивов. В последовательной схеме колёса приводит в движение электромотор, а малолитражный ДВС крутит генератор, вырабатывающий электроэнергию. Тут отсутствует необходимость в коробке передач и мощном двигателе внутреннего сгорания. Зато требуются аккумуляторы, как правило, никель-металлогидридные, большой ёмкости.

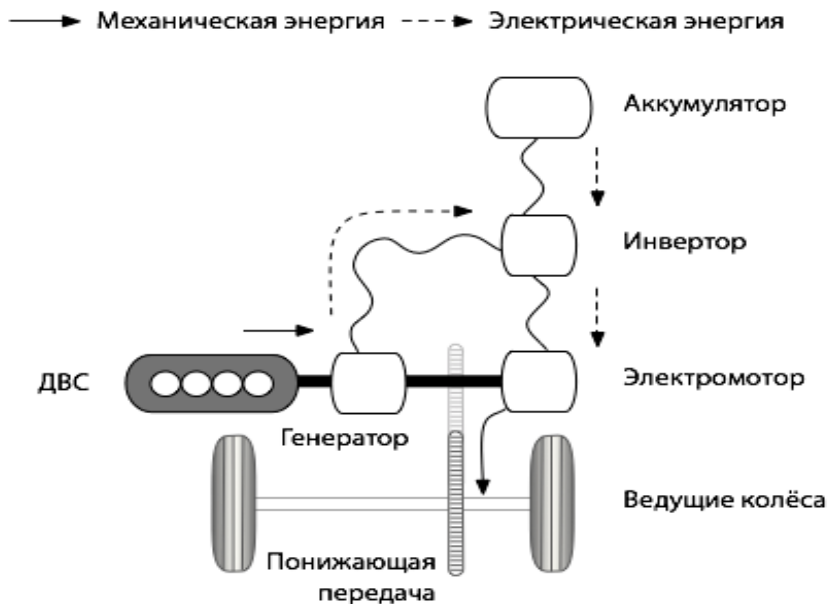
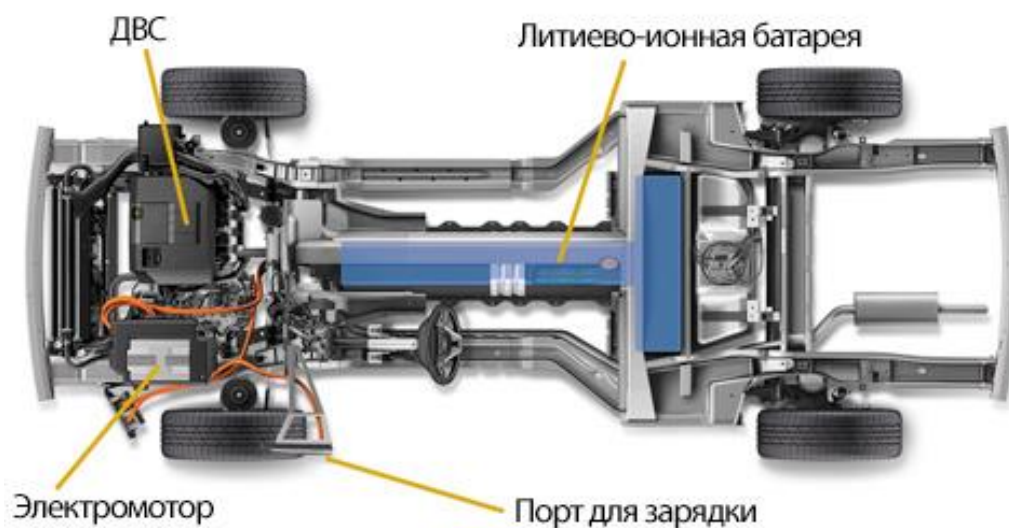


Рисунок 1. Последовательная гибридная схема



Пример последовательной гибридной схемы

Самая распространённая сейчас схема — **параллельная**. Она запатентована ещё в 1905 году немцем Генри Пипером. Ей отвечают почти все умеренные гибриды. Они оснащаются мощным электромотором (10–15 кВт), который помогает двигателю внутреннего сгорания при разгоне, а при торможении запасает рекуперативную энергию. В качестве трансмиссии, как правило, используются вариатор или планетарная передача.

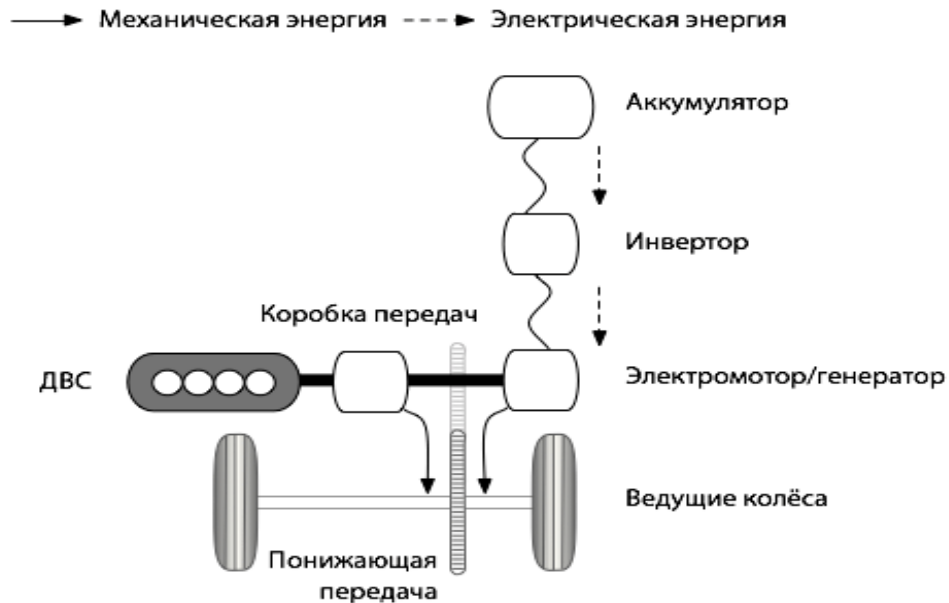


Рисунок 2. Параллельная гибридная схема



Пример параллельной гибридной схемы

Но компания Honda нашла возможным оснастить своё бензоэлектрическое купе CR-Z шестиступенчатой «механикой». В качестве источника питания используются литиево-ионные или литиево-полимерные аккумуляторы. Умеренные гибриды не требуют ёмких батарей на борту, благодаря чему доступны по цене. Однако некоторые автопроизводители присматриваются к дорогущим суперконденсаторам, которые способны кратковременно отдавать ток очень высокой мощности.

Распространены также **смешанные**, или, как их ещё называют, **последовательно-параллельные гибриды**. Классические представители этого семейства — хэтчбек Toyota Prius и Лексусы с индексом h, оснащённые фирменным «синергитическим» приводом HSD (Hybrid Synergy Drive). Чтобы объяснить принцип его работы мы приводим ниже наглядную демонстрацию.

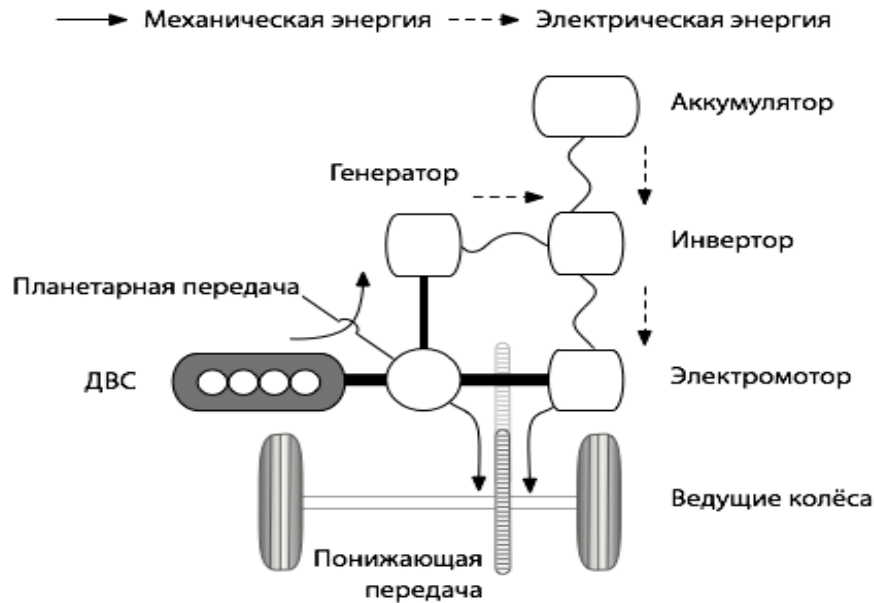


Рисунок 3 Последовательно-параллельная гибридная схема

Благодаря планетарной передаче и возникает синергия — взаимодействие двигателя внутреннего сгорания и электромотора. Тут ДВС крутит колёса в паре с электромотором, одновременно вращая генератор. В традиционной коробке передач нет необходимости: электроника регулирует обороты моторов и генератора, превращая такую систему в бесступенчатую трансмиссию ECVT.

Большинство двигателей, установленных на гибридах, — бензиновые. Многие работают по циклу Аткинсона с более коротким тактом сжатия и более эффективным рабочим процессом. Это обеспечивает лучшие экологические и экономические показатели. Распространение, казалось бы, более экономичных дизельэлектрических силовых установок сдерживает прежде всего то, что большинство гибридов продаются в не знакомой с дизелем Америке. Кроме того, дизельный мотор дороже бензинового, а это лишь увеличивает немалую цену гибрида.

#### Литература

1. <http://auto-wiki.ru/gibridnaya-silovaya-ustanovka/>
2. <https://www.drive2.ru/l/1991010/>



УДК 004.896

## УМНАЯ ПЫЛЬ

Науменко Д.А., Рослик А.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежов В.Д.

### Определение

Не совсем привычным для высоких технологий термином 'умная пыль' называются миниатюрные сенсоры, которые обладают возможностями вычислений и беспроводной связи, а также памятью для хранения данных и чувствительными элементами для измерения параметров окружающей среды.

Умная пыль, утилитарный туман — это большое количество нанороботов, которые, взаимодействуя друг с другом, способны:

- сообща выполнять какие-либо действия,
- организовываться в различные формы, переходить из рассеянного состояния в монолитную структуру.

Современные достижения в области нанoeлектроники позволяют создавать не только микроскопические элементы для электронных устройств, но и сами электронные устройства размерами в несколько нанометров. Однако эти разработки пока еще далеки от практического применения. И одной из причин этому является невозможность традиционной радио и оптической связи при таких размерах. Но исследователи из технологического института штата Джорджия, похоже, нашли решение этой проблемы, приблизившись вплотную к созданию так называемой «умной пыли».

Если быть точным, то они создали прототип наноантенны из графена, которая может быть использована для связи с электронными компонентами в миллиметровом диапазоне длин радиоволн.

Уникальность самого графена в данном случае в том, что его свободные электроны, которые участвуют в переносе электрического заряда, движутся практически с постоянной скоростью, равной 0,3 от скорости света, причем независимо от их энергии. Это означает, что длина волны излучения или радиосигнала при использовании свободных электронов графена будет в несколько сотен раз меньше длин волн обычного электромагнитного излучения. То есть, используя графеновую наноантенну можно осуществить связь между отдельными электронными компонентами и их цепями в нанометровом размере с той же эффективностью, что и передавать сигналы традиционным способом, но с гораздо большими габаритами самих антенн.

При этом наноантенны потребляют значительно меньше энергии, чем те же лазеры, которые в принципе могли бы эффективно работать при таких маленьких размерах.

На практике это выглядит так. Внешнее электромагнитное поле, направленное на наноантенну, возбуждает в ней активность. При этом на поверхности графена высвобождаются свободные электроны (умная пыль), которые взаимодействуют с другими компонентами, установленными рядом с этой антенной. В результате получаем эффективно взаимодействующую между собой электронную схему, размеры которой составляют несколько нанометров.

И хотя концепция пока что не выходит за рамки практических наработок, потенциальное использование умной пыли, а также производящих ее антенн – просто неограниченно. Это и передача телевизионных и интернет сигналов по спутнику в значительно больших, чем сейчас объемах, и применение значительно меньших по размеру диагностических и лечебных приборов в медицине, и исследования в различных областях науки на новом уровне, и многое другое.

### История

Заметим, что само понятие "умная пыль" — smartdust введено в научный обиход американским ученым из Калифорнийского университета еще в 2001 году. Впрочем, еще до

этого, а именно в 1992 году, в США было создано бюро, целью которого являлось создание компактных микроэлектронных и фотонных устройств, таких как, например, микропроцессоры. Работы велись очень активно, в результате чего в Национальной лаборатории Сандиа в тех же 90-х годах была создана модель робота MARV (Miniature Autonomous Robotic Vehicle), объемом всего лишь около одного кубического дюйма. Уже в 2000 году его размеры удалось уменьшить в четыре раза! Причем, несмотря на свои размеры "машинка" имеет процессор с памятью 8 Кбайт, датчик температуры, микрофон, видеокамеру, химический сенсор. В дальнейшем планировалось оборудовать этого робота беспроводной связью, чтобы несколько таких микророботов могли бы объединяться для решения какой-нибудь общей задачи.

#### Поколения

На первом этапе развития концепции 'умной пыли', создатели сенсоров усиленно стремились к уменьшению их размеров. Однако, опыт их внедрения показал, что миниатюризация не всегда приветствуется в промышленности. Поэтому первые образцы 'умной пыли', созданные корпорацией Intel, представляли собой платы размером 3 x 3 см.

Еще одно, уже реализованное применение новых сенсоров, - контроль за системами водоснабжения. Сенсоры устанавливаются на водопроводных трубах и сигнализируют о дрожании трубы, о влажности окружающей среды специальному шлюзу, расположенному где-то на фонаре или на доме в пределах досягаемости беспроводной связи сенсоров. Энергопитание сенсоров - от батареек, а шлюзов - от сети. В Бостоне такая сеть уже успешно эксплуатируется.

Сейчас создается второе поколение сенсоров 'умной пыли'. В их основе - 32-битный процессор XScale, а для сжатия информации используется специальный процессор, так же как и для обеспечения безопасности. Размеры новых сенсоров меньше, чем у предыдущего поколения почти в два раза. В новых сенсорах - большая RAM и FLASH-память и они могут работать на основе операционной системы Linux. Кроме этого, они обладают высокоскоростными возможностями ввода информации, например, с видеокамер.

Отдельное направление исследований - вопрос энергопитания. Есть, например, проекты питания сенсоров от солнечных батарей размером 10x10 см. Исследуются возможности преобразования вибрации механизмов в электроэнергию. С помощью сенсоров нового поколения планируется реализовать свою идею проактивных, или упреждающих вычислений'.

До сих пор компьютеры делают только то, что им говорит человек. А вот в будущем, наши ПК будут сами предугадывать наши потребности и самостоятельно действовать в наших интересах. Компьютер будет анализировать текущую обстановку, производить упреждающие вычисления и предлагать нам те или иные варианты возможных дальнейших действий, а в ряде случаев даже будет действовать сам, освобождая нас от необходимости совершения рутинных процедур.

#### Применение

Добавив такие микродатчики в краску, которой окрашивают самолеты, мы получим возможность получать сведения о состоянии его поверхностей. А если они будут в краске внутри помещений, то они смогут сигнализировать о пожаре, задымлении и даже превышении объемов содержания углекислоты. Конечно, подобная краска будет существенно дороже обычной, так что ее использование в жилых помещениях дело не слишком-то и близкого будущего, но вот на атомных подводных лодках и электростанциях ее вполне можно применять буквально уже завтра — дело лишь за "малым" — создать такие микроустройства и обеспечить им питание. Кстати, образец, размером в один кубический миллиметр, снабженный сенсором температуры, движения и радиопередатчиком сигналов, уже существует.

А что такое один миллиметр?! Очень заманчиво, считает Джошуа Смит, руководитель Лаборатории сенсорных систем при Вашингтонском университете в Сиэтле, покрыть все вокруг такими датчиками и дать им команду отслеживать интересующие нас явления и

объекты. Но тут встает проблема их энергетического обеспечения. Впрочем, над этой проблемой сегодня тоже работают, причем сразу в нескольких направлениях. Это могут быть и крошечные солнечные батареи, расположенные прямо на "спине" у этих крошечных роботов, и также термоэлектрогенераторы, преобразующие тепло в электрический ток.

Один из возможных способов ее применения, который придумали американские военные, - поражение танков противника: облако микророботов, несущих заряд, окутывает бронированную машину и взрывается. Либо физическое уничтожение сил противника с помощью микрозарядов взрывчатки. Будучи сброшенными с самолета (естественно, беспилотного) облако само автоматически ищет цели, разделяется на кластеры необходимого для их поражения размера, облепляет их, проникнув в незащищенные места, синхронно подрывается. Получившийся объемный взрыв сжигает системы управления техникой и опустошает самые защищенные бомбоубежища с максимальной эффективностью, недоступной обычным видам вооружения.

Более мирное применение, к примеру, разведка местности и шпионаж, требует гораздо более сложных программных алгоритмов и возможности использования сложных средств наблюдения и связи. Поэтому, по прогнозам специалистов, оно станет осуществимо с помощью умной пыли не ранее, чем в 2014-2017 гг. Сценарий действий здесь будет следующим. Распыленное в окрестностях важного объекта облако незаметно перемещается в его сторону, попутно выбирая оптимальные места для размещения специализированных субоблачков. Облако видеонаблюдения, каждая пылинка которого представляет собой отдельный пиксель матрицы с интерфейсом связи с соседями, стремится занять лучшую позицию для большего обзора пространства. Жучки (или, возможно, 'мошки') устанавливают контроль за звуками. Самая сложная часть, передача информации в штаб разведки, в ближайшее время вряд ли сможет обойтись без засылки агента с устройством, считывающим ее как в современных RFID-системах.

Роботы будут воспроизводить себе подобных из подручного материала и шпионить, передавая информацию в главный компьютер, а по команде из Центра пойдут в наступление: проникнут в тела вражеских солдат (убивая их или просто обездвигивая), остановят любой двигатель, переориентируют любой сигнал или же просто взорвутся, уничтожая технику и живую силу на огромной территории. Малдер сообщил, что американские ученые разработали несколько сенсорных сетей на принципе "умной пыли". Одна сеть проходит "боевые" испытания в Афганистане, где вооруженные силы США разместили несколько тысяч сенсоров с целью отслеживания передвижений боевой техники. Другая сеть используется на острове Дикой утки в штате Мэн, где с ее помощью ученые изучают миграцию буревестников, еще одна - в составе системы симулятора землетрясений в Беркли.

Впрочем, у роботов могут быть и мирные задачи, например, исследование околоземного пространства с помощью стаяк микроспутников. При этом возникает сложная проблема: как одновременно управлять множеством механизмов. Представим себе, что десятками тысяч роботов нужно управлять из одного центра. Там должен стоять мощный сверхкомпьютер, способный отследить положение каждого робота и дать ему инструкцию. Это требует огромных затрат времени, а кроме того, весьма небезопасно: управляющий центр может выйти из строя. Значительно проще дать возможность каждому роботу принимать самостоятельные решения и координировать свои действия с действиями соседей.

Рои (колонии) нанороботов были бы незаменимыми помощниками в освоении космоса, других планет (например, участвуя в терраформировании). Большие перспективы видятся в использовании умной пыли в сфере телекоммуникаций и связи, есть на неё свои виды и у экологов.

Вероятно, нанороботы не будут стандартизированы (исключая некоторые узлы, отвечающие за связь и взаимодействие), их конструкция будет варьироваться в зависимости от задач колонии.

Большой интерес умная материя представляет и для военно-промышленного комплекса. Рои подобных устройств могут блокировать связь, электронику, воздействовать

на системы управления вооружением и т.д. Причём это не компьютерные вирусы, это возможность воздействия как механически (банально нажать на кнопку), так и электромагнитными волнами и на программном уровне (внедряя заданный код непосредственно в систему).

Разработки в сфере умной пыли ведутся и в России, в частности для обеспечения безопасности шахтёров.

Несмотря на перекокс в сторону вооружений, колонии нанороботов были бы уместны в медицине (хирургические операции без внешних разрезов, когда колония повинувшись командам специалиста оперирует пациента изнутри).

Разумеется, интересно применение в быту: из тумана можно создать любой предмет мебели и тут же переделать его, изменить под свои задачи: пространство вокруг человека стало бы чище.

В сфере взглядов на будущее социума, колонии нанороботов способствовали бы избавлению людей от мешанства, вещизма, освобождая разум, время и ресурсы на действительно достойные задачи.

Первые испытания “умной пыли” проводились в марте 2001 года на военной базе в Калифорнии. Тогда с самолета было сброшено шесть “умных пылинок”. Попадая на землю, они тут же объединились в беспроводную сеть и приступили к измерению напряженности магнитного поля вокруг себя. А после того как мимо проехала машина, принялись рассчитывать ее скорость и определять направление движения, сообщая эти данные переносному компьютеру, находящемуся в ближайшем лагере.

Каждое лето остров Дикой Утки в двенадцати милях от берегов штата Мэн подвергается массовому нашествию морских птиц, собирающихся здесь для выведения потомства. Чтобы выяснить, сколько птенцов они высидивают и какие условия для этого требуются, орнитологу Джону Андерсону приходилось каждый сезон обследовать тысячи норок, выбиваясь из сил и нарушая покой птиц. После того как два года назад Андерсон и его группа разбросали по острову сеть “умных пылинок” и подключили питающуюся от солнечной батареи базовую станцию к Интернету, их жизнь и работа коренным образом изменились. “Вы можете находиться в любой точке мира, - восхищается Андерсон, - и знать, что в данный момент происходит в любой из норок, куда мы подбросили наши маленькие и незаметные сенсоры”.

В прошлом году биолог университета Калифорнии в Беркли Тодд Доусон развернул в местном ботаническом саду сеть из 80 миниатюрных приборов производства корпорации Intel и получил первую в мире трехмерную картину изменений микроклимата в вечнозеленом лесу.

Другие исследователи испытывают «motes» в качестве средства для моделирования последствий землетрясений, мониторинга движения транспорта в военных зонах, использования воды в сельскохозяйственных угодьях, получения информации о состоянии зданий, дорог, загрязнении водоемов – этот перечень можно продолжать до бесконечности. В частности, это будет очень важно для тех «motes», которые будут использоваться в городах для обнаружения признаков нападения биотеррористов.

#### Сложности

- размеры сенсоров (многие компании проводят эксперименты с самоорганизующимися роботами не нано размеров, речь идёт о роботах в 3-5 мм.),
- энергоэффективность и энергопотребление (например, помимо работы от солнечной энергии, необходимо обеспечить роботов аккумуляторами, для периодов, когда солнце недоступно. Впрочем в начале развития данной сферы вполне уместно впадение колонии в спячку в тёмное время суток, с последующим восстановлением как структуры, так и функций.),
- управление роем нанороботов — это целый пласт проблем, одна из которых — точное позиционирование каждого из роботов, причём важно отслеживать процесс в динамике в 3-х

мерном пространстве (к слову здесь весьма уместны наработки в сфере виртуальной реальности и игровой индустрии).

- стоимость отдельного наноробота: от рентабельности никуда не уйти, значительную часть исследований финансируют частные компании (Intel, Microsoft и т.д.).

Недалекое будущее

Вообще же, сценариев, в которых могли бы быть рационально использованы сенсорные сети, великое множество: от наблюдения за состоянием винограда (влажность, температура, зрелость, наличие вредоносных насекомых) до полноценной системы обеспечения безопасности, которая сможет контролировать буквально все: от наличия нарушителей в подконтрольной зоне до мониторинга атмосферы на предмет радиации и ядовитых веществ. В идеале же в будущем сенсорами будет оборудовано все - от городских зданий и автомобилей до тела человека.

Американские физики открыли, что нанотрубка резонирует с радиополем. На базе этого они построили приемник, который может принимать сигналы извне на частоте порядка 300;400 мегагерц, то есть радиодиапазон трубки можно настраивать. Трубка служит и антенной, и приемником. Следующая задача для сенсорных сетей в перспективе - это их внедрение на микро- и наноуровне. В организм человека, в здание, в сооружение и так далее. Лет через десять лет нанотехнологии с нанопередатчиками войдут в нашу повседневную жизнь.

Пока 'пылинки' из 'умной пыли' если и напоминают традиционную пыль, то только если смотреть на них с очень большого расстояния. Хотя маленькие коробочки микроконтроллеров уже достаточно миниатюрны, чтобы широко использоваться. Но это, как обычно, лишь начало пути.

#### Литература

1. Журнал «Самиздат»/Умная пыль и сверх человек  
[http://samlib.ru/s/sibirjanin\\_i/dust.shtml](http://samlib.ru/s/sibirjanin_i/dust.shtml)
2. Популярная электроника/Наноэлектроника/Умная пыль  
<http://scsiexplorer.com.ua/index.php/novie-razrabotki/nanoelektronika.html?start=15>.
3. СБ/Статья «Игры разума»  
<http://www.sb.by/luchshee-iz-interneta-vybor-redaktsii-portala/article/igry-razuma-165827.html>



УДК 62-838

## ЭЛЕКТРОМОБИЛИ.

Сидорук Ю.С.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Ежов В.Д.

Электрический автомобиль, хотим мы этого или нет, является безусловным и неотвратимым будущим автомобилестроения, при этом будущим ближайшим.

В отличие от автомобиля с двигателем внутреннего сгорания электрический автомобиль имеет более простую конструкцию, включающую минимальное количество движущихся частей, а значит более надежную. Основными конструктивными элементами электрического автомобиля являются: аккумуляторная батарея, электродвигатель, редуктор, бортовое зарядное устройство, инвертор, преобразователь постоянного тока.

Аккумуляторная батарея требует регулярной зарядки, которая может осуществляться от внешних источников тока, путем рекуперации энергии торможения, а также от генератора на борту электрического автомобиля. Генератор приводится от двигателя внутреннего сгорания, но такая схема, по сути, электрическим автомобилем уже не является, а относится к одной из разновидностей гибридного автомобиля.

Работа по созданию электрических автомобилей ведется в двух направлениях - разработка новых моделей и адаптация серийных автомобилей.



Тяговая аккумуляторная батарея обеспечивает питание электродвигателя. На электрических автомобилях, в основном, используются литий-ионная аккумуляторная батарея, которая состоит из ряда соединенных последовательно модулей. На выходе аккумуляторной батареи снимается напряжение постоянного тока порядка 300В.

Одним из основных элементов электрического автомобиля является электродвигатель. В качестве которых используют трехфазные электрические машины переменного тока мощностью от 15 до 200 и более кВт. В сравнении с ДВС электродвигатель имеет высокую эффективность и меньшие потери энергии. КПД электродвигателя составляет 90% против 25% у ДВС.

Основными преимуществами электродвигателя являются:

- реализация максимального крутящего момента во всем диапазоне скоростей;
- возможность работы в двух направлениях без дополнительных устройств;
- простота конструкции, воздушное охлаждение;
- возможность работы в режиме генератора.

В ряде конструкций электромобилей используется несколько электродвигателей, которые приводят отдельные колеса, что значительно повышает тяговую мощность транспортного средства.

Трансмиссия электромобиля достаточно проста и на большинстве моделей представлена одноступенчатым зубчатым редуктором.

Бортовое зарядное устройство позволяет заряжать аккумуляторную батарею от бытовой электрической сети.

Инвертор преобразует высокое напряжение постоянного тока аккумуляторной батареи в трехфазное напряжение переменного тока, необходимое для питания электродвигателя.

Преобразователь постоянного тока обеспечивает зарядку дополнительной двенадцативольтовой аккумуляторной батареи.

Высокую стоимость автомобиля во многом определяет цена аккумуляторной батареи. Литий-ионная аккумуляторная батарея очень дорогая в производстве и помимо этого имеет ограниченный ресурс (5-7 лет), но текущие расходы на содержание электрического автомобиля значительно ниже (в 3-4 раза) расходов на содержание автомобиля с ДВС.

Неотъемлемым атрибутом эксплуатации электромобиля является необходимость периодической зарядки аккумуляторной батареи, которая занимает много времени. Решение данной проблемы реализуется по нескольким направлениям:

- нормальная зарядка аккумуляторной батареи (осуществляется от бытовой электрической сети мощностью 3-3,5 кВт, предполагает установку на электромобиле специального зарядного устройства, продолжительность до полной зарядки батареи составляет 8 часов);
- ускоренная зарядка аккумуляторной батареи (производится на специальных станциях мощностью до 50 кВт, продолжительность зарядки до 80% емкости батареи составляет 30 минут);
- замена разряженной аккумуляторной батареи на заряженную батарею (выполняется автоматически на специальных обменных станциях).

Некоторые электромобили и их технические характеристики:

#### Tesla Model S



В данный электрокар установлен современный литий-ионный аккумулятор имеющий емкость 85 кВт\*ч или 60 кВт\*ч (зависит от комплектации). Этого аккумулятора хватает, чтобы преодолеть расстояние равное 426 км и 335 км соответственно. Батарея состоит из 16 блоков и располагается вдоль днища автомобиля, что дополнительно повышает торсионную жесткость и безопасность.

Тип батареи: литий-ионная

- Объем батареи 85 / 60 кВт\*ч\*
- Запас хода до полной зарядки 426 / 335 км\*
- Ресурс 7 лет или 160 тыс. км
- Габариты батареи Длина — 2.1 м, Ширина — 1.2 м, Высота — 15 см
- Вес батареи ~450 кг
- Время зарядки от сети переменного тока 110В: за 1 час восполняется 8 км пути
- Время зарядки от сети переменного тока 220В: за 1 час восполняется 50 км пути
- Время полной зарядки на станции Tesla Supercharger: 30 минут и бесплатно
- В электромобиле установлен асинхронный трехфазный электродвигатель

переменного тока. Двигатель является собственной разработкой компании Tesla Motors и не имеет аналогов. Электромотор установлен на задний мост автомобиля. Мощность двигателя Tesla Model S в максимальной комплектации — 416 л. с., максимальный (постоянный) крутящий момент — 600 Нм. Электромотор охлаждается при помощи жидкой системы охлаждения.

- Максимальная скорость 209 / 201 / 193 км/ч\*
- Мощность 416 / 362 / 302 л. с.
- Разгон с 0 до 100 км/ч 4.4 / 5.4 / 5.9 сек\*

Стоимость автомобиля составляет от 90000 до 116000 долларов.

Renault ZOE



«Сердцем» Рено ЗОЕ является электродвигатель с показателями в 88 л.с. и 220 Нм, чего вполне хватает для удобной езды по городу.

При наиболее благоприятных условиях на одной зарядке можно проехать 210 км. Если же дорога неблагоприятная (например, за городом и т.п.) — до 150 км, при низкой температуре окружающей среды — до 100 км. Рено ЗОЕ может быть заряжена от любой зарядки мощностью до 43 кВт.

Стоимость около 35000 долларов.

#### Литература

<http://teslamotors.by/home.html>

<http://systemsauto.ru/engine/electric-car.html>

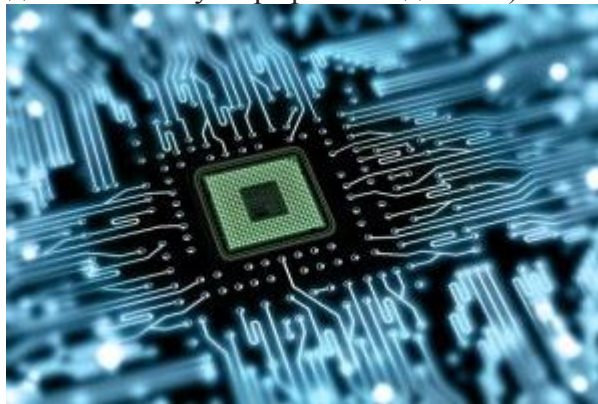
УДК 621.31

## КУЛОНОВСКОЕ УВЛЕЧЕНИЕ – ЭЛЕКТРОНИКА БУДУЩЕГО

Миронович Н.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежов В.Д. Д.В.

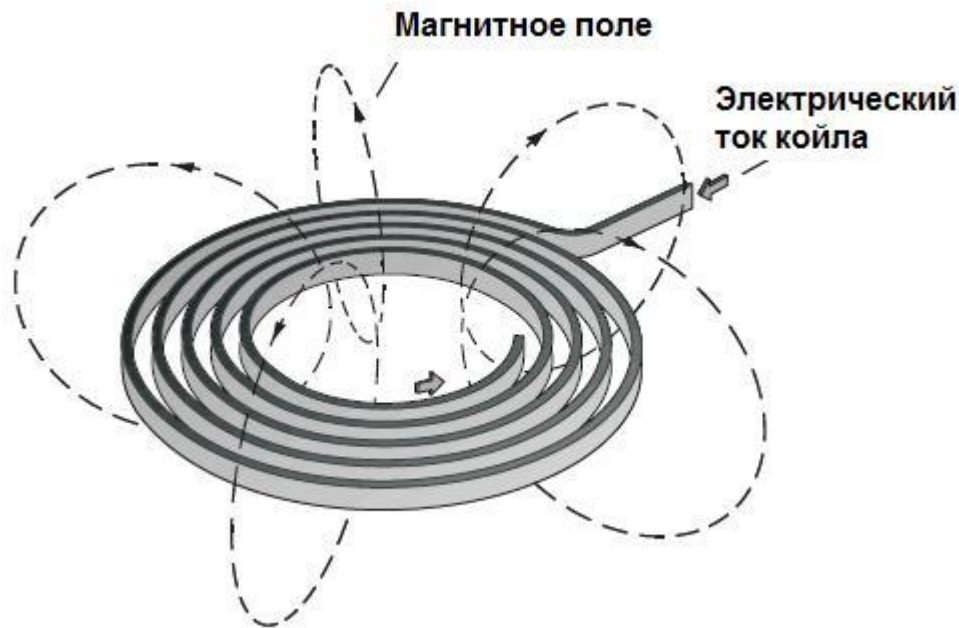
Беспроводная передача электричества — способ передачи электрической энергии без использования токопроводящих элементов в электрической цепи. К 2011 году имели место успешные опыты с передачей энергии мощностью порядка десятков киловатт в микроволновом диапазоне с КПД около 40 % — в 1975 в Goldstone, Калифорния и в 1997 в GrandBassin на острове Реюньон (дальность порядка километра, исследования в области энергоснабжения посёлка без прокладки кабельной электросети). Технологические принципы такой передачи включают в себя индукционный (на малых расстояниях и относительно малых мощностях), резонансный (используется в бесконтактных смарт-картах и чипах RFID) и направленный электромагнитный для относительно больших расстояний и мощностей (в диапазоне от ультрафиолета до СВЧ).



Ультразвуковой способ. Изобретение студентов университета Пенсильвании. Впервые широкой публике установка была представлена на выставке The All Things Digital (D9) в 2011 году. Как и в других способах беспроводной передачи чего-либо, используется приёмник и передатчик. Передатчик излучает ультразвук, приёмник, в свою очередь, преобразует слышимое в электричество. На момент презентации расстояние передачи достигает 7-10 метров, необходима прямая видимость приёмника и передатчика. Из известных характеристик — передаваемое напряжение достигает 8 вольт, однако не сообщается получаемая сила тока. Используемые ультразвуковые частоты никак не действуют на человека. Также нет сведений и об отрицательном воздействии на животных.

Метод электромагнитной индукции. Техника беспроводной передачи методом электромагнитной индукции использует ближнее электромагнитное поле на расстояниях около одной шестой длины волны. Энергия ближнего поля сама по себе не является излучающей, однако некоторые радиационные потери всё же происходят. Кроме того, как правило, имеют место и резистивные потери. Благодаря электродинамической индукции, переменный электрический ток, протекающий через первичную обмотку, создает переменное магнитное поле, которое действует на вторичную обмотку, индуцируя в ней электрический ток. Для достижения высокой эффективности взаимодействие должно быть достаточно тесным. По мере удаления вторичной обмотки от первичной, всё большая часть магнитного поля не достигает вторичной обмотки. Даже на относительно небольших расстояниях индуктивная связь становится крайне неэффективной, расходуя большую часть передаваемой энергии впустую.





Электрический трансформатор является простейшим устройством для беспроводной передачи энергии. Первичная и вторичная обмотки трансформатора прямо не связаны. Передача энергии осуществляется посредством процесса, известного как взаимная индукция. Основной функцией трансформатора является увеличение или уменьшение первичного напряжения. Бесконтактные зарядные устройства мобильных телефонов и электрических зубных щеток являются примерами использования принципа электродинамической индукции. Индукционные плиты также используют этот метод. Основным недостатком метода беспроводной передачи является крайне небольшое расстояние его действия. Приёмник должен находиться в непосредственной близости к передатчику для того, чтобы эффективно с ним взаимодействовать.

Использование резонанса несколько увеличивает дальность передачи. При резонансной индукции передатчик и приёмник настроены на одну частоту. Производительность может быть улучшена ещё больше путём изменения формы волны управляющего тока от синусоидальных до несинусоидальных переходных формы волны. Импульсная передача энергии происходит в течение нескольких циклов. Таким образом, значительная мощность может быть передана между двумя взаимно настроенными LC-цепями с относительно невысоким коэффициентом связи. Передающая и приёмная катушки, как правило, представляют собой однослойные соленоиды или плоскую спираль с набором конденсаторов, которые позволяют настроить принимающий элемент на частоту передатчика.

Обычным применением резонансной электродинамической индукции является зарядка аккумуляторных батарей портативных устройств, таких, как портативные компьютеры и сотовые телефоны, медицинские имплантаты и электромобили. Техника локализованной зарядки использует выбор соответствующей передающей катушки в структуре массива многослойных обмоток. Резонанс используется как в панели беспроводной зарядки (передающем контуре), так и в модуле приёмника (встроенного в нагрузку) для обеспечения максимальной эффективности передачи энергии. Такая техника передачи подходит универсальным беспроводным зарядным панелям для подзарядки портативной электроники, такой, например, как мобильные телефоны. Техника принята в качестве части стандарта беспроводной зарядки Qi.

Резонансная электродинамическая индукция также используется для питания устройств, не имеющих аккумуляторных батарей, таких, как RFID-метки и бесконтактные смарт-карты, а также для передачи электрической энергии от первичного индуктора винтовому резонатору трансформатора Теслы, также являющемуся беспроводным передатчиком электрической энергии.



**Электростатическая индукция.** Электростатическая или ёмкостная связь представляет собой прохождение электроэнергии через диэлектрик. На практике это градиент электрического поля или дифференциальная ёмкость между двумя или более изолированными клеммами, пластинами, электродами, или узлами, возвышающимися над проводящей поверхностью. Электрическое поле создается за счет заряда пластин переменным током высокой частоты и высокого потенциала. Ёмкость между двумя электродами и питаемым устройством образует разницу потенциалов.

Электрическая энергия, передаваемая с помощью электростатической индукции, может быть использована в приёмном устройстве, например, таком, как беспроводные лампы. Тесла продемонстрировал беспроводное питание ламп освещения энергией, передаваемой переменным электрическим полем.

«Вместо того чтобы полагаться на электродинамическую индукцию для питания лампы на расстоянии, идеальным способом освещения зала или комнаты будет создание таких условий, при которых осветительный прибор можно было бы переносить и размещать в любом месте, и он работал, независимо от того, где он находится, и без проводного подключения. Я сумел продемонстрировать это, создав в помещении мощное переменное электрическое поле высокой частоты. Для этой цели я прикрепил изолированную металлическую пластину к потолку и подключил её к одной клемме индукционной катушки, другая клемма была заземлена. В другом случае я подключал две пластины, каждую к разным концам индукционной катушки, тщательно подобрав их размеры. Газоразрядная лампа может перемещаться в любое место помещения между металлическими пластинами или даже на некоторое расстояние за ними, излучая при этом свет без перерыва».

Принцип электростатической индукции применим к методу беспроводной передачи. «В случаях, когда требуется передача небольшого количества энергии, необходимость в расположении электродов на возвышении снижается, особенно в случае токов высокой частоты, когда достаточное количество энергии может быть получено терминалом путём электростатической индукции из верхних слоев воздуха, создаваемой передающим терминалом».

**Микроволновое излучение.** Радиоволновую передачу энергии можно сделать более направленной, значительно увеличив расстояние эффективной передачи энергии путём уменьшения длины волны электромагнитного излучения, как правило, до микроволнового диапазона. Для обратного преобразования микроволновой энергии в электричество может быть использована ректенна, эффективность преобразования энергии, которой превышает 95 %. Данный способ был предложен для передачи энергии с орбитальных солнечных электростанций на Землю и питания космических кораблей, покидающих земную орбиту.

Сложностью в создании энергетического микроволнового луча является то, что для использования его в космических программах из-за дифракции, ограничивающей направленность антенны, необходима диафрагма большого размера. Например, согласно исследованию НАСА 1978 года, для микроволнового луча частотой 2,45 ГГц понадобится передающая антенна диаметром в 1 км, а приёмной ректоны диаметром в 10 км. Эти размеры могут быть снижены путём использования более коротких длин волн, однако короткие волны могут поглощаться атмосферой, а также блокироваться дождем или каплями воды. Из-за «проклятия узкого пучка» невозможно сузить луч, объединяя пучки от нескольких меньших спутников без пропорциональной потери в мощности. Для применения на земле антенна диаметром 10 км позволит достичь значительного уровня мощности при сохранении низкой плотности пучка, что важно по соображениям безопасности для человека и окружающей среды. Безопасный для человека уровень плотности мощности составляет 1 мВт/кв. см, что на площади круга диаметром 10 км соответствует мощности в 750 МВт. Этот уровень соответствует мощности современных электростанций.

Японский исследователь Хидэцугу Яги исследовал беспроводную передачу энергии с помощью созданной им направленной антенной решетки. В феврале 1926 года им была опубликована работа об устройстве, известном сейчас как антенна Яги. Хотя она оказалась

неэффективной для передачи энергии, сегодня её широко используют в радиовещании и беспроводных телекоммуникациях из-за её превосходных рабочих характеристик.

В 1945 году советский учёный Семён Тетельбаум публикует статью, в которой впервые рассматривает эффективность микроволновой линии для беспроводной передачи электроэнергии. После Второй мировой войны, когда началось развитие мощных СВЧ-излучателей, известных под названием магнетрон, идея использования микроволн для передачи энергии была развита.

В 1964 году был продемонстрирован миниатюрный вертолет, к которому энергия передавалась с помощью СВЧ-излучения.

Беспроводная передача энергии высокой мощности с использованием микроволн подтверждена экспериментально. Опыты по передаче десятков киловатт электроэнергии проводились в Голдстоуне, штат Калифорния, в 1975 году и в 1997 году в Гранд Бассине на острове Реюнион. В ходе экспериментов достигнута передача энергии на расстояние порядка одного километра.

Экспериментами по беспроводной передаче энергии с помощью СВЧ-излучения занимался также академик П. Л. Капица.

**Электропроводность.** Однопроводная электрическая система SWER (Single Wire with Earth Return) основывается на токе земли и одном изолированном проводе. В аварийных случаях высоковольтные линии постоянного тока могут работать в режиме SWER. Замена изолированного провода на атмосферную обратную связь для передачи мощного высокочастотного переменного тока стала одним из методов беспроводной передачи электроэнергии. Кроме того, исследовалась возможность беспроводной передачи электроэнергии только через землю.

Низкочастотный переменный ток может быть передан с низкими потерями по земле, поскольку общее сопротивление земли значительно меньше, чем 1 О. Электрическая индукция возникает преимущественно из-за электропроводности океанов, металлических рудных тел и подобных подземных структур. Электрическая индукция также вызывается электростатической индукцией диэлектрических областей, таких, как залежи кварцевого песка и прочих непроводящих минералов.

Переменный ток может передаваться через слои атмосферы, имеющие атмосферное давление менее 135 мм рт. ст. Ток протекает посредством электростатической индукции через нижние слои атмосферы примерно в 2-3 милях над уровнем моря и благодаря потоку ионов, то есть электрической проводимости через ионизированную область, расположенную на высоте выше 5 км. Интенсивные вертикальные пучки ультрафиолетового излучения могут быть использованы для ионизации атмосферных газов непосредственно над двумя возвышенными терминалами, приводя к образованию плазменных высоковольтных линий электропередач, ведущих прямо к проводящим слоям атмосферы. В результате между двумя возвышенными терминалами образуется поток электрического тока, проходящий до тропосферы, через неё и обратно на другой терминал. Электропроводность через слои атмосферы становится возможной благодаря ёмкостному плазменному разряду в ионизированной атмосфере.



Никола Тесла обнаружил, что электроэнергия может передаваться и через землю, и через атмосферу. В ходе своих исследований он добился возгорания лампы на умеренных

расстояниях и зафиксировал передачу электроэнергии на больших дистанциях. Башня Ворденклиф задумывалась как коммерческий проект по трансатлантической беспроводной телефонии и стала реальной демонстрацией возможности беспроводной передачи электроэнергии в глобальном масштабе. Установка не была завершена из-за недостаточного финансирования.

Земля является естественным проводником и образует один проводящий контур. Обратный контур реализуется через верхние слои тропосферы и нижние слои стратосферы на высоте около 4.5 миль (7.2 км).

Глобальная система передачи электроэнергии без проводов, так называемая «Всемирная беспроводная система», основанная на высокой электропроводности плазмы и высокой электропроводности земли, была предложена Николой Тесла в начале 1904 года и вполне могла стать причиной Тунгусского метеорита, возникшего в результате «короткого замыкания» между заряженной атмосферой и землей.

Изучение графена поможет освоить бесконтактную передачу

Высокая электропроводность и оптическая прозрачность графена определили его репутацию преемника кремния в интегральных микросхемах. Но хотя разговоры о том, что графен - материал для нанoeлектроники будущего, идут уже давно, ученым еще многое неизвестно об этой удивительной модификации углерода и о том, как она будет вести себя в микроскопических устройствах.

Тем временем развитие современной технологии производства компьютерных процессоров, вероятно, приближается к своему пределу. Согласно эмпирическому закону Мура, количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается примерно каждые два года. Новейшая технология использует полупроводниковые элементы размером в одну 100-тысячную часть миллиметра.

"До недавнего времени почти все технологии в электронике были основаны на так называемой одноэлектронной физике, то есть на физических явлениях, которые можно моделировать системой независимых электронов, - рассказывает физик-теоретик из Национального исследовательского ядерного университета МИФИ Борис Нарожный. - Этот подход перестает работать, когда размер системы становится слишком маленьким. Тогда электроны начинают "толкаться в тесноте", то есть взаимодействовать. Наш интерес заключается в том, чтобы разобраться, как устроены материалы, в частности графен, и как они себя ведут в качестве составных частей разнообразных устройств, как правило, с размерами, измеряющимися в нанометрах, то есть в условиях той самой "тесноты" электронов".

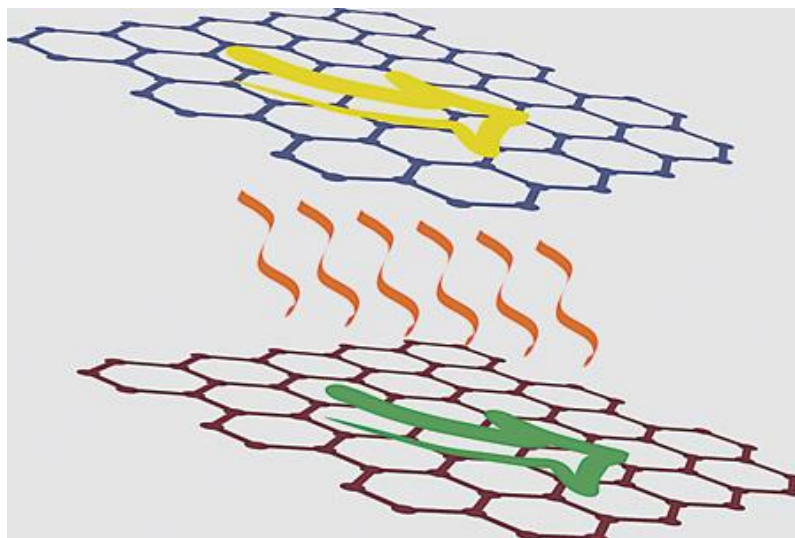


Рисунок 1 Если через один из слоев пропустить электрический ток, то есть привести носители заряда в движение, то заряды во втором слое автоматически начнут двигаться, следуя своим «партнерам».

Разобраться в микроскопической структуре материалов и их поведении в наноустройствах исследователям помогает эффект Кулоновского увлечения. Он был впервые предсказан советским ученым М.Б. Погребинским еще в 1977 году. Сегодня этот физический эффект используют ученые многих ведущих лабораторий мира.

Представьте себе образец, построенный из двух близко расположенных, но электроизолированных друг от друга проводников. Пропуская электрический ток через один из них, ученые измеряют электрический отклик - ток или напряжение, - возникающий во втором проводнике. Казалось бы, электроизоляция должна исключить этот электрический отклик. Но электромагнитные поля, возбужденные движущимися зарядами в одном проводнике, действуют на заряды внутри другого проводника, как бы увлекая их за собой, провоцируя начать двигаться или изменить свое движение. Этот эффект и называется Кулоновским увлечением.

Уникальные свойства графена позволили ученым предположить, что и Кулоновское увлечение в этом странном материале будет каким-то особенным. И, действительно, оказалось, что в графене по сравнению с другими полупроводниковыми системами проще добиться идеального Кулоновского увлечения. Для этого не нужны экстремально низкие температуры и, наоборот, очень высокие магнитные поля. Возникает идеальное увлечение из-за конденсации экситонов, имеющейся в образце (экситон - это связанная пара электрона и дырки, иначе говоря, двух свободных носителей заряда противоположного знака: электрон заряжен отрицательно, дырка - положительно).

В двухслойных системах один из двух носителей принадлежит одному слою, а другой - другому. Если через один из слоев пропустить электрический ток, то есть привести носители заряда в движение, то заряды во втором слое автоматически начнут двигаться, следуя своим "партнерам". Причем движение зарядов в одном слое не просто слегка изменит поведение зарядов во втором, они как бы начнут танцевать парный танец, полностью синхронизировавшись.

Впервые идеальное Кулоновское увлечение в системе, составленной из двух листов графена, наблюдала группа ученых из Гарварда. Борис Нарожный работает в этом же направлении, только не экспериментально, а теоретически.

Если еще раз вернуться к идеальному увлечению, описанному выше, можно заметить, что оно чем-то напоминает так называемую квантовую запутанность, которую ученые используют для квантовой телепортации. Возможно, это не случайно. По словам исследователя из НИЯУ МИФИ, явление Кулоновского увлечения чрезвычайно важно, как в качестве экспериментального инструмента для исследования взаимодействующих электронных систем в твердых телах, так и для потенциальных приложений, основанных на бесконтактной передаче энергии.

В макромире для бесконтактной передачи энергии сегодня используются радиоволны. Именно они осуществляют передачу информации в тот момент, когда вы подносите к считывающему устройству бесконтактный ключ или кредитную карту. Нарожный считает, что в микромире и, в частности, в электронике ближайшего будущего бесконтактная передача энергии (заряда, информации и т.д.) может осуществляться за счет физического механизма, ответственного за Кулоновское увлечение. И, возможно, именно изучение графена и его необычных свойств позволит такой электронике появиться быстрее.



УДК811.111:620.3

## ПРИНЦИП РАБОТЫ СЕНСОРНЫХ ЭКРАНОВ

Дегтяренко Д. В., Микулко В. С

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежов В.Д.

Первое появление сенсорных экранов пришлось на эпоху наладонников прошлых лет – КПК или, по англ., PDA. Гаджеты были интересными, но несуразно малофункциональными, поэтому и не прижились, в отличие от тачскринов.

Сенсорный экран — устройство ввода информации, представляющее собой экран, реагирующий на прикосновения к нему.

Более того, последние не просто прошли испытание временем, но и стали краеугольным камнем концепции всех современных мобильных гаджетов. Представить себе что-то нестационарное и с QWERTY-клавиатурой нам уже почти нереально, а за последние годы сенсорные дисплеи «научились» быть действительно отзывчивыми и удобными в эксплуатации. Хотя их конструкции принципиально почти не изменились и разделяются на все те же 3 основных категории.

В современном мире, насыщенном продуктами высоких технологий, сенсорные экраны заняли достаточно широкую нишу. Они помогают нам получать информацию в доступном визуальном виде, причём функциональность сенсорных экранов не ограничивается только пассивным получением информации - с их помощью мы, иногда, управляем технически сложными устройствами, даже не задумываясь об этом! Давайте посмотрим: экран мобильного телефона, плеера или видеокамеры; сенсорный монитор компьютера в диспетчерской или в конференц-зале; информационно-навигационный киоск на улице; информационный киоск в банке, бизнес-центре, бутике или просто в магазине; видеостена на автошоу или интерактивный стол на выставке либо другом мероприятии - всё эти устройства УЖЕ сегодня являются не выдумкой фантастов, а повседневными нашими помощниками. И простой экран, который ранее лишь отображал информацию, сейчас позволяет взаимодействовать, принимать решения и управлять сложными устройствами посредством сенсоров.

При этом в каждом из выше перечисленных устройств применяется тот либо иной тип сенсорного экрана. В настоящее время разработано несколько типов сенсорных панелей, и каждая технология производства сенсорных панелей обладает своими преимуществами и слабыми сторонами. В данном материале мы рассмотрим, какие бывают типы сенсорных экранов, а также их достоинства и недостатки.

1. Резистивные или попросту «упругие» (Resistive)
2. Емкостные (Capacitive)
3. Проекционно-ёмкостные
4. Волновые (Surfaceacousticwave)
5. Сенсорные экраны на поверхностно-акустических волнах
6. Оптические сенсорные экраны
7. Инфракрасные сенсорные экраны

### **О резистивном тачскрине.** Недавнее прошлое

Принцип действия резистивного сенсорного экрана заключается в следующем. Сенсорный экран состоит из стеклянной панели и гибкой пластиковой мембраны с нанесёнными как на панель, так и на мембрану резистивным покрытием. Между стеклом экрана и гибкой мембраной равномерно распределены микроизоляторы, которые не позволяют контактировать проводящим поверхностям по активной области экрана. Когда на экран воздействуют, нажимая на него, резистивные покрытия панели и пластиковой мембраны между собой замыкаются и в точке соприкосновения изменяется удельное сопротивление, которое регистрируется контроллером панели и с помощью аналогово-цифрового преобразователя преобразовывается в координату точки прикосновения.



Принципиально точность отслеживания в схеме резистивного сенсорного экрана можно улучшить, применяя различные алгоритмы, однако следует учитывать, что данные улучшения позволяют добиться точности отслеживания, но не повышают надёжности.

К сильным сторонам резистивных экранов можно отнести достаточную простоту и малую стоимость, весьма неплохую чувствительность, а также восприимчивость экрана не только к пальцам руки, но и к любым касающимся его предметам.

Слабые стороны резистивных экранов - плохое светопропускание (для устранения этого недостатка приходится использовать более яркую подсветку), и плохая поддержка экраном множественных нажатий (мультиач). Вследствие конструктивных особенностей резистивные экраны не могут определить силу нажатия и подвержены механическому износу.

#### **Ёмкостный сенсорный дисплей**

Поверхностно-ёмкостный экран (или упрощённо - ёмкостный) в основе своего принципа работы использует явление проводимости переменного тока предметом большой ёмкости.

Конструктивно ёмкостный сенсорный экран состоит из стеклянной панели, покрытой прозрачным резистивным материалом (обычно применяются сплавы оксида индия и оксида олова). По углам ёмкостного экрана располагаются электроды, которые подают переменное напряжение (не значительное по абсолютной величине) на проводящий слой экрана. Причем подаваемое напряжение абсолютно одинаково. При прикосновении к экрану пальцем руки или другим токопроводящим предметом в точке прикосновения появляется утечка тока. При этом следует отметить, что чем ближе предмет, которым прикасаются к электроду, тем меньше сопротивление экрана и, следовательно, сила тока в точке прикосновения больше. Во всех четырёх углах экрана расположены датчики, которые следят за изменением силы тока и регистрируют эти изменения, которые затем передаются в контроллер. Контроллер уже преобразовывает полученные от датчиков данные и вычисляет координаты точки прикосновения.

В более ранних моделях ёмкостных экранов использовали постоянный ток - такая конструкция была предельно простая, но в работе это приводило к сбоям, особенно при не достаточном контакте прикасающегося к экрану предмета (человека) с землёй.

Ёмкостные сенсорные экраны зарекомендовали себя в работе как надёжные устройства, запас по касаниям - около 200 000 000 касаний (более 6-ти лет касаний с интервалом 1 сек.). Ёмкостные экраны неприхотливы к внешним условиям - они не пропускают влагу и отлично работают даже загрязненными. Прозрачность экрана находится на уровне приблизительно 90 %. К недостаткам следует отнести нечувствительность к диэлектрикам, например, на прикосновение в перчатке экран не отреагирует.

#### **Проекционно-ёмкостные дисплеи**

Принцип действия проекционно-ёмкостного экрана состоит в следующем: на внутреннюю сторону поверхности экрана наносится сетка электродов. При прикосновении к экрану нанесённый на поверхность электрод вместе с телом человека в точке прикосновения образует конденсатор (ёмкость). Для вычисления координат точки прикосновения измеряется ёмкость конденсатора в точке прикосновения (электронным контроллером экрана подаётся импульс тока и измеряется напряжение в точке касания), которое после обработки трансформируется в координаты точки касания.

К особенностям проекционно-ёмкостных экранов относят достаточно большую прозрачность (может достигать порядка 90 %), а также очень широкий диапазон рабочих температур. Проекционно-ёмкостные экраны характеризуются долговечностью и при соответствующих условиях (применение калёного стекла достаточной толщины - вплоть до 16 мм.) проекционно-ёмкостные экраны весьма вандалоустойчивы. Индифферентны к непроводящему загрязнению рабочей поверхности, если же загрязнение является проводящим ток, то такие артефакты легко локализируются и нивелируются программно. Вследствие таких преимуществ диапазон применения проекционно-ёмкостных сенсорных

экранов весьма обширен - начиная от автоматов, информационных киосков, расположенных на улице и заканчивая рекламными видеозэкранами, установленными в бутиках, банках.

### **Яркие волновые дисплеи**

Экран представляет собой стеклянную пластину, по периметру которой в соответствии с координатной сеткой  $X \times Y$  расположены светодиодные пары "излучатель-получатель сигнала". Система спроектирована таким образом, что контроллер всегда «знает», был ли отправлен в направлении конкретного получателя луч света или нет. И если последний рапортует о том, что ничего не произошло, это сигнал о нажатии. А дальше, определив точку пересечения вертикального и горизонтального прерванных лучей, автоматически получаем координаты места нажатия на дисплее. Двигается свет быстро, гораздо быстрее, чем осуществляет свои манипуляции пользователь, поэтому скорость реагирования у волновых сенсорных устройств потрясающая.

Но не это делает их столь привлекательными, а то, что никаких металлических полупроводников здесь нет и в помине. То есть, не существует и никакого препятствия на пути световых лучей, что и дает возможность для 100% передачи яркости изображения. Конечно, на практике КПД ниже единицы, да и накапливающийся слой грязи с внешней стороны стекла вносит свои коррективы. Но в идеальном воплощении волновая технология сенсорных экранов обладает наибольшими перспективами из всех существующих.

### **Сенсорные экраны на поверхностно-акустических волнах**

Конструктивно сенсорный экран на поверхностно-акустических волнах (ПАВ) выполнен в виде стеклянной панели с расположенными по углам экрана пьезоэлектрическими преобразователями (ПЭП). Также по периметру панели экрана расположены отражающие и принимающие датчики. Принцип действия сенсорного экрана на поверхностно-акустических волнах состоит в следующем. Высокочастотный электрический сигнал формируется в специальном контроллере и посылается на ПЭП. ПЭП в свою очередь преобразуют поступивший сигнал в поверхностно-акустические волны, а отражающие датчики, расположенные по периметру, этот сигнал отражают. Далее по цепочке: отражённая волна поступает на соответствующий принимающий датчик и обратно отсылается на ПЭП. ПЭП же, приняв отражённую волну, преобразовывает полученные данные уже в электрический сигнал, который поступает на контроллер, где этот сигнал анализируется. При прикосновении к экрану пальцем часть энергии акустических волн, формируемых ПЭП, в точке касания поглощается. Расположенные по периметру экрана приёмники улавливают эти изменения, а микроконтроллер вычисляет положение точки касания. Реагирует на касание предметом, способным поглотить волну (палец, рука в перчатке, пористая резина и т.п.)

К достаточно существенным недостаткам сенсорных экранов на поверхностно-акустических волнах следует отнести ложные срабатывания или сбои при наличии посторонних вибраций или при воздействии акустическими шумами, а также при загрязнении поверхности экрана. Любой посторонний предмет, находящийся на экране (например, грязь, жевательная резинка), полностью заблокирует его работу. Кроме того, вследствие конструктивных особенностей, экран регистрирует только прикосновения предметом, который поглощает акустические волны. Например, на прикосновение пластиковой карточки экран просто не среагирует.

Точность срабатывания сенсорного экрана на поверхностно-акустических волнах гораздо выше, чем резистивных, но ниже, чем традиционных ёмкостных. Для рисования или ввода текста они не пригодны.

### **Оптические сенсорные экраны**

Конструктивно оптические экраны очень просты. В стеклянную панель интегрирована подсветка на инфракрасных лучах. Принцип работы такого сенсорного экрана тоже достаточно тривиален - используется физическое явление рассеивания света. Таким образом, на границе «стекло-воздух» сенсорного экрана наблюдается полное внутреннее отражение, т.е. вне зависимости от длины волны поверхность экрана полностью отражает падающий на

неё световой поток. При прикосновении к экрану постороннего предмета, на границе «стекло — тело прикосновения» свет в точке касания рассеивается. Управляющей электронике экрана необходимо только снять картину рассеяния и зафиксировав, преобразовать точку касания в системе координат.

Выполнить это технически возможно либо установив рядом с проектором камеру (тогда такой экран называется проекционным). Ярким примером такой технологии является Microsoft Surface (<http://www.microsoft.com/surface/>). Только в Microsoft Surface используются не простые источники света в виде светодиодов, размещённых по периметру экрана, а вместо этого используется инфракрасный (ИК) источник света и ИК-камеры фиксируют преломления света. Либо возложив функцию фиксации на четвёртый субпиксель ЖК экрана.

К достоинствам оптических сенсорных экранов следует отнести возможности идентификации предмета или группы предметов, которыми прикасаются к экрану (не обязательно человеческой кисти), полная поддержка мультитача, возможность создавать монолитные сенсорные поверхности огромных размеров с нелинейной геометрией. Слабыми сторонами оптических сенсорных экранов является достаточно большая глубина самого устройства экрана, необходимая для расположения проектора внутри, достаточно высокая стоимость.

### **Инфракрасные сенсорные экраны**

Принцип работы инфракрасного сенсорного экрана заключается в следующем. По периметру сенсорного экрана расположены специальные LED-светодиоды, излучающие импульсы света в инфракрасном (ИК) диапазоне. С противоположной стороны панели расположены датчики фототранзисторов, которые улавливают излучаемый ИК-свет. Контроллер экрана постоянно сканирует сетку невидимых невооруженным глазом, ИК-лучей, проходящих над поверхностью экрана, которая генерируется последовательностью импульсов для светодиодов. При прикосновении к экрану, сетка из инфракрасных лучей перекрывается пальцем либо прикасающимся предметом, ИК-импульсы перестают поступать на датчики фототранзисторов. Это сразу фиксируется контроллером и преобразовывается в координаты точки прикосновения.

К преимуществам ИК сенсорных экранов следует отнести надежность и высокое качество изображения. Именно поэтому устройства на ИК экранах широко используются в торговых автоматах, информационных киосках, медицинском оборудовании, диспетчерских и системах управления производственным процессом. Из-за простоты и очень высокой ремонтпригодности такая схема весьма популярна в военном ведомстве.

К минусам инфракрасных сенсорных экранов традиционно относится плохая работа в условиях повышенной загрязненности.

### **Выводы**

Применение сенсорных экранов дает ряд преимуществ их обладателям. Например, интерактивные справочные системы (киоски), используемые в аптеках, торговых центрах, банках и на вокзалах, удобны в обращении и позволяют экономить время, чем, несомненно, привлекают клиентов. Использование сенсорных панелей и планшетов вместо меловых досок в сфере образования также сулит определенные выгоды. Обычно значительную часть занятия преподаватель тратит на рисование схем, графиков и таблиц, а иногда даже на переписывание листингов компьютерных программ. В итоге ценное время на объяснение представленного на доске материала сокращается. При таком режиме работы учащемуся трудно сосредоточиться на обдумывании материала, так как он занят копированием записей с доски. Применяя отображающие устройства, можно эффективно использовать заранее подготовленный иллюстративный материал, что экономит массу времени. Наличие у дисплея сенсорных свойств позволяет делать любые пометки, надписи и рисунки в процессе объяснения. Вся изложенная на лекции информация, включая рисунки преподавателя, легко копируется в неизменном виде в любом количестве и может использоваться учащимися.

Таким образом, благодаря внедрению интеллектуальных панелей можно повысить качество преподавания и поднять уровень образования.

Принято считать, что резистивные экраны уже стали пережитком прошлого, время волновых наступит завтра-послезавтра, ну а сегодня безраздельно правят емкостные дисплеи. Обусловлено это не столько требованиями пользовательской аудитории, сколько финансовым аспектом – нельзя наделить смартфон экраном Hi-End класса и сохранить при этом низкую розничную стоимость устройства. С другой стороны, никто толком не берется предсказать, куда повернет прогресс в ближайшее время и что придется на смену емкостным и волновым экранам.

#### **Литература.**

1. Сенсорные экраны // Wikipedia.org [Электронный ресурс].
2. Журнал «Популярная механика» // <http://www.popmech.ru> [Электронный ресурс].
3. Журнал о технологиях «Digital» // <http://www.digital.ru> [Электронный ресурс].

УДК 629.78

## КОСМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Кишкевич Н.А., Ринейский Е.Г.

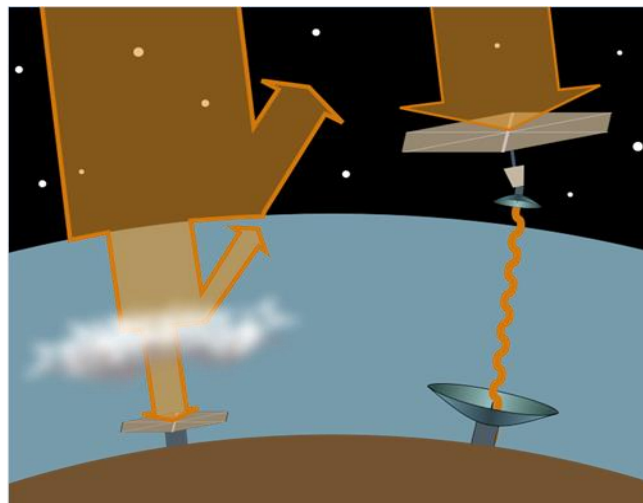
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежов В.Д.

**Космическая энергетика** — вид альтернативной энергетики, предусматривающий использование энергии Солнца для выработки электроэнергии, с расположением энергетической станции на земной орбите или на Луне.

Изначально идея появилась в 1970-х годах. Появление такого проекта было связано с энергетическим кризисом. В связи с этим правительство США выделило 20 миллионов долларов космическому агентству NASA и компании Boeing для расчёта целесообразности проекта гигантского спутника SPS (SolarPowerSatellite).

После всех расчётов оказалось, что такой спутник вырабатывал бы 5000 мегаватт энергии, после передачи на землю оставалось бы 2000 мегаватт. Чтобы понять много это или нет, стоит сравнить эту мощность с Красноярской ГЭС, мощность которой составляет 6000 мегаватт. Но примерная стоимость такого проекта 1 триллион долларов, что и послужило причиной закрытия программы.

Система предполагает наличие аппарата-излучателя, находящегося на геостационарной орбите. Предполагается преобразовывать солнечную энергию в форму, удобную для передачи (СВЧ, лазерное излучение), и передавать на поверхность в «концентрированном» виде. В этом случае на поверхности необходимо наличие «приёмника», воспринимающего эту энергию.



Схематическое изображение, показывающие разницу в количестве лучей, попадающих на земную солнечную станцию (слева) и на космическую (справа)

Космический спутник по сбору солнечной энергии по существу состоит из трех частей:  
средства сбора солнечной энергии в космическом пространстве, например, через солнечные батареи или тепловой двигатель Стирлинга;  
средства передачи энергии на землю, например, через СВЧ или лазер;  
средства получения энергии на земле, например, через ректенны.

Космический аппарат будет находиться на ГСО и ему не нужно поддерживать себя против силы тяжести. Он также не нуждается в защите от наземного ветра или погоды, но будет иметь дело с космическими опасностями, такими как микрометеориты и солнечные бури.



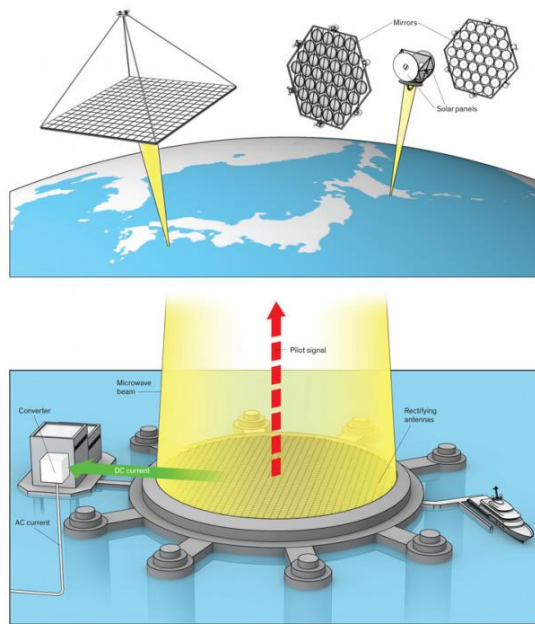
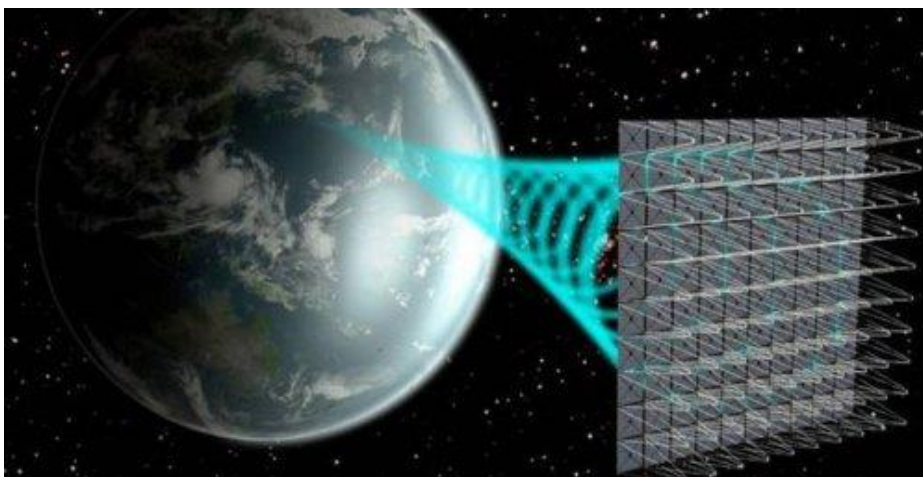


Illustration: John MacNeill

Так как за 40 лет со времени появления идеи солнечные батареи сильно упали в цене и увеличились в производительности, а грузы на орбиту стало доставлять дешевле, в 2007 году «Национальное космическое общество» США представило доклад в котором говорит о перспективах развития космической энергетики в наши дни.

Беспроводная передача электроэнергии была предложена на ранней стадии в качестве средства для передачи энергии от космической или Лунной станции к Земле. Энергия может быть передана с помощью лазерного излучения или СВЧ на различных частотах в зависимости от конструкции системы. Какой выбор был сделан, чтобы передача излучения была не ионизирующей, во избежание возможных нарушений экологии или биологической системы региона получения энергии? Верхний предел для частоты излучения установлен таким, чтобы энергия на один фотон не вызывала ионизацию организмов при прохождении через них. Ионизация биологических материалов начинается только с ультрафиолетового излучения и, как следствие, проявляется при более высоких частотах, поэтому большое количество радиочастот будет доступно для передачи энергии.

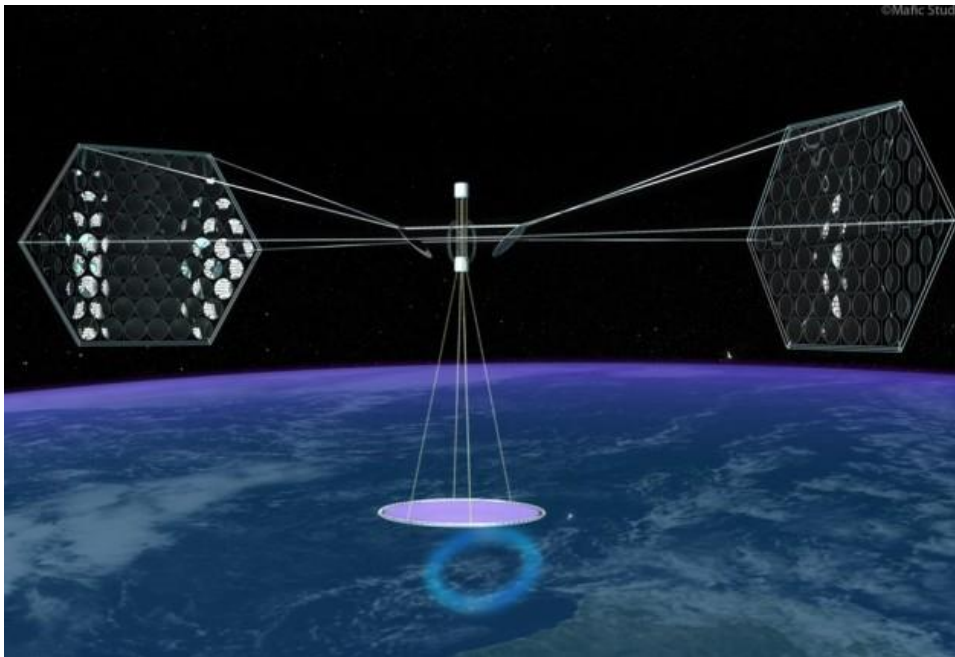
В космической энергетике (в существующих станциях и при разработках космических электростанций) единственный способ эффективного получения энергии — это использование фотоэлементов. Фотоэлемент — электронный прибор, который преобразует энергию фотонов в электрическую энергию. Первый фотоэлемент, основанный на внешнем фотоэффекте, создал Александр Столетов в конце XIX века. Наиболее эффективными, с энергетической точки зрения, устройствами для превращения солнечной энергии в



электрическую являются полупроводниковые фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), поскольку это прямой, одноступенчатый переход энергии. КПД производимых в промышленных масштабах фотоэлементов в среднем составляет 16 %, у лучших образцов до 25 %. В лабораторных условиях уже достигнут КПД 43 %.

Так же важно почерпнуть способы получения энергии. Один из них это получение энергии с помощью ректенн. Ректенна (выпрямляющая антенна) — устройство, представляющее собой нелинейную антенну, предназначенную для преобразования энергии поля падающей на неё волны в энергию постоянного тока. Простейшим вариантом конструкции может быть полуволновый вибратор, между плечами которого устанавливается устройство с односторонней проводимостью (например, диод). В таком варианте конструкции антенна совмещается с детектором, на выходе которого, при наличии падающей волны, появляется ЭДС. Для повышения усиления такие устройства могут быть объединены в многоэлементные решётки.

Космическая солнечная энергия — энергия, которую получают за пределами атмосферы Земли. При отсутствии загазованности атмосферы или облаков, на Землю падает примерно 35 % энергии от той, которая попала в атмосферу. Кроме того, правильно выбрав траекторию орбиты, можно получать энергию около 96 % времени. Таким образом, фотоэлектрические панели на геостационарной орбите Земли (на высоте 36000 км) будут получать в среднем в восемь раз больше света, чем панели на поверхности Земли и даже больше, когда космический аппарат будет ближе к Солнцу чем Земля. Дополнительным преимуществом является тот факт, что в космосе нет проблемы с весом или коррозии металлов из-за отсутствия атмосферы.



С другой стороны, главный недостаток космической энергетики и по сей день является её высокая стоимость. Средства, затраченные на вывод на орбиту системы общей массой 3 млн т. окупятся только в течение 20 лет, и это если принимать в расчёт удельную стоимость доставки грузов с Земли на рабочую орбиту 100 \$/кг. Нынешняя же стоимость вывода грузов на орбиту намного больше.

Вторая проблема создания ОЭС — большие потери энергии при передаче. При передаче энергии на поверхность Земли будет потеряны, по крайней мере, 40-50 %.

#### Литература

1. Калифорния построит первую в мире космическую электростанцию
2. «Кольцо Луны»
3. Институт Роскосмоса предлагает заняться добычей энергии на орбите
4. «Солнечная эра» в энергетике «Техника-молодежи» 1973 г № 3, с.11, 26—27, 40, обл.4

УДК 624.03

## УМНЫЙ ДОМ

Реут Я.Г., Колодица У.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежов В.Д.

Современный дом или квартиру нельзя представить без автоматизированных устройств, систем кондиционирования и вентиляции, направленных на достижение комфорта и уюта. Технический прогресс не стоит на месте — сегодня комфорт, уют, а главное безопасность в доме создают интеллектуальные системы нового поколения под названием «умный дом». Понятие у всех на слуху, но не многие знают, что это. Давайте разберемся...

**«Умный дом»** — это автоматизированная интеллектуальная система, созданная с целью управления инженерными элементами и системами помещения.

Понятие «умный дом» появилось еще в 70-е года 20 века в США, в определении которого ключевым понятием служила комплексная система с единым пультом управления. Современное понятие «умный дом» определяется как комплекс управляющих систем, который может реагировать на присутствие человека и окружающую среду с последующим решением, которое направлено на создание благоприятных и комфортных условий для жизни.

Стоит разделять понятия «умный дом» и «системы жизнеобеспечения». Отдельные системы обладают лишь необходимыми интерфейсами управления и контроля. Концепция «Системы интеллектуального управления зданием» предполагает новый подход в организации жизнеобеспечения здания, при котором за счет комплекса программно-аппаратных средств значительно возрастает эффективность функционирования и надежность управления всех систем эксплуатации и исполнительных устройств здания.

Основной особенностью интеллектуального здания является объединение отдельных подсистем различных производителей в единый управляемый комплекс.

Под «умным домом» (intelligent building) следует понимать систему, которая должна уметь распознавать конкретные ситуации, происходящие в здании, и соответствующим образом на них реагировать: одна из систем может управлять поведением других по заранее выработанным алгоритмам. Английское слово intelligent, буквально означающее «разумный», «понятливый», в сочетании со словом building использовано в значении «гибкий, приспособляемый».

«Умный дом» в первоначальном смысле означает «здание, готовое к изменениям» или «приспособляемое (гибкое) здание», инженерные системы которого способны обеспечить адаптацию к возможным изменениям в будущем.

Здание проектируют таким образом, чтобы все системы его управления могли интегрироваться друг с другом с минимальными затратами, а их обслуживание было бы организовано оптимальным образом. Проект обязательно предполагает возможность наращивать и видоизменять конфигурации инсталлированных систем.

Со временем здания обретут «искусственный интеллект». Тогда с полным основанием можно будет называть их интеллектуальными. Системы смогут отслеживать работу и состояние всей «начинки» здания, включая ограждающие конструкции, и самостоятельно принимать решения в изменяющихся обстоятельствах.

Под термином «умный дом» обычно понимают интеграцию в единую систему управления зданием следующих систем:

- Систему отопления, вентиляции и кондиционирования
- Охранно-пожарную сигнализацию, систему контроля доступа в помещения, контроль протечек воды, утечек газа
- Систему видеонаблюдения
- Сети связи (в том числе телефон и локальная сеть здания)
- Систему освещения

- Систему электропитания здания (АВР, промышленные ИБП, дизель-генераторы)
- Механизацию здания (открытие/закрытие ворот, шлагбаумов, электроподогрев ступеней и т. п.)
- Управление с одного места аудио-, видеотехникой, домашним кинотеатром, мультирум
- Телеметрия — удалённое слежение за системами
- IP-мониторинг объекта — удалённое управление системами по сети
- GSM-мониторинг — удалённое информирование об инцидентах в доме (квартире, офисе, объекте) и управление системами дома через телефон (в некоторых системах при этом можно получать голосовые инструкции по планируемым управляющим воздействиям, а также голосовые отчеты по результатам выполнения действий).

На сегодняшний день технологии позволяют строить домашнюю автоматизацию покомпонентно — выбирать только те функции умного дома, которые действительно нужны.



Модульная структура позволяет создавать системы не высокой стоимости, с гарантией 100 % использования.

Один из самых старых и одиозных проектов — коттедж Билла Гейтса. Этот проект, как и множество литературы по научной фантастике, породил огромное количество мифов об «умном доме».

В 1995 году разработчики технологий Java предрекали одним из основных назначений для этой технологии увеличения интеллекта бытовых приборов — например, холодильник сам будет заказывать продукты из магазина. Промышленного распространения эта идея не получила, но такие компании, как Miele и Siemens, уже выпускают бытовую технику с возможностью включения в «умный дом». Правда, эти решения основываются на QNX, а не на Java.

А вот функция выключить весь свет одной кнопкой, как и возможность включать и выключать его из разных мест, сегодня активно реализуется почти во всех проектах домашней автоматизации.

Умный дом как домашняя автоматизация развивается не только в России. Все технологии и системы, которые используются в России, разработаны и производятся в Европе, США и Китае. Основное различие видится скорее в предназначении и в подходе инсталляторов.

В Европе проекты автоматизации частных домов и квартир готовит сам разработчик и производитель систем, инсталлятору же отводится роль фактически обычных, но квалифицированных монтажников, работающих строго по схеме.



В России инсталлятор является важнейшей фигурой в создании умного дома. Как правило он работает со многими производителями систем автоматизации, это позволяет ему подбирать систему максимально оптимально для решения поставленных перед автоматизацией задач. После этого он сам занимается проектированием, монтажом, продажей и запуском построенного умного дома.

#### Технологии

LanDrive — наиболее доступная на сегодняшний день платформа для построения шинных распределённых систем управления внутренним и уличным освещением, силовыми нагрузками, электроприборами, а также такими системами, как отопление, кондиционирование, вентиляция, охранная сигнализация, контроль доступа и протечек воды. Также возможно управление аудио- и видеотехникой, домашними кинотеатрами, жалюзи, рольставнями, шторами, воротами, насосами, двигателями. В основном ориентирована на применение в составе «умного дома», но в последнее время всё чаще применяется в системах учёта и сбережения энергоресурсов, контроля доступа, охранно-пожарных системах.

LCN - немецкая система автоматизации как для домашней, так и для промышленной автоматизации. Полностью распределённый интеллект. В качестве среды передачи используется обычный электрический провод сечением жил 1,5 или 2,5 мм<sup>2</sup>. Реализуется управление практически любым оборудованием. Оптимальное соотношение цена/возможности.

iRidium Mobile — программный комплекс для управления системами умный дом с мобильных устройств iPhone, iPad, iPod touch и любых устройств под управлением Windows XP/7, Windows mobile/Сe.

BPT — система домашней автоматизации с распределённым интеллект, использующая закрытый протокол передачи данных. В качестве шины используется стандартная витая пара UTP. Реализуется управление освещением, домашней автоматикой, кондиционированием, отоплением, инженерной и охранной сигнализацией, домофонией. Основные мотивы выбора данной системы — низкая стоимость оборудования, простота монтажа и пуско-наладки. Система совместима с любыми типами электроустановочных изделий.

MyHome SCS интегрируется посредством OpenWebNet-шлюза с системами от различных производителей.

EIB (European Installation Bus — «Европейская инсталляционная шина»).

UBI (Универсальный шинный интерфейс). Данный интерфейс обеспечивает комбинированную передачу по витой паре (UTP, FTP) сигналов управления умным домом, сигналов Ethernet (компьютерная сеть, цифровое видеонаблюдение, цифровое телевидение и телефония, Интернет). Своими идеями и корнями уходит к концепции взаимодействия открытых систем на базе международной многоуровневой модели ISO OSI. В будущем все здания станут интеллектуальными, и будут объединены между собой. По мнению большинства специалистов, модель взаимодействия открытых систем OSI идеально подходит для объединения в единое целое решений и технологий различных производителей электронного оборудования, будь то электроника стиральной машины, домашнего кинотеатра, системы вентиляции здания или легкового автомобиля. Уже сейчас многие производители (например, Legrand) оборудования для инженерных сетей интеллектуальных зданий предпринимают немалые усилия по унификации кабельных систем под разные технологии и разное назначение. Введено понятие «Оптимальных сетей». В правильно спроектированном интеллектуальном здании структурированные кабельные системы и оборудование автоматизации здания не зависят друг от друга. Конечному пользователю не нужно заботиться о том, чтобы в конкретном месте была телевизионная розетка или телефонная. Кабельные системы универсальны и унифицированы. То есть назначение для розетки можно придумать потом. Также потом можно выбрать и конечную реализацию системы автоматизации (будь то EIB, C-BUS, X-10 или что-либо еще). Существуют и получают распространение технологии динамического управляемого «переключения»



назначения конечных точек подключения (например, розеток). За доли секунды телефонная розетка превращается в телевизионную. Пользователю лишь остается переткнуть соединительные кабели в другое конечное оборудование (поменять телефонный патч-корд на телевизионный).

C-Bus (protocol) — протокол для домашней автоматизации, а также автоматизации зданий, спортивных сооружений и т. д. C-Bus — это система с распределённым интеллектом (без центрального процессора), использующая кабель 5-категории (Cat.5), длина которого в одном сегменте может составлять 1000 м. Таких сегментов в одну систему можно объединять до 255. В сети используется 36 В переменного тока. Протокол C-Bus используется в Австралии, Новой Зеландии, Азии, на Ближнем Востоке, в России, США, Южной Африке, Великобритании и других частях Европы, включая Грецию, Прибалтику, Румынию и другие страны. В США C-Bus представлен под маркой «SquareD Clipsal». Протокол C-Bus был создан Clipsal Integrated Systems для использования в системах домашней автоматизации и системах управления освещением зданий.

Helvar — для систем управления освещением использует протокол DALI и DSI.

AMX — система домашней автоматизации одноимённой компании. Централизованная. Протоколы закрытые. Изначально применялись собственные шины передачи данных. Новые линейки оборудования AMX используют для передачи стандартные протоколы Ethernet, Wi-Fi и Zigbee. Имеет шлюзы для сопряжения с другими системами (EIB, LON и др.).

Crestron — протокол управления систем автоматизации и мультимедийными системами. Разработан компанией Crestron (США). Протокол закрыт. Основной конкурент — AMX (США).

X10 — протокол управления электроприборами. Сигнал передается по электрическим проводам либо в радиодиапазоне. Недостатки — низкая скорость передачи информации и помехозащищенность, проблема ложного срабатывания, отсутствие обратной связи приёмника с передатчиком, возможны конфликты устройств X10 разных производителей и несанкционированный доступ к устройствам X10 по электросети.

Z-wave запатентованный беспроводный протокол связи, разработанный для домашней автоматизации, в частности для контроля и управления на жилых и коммерческих объектах. Технология использует маломощные и миниатюрные радиочастотные модули, которые встраиваются в бытовую электронику и различные устройства, такие как освещение, отопление, контроль доступа, развлекательные системы и бытовую технику.

LUXOR— система локального управления освещением и климатом. Используется обычный электрический кабель и выключатели. Система производится Theben AG. Протокол закрыт. Основные мотивы выбора данной системы — низкая стоимость оборудования, простота монтажа и пусконаладки. Система совместима с любыми типами электроустановочных изделий.

Smart Bus — шина, разработанная в Канаде. Данная система умный дом является идеальной в сочетании отношения цена-качество.

ONE-NET - открытый протокол беспроводной сети передачи данных, разработанный для целей автоматизации зданий и управления распределёнными объектами.

R-BUS - шина разработанная совместно Российским и Китайским предприятиями с открытым протоколом передачи данных, предназначена для автоматизации больших и малых сооружений.

DOMINTELL - централизованная система домашней, офисной и гостиничной автоматизации. Использует интерфейс RS485 для обмена данными между модулями. Имеются шлюзы Ethernet TCP, UDP, RS232, B&O, DMX (управление светом). Открытая система команд управления "Light Protocol". Была разработана в 1999 году в Бельгии.

Существует два различных принципа построения подобных систем: централизованное (например, ИНС от Lexel) и децентрализованное на основе инсталляционной шины (EIB, LonWork, Crastron и др.)

В функции умного дома входит:

### Управление светом

Управление светом позволяет пользователю создавать световые сценарии из неограниченного числа источников света с различной яркостью, включать их одновременно или с задержкой, имитируя, например, эффект "бегущих огней".

Используя специальные световые светорегуляторы можно не только менять яркость, на которую загорается лампа при включении, но и время, за которое будет достигнута эта яркость.

Функция постоянного контроля освещенности предназначена в основном для офисных помещений и дает возможность поддерживать заданную пользователем освещенность рабочей поверхности независимо светит ли солнце или небо укрыто тучами.

Автоматическое включение наружного освещения в зависимости от времени суток и присутствия людей не только обеспечит дополнительный комфорт, но и отпугнет непрошенных гостей.

### Управление микроклиматом

Система постоянно измеряет температуру индивидуально в каждой комнате и поддерживает ее на заданном Вами уровне, управляя непосредственно клапанами радиаторов или заслонками кондиционера, а также, при необходимости, автоматически включает или выключает вентиляцию.

Каждый день ЕИВ помогает Вам экономить денежные средства благодаря различным режимам работы системы: комфортный режим, ночной режим, режим "никого нет в доме". Смена режимов происходит по расписанию или по команде пользователя. Достаточно лишь однажды задать температуру на дисплее сенсорной панели в комнате для каждого из режимов.

Система отопления / кондиционирования выключится автоматически для сбережения энергии, если окна комнаты будут открыты для проветривания (сигнал об этом пошлет межрамный контакт).

### Жалюзи

В летнее время их ламели автоматически поворачиваются под определенным углом и предотвращают попадание внутрь комнаты излишнего солнечного света, не уменьшая светового потока. Тем самым они препятствуют нагреванию помещения и помогают экономить электроэнергию, расходуемую кондиционером.

### Охрана

Умный дом ведет запись всех событий, которые происходили в нем за время вашего отсутствия: кто и когда приходил, сколько времени находился в доме, какие подозрительные личности долго крутились возле него. Их лица и действия зафиксированы в его памяти.

Непрошенных гостей поджидают неприятные сюрпризы в виде ослепляющего света и звуковой сирены. Кроме того, об их проникновении в Дом сообщит по телефону пользователю и вызовет охрану.

### Аварийные ситуации.

При возникновении аварийных ситуаций (например, протечки воды) Дом не только проинформирует пользователя и соответствующую службу, но и предпримет необходимые меры по локализации аварии (прекратит подачу воды).

### Эффект присутствия

В отсутствие пользователя Дом может имитировать привычный образ жизни хозяев, включая по вечерам свет и музыку, тем самым создавая эффект присутствия.

В качестве вывода хотелось бы заметить, что система «Умный Дом» является комплексной системой автоматизации жилища с применением с наличием огромного ряда функций. Система относительно популярна во всех странах мира. В систему входят функции управления такими системами как система освещения, вентиляции, охранная система, система противопожарной безопасности, система защиты от протечек воды, система обогрева и т.д. Система работает благодаря платформам для построения шинных

распределённых систем управления вышеназванными системами, таким как LanDrive,LCN, iRidium Mobile,ВРТ,MyHome SCS,EIB.

#### **Литература**

1. Электронные схемы для умного дома. Кашкаров А.П
2. Умный дом. Наталья Егорова

УДК 621.318

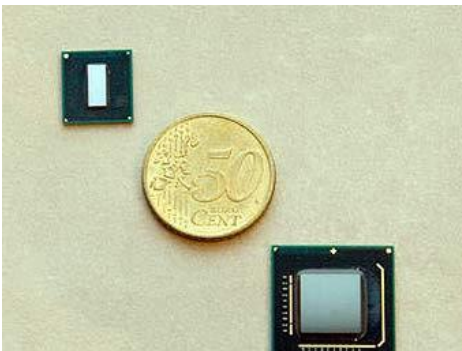
## МИКРОПРОЦЕССОРЫ

Доронин И.С., Андык А.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежов В.Д.

Первые компьютерные процессоры с несколькими ядрами появились на потребительском рынке ещё в середине двухтысячных, но множество пользователей до сих пор не совсем понимает — что это такое, многоядерные процессоры, и как разобраться в их характеристиках.

Микропроцессор — одно из главных устройств в компьютере. Это сухое официальное название чаще сокращают до просто «процессор»). Процессор — микросхема, по площади сравнимая со спичечным коробком. Если угодно, процессор — это как мотор в автомобиле. Важнейшая часть, но совсем не единственная. Есть у машины ещё и колёса, и кузов, и проигрыватель с фарами. Но именно процессор (как и мотор автомобиля) определяет мощность «машины».



Многие называют процессором системный блок — «ящик», внутри которого находятся все компоненты ПК, но это в корне неверно. Системный блок — это корпус компьютера вместе со всеми составляющими частями — жёстким диском, оперативной памятью и многими другими деталями.

Функция процессора — вычисления. Не столь важно, какие именно. Дело в том, что вся работа компьютера завязана исключительно на арифметических вычислениях. Сложение, умножение, вычитание и прочая алгебра —

этим всем занимается микросхема под названием «процессор». А результаты таких вычислений выводятся на экран в виде игры, вордовского файла или просто рабочего стола.

Главная часть компьютера, которая занимается вычислениями — вот, что такое процессор.

Что такое процессорное ядро и многоядерность

Ядро — это, фактически, сам процессор. Его основная и главная часть. Есть у процессоров и другие части — скажем, «ножки» - контакты, микроскопическая «электропроводка» — но именно тот блок, который отвечает за вычисления, называется ядром процессора. Когда процессоры стали совсем небольшими, то инженеры решили совместить внутри одного процессорного «корпуса» сразу несколько ядер.

Если представить процессор в виде квартиры, то ядро — это крупная комната в такой квартире. Однокомнатная квартира — это одно процессорное ядро (крупная комната-зал), кухня, санузел, коридор... Двухкомнатная квартира — это уже как два процессорных ядра вместе с прочими комнатами. Бывают и трёх-, и четырёх-, и даже 12-комнатные квартиры. Также и в случае с процессорами: внутри одного кристалла - «квартиры» может быть несколько ядер - «комнат».

Многоядерность — это разделение одного процессора на несколько одинаковых функциональных блоков. Количество блоков — это число ядер внутри одного процессора.

Разновидности многоядерных процессоров

Бытует заблуждение: «чем больше ядер у процессора — тем лучше». Именно так стараются представить дело маркетологи, которым платят за создание такого рода заблуждений. Их задача — продавать дешёвые процессоры, притом — подороже и в огромных количествах. Но на самом деле количество ядер — далеко не главная характеристика процессоров.

Вернёмся к аналогии процессоров и квартир. Двухкомнатная квартира дороже, удобнее и престижнее однокомнатной. Но только если эти квартиры находятся в одном районе, оборудованы одинаково, да и ремонт у них схожий. Существуют слабенькие

четырёхядерные (а то и 6-ядерные) процессоры, которые значительно слабее двухядерных. Но поверить в это сложно: ещё бы, магия крупных чисел 4 или 6 против «какой-то» двойки. Однако именно так и бывает весьма и весьма часто. Вроде как та же четырёхкомнатная квартира, но в убитом состоянии, без ремонта, в совершенно отдалённом районе — да ещё и по цене шикарной «двушки» в самом центре.

Частота многоядерных процессоров

Одна из характеристик компьютерных процессоров — их частота. Те самые мегагерцы (а чаще — гигагерцы). Частота — важная характеристика, но далеко не единственная. Да, пожалуй, ещё и не самая главная. К примеру, двухядерный процессор с частотой 2 гигагерца — более мощное предложение, чем его одноядерный собрат с частотой 3 гигагерца.

Совсем неверно считать, что частота процессора равна частоте его ядер, умноженной на количество ядер. Если проще, то у 2-ядерного процессора с частотой ядра 2 ГГц общая частота ни в коем случае не равна 4 гигагерцам! Даже понятия «общая частота» не существует. В данном случае, частота процессора равна именно 2 ГГц. Никаких умножений, сложений или других операций.

И вновь «превратим» процессоры в квартиры. Если высота потолков в каждой комнате — 3 метра, то общая высота квартиры останется такой же — всё те же три метра, и ни сантиметром выше. Сколько бы комнат не было в такой квартире, высота этих комнат не изменяется. Так же и тактовая частота процессорных ядер. Она не складывается и не умножается.

Виртуальная многоядерность, или Hyper-Threading

Существуют ещё и виртуальные процессорные ядра. Технология Hyper-Threading в процессорах производства Intel заставляет компьютер «думать», что внутри двухядерного процессора на самом деле 4 ядра. Очень похоже на то, как один-единственный жёсткий диск делится на несколько логических — локальные диски C, D, E и так далее.

Hyper-Threading — весьма полезная в ряде задач технология. Иногда бывает так, что ядро процессора задействовано лишь наполовину, а остальные транзисторы в его составе маются без дела. Инженеры придумали способ заставить работать и этих «бездельников», разделив каждое физическое процессорное ядро на две «виртуальные» части. Как если бы достаточно крупную комнату разделили перегородкой на две.

Имеет ли практический смысл такая уловка с виртуальными ядрами? Чаще всего — да, хотя всё зависит от конкретных задач. Вроде, и комнат стало больше (а главное — они используются рациональнее), но площадь помещения не изменилась. В офисах такие перегородки невероятно полезны, в некоторых жилых квартирах — тоже. В других случаях в перегородивании помещения (разделении ядра процессора на два виртуальных) смысла нет вообще.

Отметим, что наиболее дорогие и производительные процессоры класса Core i7 в обязательном порядке оснащены Hyper-Threading. В них 4 физических ядра и 8 виртуальных. Получается, что одновременно на одном процессоре работают 8 вычислительных потоков. Менее дорогие, но также мощные процессоры Intel класса Core i5 состоят из четырёх ядер, но Hyper-Threading там не работает. Получается, что Core i5 работают с 4 потоками вычислений.

Процессоры Core i3 — типичные «среднячки», как по цене, так и по производительности. У них два ядра и никакого намёка на Hyper-Threading. Итого получается, что у Core i3 всего два вычислительных потока. Это же относится и к откровенно бюджетным кристаллам Pentium и Celeron. Два ядра, «гипе-трединг» отсутствует = два потока.

Есть ли польза от многоядерных процессоров?

Безусловно, да. Одновременно компьютер занимается несколькими задачами — хотя бы работа Windows (кстати, это сотни разных задач) и, в тот же момент, проигрывание фильма. Проигрывание музыки и просмотр интернета. Работа текстового редактора и включённая музыка. Два процессорных ядра — а это, по сути, два процессора, справятся с



разными задачами быстрее одного. Два ядра сделают это несколько быстрее. Четыре — ещё быстрее, чем два.

В первые годы существования технологии многоядерности далеко не все программы умели работать даже с двумя ядрами процессора. К 2014 году подавляющее большинство приложений отлично понимают и умеют пользоваться преимуществами нескольких ядер. Скорость обработки задач на двухядерном процессоре редко увеличивается в два раза, но прирост производительности есть почти всегда.

Поэтому укоренившийся миф о том, что, якобы, программы не могут использовать несколько ядер — устаревшая информация. Когда-то действительно было так, сегодня ситуация улучшилась кардинально. Преимущества от нескольких ядер неоспоримы, это факт.

Когда меньше ядер у процессора — лучше

Не следует покупать процессор по неверной формуле «чем больше ядер — тем лучше». Это не так. Во-первых, 4, 6 и 8-ядерные процессоры ощутимо дороже своих двухядерных собратьев. Значительная прибавка в цене далеко не всегда оправдана с точки зрения в производительности. К примеру, если 8-ядерник окажется лишь на 10% быстрее CPU с меньшим количеством ядер, но будет в 2 раза дороже, то такую покупку сложно оправдать.

Во-вторых, чем больше ядер у процессора, тем он «прожорливее» с точки зрения энергопотребления. Нет никакого смысла покупать гораздо более дорогой ноутбук с 4-ядерным (8-поточным) Core i7, если на этом ноутбуке будут обрабатываться лишь текстовые файлы, просматриваться интернет и так далее. Никакой разницы с двухядерником (4 потока) Core i5 не будет, да и классический Core i3 лишь с двумя вычислительными потоками не уступит более именитому «коллеге». А от батарейки такой мощный ноутбук проработает гораздо меньше, чем экономичный и нетребовательный Core i3.

Многоядерные процессоры в мобильных телефонах и планшетах

Мода на несколько вычислительных ядер внутри одного процессора касается и мобильных аппаратов. Смартфоны вместе с планшетами с большим количеством ядер почти никогда не используют все возможности своих микропроцессоров. Двухядерные мобильные компьютеры иногда действительно работают чуть быстрее, но 4, а тем более 8 ядер — откровеннейший перебор. Аккумулятор расходуется совершенно безбожно, а мощные вычислительные устройства попросту простаивают без дела. Вывод — многоядерные процессоры в телефонах, смартфонах и планшетах — лишь дань маркетингу, а не насущная необходимость. Компьютеры — более требовательные устройства, чем телефоны. Два процессорных ядра им действительно нужны. Четыре — не помешают. 6 и 8 — излишество в обычных задачах и даже в играх.

#### Литература

1 Балашов Е.П., Микро- и миниЭВМ. Л.: Энергоатомиздат, 1984. 376 с.

УДК 621.317.7.082.742621

## ЧАСТОТОМЕР Д506-М: ЕГО УСТРОЙСТВО И РЕМОНТ

Голёта Д.А

Научный руководитель – старший преподаватель Куцыло А.В.

Частотомер Д506-М представляет собой переносной лабораторный прибор электродинамической системы, предназначенный для измерения частоты в цепях переменного тока.



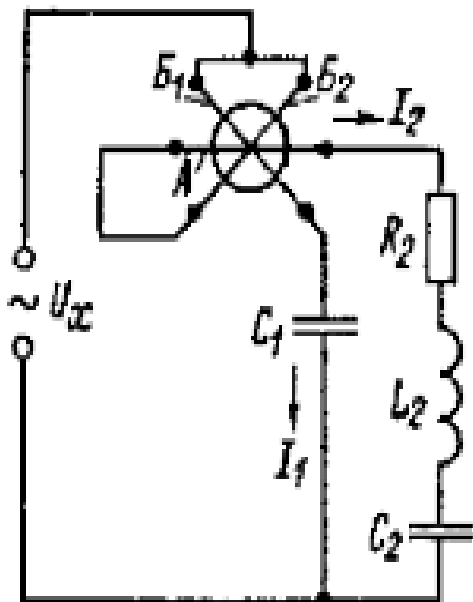
Размеры прибора: 216x283x152 мм



Напряжение измеряемой частоты подводится к прибору через зажимы. Прибор имеет 4 зажима: в зависимости от напряжения в цепи, пользователем выбирается соответствующий зажим 100 V, 127 V или 220 V. Зажим со звездой должен быть подключен обязательно.



При неправильном подключении прибора могут возникнуть неисправности. Например, в нашем случае вышел из строя автотрансформатор. В результате, прибор пришел в негодность и возникла необходимость в его починке. Для этого воспользуемся принципиальной схемой прибора, взятой из учебной литературы.



Упрощенная схема прибора.

Общий вид внутренних частей прибора (шкала внизу).

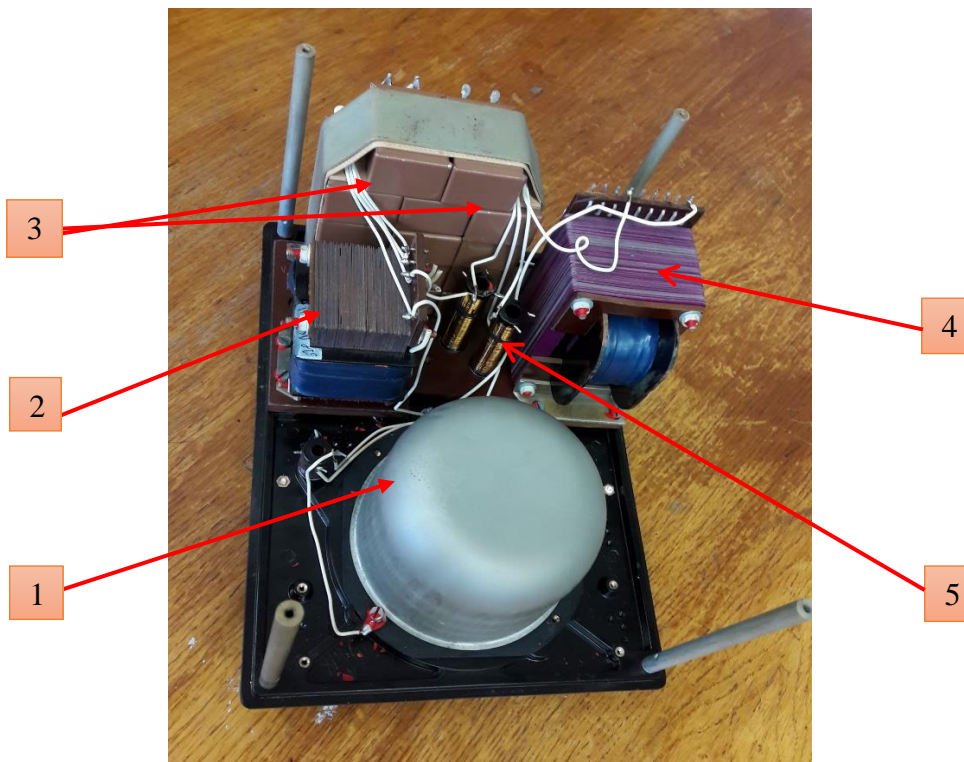


Прибор состоит из:

1. Ферромагнитный экран закрывающий измерительный механизм – необходим для ограждения измерительного механизма от воздействий внешних полей.
2. Батареи конденсаторов  $C_1$ ,  $C_2$  – каждая состоит из 7 последовательно соединенных конденсаторов.

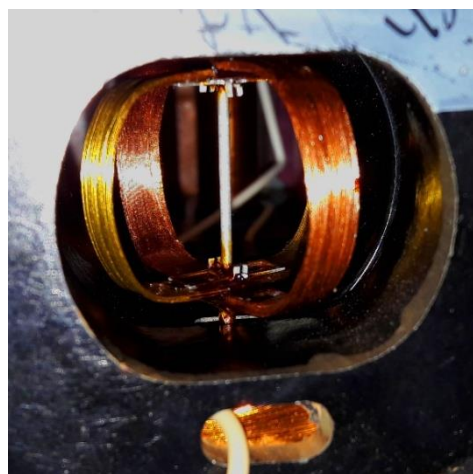


3. Автотрансформатор – состоит из прямоугольного сердечника, собранного из пластин электротехнической стали, и расположенной на нем обмотки.
4. Катушка индуктивности  $L_2$  – состоит из трехстержневого сердечника и обмотки, расположенной на среднем стержне.
5. Резисторы из манганинового провода с сопротивлением  $R_2$



Сам измерительный механизм представляет собой неподвижную катушку, состоящую из двух секций (на схеме представлена горизонтальной линией) и две подвижные катушки на общей оси (на схеме представлены двумя наклонными линиями)

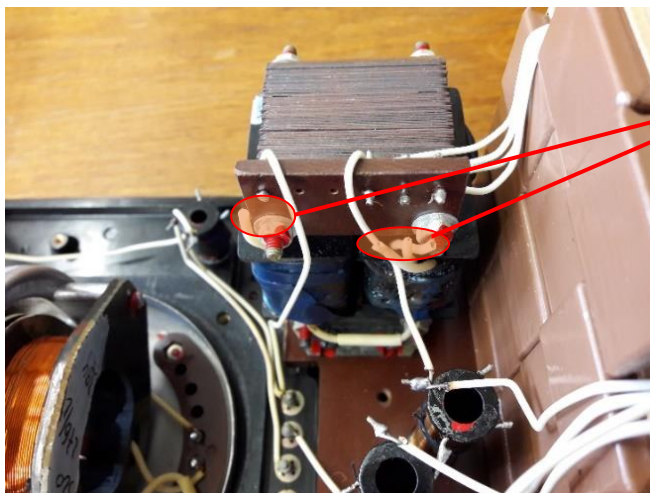
Однако, в учебной литературе приводится упрощенная схема прибора. На самом деле в приборе присутствует еще и автотрансформатор. Таким образом, полная схема прибора имеет вид:





Полная схема прибора.

Лабораторная установка позволяет подавать на прибор напряжение, равное 100 В, что является рабочим напряжением прибора. Это позволяет подключать прибор напрямую к сети 100 В без применения автотрансформатора. Это означает, что для ремонта достаточно исключить из схемы прибора автотрансформатор.



Места разрыва

После выключения автотрансформатора остаются всего два провода, идущие от источника питания. Остальные провода обрываются.

Таким образом, нам удалось простыми средствами отремонтировать прибор с учетом особенностей лабораторной установки.

#### Литература

Электрические измерения: Учебник для вузов/ Байда Л.И., Добротворский Н.С., Душин Е.М. и др.; Под ред. А.В. Фремке и Е.М. Душина.- 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. – 392 с., ил.



УДК 621.397.446

## ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ НА ТВ-ПРОГРАММЫ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ АВТОПОИСКА

Вайтехович Д.А., Киркиж А.Г.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Современные телевизионные устройства для управления тюнером, предназначенного для выделения и усиления полезного входного высокочастотного сигнала телевизионных каналов, имеют систему поиска ТВ-программ. С её помощью настройка на все передаваемые программы в данной местности или при приеме со спутниковой антенны производится автоматически. При включении режима поиска напряжение настройки постепенно изменяется до момента, когда настройка тюнера придет в соответствие с частотой принимаемого ТВ-сигнала [1].

Задача поиска программ с запоминанием состояния настройки состоит в том, чтобы установить соответствие между определенными значениями напряжения настройки, напряжения переключения диапазона и номера выбранного канала. Запомненное напряжение настройки и напряжение переключения диапазона в дальнейшем не должно меняться, в том числе и после выключения аппарата.

Алгоритм работы поиска реализуется с помощью цифровой техники. Плавное изменение напряжения настройки формируется в конечном итоге на выходе цифро-аналогового преобразователя (ЦАП).

При нажатии кнопки поиска с управляющего процессора на вход ЦАП подается импульсное напряжение с постепенно меняющейся скважностью. ЦАП преобразует это импульсное напряжение в медленно изменяющееся однополярное напряжение, которое в процессе поиска, может принимать значение в диапазоне от 0 до 30 В. После достижения своей верхней границы, однополярное напряжение скачком изменяется до нуля, а затем вновь медленно нарастает до тех пор, пока тюнер не настроится на какую-нибудь телепрограмму. Сигнал для остановки поиска поступает с детектора нулевого уровня, подсоединенного к выходу частотного дискриминатора, предназначенного для преобразования уходов промежуточной частоты от номинала в управляющее напряжение, полярность которого зависит от знака расстройки. Частотный дискриминатор настроен на частоту 38,9 МГц и включен в тракт усиления промежуточной частоты изображения. Этот же частотный дискриминатор используется для автоматической подстройки частоты гетеродина в процессе приема телепрограммы.

Установленное напряжение должно быть запомнено. Эта функция реализуется различными способами, например, нужно нажать специальную кнопку запоминания и после переключения на другой канал приступить к поиску следующей телепрограммы. В других случаях достаточно подождать несколько секунд, и программа запомнится сама. Независимо от способа, кроме напряжения настройки, запоминается также напряжение переключения диапазонов и номер выбранного канала. В процессе поиска и при запоминании информация о выбранном частотном диапазоне и номере канала выводится вместе с принимаемым телевизионным изображением на экран телевизора или монитора и может быть проконтролирована и, при желании, изменена в нужной последовательности.

Таким образом, можно запомнить все телепрограммы. Для того чтобы включить запомненную телепрограмму, нужно нажать соответствующую программную кнопку. Микропроцессор выдаст соответствующий адрес на шину данных и включит микросхему памяти в режим чтения. Информация, записанная по этому адресу, направляется на ЦАП, который преобразует ее в постоянное напряжение настройки, необходимое для приема данной телепрограммы. Это напряжение подается на варикапы тюнера. Кроме напряжения настройки запоминается и считывается информация о выборе диапазона (VHF-I, VHF-III или UHF).

На рис.1 представлена схема управления тюнером с помощью системы автопоиска и запоминания выбранных телепрограмм. В качестве исходных данных вводится информация о выбранном частотном диапазоне VHF-I, VHF-III или UHF. Затем посредством нажатия соответствующей кнопки включается режим поиска. В режиме поиска ширина импульсов, вырабатываемых в процессоре и подаваемых на вход ЦАП, постепенно увеличивается и соответственно нарастает напряжение на выходе ЦАП. Это напряжение, которое по достижении 30 В скачком уменьшается до нулевого значения и затем вновь нарастает, подается в тюнер и используется в качестве управляющего.

Одновременно на УВП из радиочастотной части подается напряжение с дискриминатора и логический сигнал опознавания, показывающий наличие несущей изображения в принимаемом видеосигнале. Остановка поиска происходит при достижении нулевого значения напряжения дискриминатора. В этом случае сигнал опознавания принимает уровень логической «1». В некоторых схемах, где выходное напряжение дискриминатора имеет сдвиг, на блок управления из усилителя промежуточной частоты изображения (УПЧИ) подается также опорное напряжение, которое сравнивается с выходным напряжением дискриминатора для получения сигнала остановки поиска.

При переключении системы автопоиска на ручной режим настройки, можно, нажимая кнопки точной настройки «+» или «-», изменять напряжение настройки в небольших пределах вручную и таким образом подстраивать тюнер, а затем запомнить измененное напряжение для достижения наиболее приемлемого качества приема сигнала в сложных условиях.

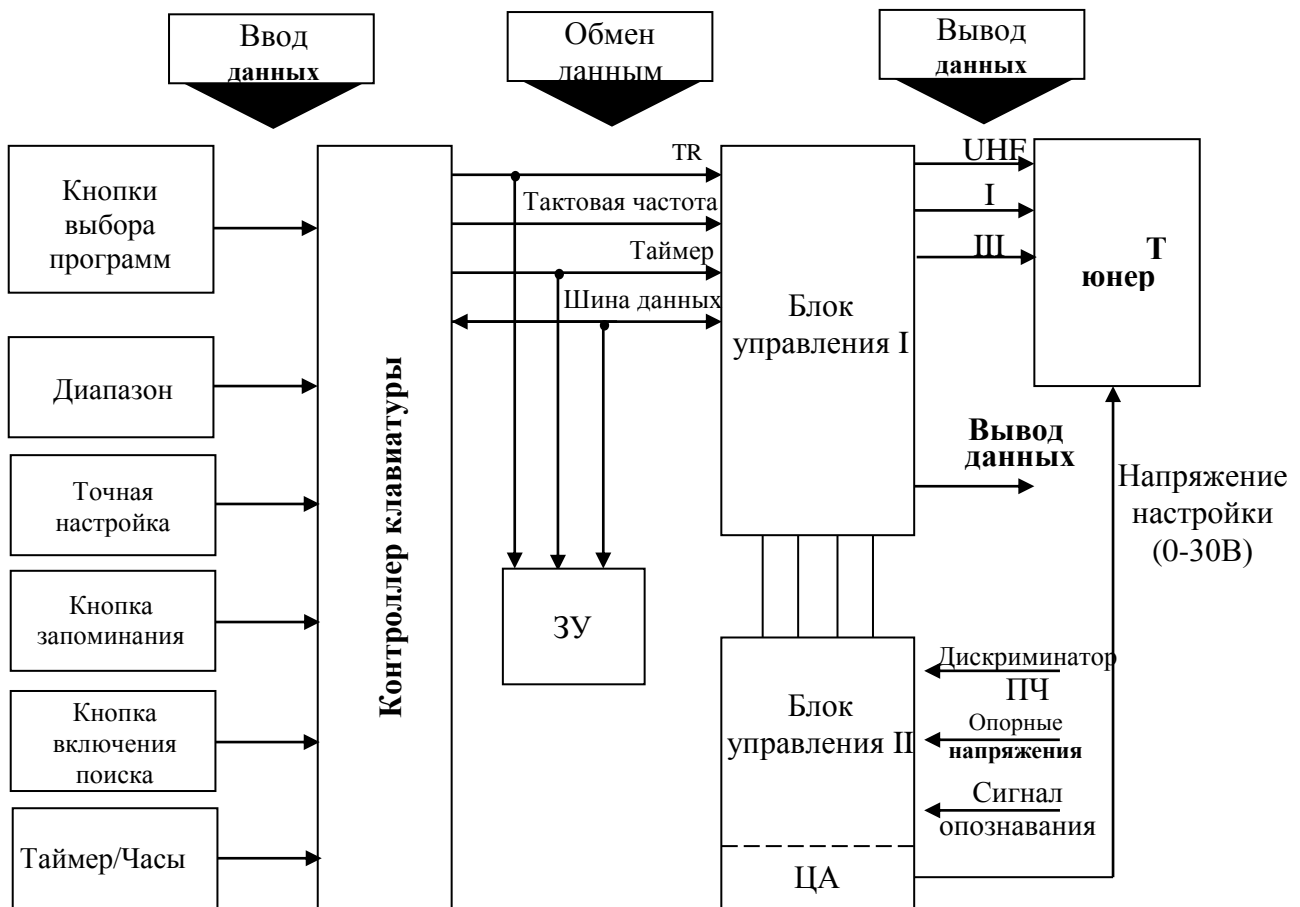


Рисунок 1. Схема блока управления с поиском и запоминанием телепрограмм

Обмен информацией между микропроцессором и микросхемой памяти производится по шине данных с использованием управляющего сигнала TR (Transmit/Receive – Передача/Прием). Сигнал TR представляет собой импульсы строчной частоты, во время

действия которых информация считывается, а в промежутках между ними – выдается. По тактовым входам процессора и микросхемы памяти поступает импульсное напряжение с частотой 445 кГц для организации синхронного обмена информацией.

В момент подачи положительного импульса на вход TR микросхемы памяти информация, приходящая последовательно с микропроцессора по шине данных, записывается синхронно с тактовыми импульсами во входной сдвиговый регистр. С приходом на вход TR низкого логического уровня декодируется адресная часть записанной в регистр информации, и по выбранному адресу в память записываются биты данных. Затем содержимое выходного сдвигового регистра считывается по шине данных для формирования необходимого напряжения настройки. Таким образом, информация о напряжении настройки в цифровом виде непрерывно циркулирует между процессором и микросхемой памяти, изменяясь только в процессе поиска телепрограмм. Микропроцессор преобразует поступающий по шине данных цифровой код в непрерывную последовательность импульсов, ширина которых определяет напряжение настройки, необходимое для приема данной телепрограммы.

В дальнейшем это напряжение складывается с напряжением АПЧ и подается в качестве управляющего в тюнер.

#### Литература

1. <http://www.data-chip.ru/n/video/29-nastrojka-na-tv-programmy-s-promoshhju-sistemy.html>

УДК 621.38

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОПАР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Подловкин Е.А., Лебедев В.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Термопара является простым, широко используемым компонентом для измерения температуры.

Термопара, показанная на рисунке 1, состоит из двух проводников разнородных металлов, соединённых вместе на одном конце, называемом измерительным («горячим») спаем. Другой конец, где проводники не соединены, подключен к дорожкам схемы обработки сигнала, обычно сделанным из меди. Это переход между металлами термопары и медными дорожками называется эталонным («холодным») спаем.



Рисунок 1 – Устройство термопары

Напряжение, генерируемое эталонным спаем, зависит от температуры и на измерительном, и на эталонном спае. Поскольку термопара является дифференциальным устройством, а не прибором для измерения абсолютной температуры, температура эталонного спае должна быть известной, чтобы получить точные показания абсолютной температуры. Этот процесс известен как компенсация эталонного спае (компенсация холодного спае).

Термопары используются в стандартных промышленных методах экономически эффективного измерения температуры в широком диапазоне с приемлемой точностью. Они используются в разнообразных применениях вплоть до  $+ 2500^{\circ}\text{C}$  в бойлерах, водонагревателях, печах и самолетных двигателях, и т.д. Наиболее популярной термопарой является термопара типа *K*, состоящая из хромеля и алюмели (марки сплава никеля, содержащие хром и алюминий, магний и кремний соответственно), с температурным диапазоном от  $- 200$  до  $+ 1250^{\circ}\text{C}$ .

Рассмотрим преимущества от использования термопар.

- Температурный диапазон. Наиболее реальные температурные диапазоны – от криогеники до выхлопа реактивного двигателя – могут быть перекрыты при помощи термопар. В зависимости от использованного металла проводников, термопара способна измерять температуру в диапазоне от  $- 200$  до  $+ 2500^{\circ}\text{C}$ .

- Высокая надёжность. Термопары являются прочными приборами, невосприимчивыми к удару и вибрации и подходящими для использования в опасных окружающих условиях.

- Быстрый отклик. Благодаря небольшим размерам и низкой теплоёмкости, термопары быстро откликаются на изменения температуры, особенно если воздействию подвергается

измерительный спай. Они могут реагировать на быстро изменяющуюся температуру в пределах нескольких сотен миллисекунд.

- Отсутствие само разогрева. Поскольку термопары не требуют энергии питания, они не подвержены само разогреву и от природы безопасны.

Сейчас рассмотрим недостатки от использования термопар.

- Сложная обработка сигнала. Необходима существенная обработка сигнала, чтобы преобразовать напряжение термопары в полезные показания температуры. Традиционно обработка сигнала требовала больших затрат времени, чтобы избежать привнесённых погрешностей, которые снижали точность.

- Точность, кроме внутренних неточностей в термопарах, обусловленных их металлургическими свойствами, измерение при помощи термопары является настолько точным, насколько точно может быть измерена температура эталонного спае, традиционно в пределах  $1...2^{\circ}\text{C}$ .

- Подверженность коррозии. Поскольку термопары состоят из двух разнородных металлов, в некоторых окружающих условиях коррозия с течением времени может привести к ухудшению точности. Следовательно, им может потребоваться защита, а уход и техническое обслуживание являются неотъемлемыми процедурами.

- Подверженность помехам. При измерении изменений сигнала на уровне микровольт, помехи от паразитных электрических и магнитных полей могут быть проблемой. Скручивание пары проводов термопары может значительно снизить наводку от магнитного поля. Использование экранированного кабеля или укладка проводов в металлический лоток и защитный экран могут снизить наводку от электрического поля. Измерительное устройство должно обеспечивать фильтрацию сигнала либо на аппаратном, либо на программном уровне, с интенсивным подавлением частоты сети (50 или 60 Гц) и её гармоник.

Рассмотрим проблемы измерения при помощи термопар.

По многим причинам нелегко преобразовать напряжение, генерируемое термопарой, в точные показания температуры: сигнал напряжения является небольшим, взаимосвязь температура-напряжение является нелинейной, эталонный спай требует компенсации, а термопары могут создавать проблемы заземления.

Рассмотрим эти проблемы по очереди.

Сигнал напряжения мал. Большинство общеупотребительных термопар относятся к типам *J*, *K* и *T*. При комнатной температуре их напряжение изменяется на 52 мкВ/°C, 41 мкВ/°C и 41 мкВ/°C соответственно. Другие, менее известные типы имеют даже меньший температурный коэффициент напряжения. Этот небольшой сигнал требует каскада с большим усилением перед аналого-цифровым преобразованием.

Таблица 1 сравнивает чувствительности различных типов термопар.

Таблица 1 – Изменение напряжения в зависимости от температуры (коэффициент термоЭДС) для различных типов термопар при  $25^{\circ}\text{C}$

| Тип термопары | Коэффициент термоЭДС<br>мкВ/°C |
|---------------|--------------------------------|
| <i>E</i>      | 61                             |
| <i>J</i>      | 52                             |
| <i>K</i>      | 41                             |
| <i>N</i>      | 27                             |
| <i>R</i>      | 9                              |
| <i>S</i>      | 6                              |
| <i>T</i>      | 41                             |



Поскольку сигнал напряжения является небольшим, схема обработки сигнала обычно нуждается в усилении 100 В/В или около этого – фактически простое согласование сигнала. Более трудным может быть распознавание истинного сигнала из помех, собираемых выводами термопары. Выводы термопары являются длинными и часто прокладываются в электрически зашумленном окружении. Помехи, считанные выводами, могут легко поглотить ничтожный сигнал термопары.

Чтобы выделить сигнал из помех, обычно сочетают два подхода. Первым является использование усилителя с дифференциальным входом, такого как измерительный усилитель, чтобы усилить сигнал. Поскольку большие помехи появляются на обоих проводах (синфазно), дифференциальное измерение их устраняет. Вторым является низкочастотная фильтрация, которая удаляет внеполосные помехи. Низкочастотный фильтр должен удалять и радиочастотные помехи (свыше 1 МГц), которые могут вызвать выпрямление в усилителе, и фон 50/60 Гц (источник питания). Важно расположить радиочастотный фильтр перед усилителем (или использовать усилитель с отфильтрованными входами). Расположение фильтра 50/60 Гц часто не критично – он может сочетаться с радиочастотным фильтром, располагаться между усилителем и АЦП, быть частью сигма-дельта-АЦП либо может быть заложен в программное обеспечение в качестве фильтра усреднения.

Компенсация эталонного спая. Температура эталонного спая термопары должна быть известной, чтобы получить точные показания абсолютной температуры. Когда термопары использовались впервые, это делали путём содержания эталонного спая в ванне со льдом, пример которой изображен на рисунке 2.

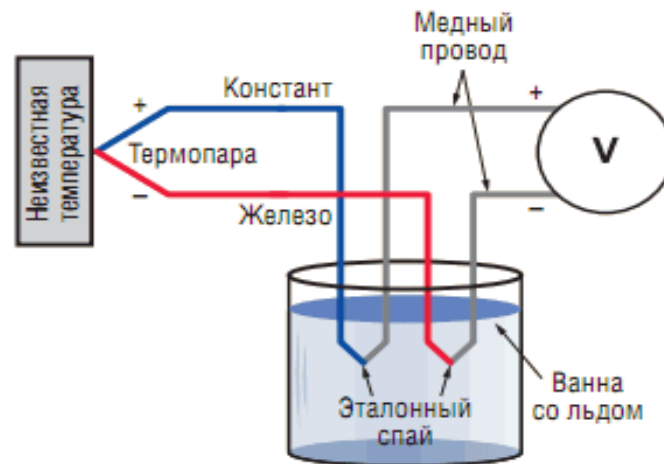


Рисунок 2 – Эталонный спай термопары находится в ванне со льдом

Рисунок 2 изображает цепь термопары с одним концом при неизвестной температуре и другим концом в ванне со льдом (0°C). Этот метод был использован для исчерпывающего исследования параметров различных типов термопар, следовательно, почти все таблицы термопар используют (0°C) в качестве эталонной температуры.

Однако содержание эталонного спая термопары в ванне со льдом является непрактичным для большинства систем измерения. Вместо этого большинство систем используют технологию, называемую компенсацией эталонного спая (также известную как компенсация холодного спая). Температуру эталонного спая измеряют при помощи другого термочувствительного прибора – обычно микросхемы, термистора, диода или RTD (резистивного датчика температуры).

Отсчёт напряжения термопары затем корректируют для отображения температуры эталонного спая. Важно, чтобы эталонный спай был считан как можно более точно – с

точностью датчика температуры, содержащегося при той же самой температуре, что и эталонный спай. Любая погрешность в определении температуры эталонного спаия отразится на конечном отсчёте показаний термопары.

Интегрированный датчик температуры.

Интегрированный датчик температуры – автономная интегральная схема (ИС), которая считывает температуру локально, должна быть тщательно установлена вблизи эталонного спаия и при этом может сочетать компенсацию эталонного спаия и обработку сигнала (Рисунок 3). Достижимы точности в пределах малых долей  $1^{\circ}\text{C}$ .



Рисунок 3 – Интегрированный датчик температуры

Сигнал напряжения является нелинейным. Наклон графика характеристики термопары изменяется в зависимости от температуры. Например, при  $0^{\circ}\text{C}$  выход термопары  $T$ -типа изменяется на  $39 \text{ мкВ}/^{\circ}\text{C}$ , но при  $100^{\circ}\text{C}$  наклон возрастает до  $47 \text{ мкВ}/^{\circ}\text{C}$ .

Существуют три стандартных метода компенсации нелинейности термопары. Выбрать часть графика, которая является относительно плоской, и аппроксимировать наклон как линейный в данной области – подход, который работает особенно хорошо для измерений в ограниченном диапазоне температур. Он не требует сложных вычислений. Одной из причин, по которой термопары  $K$ - и  $J$ -типа являются популярными, является то, что они имеют большие промежутки температуры, для которых возрастающий наклон чувствительности (коэффициент термоЭДС) остаётся фактически постоянным.

Другим подходом является сохранение в памяти просмотрной таблицы, которая соотносит набор напряжений термопары с её относительной температурой. Затем используется линейная интерполяция между двумя ближайшими пунктами таблицы для получения других значений температуры.

Третьим подходом является использование уравнений высокого порядка, которые моделируют поведение термопары. Хотя этот метод имеет наибольшую точность, он также является самым затратным по вычислениям. Для каждой термопары существуют два набора уравнений. Один набор преобразовывает температуру в напряжение термопары (полезное для компенсации эталонного спаия). Другой набор преобразовывает напряжение термопары в температуру. Все эти таблицы и уравнения основаны на температуре эталонного спаия ( $0^{\circ}\text{C}$ ). Компенсация эталонного спаия должна быть использована, если он находится при любой другой температуре.

#### **Рассмотрим требования к заземлению.**

Промышленность выпускает термопары и с изолированными, и с заземлёнными наконечниками для измерительного спаия. Обработка сигнала термопары должны быть спроектирована так, чтобы избежать петель заземления при измерении заземлённой термопарой, а также иметь контур для входных токов усилителя, когда измерение производится изолированной термопарой. Кроме того, если наконечник термопары заземлён,

входной диапазон усилителя должен выдерживать любые разности в потенциалах заземления между наконечником термопары и землёй системы измерения.

Система обработки с двойным питанием для неизолированных систем будет, как правило, более устойчивой для заземлённого наконечника и незащищённых типов наконечников. Из-за своего широкого диапазона синфазного входного напряжения, усилитель с двойным питанием может обрабатывать большое дифференциальное напряжение между заземлением печатной платы и землёй наконечника термопары.

Системы с одним источником питания могут работать удовлетворительно во всех трёх вариантах наконечников, если диапазон синфазного сигнала усилителя имеет некоторую возможность измерять потенциал ниже заземления в конфигурации с одним источником питания.

Для преодоления ограничения по синфазному сигналу, в системах с одним источником питания полезно сдвигать термопару к середине напряжения питания. Это хорошо работает для изолированных наконечников термопар либо если вся система измерения является изолированной. Однако это не рекомендуется для неизолированных систем, которые предназначены для измерения заземлённых или незащищённых термопар.

#### Литература

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Термопара>

УДК 621.317

## НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ДРЕЙФА НУЛЯ В УСИЛИТЕЛЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Черток А.А., Воробьев П.И.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Дрейф нуля — это постепенное изменение напряжения, уставленное как можно ближе к нулю, на выходе усилителя при отсутствии входного сигнала. Он вызван отклонениями параметров элементов усилителей постоянного тока (УПТ) вследствие повышения температуры, изменения влажности, устаревания элементов, нестабильности питающего напряжения и др.

Дрейф нуля может вызвать шум самих транзисторов или наводимый внешними наводками от сетевого напряжения и различных радиоволн на вход усилителя, который отличается от усиливаемых сигналов и приводит к их искажению.

Наибольший дрейф на выходе транзисторных УПТ вызывает изменение температуры корпусов транзисторов. Чтобы наблюдать дрейф, достаточно подключить к выходу вольтметр, установить нулевое выходное напряжение без подачи входного сигнала и нагреть корпус одного или нескольких транзисторов. Появится дрейф выходного напряжения, состоящий из постепенно меняющейся постоянной составляющей на выходе.

Чтобы минимизировать дрейф нуля, можно использовать следующие методы:

- Снижать значений дестабилизирующих факторов, например, для питания усилителей использовать прецизионные стабилизаторы напряжения.

- Поддерживать заданную температуру корпусов транзисторов или микросхем с помощью термостатов.

- Использовать кремниевые транзисторы вместо германиевых, т.к. они имеют меньшие обратные токи переходов транзисторов и соответственно меньший дрейф выходных напряжений.

- Применять термокомпенсирующие элементы в отдельных каскадах усилителей за счет применения терморезисторов или дополнительных *p-n*-переходов на диодах и транзисторах.

- Предварительно прогревать устройство, чтобы к началу работы усилителя температура его элементов менялась в меньшем диапазоне.

- Непосредственно перед измерением автоматически или в ручную, с помощью дополнительных балансирующих переменных резисторов, устанавливать нуль на выходе всего измерительного тракта усилителя.

- Применять общую петлю отрицательной обратной связи. Она позволяет передать на инвертирующий вход усилителя его собственный дрейф в противофазе. В результате дрейф усилителя уменьшается.

- Использовать балансные (мостовые) и компенсационные схемы, которые называют дифференциальными в отдельных входных и промежуточных каскадах измерительного усилителя.

Наименьший дрейф нуля имеют усилители, которые преобразовывают входное постоянное напряжение в переменное, с частотой, по крайней мере, в два раза больше максимальной частоты изменения входного сигнала, затем усиливают его до необходимой величины и преобразуют обратно в постоянное. Их называют МДМ-усилители. Промышленность их выпускает в виде специализированных микросхем.

### Литература

1. [www.webpoliteh.ru](http://www.webpoliteh.ru)
2. [www.studopedia.ru](http://www.studopedia.ru)

УДК 621.38

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И РАБОТЫ КАЛЬКУЛЯТОРА С ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ИНДИКАТОРОМ

Парфенцова С.В., Шахновская В.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Первые карманные, электронные калькуляторы стали появляться благодаря развитию кремниевых микросхем в конце 1960-х и в начале 70-х годов. Калькуляторы имеют много общего с компьютером: они работают подобным образом, но есть одна большая разница: калькулятор – это полностью управляемая человеком машина для обработки математической информации, а компьютер кроме этого может быть запрограммирован для решения целого ряда других заданий более общего назначения.

На рисунке 1 изображены виды спереди и сзади со снятой крышкой калькулятора CITIZEN SR-135N.



Рисунок 1 – Виды спереди и сзади со снятой крышкой калькулятора CITIZEN SR-135N

Калькулятор состоит из корпуса, клавиатуры с резиновыми кнопками и платы. В данной модели плата сделана из стеклотекстолита с нанесенными на нее проводниками. Питание – от двух малогабаритных батареек. В верхней части калькулятора расположен жидкокристаллический индикатор.

На плате расположены токопроводящие проводники с открытыми контактными местами. При нажатии на кнопку прижимается участок пленки, расположенной между кнопками и платой, к токопроводящим местам платы и происходит электрический контакт. Часто токопроводящий контакт наносят на обратную сторону кнопки. В том случае сама кнопка прижимается к плате для создания контакта. Главной частью калькулятора является чип микропроцессора. Он управляет работой калькулятора.

Рассмотрим, как работает индикатор на жидких кристаллах.

Жидкие кристаллы (ЖК) – это специальные молекулы, которые при приложении между ними напряжения поворачиваются и меняют поляризацию света.

Простыми логическими уровнями здесь не обходятся. Возбуждение ЖК слоя в индикаторах осуществляется переменным напряжением синусоидальной формы или формы типа меандр, с эффективным значением (в зависимости от типа) от 2,7 В и частотой 30–1000 Гц. Постоянная составляющая напряжения не допускается из-за появления



электролитического эффекта, что ведёт к резкому сокращению срока службы приборов с индикаторами. Чтобы обеспечить переменное напряжение и отсутствие постоянной составляющей используются уровни напряжений в  $1/3$  и  $2/3$  от максимума. В итоге форма импульсов будет ступенчатой.

Основным параметром ЖК индикаторов, отражающим качество их работы, является контраст знака по отношению к фону. Он определяется как отношение интенсивностей света, выходящего из ЖК индикатора, в исходном (невозбужденном), и возбужденном состояниях. Если возбуждается не весь слой жидких кристаллов, а определенные участки в виде символа или цифры, то изображение данного символа (цифры) будет темным в проходящем свете по сравнению с невозбужденной областью (фоном).

Принцип работы микропроцессора калькулятора мало чем отличается от обычного персонального компьютера, имеющего процессор, память, клавиатуру и видеокарту.

Если посмотреть на фото кристаллов, то можно заметить, что все пространство микропроцессора примерно делится на три области: область постоянного запоминающего устройства (ПЗУ) с постоянной программой ("прошивкой"), область оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), где хранятся регистры памяти калькулятора. Остальные цепи процессора включают арифметически-логическое устройство (АЛУ), драйвер индикатора, драйвер клавиатуры, преобразователи напряжения и другие вспомогательные цепи.

При включении калькулятора сначала срабатывает сброс по питанию. При подаче электричества специальный узел заставляет программу работать с начального адреса. Команда за командой извлекается из ПЗУ и исполняется. Вначале происходит обнуление регистров, формирование числа "0.", сброс всяких признаков переполнения, операций и прочее. После сброса программа ожидает события от клавиатуры (нажатие кнопки).

Когда нажата кнопка, то процессор через некоторое время еще раз опрашивает клавиатуру, чтобы подавить дребезг кнопок (когда из-за плохого контакта может произойти одновременно несколько нажатий).

А дальше, в зависимости от предыдущих состояний, он по программе определяет, что с этим нажатием делать. Например, если идет ввод числа и введена цифра, то продолжить ввод. Если нажата кнопка операции, то выполнить операцию.

Сам алгоритм и логика выполнения операций целиком лежит на ПЗУ и программистах, которые писали прошивки.

Что интересно, все простые операции выполняются так, как их учат в школе: сложение и вычитание – в столбик. Выравниваются порядки двух введенных чисел, и происходит сложение или вычитание. Умножение и деление также в столбик. Разряд за разрядом. Сначала последовательным сложением умножают на младшую цифру множителя, затем вторую и так далее до старшей цифры. Деление – последовательным вычитанием.

После выполнения операции отдельная подпрограмма нормализует результат: отбрасывает незначащие нули и сдвигает его вправо.

Если в калькуляторе есть тригонометрические функции, то они также выполняются, как их запрограммировал программист. Есть разные способы вычисления элементарных функций: разложение в ряд Тейлора или по методу "Cordic".

Рассмотрим назначение кнопок MR, M –, M + на калькуляторе.

M + - добавить текущее значение на экране к значению в памяти (сложение);

M – - отнять текущее значение на экране к значению в памяти (вычитания);

MRC - вывод значения, хранящегося в памяти. Повторное нажатие производит очистку памяти.

#### Литература

1. <http://engineering-ru.dreamwidth.org/409437.html?thread=29191773>
2. <http://prevolutijn.albest.ru/radio/005098750.html>
3. <http://taxk1.narod.ru/index.files/jidko.html>

УДК 621.3

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ НА АЭС

Егощенко И.Н.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Большое разнообразие датчиков температуры, работающих на различных физических принципах и изготовленных из различных материалов, позволяет измерять ее даже в самых труднодоступных местах – там, где другие параметры измерить невозможно. Так, например, в активной зоне атомных реакторов установлены только датчики температуры, измерение которой позволяет оценить другие теплоэнергетические параметры, такие как давление, плотность, уровень теплоносителя и т.д.

В повседневной жизни, в быту также применяются датчики температуры, например, для регулирования отопления на основании измерения температуры теплоносителя на входе и выходе, а также температуры в помещении и наружной температуры; регулирование температуры нагрева воды в автоматических стиральных машинах; регулирование температуры электроплит, электродуховок и т.п.

Благодаря высоким характеристикам, простоте применения и низкой стоимости полупроводниковые датчики температуры оказываются очень привлекательными для применения в микропроцессорных устройствах измерения и автоматики.

Физический принцип работы полупроводникового термометра основан на зависимости от температуры падения напряжения на р-п переходе, смещенном в прямом направлении. Данная зависимость близка к линейной, что позволяет создавать датчики, не требующие сложных схем коррекции. В качестве чувствительных элементов на практике используются диоды, либо транзисторы, включенные по схеме диода. Для проведения измерений, необходимо протекание стабильного тока через чувствительный элемент. Выходным сигналом является падение напряжения на датчике.

Простые аналоговые полупроводниковые датчики практически в чистом виде реализуют идею измерения температуры, с помощью определения падения напряжения на р-п переходе. Для устранения всех отрицательных явлений, связанных с работой такого перехода, используется специальная схема, содержащая в своем составе два чувствительных элемента (транзистора) с различными характеристиками. Выходной сигнал формируется как разность падений напряжения на каждом чувствительном элементе. При вычитании значительно сокращаются негативные моменты. Дальнейшее повышение точности измерения осуществляется калибровкой датчика с помощью внешних цепей.

Характеристики интегральных датчиков температуры с цифровым выходом в целом соответствуют характеристикам аналоговых вариантов. При этом в виду применения АЦП, добавляется такой параметр, как разрешение выходных данных. Сегодня можно встретить датчики с разрешением от 9 до 16 бит. Часто данный параметр указывается в виде температуры, определяемой младшим разрядом АЦП. Например, для высокоточного датчика LM76, предоставляющего пользователю 13-битные данные, он составляет  $0.0625^{\circ}\text{C}$ .

### Литература

1. Датчики температуры [Электронный ресурс]: URL: [http://ens.tpu.ru/POSOBIE\\_FIS\\_KUSN/datchiki/03-5.htm](http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/datchiki/03-5.htm)
2. Автоматизация и электрика [Электронный ресурс]: Датчики температуры // URL: <http://www.asutpp.ru/osnovy-elektrotexniki/datchiki.html>
3. Электротехника [Электронный ресурс]: Датчики температуры // URL: <http://electrono.ru/datchikitemp>

УДК 621.3

**ТРИАДА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Швед И. В., Лешкевич В. С.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О. А.

Дефицит энергоресурсов связан с исчерпаемостью основных на сегодня и на достаточно отдалённую перспективу энергетических ресурсов (из них сегодня вырабатывается более 80% электроэнергии), усугубляется крайней неравномерностью их распределения по планете. Существуют 2 способа повышения энергообеспеченности – это поиск и освоение собственных энергоресурсов, и энергосбережение и повышение энергоэффективности. Энергодефицитные страны вынуждены тратить значительную часть своего ВВП на закупку энергоресурсов, что негативно влияет на экономику и социальную сферу. К тому же они оказываются уязвимыми для политических и социальных катаклизмов в странах поставщиках энергоресурсов на мировой рынок. Сырьевая траектория развития экономики страны, привлекательная простотой реализации в начале, оборачивается опасной зависимостью от конъюнктуры на мировом энергетическом рынке, ослаблением стимулов инновационного развития. Беларусь не входит в число этих стран, однако тесное сотрудничество с Россией увеличит зависимость от последней, в случае кризиса цен. Тем не менее от этой зависимости невозможно уйти, ведь текущая экономическая ситуация в стране требует достаточно много ресурсов, которые, в таком объеме может нам предоставить только Россия, которая к тому же еще и стратегический партнер для нашей страны. Вторая проблема – экологическая – нарастает по мере роста масштабов энергетики. Энергетика интенсивно загрязняет также литосферу и гидросферу. Потоки энергии в энергосистемах становятся соизмеримыми или даже превосходящими потоки энергии в крупномасштабных природных системах и процессах. Всё это негативно влияет на климат «парниковый эффект», сопровождающийся повышением температуры атмосферы и на погоду. Примеры техногенных катастроф – аварии на нефтяной платформе в Мексиканском заливе и на японской АЭС «Фукусима 1», Беларусь до сих пор подвержена последствиям Чернобыльской аварии. Международное энергетическое агентство (МЭА) в 2008 г. разработало базовый и два вариативных варианта мирового энергопотребления до 2050 г. при одинаковых макроэкономических параметрах развития экономики. Неравномерность распределения энергоресурсов на Земле, которая воспринимается как несправедливость не только частью обывателей энергодефицитных стран, но и некоторыми политическими и государственными деятелями, создает еще одну проблему.

Большинство экспертов приходят к выводу, что решение проблемы удовлетворения растущих потребностей человечества в энергии по приемлемым ценам и при минимальном ущербе окружающей среде в любом из прогнозируемых вариантов развития энергетики лежит на пути реализации концепций энергосбережения и энергозамещения в сочетании с наращиванием объёмов добычи традиционного топлива и вовлечением во всё больших масштабах в энергетическое производство вспомогательных/альтернативных топливных ресурсов. Концепция энергосбережения заключается в повышении эффективности обращения с энергоресурсами на всех этапах их жизненного цикла: от поиска – разведки – добычи до производства из них электрической и тепловой энергии – транспортировки энергии к удалённым потребителям – её распределения и, наконец, – потребления. Концепция энергозамещения означает постепенный переход от традиционного топлива (газа, угля, нефти, урана) и ВТР к нетрадиционным возобновляемым источникам энергии (НВИЭ), а также освоение новых технологий получения электрической и тепловой энергии, которые во второй половине столетия могут существенно изменить облик энергетики, снять или хотя бы уменьшить остроту существующих проблем – ресурсных, экологических и геополитических. В Беларуси есть программа развития альтернативных источников энергии,

идет строительство АЭС. Ведутся также поиски новых рынков, например, в Юго-Восточной Азии и Латинской Америке.

#### **Литература**

1. Системы возобновляемых источников энергии. Фолькер Куашнинг, Москва 2013 г.
2. Пути развития электротехники. Дмитриев М. В., Санкт-Петербург 2007 г.

## СКАЧОК НАПРЯЖЕНИЯ. СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ СКАЧКА НАПРЯЖЕНИЯ

Аврамчик Ю. И., Авижа А. В.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Срок службы электроники и бытовой техники определяется не только маркой производителя, но и качеством электропитания в сети. Любые отключения и скачки напряжения в сети могут стать причиной поломки техники.

Повышение или понижение напряжения в сети, аварии, резкие скачки, обрыв линий электропередач - это все не только уменьшает время службы домашней техники, но и может полностью вывести из строя электронику и технику, стоящую в режиме ожидания.

Зачастую скачки происходят одновременно с коротким замыканием, а это может привести не только к плачевным последствиям для имущества, но и стать угрозой для жизни, в связи с этим очень важно защитить себя от таких проблем.

Есть несколько причин из-за которых возникают перенапряжения в сетях. Изменение его значения в сети случается из-за того, что бытовая техника при выключении или включении оказывает влияние на сеть и вносит в нее дисбаланс.

Когда же одновременно, например, полтысячи людей отключат бытовую технику, в сети обязательно пройдет скачок, но бытовые приборы этого не ощутят и продолжат работу без последствий.

Однако если на крупном заводе произойдет массовое отключение энергоемкого оборудования (например аварийное отключение в течение смены или станков по окончании смены), то в данном случае произойдет ощутимый *скачок напряжения*, который возможно приведет к поломке большого количества бытовой электроники.

Перечислим самые основные скачки напряжения:

-одновременное включение или выключение большого количества электрооборудования (чаще всего это происходит там, где рядом находятся промышленные предприятия, потребляющие действительно большие мощности)

-обрыв нулевого провода (старое оборудование, да еще и при плохом обслуживании просто не справляется с нагрузкой и провод нулевой фазы обгорает, вызывая короткое замыкание)

-ошибка при подключении проводов на общем электрощитке (в основном, из-за некомпетентности тех, кто этим занимается)

-грозовые разряды, пришедшие на линии электропередачи, а также разрывы на этих линиях (например, в связи с падением на них деревьев)

Обрывы линий электропередач, разряды грозы рядом с линиями электропередач - также могут служить причиной появления перенапряжения (в документации ко всем электроприборам есть рекомендации об отключении бытовых электроприборов в период продолжительного отсутствия, грозы).

Сегодня есть несколько способов уменьшить последствия от изменения в сети величины напряжения:

- реле напряжения для бытовых приборов разной мощности.

- стабилизаторы напряжения для предохранения приборов от колебаний и *перепадов напряжения*.

- источники бесперебойного питания.

### Литература

1. Защита сетей 6-35 кВ от перенапряжений / Халилов Ф. Х., Евдокунин Г. А., Поляков В.С., Подпоркин Г. В., Таджибаев А. И. — СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 2002.- 272 с.

2. Дмитриев М. В. Применение ОПН в электрических сетях 6-750 кВ Санкт-Петербург 2007 г.



УДК 621.3

## СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И СПОСОБЫ ЕЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЛНЕЧНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (СКЭС)

Медвещек О.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Солнечное излучение — экологически чистый возобновляемый источник энергии.

Идея солнечной космической электростанции (СКЭС) впервые была сформулирована в США П.Е. Глезером (P.E. Glaser) в 1968 году.

Принципиальная схема СКЭС:



СКЭС включает в себя:

- солнечную батарею, размещенную на искусственном спутнике, преобразующую солнечную радиацию в электрический ток, используемый для питания СВЧ генератора.

- Приемная антенна – ректенна.

Способы преобразования солнечной радиации в электрический ток:

- Машинные методы: паро- и газотурбинные установки.
- Безмашинные методы (прямого преобразования):
- Термоэлектрический метод
- Термоэмиссионный преобразователь (ТЭП)
- Фотоэлектрический метод преобразования энергии

### Достоинства СКЭС

1. СКЭС использует неистощимую (возобновляемую) энергию Солнца
2. СКЭС обеспечивает минимальные тепловые затраты
3. Нет проблем, связанных с выбросами CO<sub>2</sub>.
4. Отсутствует какие-либо иные выбросы, загрязняющие атмосферу.
5. Высокая степень безопасности для населения Земли.
6. Наземная приемная система может быть приподнята над поверхностью Земли и обладать на 80-90% прозрачностью для солнечного излучения. Это позволяет эффективно использовать ее площадь для сельскохозяйственных или промышленных целей.

7. Микроволновое излучение СКЭС может легко перебрасываться с одной приемной системы на другую.

8. Не зависит от времени суток.

### Проблемы и недостатки

1. Строительство и транспортировка.
2. Длительное воздействие СВЧ-излучения низкой плотности на биосферу.
3. Воздействие продуктов сгорания ракетных топлив и мощного СВЧ-излучения на верхние слои атмосферы
4. Влияние нагрева и других возмущений ионосферы, обусловленных действием продуктов сгорания двигателей и СВЧ-излучения, на прохождение радиосигнала.
5. Создание антенн с высоким коэффициентом усиления

На сегодняшний день анонсировано строительство пяти электростанций на орбите Земли: проекта Solarbird (Митсубиши), орбитальной электростанции Пентагона, японского проекта Space Solar Power Systems, проекта Pacific Gas and Electric Company для штата Калифорния, а также проекта американской космической компании EADS Astrium.

#### Литература

1. Glaser P.E. Power from the Sun: it's Future. - Science, 1968, vol. 162, p. 857.
2. Нагатоми М., Сасаки С., Наруо Й., Ванке В.А. Работы Института космических исследований Японии в области космической энергетики. - Успехи физических наук, Июнь 1994, т. 164, с. 631.
3. Диденко А.Н. СВЧ-энергетика: Теория и практика; Наука, 2003. – 446 с
4. Ванке В. СВЧ-электроника – перспективы в космической энергетике. - Электроника: НТБ, 2007, № 5, с. 98
5. <http://www.pronedra.ru/alternative/2012/09/04/solnechnaya-energetik>

УДК 621.3

## ТРАНСФОРМАТОР ТЕСЛА

Бушков П.Е., Ёч Э.И.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Трансформатор Тесла также катушка Тесла — устройство, изобретённое Николой Тесла и носящее его имя. Является резонансным трансформатором, производящим высокое напряжение высокой частоты. Прибор был запатентован 22 сентября 1896 года как «Аппарат для производства электрических токов высокой частоты и потенциала».

Работу резонансного трансформатора можно объяснить на примере обыкновенных качелей. Если их раскачивать в режиме принудительных колебаний, то максимально достигаемая амплитуда будет пропорциональна прилагаемому усилию. Если раскачивать в режиме свободных колебаний, то, при тех же усилиях максимальная амплитуда вырастает многократно. Так и с трансформатором Теслы — в роли качелей выступает вторичный колебательный контур, а в роли прилагаемого усилия — генератор. Их согласованность («подталкивание» строго в нужные моменты времени) обеспечивает первичный контур или задающий генератор (в зависимости от устройства).

Первичная катушка обычно содержит несколько витков провода большого диаметра или медной трубки, а вторичная около 1000 витков провода меньшего диаметра.

Первичная катушка может быть плоской (горизонтальной), конической или цилиндрической (вертикальной). В отличие от обычных трансформаторов, здесь нет ферромагнитного сердечника. Таким образом, взаимдукция между двумя катушками гораздо меньше, чем у трансформаторов с ферромагнитным сердечником. Первичная катушка вместе с конденсатором образует колебательный контур, в который включён нелинейный элемент — разрядник. Разрядник, в простейшем случае, обыкновенный газовый, представляет собой два массивных электрода с регулируемым зазором. Электроды должны быть устойчивы к протеканию больших токов через электрическую дугу между ними и иметь хорошее охлаждение.

Вторичная катушка также образует колебательный контур, где роль конденсатора, главным образом, выполняют ёмкость тороида и собственная межвитковая ёмкость самой катушки. Вторичную обмотку часто покрывают слоем эпоксидной смолы или лака для предотвращения электрического пробоя.

Таким образом, трансформатор Тесла представляет собой два связанных колебательных контура, что и определяет его замечательные свойства и является главным его отличием от обычных трансформаторов. Для полноценной работы трансформатора эти два колебательных контура должны быть настроены на одну резонансную частоту. Обычно в процессе настройки подстраивают первичный контур под частоту вторичного путём изменения ёмкости конденсатора и числа витков первичной обмотки до получения максимального напряжения на выходе трансформатора.

Неверно считать, что трансформатор Тесла не имеет широкого практического применения. Он используется для поджига газоразрядных ламп и для поиска течей в вакуумных системах. Тем не менее, основное его применение в наши дни — познавательно-эстетическое. В основном это связано со значительными трудностями при необходимости управляемого отбора высоковольтной мощности или тем более передача её на расстояние от трансформатора, так как при этом устройство неизбежно выходит из резонанса, а также значительно снижается добротность вторичного контура.

Во время работы катушка Тесла создаёт красивые эффекты, связанные с образованием различных видов газовых разрядов. Многие люди собирают трансформаторы Тесла ради того, чтобы посмотреть на эти впечатляющие, красивые явления. В целом катушка Тесла производит 4 вида разрядов:

1. Стримеры — тускло светящиеся тонкие разветвлённые каналы, которые содержат ионизированные атомы газа и отщеплённые от них свободные электроны. Протекает от терминала (или от наиболее острых, искривлённых ВВ-частей) катушки прямо в воздух, не уходя в землю, так как заряд равномерно стекает с поверхности разряда через воздух в землю. Стример — это, по сути дела, видимая ионизация воздуха (свечение ионов), создаваемая ВВ-полем трансформатора.

2. Спарк — это искровой разряд. Идёт с терминала (или с наиболее острых, искривлённых ВВ частей) непосредственно в землю или в заземлённый предмет. Представляет собой пучок ярких, быстро исчезающих или сменяющих друг друга нитевидных, часто сильно разветвлённых полосок — искровых каналов. Также имеет место особый вид искрового разряда — скользящий искровой разряд.

3. Коронный разряд — свечение ионов воздуха в электрическом поле высокого напряжения. Создаёт красивое голубоватое свечение вокруг ВВ-частей конструкции с сильной кривизной поверхности.

4. Дуговой разряд — образуется во многих случаях. Например, при достаточной мощности трансформатора, если к его терминалу близко поднести заземлённый предмет, между ним и терминалом может загореться дуга (иногда нужно непосредственно прикоснуться предметом к терминалу и потом растянуть дугу, отводя предмет на большее расстояние). Особенно это свойственно ламповым катушкам Тесла. Если катушка недостаточно мощна и надёжна, то спровоцированный дуговой разряд может повредить её компоненты.

#### Литература

1. <http://izobreteniya.net/sborka-katushki-tesla-v-domashnih-usloviyah/>
2. [http://intellogic.ru/news/kak\\_sdelat\\_transformator\\_nikoly\\_tesly\\_ustrojstvo\\_i\\_primenenie/2009-09-21-23](http://intellogic.ru/news/kak_sdelat_transformator_nikoly_tesly_ustrojstvo_i_primenenie/2009-09-21-23)
3. <http://electricalschool.info/>

## СПОСОБЫ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Скицунова И.А., Панкевич В.И.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Экономия электроэнергии - крайне важный аспект жизни современного человеческого общества, затрагивающий и производственную сферу, и быт каждого отдельно взятого индивидуума. Ведь неразумное потребление этого достаточно дорогостоящего вида энергии может привести к весьма значительным тратам, что может существенно сказаться как на благосостоянии человека, так и на развитии предприятия.

В системы экономии электроэнергии на предприятии должны входить и контроль за режимом горения осветительных приборов, и установка в схемах электроснабжения устройств защитного отключения, и использование реле времени, датчиков присутствия и движения, и комплексная замена устаревшего электрооборудования на более совершенное, а значит, и более экономичное. Экономические потрясения последних лет заставляют современный бизнес и производство приспосабливаться к новым условиям - условиям жесткой экономии. Одной из главных статей затрат на производстве всегда составляет электроэнергия. Существует несколько способов прямой экономии электроэнергии - это сокращение затрат за счет использования менее энергоемкого оборудования, использование альтернативных источников энергии и т.д. Однако, для того чтобы сделать шаги в сторону снижения энергозатрат, необходимо иметь четкую картину существующих потребляемых мощностей. Для этих целей на предприятии внедряется автоматизированная информационно-измерительная система (АИИС). Наличие действующей АИИС на предприятии открывает целый ряд возможностей для сокращения затрат на электроэнергию.

Для организаций и предприятий, а так же на производстве рекомендуется проведение следующих мероприятий для уменьшения объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования: установить преобразователи частоты, установить приборы учета электрической энергии, не допускать увеличение максимальной мощности без разрешения на технологическое присоединение, осуществлять контроль за режимом горения светильников на предприятии, заменить светильники с лампами накаливания на светильники с лампами дневного света или светодиодами, окрасить стены помещений в светлые тона для увеличения освещенности и т.д.

Не нужно обладать сверхъестественными способностями, чтобы понять: тарифы на любой вид энергии будут повышаться. Чтобы можно было сохранить прибыльность каждого предприятия (а в более емком эквиваленте – и целой страны), действия по экономии электроэнергии будут занимать все более важное место в нашей жизни. Решение вопроса по энергосбережению в масштабах страны возможно только в случае реализации всех программ по экономии, а также неукоснительного исполнения всех законодательных актов и инициатив правительства. Чтобы нам не столкнуться с очередным витком инфляции или не очутиться в эпицентре мирового финансового кризиса, процесс энергосбережения, запущенный один раз, не должен остановиться.

### Литература

1. Сайт ЭнергоПрофи. [Электронный ресурс]. - <http://energyprofy.ru/>
2. [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=380/](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=380/) Статьи журнала «Энергосвет»
3. <http://greenologia.ru/eko-zhizn/tekhnologii/energoberejenie.html>
4. [http://jelektro.ru/covety-elektrika/kak\\_jekonomit\\_jelektroenergiju.html](http://jelektro.ru/covety-elektrika/kak_jekonomit_jelektroenergiju.html)



УДК 621.3

## ВИХРЕВЫЕ ТОКИ ФУКО

Малашук А.М., Сычик А.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Токи Фуко (в честь Фуко, Жан Бернар Леон) — это вихревые замкнутые электрические токи, возникающие в массивном проводнике при изменении пронизывающего его магнитного потока.

Впервые вихревые токи были обнаружены французским учёным Араго в 1824 г. в медном диске, расположенном на оси под вращающейся магнитной стрелкой. За счёт вихревых токов диск приходил во вращение. Это явление, названное явлением Араго, было объяснено несколько лет спустя М. Фарадеем с позиций открытого им закона электромагнитной индукции: вращаемое магнитное поле наводит в медном диске токи (вихревые), которые взаимодействуют с магнитной стрелкой. Вихревые токи были подробно исследованы французским физиком Фуко и названы его именем. Фуко в 1855 г. обнаружил нагревание ферромагнитных сердечников электрических машин и других металлических тел в переменном магнитном поле и объяснил этот эффект возбуждением индукционных токов.

Токи Фуко возникают под воздействием переменного электромагнитного поля и по физической природе ничем не отличаются от индукционных токов, возникающих в линейных проводниках. Они вихревые, то есть, замкнуты в кольца. Электрическое сопротивление массивного проводника мало, поэтому токи Фуко достигают очень большой силы. В соответствии с правилом Ленца они выбирают внутри проводника такое направление и путь, чтобы противиться причине, вызывающей их. Поэтому движущиеся в сильном магнитном поле проводники испытывают сильное торможение, обусловленное взаимодействием токов Фуко с магнитным полем. Это свойство используется для подвижных частей гальванометров, сейсмографов и др.

Во многих случаях токи Фуко бывают нежелательными, поэтому приходится принимать специальные меры для их уменьшения. В частности, эти токи вызывают нагревание ферромагнитных сердечников трансформаторов и металлических частей электрических машин. Для снижения потерь электрической энергии из-за возникновения вихревых токов сердечники трансформаторов изготавливают не из сплошного куска ферромагнетика, а из отдельных металлических пластин, изолированных друг от друга диэлектрической прослойкой.

Вихревые токи возникают в самом проводнике, по которому течет переменный ток, что приводит к неравномерному распределению тока по сечению проводника. В моменты увеличения тока в проводнике индукционные вихревые токи направлены у поверхности проводника по первичному току, а у оси проводника – навстречу току. В результате внутри проводника ток уменьшается, а на поверхности увеличивается (ток «вытесняется» на поверхность проводника). Это явление называется электрическим скин-эффектом. Взаимодействие вихревых токов с основным магнитным потоком приводит проводящее тело в движение. Это явление используется в измерительной технике, в машинах переменного тока и т.д.

Если железный сердечник находится в переменном магнитном поле, то в нем под действием индукционного электрического поля наводятся внутренние вихревые токи – токи Фуко, ведущие к его нагреванию. Так как электродвижущая сила индукции всегда пропорциональна частоте колебаний магнитного поля, а сопротивление массивных проводников мало, то при высокой частоте в проводниках будет выделяться большое количество теплоты.

Полезное применение вихревые токи нашли в устройстве магнитного тормоза диска электрического счетчика. Вращаясь, диск пересекает магнитные силовые линии постоянного магнита. В плоскости диска возникают вихревые токи, которые, в свою очередь, создают

свои магнитные потоки в виде трубочек вокруг вихревого тока. Взаимодействуя с основным полем магнита, эти потоки тормозят диск. В ряде случаев, применяя вихревые токи, можно использовать технологические операции, которые невозможно применить без токов высокой частоты. Например, при изготовлении вакуумных приборов и устройств из баллона необходимо тщательно откачать воздух и иные газы. Однако в металлической арматуре, находящейся внутри баллона, имеются остатки газа, которые можно удалить только после заваривания баллона. Для полного обезгаживания арматуры вакуумный прибор помещают в поле высокочастотного генератора, в результате действия вихревых токов арматура нагревается до сотен градусов, остатки газа при этом нейтрализуются.

Вихревые токи находят полезное применение в электрометаллургии при индукционной плавке металлов и поверхностной закалке токами высокой частоты. Металл помещают в переменное магнитное поле, создаваемое током частотой 500 – 2000 Гц. В результате индуктивного разогрева металл плавится, а тигель, в котором он находится, при этом остается холодным. Например, при подведенной мощности 600 кВт тонна металла плавится за 40–50 минут.

Еще один интересный пример использования вихревого тока – применение его в электросчетчиках. В нижней части каждого счетчика расположен тонкий алюминиевый диск, который всегда вращается. Это диск движется в магнитном поле, так что там всегда есть вихревые токи, цель которых замедлить движения диска. Благодаря этому датчик работает точно и без перепадов.

В заключении отметим, что токи Фуко – достаточно любопытное явление. Они применяются во различных отраслях промышленности. В то же время они могут оказывать негативное влияние на работу электротехнического оборудования.

#### Литература

1. Токи Фуко (вихревые токи) [Электронный ресурс]: URL: [http://ens.tpu.ru/POSOBIE\\_FIS\\_KUSN/электромагнетизм/03-5.htm](http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/электромагнетизм/03-5.htm)
2. Автоматизация и электрика [Электронный ресурс]: Вихревые токи // URL: <http://www.asutpp.ru/osnovy-elektrotexniki/vixrevye-toki.html>
3. Электротехника [Электронный ресурс]: Вихревые токи // URL: <http://electrono.ru/elektromagnetizm-i-elektromagnitnaya-indukciya/22-vixrevye-toki>

УДК 621.3

## ЛЕГЕНДАРНЫЕ ЗАПИСИ НИКОЛЫ ТЕСЛЫ

Бойко Е.Г., Лазарь А.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

На его открытиях построена вся технология двадцатого столетия. Именно его работа сделала возможным появление современной электроники. И если хотя бы половина из того, о чем говорят его многочисленные поклонники, Никола Тесла действительно изобрел, можно с уверенностью говорить о том, что Тесла стал не только величайшим изобретателем двадцатого века – он стал провидцем и основателем технологий третьего тысячелетия.

Никола Тесла умер в 1943 году, в самый разгар второй мировой войны, во время грандиозного кровопролития, которому пытался положить конец в течении всей своей жизни. Незадолго до своей кончины Никола Тесла заявил, что ему удалось усовершенствовать тот самый «Луч Смерти», который должен был положить конец всем войнам на нашей планете. Потенциал системы достигает 80 000 000 вольт. По заявлению Николы Теслы, этот луч способен расплавить двигатель любого самолета, а все боеприпасы в бомболюках детонируют под его воздействием. Естественно, подобное изобретение должно было заинтересовать военных всего мира.

На следующее утро после смерти изобретателя, его племянник помчался в его комнату в отеле Нью Йоркер, однако его опередили. Предположительно, еще до приезда племянника Николы Теслы, в номере изобретателя побывал сотрудник посольства Югославии, который был связан с коммунистической партией этой страны.

По свидетельству племянника, в номере не хватало некоторых бумаг изобретателя, в том числе, знаменитого черного блокнота, в который Никола Тесла заносил самые важные сведения о своих исследованиях.

Впоследствии, эти бумаги предположительно оказались в распоряжении советских ученых, и в середине семидесятых годов в Советском Союзе якобы была построена рабочая установка «Луча Смерти». Есть даже фотографии этой установки, опубликованные в американской прессе в 1980 году.

Еще в 1898 году Никола Тесла заявил, что создал некий «электромеханический осциллятор» (electromechanical oscillator), который, будучи установленной на любой конструкции построенной с использованием металлического каркаса разрушит этот объект менее чем за час.

В частности, по заявлению Теслы, он может разрушить бруклинский мост всего за полчаса. А несколькими годами позже, изобретатель заявил, что может уничтожить Эмпайр Стэйт Билдинг быстрее, чем вы сможете произнести «мультипликационный супер-злодей»

Катушки Тесла до сих пор иногда используются именно для получения длинных искровых разрядов, напоминающих молнию. В 1998 году инженер из Стенфорда Грег Лей продемонстрировал публике эффект «молнии по заказу», стоя в металлической клетке под гигантским контуром Тесла и управляя молниями с помощью металлической «волшебной палочки». Недавно он развернул кампанию по сбору средств на строительство ещё двух «башен Тесла» на юго-западе США. Проект обойдётся в 6 миллионов долларов. Однако укротитель молний надеялся вернуть расходы, продав установку Федеральному управлению авиации. С помощью неё авиаторы смогут изучать, что происходит с самолётами, попавшими в грозу.

В одном из научных журналов Тесла рассказывал об опытах с механическим осциллятором, настроив который на резонансную частоту любого предмета, его можно разрушить. В статье Тесла говорил, что он подсоединил прибор к одной из балок дома, через некоторое время дом стал трястись, началось небольшое землетрясение. Тесла взял молоток и разбил изобретение. Приехавшим пожарным и полицейским Тесла сказал, что это было природное землетрясение, своим помощникам он велел молчать об этом случае

Все записи Теслы, которые удалось получить ФБР, были изучены доктором Джоном Трампом. Этот инженер заключил, что все исследования Николы Теслы, сделанные за 15 лет до кончины, носили спекулятивный или философский характер, навеянный манией беспроводной передачи энергии, без каких-либо серьезных обоснований или ссылок на принципы, опираясь на которые можно достичь подобных результатов.

По мнению многих ученых, последствия использования системы Н.А.А.Р.Р практически непредсказуемы. Как бы то ни было, за 60 лет, прошедших с момента смерти изобретателя, никому так и не удалось объединить планету глобальной энергетической сетью. Некоторые полагают, что если и был способ создать подобную систему, эту тайну великий изобретатель унес с собой.

#### Литература

1. Ржонсницкий Б. Н. Выдающийся электротехник Никола Тесла (1856—1943). — Вопросы естествознания и техники. Институт естествознания и техники АН СССР. Выпуск I. Москва. 1956. С. 192
2. Ржонсницкий Б. Н. Никола Тесла. Жизнь замечательных людей. Серия биографий. Выпуск 12. / Научная редакция и предисловие доктора технических наук проф. Г. И. Бабата — М.: Молодая гвардия, 1959.
3. Цвєрава Г. К. Никола Тесла, 1856-1943. — Ленинград: Наука ; Ленингр. отд-ние, 1974.(Шифр РНБ : 74-3/1062)
4. Образцов П. Гений электричества и пиара. Наука и жизнь, № 6 (2010), стр. 57-60

УДК 621.3

## НАКОПЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ

Горбач В. А.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О. А.

Анализ тенденций в потреблении электрической энергии показывает, что его неравномерность будет увеличиваться по мере роста благосостояния населения и связанного с ним увеличения коммунально- бытовых нагрузок, по мере повышения энерговооруженности труда, уменьшения количества ночных смен, сокращения рабочих дней в неделе (внедрение безлюдных технологий, заводов-автоматов нивелирует влияние двух последних факторов, но лишь частично). В большинстве стран ЕС неравномерность такова, что в течение часа изменение нагрузки достигает 30 % максимальной. Кардинально изменить характер потребления электроэнергии очень трудно, так как он зависит от установившегося ритма жизни людей и ряда не зависящих от людей объективных обстоятельств.

Энергетики принимают доступные организационные меры по выравниванию графика суммарной нагрузки потребителей. Так, вводится дифференцированная стоимость электроэнергии в зависимости от периода времени её потребления, что повышает заинтересованность потребителей в таких перестройках своей работы и быта, которые способствовали бы уменьшению электрической нагрузки в моменты её максимумов. Но в целом возможности выравнивания потребления электроэнергии невелики. Следовательно, электрические станции и сети должны быть достаточно маневренными, способными быстро изменять вырабатываемую и передаваемую мощность. Как известно, основные источники электрической энергии – тепловые и атомные электростанции – не приспособлены к быстрому изменению режимов работы. Применение накопителей энергии (НЭ) позволяет уменьшить капиталовложения в генерирующие мощности примерно на 30 %, сэкономить топливо и снизить эксплуатационные затраты на базовых мощностях, уменьшить потери от межсистемных перетоков избыточных мощностей в периоды минимумов нагрузки.

Индуктивное накопление энергии наиболее эффективно в сверхпроводящих магнитах, поскольку в них накопление и вывод энергии практически не сопровождаются потерями. Принципиальное преимущество индуктивных накопителей заключается в том, что энергия в них запасается в том же виде, в каком и используется, – электромагнитном. Отсутствие необходимости в преобразовании одного вида энергии в другой обеспечивает высокие КПД (97–98 %) и быстродействие устройства. Поэтому уникальными свойствами сверхпроводникового индуктивного накопителя энергии (СПИНЭ) являются возможность практически мгновенного перехода из режима накопления энергии в режим ее выдачи и большая скорость отбора мощности. Это свойство СПИНЭ в первую очередь было востребовано в физике высоких энергий и мощной импульсной энергетике (Pulsed Power).

Одним из примеров СПИН является тороидальная магнитная система с D-образной формой витка и вытянутой конфигурацией обмотки в виде цилиндра длиной, равной максимальному размеру выделенного в габарите тепловоза объема, и диаметром, равным минимальному размеру этого объема.

### Литература

1. <http://www.rgups.ru/content-pages/sverkhprovodnikovye-induktivny-603/>
2. <http://journalpro.ru/articles/primeneniye-nakopiteley-v-energosisisteme-dlya-tseley-protivoavariynoy-avtomatiki>



УДК 621.3

## БЛУЖДАЮЩИЕ ТОКИ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ГАЗОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ.

Фирсова В.В., Музыкантова К.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Практически любая система внутренней инфраструктуры и жизнеобеспечения жилых домов, муниципальных и коммерческих зданий или промышленных объектов, по большому счету представляет собой развитую сеть трубопроводов, соединяющих между собой те или иные объекты системы в определенном порядке. В большинстве случаев, например, при обустройстве газопровода, горячего и холодного водоснабжения, фекальной или кабельной канализации, а также системы отопления и вентиляции, используется подземная, воздушная или внутренняя прокладка металлических труб различного диаметра и размера. В последнее десятилетие участились случаи ускоренной коррозии трубопроводов систем газоснабжения блуждающими токами. Рассмотрим понятие “блуждающие токи” и электрические методы защиты газопроводов от коррозии.

Электрические токи, возникающие в земле при её использовании в качестве токопроводящей среды, называются блуждающими. Вызывают коррозию металлических предметов, полностью или частично находящихся под землёй, а иногда и лишь соприкасающихся с поверхностью земли. Основными источниками блуждающих токов в земле для подземных металлических сооружений являются электрифицированные железные дороги (магистральные и пригородные), трамваи, промышленный, карьерный и рудничный транспорт. Тяговая подстанция получает ток от энергосистемы и через питающую линию ток поступает в контактный провод, из которого через токоприемник он проводится к электродвигателю. Затем, пройдя через колеса, ток по рельсам возвращается на тяговую подстанцию. Так как рельсовый путь не изолирован от земли, то он оказывается источником блуждающего тока. Растекаясь в земле и встречая на своем пути металлические сооружения в виде водо- или газопровода, труб канализации, оболочки кабеля и т. п., удельное сопротивление которых намного меньше удельного сопротивления земли, блуждающие токи натекают на них (катодная зона). Через некоторое время блуждающие токи выходят из подземного сооружения (анодная зона) в землю и через неё вновь поступают в рельс и по отсасывающей линии на подстанцию. При этом рельсы разрушаются в местах выхода токов в землю, а подземные коммуникации — в местах возвращения тока в рельс. Пройдя один раз, блуждающий ток, не принесет никаких разрушений подземному металлическому сооружению, но в случаях постоянной утечки блуждающего тока (трамвай, железнодорожные поезда и пр.), металл постепенно будет поддаваться коррозии.

Мероприятия по защите от негативных проявлений блуждающих токов можно разделить на пассивные и активные (электрические). Пассивный метод защиты от коррозии предполагает создание непроницаемого барьера между металлом трубопровода и окружающим его грунтом. Это достигается нанесением на трубу специальных защитных покрытий (битум, каменноугольный пек, полимерные ленты, эпоксидные смолы и пр). Так как пассивным методом не удастся осуществить полную защиту трубопровода от коррозии, одновременно применяется активная защита, связанная с управлением электрохимическими процессами. Такая защита носит название комплексной защиты. Активный метод защиты от коррозии осуществляется путем катодной поляризации и основан на снижении скорости растворения металла. Для защиты газопроводов от коррозии блуждающими токами могут быть применены дренажи, катодные станции, протекторы и т.д. Выбор того или иного способа защиты зависит от конкретных условий и в большинстве случаев определяется путем экспериментального сравнения эффективности их действия.

Электрический дренаж — способ защиты, заключающийся в отводе блуждающих токов из анодной зоны защищаемого сооружения к их источнику. Дренаж — самая дешевая

защита, создающая большую зону защиты (до 5 км). Для защиты металлических подземных сооружений применимы три типа дренажей: прямой, поляризованный и усиленный. По многим причинам чаще всего применяются два последних. В практике автономного газоснабжения дренаж имеет весьма ограниченное применение, так как не обеспечивает должного уровня защиты.

**Катодная защита.** Понятно, что для защиты объекта от коррозии необходимо вызвать катодную реакцию и не допустить анодную. Сделать это можно, если искусственно создать отрицательный потенциал на защищаемом объекте. Для этого необходимо разместить в среде (почве) анодные электроды и подключить внешний источник тока: минус к объекту защиты, а плюс – к анодным электродам. Ток пойдет по цепи анодный электрод – почвенный электролит – объект защиты от коррозии. С точки зрения гальванических процессов металлический объект будет катодом, а дополнительный электрод – анодом. Таким образом, коррозия объекта прекратится. Разрушаться будет только анодный электрод. Он называется анодным заземлением. Анодные электроды делают из инертного материала и периодически меняют.

Ток для катодной защиты вырабатывает специальное устройство - станция катодной защиты. По сути это источник вторичного электропитания, специализированный блок питания. Т.е. станция подключается к питающей сети (как правило ~ 220 В) и вырабатывает электрический ток с заданными параметрами. Станция катодной защиты установлена на поверхности земли, вблизи от газопровода.

**Протекторная защита** — разновидность катодной защиты, нашедшая широкое применение. Необходимый защитный ток вырабатывается гальваническим элементом, роль катода выполняет металл защищаемого сооружения, анода — металл с более отрицательными, чем у защищаемого металла, потенциалами, а электролитом — почва, окружающая газопровод и протектор. Протекторная защита заключается в присоединении к защищаемому сооружению металлических пластин или стержней (протекторов). При этом суммарные потери металла не уменьшаются, а, наоборот, увеличиваются. Преимущество этого метода защиты заключается в том, что коррозия с более ценной и труднодоступной конструкции сооружения (газопровода) переносится на более дешевую и легко возобновляемую (на протектор). Ключевая характеристика протектора — его площадь поверхности. Промышленные протекторы изготавливаются из магниевых или алюминиевых сплавов.

Для защиты газопроводов от коррозии применяется в основном комплексная защита, когда наряду защитой с изоляционными покрытиями применяют электрические методы.

Электрическая защита весьма эффективна, если она правильно осуществляется. Необходимо правильно выбрать средства электрической защиты и разместить их, для чего необходимо произвести специальные расчёты и технико-экономические сравнения отдельных вариантов.

#### Литература

1. Блуждающие токи [Электронный ресурс]: URL: [http://ens.tpu.ru/POSOBIE\\_FIS\\_KUSN/электромагнетизм/03-5.htm](http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/электромагнетизм/03-5.htm)
2. Автоматизация и электрика [Электронный ресурс]: Блуждающие токи // URL: <http://www.asutpp.ru/osnovy-elektrotexniki/bluzhdtoki.html>
3. Электротехника [Электронный ресурс]: Блуждающие токи // URL: <http://electrono.ru/elektromagnetizm-i-elektromagnitnaya-indukciya/22-bluzhdtok>

УДК 621.316

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЛАМПЫ И ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ: ЗА И ПРОТИВ

Карасёва А.В., Кацубо В.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

С каждым годом все больше увеличиваются потребности человечества в электроэнергии. В результате анализа перспектив развития технологий освещения, наиболее прогрессивным направлением эксперты признали замену устаревших ламп накаливания энергосберегающими лампами. Причиной этого специалисты считают значительное превосходство последнего поколения энергосберегающих ламп над "жаркими" лампами.

Энергосберегающими лампами принято называть люминесцентные лампы, которые входят в обширную категорию газоразрядных источников света. Газоразрядные лампы в отличие от ламп накаливания излучают свет благодаря электрическому разряду, проходящему через газ, заполняющий пространство лампы: ультрафиолетовое свечение газового разряда преобразуется в видимый нам свет.

Энергосберегающие лампы состоят из колбы, наполненной парами ртути и аргоном, и пускорегулирующего устройства (стартера). На внутреннюю поверхность колбы нанесено специальное вещество, называемое люминофор. Под действием высокого напряжения в лампе происходит движение электронов. Столкновение электронов с атомами ртути образует невидимое ультрафиолетовое излучение, которое, проходя через люминофор, преобразуется в видимый свет.

Цоколь – как у обычных лампочек. Принцип люминесценции такой же, как у ламп дневного света, устанавливают которые на предприятиях, в офисах, в магазинах. Внутри лампочки пары ртути, находящиеся в среде инертного газа и люминофорное покрытие.

Люминесценция (свечение) лампы возникает таким образом. При движении электронов под действием высокого напряжения, их взаимодействие с атомарной ртутью генерирует ультрафиолетовое излучение, которое действует на люминофор и вызывает его свечение. Чтобы лампочка заработала, на неё нужно подать начальный импульс высокого напряжения, а потом она уже будет работать от стандартного напряжения сети 220 В. Вот этот начальный импульс и формируется электронным блоком.

Главными преимуществами энергосберегающих ламп считается их высокая световая отдача, превышающая тот же показатель ламп накаливания в несколько раз, срок службы, который определяется промежутком времени от 6 до 15 тысяч часов непрерывного горения, возможность выбора цвета свечения (может быть трех видов: дневным, естественным и теплым), незначительное тепловыделение, распределение света является мягким и равномерным.

Энергосберегающие лампы имеют также и недостатки: фаза разогрева у них длится до 2 минут, то есть, им понадобится некоторое время, чтобы развить свою максимальную яркость, человек может находиться от них на расстоянии не ближе, чем 30 сантиметров, энергосберегающие лампы не приспособлены к функционированию в низком диапазоне температур (-15-20°C), а при повышенной температуре снижается интенсивность их светового излучения, содержание ртути и фосфора, высокая цена.

### Литература

1. Сайт ЭнергоПрофи. [Электронный ресурс]. - <http://energyprofy.ru/>
2. [http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Энергосберегающая\\_лампа](http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Энергосберегающая_лампа)
3. <http://www.advicehome.ru/page9.php>
4. <http://elektrik.info/main/lighting/465-5-mifov-ob-energoberegayuschih-lampah.html>

УДК 62-771

## РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ НАМАГНИЧИВАЮЩЕГО ТОКА ТРАНСФОРМАТОРА

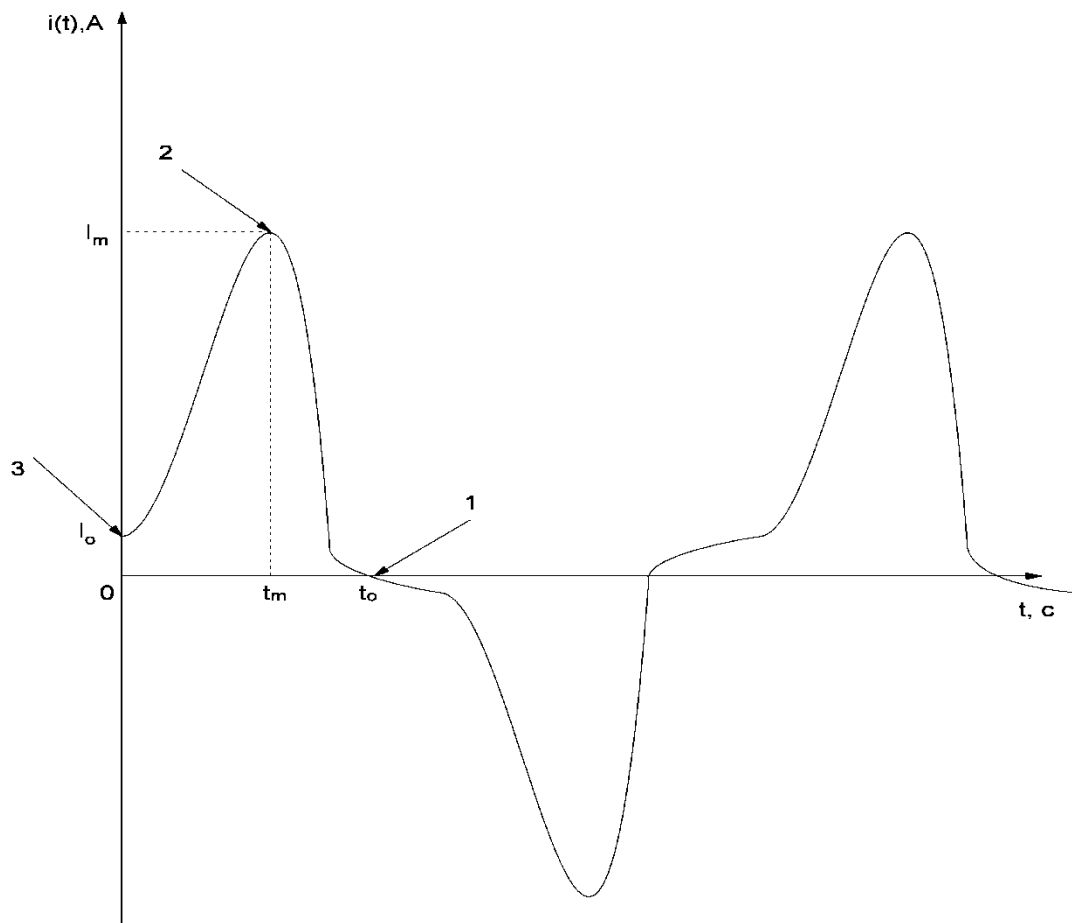
Кравцов И.П.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Суходолов Ю. В.

Предложена методика получения значений начальных фаз высших гармонических составляющих тока трансформатора, работающего в холостом ходу.

Наиболее характерным примером искажения нелинейной нагрузкой питающего тока является работа трансформатора в режиме холостого хода.

Кривая тока протекающего через трансформатор будет иметь вид.



Анализ кривой тока показывает, что в ее форме можно выделить несколько характерных точек:

точка 1 - значение кривой тока  $r(t)$  в момент времени  $t = t_0$ .

точка 2 - значение  $I_m$  кривой тока  $i(t)$  в момент времени  $t = t_m$ .

точка 3 - значение  $I_0$  кривой тока  $i(t)$  в момент времени  $t = 0$ .

Известно, что любая периодическая кривая может быть представлена рядом Фурье в тригонометрической форме:

$$i(t) = \sum_{n=1}^{\infty} I_{nm} \sin(\omega t + \Psi_n) \quad (1)$$

где  $I_{nm}$  - амплитуды гармонических составляющих;

$\Psi_n$  - начальные фазы гармонических составляющих;

$n$  - номер гармонических составляющих;

$\omega$  - угловая частота.

В точке 1 значение кривой тока  $i(t)$  в момент времени  $t = t_0$  равно нулю:

$$i(t_0) = \sum_{n=1}^{\infty} I_{nm} \sin(n\omega t_0 + \Psi_n) = 0 \quad (2)$$

В точке 2 кривая тока  $i(t)$  имеет максимум в момент времени  $t = t_m$ . Следовательно, первая производная функции, описывающей кривую тока, в момент времени  $t = t_m$  равна нулю:

$$\frac{di(t_m)}{dt} = 0; \sum_{n=1}^{\infty} nI_{nm} \cos(n\omega t_m + \Psi_n) = 0$$

Так как  $t_m = T/4 = \pi/2\omega$ , то

$$\sum_{n=1}^{\infty} nI_{nm} \cos(n\omega t_m + \Psi_n) = 0; \sum_{n=1}^{\infty} nI_{nm} \cos\left(n\frac{\pi}{2} + \Psi_n\right) = 0 \quad (3)$$

Точка 3 является точкой перегиба. Следовательно, вторая производная функции, описывающей кривую тока, в момент времени  $t = 0$  равна нулю:

$$\frac{di^2(t_m)}{dt} = 0; -(\omega)^2 \sum_{n=1}^{\infty} I_{nm} \sin(n\omega t + \Psi_n) = 0$$

Или

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^2 I_{nm} \sin\Psi_n = 0 \quad (4)$$

Выражения (2) - (4) представляют собой систему уравнений, связывающих временные параметры кривой тока с параметрами гармонических составляющих.

Преобразуем уравнение (2):

$$I_{m1} \sin(\omega t_0 + \Psi_1) + \sum_{n=1}^{\infty} I_{nm} \sin(n\omega t_0 + \Psi_n) = 0$$

$$1 + \sum_{n=3}^{\infty} \frac{I_{nm} \sin(n\omega t_0 + \Psi_n)}{I_{m1} \sin(\omega t_0 + \Psi_1)} = 0 \quad (5)$$

Аналогично преобразуем уравнения (3) и (4). Таким образом, преобразованная система тригонометрических уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} 1 + \sum_{n=3}^{\infty} \frac{I_{nm} \sin(n\omega t_0 + \Psi_n)}{I_{m1} \sin(\omega t_0 + \Psi_1)} = 0; \\ 1 + \sum_{n=3}^{\infty} n \frac{I_{nm} \cos\left(n\frac{\pi}{2} + \Psi_n\right)}{I_{m1} \cos\left(\frac{\pi}{2} + \Psi_1\right)} = 0; \\ 1 + \sum_{n=3}^{\infty} n^2 \frac{I_{nm} \sin(\Psi_n)}{I_{m1} \sin(\Psi_1)} = 0; \end{cases} \quad (6)$$

Преобразуем второе уравнение системы (6):

Тогда система (6) принимает вид:



$$\left\{ \begin{array}{l} 1 + \sum_{n=3}^{\infty} \frac{I_{nm} \sin(n\omega t_0 + \Psi_n)}{I_{m1} \sin(\omega t_0 + \Psi_1)} = 0; \\ 1 + \sum_{n=3}^{\infty} n \frac{I_{nm} \sin\left((n-1)\frac{\pi}{2} + \Psi_n\right)}{I_{m1} \sin(\Psi_1)} = 0; \\ 1 + \sum_{n=3}^{\infty} n^2 \frac{I_{nm} \sin(\Psi_n)}{I_{m1} \sin(\Psi_1)} = 0; \end{array} \right. \quad (7)$$

Выражения (2) - (6) представляют собой систему уравнений, связывающих временные параметры кривой тока с параметрами гармонических составляющих:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{n=1}^{\infty} I_{nm} \sin(n\omega t_0 + \Psi_n) = 0 \\ \sum_{n=1}^{\infty} I_{nm} \sin(n\omega t_m + \Psi_n) = I_m \\ \sum_{n=1}^{\infty} n I_{nm} \cos\left(n\frac{\pi}{2} + \Psi_n\right) = 0 \end{array} \right. \quad (8) \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_{n=1}^{\infty} I_{nm} \sin\Psi_n = I_0 \\ \sum_{n=1}^{\infty} n^2 I_{nm} \sin\Psi_n = 0 \end{array} \right. \quad (9)$$

Сложим второе и третье уравнение системы (7) почленно и приравняем первое уравнение системы (7) и выражение (10):

$$1 + \sum_{n=3}^{\infty} \frac{I_{nm} \sin(n\omega t_0 + \Psi_n)}{I_{m1} \sin(\omega t_0 + \Psi_1)} - 1 + \sum_{n=3}^{\infty} n \frac{I_{nm} (\sin\left((n-1)\frac{\pi}{2} + \Psi_n\right) + \sin(\Psi_n))}{2I_{m1} \sin(\Psi_1)} = 0 \quad (10)$$

Учитывая последнее равенство, можно записать:

$$n \frac{\sin\left((n-1)\frac{\pi}{2} + \Psi_n\right) + n\sin(\Psi_n)}{2\sin(\Psi_1)} = \frac{\sin(n\omega t_0 + \Psi_n)}{\sin(\omega t_0 + \Psi_1)} \quad (11)$$

Проведем преобразования:

$$\sin\left((n-1)\frac{\pi}{2} + \Psi_n\right) = \sin\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) \cos\Psi_n + \cos\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) \sin\Psi_n \quad (12)$$

Аналогично для :  $\sin(n\omega t_0 + \Psi_n)$  и  $\sin(\omega t_0 + \Psi_1)$ .

Таким образом выражение (9) примет вид:

$$\begin{aligned} n \frac{\sin(\Psi_n) + \sin\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) \cos\Psi_n + \cos\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) \sin\Psi_n}{2\sin(\Psi_1)} \\ = \frac{\sin(n\omega t_0) \cos\Psi_n + \cos(n\omega t_0) \sin\Psi_n}{\sin(\omega t_0) \cos\Psi_n + \cos(\omega t_0) \sin\Psi_n} \end{aligned}$$

Разделим обе части на  $\cos\Psi_n$ , а затем на  $\cos\Psi_1$ :

$$n \frac{\left( n + \cos\left( (n-1)\frac{\pi}{2} \right) \right) \operatorname{tg}\Psi_n}{2\operatorname{tg}(\Psi_1)} + n \frac{\sin\left( (n-1)\frac{\pi}{2} \right)}{2\operatorname{tg}(\Psi_1)}$$

$$= \frac{\sin(n\omega t_0)}{\sin(\omega t_0) + \cos(\omega t_0)\operatorname{tg}\Psi_1} + \frac{\cos(n\omega t_0)\operatorname{tg}\Psi_n}{\sin(\omega t_0) + \cos(\omega t_0)\operatorname{tg}\Psi_1}$$

Выразим  $\operatorname{tg}\Psi_n$ :

$$\operatorname{tg}\Psi_n = \frac{2\operatorname{tg}(\Psi_1)\sin(n\omega t_0) - n\sin\left( (n-1)\frac{\pi}{2} \right) (\sin(\omega t_0) + \cos(\omega t_0)\operatorname{tg}\Psi_1)}{n\left( n + \cos\left( (n-1)\frac{\pi}{2} \right) \right) (\sin(\omega t_0) + \cos(\omega t_0)\operatorname{tg}\Psi_1) - 2\operatorname{tg}(\Psi_1)\cos(n\omega t_0)}$$

Представим тангенсы в правой части выражением  $\operatorname{tg}\Psi_n = \frac{\sin(\Psi_n)}{\cos(\Psi_n)}$ :

$$\operatorname{tg}\Psi_n = \frac{2\sin(n\omega t_0)\sin(\Psi_1) - n\sin\left( (n-1)\frac{\pi}{2} \right) (\sin(\omega t_0 + \Psi_1))}{n\left( n + \cos\left( (n-1)\frac{\pi}{2} \right) \right) \sin(\omega t_0 + \Psi_1) - 2\cos(n\omega t_0)\sin(\Psi_1)}$$

Получили выражение для вычисления значений начальных фаз высших гармоник тока трансформатора, работающего в холостом ходу.

Амплитуды гармоник определяются выражениями (8) - (9), первую гармонику можно определить с достаточно большой точностью, а остальные можно получить, решив ряд Фурье составленный для функции. Обычно достаточно рассчитать 11 гармоник для получения требуемой точности.

УДК 62-771

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Кравцов И.П.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Суходолов Ю. В.

Наиболее часто встречающиеся методы являются резонансные методы контроля которые применяются для выявления витковых замыканий обмоток. Они основаны на анализе амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик или использовании резонансных эффектов.

Повышение точности контроля основано на использовании резонансного участка частотной характеристики, получающего максимальное изменение при возникновении виткового замыкания и минимальное при отклонении параметров исправной обмотки.

Частотные характеристики, снятые с помощью разработанных схем, определяются выражением:

$$|U(\omega)| = |U_{1\phi}(\omega) - U_{2\phi}(\omega)| = |I_n(\omega)[Z_{1\phi}(\omega) - Z_{2\phi}(\omega)]|$$

Анализ АЧХ показывает, что наибольшей чувствительности можно достичь, используя частотную область, имеющую частоту на 20—30% ниже частоты максимума.

Чувствительность контроля к одному витковому замыканию будет определяться как относительное увеличение амплитуды сигнала при возникновении дефекта:

$$\chi = \frac{U_d(\omega) - [U_n(\omega) + \Delta U_n(\omega)]}{U_n(\omega) + \Delta U_n(\omega)}$$

Чувствительность не определяет возможность обнаружения виткового замыкания, так как приращение амплитуды фиксируемого сигнала при изменении амплитуды входного из-за нестабильностей может быть воспринято как возникновение дефекта.

Для исключения этого должно соблюдаться соотношение

$$\frac{|Z_d(\omega)| - |Z_n(\omega)|}{\delta_E |Z_d(\omega)| + \frac{d|Z_d(\omega)|}{d\omega} \Delta\omega} > 1$$

Витки чаще всего замыкаются через сопротивление, достигающее величины 10 Ом, что характеризуется снижением реакции выходного параметра от таких скрытых дефектов. Ввиду этого для обеспечения достоверности контроля исключается влияние нестабильности амплитуды диагностического сигнала путем анализа состояния обмотки по фазовым соотношениям снимаемых сигналов.

Контроль предусматривает не только обнаружение явных дефектов, о и испытание изоляции, которое проводят с помощью импульсного напряжения. Ввиду этого использование разработанного способа осуществляется путем выделения из снимаемых сигналов соответствующих по частоте спектральных составляющих с максимальной разностью фаз, по величине которой судят о состоянии обмотки.

УДК 62-771

## РЕЗОНАНСНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Кравцов И.П.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Суходолов Ю. В.

Резонансные методы контроля применяются для выявления витковых замыканий обмоток, как наиболее часто встречающихся и трудноопределимых другими методами дефектов. Они основаны на анализе амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик или использовании резонансных эффектов.

Область использования зависит от вида образуемых резонансных контуров и условий создания в них резонансных процессов. Применение параллельного резонансного контура позволяет обнаружить замыкания витков в катушках и практически не дает результатов при контроле обмотки электрической машины из-за разброса ее параметров, вызванного технологическими причинами.

При контроле электрических машин получили применение методы, основанные на возбуждении импульсами в обмотке, как в резонансном контуре колебательных процессов, по форме которых судят о наличии дефектов. Однако отдельные искажения формы, вызванные витковым замыканием, труднофиксируемы и могут быть приняты за искажения от отклонения параметров исправной обмотки.

Повышение точности контроля основано на использовании резонансного участка частотной характеристики, получающего максимальное изменение при возникновении виткового замыкания и минимальное при отклонении параметров исправной обмотки. Анализ частотных характеристик показывает, что этому критерию отвечает область первого резонанса, и для асинхронных двигателей со всыпными обмотками находится в диапазоне от 10 до 100 кГц.

Разработаны схемы контроля, использующие резонансные процессы для обнаружения виткового замыкания в обмотках электрических машин и трансформаторов. Методы контроля, основанные на этих схемах, позволяют получить, в рассматриваемом диапазоне частот, один явно выраженный максимум результирующей АЧХ. На рис. *a* показана АЧХ, снятая для обмотки асинхронного двигателя АНР63S4. Частотные характеристики, снятые с помощью разработанных схем, определяются выражением:

$$|U(\omega)| = |U_{1\phi}(\omega) - U_{2\phi}(\omega)| = |I_n(\omega)[Z_{1\phi}(\omega) - Z_{2\phi}(\omega)]|$$

Где  $U_{1\phi}(\omega)$ ,  $U_{2\phi}(\omega)$  — комплексные величины с частотой  $\omega$  напряжений, снимаемых с первой и второй фазы контролируемой обмотки;  $I_n(\omega)$  — комплексная величина подаваемого на обмотку сигнала;  $Z_{1\phi}(\omega)$ ,  $Z_{2\phi}(\omega)$  — комплексные сопротивления, образованные первой и второй фазами обмотки.

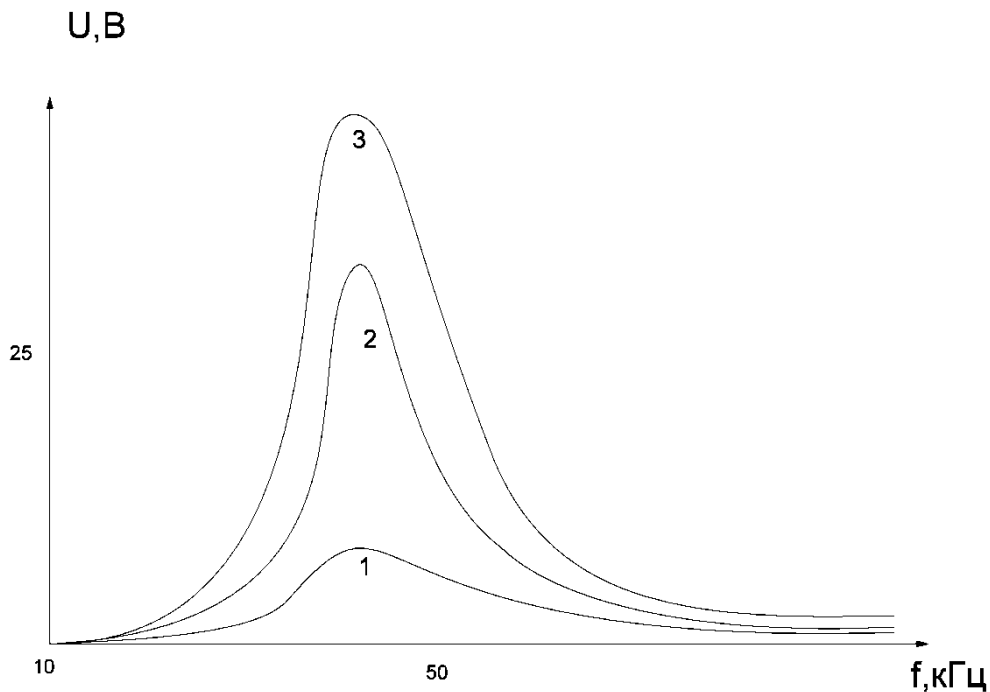


Рисунок а

Чувствительность контроля к одному витковому замыканию будет определяться как относительное увеличение амплитуды сигнала при возникновении дефекта:

$$\Psi = \frac{U_{\text{д}}(\omega) - [U_{\text{н}}(\omega) + \Delta U_{\text{н}}(\omega)]}{U_{\text{н}}(\omega) + \Delta U_{\text{н}}(\omega)}$$

Здесь  $U_{\text{д}}(\omega), U_{\text{н}}(\omega)$  — амплитуда выходного сигнала на частоте  $\omega$  для исправной обмотки и при возникновении одного замкнутого витка в самом неблагоприятном для чувствительности месте;  $\Delta U_{\text{н}}(\omega)$  — приращение амплитуды выходного сигнала на частоте  $\omega$  при максимально допустимом изменении параметров обмотки.

Анализ АЧХ показывает, что наибольшей чувствительности можно достичь, используя частотную область, имеющую частоту на 20—30% ниже частоты максимума.

Чувствительность не определяет возможность обнаружения виткового замыкания, так как приращение амплитуды фиксируемого сигнала при изменении амплитуды входного из-за нестабильностей может быть воспринято как возникновение дефекта. Для исключения этого должно соблюдаться соотношение

$$\frac{|Z_{\text{д}}(\omega)| - |Z_{\text{н}}(\omega)|}{\delta_{\text{E}}|Z_{\text{д}}(\omega)| + \frac{d|Z_{\text{д}}(\omega)|}{d\omega} \Delta\omega} > 1$$

Где  $|Z_{\text{д}}(\omega)|, |Z_{\text{н}}(\omega)|$  — модули комплексного сопротивления измерительной схемы на частоте  $\omega$  для исправной обмотки и при возникновении виткового замыкания;  $\delta_{\text{E}}$  — относительная нестабильность амплитуды входного сигнала;  $\Delta\omega$  — нестабильность частоты.

Выражение показывает преимущество схем, позволяющих анализировать разность частотных характеристик фаз обмотки, это снижает влияние нестабильности амплитуды входного сигнала. Витки чаще всего замыкаются через сопротивление, достигающее величины 10 Ом, что характеризуется снижением реакции выходного параметра от таких скрытых дефектов. Ввиду этого для обеспечения достоверности контроля исключается



влияние нестабильности амплитуды диагностического сигнала путем анализа состояния обмотки по фазовым соотношениям снимаемых сигналов.

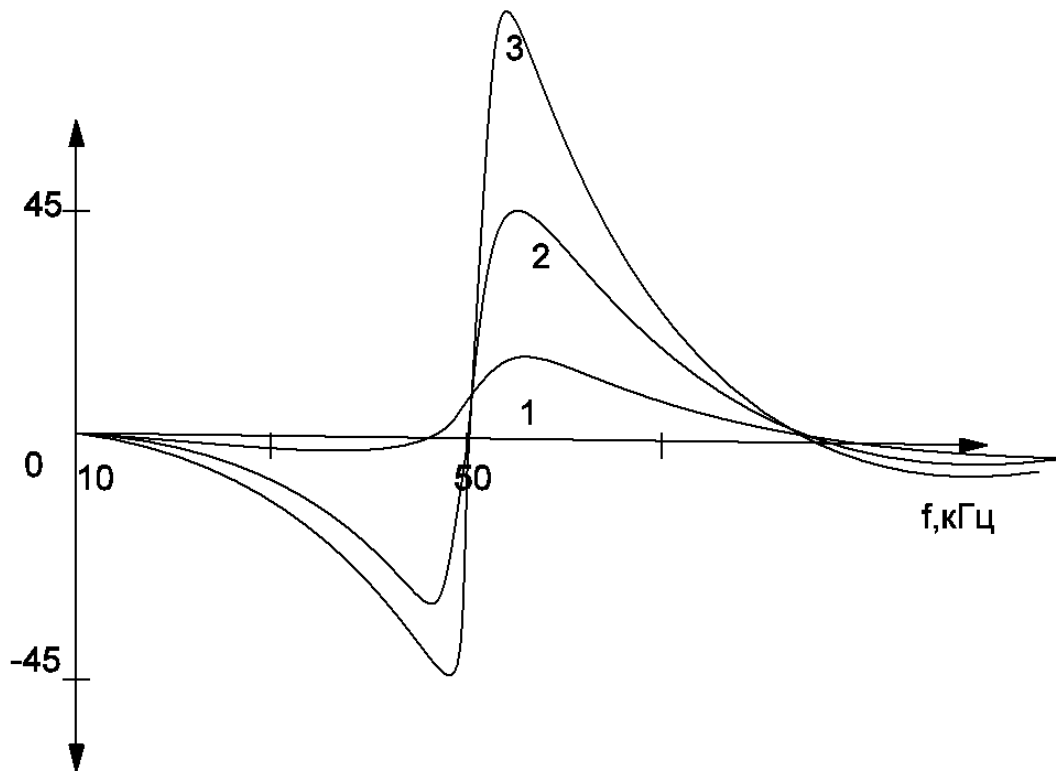


Рисунок б

На рис. б представлены фазочастотные характеристики, снятые для статора асинхронного двигателя АНР63S4. Их анализ показывает возможность контроля обмотки по величине первого максимума разности фаз и по разности фаз на частоте первого перехода через нуль характеристики исправной обмотки. Контроль по величине максимума фазочастотной характеристики производится в условиях мелкосерийного производства, при эксплуатации и ремонте электрических машин путем сравнения полученного максимума с величиной, характеризующей исправную обмотку. При серийном производстве, когда возможно предварительно проанализировать частотные характеристики выпускаемых электрических машин, для получения большей чувствительности целесообразно производить контроль на частоте, соответствующей переходу через нуль частотной характеристики исправной обмотки.

Измеряемая разность фаз снимаемых сигналов может быть различной для разных исправных электрических машин одного номинала. Чтобы это не было принято ошибочно за наличие дефекта, должно соблюдаться условие превышения относительного изменения разности фаз от виткового замыкания над этим же относительным изменением при максимально возможном для исправной обмотки отклонении ее параметров с учетом нестабильности частоты диагностического сигнала и погрешности фазовых измерений

$$\frac{\frac{\Delta\varphi_{д}}{\varphi_{и}} - \frac{\Delta\varphi_{дд} + \Delta\varphi_{ид}}{\varphi_{д}}}{\frac{\Delta\varphi_{и} + \Delta\varphi_{ди} + \Delta\varphi_{ии}}{\varphi_{и}} + \frac{\Delta\varphi_{ид}}{\varphi_{и}}} > 1$$

Где:  $\Delta\varphi_{д}$ ,  $\Delta\varphi_{и}$  — увеличение разности фаз при витковом замыкании и максимально возможном изменении параметров исправной обмотки;

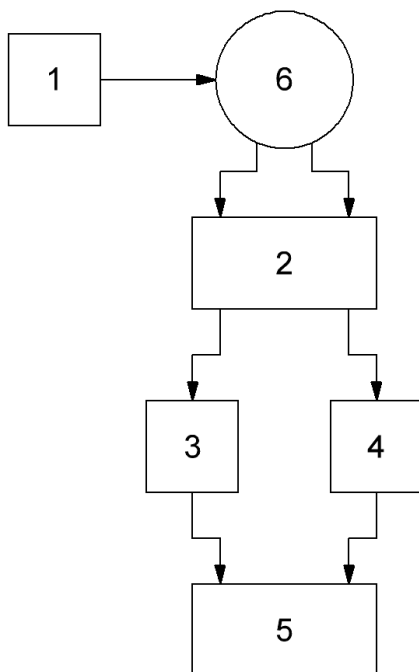
$\varphi_{д}$ ,  $\varphi_{и}$  — измеряемая разность фаз для исправной обмотки и с витковым замыканием;

$\Delta\varphi_{дд}$ ,  $\Delta\varphi_{ид}$  — увеличение за счет нестабильности частоты разности фаз для дефектной и исправной обмотки;  $\Delta\varphi_{ди}$ ,  $\Delta\varphi_{ии}$  — абсолютная погрешность измерения разности фаз при наличии дефекта и для исправной обмотки.

Из выражения следует, что для эффективной реализации контроля необходимо использовать частоту, где максимально отношение  $\Delta\varphi_{д}/\Delta\varphi_{и}$ , так как при измерении на одной частоте можно получить ее высокую стабильность и несоизмеримо меньшую, чем  $\Delta\varphi_{д}$ , погрешность измерения фазовых сдвигов. Эта оптимальная частота индивидуальна для каждого типа электрических машин и для асинхронных двигателей мощностью до 10 кВт лежит в пределах от 20 до 80 кГц.

Контроль предусматривает не только обнаружение явных дефектов, но и испытание изоляции, которое проводят с помощью импульсного напряжения. Ввиду этого использование разработанного способа осуществляется путем выделения из снимаемых сигналов соответствующих по частоте спектральных составляющих с максимальной разностью фаз, по величине которой судят о состоянии обмотки.

Функциональная схема устройства, с помощью которого осуществляется контроль, показана на рис. 2.



Контроль выполняется в такой последовательности.

1. Подается периодический импульсный сигнал от генератора 1 на две фазы обмотки статора 6.

2. Снимаются с обмотки сигналы, пропорциональные протекающему по обмотке току.

3. С помощью коммутатора 2 подаются на вход фильтров 3 и 4 сигналы, соответствующие возбуждаемому задним фронтом импульса затухающим колебаниям.

4. Выделяемые фильтрами 3 и 4 гармонические составляющие сравниваются по фазе с помощью измерителя разности фаз.

5. Если разность фаз более установленной для исправного статора величины, то в его обмотке — витковое замыкание.

УДК 621.313.04

## УНИФИЦИРОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛА ПРИ КОНТРОЛЕ ОБМОТОК СТАТОРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Полоневич П. В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Суходолов Ю. В.

Одним из важнейших свойств, влияющих на качество электрической машины, является ее надежность. Повышение надежности дает больший народнохозяйственный эффект, чем улучшение других технико-экономических показателей, таких как КПД, коэффициент мощности и др. Среди дефектов асинхронных двигателей, существенно снижающих их надежность, особое место занимают межвитковые замыкания в обмотках статоров, на долю которых приходится до 90% от общего количества отказов. Применяемый в приборах визуальный способ сравнения формы сигнала не эффективен из-за невозможности обеспечения автоматизации и достоверности контроля. Аналого-цифровая обработка сигнала, заключающаяся в сравнении форм с помощью микропроцессора, не имеет преимуществ по чувствительности. Чувствительность этих средств не превышает 3-4 витка на обмотку. Вместе с тем наличие даже одного короткозамкнутого витка, не выявленного при проведении заводских испытаний, приводит к тому, что в процессе эксплуатации электродвигателя в таком витке протекает значительный ток, который вызывает существенный нагрев провода замкнутого витка, а также рядом с ним расположенных витков обмотки. Следствием постепенного высыхания изоляции провода является повреждение фазной обмотки и, следовательно, выход из строя электродвигателя.

Один из путей увеличения чувствительности к наиболее трудно определяемому дефекту (витковому замыканию) и обеспечения возможности автоматизации заключается в представлении снимаемого сигнала в виде унифицированного – импульсной последовательности стандартной формы. При этом в качестве информативных параметров, сохраняемых в унифицированном сигнале, наиболее приемлемы временные параметры снимаемого сигнала, так как добиться стабильности амплитуды испытательного сигнала практически невозможно или это сопряжено с усложнением диагностической аппаратуры. Применение резонансных схем контроля предопределяет получение снимаемого сигнала в виде затухающих колебаний, интервалы которых между точками перехода через ноль изменяются при возникновении дефекта.

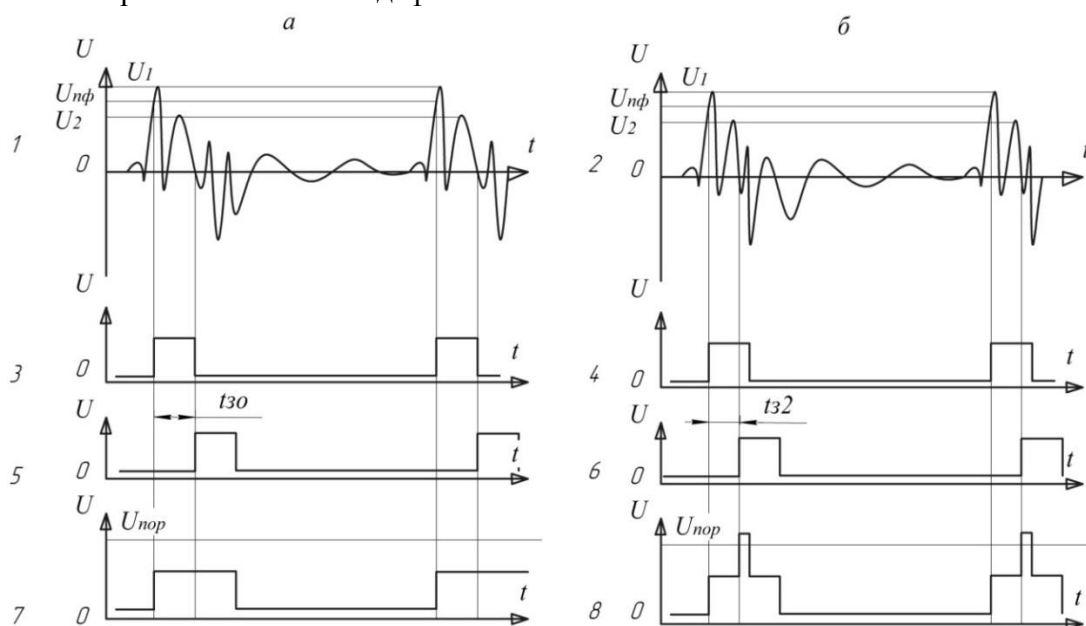


Рисунок 1 – временные диаграммы для исправной обмотки (а) и для обмотки с витковым замыканием (б)

Унификация выходного сигнала будет заключаться в формировании прямоугольных импульсов в моменты перехода через ноль затухающего колебательного процесса. Испытательный импульсный сигнал подается на вывод обмотки и корпус магнитопровода. Фронтом импульса возбуждаются высокочастотные затухающие колебания, протекающие с двумя частотами: сначала с частотой  $f_2$ , а далее до затухания с  $f_1$ . Эти частоты соответствуют частотам первого и второго максимума амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) обмотки. Наибольшей величиной обладает амплитуда  $U_1$  положительной полуволны колебательного процесса с частотой  $f_2$ , вторая положительная полуволна имеет меньшую амплитуду  $U_2$ , амплитуды всех остальных полуволн убывают по экспоненциальному закону. Пороговое напряжение устанавливается в соответствии с условием  $U_1 > U_{нф} > U_2$  (рис.1). Формирование унифицированного сигнала (импульсной последовательности) из снимаемого затухающего колебания происходит в момент его возбуждения и второго перехода через нулевое значение. При достижении первой полуволны колебательного процесса пороговой величины  $U_{нф}$  генерируется единственный импульс за период (рис.1 диаграммы 3,4). Выделяется первая точка перехода через ноль колебательного процесса частоты  $f_1$  и формируется второй импульс (рис.1 диаграммы 5,6). Эту импульсную последовательность можно представить, как суперпозицию (рис.1 диаграммы 7,8) двух импульсных последовательностей, вторая из которых задержана по времени на  $t_3$ , тогда амплитуда  $n$ -й составляющей спектра суперпозиции определяется как

$$U_n = \frac{4E}{\pi n} \left| \sin \frac{n\omega\tau}{2} \right| \left| \cos \frac{n\omega t_3}{2} \right|, \quad (1)$$

где  $E$  – амплитуда импульсов;  $n$  – номер гармонической составляющей;  $\tau$  – длительность импульсов;  $\omega$  – частота повторения импульсов;  $t_3$  – время задержки между импульсами.

Выражение (1) показывает возможность определения изменения  $t_3$ , вызванного появлением дефекта, по амплитуде одной из составляющих спектра унифицированной импульсной последовательности. Определение номера гармоники, обладающей минимальной чувствительностью к нестабильности неинформативных параметров  $E$ ,  $\omega$  и  $\tau$ , производится путем анализа частных производных выражения (1).

Приращение амплитуды  $U_n$  происходит в результате некоррелируемых изменений параметров  $E$ ,  $\omega$ ,  $\tau$  и  $t_3$  определяется по величине полного дифференциала

$$\Delta U_{nE\omega\tau t_3} = \frac{dU_n}{dE} \Delta E + \frac{dU_n}{d\omega} \Delta\omega + \frac{dU_n}{d\tau} \Delta\tau + \frac{dU_n}{dt_3} \Delta t_3, \quad (2)$$

где  $\Delta E$ ,  $\Delta\omega$ ,  $\Delta\tau$  и  $\Delta t_3$  – изменения параметров  $E$ ,  $\omega$ ,  $\tau$  и  $t_3$ . При этом первые три члена выражения (2) являются абсолютной погрешностью при измерении  $\Delta t_3$ .

Приравниваем к нулю частные производные и находим экстремумы функции  $U_n$ . Значения номера гармоники, соответствующей минимуму чувствительности к приращению  $E$ ,  $\omega$ ,  $\tau$  и  $t_3$ , определяем в результате анализа знака вторых производных.

Номера гармоник, амплитуды которых обладают минимальной чувствительностью, следующие:

$$\begin{aligned} n_{E1} &= (2N + 1) \frac{T}{2t_3}; & n_{E2} &= N \frac{T}{\tau}; \\ n_{\tau 1} &= (2N + 1) \frac{T}{2t_3}; & n_{\tau 2} &= (2N + 1) \frac{T}{2\tau}; \end{aligned} \quad (3)$$

$n_\omega$  удовлетворяет равенству  $\frac{\tau}{t_3} = tg \frac{n_\omega \omega \tau}{2} tg \frac{n_\omega \omega t_3}{2}$ ,

$$n_t = N \frac{T}{\tau}$$

где  $T=2\pi/\omega$  – период следования импульсов;  $N = 0, 1, 2, \dots$ ;  $n_{E1}$  и  $n_{E2}$ ,  $n_{\tau 1}$  и  $n_{\tau 2}$  – первые и вторые номера гармоник с минимальной чувствительностью к  $E$  и  $\tau$ ;  $n_{\omega}$  и  $n_t$  – номера гармоник с минимальной чувствительностью к  $\omega$  и  $t_3$ .

Выражения (3) показывают, что несовпадение области минимальна чувствительности  $Un$  к  $\Delta t_3$  с областями минимальной чувствительности  $\Delta E$ ,  $\Delta \tau$  и  $\Delta \omega$  позволяет добиться высокой чувствительности амплитуд к регистрируемой гармонике к  $\Delta t_3$  при ее нечувствительности к изменению  $\Delta E$  и  $\Delta \tau$  и значительно снизить влияние  $\Delta \omega$ . Номер регистрируемой гармонике будет определяться как  $n= T/2t_3$ . Изменение амплитуды этой гармонике из-за вариаций  $E$ ,  $\omega$ ,  $\tau$  может быть зафиксировано как ложная информация о наличии дефекта или, наоборот, об исправности дефектной обмотки, поэтому должно соблюдаться условие превышения относительного увеличения амплитуды выделяемой гармонике при замыкании витка над относительным увеличением этой же гармонике для исправной обмотки при одновременном воздействии дестабилизирующих факторов на  $E$ ,  $\omega$ ,  $\tau$ .

$$\frac{\frac{\Delta U_{nД}}{U_{nИ}}}{\frac{\Delta U_{nE\omega\tau}}{U_{nИ}}} = \frac{|\Delta t_{3Д} - \Delta t_{3И}|}{\left| \sigma_E \frac{T}{\pi n} \operatorname{ctg} \frac{n\omega t_3}{2} + \tau \left| \operatorname{ctg} \frac{n\omega \tau}{2} \right| \left| \operatorname{ctg} \frac{n\omega t_3}{2} \right| (\sigma_\tau + \sigma_\omega) - t_3 \sigma_\omega \right|} > 1, \quad (4)$$

где  $\Delta U_{nД}$  – увеличение амплитуды регистрируемой гармонике при замыкании одного витка;  $U_{nИ}$  – амплитуда гармонике, регистрируемая для исправных обмоток,  $\Delta t_{3Д}$  и  $\Delta t_{3И}$  – изменение времени задержки от замыкания витка и от изменения параметров исправной обмотки, вызванного технологическими факторами,  $\sigma_E$ ,  $\sigma_\tau$  и  $\sigma_\omega$  – относительная нестабильность амплитуды, длительности и частоты следования импульсов унифицированной импульсной последовательности.

Преимущество унифицированного представления выходного сигнала, как показывает выражение (4), очевидно. Так, если номер выделяемой гармонике  $n=T/2t_3$ , то

$$\frac{\frac{\Delta U_{nД}}{U_{nИ}}}{\frac{\Delta U_{nE\omega\tau}}{U_{nИ}}} = \frac{|\Delta t_{3Д} - \Delta t_{3И}|}{t_3 \sigma_\omega} > 1$$

т.е. на результаты контроля может повлиять только нестабильность частоты следования испытательных импульсов, а обеспечение ее необходимого малого значения не представляет трудности. Относительная нестабильность частоты следования  $\sigma_\omega=10^{-2}$  обеспечивает надежное обнаружение дефекта. Особый интерес представляет способ, где реализуется унифицированный сигнал, у которого  $t_3=\tau$ , что позволяет снизить дополнительные погрешности, возникающие при работе прибора в процессе контроля.

Таким образом при наличии дефекта в суммарном сигнале будет присутствовать пик, который будет регистрироваться копаратором. А при регистрации гармонике с частотой  $n=T/2t_3$  ее амплитуда будет отличной от нуля, т.к. ноль спектра суперпозиции последовательностей импульсов сместится.

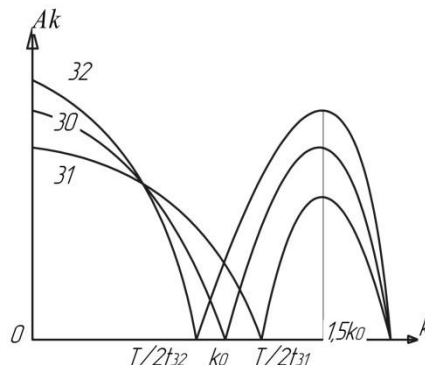


Рисунок 2 – Огибающая амплитудного спектра унифицированного сигнала



**Литература**

1. Смирнов Н. В. Контроль и испытание обмоток электрических машин и аппаратов. Госэнергоиздат, 1959
2. Харкевич А. А. Спектры и анализ. Радиотехника, 2009.

УДК 62-771

## АНАЛИЗ КОРРЕКЦИИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЛЬТРА В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Кравцов И.П.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Суходолов Ю. В.

Система электроснабжения (СЭС) является неотъемлемой частью автономных источников питания (АИП), без которой их функционирование невозможно. Задача СЭС состоит в бесперебойном обеспечении потребителей электрической энергией требуемыми номиналами и качеством во всех режимах работы.

Энергетическое оборудование в нефти и газодобывающей отрасли имеет в своем составе выпрямители, инверторы, преобразователи частоты и другие потребители, вольтамперные характеристики которых нелинейны. Наличие таких потребителей приводит к искажению формы потребляемого тока и питающего напряжения. Данные искажения отрицательно влияют на питающую сеть переменного тока, которое выражается:

- 1) в ухудшении электромагнитной совместимости оборудования;
- 2) в увеличении потерь энергии в системе,
- 3) в повышении вероятности возникновения резонансных явлений в СЭС,
- 4) в нарушении работы специальной вычислительной техники, устройств релейной защиты и автоматики,
- 5) в ускоренном старении изоляции основного электрооборудования,

Кроме того, искажения приводят к снижению параметров трансформаторов, питающих электронные нагрузки и увеличению действующего значения тока ( $I$ ) и тепловых потерь ( $P$ ) при увеличении коэффициента гармонического искажения.

Также это приводит к сокращению срока службы оборудования, на пример, при коэффициенте искажения напряжения питания, близком к 10 % сокращение срока службы составляет для однофазных электрических машин 32,5 %, для трёхфазных электрических машин 18 %, для трансформаторов 5 %.

В настоящее время в ведущих государствах мира (США, Япония, Швеция, Россия) большое внимание уделяется вопросам разработки способов и средств, позволяющих устранить негативное влияние высших гармоник для обеспечения требуемого качества электроэнергии и устранения взаимного влияния параллельно работающего оборудования со стороны питающей сети, т.е. созданию систем управления процессами генерирования, передачи и распределения электрической энергии.

На сегодняшний день существуют технические возможности разработки систем компенсации мощности высших гармоник на основе активных фильтров (АФ).

Система компенсации мощности высших гармоник подключается параллельно системе СЭС.

Известно несколько основных способов управления АФ, разработанных в разное время. Все они могут быть представлены как ряд простых действий, выполняемых теми или иными узлами системы управления, и могут быть в конечном итоге сведены к следующему:

- 1) вычисление гармонических составляющих мгновенного тока напряжения сети;
- 2) преобразование полученного тока задания АФ в закон переключения силовых вентилей АФ.

Вычисление гармонических составляющих мгновенного тока предлагается проводить по выражениям для амплитуд и начальных фаз, гармонических составляющих тока, полученных на основе анализа временных параметров кривой тока. Преимуществом данного метода является высокое быстродействие, основанное на одновременном вычислении амплитуд  $I_n$  и начальных фаз  $\Psi_n$  гармонических составляющих за 1/2 периода повторения тока и отказ от использования полосовых фильтров.

УДК 621.315

## ГАЗОИЗОЛИРОВАННЫЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ЛИНИИ

Иванова О.А., Болбас И.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Применение традиционных кабелей связано с рядом проблем. Они плохо приспособлены для передачи энергии на расстояния свыше нескольких десятков километров из-за ограничений по термической стойкости и возможных резонансных явлений, также традиционные кабели не являются экологически чистыми. Кроме того, существуют значительные технологические проблемы при вертикальной прокладке кабелей. Переход от воздушных линий электропередачи к кабелям требует изменения систем автоматики и релейной защиты, а при применении длинных кабелей необходимы устройства компенсации реактивной мощности.

Решением данных проблем является применение газоизолированных линий (ГИЛ). Они предназначены для транспортировки электрической энергии там, где необходимо экономить занимаемую линией электропередачи площадь и обеспечить экологию окружающей среды, в особенности при передаче больших мощностей. Газоизолированные линии имеют преимущества перед традиционными кабелями по пропускной способности, возможной предельной длине, уровню потерь электроэнергии, безопасности (в том числе и пожаробезопасности), совместимости с ЛЭП по системам автоматики и релейной защиты, возможностям вертикальной прокладки, уровню внешних электромагнитных полей, необходимости применения устройств компенсации реактивной мощности.

Условно ГИЛ делятся на два поколения. В первом поколении ГИЛ использовался чистый элегаз. В силу того, что стоимость чистого элегаза достаточно высока во втором поколении ГИЛ применяется газовая смесь, состоящая из 20-40% элегаза  $SF_6$  и соответственно 60-80% азота  $N_2$ .

Токоведущая жила представляет собой твердую металлическую трубу, как правило, из алюминиевого сплава. Опорные изоляторы, установленные на одинаковом расстоянии, удерживают жилу в центре оболочки, при этом электрическая изоляция осуществляется с помощью высокопрочного в электрическом отношении газа (элегаза, сухого воздуха или их смеси, другого газа) под давлением. Для повышения электрической прочности газовой изоляции вблизи поддерживающих изоляторов устанавливаются ловушки частиц.

Конструкция ГИЛ в однофазном исполнении представлена на рис. 1

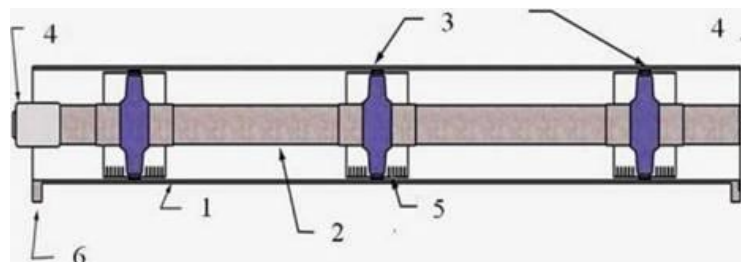


Рисунок 1 – Конструкция ГИЛ (1 — оболочка, 2 — токоведущая жила, 3 — изоляторы, 4 — контакты, 5 — ловушки частиц, 6 — фланцы)

ГИЛ могут быть трех различных типов:

Надземные ГИЛ, как правило, не подвержены влиянию экстремальных условий. Наиболее высокие мощности передачи энергии могут быть достигнуты для ГИЛ, проходящих над землей.

Туннельные системы ГИЛ монтируются в туннелях, оставаясь доступными для инспекций. Они не подвержены риску возгорания, и позволяют использовать туннель, в котором они проложены, также и для целей вентиляции.

Вертикальные ГИЛ могут проходить под любым наклоном, даже вертикально, что делает их очень привлекательными.

Что касается потерь активной мощности в ГИЛ, то они существенно ниже, чем в кабельных и воздушных линиях. При этом диэлектрические потери ничтожно малы, поэтому газоизолированные линии можно применять для передачи энергии на достаточно далекие расстояния.

Кроме того, благодаря внешней оболочке, диаметр которой существенно больше, чем у кабеля, теплоотвод осуществляется более эффективно, следовательно, практически во всех случаях применения ГИЛ можно обойтись без системы охлаждения.

Длина прокладки ГИЛ не ограничена. Они также подходят для маршрута любой конфигурации, например, для прокладки по застроенным территориям, в местах пересечения дорог, в болотистой местности и т.д.

ГИЛ весьма перспективны для магистральных линий в черте крупных городов. Не исключена возможность их прокладки в туннелях метро. С другой стороны, ГИЛ экономически невыгодны для применения в городских распределительных сетях. Статистика свидетельствует, что эти системы работают фактически без дозаправки элегазом и без серьёзных отказов при эксплуатации.

#### Литература

1. Ляпин А.Г., Попков В.И., Щербина О.В. Газоизолированные линии электропередачи // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт, 1973, № 1.
2. Тиходеев Н.Н. Передача электрической энергии. Л.: Энергоатомиздат, 1984.
3. <http://www.siemens.com/energy/>Линии электропередачи с газовой изоляцией (GIL). Технология передачи электроэнергии высокой мощности
4. [http://www.ruscable.ru/article/Gazoizolirovannye\\_vysokovoltnye\\_linii/](http://www.ruscable.ru/article/Gazoizolirovannye_vysokovoltnye_linii/) Статьи журнала «Электроэнергия. Передача и распределение»

УДК 621.311.16

## НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Самосюк В. А., Стративный В. В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Мороз Р.Р.

Накопителями (аккумуляторами) энергии называются устройства для накопления (консервации) энергии с целью её дальнейшего использования. Так как нагрузка на энергосистему неравномерная, то в часы провала графика нагрузки происходит накопление энергии (заряд накопителя), а в часы максимальной нагрузки энергия отдаётся в сеть из накопителя.

Различают следующие типы накопителей: механические, химические, тепловые, электромагнитные и др. Накопители энергии характеризуются следующими показателями: количеством запасённой энергии; удельной теплоёмкостью; удельными капитальными затратами (затратами на единицу запасённой энергии или единицу мощности); коэффициентом полезного действия (отношением энергии, отданной накопителем, к энергии, затраченной на её накопление); удельными текущими затратами на эксплуатацию.

К характеристикам накопителей следует также отнести время консервации энергии, т.е. срок, в течение которого энергия сохраняется в накопителе. Эта же характеристика может быть выражена потерями энергии при её хранении.

Кратко рассмотрим описание некоторых типов накопителей.

1. Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС). Они относятся к механическим (потенциальным) накопителям энергии. В часы провала графика нагрузки ГАЭС работает в насосном режиме, перекачивая воду из нижнего водохранилища в верхнее. При необходимости выдачи энергии, обычно в часы максимума нагрузки, станция переводится в режим генерирования. Вода, сливаясь из верхнего водохранилища, вращает турбину и сопряжённый с ней генератор, отдавая электроэнергию в сеть. Время хранения энергии в ГАЭС практически неограниченно.

2. Накопители сжатого воздуха. Во время пониженной нагрузки электрическая машина вращает компрессор, который закачивает воздух в специальный подземный резервуар. В период повышенной нагрузки сжатый воздух из резервуара подаётся из резервуара в камеру сгорания, где он подогревается и подаётся в газовую турбину.

3. Инерционный (динамический) накопитель. Этот накопитель, накапливающий энергию во вращающейся массе, состоит из тела вращения со значительным моментом инерции (маховика) и системы для подвода и отвода энергии (трансмиссии).

4. Тепловые накопители. Для выравнивания суточных колебаний тепловой нагрузки, обеспечения кратковременного повышения электрической нагрузки и принятия больших нерегулярных потоков теплоты (теплота отработавших газов пиковой газовой турбины; теплота, утилизируемая в металлургических, химических и других технологических процессах), используются тепловые накопители.

Тепловые накопители позволяют на время суточных пиков электрической нагрузки отключать отопительные отборы пара и брать на себя обеспечение тепловой нагрузки. В ряде случаев эти накопители позволяют покрыть кратковременные увеличения тепловой нагрузки и обойтись без пуска пиковой котельной.

Кроме воды для аккумуляирования теплоты можно использовать и другие вещества, исключающие применение дорогих резервуаров под давлением.

Требования, предъявляемые к аккумуляирующим материалам: высокая теплоёмкость, широкий диапазон рабочих температур, высокая теплопроводность, равномерность теплового поля в теплоаккумуляирующем веществе, взрывобезопасность, малая токсичность, низкая стоимость.

5. Химические аккумуляторы электроэнергии. Применению химических аккумуляторов для энергетических систем препятствует в основном их малая ёмкость,



высокая стоимость и низкий КПД. Непрерывно предполагается использовать новые типы аккумуляторов с большой удельной ёмкостью и более длительным сроком службы. Аккумуляторы подключаются к сети переменного тока через преобразовательную подстанцию и создают следующие преимущества для энергосистем: меньшие затраты на передачу электроэнергии, практически мгновенный ввод в работу, высокую надёжность и готовность.

6. Аккумуляторы фазового перехода и термохимические накопители. При заряде теплота затрачивается на плавление определённых видов солей. При разряде теплота забирается через теплообменную поверхность, аккумулирующее вещество при этом твердеет.

7. Сверхпроводящие индукционные накопители электроэнергии. При подключении индуктивности  $L$  к источнику электроэнергии протекающий ток  $I$  создаёт магнитное поле. Образование магнитного поля сопровождается накоплением энергии, которая сначала накапливается в индуктивности, а потом вновь возвращается в сеть.

8. Ёмкостный накопитель электроэнергии. Накопление электроэнергии можно осуществить в устройствах с емкостными характеристиками.

Ёмкостная аккумулирующая установка представляет собой батарею конденсаторов, присоединённую к сети переменного тока через преобразовательную подстанцию и трансформатор. В режиме накопления энергии установка потребляет энергию из сети и заряжает емкостной накопитель. При разряде установка работает как инвертор и выдаёт энергию в сеть.

УДК 621.311.16

## ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА

Богданович И.М.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Мороз Р.Р.

Большинство источников электрической энергии, используемых в современной технике и входящих, в частности, в силовой канал электропривода, обладают свойствами источников ЭДС, т.е. имеют близкую к горизонтальной внешнюю характеристику (Рис. 1).

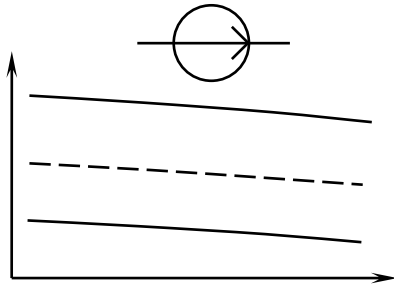


Рисунок 1 Внешняя характеристика источника напряжения

элементы со свойствами источников тока.

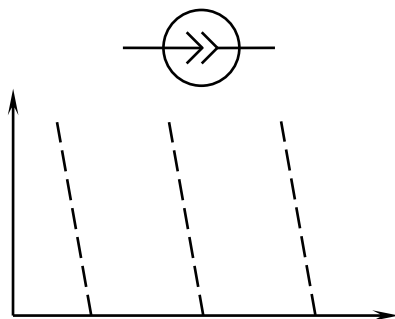


Рисунок 2 Внешняя характеристика источника тока

включённым резистором, обладающим большим сопротивлением. Существенно лучшими энергетическими показателями обладают параметрические источники тока, основанные на резонансе напряжений в цепи  $LC$  или, как их иногда называют, – индуктивно – емкостные преобразователи.

Простейший пример такого источника тока, иллюстрирующий принцип действия, показан на рис. 3. Ток в цепи определяется напряжением источника  $U$  и значением сопротивлений  $X_L$  и  $R$ . При величине сопротивления  $R = 0$  ток в резисторе определяется напряжением источника  $U$  и сопротивлением  $X_L$ . При увеличении сопротивления этот ток меняется

К таким источникам относятся промышленная или бытовая электрическая сеть, электрические машины в естественном режиме, аккумуляторные батареи, большинство преобразователей напряжения, частоты в естественном режиме и т.п. Они могут давать переменное или постоянное напряжение, быть управляемыми или неуправляемыми, близкими к идеальным или совсем неидеальными, однако общее их свойство – малое отклонение напряжения от установленного при широком изменении тока нагрузки.

Вместе с тем в силовом канале электропривода могут использоваться и

Иногда это свойство формируется искусственно за счёт соответствующего управления напряжением источников ЭДС – именно так построены контуры тока в управляемых электроприводах по системе преобразователь-двигатель, а иногда – обеспечивается параметрически. Во втором случае преобразователи принято называть параметрическими источниками тока (Рис. 2).

Простейшим, но далеко не лучшим и часто практически непригодным по энергетическим показателям параметрическим источником тока может быть любой источник ЭДС с последовательно

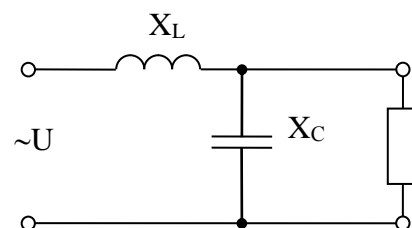


Рисунок 3 Схема параметрического источника тока

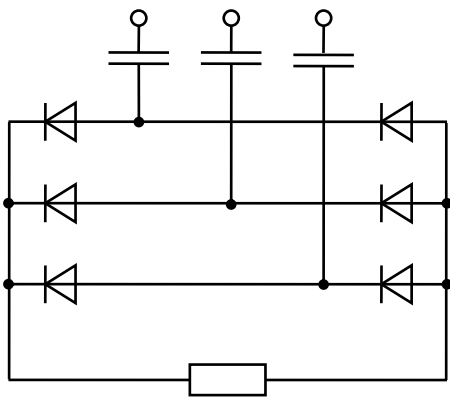


Рисунок 5 Схема вентильно-емкостного преобразователя

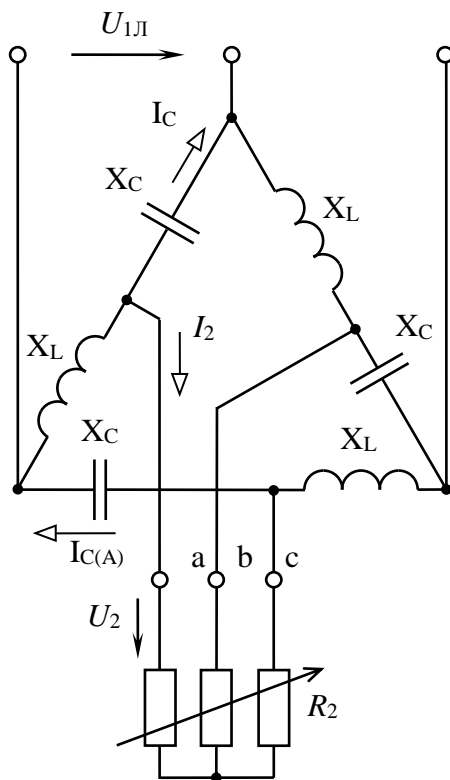


Рисунок 4 Схема трехфазного параметрического источника тока

незначительно за счёт роста напряжения на конденсаторе.

Схема параметрического источника тока, приведенная на рис. 3, не самая совершенная. В литературе имеются и другие схемные реализации индуктивно-емкостных преобразователей, приведено их сравнение по различным критериям.

В случае, когда используется обычная трёхфазная промышленная сеть, применяется индуктивно – емкостной преобразователь, состоящий из трёх одинаковых реакторов с индуктивным сопротивлением  $X_L$  и трёх одинаковых батарей конденсаторов с емкостным сопротивлением  $X_C$  и включаемый между сетью и нагрузкой, как показано на рис. 4. При такой схеме подключения нагрузки ток в цепи не зависит от сопротивления нагрузки, т.е. схема по отношению к нагрузке обладает свойствами источника тока.

Индуктивно – емкостной преобразователь обладает свойствами идеального источника тока в широком диапазоне напряжений (при правильно выбранных реакторах и конденсаторах), отличается простотой, высокой надёжностью, не нуждается в трансформаторе.

Параметрический источник тока наряду с перечисленными достоинствами имеет и ряд недостатков. Главный из них – наличие в схеме трёх реакторов – тяжёлых трудоёмких устройств, которые к тому же должны иметь одинаковые и стабильные реактивные сопротивления ( $X_L = X_C$ ). Стремление избавиться от этого недостатка привело к разработке другого параметрического источника тока – вентильно – емкостного преобразователя, схема которого показана на рис. 5

Это устройство является предельно простым по составу входящих в него элементов, но не столь элементарным по физическим процессам. Конденсаторы существенно влияют на процессы коммутации в вентильных выпрямительного моста, вследствие чего схема обладает ярко выраженным свойством неидеального источника тока.

Отметим высокие энергетические свойства вентильно – емкостных преобразователей: КПД близок

к единице, по отношению к питающей сети преобразователь является компенсатором реактивной мощности, его влияние на питающую сеть невелико.

Итак, параметрические источники тока предельно просты, надёжны, очень экономичны в энергетическом отношении, а поэтому представляют большой интерес как источники питания электроустановок.

УДК 621.311.16

## НОРМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Пашкевич Н.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Мороз Р.Р.

Под нормальным режимом работы энергосистемы подразумевается режим, при котором обеспечивается снабжение электроэнергией всех потребителей при поддержании её качества в установленных пределах.

Так как энергосистема состоит из ряда подсистем, то следует различать параметры оптимизации системы в целом и её отдельных подсистем. В соответствии с этим целесообразно установить определённые уровни надёжности работы энергосистем и гарантированные уровни надёжности её узлов нагрузки.

Применительно к системам электроснабжения нормальным следует считать режим, при котором потребители обеспечиваются электроэнергией заданного качества в точном соответствии с графиком её спроса и схемой электроснабжения, предусмотренной проектом для условий длительной работы.

С увеличением сложности объекта возрастают трудность и ответственность выбора параметра оптимизации и уровня надёжности его функционирования. Неправильный выбор оптимизации может привести к неоптимальному распределению крупных средств между подсистемами и элементами систем и в то же время не обеспечит электроснабжение народного хозяйства на должном уровне.

При рассмотрении параметров надёжности потребителей электроэнергии необходим дифференцированный подход. Например, надёжность электроснабжения крупных городов довольно высокая. Жители городов имеют практически абсолютно бесперебойное электроснабжение. Применительно к потребителям рассматриваемой категории надёжность электроснабжения следует устанавливать по уровню, обеспечивающему установившиеся, приемлемые уровни комфорта. Соответственно, необходимо сформулировать и следующую оптимизационную задачу – достижение заданного необходимого уровня надёжности электроснабжения при минимуме капиталовложений и эксплуатационных издержек.

Очевидно, что гарантированный уровень надёжности отдельных узлов системы электроснабжения будет различным. При оценке надёжности схемы электроснабжения конкретного потребителя, присоединённого к узлу нагрузки, этот узел необходимо рассматривать как источник питания, имеющий определённый заданный уровень надёжности. Поэтому при проектировании системы электроснабжения предприятия необходимо тщательно проанализировать его технологический режим, выявить электроприёмники, нормальная работа которых исключает возникновение катастрофических последствий. Учитывая, что для достижения высокого уровня надёжности, как правило, нужны большие затраты, необходимо избегать излишнего завышения числа и мощности приёмников электроэнергии, относимых к каждой категории. Если по условиям надёжности должен быть предусмотрен независимый источник питания, то следует обеспечить соответствующую надёжность его и готовность в любой момент обеспечить питание ответственных потребителей.

Требования, предъявляемые к уровню надёжности систем электроснабжения промышленных предприятий, обусловлены технологией производства. В ряде случаев они могут привести к дорогим решениям и соответствующему увеличению стоимости всего объекта. Эти требования, как правило, определяются исходя из локальной оптимизации технологической части рассматриваемого объекта. Однако, как известно, локальная оптимизация отдельных элементов системы не гарантирует общий оптимум системы. Поскольку конечной целью является обеспечение нормального режима работы предприятия при минимуме народнохозяйственных затрат, рациональные решения можно найти только при совместном рассмотрении вопросов технологической схемы производства и системы

электроснабжения. Это позволит значительно снизить требования к высокому уровню надёжности системы электроснабжения при относительно небольшом увеличении затрат на технологическую часть.

Сооружение промежуточных технологических складов, ёмкостей и т.д. может значительно уменьшить ущерб, вызванный перерывами электроснабжения, и, следовательно, снизить требования к уровню его надёжности.

Из изложенного следует, что при оптимизации надёжности систем электроснабжения необходимо рассмотреть все мероприятия, позволяющие изменять требования к надёжности. При этом должны быть учтены реальные условия работы оборудования (среда, режим работы) и его качество.

При оптимизации уровня надёжности электроснабжения потребителей необходимо также учитывать нарушения нормального режима электроснабжения: переходные процессы в энергетических системах и действия противоаварийной автоматики; внезапные перерывы электроснабжения; перерывы электроснабжения с предупреждением (плановые и внеплановые); ограничения по мощности и энергии и др. Необходимо предусмотреть также питание потребителей по резервным элементам системы электроснабжения, если при этом возникают ограничения по мощности или возрастают потери электроэнергии с сети.

Исходя из сказанного, можно сформулировать следующие требования к выбору оптимального уровня надёжности систем электроснабжения: надёжность системы электроснабжения рассматриваемого объекта в целом необходимо выбирать из условий минимума народнохозяйственных затрат с учётом ущерба, вызванного нарушением нормального электроснабжения объекта; надёжность электроснабжения отдельных электроприёмников рассматриваемого объекта, нормальная работа которых исключает возникновение пожаров, паники, катастроф, должна быть обеспечена в соответствии с установленными нормами и правилами.



УКД 577.3

## УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТРАНСФОРМАТОРА ТЕСЛА

Хвилько К.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Германович Е.И.

Трансформатор Тесла был запатентован 22 сентября 1896 года. Аппарат представили, как прибор, производящий электрические токи высокого потенциала и частоты. Устройство было изобретено Николой Тесла и названо его именем.

Суть действия прибора можно объяснить на примере всем известных качелей. При их раскачивании в условиях принудительных колебаний амплитуда станет пропорциональной прилагаемому усилию. При раскачивании в свободном режиме максимальная амплитуда при тех же усилиях многократно возрастет. Такова суть и трансформатора Тесла. В качестве качелей в аппарате используется колебательный вторичный контур. Генератор играет роль прилагаемого усилия. При их согласованности (подталкивании в строго необходимые периоды времени) обеспечивается задающий генератор либо первичный контур (в соответствии с устройством).

Простой трансформатор Тесла включает в себя две катушки. Одна – первичная, другая – вторичная. Также резонансный трансформатор Тесла состоит из тороида (применяется не всегда), конденсатора, разрядника. Трансформатор Тесла также содержит "выход" – терминал.

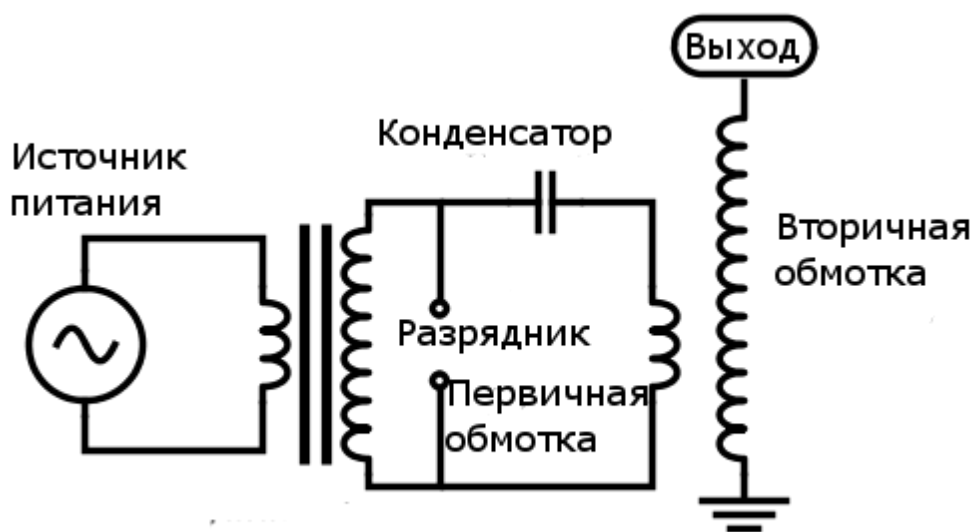


Рисунок 1. Схема установки

Первичная катушка содержит, как правило, провод большого диаметра либо медную трубку с несколькими витками. Во вторичной катушке имеется кабель меньшего сечения. Количество его витков – около 1000. Первичная катушка может иметь плоскую (горизонтальную), коническую или цилиндрическую (вертикальную) форму. Здесь, в отличие от обычного трансформатора, нет ферромагнитного сердечника. За счет этого существенно снижается взаимоиנדукция между катушками. Вместе с конденсатором первичный элемент формирует колебательный контур. В него включен разрядник – нелинейный элемент.

Вторичная катушка тоже формирует колебательный контур. В качестве конденсатора выступают тороидная и собственная катушечная (межвитковая) емкости. Вторичная обмотка

часто покрыта слоем лака либо эпоксидной смолы. Это делается во избежание электрического пробоя.

Схема трансформатора Тесла включает в себя два массивных электрода. Эти элементы должны обладать устойчивостью к протеканию сквозь электрическую дугу больших токов. Обязательно наличие регулируемого зазора и хорошего охлаждения. Терминал может представлять собой сферу, заточенный штырь или диск. Он предназначается для получения искровых предсказуемых разрядов с большой длиной. Таким образом, два связанных колебательных контура образуют трансформатор Тесла. Энергия из эфира – одна из целей функционирования аппарата.

Изобретатель прибора стремился достичь волнового числа  $Z$  в 377 Ом. Он изготавливал катушки все большего размера. Нормальная (полноценная) работа трансформатора Тесла обеспечивается в случае, когда оба контура настроены на одну частоту. Как правило, в процессе корректировки осуществляется подстройка первичного контура под вторичный. Это достигается за счет изменения емкости конденсатора. Также меняется количество витков у первичной обмотки до появления на выходе максимального напряжения.

В будущем предполагается создать несложный трансформатор Тесла. Энергия из эфира будет работать на человечество в полной мере.

Трансформатор Тесла функционирует в импульсном режиме. Первая фаза – конденсаторный заряд до напряжения пробоя разрядного элемента. Вторая – генерация высокочастотных колебаний в первичном контуре. Включенный параллельно разрядник замыкает трансформатор (источник питания), исключая его из контура. В противном случае он будет вносить определенные потери. Это, в свою очередь, снизит добротность первичного контура. Как показывает практика, такое влияние существенно уменьшает длину разряда. В связи с этим в построенной грамотно схеме разрядник всегда ставится параллельно источнику.

Заряд производит внешний источник высокого напряжения на основе низкочастотного повышающего трансформатора. Конденсаторная емкость выбирается так, чтобы она составляла вместе с индуктором определенный контур. Частота его резонанса должна быть равна высоковольтному контуру. На практике все несколько иначе. Когда осуществляется расчет трансформатора Теслы, не учитывается энергия, которая пойдет на накачку второго контура. Напряжение заряда ограничивается напряжением у пробоя разрядника. Его можно регулировать. Напряжение пробоя корректируется при изменении формы либо расстояния между электродами. Как правило, показатель находится в пределах 2-20 кВ. Знак напряжения не должен слишком "закорачивать" конденсатор, на котором происходит постоянная смена знака.

После того как будет достигнуто напряжение пробоя между электродами, в разряднике формируется электрический лавинообразный пробой газа. Происходит разряжение конденсатора на катушку. После этого резко снижается напряжение пробоя в связи с оставшимися ионами в газе (носителями заряда). Вследствие этого, состоящая из конденсатора и первичной катушки, цепь контура колебания через разрядник остается замкнутой. В ней образуются высокочастотные колебания. Они постепенно затухают, преимущественно вследствие потерь в разряднике, а также ухода на вторичную катушку электромагнитной энергии. Тем не менее, колебания продолжают, пока током создается достаточное количество зарядных носителей для поддержания в разряднике существенно меньшего напряжения пробоя, чем амплитуда колебаний LC-контура. Во вторичной цепи появляется резонанс. Это приводит к возникновению высокого напряжения на терминале.

Какого бы типа ни была схема трансформатора Тесла, вторичный и первичный контуры остаются неизменными. Тем не менее, один из компонентов основного элемента может быть разной конструкции. В частности, речь идет о генераторе высокочастотных колебаний.

RSG Трансформатор Тесла высокой мощности включает в себя более сложную конструкцию разрядника. Аббревиатура расшифровывается как Rotary Spark Gap. Ее можно

перевести следующим образом: вращающийся/роторный искровой либо статический промежуток с дугогасительными (дополнительными) устройствами.

В таком случае частота работы промежутка подбирается синхронно частоте конденсаторной подзарядки. Конструкция искрового роторного промежутка включает в себя двигатель (как правило, он электрический), диск (вращающийся) с электродами, которые или замыкают, или приближаются к ответным компонентам для замыкания. Выбор расположения контактов и скорости вращения вала основывается на необходимой частоте следования колебательных пачек. В соответствии с типом управления двигателем различают искровые роторные промежутки асинхронные и синхронные. Также применение искрового вращающегося промежутка значительно понижает вероятность образования паразитной дуги между электродами. В некоторых случаях обычный разрядник заменяют многоступенчатым. Для охлаждения этот компонент иногда помещают в газообразные или жидкие диэлектрики (в масло, к примеру). В качестве типового приема гашения дуги статистического разрядника используется продувка электродов с помощью мощной воздушной струи. В ряде случаев трансформатор Тесла классической конструкции дополняется вторым разрядником. Задача этого элемента состоит в обеспечении защиты низковольтной (питающей) зоны от высоковольтных выбросов.

Иногда используют электронные лампы в роли генератора колебаний ВЧ. Как правило, это достаточно мощные лампы типа ГУ-81. Но иногда можно встретить и маломощные конструкции. Одной из особенностей в данном случае является отсутствие необходимости обеспечения высокого напряжения. Чтобы получить относительно небольшие разряды, нужно порядка 300-600 В.

С развитием электроники появилась возможность значительно упростить и уменьшить размер прибора. Вместо конструкции на лампах стали применять трансформатор Тесла на транзисторах. Обычно используется биполярный элемент соответствующей мощности и тока

При применении прибора на выходе можно получить напряжение в несколько миллионов вольт. Оно способно создавать в воздухе внушительные разряды, которые могут обладать многометровой длиной. Эти явления очень привлекательны внешне для многих людей. Любителями трансформатор Тесла используется в декоративных целях. Сам изобретатель применял аппарат для распространения и генерации колебаний, которые направлены на беспроводное управление приборами на расстоянии (радиоуправление), передачи данных и энергии.

В начале XX столетия катушка Тесла стала использоваться в медицине. Больных обрабатывали высокочастотными слабыми токами. Они, протекая по тонкому поверхностному слою кожи, не вредили внутренним органам. При этом токи оказывали оздоравливающее и тонизирующее воздействие на организм. Кроме того, трансформатор используется при поджиге газоразрядных ламп и при поиске течей в вакуумных системах. Однако в наше время основным применением аппарата следует считать познавательно-эстетическое.

Эффекты связаны с формированием разного рода газовых разрядов в процессе функционирования устройства. Многие люди коллекционируют трансформаторы Тесла, чтобы иметь возможность наблюдать за захватывающими эффектами. Всего аппарат производит разряды четырех видов. Зачастую можно наблюдать, как разряды не только отходят от катушки, но и направлены от заземленных предметов в ее сторону. На них также могут возникать коронные свечения. Примечательно, что некоторые химические соединения (ионные) при нанесении на терминал могут изменить цвет разряда. К примеру, натриевые ионы делают спарк оранжевым, а борные – зеленым.

Стримеры - это тускло светящиеся разветвленные тонкие каналы. Они содержат ионизированные газовые атомы и свободные электроны, отщепленные от них. Эти разряды протекают от терминала катушки или от самых острых частей непосредственно в воздух. По своей сути стример можно считать видимой ионизацией воздуха (свечением ионов).

Дуговой разряд образуется достаточно часто. К примеру, если у трансформатора достаточная мощность, при поднесении к терминалу заземленного предмета может образоваться дуга. В некоторых случаях требуется прикосновение предмета к выходу, а затем отведение на все большее расстояние и растягивание дуги. При недостаточной надежности и мощности катушки такой разряд может повредить компоненты.



Рисунок 2. Дуговой разряд

Спарк: этот искровой заряд отходит с острых частей или с терминала напрямую в землю (заземленный предмет). Спарк представлен в виде быстро сменяющихся или исчезающих ярких нитевидных полосок, разветвленных сильно и часто. Существует также особый тип искрового разряда. Он называется скользящим.

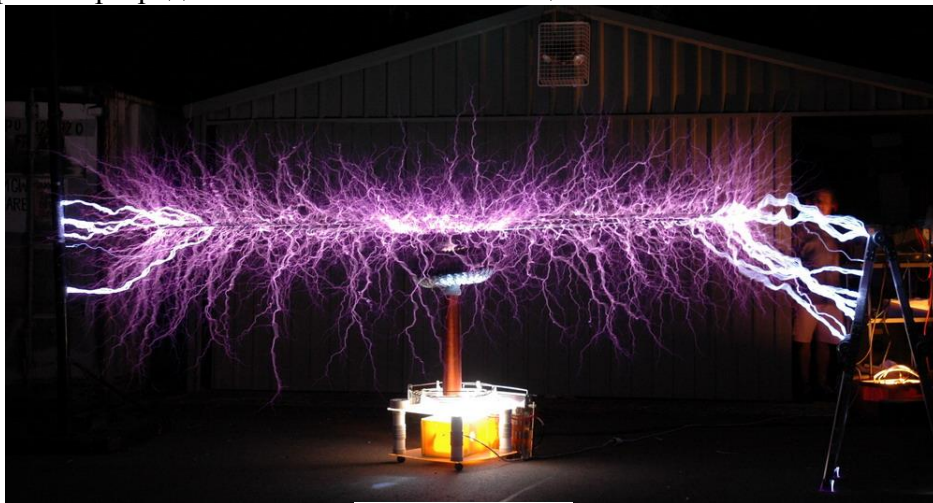


Рисунок 3. Спарк

Коронный разряд: это свечение ионов, содержащихся в воздухе. Оно происходит в высоконапряженном электрическом поле. В результате создается голубоватое, приятное для глаза свечение.

В процессе функционирования трансформатора можно услышать характерный электрический треск. Это явление обусловлено процессом, в ходе которого стримеры превращаются в искровые каналы. Он сопровождается резким увеличением количества энергии и силы тока. Происходит быстрое расширение каждого канала и скачкообразное повышение давления в них. В итоге на границах образуются ударные волны. Их совокупность от расширяющихся каналов формирует звук, который воспринимается как треск.

Как и другой источник такого высокого напряжения, катушка Tesla может быть смертельно опасной. Но существует иное мнение, касающееся некоторых типов аппарата. Поскольку у высокочастотного высокого напряжения есть скин-эффект, а ток существенно отстает от напряжения по фазе, и сила тока очень мала, несмотря на потенциал, разряд в

человеческое тело не может спровоцировать ни остановку сердца, ни прочие серьезные нарушения в организме.

#### Литература

1. Ацюковский, В.А. Трансформатор Тесла. Энергия из эфира / В.А. Ацюковский ; Пегит, - Жуковский, 2004.-24с.
2. Интернет ресурсы : <http://fb.ru/article/167817/shema-transformatora-tesla-transformator-tesla--printsip-raboty>