

## **СЕКЦИЯ 6 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ**

### **ОБЪЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ**

СМАЖЕВСКИЙ Д.Л., ДАВШКО Д.В., ШАРАФАНОВИЧ Р.Г.  
Научный руководитель БЛАДЫКО Ю.В., к.т.н., доцент

### **ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ КАК ИСТОЧНИКИ ПОМЕХ**

КРИКСИН П.В.  
Научный руководитель БЛАДЫКО Ю.В., к.т.н., доцент

### **СУПЕРКАЛЬКУЛЯТОР**

ПРЕПЛЯСКО А.С.  
Научный руководитель БЛАДЫКО Ю.В., к.т.н., доцент

### **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ**

БОХОНЮК С.М.  
Научный руководитель GERMANOVICH E.I., старший преподаватель.

### **АУДИОУСИЛИТЕЛИ КЛАССА D: ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА**

БУСЕЛ Д.А.  
Научный руководитель GERMANOVICH E.I., старший преподаватель

### **УЗКОНАПРАВЛЕННЫЕ ЗВУКОВЫЕ СИСТЕМЫ**

ГЛИНСКИЙ Д.И., ШИХАНЦОВА Н.Л.  
Научный руководитель ЖУКОВСКАЯ Т.Е. старший преподаватель

### **ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИГНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА С8-37**

ГЕРАСИМОВИЧ А.С., КАЧАНОВ А.В.  
Научные руководители: КУЦЫЛО А.В. старший преподаватель, УСТИМОВИЧ В.А.,  
старший преподаватель

### **ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫХ СХЕМ.**

СУГЛОБ Г. В., НЕКРАШЕВИЧ Е. Л., КИШКО Т. А., ЯКОВЛЕВИЧ А. А.  
Научный руководитель МАЗУРЕНКО А.А., к.т.н., доцент.

### **ЭКСПЛУАТАЦИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ**

ТЫЛКОВЕЦ В.В., КОРАПУЗОВА А.В.  
Научный руководитель МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А. старший преподаватель.

### **РЕМОНТ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ**

ТЫЛКОВЕЦ В.В., КОРАПУЗОВА А.В.  
Научный руководитель МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А. старший преподаватель.

### **ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ БЛОКА ПИТАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА**

РОЖКО О.В., ВИКТОРОВИЧ Е.А.  
Научный руководитель МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А. старший преподаватель.

### **УСТРОЙСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ**

ХОТЕЕВА Д.Г., ЧЕРНУХО О.Ю., ЧИПУРКО З.Н.  
Научный руководитель МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А. старший преподаватель.

## **РАЗНОВИДНОСТИ СИГНАЛИЗАЦИЙ ДЛЯ ОХРАНЫ АВТОМОБИЛЕЙ**

АЛЕКСЕЕВ П. В.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ**

ТРЕГУБОВА Д.С., КОСТЕВИЧ Е.С., КУКСА Т.А.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ.

## **ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

АВДЕЕВА Е.И., ДОСЬКО О.В., ЗАДЕРА С.В.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ В МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКЕ**

ЧЕРНУХИНА А.В.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ.

## **ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

БЕЛЫЙ А.Н., АПАНАСЕВИЧ А.С.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ.

## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

АПАНАСЕВИЧ А.С., БЕЛЫЙ А.Н.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

АЛЕКСАНДРОВСКИЙ Д.А., ДЕНИСОВ А.В.

Научный руководитель МОЖАР В.И., к.т.н., доцент

## **МАЛАЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

ЛИХАЦКИЙ Г.Н.

Научный руководитель МОЖАР В.И., к. т. н, доцент.

## **МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

ШЕВЯГО Е. Ю.

Научный руководитель МОРОЗ Р. Р., к. т. н., доцент

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ ТРЁХФАЗНЫХ ЦЕПЕЙ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ**

НАЗАРКИН Н.А.

Научный руководитель РОЗУМ Т.Т., к. т. н, доцент

## **ЭЛЕКТРОГИТАРА И СИСТЕМА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗВУКА НА НЕЙ**

ИЛЬМОВСКИЙ А.Н., КАРНАЦЕВИЧ Д.Ч., КОБЫЛЯК И.И.

Научный руководитель: СЧАСТНАЯ Е.С., АССИСТЕНТ

## **МОЛНИЕЗАЩИТА**

ДЕНИСОВ Е.И., КОВАЛЕВ П.С., КРАСОВСКАЯ В.А., МАЕВСКИЙ А.В.

Научный руководитель — АССИСТЕНТ, СЧАСТНАЯ Е.С.

УДК 621.38

## Объемное моделирование электронных схем

Смажевский Д.Л., Давшко Д.В., Шарафанович Р.Г.  
 Научный руководитель Бладыко Ю.В., к.т.н., доцент

Компьютерная программа Crocodile Technology 3D - трехмерный симулятор электронных цепей, с помощью которого можно разработать принципиальную электрическую схему устройства, монтажную плату под него и многое другое.

Crocodile Technology 3D объединяет в себе электронный проект, программирование PIC, механизмы 3D и моделирование 3D PCB. Рекомендуется в качестве приложения к программированию, электротехнике и электронике, механике и другим подобным курсам.

Управление цепью возможно как на трехмерной модели, так и на принципиальной схеме. Наглядность виртуального программирования, возможность замены и редактирования электронных компонентов, легкость в модернизации схем, гибкость межэлементных связей позволяет успешно использовать пакет в учебном процессе.

На рисунках 1-4 даны примеры использования симулятора в курсе электроники.

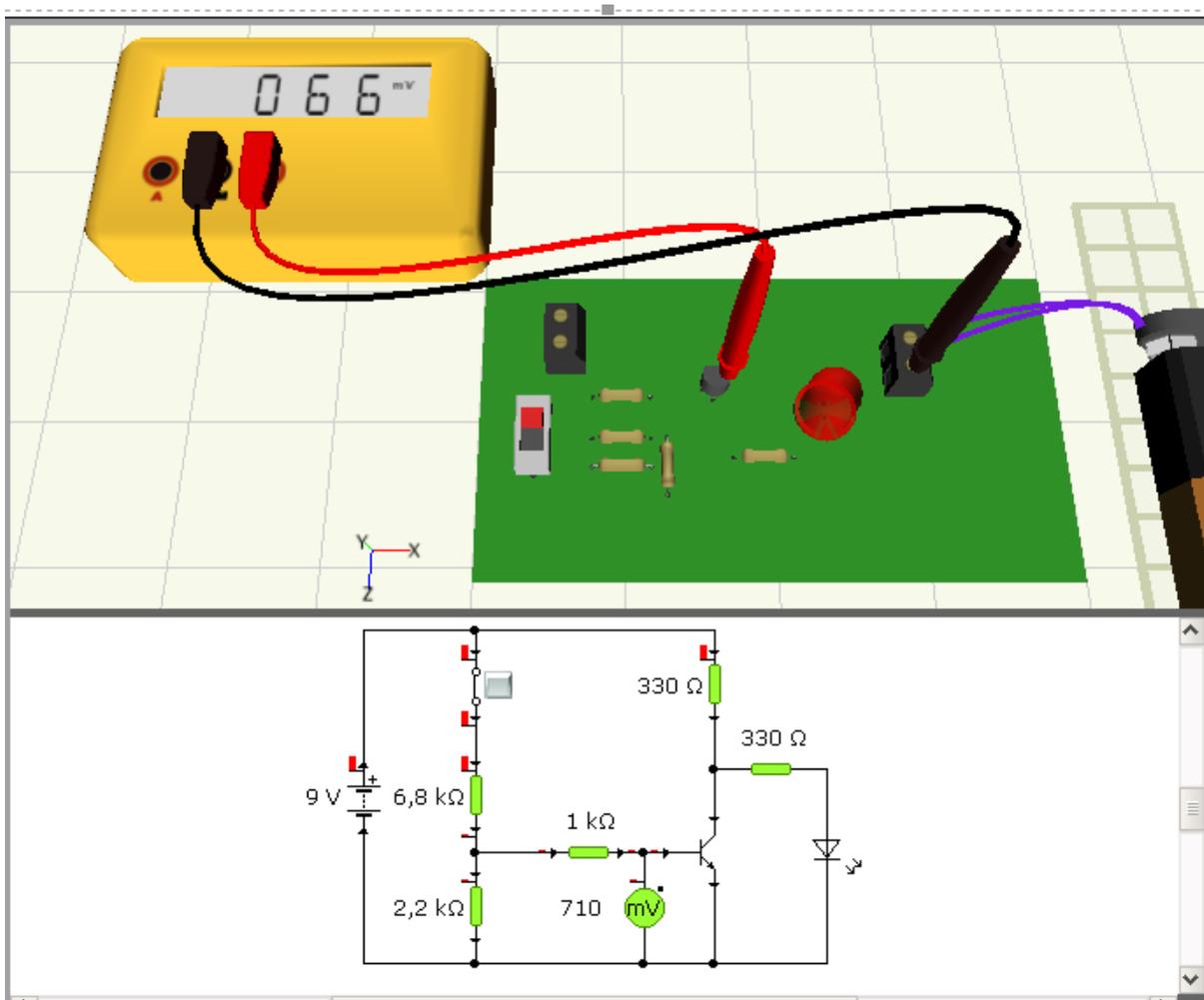


Рис. 1. Исследование биполярного транзистора в режиме ключа

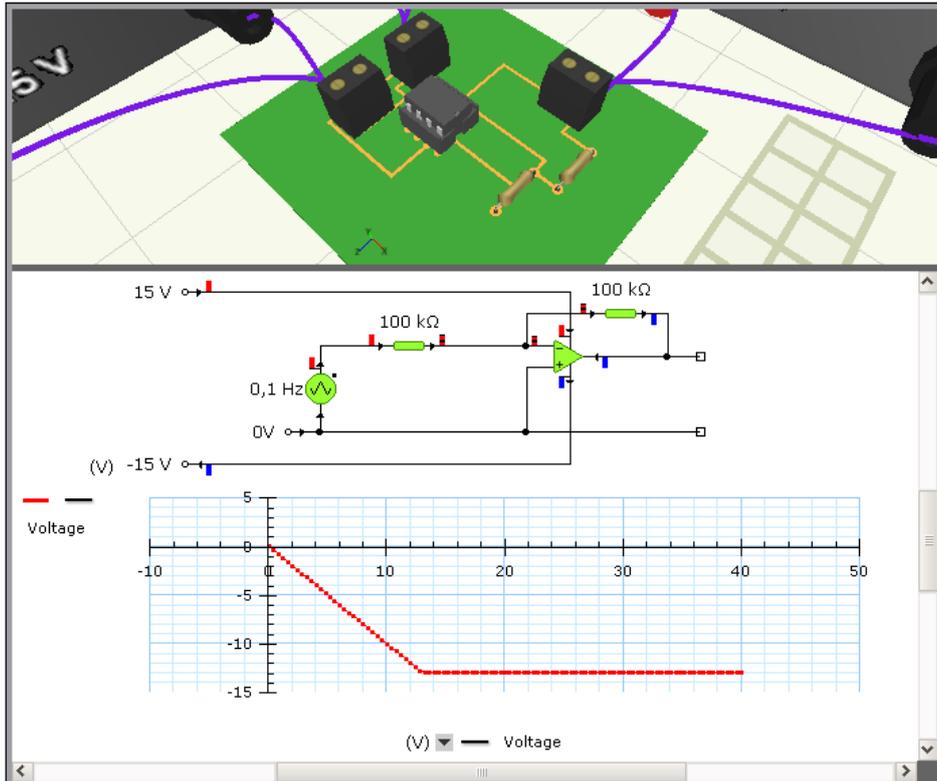


Рис. 2. Исследование операционного усилителя в режиме инвертирования и ограничения амплитуды выходного напряжения

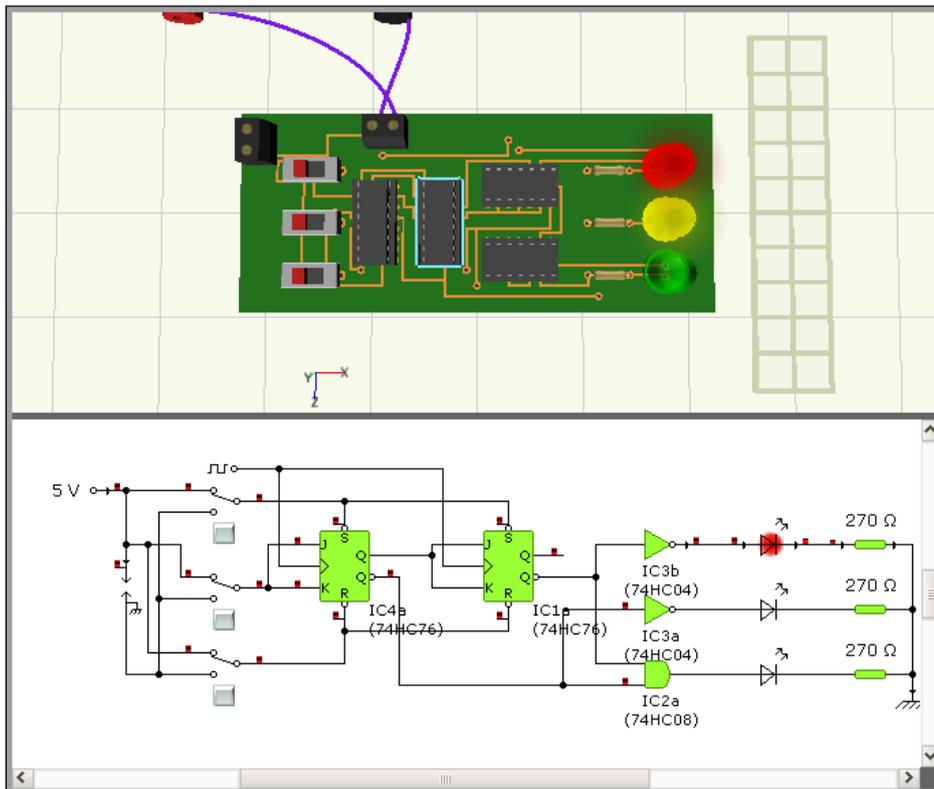


Рис. 3. Исследование логических элементов и триггеров

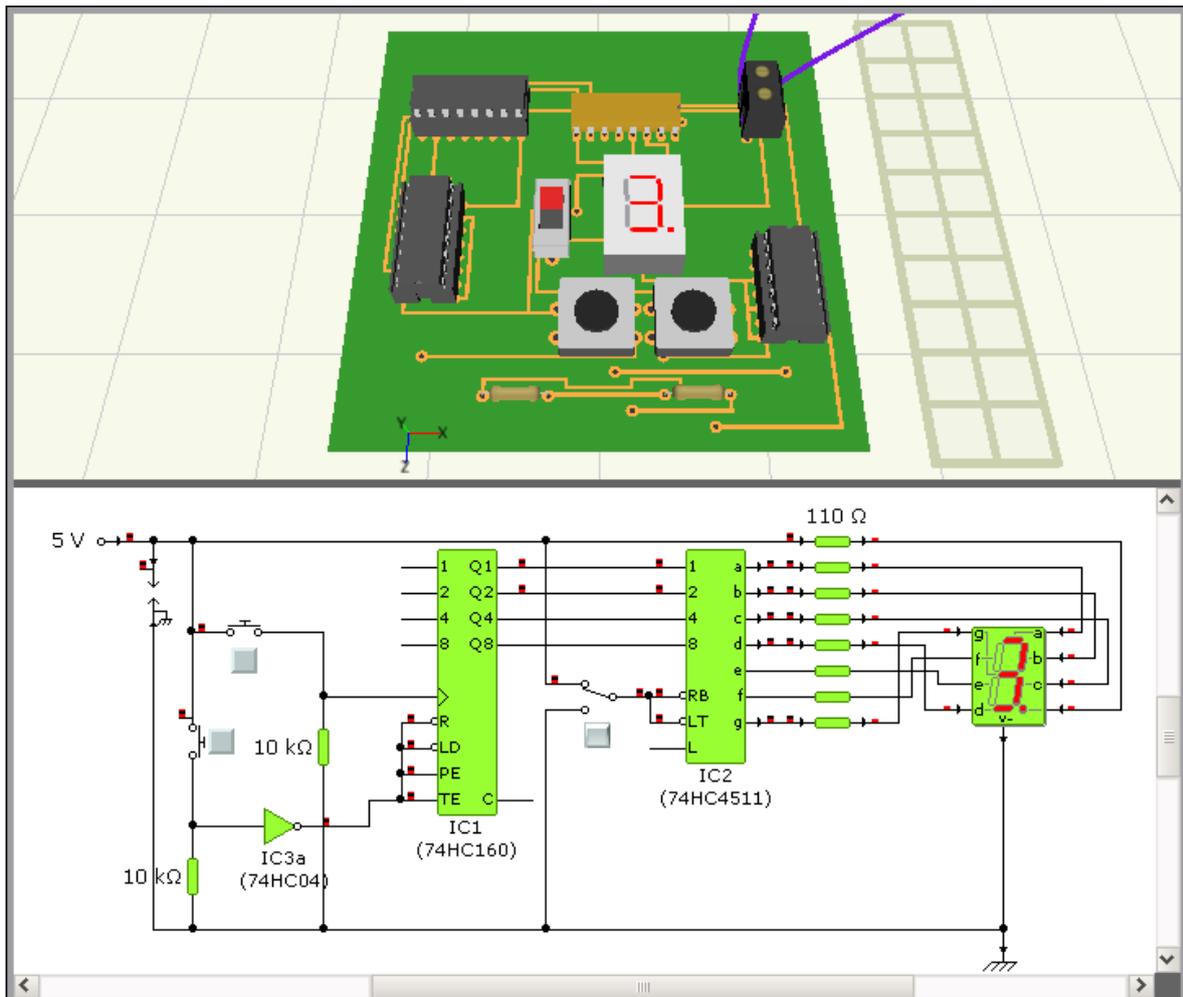


Рис. 4. Исследование интегральных микросхем и индикаторов

Симулятор позволяет строить довольно сложные схемы. Усложнение схем приводит к ухудшению наглядности объемного изображения. В профессиональном проектировании трехмерные модели излишни. Однако для начинающих изучать электронику симулятор уместен, так как учащийся может увидеть реальный трехмерный объект, услышать, как он работает, лучше понять его работу. Никакие другие программы не передают истинных размеров электронных компонентов. Данный симулятор разрешает проводить неограниченное число виртуальных экспериментов, позволяет учащимся изучать различные темы в процессе обучения электроники.

УДК 621.315

**Высоковольтные линии электропередач как источники помех**

Криксин П.В.

Научный руководитель Бладыко Ю.В., к.т.н., доцент

В современной электроэнергетике основная часть электроэнергии передается и распределяется при помощи линий электропередач (ЛЭП). Применение высоких и сверхвысоких напряжений позволяет значительно увеличить пропускную способность линий электропередач и уменьшить потери электроэнергии в них. Функциональные преимущества линий электропередач сверхвысокого напряжения сомнений не вызывают, однако нужно считаться и с нефункциональными особенностями – коронным разрядом.

Коронный разряд - это неполный пробой газового промежутка. Возникает в неоднородном электрическом поле. Он может проявиться под действием атмосферного электричества на верхушках мачт, шпилей, деревьев и в других тонких и заостренных местах. В обиходе получил название "огней Святого Эльма". Коронный разряд является следствием высокого градиента напряженности электромагнитного поля на поверхности электропроводящих частей высоковольтного оборудования.

Помимо потерь электроэнергии, которые несет коронный разряд, он является мощным источником высокочастотных помех, который воздействует на современные микропроцессорные устройства, радио- и телеаппаратуру. Коронный разряд является источником дополнительных потерь электроэнергии и определяет эмиссию помех радиоприему в полосе частот от 0,15 МГц до 1 ГГц [1]. В зависимости от величины частоты помехи наблюдаются различные принципы её распространения.

В полосе частот от 0,15 МГц до нескольких мегагерц помехи являются, в основном, результатом распространения импульсов тока вдоль ЛЭП, при этом прямое электромагнитное излучение от этих импульсов существенно не меняет уровень помех, так как длина распространяющейся волны велика по сравнению с расстояниями между фазами, и ЛЭП не является эффективным излучателем.

Высокая плотность городской застройки и мощное энергопотребление города обусловили распространение в современной электроэнергетике глубоких воздушных вводов. Очень часто линии электропередач проходят вблизи жилых домов, офисных зданий, банков, студий и прочих мест с высокой микропроцессорной вооруженностью. А если учесть, что современное общество – информационное общество, и проблемы связанные со сбоями в работе микропроцессорной техники, потерями данных, плохим качеством связи сулят многомиллионные убытки, то очевидным становится необходимость уменьшения высокочастотных влияний линий электропередачи.

Рассмотрим основные источники коронного разряда на ЛЭП [2].

Помехи от проводов создаются электрическим разрядом, который происходит на поверхности провода или около него и называется короной.

Корона – это разряд со слабым свечением, образующийся вблизи провода и охватывающий ограниченную область вокруг провода, в которой напряженность электрического поля превышает определенное значение.

Многое в проблеме коронного разряда на ЛЭП еще не исследовано и неясно. Известно, что основным физическим процессом, происходящим при таком разряде, является быстрое увеличение числа электронов. Наибольший градиент электрического поля наблюдается вблизи провода ЛЭП, если этот градиент (или электрическое напряжения) достаточно высоки, то любые электроны, находящиеся в воздухе вокруг провода, будут ионизировать молекулы газа, а электроны, возникшие в результате этой ионизации, вызовут лавинообразный процесс. Этот процесс и вызывает коронный разряд.

Рассмотрим факторы, которые способствуют образованию короны на проводах линий электропередач.

Факторы, способствующие образованию короны	
Напряжение линии электропередач	Напряжение линии электропередач определяет градиент потенциала, который в основном и определяет величину короны на проводе. Чем больше напряженность на поверхности провода, тем больше градиент потенциала на нем, следовательно, тем больше коронных разрядов происходит на единице поверхности.
Диаметр провода	Уровень помех повышается с увеличением диаметра провода, если при этом градиента на поверхности провода остается неизменным. Это объясняется тем, что электрическое поле, излучаемое от поверхности провода, при увеличении диаметра провода ослабевает медленнее, чем на проводе меньшего диаметра. Поэтому электрическое поле, окружающее провод большего диаметра, может дольше поддерживать коронные разряды, чем электрическое поле, образованное вокруг провода меньшего диаметра.
Состояние поверхности провода	Сильное влияние на образование короны оказывают состояние поверхности проводника, степень загрязненности, наличие влаги на его поверхности. Новый провод обычно создает больше помех от короны и вызывает их даже в хорошую погоду из-за неровностей поверхности провода, например, заусенцев на поверхности алюминия, из-за любых загрязнений провода, например, птичьим пометом, пылью, землей, грязью и т.д. С увеличением срока эксплуатации провода радиопомехи от него снижаются.
Атмосферные и погодные условия	Понижение атмосферного давления или повышение температуры воздуха, или то и другое вместе могут увеличивать разреженность воздуха. Это приводит к уменьшению пробивной прочности воздуха, а, следовательно, к увеличению вероятности появления короны на проводе. Дождь и снег вызывают наибольшее увеличение числа коронных разрядов на поверхности провода и могут повысить уровень радиопомех более чем на 20 дБ по сравнению с помехами от той же линии при отсутствии осадков. Снег или капли воды, которые накапливаются на поверхности провода во время бури, сильно видоизменяют электрическое поле, создавая большое количество источников коронных разрядов. Разряды могут возникать также и при пролете снежинок или водяных капель мимо провода.

Для проводов ЛЭП важным вторичным процессом является фотоионизация, то есть высвобождение электронов из молекул газа под действием ультрафиолетового излучения, вызванного первичной лавиной [2].

Для уменьшения величины коронного разряда применяют различные методы, так при проектировании линии для того, чтобы радиопомехи от короны на проводах не превышали допустимый уровень, следует рассматривать геометрические параметры линии. Наиболее важными параметрами являются диаметр провода и число проводов в фазе. Такие параметры ЛЭП как расстояние между фазами, высота проводов над землей или шаг расщепления пучка, оказывают меньшее влияние на уровень радиопомех. На практике они обычно определяются механическими требованиями и требованиями электрической прочности воздушных промежутков.

Наличие оцарапанных или поломанных проволок или присутствие на проволоках отложений посторонних веществ, таких как грязь или насекомые, может приводить к сильным локальным разрядам короны вследствие высоких местных градиентов

напряжения, что может значительно повысить уровень помех от линии. По этой причине необходимо избегать повреждения поверхности провода при сооружении линии. Следует обращаться осторожно с проводами при транспортировке и сооружении линии и применять соответствующие меры, чтобы избежать контакта провода с землей или другими объектами при натяжении. Для того, чтобы к проводам прилипало меньше грязи, целесообразно избегать нанесения смазки на поверхность провода для защиты его при транспортировке и тяжении. Когда для защиты от коррозии смазывают стальной сердечник и внутренние повивы провода, смазка должна выбираться так, чтобы она не вытекала на поверхность провода, даже при наивысшей температуре.

Изоляторы, арматура и оборудование подстанций могут быть источниками радиопомех, а в некоторых случаях и телевизионных помех, что может быть вызвано различными явлениями: коронными разрядами на изоляторах и арматуре, поверхностными разрядами на изоляторах [2].

Коронные разряды на арматуре вызываются высоким градиентом потенциала на некоторых участках поверхности такой арматуры, как защитные кольца или полукольца, распорки и соединения. Если предположить, что напряжение, приложенное к арматуре, постепенно повышается, то на ней происходят многочисленные процессы разряда. Только некоторые из них способны создавать радиопомехи, однако все они вызывают свечение и влияют на потери, вызываемые коронным разрядом. Эти явления аналогичны коронному разряду от проводов. Помехи от арматуры увеличиваются при высокой влажности или во время дождя из-за увеличения локальных градиентов, вызванных наличием капель воды на поверхности элементов арматуры.

Для уменьшения радиопомех, возникающих на арматуре ЛЭП, необходимые решения необходимо принимать на стадии разработки этой арматуры. Остриев и выступов на арматуре следует избегать, все кромки и углы должны быть хорошо скруглены, головки болтов должны быть скруглены и экранированы. Важно также, чтобы защитное цинковое покрытие на арматуре было гладким, особенно в точках максимального градиента напряжения. Важно избегать повреждения арматуры при изготовлении, транспортировке, сооружении и эксплуатации линии.

Помехи от изоляторов могут быть вызваны различными причинами, большинство которых связаны с явлениями, происходящими на их поверхности. Например, небольшие разряды, вызванные увеличением локальных градиентов, коронные разряды, вызванные неоднородностями в виде налетов сухих веществ или капель воды или искрением на сухих участках, вызванным токами утечки на загрязненных изоляторах. Только в особых случаях (например, при неисправных изоляторах) помехи могут быть вызваны явлениями, происходящими внутри изолятора (искрение во внутренних раковинах или трещинах). Радиопомехи могут возникать в результате разрядов между цементом и фарфором или стеклом, если на стыках между ними имеются небольшие воздушные зазоры.

На чистой и сухой поверхности изоляторов импульсы тока на источнике помех вызываются разрядами, появляющимися на участках с высоким градиентом потенциала, зависящим от формы и материала изолятора.

Уровни помех снижают уменьшением уровня градиента напряжения при использовании изоляторов со специальными характеристиками. Например, изоляторы, выполненные из органических материалов, или стеклянные или фарфоровые изоляторы, покрытые консистентной смазкой, предотвращают образование сплошного влажного слоя. Установка таких изоляторов снижает уровень помех в условиях влажности и загрязнения. При продолжительном сроке службы поверхности изоляторов загрязняются и подвергаются смачиванию, в результате начинают создаваться помехи.

Другое решение - установка изоляторов, покрытых полупроводящей глазурью. Они характеризуются низкими уровнями помех в условиях загрязнения. Токопроводящая глазурь улучшает распределение напряжения и, вследствие нагревания, вызываемого протеканием тока по слою глазури, образуются широкие сухие участки, и приложенное напряжение не может вызывать перекрытий.

Не соединенные между собой проводящие детали линий электропередач или такие объекты, как металлические заборы или водосточные каналы, находящиеся в сильном электрическом поле высоковольтных ЛЭП и их оборудования, могут электрически заряжаться. В результате заряда разность потенциалов между смежными проводящими деталями может возрастать. При малом расстоянии между проводящими деталями напряженность поля в пространстве между ними может достичь критического уровня и привести к полному пробоем зазора и возникновению дуги, которая гаснет после того как разность потенциалов между обеими сторонами зазора падает до низкого значения. Частота повторения искрения зависит от постоянных времени заряда и разряда цепи, величины окружающего электрического поля, размеров зазора [2].

Радиопомехи, создаваемые искрением при плохих, т. е. неплотных или ненадежных контактах, возникают главным образом в сухую погоду, так как в мокрую погоду относительно малые зазоры закорачиваются влагой.

Для ограничения количества разрядов, необходимо при сооружении линий электропередач надежно соединять и затягивать все крепежные болты, а все проводящие элементы ЛЭП соединить либо с землей, либо с потенциальным проводом.

Следует помнить, что даже когда оборудование новое, гальванизированные металлические детали могут иметь коррозионный слой окиси цинка. Когда поверхность выветрена, могут присутствовать дополнительные окислы и сульфиды, и могут возникать ненадежные контакты, в которых возможен разряд в зазоре. Разряд в зазоре может возникать и тогда, когда поддерживающие гирлянды недостаточно механически нагружены.

Мероприятия по ограничению необходимо проводить на стадии разработки отдельных конструктивных элементов линии электропередач, то есть таких элементов как арматура, изоляторы, провода, тросы и тому подобное, с последующей доработкой этих элементов на этапе их производства. Вторым этапом является проектирование самой воздушной линии электропередачи, где помимо учета конструктивных параметров линии, необходимо учитывать трассу её прохождения, зону отчуждения, создаваемую линией электропередачи. Третий этап – сооружение линии, которое должно вестись обученными специалистами, использующими современный инструмент.

#### Литература

1. РД 50-723-93 (СИСПР18-1). Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от воздушных линий электропередачи и высоковольтного оборудования. Описание физических явлений.
2. РД 50-724-93 (СИСПР18-3). Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от воздушных линий электропередачи и высоковольтного оборудования. Практические рекомендации по уменьшению помех.
3. РД 50-725-93 (СИСПР18-2). Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от воздушных линий электропередачи и высоковольтного оборудования. Методы измерения и процедура установления норм.

УДК 621.38

## Суперкалькулятор

Препляско А.С.

Научный руководитель Бладыко Ю.В., к.т.н., доцент

Суперкалькулятор (рис. 1) выполняет все основные арифметические действия с числами, поддерживает операции со скобками, позволяет сохранять свои функции.

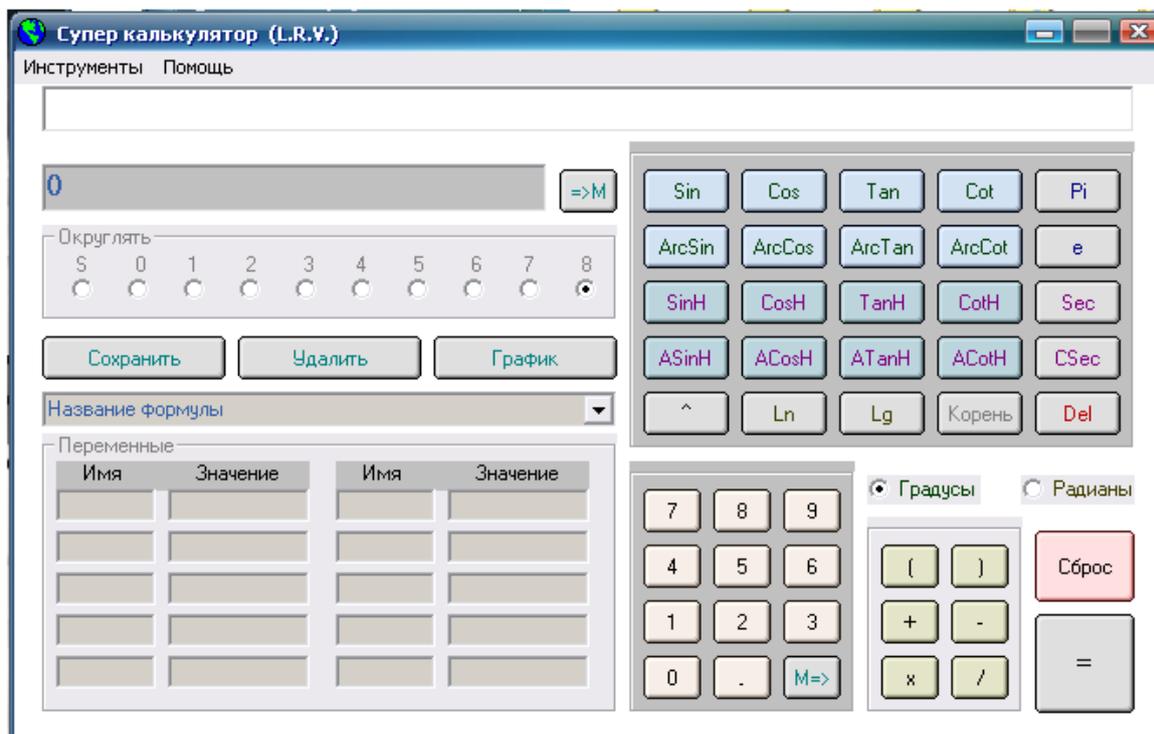


Рис.1. Главное окно Суперкалькулятора

Возможности Суперкалькулятора:

- вычисление всех тригонометрических функций,
- вычисление гиперболических функций,
- возведение в степень,
- возможность создания и сохранения выражений с переменными и константами,
- построение графика в плоскости,
- сохранение графика в формате рисунка,
- табулирование функций с заданным шагом с возможностью экспорта результата в файл Excel,
- работа с комплексными числами: (умножение, деление, сложение, вычитание, возведение в степень, перевод из алгебраической формы в показательную и обратно),
- содержит Decimal – Bin – Hex конвертер,
- имеет “умную” функцию округления,
- возможность работы с градусами и радианами,
- исследование участка функции на максимум и минимум,
- поиск корней на участке функции.

Это удобный многофункциональный калькулятор выражений. Позволяет одновременно видеть вычисляемое выражение и результат. Что очень удобно, так как сразу видно, какие данные введены и нет ли в них ошибки.

Простота и удобство позволяют пользователю быстро овладеть умениями работы и быстро производить операции с комплексными числами в любой форме.

Для того, чтобы производить операции с комплексными числами, надо на панели задач нажать «Инструменты» и выбрать вкладку «Комплексные числа» (рис.2).

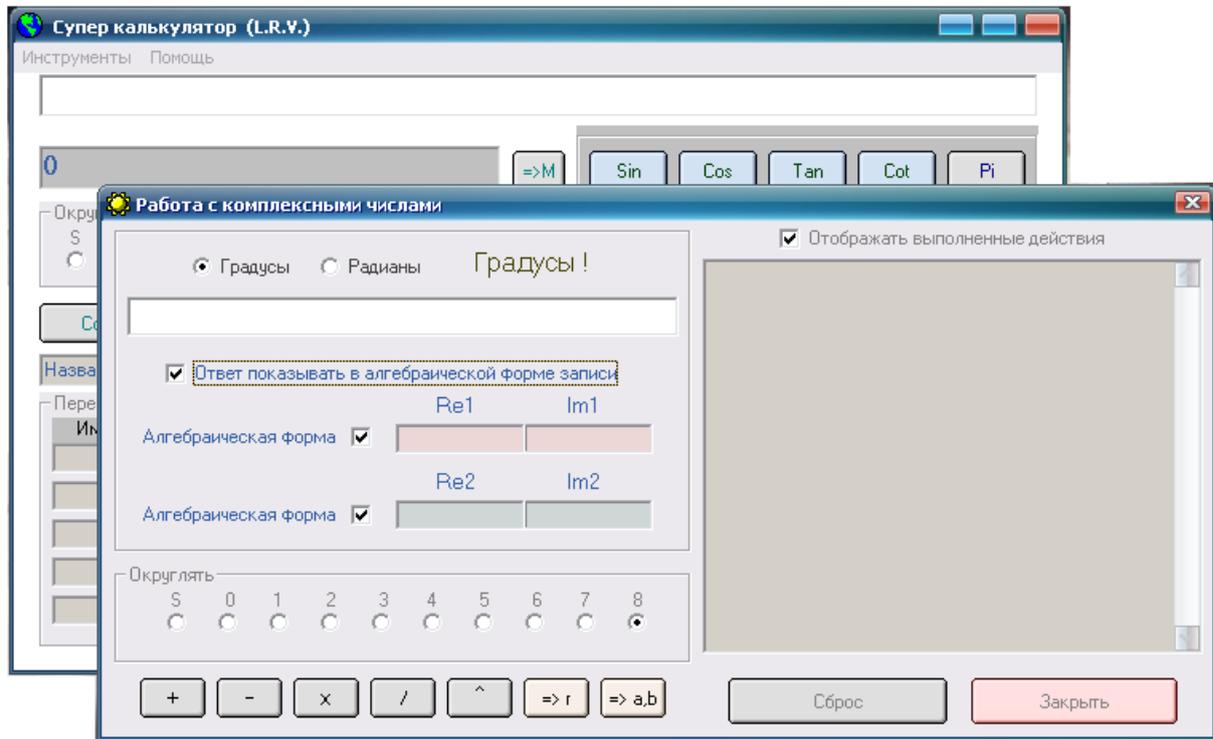


Рис.2. Работа с комплексными числами

Одним из главных достоинств калькулятора является способность производить операции с комплексными числами в показательной форме.

Особенностью этого модуля по сравнению с большинством аналогичных программ является то, что для выполнения действия над двумя комплексными числами не нужно предварительно приводить их к одной форме записи (алгебраической или показательной), просто установить флажок напротив числа, если оно в алгебраической форме, или снять флажок, если оно в показательной форме. Ответ также выдается в удобной форме с возможностью округления. Нужно не забывать про переключатель «Градусы – Радианы».

Для того чтобы задать числа в показательной форме, надо убрать флажок напротив «алгебраическая форма». Если надо произвести операцию с двумя комплексными числами, одно из которых задано в показательной, а другое - в алгебраической, то не нужно приводить их к какой-либо одной форме. Можно одно число ввести в показательной, другое - в алгебраической форме, и получить ответ в нужной форме.

Возможность правильно производить операции с комплексными числами появилась у калькулятора благодаря сотрудничеству автора Лацилина Романа Владимировича с кафедрой «Электротехника и электроника» БНТУ. Суперкалькулятор можно найти на сайте кафедры [www.electronics.bntu.by](http://www.electronics.bntu.by).

Альтернативные калькуляторы могут превосходить суперкалькулятор по дизайну, но они не работают с комплексными числами в показательной форме.

УДК 621.382.323

## Применение полевых транзисторов

Бохонюк С.М.

Научный руководитель Германович Е.И., старший преподаватель.

Полевой транзистор - это полупроводниковый прибор, усилительные свойства которого обусловлены потоком основных носителей, протекающим через проводящий канал и управляемый электрическим полем. По конструктивному исполнению и технологии изготовления полевые транзисторы можно разделить на две группы: полевые транзисторы с управляющим  $p-n$  - переходом и полевые транзисторы с изолированным затвором.

Электрод, из которого в канал входят носители заряда, называют истоком; электрод, через который из канала уходят носители заряда, - стоком; электрод, служащий для регулирования поперечного сечения канала, - затвором.

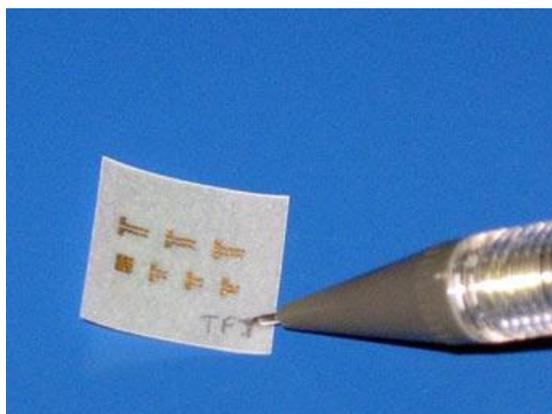
### Применение полевых транзисторов

Полевые транзисторы имеют вольт-амперные характеристики, которые позволяют применять их в схемах усилителей постоянного тока с высокоомным входом, в истоковых повторителях с особо высокоомным входом, в электрометрических усилителях, различных реле времени,  $RS$  - генераторах синусоидальных колебаний низких и инфранизких частот, в генераторах пилообразных колебаний, усилителях низкой частоты, работающих от источников с большим внутренним сопротивлением, в активных  $RC$  - фильтрах низких частот. Полевые транзисторы с изолированным затвором используют в высокочастотных усилителях, смесителях, ключевых устройствах.

### Бумажные транзисторы

Португальские исследователи из Нового лиссабонского университета (Universidade Nova de Lisboa) под руководством Эльвиры Фортунато (Elvira Fortunato) создали первые полевые транзисторы на основе бумаги, разместив устройства сразу на двух сторонах обычного листа. Это позволило обычной бумаге одновременно стать в транзисторе подложкой и изолятором.

Основную часть полевых транзисторов в настоящее время составляют CMOS-транзисторы, широко применяемые в цифровых устройствах. По параметрам новые устройства сравнимы с лучшими тонкопленочными транзисторами (TFT). Предполагается, что такие устройства можно будет применять в одноразовых электронных устройствах, таких как бумажные дисплеи, этикетки, радиометки.



Целлюлоза, из которой в основном состоит бумага - самый распространенный биополимер, и многие команды исследователей уже работают над применением биополимеров в электронных

компонентах.

### Оживлённый чип отдаёт приказы нервным клеткам

Учёные давно научились снимать электрические импульсы с нервных клеток. Уже придумана масса таких устройств. Но, никто до сих пор не попробовал пойти в обратном направлении: к электронике, способной произвольно влиять на внутриклеточные биологические процессы.

Биологи из Германии, Италии и Швейцарии, совместно со знаменитым изготовителем чипов — компанией Infineon Technologies построили микросхему, способную, потенциально, взаимодействовать сразу более чем с 16 тысячами нейронов, что намного больше, чем во всех прежних сходных экспериментах. Ранее либо чипы работали с очень ограниченным числом нейронов, либо — с большим числом, но не с каждым по отдельности, а с их группами. В рамках проекта исследователи планомерно идут к удивительной цели — взаимодействию компьютера с набором живых клеток (индивидуально), с возможностью не только получать от них информацию, но и влиять на работу генов в этих клетках. Самое примечательное в проекте NACHIP то, что отличает его от предшествующих работ — «двусторонний подход» для решения проблемы тесного и эффективного взаимодействия живых нейронов и электроники. Должна ли электроника стать более «живой», чтобы работать с нейронами, или нейроны нужно менять, чтобы научить их хорошо взаимодействовать с чипами?

Авторы проекта с одной стороны, использовали методы генной инженерии, чтобы подкорректировать строение нейронов, сделав их более «общительными», а с другой — применили новейшие методы микроэлектроники, чтобы максимально адаптировать чип к нейронам.

Специальный чип с поперечником всего в 1 миллиметр содержит 16 тысяч 384 транзистора и сотни конденсаторов. Когда на него высаживаются нервные клетки, транзисторы получают от них сигналы, а конденсаторы, под управлением транзисторов, посылают сигналы от электроники — нейронам. С точки зрения физики, взаимодействие нейронов и схемы происходит благодаря перемещению ионов натрия через клеточную мембрану, что меняет локальный её заряд, на который реагирует транзистор. В свою очередь, управляемый электроникой заряд на конденсаторе влияет на ионный ток через мембрану, заставляя нейрон реагировать на «запрос» извне.

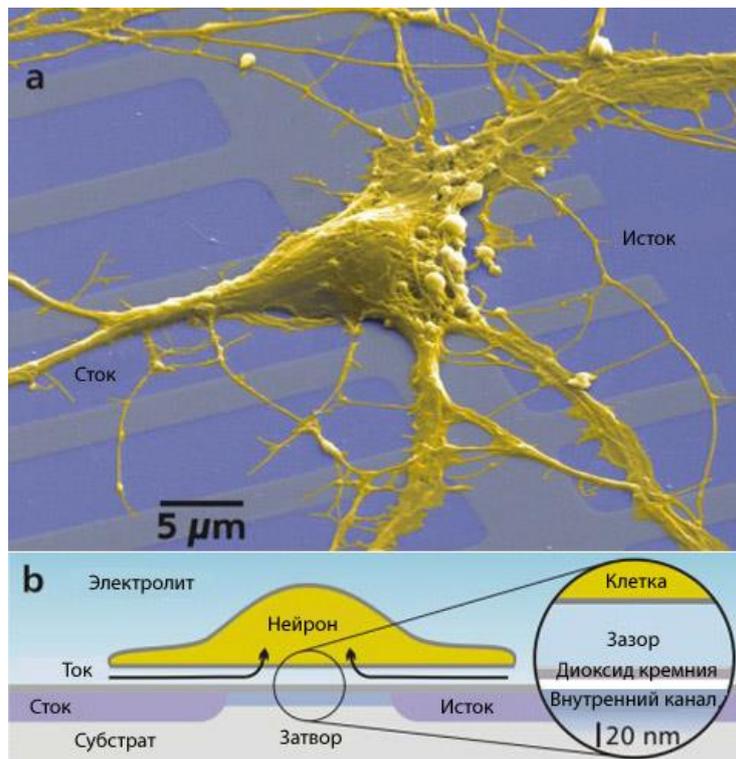
Используя генную инженерию, исследователи (а работали они сначала с нейронами улитки, как с более крупными и простыми, а потом — с нейронами крыс, как с более сложными и меньшими по размеру) модифицировали нейроны животных, увеличив в их оболочках число ионных каналов и повысив их активность.

Сам чип также получил новшества: его покрыли белками, которые в мозге связывают нейроны вместе (своего рода клей) и также активируют ионные каналы в нейронах. В чипе были применены транзисторы с уменьшенным шумом, участки для возбуждения нейронов и соседние с ними транзисторы были сближены до нескольких микрон, чтобы можно было посылать импульс и получать отклик от одного единственного нейрона. Тесное взаимодействие нервных клеток и схемы позволяет исследователям рассчитывать заставить сигналы чипа влиять на нейрон так, чтобы в нём включался новый ген.

Химический состав, который непосредственно выключал бы ген, должен быть добавлен в лабораторную чашку, содержащую гибридную нейронную сеть с чипом. Электроника же будет, по замыслу биологов, определять, какая из живых клеток, подсоединённых к чипу, отреагирует на раствор, а какая — нет, за счёт влияния на работу клеточных мембран.

Такие опыты, с одной стороны, дадут возможность лучше понять работу нейронов, а с другой, позволят создавать новые устройства, чипы с памятью на основе живых клеток.

Также возможно будет создание чипов-протезов, помогающих в работе организма при заболеваниях нервной системы, или просто — чипов, контролирующих состояние здоровья человека.



Один нейрон крысы на микросхеме. Ионный поток в клетке превращает её в составную часть полевого транзистора, позволяя клетке влиять на работу электроники. Опыт Петера Фромхерца.

После опытов с нейронами животных экспериментаторы намерены прийти и к опытам с человеческими нейронами. Если раньше уже существовали «выключатель боли» или управление электронной почтой при помощи мыслей, то теперь на горизонте вырисовывается – коррекция работы генов в теле с вашего компьютера.

#### Литература

1. Терещук Р.М. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства: Справочник радиолюбителя / 4-е издание, стер. - Киев: Наук. Думка 1989. - 800с.
2. Бочаров Л.Н. Полевые транзисторы. - М.: Радио и связь, 1984, - 80 с.
3. Полупроводниковые приборы: транзисторы: Справочник / Н.Н.Горюнова. М. ; Энергоатомиздат, 1985. 904с.
4. <http://www.membrana.ru>
5. <http://vrtp.ru>

УДК 621.3

## Аудиоусилители класса D: особенности и преимущества

Бусел Д.А.

Научный руководитель Германович Е.И., старший преподаватель

Усилитель мощности – неотъемлемый элемент акустической системы автомобиля. Усилитель мощности получает слабый сигнал от автомагнитолы, и усиливает его до величины, необходимой для корректной работы динамиков.

Различают пять классов усилителей мощности в зависимости от своей эффективности (КПД) и уровня искажения выходного сигнала:

– Класс А. Усилители такого класса не отличаются высокой эффективностью, но предоставляют довольно чистый сигнал. Такие усилители имеют КПД – 20-30%, что говорит про 20-30 Вт выходной мощности при подаче 100 Вт. 70-80% просто теряются в электрической цепи усилителя, нагревая его детали и воздух. Усилители класса А очень редко используются в автомобильных аудиосистемах, из-за своей неэффективности и высоким ценам.

– Класс В. Почти в два раза эффективнее усилителя класса А. Тем не менее искажение выходного сигнала так велики что его не используют в акустических системах для автомобиля.

– Класс С. Имеют эффективность работы равную 75%, однако с увеличением КПД увеличивается и искажение выходного сигнала. Из-за этого данные усилители не подходят для Hi-Fi аудиосистем.

– Класс АВ. Объединили в себе чистоту сигнала класса А и относительную эффективность (немного ниже) класса В. Преобладающее число Hi-Fi усилителей относится именно к этому классу.

– Класс D. Самые современные усилители мощности, использующие цифровую обработку сигнала. Данные усилители очень компактны, что делает им преимущество перед всеми остальными классами. На данный момент усилители этого класса только начинают завоевывать рынок автомобильных аудиосистем.

Популярность усилителей класса D, предложенных еще в 1958 году, заметно выросла в последние годы. Что они собой представляют? Как соотносятся с другими типами усилителей? Почему класс D представляет интерес для аудиотехники? Что необходимо, чтобы сделать «хороший» усилитель класса D?

Известный факт, что усилители класса А и АВ не слишком эффективны и имеют не слишком высокую отдачу мощности. Особенно это сказывается на низких частотах, например при работе сабвуфера, где необходимость в большой мощности очевидна. Применение в таких случаях усилителей класса А, АВ делает систему неоправданно дорогой. Усилители класса D лишены этих недостатков, поскольку имеют высокий КПД, более 90 % возвращается в нагрузку, и лишь до 10 % рассеивается в виде тепловой энергии. А это значит, что стоимость устройства может быть уменьшена за счет понижения потребляемой мощности, отсутствия принудительного охлаждения и выходных транзисторов.

Функция звукового усилителя заключается в воспроизведении входного сигнала элементами выходной цепи, с необходимой громкостью и мощностью, точно, с минимальным рассеянием энергии и малыми искажениями. Усилитель должен обладать хорошими характеристиками в диапазоне звуковых частот, который находится в области 20–20 000 Гц (для узкополосных динамиков, например сабвуфера или высокочастотной головки, диапазон меньше). Выходная мощность варьируется в широких пределах в зависимости от назначения усилителя — от милливатт в головных телефонах до нескольких ватт в телевизоре и персональном компьютере (ПК), десятки ватт в домашней или автомобильной стереосистеме; наконец, сотни ватт в наиболее мощных домашних или коммерческих аудиосистемах для театров и концертных залов.

В обычном усилителе выходной каскад содержит транзисторы, обеспечивающие необходимое мгновенное значение выходного тока. Во многих аудиосистемах выходные каскады работают в классах А, В и АВ. В сравнении с выходным каскадом, работающим в D классе, мощность рассеяния в линейных каскадах велика даже в случае их идеальной реализации. Это обеспечивает D классу значимое преимущество во многих приложениях вследствие меньшего тепловыделения, уменьшения размеров и соответственно стоимости изделий, увеличения времени работы автономных устройств.

Пониженное энергопотребление делает усилитель класса D весьма привлекательным решением, при этом разработчик должен учесть ряд аспектов. Среди них:

- выбор типоразмера выходных транзисторов;
- защита выходного каскада;
- качество звучания;
- способ модуляции;
- электромагнитные помехи;
- конструкция LC-фильтра;
- стоимость системы.

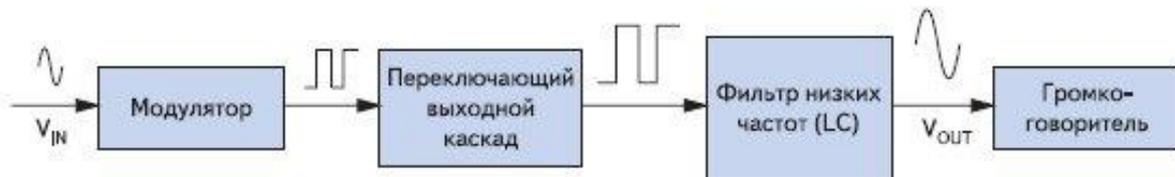


Рисунок 1 – Блок-схема усилителя класса D без обратной связи

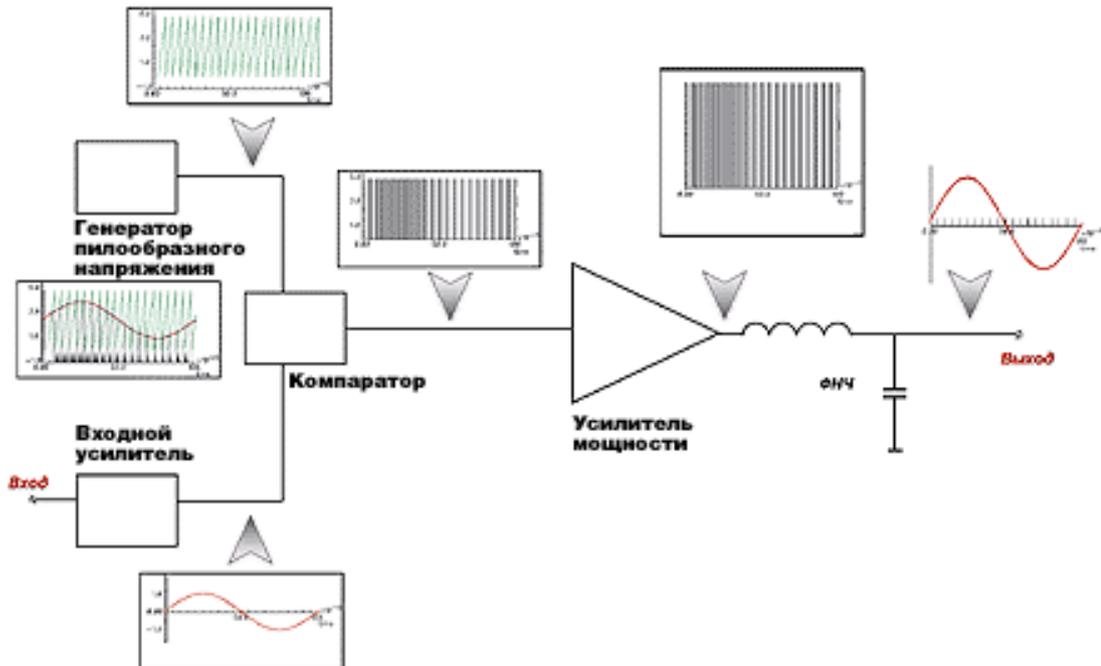


Рисунок 1 – Блок-схема усилителя класса D

Активные компоненты усилителя класса D состоят из выходного ключевого каскада и модулятора. Стоимость их приблизительно такая же, что и линейного усилителя. Вопросы выбора возникают при рассмотрении остальных компонентов системы.

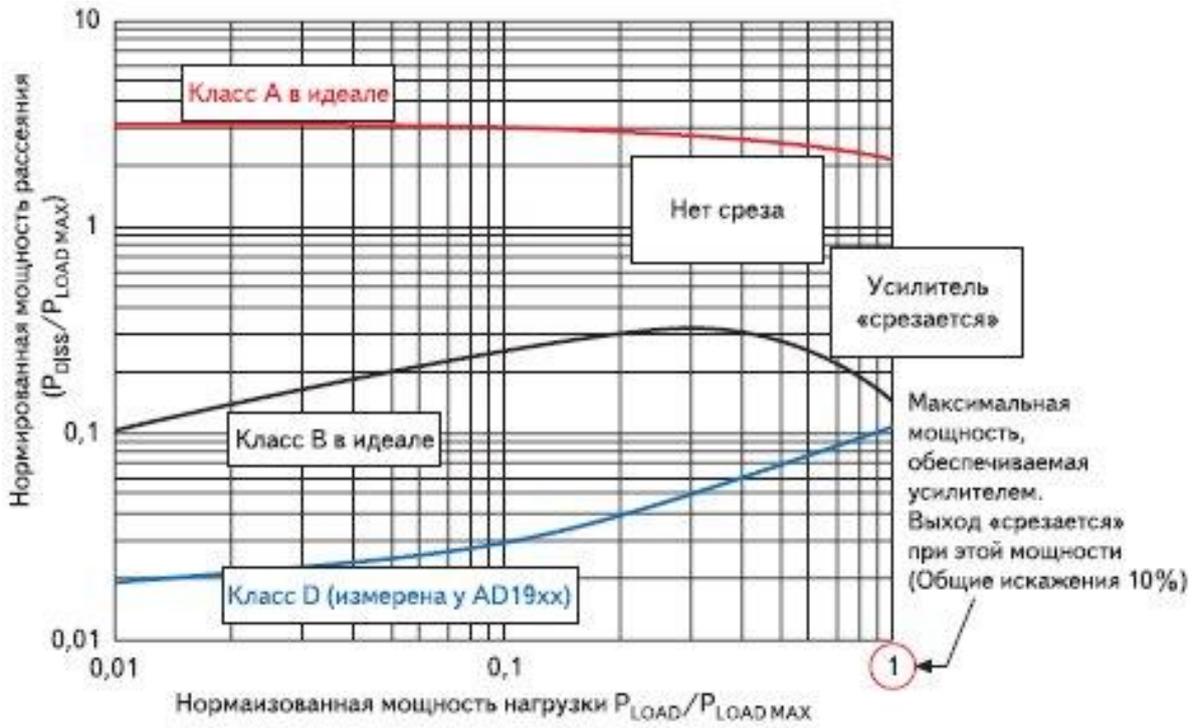


Рисунок 2 – Мощность рассеяния выходных каскадов классов А, В и D

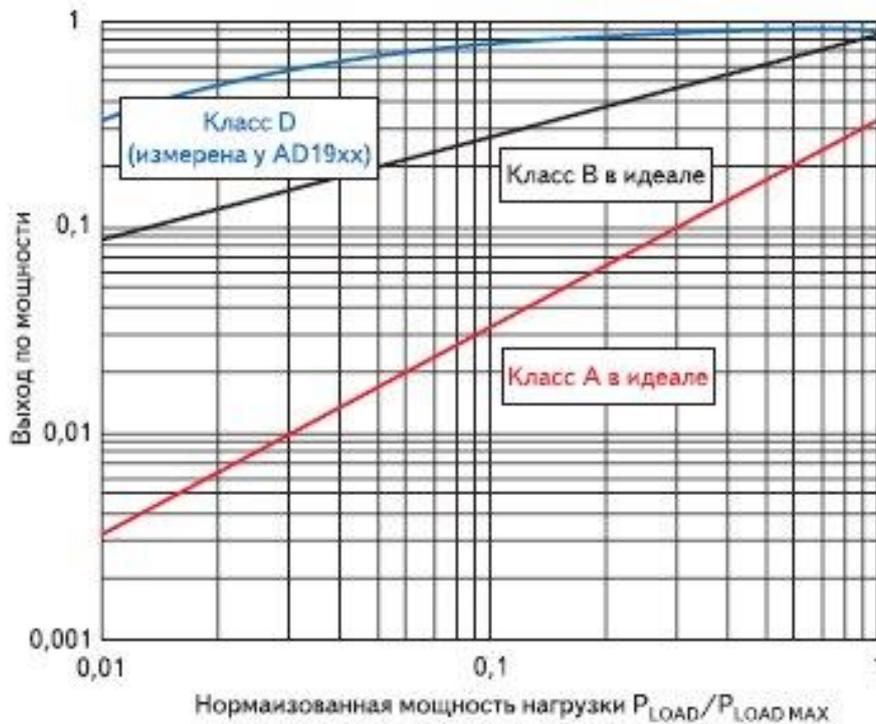


Рисунок 3 – Выход по мощности усилителей классов А, В и D

Пониженное тепловыделение усилителей класса D позволяет экономить на теплоотводах и вентиляторах. Усилитель класса D, построенный на интегральной схеме, может быть выполнен по той же причине в более компактном и дешевом корпусе, чем линейный усилитель той же мощности. При использовании цифрового источника звука для линейного усилителя, кроме того, нужен цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Это, конечно, необходимо и для усилителя D класса,

требующего аналогового входного сигнала, однако варианты усилителей с цифровым входом исключают необходимость использования ЦАП.

С другой стороны, принципиальным недостатком усилителей D класса является необходимость включения LC-фильтра. Его части, в особенности индуктивность, требуют места и увеличивают стоимость. В усилителях большой мощности цена LC-фильтра компенсируется большой стоимостью системы охлаждения. Однако в недорогих устройствах малой мощности стоимость индуктивности становится заметной. Например, стоимость микросхемы усилителя для мобильного телефона может быть меньше, чем общая стоимость LC-фильтра. И даже если пренебречь ценой, остается проблема занимаемого места для компактных устройств.

Это явилось причиной создания усилителей, в которых LC-фильтр отсутствует. При таком решении экономится место и снижается стоимость, хотя и теряется преимущество низкочастотной фильтрации. В отсутствие фильтра уровень ЭМП может возрасти до неприемлемого уровня — если громкоговоритель не индуктивный и находится на удалении от усилителя, токовый контур и мощность усилителя достаточно велики. Нереальная для мощных усилителей, например, домашней стереосистемы, такая ситуация типична для мобильного телефона.

Существует и другой подход для уменьшения числа компонентов LC-фильтра. Можно использовать не мостовую, а обычную двухтактную схему выходного каскада, что позволяет вдвое сократить число емкостей и индуктивностей. Однако такая схема требует двухполярного питания, и дополнительная стоимость, связанная с созданием отрицательного источника питания, может оказаться критической, если, конечно, отрицательное плечо уже не используется для других целей, или усилитель имеет достаточное число каналов. Двухтактный выходной каскад может питаться и однополярным источником, но это несколько снижает выходную мощность и зачастую требует блокирующего конденсатора большой емкости.

### Литература

- 1 Эрик Гаалаас (Erik Gaalaas – инженер компании Analog Devices) Звуковые усилители класса D: что, зачем и как? – журнал "Электронные компоненты" №1, 2008
- 2 А. Елютин Выставка "CES'2002" – журнал "Автозвук" № 4, 2002
- 3 А.И.Шихатов Усилители класса - А, В, АВ, D – журнал "Мастер 12вольт" № 39 (февраль-март 2002)
- 4 А. Колганов Автомобильный УМЗЧ с блоком питания. – журнал "Радио" №7, 2002
- 5 Nyboe F., et al. Time Domain Analysis of Open-Loop Distortion in Class D Amplifier Output Stages. The AES 27th International Conference, Copenhagen, Denmark, September 2005.
- 6 Putzeys B. Simple Self-Oscillating Class D Amplifier with Full Output Filter Control. The 118th AES Convention, Barcelona, Spain, May 2005.
- 7 Gaalaas E., et al. Integrated Stereo Delta-Sigma Class D Amplifier. IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 40, no. 12, December 2005. About the AD199x Modulator.
- 8 Morrow P., et al. A 20-W Stereo Class D Audio Output Stage in 0.6 mm BCD MOS Technology. IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 39, no. 11, November 2004. About the AD199x Switching Output Stage.
- 9 Интернет-портал Журнал "Блюзмоби́ль" [Электронный ресурс] - Режим доступа:  
[http:// www.bluesmobil.com](http://www.bluesmobil.com) - Дата доступа: 19.04.2009.

УДК621.3

## Узконаправленные звуковые системы

Глинский Д.И., Шиханцова Н.Л.

Научный руководитель Жуковская Т.Е. старший преподаватель

Это абсолютно новый класс устройств, часто именуемый звуковыми прожекторами. Суть их состоит в следующем - данные системы не распространяют звук во всех направлениях, а собирают его в некий пучок, обладающий большей энергией и дальностью действия.

Если обычные динамики преимущественно распространяют звук во всех направлениях, подобно тому, как испускает свет лампочка, то направленный звуковой излучатель испускает концентрированный пучок волн подобно прожектору. Он состоит из ультразвуковых волн, не улавливаемых человеческим ухом, которые в результате взаимодействия с воздухом создают слышимые звуки. Описывая это взаимодействие математически, звукоинженеры могут заставить пучок ультразвуковых волн модулировать звуки голоса, музыку или любой другой звук.

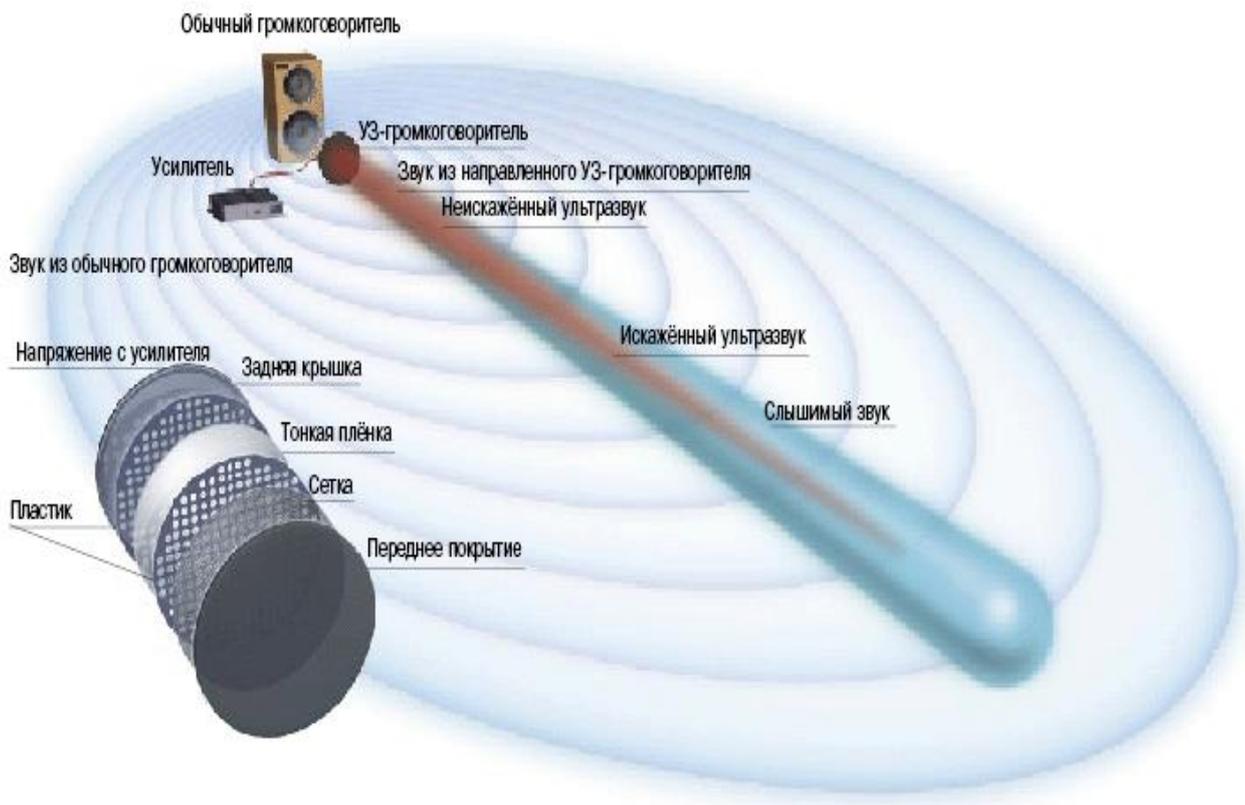


Рисунок 1

Распространение звуковых волн в пространстве

**Направленный громкоговоритель** излучает сфокусированный ультразвуковой луч, в котором на воздухе воспроизводится слышимый звук. Обычные громкоговорители генерируют звук во всех направлениях.

**УЗ - громкоговоритель** общей толщиной около 12 мм преобразует напряжение звуковой частоты с выхода обычного громкоговорителя в ультразвук с помощью тонкой металлополимерной плёнки, которая колеблется с частотой 60 кГц.

**Однородные УЗ - волны** создают флуктуации плотности воздуха, в результате чего эти волны искажаются, и из них выделяется слышимый звук.

Сама ультразвуковая волна стала рассматриваться как несущая, по типу того, как работает радио, она модулируется специальным образом обычной звуковой волной (сигналом). При большой интенсивности такой ультразвуковой волны воздух начинает себя вести нелинейно, она искажается и на некотором расстоянии от источника сигнал "расшифровывается".

Ультразвуковые прожекторы имеют небольшую историю, хотя ведут ее с таких устройств из 40-х как сонары, используемые в подводном флоте. Долго не удавалось передать ничего, кроме отдельных искажённых звуков

В 1998 г. Джон Помпеи (Массачусетский технологический институт) придумал алгоритм, который позволял устранять искажения до уровня нескольких процентов. Он сконструировал усилитель, электронные блоки и громкоговорители, с помощью которых можно было воспроизводить звуковое наполнение ультразвукового луча. Данный метод получил название «Звуковой прожектор»

В современных устройствах за основу взята конструкция современных радаров. Ранее они, как и сонары, сканировали небо узконаправленным лучом электромагнитной волны, но со временем скорость целей существенно увеличилась, поэтому было разработано специальное ноу-хау, на самом деле очень простое. Современные радары - это целые комплексы, состоящие из множества взаимосвязано работающих маленьких радаров. Направление суммарного луча зависит от фазы сигнала, а скорость сканирования равна скорости света. При этом данные системы могут эмулировать не только один, а сразу несколько мощных радаров.

Плюсом данной системы является то, что ультразвук имеет малые длины волн и поэтому их удобно собирать "в пучок". Минусом - большое количество гармонических искажений, с чем боролись более 20 лет, и многие производители даже отказались от этой идеи из-за невозможности понижения коэффициента THD менее 50%.

На современном рынке компания Yamaha предлагает три устройства. Они используют технологию от 1Ltd, но позиционируют свои модели ближе к пользовательскому ценовому диапазону. Поэтому в базовой модели Yamaha Sound Projector-1 (или, сокращенно YSP-1) для создания фронтальных и тыловых каналов используется только 40 излучателей, а для обеспечения центрального - два СЧ - динамика. Соответственно, в итоге - 42 отдельных цифровых усилителя. Сразу с момента появления YSP-1 была объявлена цена - 1500 \$. Уменьшив количество излучателей практически вдвое, выпускается модель YSP-800 Yamaha (700 \$).

Громкоговорители Помпеи установлены в Музее изящных искусств в Бостоне и во Всемирном центре У.Диснея в Эскоте. Встав перед ними, посетитель – и только он один – слышит дикторский текст при полной тишине в остальной аудитории. Производители автомашин пытаются сейчас создать ультразвуковой дисплей, позволяющий каждому пассажиру слушать свою музыку или смотреть свой фильм, не мешая другим пассажирам. Установленное в квартире, такое устройство позволит отцу семейства смотреть футбол по телевизору, в то время, как остальные члены семьи смогут читать в тишине

УДК 621.3

## Гармонический анализ сигнала с использованием цифрового осциллографа С8-37

Герасимович А.С., Качанов А.В.

Научные руководители: Куцьло А.В. старший преподаватель,

Устимович В.А., старший преподаватель

В процессе исследования при помощи цифрового осциллографа С8-37 производилась запись параметров исследуемого сигнала (прямоугольный сигнал встроенного калибратора осциллографа, напряжение лабораторной сети, ток намагничивания торообразной катушки) с дальнейшей обработкой при помощи специального математического аппарата, представленного в исследовании программным пакетом MathCad 14 с разработанными прикладными программами для каждого сигнала, а также наиболее общей версии, которая может использоваться для произвольного сигнала.

Одной из главных целей исследования, на котором мы остановимся подробнее, является разложение неизвестного сигнала в ряд Фурье, а также разложение предположительно известного сигнала в ряд Фурье, целью которого может быть определение качества электрической энергии, одним из требований которого является критерий синусоидальности сигнала. Также при помощи цифрового исследования сигнала с высокой точностью можно определить частоту сигнала, подаваемого на входы осциллографа. Как известно, частота синусоидального сигнала также является критерием качества электрической энергии. Представление исследуемого сигнала в виде ряда Фурье является основой для любого научно-практического анализа сигнала, так как для любого вычисления необходимо знание функции изменения (зависимости) данного сигнала от времени. Также при сопоставлении данных при разных начальных условиях есть возможность делать сравнительные характеристики для определенного диапазона исходных значений параметров.

Осциллограф предназначен для исследования периодических и однократных электрических сигналов в диапазоне частот от 0,6 Гц до 100 МГц с максимальной частотой дискретизации 100 Мв/с (сто мегавыборок в секунду) и напряжения постоянного тока путём их регистрации в цифровой памяти, отображения на экране стандартного SVGA монитора и цифрового измерения амплитудных и временных параметров. Осциллограф работает в режиме как ручного, так и дистанционного управления через интерфейс RS232. Программное обеспечение осциллографа С8-37, реализованное в операционной системе Windows -95, максимально ориентировано на работу с пользователем и обеспечивает управление режимами оцифровки, накопления, отображения и математической обработки измеряемых сигналов. Удобный пользовательский интерфейс обеспечивает широкий выбор аппаратных и программных установок и предустановок (амплитудные и временные масштабы и диапазоны, типы входов и временные масштабы и диапазоны, режимы синхронизации, единицы измерения, цвета элементов и многое другое). Разнообразные детальные измерения с помощью курсоров очень помогают в работе, результаты постоянно присутствуют в строке статуса. Все текущие измерения автоматически фиксируются в рабочей области программы и снабжаются рабочими этикетками.

Таблица 1 Технические характеристики осциллографа С8-38

Полоса частот регистрируемых периодических сигналов	100 МГц
Максимальная частота дискретизации	100 МГц
Вертикальное разрешение	8 бит
Время нарастания переходной характеристики	3,5 нс
Диапазон частот синхронизации	до 110 МГц

Диапазон исследуемых сигналов	0,002 - 40 В
Число каналов	2
Число разрядов АЦП	8
Объем памяти на канал	32 Кбайт
Пред-послезапуск	$\pm 100\%$
Основная погрешность измерений	
-амплитудных параметров	2 %
-временных параметров	1,5 %

В процессе исследования изучались следующие виды сигналов: прямоугольный сигнал встроенного калибратора осциллографа, напряжение лабораторной сети, ток намагничивания торообразной катушки. Рассмотрим более подробно каждый из них.

1 Гармонический анализ прямоугольного сигнала встроенного калибратора осциллографа

Из паспортных данных осциллографа известны параметры сигнала:

тип сигнала: прямоугольный; амплитудное напряжение: 0.6 В;

частота сигнала: 1 кГц.

По данным цифрового осциллографа получена следующая зависимость, совмещённая с интерполированным графиком:

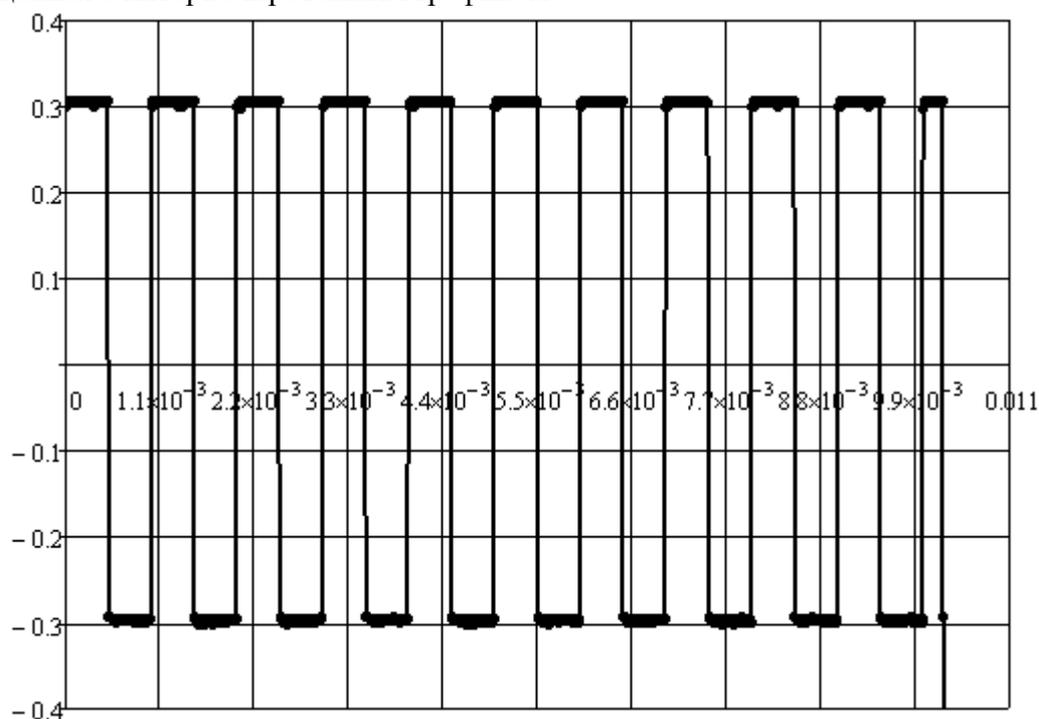


Рис. 1 Данные осциллографа для прямоугольного сигнала, совмещённые с интерполированным графиком

Гармонический анализ функции:

$$U_1 = 0.384 \text{ В}$$

Таблица 2 Результаты гармонического анализа прямоугольного сигнала

Гармоники	Отношение гармоник к первой, %
Первая гармоника	100
Вторая гармоника	0.167
Третья гармоника	33.378
Четвёртая гармоника	0.133
Пятая гармоника	20.196
Шестая гармоника	0.331
Седьмая гармоника	14.408

2 Гармонический анализ напряжения лабораторной сети

Известные параметры сигнала:

тип сигнала: синусоидальный;

амплитудное напряжение: внешней сети 220 В, далее следует трансформатор;

частота сигнала: 50 Гц.

По данным цифрового осциллографа получена следующая зависимость, совмещённая с интерполированным графиком:

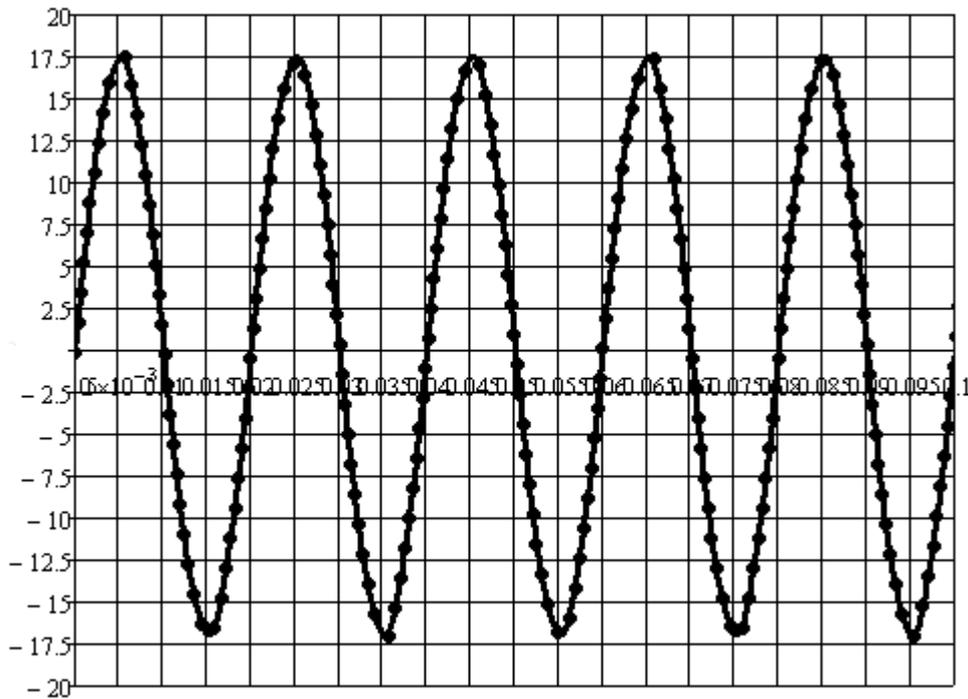


Рис. 2 Данные осциллографа для напряжения лабораторной сети, совмещённые с интерполированным графиком

Гармонический анализ функции:

$$U_1 = 17.07 \text{ В}$$

Таблица 2 Результаты гармонического анализа синусоидального сигнала

Гармоники	Отношение гармоник к первой, %
Первая гармоника	100
Вторая гармоника	0.151
Третья гармоника	0.322
Четвёртая гармоника	0.071
Пятая гармоника	1.088
Шестая гармоника	0.136
Седьмая гармоника	0.491

### 3 Гармонический анализ намагничивающего тока

Исследованию подвергалось падение напряжения на шунте, включенном в цепь намагничивающего тока.

Режим намагничивания характеризуется амплитудой магнитной индукции 0,5 Тл.

По данным цифрового осциллографа получена следующая зависимость, совмещённая с интерполированным графиком:

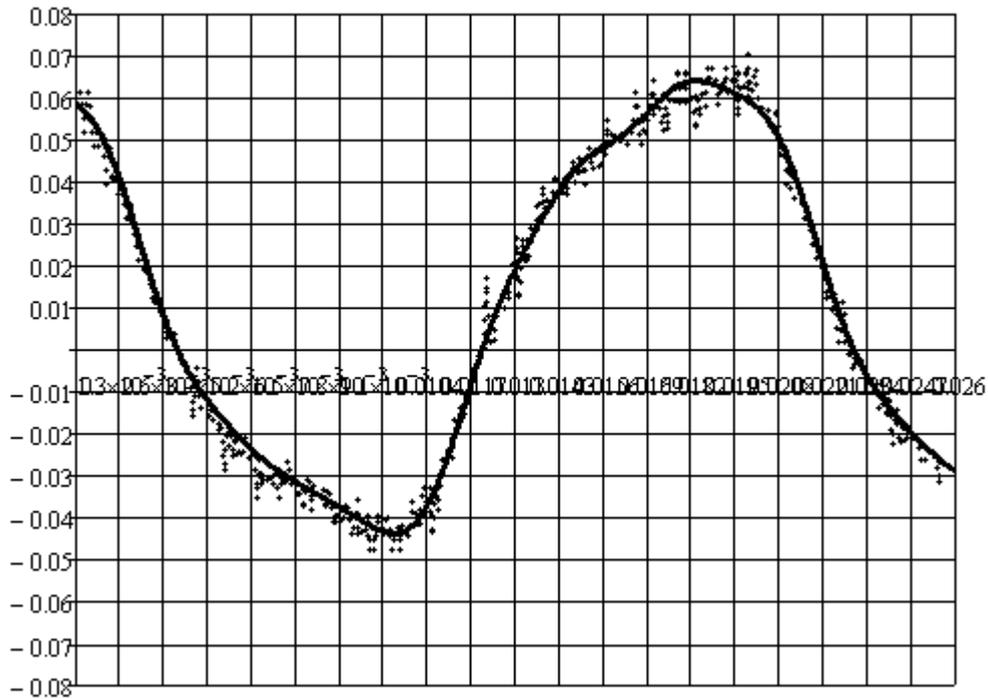


Рис. 3 Данные осциллографа для намагничивающего тока, совмещённые с интерполированным графиком

Гармонический анализ функции:

$$U_1=0.054 \text{ В}$$

Таблица 2 Результаты гармонического анализа прямоугольного сигнала

Гармоники	Отношение гармоник к первой, %
Первая гармоника	100
Вторая гармоника	1.325
Третья гармоника	13.431
Четвёртая гармоника	1.516
Пятая гармоника	2.232
Шестая гармоника	1.953
Седьмая гармоника	1.211

На основе полученных данных по результатам трех исследований можно производить дальнейшую обработку, связанную с проектированием электрических аппаратов, таких как трансформаторы, а также полупроводниковой техники. Также данные исследований позволяют дать количественное определение качества электрической энергии.

УДК 621.3

**Дифференциальный метод расчета выпрямительных схем.**

Суглоб Г. В., Некрашевич Е. Л., Кишко Т. А., Яковлевич А. А.  
 Научный руководитель Мазуренко А.А., к.т.н., доцент.

Выпрямительные схемы различной конфигурации (выпрямители) широко применяются для преобразования переменного тока в постоянный. При работе на нагрузку, потребляющую небольшие токи от выпрямителя, часто используют фильтры, включающие конденсатор; в наиболее простом виде – это С-фильтры. Такие фильтры представляют емкостную нагрузку, которая заметно изменяет характер процессов в вентильном комплекте. Расчет выпрямителя с С-фильтром производят классическим методом или методом Терентьева. Эти методы расчета рекомендуются научными и учебными источниками, изучается в качестве отдельной главы в учебниках теоретических основ электротехники. Сущность классического метода состоит в следующем.

Для нахождения сглаженного напряжения необходимо найти напряжение на конденсаторе, для чего используется расчет переходных процессов классическим методом. Расчет сводится к решению системы дифференциальных уравнений Кирхгофа, что занимает много времени. Затем находят принужденные составляющие сглаженного напряжения, что в дальнейшем приводит к решению трансцендентных уравнений.

Для нахождения сглаженного напряжения необходимо предварительно найти значение фазы путём совместного решения трансцендентных уравнений.

Как следует из приведенного анализа, классический метод обладает следующими существенными недостатками.

1) Метод громоздок, требует больших объемов сложных математических вычислений.

2) Метод неточен, погрешность метода вызвана двумя причинами: решением трансцендентных уравнений и нахождением среднего значения выпрямленного сглаженного напряжения по сумме площадей из графиков.

3) Возможности метода ограничены только определенной схемой.

Авторами настоящей работы предлагается принципиально новый подход к решению задач по расчету выпрямителей.

Как известно, физическое состояние любой электрической цепи, математически можно описать системой дифференциальных уравнений, составленных для мгновенных значений физических величин (токов, напряжений, потокосцеплений, зарядов) по физическим законам (законы Кирхгофа, электромагнитной индукции, сохранения заряда). Современные ЭВМ и новейшие компьютерные технологии сегодня позволяют выполнять решение систем дифференциальных уравнений численными методами, при этом достигается высокая точность решения.

Сущность предлагаемого дифференциального метода расчета выпрямительных схем заключается в следующем.

Расчет полностью выполняется на ЭВМ в *MATCADe* по встроенным программам.

Последовательность расчета режима выпрямительной схемы дифференциальным методом выглядит так:

1. Выполняется аппроксимация вольтамперных характеристик нелинейных элементов (диодов). При этом может быть применена как кусочно-линейная аппроксимация, так и сплайновая.

2. Определяются независимые начальные условия  $i_L(0)$  и  $u_C(0)$ .

3. Для схемы цепи составляется система дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа.

4. Методом исключения "лишних" переменных система уравнений Кирхгофа преобразуется к форме Коши, составляются матрицы коэффициентов.

5. Выбирается расчетное время  $T$  (продолжительность переходного процесса плюс несколько периодов установившегося режима) и число шагов интегрирования  $N$ .

6. Решение задачи выполняется на ЭВМ по стандартной программе (*rkfixed*). Выходные функции получают в виде таблицы координат значений функций для заданных моментов времени (массивы значений функций).

На заключительном этапе выполняется математическая обработка массивов значений функций. Отдельно исследуются переходной и установившийся режимы, строятся графические диаграммы функций. Для установившегося режима определяются действующие, максимальные и средние значения. При необходимости определяются гармонические спектры функций. Все эти операции выполняются по классическим формулам математики.

Для сравнения авторами параллельно приводится расчет двухполупериодной схемы выпрямителя двумя методами. Сравнение двух методов наглядно показывает преимущество последнего. К достоинствам дифференциального метода следует отнести следующие:

1) Сравнительно невысокая трудоемкость метода, так как все расчеты выполняются ЭВМ по встроенным программам *MATHCAD*.

2) Универсальность метода. Метод пригоден для расчета любых схем выпрямления с разными данными.

3) Высокая точность вычислений, которая обеспечивается методом Рунге-Кутты 4-го порядка.

4) Метод позволяют проводить анализ работы схемы, как в переходном, так и в установившемся режимах при изменении параметров отдельных элементов.

В заключение следует отметить, что применение предлагаемого дифференциального метода расчета выпрямителей стало возможным благодаря современным достижениям в области компьютерных технологий.

#### Литература

1. Кирьянов Д.В.. Mathcad-12, "БХВ-Петербург", 2004
2. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В. Л. Теоретические основы электротехники. Т.1. – СПб.: Питер, 2003
3. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В. Л. Теоретические основы электротехники. Т.2. – СПб.: Питер, 2003
4. Мазуренко А. А. Теоретические основы электротехники.- Минск,2006

УДК 621.355-049.7

## Эксплуатация Аккумуляторных батарей

Тыльковец В.В., Корапузова А.В.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. старший преподаватель.

Из материалов археологических раскопок выясняется, что химические источники электрического тока люди использовали еще в древней Индии и древнем Китае за много лет до нашей эры, в действительности мы не знаем, для каких целей они предназначались. Официально считается, что первый химический источник тока изобрел итальянский ученый Алессандро Вольта в 1798 г., во время своей работы в университете в г. Болонья. Этому открытию предшествовали многочисленные опыты сначала английского ученого Гилберта, основавшего в 1600 г. такой раздел науки, как электрохимия, а затем итальянского ученого Гальвани, исследовавшего так называемое «электричество животных». Открытие Вольта было очень важным, ведь до этого проводились исследования только статического электричества, от которого для человечества практической пользы не было никакой, кроме изобретения громоотвода и конденсатора.

В 1859 г. французский физик Гастон Планте изобрел свинцово-кислотную аккумуляторную батарею. Уже в 1896 г. в штате Колумбия появилась первая в мире компания, начавшая выпуск сухих элементов и батарей в промышленных масштабах. Называлась она National Carbon Company – Национальная угольная компания. Впоследствии ее название было изменено на Eveready, а затем на Energizer

В 1899 г. шведский ученый Вальдмар Юнгнер изобрел никель-кадмиевую батарею. В качестве положительных пластин в ней использовались пластины из никеля, а в качестве отрицательных – пластины из кадмия. Широкого распространения этот тип батарей в то время не получил из-за дороговизны их производства. Но в 1901 г. американец Эдисон изобрел более дешевую и практичную никель-железную аккумуляторную батарею.

В конце XIX века началось масштабное использование мощных электрических генераторов и трансформаторов — началась эра электричества. Исследования в области химических источников тока продолжались. В 1932 г. немецкие ученые Шлехт и Аккерман изобрели прессованные пластины для аккумуляторных батарей. В 1947 г. французский ученый Нойман разработал первую герметичную никель-кадмиевую батарею. В 1956 г. компания Energizer выпустила 9-вольтовые батарейки, а в 1959 г. появились первые щелочные элементы. В середине 1970-х годов были разработаны свинцово-кислотные аккумуляторные батареи с регулируемыми клапанами.

В 1990 г. началось коммерческое производство никель-металлгидридных батарей, а в 1992 г. в Канаде – производство перезаряжаемых щелочных батарей. В 1999 г. изобретены литий-ионные полимерные батареи. В 2001 г. появились первые топливные элементы с протонно-обменной мембраной.

В настоящее время перезаряжаемые химические элементы незаменимы в качестве источников питания мобильных устройств и механизмов: средств связи, мобильных компьютеров, автомобильной техники, электроинструментов и т. п. Производство их в настоящее время представляет наиболее динамично развивающийся сектор экономики.

Бурное развитие производства и стремительно растущая популярность и спрос на более совершенные средства связи, бытовую и офисную технику, а так же острая конкуренция привели к заметному снижению цен на радио - и сотовые телефоны, радиостанции, видеокамеры, ноутбуки, что сделало их более доступными для населения. Основным источником питания этих электронных устройств являются аккумуляторные батареи. Одной из причин, первоначально сдерживающих развитие такой техники, была низкая удельная емкость аккумуляторных батарей. Решение этой

проблемы велось двумя направлениями: усовершенствование характеристик имеющихся и создание новых типов аккумуляторов.

Для питания устройств с автономным питанием в настоящее время в основном используются два типа аккумуляторных батарей: никель-кадмиевые (*Ni-Cd*) и никель-металлгидридные (*Ni-Mh*). Появились и батареи новой конструкции - литий-ионные и герметичные кислотные с желеобразным электролитом. Эти батареи пока еще не нашли широкого применения, и технология их производства совершенствуется.

Батареи *Ni-Cd* отличаются сравнительно низкой стоимостью, достаточно длительным сроком службы (до 1000 циклов заряд/разряд), стабильной работой в широком диапазоне температур (-20+50°C), но имеют и недостатки. Главный из них - "эффект памяти". Он возникает, когда на подзарядку ставится не полностью разряженная батарея. На практике это случается достаточно часто. Батарея как бы "запоминает" тот уровень, до которого была разряжена и потом уже ниже не разряжается. Это приводит к снижению её емкости и срока службы. Для борьбы с "эффектом памяти" существует единственный способ - это один или несколько циклов полного заряда-разряда, так называемая "тренировка", или, по-другому, - "оживление". Кроме того, *Ni-Cd* аккумуляторы содержат примеси кадмия и ртути. Следовательно, неутраченные отработанные аккумуляторы являются источником загрязнения окружающей среды.

Аккумуляторы *Ni-Mh* более совершенны: имеют более высокую, чем *Ni-Cd* аккумуляторы, емкость при тех же размерах, не страдают "эффектом памяти" и не имеют в своем составе вредных веществ. Цена их несколько выше, но по соотношению "цена/емкость" *Ni-Mh* аккумуляторы активно приближаются к никель-кадмиевым аккумуляторам.

Рассмотрим некоторые особенности эксплуатации аккумуляторных батарей.

После покупки батареи находятся в разряженном состоянии и перед началом эксплуатации их необходимо зарядить; напряжение на заряженном элементе аккумуляторной батареи составляет 1,2 В; напряжение конца разряда (напряжение, ниже которого элемент разряжать не следует) составляет 1,0-1,05 В; емкость батареи определяет ее энергетическую мощность и измеряется в ампер-часах. Чем она выше, тем дольше батарея будет работать. Емкость батареи - параметр, который обычно указывается на корпусе - это время в часах при разряде ее током 1 А до напряжения окончания разряда. Например, батарея емкостью 600 мА/час током разряда в 1 А будет разряжена за 0,6 часа, током в 0,5 А - за 1,2 часа; ток нормального заряда батареи в Амперах численно равен 1/10 ее емкости в Ампер-часах. Если ток заряда меньше этой величины - увеличивается время заряда батареи, если же он превышает эту величину, это приводит к повышенному нагреву батареи. При этом может произойти ее "раздутие" и даже взрыв - все зависит от величины тока.

В автоматических зарядных устройствах, которые обеспечивают режим быстрого заряда, начальный ток заряда превышает значение 1/10 от емкости батареи, однако по мере заряда батареи он автоматически снижается. Кроме этого, обычно в таких зарядных устройствах предусмотрен и автоматический контроль температуры корпуса аккумуляторной батареи. При последовательном соединении аккумуляторов в батарею ее напряжение равно сумме напряжений всех элементов, а емкость - емкости одного элемента; при параллельном соединении нескольких аккумуляторов напряжение на батарее равно напряжению на одном аккумуляторе, а емкость батареи равна суммарной емкости всех элементов. В батареи можно соединять только однотипные аккумуляторы с одинаковой емкостью (при промышленном изготовлении разброс этого параметра составляет не более 5%).

Так, например, легко рассчитать, что батарея для питания радиотелефона напряжением 4,8 В может быть составлена из четырех аккумуляторов (по 1,2 В) при их последовательном соединении или восьми аккумуляторов при параллельном

соединении двух групп по четыре аккумулятора (емкость при таком смешанном соединении в два раза выше).

Заряд *Ni-Cd* и *Ni-Mh* аккумуляторов желательно производить на специальных зарядных устройствах, входящих в комплект поставки приобретаемой техники. Они обеспечивают режим регулировки тока заряда таким образом, чтобы емкость аккумулятора была полностью восстановлена, и при этом он не перегрелся (температура корпуса аккумуляторной батареи не должна превышать 35...40°C). Хорошо если в конце разряда производится автоматическое отключение аккумулятора от источника. При использовании таких зарядных устройств пользователю думать не о чем - эту функцию выполняет микропроцессор. Обычно такие зарядные устройства обеспечивают быстрый цикл заряда в течение 4-6 часов. Дополнительно фирменные зарядные устройства обеспечивают автоматическую тренировку *Ni-Cd* аккумуляторов для устранения "эффекта памяти". Этот процесс автоматизирован: после нажатия на кнопку "DISCHARGE" или "REFRESH" происходит разряд аккумуляторной батареи до строго установленного уровня напряжения разряда с последующим автоматическим зарядом до нормы.

При заряде аккумуляторной батареи от другого источника следует обратить внимание на его выходное напряжение и рассчитать ток заряда батареи. До заряда напряжение может составлять 0...1,33 В на один элемент батареи. В конце цикла заряда напряжение поднимается до 1,45 В на элемент. Выходное напряжение источника питания должно быть больше максимально возможного напряжения на батарее в конце заряда на 10...15%. У некоторых зарядных устройств ток заряда в течение всего времени заряда не меняется более, чем на 5%. Его величина выбирается, как правило, равной 1/10 емкости батареи. Источник питания, таким образом, должен представлять собой стабилизатор тока. Время заряда должно составлять не менее 14 часов (стандартный заряд). Для устранения "эффекта памяти" *Ni-Cd* аккумуляторных батарей необходимо произвести несколько циклов заряд/разряд.

Процесс заряда описан выше, а что касается разряда, при его осуществлении следует: измерить напряжение на батарее; разряд необходимо начинать через 30 мин. после окончания цикла заряда. Для осуществления тренировочного разряда необходимо собрать цепь из последовательно включенных: переменного нагрузочного сопротивления достаточной мощности, амперметра и аккумуляторной батареи; установить подбором сопротивления нагрузки ток разряда, который должен быть равен 0,25-0,3 от емкости батареи; следить за тем, чтобы ток разряда был постоянен, изменяя величину сопротивления нагрузки; контролировать напряжение на батарее и, когда оно достигнет величины 1,0-1,05 В, в расчете на один элемент, закончить разряд.

Аккумуляторные *Ni-Cd* и *Ni-Mh* можно заряжать с использованием одних и тех же зарядных устройств (имеется в виду, что батареи имеют одинаковые напряжения и одинаковые или незначительно отличающиеся емкости). Время заряда при использовании автоматизированного зарядного устройства регулируется самим зарядным устройством. При использовании неавтоматизированных зарядных устройств обращают внимание на установку тока заряда в соответствии с емкостью аккумуляторной батареи, а если ток окажется ниже рекомендуемой величины следует пропорционально увеличить время заряда для батарей с большей емкостью.

УДК 621.355

## Ремонт Аккумуляторных батарей

Тыльковец В.В., Корапузова А.В.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. старший преподаватель.

Существует мнение, что лучший способ ремонта аккумуляторной батареи – ее замена. Стоит ли выбрасывать отработавший аккумулятор и платить большие деньги за новый? Оказывается, аккумуляторные батареи можно ремонтировать, экономя при этом немалые средства.

Необходимость именно ремонта может быть вызвана: желанием сберечь средства за счет замены только отдельных неисправных элементов. Это особенно рентабельно при обслуживании большого парка батарей, например, в радиосвязи оперативных служб милиции, на транспорте; отсутствием в продаже нужного типа батареи, часто устаревшей или редкой модели (например, батареи для спецтехники); высокой стоимостью фирменной батареи в готовом виде.

При ремонте можно улучшить параметры батареи, то есть сделать ее "**upgrade**" за счет установки в старый корпус элементов нового типа с более высокими характеристиками. Самым простым и распространенным способом является замена **Ni-Cd** аккумуляторов на **Ni-Mh**, что сразу дает выигрыш в емкости в 1,5-2 раза.

Перед ремонтом необходимо оценить техническое состояние элементов батареи. Для этого необходимо вскрыть аккумулятор и обеспечить доступ к каждому из его элементов для измерения напряжения. Если батарея была подвергнута глубокому разряду (напряжение на элементах составляет 0...0,5 В), включить ее на заряд, спустя 10-15 минут снять ее с заряда и повторно измерить напряжение на элементах. Те элементы, на которых величина напряжения составляет 0...0,8 В, желательно сразу заменить. Для этого можно использовать как новые элементы, приобретенные специально, так и исправные элементы от старых батарей. Таким образом, из нескольких неисправных батарей можно собрать одну вполне рабочую. Но могут быть и проблемы. Как известно, при последовательном и параллельном включениях хорошо работают группы, составленные из идентичных по параметрам компонентов. Мы же сейчас рассматриваем случай, когда реальная емкость каждого аккумулятора в батарее неизвестна. В этом и заключается основная причина неудач при таком ремонте. Однако способ вполне приемлем, но желателен подбор элементов по емкости. Оценить реальную емкость можно по времени разряда аккумулятора калиброванным током, используя выше описанную схему. Для увеличения точности измерений можно уменьшить разрядный ток. Разброс времени разряда среди аккумуляторов, планируемых для установки в сборку, должен быть как можно меньше. После этого необходимо провести полный цикл заряда. По его окончании следует опять измерить напряжение на каждом из элементов, и те из них, на которых напряжение будет либо меньше 1,43 В, либо больше 1,48 В исключить из батареи. Как видите, этот вариант привлекателен возможностью обойтись минимальным числом необходимых для ремонта элементов, но достаточно трудоемок и до окончания ремонта не дает представления об общих затратах на него.

Наилучший вариант ремонта - замена всех элементов батареи на новые. Элементы соединяются в батарею обычно отрезками металлической ленты при помощи контактной сварки. Вариантов аппаратов для контактной сварки достаточно много. От автоматизированных станков для конвейерной сборки до самых простейших, состоящих из источника напряжения 6...30 В с током 1 А и заточенного под углом 30...40 градусов графитового электрода от старой батарейки. Каким из них воспользоваться – зависит от объемов ремонта и финансовых возможностей. При сварке необходимо обеспечить достаточный прижим электродов к соединительной пластине и контактной площадке аккумулятора. Очень важно не перегреть место

контакта, поскольку от этого аккумулятор выходит из строя. Пайка может быть применена при ремонте батарей с использованием бывших в употреблении элементов, у которых остались обрезки приваренной металлической ленты. Но в любом случае надо минимизировать передачу тепла аккумулятору. Поможет в этом мощный паяльник для сокращения времени пайки, низкая температура пайки, хороший флюс, пассатижи для теплоотвода. Если нет возможности приварить контакты, то применим и механический контакт. Конструкция индивидуальна для каждого типа батареи, но принцип одинаков - обеспечение плотного прижима ленты к контактной поверхности аккумулятора с ее подпружиниванием при помощи упругой пластины или кусочка резинки (ластика). Наиболее удобно в этом случае применение так называемых «холдеров» – пластиковых каркасов-держателей, уже имеющих в своей конструкции такие пружинные контакты. Используя различные типы «холдеров», в считанные секунды можно собирать самые разнообразные по форме и по параметрам батареи. Но это, конечно, не лучший вариант, ведь в процессе эксплуатации батареи такой контакт подвержен окислению и коррозии. Особенно механический контакт неприемлем при большом токе нагрузки: происходит местный нагрев и окисление в точке контакта.

После окончания ремонта пластмассовый корпус аккумуляторной батареи склеивают при помощи дихлорэтана или другого клея на его основе. Бескорпусные сборки помещают в специальную пленку.

Мировых стандартов на производство аккумуляторных батарей не существует. Часть такого производства упорядочена, это унифицированные модели для наиболее распространенных видеокамер, телефонов. Они выпускаются многими производителями источников питания в качестве запасных частей и часто по параметрам цены и емкости превосходят оригинальные, которыми производитель комплектует свои аппараты.

Производитель электронной аппаратуры, как правило, заказывает аккумуляторные батареи исходя из решения стоящих перед ним задач по удовлетворению спроса потребителей и конструкции корпуса устройства. Размеры самих элементов, применяемых в батареях, стандартизованы. Это дает возможность произвести их замену на другие аналогичные аккумуляторы, не особо обращая внимание на марку производителя. Это свойство и используется при ремонте батарей.

Батарея, подлежащая ремонту, чаще всего представляет собой "черный ящик": мастер в общем случае не знает, какой тип элементов в ней установлен и не имеет справочных данных по маркировке и техническим характеристикам применяемых аккумуляторов. Как же сделать правильный выбор нужного аккумулятора? Для этого необходимо знать: типоразмеры аккумуляторов и соответствующие им емкости; примеры фирменных обозначений аккумуляторов.

Начать подбор аккумулятора следует с определения его размеров и емкости. Размер измеряется обычной линейкой, а емкость можно узнать из общей емкости батареи и напряжения, которые, как правило, указываются на корпусе. Емкость может быть указана в маркировке самих элементов. Если определить емкость таким способом не удастся, то придется прибегнуть к приблизительному способу подбора элементов только по размерам.

При покупке аккумуляторов с целью ремонта необходимо знать, что аккумуляторы подразделяют на две группы. Первая - аккумуляторы бытовой серии, которые применяются в аудиотехнике, пейджерах, калькуляторах и т.д. Выбор следует делать среди аккумуляторов промышленной серии, которые отличаются от бытовых (имеющих форму обычных батареек) формой "плюсового" контакта. У промышленной серии этот контакт большего диаметра и не выступает за корпус. Это сделано для облегчения сварки. Именно аккумуляторы промышленной серии используются при изготовлении и ремонте батарей для сотовых и радиотелефонов, видеокамер, ноутбуков и т.д.

В описаниях и технической литературе чаще всего используются буквенные обозначения типоразмеров цилиндрических аккумуляторов (см. таблицу 1), которые используются при сборке батарей.

Таблица 1. Типоразмеры аккумуляторов

Типоразмеры и их подгруппы		Средний размер, O×h (мм)	Диапазон емкости в мА·ч для	
			Ni-Mh	Ni-Cd
Цилиндрические				
AAA	2/3 AAA	10 x 30	280...300	100...150
	AAA	10 x 44	400...650	180...280
	7/5 AAA	10 x 66	600...800	
AA	1/3 AAA	15 x 18	250...400	110...180
	2/3 AAA	15 x 29	300...600	300...400
	4/5 AAA	15 x 51	600...1200	400...600
	AA	15 x 66	600...1500	500...950
	7/5 AA	15 x 73	1500	1000...1200
AF или A	1/3 AF	17 x 18	350...450	210...250
	1/2 AF	17 x 22	600...1000	550...600
	2/3 AF	17 x 29	800...1500	500...1200
	4/5 AF	17 x 43	1500...1810	1000...1300
	AF	17 x 51	1700...2100	1000...1900
	7/5 AF	17 x 66	2800...3600	1200...2000
Cs или Sub-C	1/2 Cs	23 x 27	1100	600...750
	4/5 Cs	23 x 33	1600...1800	1000
	Cs	23 x 43	1600...2700	1200...2000
	5/4 Cs	23 x 51		2000
C	C	27 x 50	2400...4500	1200...2500
D	1/2 D	34 x 36	3000	1000...2500
	2/3 D	34 x 44	2200...8000	2500
	D	34 x 62		1200...5000
Призматические				
		6 x 17 x 30	300	
		6 x 17 x 48	600	450
		6 x 17 x 67	850	650
		8 x 17 x 30	400	
		8 x 17 x 48	850	650
Дисковые				
		11,5 x 5,4	35	30
		15,4 x 6,3	70	60
		25 x 6,3		170
		25 x 8,6		280

Каждому типоразмеру аккумуляторов соответствуют свои значения диапазона емкостей. Следует обратить внимание, что для типоразмеров AF, AA, AAA, C, Cs, D в обозначении аккумулятора не сообщается, к какой подгруппе типоразмера он принадлежит. Для подобного уточнения следует пользоваться детальными таблицами

или каталогами. Еще одно важное замечание: размеры у разных производителей могут несколько отличаться от указанных (в пределах 1 мм).

После того, как параметры определены, можно переходить к поиску поставщика, который может предложить нужный аккумулятор. У разных производителей и продавцов элементов питания свои подходы к маркировке и наименованиям в прайс-листе, но емкость и группа по размеру, как правило, в маркировке присутствуют. Рассмотрим один из таких примеров маркировки.

Весьма серьезно в области производства аккумуляторов работает фирма "GP Batteries International Limited". На основании ее каталога и составлена таблица 1.

Аккумуляторные батареи производства компании "GP Batteries", являющейся членом "The Gold Peak Industries Group", отличаются долговечностью и надежностью. Продолжительность их работы составляет от 500 до 1000 циклов заряд-разряд. Для того чтобы определить основные параметры аккумулятора или батареи аккумуляторов производства **GP**, следует обратить внимание на их маркировку. Приведем наиболее общую схему системы обозначений для аккумуляторов производства **GP** (см. рис. 1).

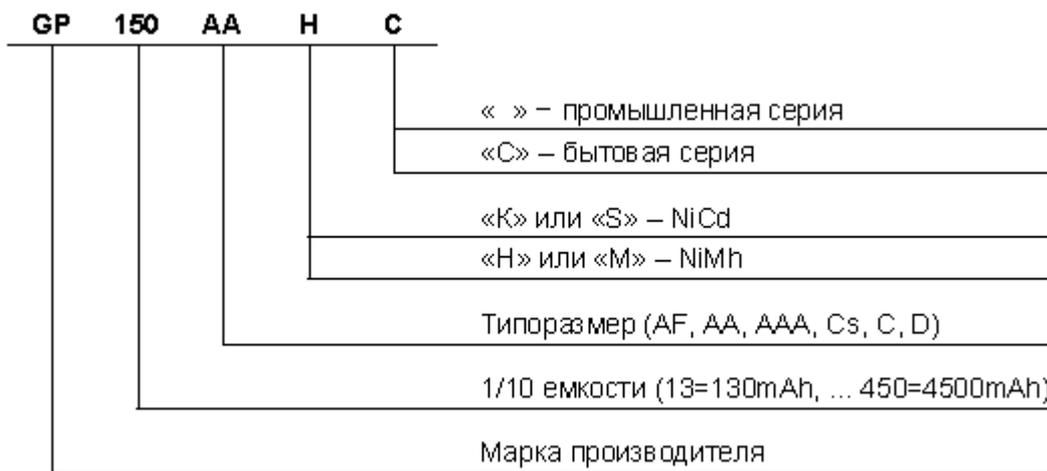


Рис. 1. Общая схема системы обозначений для аккумуляторов производства GP

Для аккумуляторов она состоит из букв "GP" - марки производителя, двух- или трехзначного числа, умножив которое на десять, можно получить значение емкости аккумулятора в мА-ч, далее идет обозначение, состоящее из одной, двух или трех букв, обозначающее типоразмер аккумулятора, и, наконец, буква, обозначающая тип аккумулятора (Ni-Cd или Ni-Mh). Например, "GP150AAH" означает, что Вы держите в руках аккумулятор производства **GP** емкостью 1500 мА-ч, его типоразмер AA. Буква "H" уточняет, что это Ni-Mh аккумулятор, отсутствие на конце буквы "C" свидетельствует, что это аккумулятор промышленной серии. В области производства химических источников тока работает более шестидесяти крупных фирм, имеющих свои производственные мощности в одной или нескольких странах.

На одних и тех же заводах могут производиться элементы питания с различными торговыми марками: от хорошо известных до совершенно новых. От того, какая торговая марка нанесена на корпус, зависит и цена аккумулятора. Естественно, следует остерегаться "дешевых подделок" и не пренебрегать недорогими "неизвестными" марками, если они сделаны качественно. У добротного аккумулятора все надписи сделаны четко. Цена аккумулятора плотно привязана к емкости. При выборе аккумулятора можно ориентироваться и на его вес. Одинаковые по емкости аккумуляторы примерно равны по весу, и этим можно воспользоваться, подбирая замену "родному" аккумулятору. Чем больше емкость, тем больше и вес. По возможности необходимо измерить напряжение на аккумуляторе. Не следует

приобретать аккумуляторы с глубоким разрядом, когда напряжение меньше 0,5 В (если аккумулятор новый, то это саморазряд).

В большинстве случаев ремонт аккумуляторных батарей не предполагает подбор самых дешевых элементов для замены, поскольку устройства, в которых используются аккумуляторы, а это радиосвязь, видеокамеры, ноутбуки, спецтехника, должны достаточно долго и надёжно работать в автономном режиме. Поэтому на первом месте, все-таки, находятся реальная емкость, надежность, срок службы, отсутствие "эффекта памяти". Эти параметры лучше всего поддерживаются известными производителями элементов питания, и именно их продукция предпочтительна для целей ремонта.

УДК 004.3'144:621.314

## Особенности работы блока питания персонального компьютера

Рожко О.В., Викторovich Е.А.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. старший преподаватель.

Блок питания (БП) — устройство, предназначенное для формирования напряжения или нескольких напряжений, необходимого системе, из напряжения электрической сети. Чаще всего блоки питания преобразуют переменный ток (напряжение) сети 220 В частотой 50 Гц (115 В, 60 Гц) в заданный постоянный ток (напряжение).

В персональных компьютерах используются импульсные блоки питания. В линейном блоке применяется большой встроенный трансформатор для формирования напряжений питания различной величины, а в импульсном — генератор высокой частоты для формирования различных напряжений питания. Импульсный блок имеет меньшие размеры, меньший вес и более низкое энергопотребление.

В импульсных блоках питания переменное входное напряжение сначала выпрямляется. Полученное постоянное напряжение используется для питания широтно-импульсного модулятора (ШИМ) (контроллера), драйверов и преобразователя, с помощью которого постоянное напряжение преобразуется в прямоугольные импульсы с заданной частотой и скважностью, подаваемые на трансформатор. В БП могут применяться малогабаритные трансформаторы — это объясняется тем, что с ростом частоты питающего напряжения уменьшаются габариты (площадь сечения) сердечника. В качестве материала сердечника применяется феррит.

Одна из выходных обмоток трансформатора может использоваться для обратной связи. В зависимости от напряжения на ней (например, при изменении тока нагрузки) изменяется частота или скважность импульсов на выходе ШИМ контроллера. Таким образом, с помощью этой обратной связи блок питания поддерживает стабильное выходное напряжение.

В большинстве совместимых блоков питания выходная мощность колеблется от 150 до 350 Вт.

Как правило, блоки питания универсальны. Это значит, что их можно подключать к сети с напряжением 220 В, 50 Гц (подобная сеть существует как в Европе, так и во многих неевропейских странах) или 110-115В, 60 Гц. В большинстве блоков питания предусмотрено автоматическое переключение для работы с входным напряжением 220 В, но в некоторых из них с тыльной стороны необходимо установить переключатель соответственно номиналу напряжения сети (автоматические модули проверяют подводимое напряжение сети и переключаются самостоятельно).

Как правило, для питания цифровых схем (системной платы, плат адаптеров и дисковых накопителей) используется напряжение +3,3 или +5 В, а для двигателей (дисководов и различных вентиляторов)  $\pm 12$  В, + 12 В. Компьютер работает надежно только в том случае, если значения напряжения в этих цепях не выходят за установленные пределы.

По типу ИБП делятся на две категории – однотактные и двухтактные.

Достоинства импульсных БП:

- небольшой вес;
- высокий КПД (до 90-98 %);
- невысокая общая стоимость (достигнуто только в последние десятилетия благодаря массовому выпуску унифицированной элементной базы и разработке ключевых транзисторов высокой мощности);
- повышенная пиковая мощность при сравнимых габаритах;
- широкий диапазон питающего напряжения;
- короткое замыкание на выходе не выводит БП из строя.

Недостатки импульсных БП:

- сложность конструкции;
- высокие требования к качеству компонентов;
- работа основной части схемы без гальванической развязки от сети;
- невозможность (в некоторых случаях) работы без нагрузки (может наступить пробой ключевого транзистора);
- импульсные блоки питания могут создавать высокочастотные помехи в сети;
- низкая надёжность.

В современных схемах импульсных БП всегда имеется защита от выхода из строя БП по причине отсутствия нагрузки. В качестве простейшей защиты, на выходе может быть установлен простой шунтирующий резистор.

Рассмотрим принцип работы блока питания.

Как можно видеть на блок-схеме (рисунок 1), входное напряжение (115 или 220 В переменного тока) поступает на помехоподавляющий фильтр, который обычно состоит из дросселей, конденсаторов малой емкости и разрядного резистора.

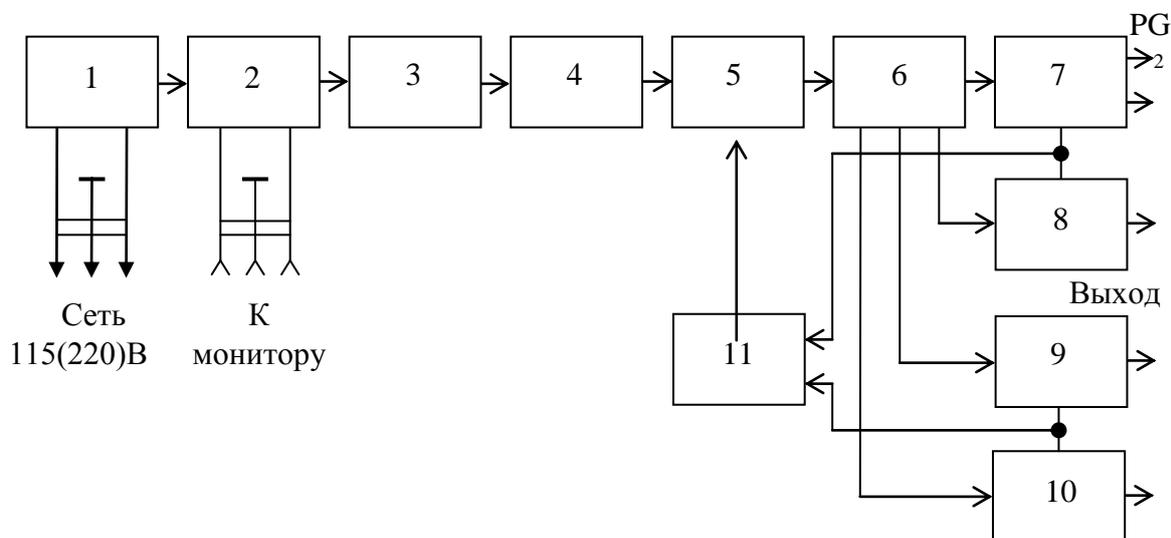


Рисунок 1. Блок схема персонального компьютера: 1 – сетевой фильтр; 2 – двухполюсный выключатель; 3 – высоковольтный выпрямитель; 4 – высоковольтный фильтр; 5 – высоковольтный ключ; 6 – импульсный трансформатор; 7 – канал 5В; 8 – канал 12В; 9 – канал -5В; 10 – канал -12В; 11 – схема управления

Далее напряжение питания поступает на двухполюсный выключатель, который установлен на передней или чаще всего задней стенке компьютера, (с него – на стандартный разъем, к которому подключен стандартный шнур питания монитора), и далее на высоковольтный выпрямитель.

Он представляет собой четыре диода, соединенных по мостовой схеме и "залитых" в пластмассовый корпус. Выпрямленное напряжение поступает на сглаживающий фильтр (скорее всего, это будет пара электролитических конденсаторов емкостью по 200-500 мкФ с указанным максимальным напряжением 400 В (рисунок 2).

Между высоковольтным выпрямителем и высоковольтным фильтром включен выключатель SB1, вынесенный на заднюю стенку БП.

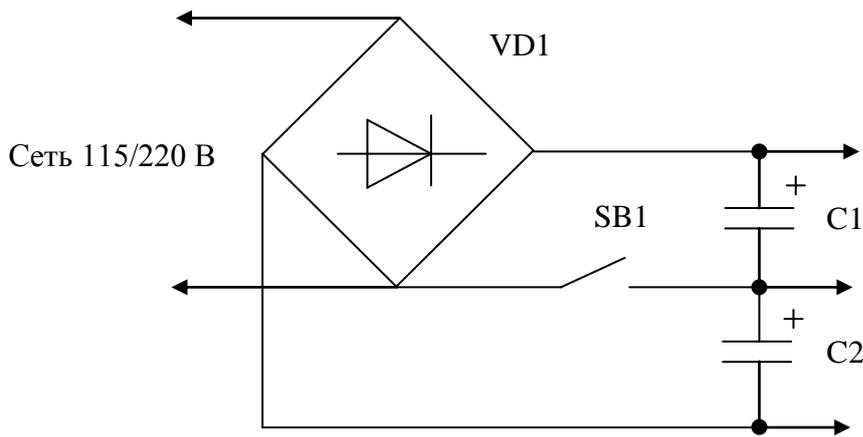


Рисунок 2. Схема высоковольтного выпрямителя с фильтром

В разомкнутом состоянии SB1 схема будет работать как однофазный мостовой выпрямитель с входным напряжением 220 В, который работает на емкость, равную  $C/2$ , а в замкнутом – удвоитель напряжения, входное напряжение для которого должно быть 115 В (это американский стандарт).

Отфильтрованное постоянное напряжение поступает на собранный по одно- или двухтактной схеме высоковольтный транзисторный ключ, который переключается схемой управления с частотой несколько десятков килогерц. Импульсы напряжения поступают на импульсный понижающий трансформатор, на вторичных обмотках которого и получаются напряжения для каналов +5 В (3,3 В), +12 В, -5 В (-3,3 В), -12 В. Каналы эти собираются по стандартным схемам и содержат двухполупериодный выпрямитель (два диода, подключенных к обмотке со средней точкой) и LC-фильтр.

В каналах -5 В (-3,3 В) и -12 В могут применяться интегральные стабилизаторы напряжения. К каналу +12 В обычно подключается вентилятор, который охлаждает БП, а заодно и компьютер, но в портативных моделях для них используется напряжение +5 В (или даже 3,3 В).

Выходные напряжения отслеживаются схемой управления. Блок питания не только вырабатывает необходимое для работы узлов компьютера напряжение, но и приостанавливает функционирование системы до тех пор, пока величина этого напряжения не достигнет значения, достаточного для нормальной работы. Иными словами, блок питания не позволит компьютеру работать при "нештатном" уровне напряжения питания. В каждом блоке питания перед получением разрешения на запуск системы выполняется внутренняя проверка и тестирование выходного напряжения.

Сигнал PG (Power Good), сигнализирующий о том, что напряжения на блоке питания находятся в пределах нормы, представляет собой постоянное напряжение +5 В (3,3 В), которое должно появиться после окончания всех переходных процессов в блоке питания. При отсутствии этого сигнала на системной плате непрерывно вырабатывается сигнал аппаратного сброса процессора, при появлении этого сигнала система начинает нормальную работу.

В компьютерах с более новыми возможностями системной платы (типа ATX, micro-ATX и NLX) предусмотрен другой специальный сигнал. Этот сигнал, называемый PS\_ON, может использоваться программой для отключения источника питания (и, таким образом, всего компьютера). Сигнал PS\_ON используется операционной системой (например, Windows 98), которая поддерживает расширенное управление питанием (Advanced Power Management — APM). Когда вы выбираете команду «Завершение работы» из главного меню, Windows автоматически отключает источник питания компьютера. Система, не обладающая этой особенностью, только отображает сообщение о том, что можно выключить компьютер.

УДК 621.311.243

## Устройство и использование солнечных батарей

Хотеева Д.Г., Чернухо О.Ю., Чипурко З.Н.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. старший преподаватель.

Неотъемлемой частью многих проблем являются энергетические проблемы, которые имеют прямую взаимосвязь со всеми сторонами жизни человечества и поэтому они очень остро ощущаются во всём мире.

Отрасли энергетики разнообразны и их можно так охарактеризовать по видам используемых энергоносителей: ядерная, угольная, газовая, мазутная, гидро-, ветро-, геотермальная, биомассовая, волновая и приливная, градиент-температурная, солнечная.

Мы можем сопоставлять эти отрасли по нескольким показателям: экономическим, экологическим, ресурсным, а также по показателям безопасности и некоторым другим.

Первые попытки использования солнечной энергии на широкой коммерческой основе относятся к 80-м годам нашего столетия. Крупнейших успехов в этой области добилась фирма LOOSE INDUSTRIES (США). Ею в декабре 1989 года введена в эксплуатацию солнечно-газовая станция мощностью 80 МВт. Здесь же, в Калифорнии, в 1994 году введено еще 480 МВт электрической мощности, причем, стоимость 1 кВт·ч энергии составила 7...8 центов. Это ниже, чем на большинстве традиционных станций (Атомные станции США ~ 15 центов за 1 кВт·ч.).

Сегодня для преобразования солнечного излучения в электрическую энергию мы располагаем двумя возможностями: использовать солнечную энергию как источник тепла для выработки электроэнергии традиционными способами (например, с помощью турбогенераторов) или же непосредственно преобразовывать солнечную энергию в электрический ток в солнечных элементах. В значительно более широких масштабах солнечную энергию используют после ее концентрации при помощи зеркал – для плавления веществ, дистилляции воды, нагрева, отопления и т. д.

Гелиоэнергетика (гелио... [греч. Helios солнце] означающая: относящийся к солнцу или солнечным лучам) развивается быстрыми темпами в самых разных направлениях. Солнечными батареями в просторечии называют и электрические и нагревательные устройства.

Простейшее устройство такого рода – плоский коллектор; в принципе это черная плита, хорошо изолированная снизу. Она прикрыта стеклом или пластмассой, которая пропускает свет, но не пропускает инфракрасное тепловое излучение. В пространстве между плитой и стеклом чаще всего размещают черные трубки, через которые текут вода, масло, ртуть, воздух, сернистый ангидрид и т. п. Солнечное излучение, проникая через стекло или пластмассу в коллектор, поглощается черными трубками и плитой и нагревает рабочее вещество в трубках. Тепловое излучение не может выйти из коллектора, поэтому температура в нем значительно выше (на 200–500°С), чем температура окружающего воздуха. В этом проявляется так называемый парниковый эффект. Обычные садовые парники, по сути дела, представляют собой простые коллекторы солнечного излучения. Но чем дальше от тропиков, тем менее эффективен горизонтальный коллектор, а поворачивать его вслед за Солнцем слишком трудно и дорого. Поэтому такие коллекторы, как правило, устанавливают под определенным оптимальным углом к югу.

Более сложным и дорогостоящим коллектором является вогнутое зеркало, которое сосредоточивает падающее излучение в малом объеме около определенной геометрической точки – фокуса. Отражающая поверхность зеркала выполнена из металлизированной пластмассы либо составлена из многих малых плоских зеркал, прикрепленных к большому параболическому основанию. Благодаря специальным механизмам коллекторы такого типа постоянно повернуты к Солнцу – это позволяет

собрать возможно-большее количество солнечного излучения. Температура в рабочем пространстве зеркальных коллекторов достигает 3000°C и выше.

Солнечная энергетика относится к наиболее материалоемким видам производства энергии. Крупномасштабное использование солнечной энергии влечет за собой гигантское увеличение потребности в материалах, а, следовательно, и в трудовых ресурсах для добычи сырья, его обогащения, получения материалов, изготовление гелиостатов, коллекторов, другой аппаратуры, их перевозки. Подсчеты показывают, что для производства 1 МВт в год электрической энергии с помощью солнечной энергетике потребуется затратить от 10 000 до 40 000 человеко-часов. В традиционной энергетике на органическом топливе этот показатель составляет 200-500 человеко-часов.

Популярность и компактность USB-накопителей и карточек на базе флэш-памяти сыграла с ними плохую шутку – накопителей и карточек становится много и понять, на каком из них что записано, становится все сложнее, а места на корпусах для наклеек с подписями довольно мало. Конечно, может выручить наличие небольшого экранчика, но для него необходимо питание, уменьшающее степень автономности «флэшки». Выход – в применении экрана, почти не потребляющего энергию или добавлении в накопитель собственной «электростанции» - например, использующей солнечную энергию.

Наручные часы: применение специального аккумулятора высокой емкости в комбинации с солнечной батареей позволяет уникальным часам работать практически вечно! Про батарейки можно забыть.

Батарея SCN-11/12 позволяет заряжать многие вещи: телефон, аккумуляторы для фотоаппаратов, ноутбуков и т.д.

В отличие от стандартных солнечных батарей, которые сделаны из широких плоских элементов, новые преобразователи выполнены в виде цилиндров. Тонкая плёнка полупроводникового материала (на основе меди, индия, галлия и селена) наносится на стеклянные трубки. Затем она помещается во вторую такую же трубку с электрическими контактами, похожими на те, что используются во флуоресцентных лампах.

Такая форма позволяет увеличить количество поглощаемого света (а значит, и электроэнергию) в течение дня без изменения положения конструкции батарей. Дело в том, что наибольшее поглощение имеет место, если свет падает на пластины под прямым углом, и для плоских ФЭП необходимы специальные системы, отслеживающие положение Солнца. Это дополнительное пространство, сложности в механизме и, как следствие, деньги. Кроме того, на устойчивость установок от Solyndra практически не влияет ветер (по техническим данным, до скорости в 200 километров в час). Охлаждаются они быстрее, что уменьшает рабочие температуры и увеличивает надёжность работы системы. Как следствие, устанавливать их на крышах проще и дешевле (не нужны противовесы), нежели преобразователи с системами слежения за Солнцем. Кстати, расстояние между цилиндрами также увеличивает КПД, так как проходящий через щели свет отражается от крыши здания (а её отражающую способность можно искусственно увеличить с помощью специального белого покрытия) и попадает на ту часть батарей, что находится в течение дня в тени.

Рассмотрим некоторые общие проблемы солнечной энергетике.

Солнечную энергию часто считают беспредельной поскольку она почти повсюду без всякого участия нашей стороны льется мощными потоками. Многих удивляет, почему же тот огромный источник не обеспечивает в изобилии дешевой энергией. Но она, как и энергия других источников, недешева. Любое получение энергии связано с материальными затратами, а затраты на получение солнечной энергии особенно велики. Одним из препятствий широкому использованию солнечной энергии является низкая интенсивность солнечной радиации даже при наилучших атмосферных условиях. Необходимость использования коллекторов огромных размеров делает такой

способ преобразования неэкономичным и ограничивает его возможности удовлетворением относительно небольших энергетических потребностей местного значения. В наиболее развитых странах ежедневная энергетическая потребность на душу населения составляет около 50 кВт·ч. Следовательно, чтобы обеспечить энергией город с населением порядка 100 тыс. человек даже при наиболее эффективном методе преобразования солнечной энергии, нужны коллекторы общей площадью около 5 км<sup>2</sup>. Подобных размеров установка заняла бы всю территорию такого города.

Можно сделать следующие **ВЫВОДЫ**:

Наиболее экономичная возможность использования солнечной энергии, которая просматривается сегодня – направлять ее для получения вторичных видов энергии в солнечных районах земного шара. Широко распространено мнение о том, что практическое использование солнечной энергии — дело отдаленного будущего. Это мнение неверно. Солнечная энергетика уже сегодня могла бы стать альтернативой традиционной. Прежде чем сравнивать различные энергетические технологии по экономическим и другим показателям, нужно определить их действительную стоимость, ведь цены на топливо и энергию многие десятилетия не отражали реальных затрат на их производство. Важная составляющая, не включаемая в тарифы, связана с загрязнением окружающей среды. По многим оценкам, только прямые социальные затраты, связанные с вредным воздействием электростанций (болезни и снижение продолжительности жизни, оплата медицинского обслуживания, потери на производстве, снижение урожая, восстановление лесов, ускоренный износ из-за загрязнения воздуха, воды и почвы и т. д.), составляют до 75% мировых цен на топливо и энергию. По существу, эти затраты общества – своеобразный «экологический налог», который платят граждане за несовершенство энергетических установок. Справедливее было бы включить его в цену энергии для формирования государственного фонда энергосбережения и создания новых, экологически чистых технологий в энергетике.

#### Литература

1. Мэрфи Л. М. Перспективы развития и финансирование технологий использования возобновляемых источников энергии в США // Труды Междунар. конгресса "Бизнес и инвестиции в области возобновляемых источников энергии в России", Москва, 31.05—4.06. 1999. М.: НИЦ "Инженер", 1999. – С. 59–67.
2. Программа США "Миллион солнечных крыш" // Возобновляемая энергия. 1998. – № 4. – С. 7–10.
3. Стребков Д. С. Новые экономически эффективные технологии солнечной энергетике // Труды Междунар. конгресса "Бизнес и инвестиции в области возобновляемых источников энергии в России". М. 1999. – С. 187–208.
4. Бусаров В. Успех поиска путей. Концепция перехода к устойчивому развитию и особенности региональной энергетической политики. - Зеленый мир, 1999, № 16-17.
5. Фугенфилов М.И. Использование солнечной энергии в России // Теплоэнергетика. 1997. – № 4 –. С. 6–12.
6. Бородулин М. Ю. Электротехнические проблемы создания преобразовательных установок для солнечных и ветровых электростанций / Бородулин М. Ю., Кадомский Д.Е. // Электрические станции. – 1997. – № 3. – С.53–57.
7. Интернет-ресурсы:  
<http://www.membrana.ru/articles/simply/2002/07/12/142100.html>  
[http://www.nanometer.ru/2008/02/23/alternative\\_energy\\_6107.html](http://www.nanometer.ru/2008/02/23/alternative_energy_6107.html)  
<http://www.bestgenerator.ru/soln-batar.html>  
[http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная\\_батарея](http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_батарея)

УДК 629.113–759.8

## Разновидности сигнализаций для охраны автомобилей

Алексеев П. В.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. старший преподаватель.

Защитить свой автомобиль от повреждения или угона – это всегда важная задача для каждого его владельца.

Существуют различные простые и сложные устройства защиты и сигнализации для автомобиля.

Простое защитное устройство может представлять собой электронный выключатель "массы". Как подсказывает практика, в целях противопожарной безопасности даже при кратковременных стоянках автомобиля бортовую сеть целесообразно отключать от аккумуляторной батареи.

Такое устройство может, например, состоять из: тиристора марки Т160 (Т200, Т250, Т320), диода В25, или другого типа, рассчитанного на ток заряда аккумулятора и геркона, последовательно включенного с токоограничивающим резистором между анодом и управляющим электродом тиристора. Тиристор выполняет функцию электромагнитного реле, которое срабатывает при наличии даже кратковременного импульса тока, равному току включения на управляющем электроде. Такой сигнал подается при замыкании геркона, установленного в салоне. Тиристор открывается, сопротивление его резко уменьшается, и клемма аккумулятора "-" соединяется с "массой".

Простой тиристор пропускает ток лишь в одном направлении - от аккумуляторной батареи в бортовую сеть. Чтобы аккумулятор мог подзарядиться от генератора, параллельно тиристорам в обратной полярности включен диод.

При выключенном зажигании или заглушенном моторе устройство переходит в "противоугонный" режим. Размещают устройство под капотом в труднодоступном месте, чтобы оно не бросалось в глаза постороннему. Геркон устанавливается в салоне незаметно - на пластмассовой декоративной панели или в любом другом месте. Магнит геркона хранится у водителя.

Можно монтировать на автомобиль и эксплуатировать электронные сторожевые устройства с радиоканалом.

В отличие от широко распространенных звукосигнальных авто-сторожей, сторож с радиоканалом может подавать сигнал тревоги только хозяину (хотя при необходимости способен дублировать радиосигнал громким звуковым и световым сигналами).

Приняв по радиоканалу сигнал тревоги, хозяин предпринимает действия, соответствующие конкретным обстоятельствам.

Сторож с радиоканалом состоит из двух блоков - передающего и приемного.

В передающий блок входят собственно авто-сторож с необходимым набором датчиков, шифратор и передатчик с излучающей антенной. Этот блок монтируют на автомобиле. Источником питания может служить как бортовая аккумуляторная батарея, так и собственная встроенная батарея.

Приемный блок состоит из приемной антенны, приемника, дешифратора и звукового генератора тревожного сигнала. Этот блок выполняют либо в виде миниатюрной карманной конструкции с автономным питанием, либо как настольный высокочувствительный приемник с питанием от сети.

В общем случае при срабатывании авто-сторожа передатчик начинает излучать радиосигнал, модулированный импульсным кодом, формируемым шифратором. Приемник с дешифратором выделяют из массы эфирных сигналов "свой" кодовый сигнал и включают генератор тревожных сигналов.

Реально вариантов организации радиоканала может быть множество из-за многообразия практических задач. Но во всех случаях параметры радиоканала должны удовлетворять техническим требованиям, установленным Государственной инспекцией электросвязи

Введение радиоканала в систему электронной охранной сигнализации резко расширяет ее возможности, потребует от конструктора решения непростой задачи - обеспечить надежное выделение одного радиосигнала среди множества других, в том числе сигналов аналогичного назначения.

Несущая частота передатчика может быть промодулирована импульсным сигналом.

Один из возможных принципов построения шифросигнала, обладающего большой комбинаторной "емкостью", состоит в том, что время, отведенное для передачи, разбивают на равные интервалы - знакоместа, каждому из которых соответствует или «0», или «1». Если за «1» принять наличие высокочастотного излучения в антенне передатчика, а за «0» - его отсутствие, то такой шифросигнал будет иметь вид очень короткого радиотелеграфного сообщения.

Шифратор управляет работой радиопередатчика.

Выделение "своего" шифросигнала на фоне разного рода помех в канале связи возложено на дешифратор.

Важно отметить, чтобы у датчика срабатывания имелся простой метод защиты от ложных срабатываний в условиях помех, например при ветровом или ином воздействии, за счет использования нескольких идентичных датчиков. Так, в автомобиле, для которого источником помех оказывается не только ветер, но и флуктуации давления воздуха от мимо проезжающего автотранспорта, кроме основного датчика, устанавливаемого в салон автомобиля, еще один вспомогательный датчик выносится во внешнее пространство. При отсутствии помех срабатывает только внутренний датчик, а при ветре или помехе от проезжающего транспорта срабатывают оба датчика, и наружный датчик блокирует внутренний.

При соблюдении этих условий охранное устройство на его основе, снабженное радиопередатчиком или подключаемое к телефонной линии или GSM -телефонии, может быть оперативно задействовано любым человеком, не имеющим специальной подготовки. Некоторая квалификация требуется лишь для его подсоединения к уже существующей системе охраны для расширения ее функциональных возможностей, например решения задачи защиты периметра объекта, невосприимчивости системы к домашним животным или для своевременного включения камер видеонаблюдения до проникновения нарушителя внутрь автомобиля.

В настоящее время системы защиты автомобиля – это комплекс электронных и механических противоугонных средств, использующий для определения координат автомобиля глобальную навигационную систему GPS, а для контроля и управления дуплексную радиосвязь, диалоговые алгоритмы шифрования и возможности сети GSM.

Автомобильные сигнализации StarLine защищены от интеллектуального взлома диалоговым кодированием радиосигнала брелка, управляющего сигнализацией.

Суть диалоговых алгоритмов заключается в том, что команды управления поступают только после многократного обмена посылками - математическими задачками между основным блоком управления и брелком – передатчиком. Таким образом, сканирование любой из этих посылок кодграббером не позволяют в дальнейшем использовать результат сканирования для отключения сигнализации. Индивидуальные шифры для каждого экземпляра защищают от угрозы утечки алгоритма с производства.

Для преодоления сопротивления охранного комплекса StarLine угонщику придется подавить сигналы спутникового GPS, передатчиков GSM, разгадать диалоговый алгоритм команд радиоуправления.

А после этого найти несколько иммобилайзеров - невидимок, управляемых дистанционно транспондерной диалоговой картой на частоте 2,4 ГГц.

Новые модели StarLine обеспечивают надежную связь благодаря узкополосному приемо-передатчику с частотно-модулированными сигналами и программно-перестраиваемой частотой приема и передачи.

Одна из надежных видов сигнализаций в России является охранная система компании «Цезарь Сателлит». Её специалисты решили, что для защиты автомобиля сигнализацией, прежде всего, необходимо защитить саму сигнализацию. Поэтому новая противоугонная система Cesar Tracker работает в «спящем» режиме, что существенно снижает риск её обнаружения сканером, она не производит звуковых, равно как и световых сигналов, дабы не выдавать своего расположения. С этой же целью система имеет минимум подключений к электропитанию, кроме того, она располагает и собственным источником энергоснабжения, следовательно, даже снятый аккумулятор угонщикам не поможет. Точно так же как и украденный брелок с ключами – охранник Tracker работает без первого и второго.

Хотя если видно, что сигнализация присутствует, чаще всего, эту машину не пытаются угонять (правда это касается в основном не дорогих автомобилей).

Ну а все остальное функциональное содержание инновационного сторожа – это уже знакомые, однако, от этого не менее полезные системы. В частности GSM с двойным радиоканалом, оставляющая за преступниками локационный след вплоть до подземных гаражей. В помощь GSM дается работающий на других частотах маяк, который сообщает группе быстрого реагирования «Цезарь-Сателлит» о точном положении автомобиля.

#### Литература

1. [www.ultrastar.ru](http://www.ultrastar.ru)
2. [www.forum.autolife.by](http://www.forum.autolife.by)
3. [www.inventions2006.narod.ru](http://www.inventions2006.narod.ru)
4. [www.dimasen.narod.ru](http://www.dimasen.narod.ru)

УДК 620.92+621.548

## Использование ветровой энергии

Трегубова Д.С., Костевич Е.С., Кукса Т.А.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. старший преподаватель.

Огромна энергия движущихся воздушных масс. Ветры, дующие на просторах нашей страны, могли бы легко удовлетворить все ее потребности в электроэнергии! Почему же столь обильный, доступный да и экологически чистый источник энергии так слабо используется? В наши дни двигатели, использующие ветер, покрывают всего одну тысячную мировых потребностей в энергии.

По оценкам различных авторов, общий ветроэнергетический потенциал Земли равен 1200 ГВт, однако возможности использования этого вида энергии в различных районах Земли неодинаковы. Среднегодовая скорость ветра на высоте 2030 м над поверхностью Земли должна быть достаточно большой, чтобы мощность воздушного потока, проходящего через ориентированное вертикальное сечение, достигала значения, приемлемого для преобразования в напряжение с нужными параметрами.

Ветроэнергетическая установка, расположенная на площадке, где среднегодовая удельная мощность воздушного потока составляет около  $500 \text{ Вт/м}^2$  (скорость воздушного потока при этом равна  $7 \text{ м/с}$ ), может преобразовать в электроэнергию около  $175 \text{ Вт}$  из этих  $500 \text{ Вт/м}^2$ .



Рисунок 1

Новейшие исследования направлены на получение все большего количества электрической энергии из энергии ветра. Стремление освоить производство ветроэнергетических машин привело к появлению на свет множества таких агрегатов.

Некоторые из них достигают десятков метров в высоту, и, как полагают, со временем они могли бы образовать настоящую электрическую сеть (рисунок 1).

Сооружаются ветроэлектрические станции преимущественно постоянного тока. Ветряное колесо приводит в движение динамо-машину генератор электрического тока, который одновременно заряжает параллельно соединенные аккумуляторы. Аккумуляторная батарея автоматически подключается к генератору в тот момент, когда напряжение на его выходных клеммах становится больше, чем на клеммах батареи, и также автоматически отключается при противоположном соотношении.



Рисунок 2

Сейчас созданы самые разнообразные прототипы ветроэлектрических генераторов (точнее, ветродвигателей с электрогенераторами).

Одни из них похожи на обычную детскую вертушку (рисунок 2), другие на велосипедное колесо с алюминиевыми лопастями вместо спиц. Существуют агрегаты в виде карусели или же в виде мачты с системой подвешенных друг над другом круговых ветроуловителей, с горизонтальной или вертикальной осью вращения, с двумя или пятьюдесятью лопастями.

В проектировании установки самая трудная проблема состояла в том, чтобы при разной силе ветра обеспечить одинаковое число оборотов пропеллера. Ведь при подключении к сети генератор должен давать не просто электрическую энергию, а только переменный ток с заданным числом циклов в секунду, т. е. со стандартной частотой 50 Гц. Поэтому угол наклона лопастей по отношению к ветру регулируют за счет поворота их вокруг продольной оси: при сильном ветре этот угол острее, воздушный поток свободнее обтекает лопасти и отдает им меньшую часть своей энергии.

При использовании ветра возникает серьезная проблема: избыток энергии в ветреную погоду и недостаток ее в периоды безветрия. Как же накапливать и сохранить впрок энергию ветра? Простейший способ состоит в том, что ветряное колесо движет насос, который накачивает воду в расположенный выше резервуар, а потом вода, стекая из него, приводит в действие водяную турбину и генератор постоянного или переменного тока. Существуют и другие способы накопления электроэнергии, и проекты: начиная от обычных, хотя и маломощных аккумуляторных батарей до раскручивания гигантских маховиков или нагнетания сжатого воздуха в подземные пещеры и вплоть до производства водорода в качестве топлива. Особенно перспективным представляется последний способ. Электрический ток от ветроагрегата разлагает воду на кислород и водород. Водород можно хранить в сжиженном виде и сжигать в топках тепловых электростанций по мере надобности.

УДК.621.113-759.8

## Водородная энергетика

Авдеева Е.И., Досько О.В., Задера С.В.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. старший преподаватель.

Научно-технический прогресс невозможен без развития энергетики, электрификации. Для повышения производительности труда первостепенное значение имеет механизация и автоматизация производственных процессов, замена человеческого труда машинным трудом. Но подавляющее большинство технических средств механизации и автоматизации (оборудование, приборы, ЭВМ) имеет электрическую основу. Особенно широкое применение электрическая энергия получила для привода в действие электрических моторов. Мощность электрических машин (в зависимости от их назначения) различна: от долей ватта (микродвигатели, применяемые во многих отраслях техники и в бытовых изделиях) до огромных величин, превышающих миллион киловатт (генераторы электростанций).

Человечеству электроэнергия нужна, причем потребности в ней увеличиваются с каждым годом. Вместе с тем запасы традиционных природных топлив (нефти, угля, газа и др.) конечны. Конечны также и запасы ядерного топлива – урана и тория, из которого можно получать в реакторах плутоний. Поэтому важно на сегодняшний день найти выгодные источники электроэнергии, причем выгодные не только с точки зрения дешевизны топлива, но и с точки зрения простоты конструкций, эксплуатации, дешевизны материалов, необходимых для постройки станции, долговечности станций.

### **Водородная энергетика является одной из самых перспективных.**

Водород, самый простой и легкий из всех химических элементов, можно считать идеальным топливом. Он имеется всюду, где есть вода. При сжигании водорода образуется вода, которую можно снова разложить на водород и кислород, причем этот процесс не вызывает никакого загрязнения окружающей среды. Водородное пламя не выделяет в атмосферу продуктов, которыми неизбежно сопровождается горение любых других видов топлива: углекислого газа, окиси углерода, сернистого газа, углеводородов, золы, органических перекисей и т. п. Водород обладает очень высокой теплотворной способностью: при сжигании 1 г водорода получается 120 Дж тепловой энергии, а при сжигании 1 г бензина – только 47 Дж.

Водород можно транспортировать и распределять по трубопроводам, как природный газ. Трубопроводный транспорт топлива – самый дешевый способ дальнейшей передачи энергии. К тому же трубопроводы прокладываются под землей, что не нарушает ландшафта. Газопроводы занимают меньше земельной площади, чем воздушные электрические линии. Передача энергии в форме газообразного водорода по трубопроводу диаметром 750 мм на расстояние свыше 80 км обойдется дешевле, чем передача того же количества энергии в форме переменного тока по подземному кабелю. На расстояниях больше, чем 450 км трубопроводный транспорт водорода дешевле, чем использование воздушной линии электропередачи постоянного тока.

Водород – синтетическое топливо. Его можно получать из угля, нефти, природного газа либо путем разложения воды. Согласно оценкам, сегодня в мире производят и потребляют около 20 млн. т водорода в год. Половина этого количества расходуется на производство аммиака и удобрений, а остальное – на удаление серы из газообразного топлива, в металлургии, для гидрогенизации угля и других топлив. В современной экономике водород остается скорее химическим, нежели энергетическим сырьем.

Сейчас водород производят главным образом (около 80%) из нефти. Но это

неэкономичный для энергетики процесс, потому что энергия, получаемая из такого водорода, обходится в 3,5 раза дороже, чем энергия от сжигания бензина. К тому же себестоимость такого водорода постоянно возрастает по мере повышения цен на нефть. Небольшое количество водорода получают путем электролиза. Производство водорода методом электролиза воды обходится дороже, чем выработка его из нефти, но оно будет расширяться и с развитием атомной энергетики станет дешевле. Вблизи атомных электростанций можно разместить станции электролиза воды, где вся энергия, выработанная электростанцией, пойдет на разложение воды с образованием водорода. Правда, цена электролитического водорода останется выше цены электрического тока, зато расходы на транспортировку и распределение водорода настолько малы, что окончательная цена для потребителя будет вполне приемлема по сравнению с ценой электроэнергетики.

Сегодня исследователи интенсивно работают над удешевлением технологических процессов крупнотоннажного производства водорода за счет более эффективного разложения воды, используя высокотемпературный электролиз водяного пара, применяя катализаторы, полунепроницаемые мембраны и т. п.

Большое внимание уделяют термолитическому методу, который (в перспективе) заключается в разложении воды на водород и кислород при температуре 2500 °С. Но такой температурный предел инженеры еще не освоили в больших технологических агрегатах, в том числе и работающих на атомной энергии (в высокотемпературных реакторах пока рассчитывают лишь на температуру около 1000°С). Поэтому исследователи стремятся разработать процессы, протекающие в несколько стадий, что позволило бы вырабатывать водород в температурных интервалах ниже 1000°С.

В 1969 г. в итальянском отделении «Евратома» была пущена в эксплуатацию установка для термолитического получения водорода, работающая с к.п.д. 55%, проходящий при температуре 730°С. При этом использовали бромистый кальций, воду и ртуть. Вода в установке разлагается на водород и кислород, а остальные реагенты циркулируют в повторных циклах. Другие – сконструированные установки работали – при температурах 700–800°С. Как полагают, высокотемпературные реакторы позволят поднять к.п.д. таких процессов до 85%. Сегодня мы не в состоянии точно предсказать, сколько будет стоить водород. Но если учесть, что цены всех современных видов энергии проявляют тенденцию к росту, можно предположить, что в долгосрочной перспективе энергия в форме водорода будет обходиться дешевле, чем в форме природного газа, а возможно, и в форме электрического тока.

Когда водород станет столь же доступным топливом, как сегодня природный газ, он сможет всюду его заменить. Водород можно будет сжигать в кухонных плитах, в водонагревателях и отопительных печах, снабженных горелками, которые почти или совсем не будут отличаться от современных горелок, применяемых для сжигания природного газа.

Как мы уже говорили, при сжигании водорода не остается никаких вредных продуктов сгорания. Поэтому отпадает нужда в системах отвода этих продуктов для отопительных устройств, работающих на водороде. Более того, образующийся при горении водяной пар можно считать полезным продуктом – он увлажняет воздух (как известно, в современных квартирах с центральным отоплением воздух слишком сух). А отсутствие дымоходов не только способствует экономии строительных расходов, но и повышает к. п. д. отопления на 30%.

УДК 615.47:681.51

## Применение микропроцессоров в медицинской технике

Чернухина А.В.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. старший преподаватель.

В наше время компьютер является неотъемлемой частью нашей жизни и поэтому применяется в различных отраслях народного хозяйства и, в частности, в медицине.

Слово «компьютер» – означает вычисление, т. е. устройство для вычислений. При создании компьютеров в 1945 г. знаменитый математик Джон Фон Нейман писал, что компьютер это универсальное устройство для обработки информации. Первые компьютеры имели большие размеры и поэтому использовались в специальных условиях. С развитием техники и электроники компьютеры уменьшились до малогабаритных размеров, уместающихся на обычном письменном столе, что позволяет использовать их в различных условиях (кабинет, автомобиль, дипломат и т. д.).

Современный компьютер состоит из трех основных частей: системного блока, монитора и клавиатуры и дополнительных приспособлений – мыши принтера и т. д.

Но, по сути, все эти части компьютера являются «набором электронных схем». Компьютер сам по себе не обладает знаниями ни в одной области применения. Все эти знания сосредоточены в исполняемых на компьютере программах. Это аналогично тому, что для воспроизведения музыки не достаточно одного магнитофона – нужно иметь кассеты с записями, лазерные диски. Для того, чтобы компьютер мог осуществлять определенные действия, необходимо составить для него программу, т. е. точную и подробную последовательность инструкций, на понятном компьютеру языке, как надо обрабатывать информацию. Меняя программы для компьютера, можно превращать его в рабочее место бухгалтера, конструктора, врача и т. д.

Медицина на современном этапе из-за большого количества информации нуждается в применении компьютеров: в лаборатории при подсчете формулы крови, при ультразвуковых исследованиях, на компьютерном томографе, в электрокардиографии и т. д.

Применение компьютеров и компьютерных технологий в медицине можно рассмотреть на примере одной из городских больниц.

Рабочее место секретаря – здесь компьютер используется для печати важных документов и хранения их в памяти (годовые отчеты, заявки, приказы); в бухгалтерии больницы с помощью компьютеров начисляется заработная плата; в администрации производится учет инвентарного оборудования; в приемном отделении производится учет поступающих больных и их регистрация по отделениям. С помощью компьютерной внутрибольничной сети производится учет, хранение и расход медикаментов по больнице. У врачей появилась возможность с помощью Интернета пользоваться современной литературой. Компьютерные технологии часто используются в электрокардиографии, рентгенологии, эндоскопии, ультразвуковых исследованиях, лаборатории.

Проанализировав вышесказанное можно сделать вывод, что использование компьютеров в медицине безгранично.

На рубеже XXI века компания «Акусон» создала принципиально новый способ получения ультразвуковой информации – Технологию Когерентного Формирования Изображений. Эта технология рекомендована в платформе «Секвойя» и использует 512 (Sequoiy 512) или 256 (Sequoiy 256) электронных приемно-передающих каналов, принцип формирования множественных лучей, а также сбор, кодирование и обработку информации, как об амплитуде, так и о фазе отраженного сигнала.

Существующие системы, работающие по принципу построения изображения «по лучу», не используют информацию о фазе отраженного эха, т. е. обеспечивают лишь половину информационной емкости сигнала. Только с появлением технологии Sequoia™ стало возможным получить ультразвуковые изображения, основанные на использовании полной ультразвуковой информации об объекте, содержащейся не только в амплитуде, но и в фазе ультразвукового эха. Абсолютное превосходство данного типа исследования уже не вызывает сомнения, особенно при сканировании пациентов с избыточным весом. Теперь стало возможным использовать вторую гармонику без введения контрастных препаратов и не только в кардиологии, но и в общей визуализации и в сосудистых применениях. При этом используются все режимы сканирования.

Новыми разработками компании являются также датчики с расширенным диапазоном сканирования. В настоящее время доступный для сканирования стал рубеж от 1 до 15 МГц. Таким образом, глубина проникновения ультразвука достигает уже 36 см, а, используя технологию множественных гармоник в одном датчике, можно добиться прекрасного качества изображения на любой глубине, вплоть до оценки ультраструктуры слоев кожи.

Очень важным представляется создание цифровой ультразвуковой лаборатории. Это позволяет управлять потоками информации, передавать ее по локальным сетям, хранить и обрабатывать. Производится запись на сменный магнитно-оптический диск, как в статическом формате, так и в режиме произвольно выбранного по длительности сеанса, – контролировать работу ультразвукового аппарата через персональный компьютер, осуществлять связь с другими ультразвуковыми аппаратами через глобальную сеть Интернет (модемная связь – Web Pro ©).

Для платформы ASPEN™ и других корпорация «Акусон» разработала перспективный пакет новых возможностей визуализации – “Perspective Advanced Display Option”, работающих в трех режимах. Free Style™ – технология широкоформатного сканирования в режиме «свободной руки – freehand», без каких-либо ограничений по времени и позиции датчика. 3D fetal assessment surface rendering и 3D organ assessment volumetric rendering – трехмерная оценка состояния поверхности и объема внутренних органов тела человека.

Применение такого ультразвука позволило выявлять опухоли клеточно-почечного рака. Одной из важнейших задач при выявлении злокачественных опухолей является их дифференциальная диагностика от доброкачественных образований различной природы.

Врач и инженер С. Д. Калашников был ведущим специалистом в области ядерного медицинского приборостроения. Он разработал специальный проект миниатюрной транспортабельной гамма камеры – камеры на основе полупроводникового детектора с компьютером – ноутбуком. Уже сегодня проводятся экспериментальные образцы малогабаритных гамма – камер с небольшой массой.

Магнитный резонанс в медицине – это на сегодня большая область медицинской науки. Магнитно-резонансная томография (МРТ), магнитно-резонансная ангиография (МРА) и МР – *in vivo* спектроскопия (МРС) являются практическими применениями этого метода в радиологической диагностике. Но этим далеко не исчерпывается значение магнитного резонанса для медицины. Магнитно-резонансные спектры отражают процессы метаболизма. Нарушения метаболизма возникают, как правило, до клинической манифестации заболеваний. Поэтому на основе магнитно-резонансной спектроскопии биологических жидкостей (кровь, моча, спинномозговая жидкость, амниотическая жидкость, простатический секрет и т. д.) стараются развивать методы скрининга множества заболеваний.

Применение миниатюрных микропроцессоров, предназначенных для решения узконаправленных задач, без применения большой клавиатуры, позволило еще больше уменьшить вес и размеры специализированных медицинских приборов. Это многообразные тонометры для измерения артериального давления, как с ручной накачкой воздуха до требуемой величины, так и полностью автоматические. Миниатюрные глюкометры, содержащие микропроцессорные блоки обработки для измерения содержания сахара в крови, позволяют вовремя больному оценить свое состояние в домашних условиях и при необходимости принять медицинские препараты.

УДК 621.397.13.037.37

## Особенности работы цифрового телевидения

Белый А.Н., Апанасевич А.С.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. старший преподаватель.

Цифровое телевидение постепенно появляется все в большем количестве стран мира. Аналоговый телевизионный сигнал передается закодированным особым образом.

Кодирование, собственно, – это совокупность операций, выполняемых по определенным правилам и призванных заменить исходный сигнал иным, в данном случае цифровым со стандартизованными параметрами. Основными операциями являются поэлементная дискретизация и квантование.

Дискретизация может быть кадровой (кино), когда производится разбиение непрерывно меняющегося события на последовательность статических изображений. Следующая ступень – строчная дискретизация, когда каждый из кадров разбивается на отдельные строки. Попутно заметим, что телевидению, использующему для транспортировки визуальной информации потребителю одномерные радио и электрические каналы, строчная дискретизация понадобилась для согласования исходного сообщения – двухмерного изображения – с одномерным каналом доставки. Поэлементная дискретизация является наиболее полной и предусматривает дальнейшее разбиение строк на отдельные отсчеты – мгновенные значения аналогового сигнала, берущиеся в определенные моменты времени. Поэлементную дискретизацию, уже в силу специфики воспроизведения, использует, к примеру, цветное телевидение – ведь точки люминофора масочного кинескопа – те же отсчеты.

В результате поэлементной дискретизации аналоговый телевизионный сигнал заменяется последовательностью коротких импульсов (отсчетов), величина которых пропорциональна мгновенному значению телевизионного сигнала в соответствующий отсчету момент времени. Полоса частот, занимаемая телевизионным сигналом, относится к его стандартным характеристикам. Для того чтобы дискретизация не привела к потерям информации, интервалы или частота следования отсчетов должна быть не меньше теоретического предела, равного удвоенному значению верхней граничной частоты полосы сигнала. Для европейского стандарта разложения эта частота составляет около 12,5 МГц. Рекомендация МККР 11/601 стандартизовала частоту 13,5 МГц.

Следующей операцией цифрового кодирования, как отмечалось, является квантование – преобразование непрерывной шкалы уровней каждого отсчета в дискретную. Таким образом, выполняется еще одна операция дискретизации – уровневая. Интервалы, разделяющие два соседних порога, называют шагом квантования. Шаг квантования может быть постоянным (линейная шкала) или переменным (нелинейная шкала). Число порогов квантования – величина стандартизуемая. В Рекомендации МККР 11/ 601 принято число  $256 = 2^8$ . Каждому порогу приписывается определенный номер. Для записи этих номеров в двоичном исчислении нужны 8-ми разрядные числа. Таким образом, вместо отсчетов мы имеем содержащее 8 позиций кодовое слово, в котором "1" соответствует импульс, "0" - его отсутствие. Эти значащие позиции кодовых слов и называют битами. К битам, несущим информацию об уровне отсчета, добавляются (или могут быть добавлены) служебные, в частности проверочные, для защиты от ошибок, биты.

Чтобы пояснить некоторые специфические особенности цифрового кодирования и соответствующие параметры сигнала, сейчас полезно обратиться к формуле Шеннона. Ее упрощенный вариант, адаптированный к рассматриваемому вопросу, выглядит так:

$$П = О \times \ln(C/Ш),$$

где  $\Pi$  – означает результирующий цифровой поток;  $O$  – частота отсчетов сигналов яркости и цветности, передаваемое за секунду;  $\ln$  — натуральный (по основанию  $e$ ) логарифм;  $C/\text{Ш}$  — отношение сигнал/шум.

Квантование сопровождается необратимым искажением сигнала, часто называемым шумом квантования, по уровню сопоставимым с величиной порога (линейной шкалы). Важно, чтобы уровень естественных шумов в канале был близок по уровню к шумам квантования. Если шумы квантования заметно выше естественных, квантование вносит недопустимые искажения и, соответственно, потерю части информации. Напротив, при пороге ниже естественного шума квантование излишне подробно и ведет к соответствующему перерасходу технических средств и вполне материальным потерям. В нашем случае  $C/\text{Ш} = 256$  или 48 дБ, что хорошо согласуется с уровнем шумов большинства серийных камер. Существенное улучшение параметров ПЗС матриц и цепей обработки сигналов в камерах в последнее время привело к дальнейшему снижению уровня шумов до 60 дБ или к  $C/\text{Ш} = 1000$ , а значит потребовало 10-ти разрядного квантования. Поэтому в образцах цифровой аппаратуры последних выпусков ведущие фирмы предусматривают именно эту разрядность квантования.

Вернемся к формуле Шеннона и попробуем разобраться в величине информационного потока, считая в соответствии с Рекомендацией 601, что квантование 8-ми разрядное. В составе телевизионного сигнала вместе с информацией о яркости передается и информация о цвете. Рекомендация 601 устанавливает, что на каждые 4 отсчета яркости должны передаваться по 2 отсчета цветоразностных сигналов, иными словами – поток 4:2:2. И яркостный, и цветоразностные сигналы дискретизируются с одной частотой - 13,5 МГц, а значит  $O = 13,5 \times 2 = 27$  МГц. Поэтому, по формуле Шеннона информационный поток составит  $\Pi = 27 \times 8 = 216$  Мбит/с. Самая плотная упаковка битами канала передачи соответствует примерно 1,5 бит на один период колебаний электромагнитного поля, а значит, для доставки названного информационного потока необходима полоса не менее 140 МГц. Приведенные расчеты преследуют одну цель – показать центральную проблему, с которой в первую очередь сталкиваются все, кто переходит от аналоговых средств к цифровым средствам.

Итак, за удовольствие перейти к цифровому кодированию в телевидении приходится расплачиваться примерно 20-кратным расширением полосы, занимаемой сигналом. За этим стоит ворох очень не простых проблем. Самая очевидная проблема – быстроедействие. До начала 80-х годов схемы, способные работать со скоростями, нужными для цифрового телевидения, практически отсутствовали. Понадобилась подлинная революция в микроэлектронике, чтобы такие скорости стали доступными. Следующая проблема состояла в резком росте элементной массы аппаратуры. Действительно, там где в аналоговом телевидении мы имеем один отсчет, в цифровом их не менее 8. Рост элементной массы сопровождается очевидным ростом энергопотребления. Добавим к этому понятное снижение надежности, рост эксплуатационных расходов, объема аппаратуры. Перечень малоприятных следствий можно продолжить, но и сказанного достаточно, чтобы понять основные аргументы скептиков начала 80-х и причины, по которым цифровые технологии первоначально получили лишь ограниченное распространение в телевидении.

И все же были, и не в малом количестве, энтузиасты, доказывающие необходимость и неотвратимость перехода к цифре. На что же, способное противостоять столь серьезным аргументам, они опирались? Чтобы пояснить позиции оптимистов, присмотримся к некоторым особенностям цифрового сигнала. Цифровой сигнал – это жестко позиционированный поток импульсов, в котором и наличие импульса, и его отсутствие являются параметрами значащими. При этом форма импульса, строго говоря, значения не имеет. Важно лишь, чтобы в процессе передачи или обработки он не был бы искажен до степени, препятствующей принятию решения об его наличии или отсутствии. Любое искажение формы аналогового сигнала -

ошибка, в цифровом – это несущественно в довольно широких пределах. Более того, каждая операция с цифровым сигналом сопровождается регенерацией импульсов.

Высокая защищенность от помех и искажений в канале – очень серьезный аргумент, все значение которого специалисты оценили сразу же. Укажем только на одно (но далеко не единственное) следствие этого. Лучшее, что удалось достичь в аналоговой магнитной видеозаписи – это 4-5 последовательных копий, а цифровая запись выдерживает сотни копий без видимых потерь качества сигнала. Профессионалам не надо долго рассказывать, насколько серьезно такое преимущество.

Аналоговые сигналы для своей обработки требуют большого числа строго специализированных схем, пригодных для решения только одной, раз определенной задачи, и по этой причине уникальны. В цифровых системах набор используемых операций и соответствующих микросхем невелик. Поясним указанное аналогией с различными системами письма. Иероглифы – символы понятий, действий, аналоги предметного мира, который отражают. Поэтому, соответствующее письмо требует огромного массива в десятки, если не сотни тысяч знаков. Буквенные системы письма, в которых символы полностью абстрагированы от отображаемых понятий и объектов, обходятся относительно небольшим набором символов и, соответственно, операций (правил грамматики), с помощью которых формируется сообщение. В процессе исторического развития именно экономия в символах и операциях позволила буквенному письму одержать, если и не полную, то вполне убедительную победу.

Сопоставляя аналоговые и цифровые технологии, мы сталкиваемся с чем-то подобным. Компьютеры, устройства цифрового телевидения оперируют лишь двумя символами: "0" и "1". При этом полный набор возможных функций (в математике и кибернетике их называют функциями Буля) – 16. Из них реально используются не более 4. В итоге, цифровые устройства, специализированные для решения разных задач, по внутренней архитектуре обычно почти неразличимы, а их специализация чаще всего достигается за счет периферии. Высокая степень универсализации цифровых устройств не только на модульно-блочном, но даже на элементном и операционном уровнях – огромное преимущество. Правда сказалось оно далеко не сразу, впрочем как и буквенное письмо не сразу доказало свои преимущества перед иероглифическим и слоговым.

Интересно сравнивать под микроскопом изображения поверхности аналоговых и цифровых микросхем. В первом случае поражаешься невообразимой путанице соединений и элементов, во втором – наблюдаешь поражающую воображение ритмичную и, впрочем, однообразную картину. Последнее верно даже для специализированных цифровых микросхем. При прочих равных условиях периодические или близкие к периодическим структуры проектировать и изготавливать значительно легче и дешевле, чем структуры с уникальным рисунком. Не так очевидно, но для таких структур технологически достижимы меньшие размеры и для отдельных элементов. Короче говоря, на одном стандартном чипе можно разместить существенно (сейчас на порядок и даже выше) больше активных элементов цифровой микросхемы, чем аналоговой. То же самое можно сказать и об удельном энергопотреблении, рассчитанном на один элемент. Именно в этом и состоит сущность технологической революции, в итоге которой цифровая техника, еще относительно недавно отпугивавшая своими размерами и энергопотреблением, сейчас вписывается в стандартные размеры аналоговой аппаратуры и ее энергопотребление и даже приближается к ней по стоимости.

#### Литература

1. Резников М.Р. Радио и телевидение вчера, сегодня, завтра. – М.: Связь, 1977. – 95с.
2. Шамшин В.А. Телевидение. // Электросвязь. – 1975. – №9. – С.1.
3. <http://www.mpt.gov.by>
4. <http://www.electroname.com>
5. <http://www.ref.by>

УДК 621.397.13.037.37

## История развития цифрового телевидения

Апанасевич А.С., Белый А.Н.

Научный руководитель Михальцевич Г.А. старший преподаватель.

В марте 1982 г. на 15 Пленарной ассамблее Международного консультативного комитета по радио (МККР) была утверждена Рекомендация 11/601 "Параметры цифрового кодирования для телевизионных студий". Энтузиасты предсказывали скорую технологическую революцию в теле-производстве, сопоставимую с той, которую вызвало появление видеозаписи, а может быть и более кардинальную. Казалось, что эти надежды основательны и вскоре были подкреплены атакой русских и французов. Так год спустя, специалисты ВНИИТ в Женеве на выставке "Телеком" первыми в мире показали образец цифровой студии. Несколько позже французы, также впервые, в г. Рене сдали в эксплуатацию цифровой телецентр. Однако сразу же выявились серьезные недостатки цифрового оборудования, о которых предупреждали скептики, – серьезный рост аппаратной массы, потребляемой энергии и, соответственно, стоимости.

Прошедшие пятнадцать лет отмечены, в немалой степени и по названным выше причинам, ограниченным внедрением цифрового оборудования в аналоговые технологии, в основном там, где цифровое кодирование позволяет решать задачи, недоступные или трудноразрешимые аналоговыми средствами. В частности, только на базе цифровых средств удалось кардинально решить проблему транскодирования. Знакогенераторы, блоки видеоэффектов теперь исключительно цифровые устройства.

Процесс встраивания отдельных цифровых устройств в аналоговое окружение продолжается. Однако события последнего времени, связанные с выходом на более высокие уровни интеграции в элементной базе цифровой техники и появлением нового поколения телевизионной техники, в том числе форматов цифровой видеозаписи, резко изменили оценку места и значения цифровых средств вещания. В настоящее время уже можно говорить о реальности полной цифровизации телевидения и радиовещания. Что же произошло? Что цифровизация несет с собой? На эти и многие другие вопросы, которые могут возникнуть, мы постараемся ответить ниже, предварительно определив, что же такое цифровое кодирование сигналов,

Любая экранная зрелищная система – кино, телевидение, видео - использует в той или иной степени дискретизацию. Однако далеко не очевидно, что изображение можно разбить на отдельные элементы, а затем вновь собрать, почти ничего не теряя. Наше восприятие противится этому.

К мысли, что статическое изображение можно дискретизовать и составить из отдельных элементов, людей давно подготовила живопись – ведь мазки кисти или элементы мозаики те же дискретные элементы изображения. Еще дальше пошла полиграфия, осваивая технологию передачи полутонов. Именно здесь впервые появился точечный растр и даже цифровое кодирование.

Труднее всего оказалось постижение возможности дискретизации времени, а именно возможности передачи движения последовательностью статических изображений, т.е. того, что мы сейчас называем кадровой дискретизацией

Признанные пионеры телевидения - португалец Де Перейра и наш И. Полумордвинов. П. Нипков создал известный диск – первое реально работавшее устройство строчной развертки. После этого довести идею дискретизации до полного завершения - поэлементной дискретизации изображений и цифрового кодирования по уровню было уже совсем просто, оставалось только подождать, когда техника будет к этому готова.

В конце прошлого века американский математик Уиттекер доказал одну любопытную теорему, которая очень многое, в том числе в дискретизации, объяснила.

Суть этой теоремы в следующем. Любая функция, любое явление локализованное в ограниченной области пространства, могут быть представлены, (а фактически имеют) дискретным набором состояний. Таким образом, по Уиттекеру все конечное дискретизовано изначально - это настолько фундаментальное свойство, что для его доказательства достаточно средств чистой математики.

У теоремы Уиттекера есть множество приложений, среди которых важно вспомнить о двух. Первое – это теорема В.Котельникова, утверждающая, что сигнал с ограниченной полосой частот может быть представлен или передан с помощью дискретного набора отсчетов. В применении к изображениям то же самое можно сказать и об изображениях с конечной площадью – они также могут быть переданы дискретным набором отсчетов. Вторая, заслуживающая упоминания теорема, носит имя Шеннона и утверждает нечто, прямо относящееся к обсуждаемой теме. Шеннон показал, что любое конечное сообщение может быть представлено в цифровой форме, и при этом содержит конечное число информационных единиц.

Итак, дискретизация запрограммирована свыше и является естественным свойством – в нашем случае любого ограниченного сообщения, представленного, например, изображением или звуковыми сигналами.

С расстояния в 4-5 высот экрана, а именно оно является оптимальным для действующих стандартов вещания, угол под которым мы видим расстояние, разделяющее соседние строки, приблизительно равен угловому разрешению глаз. Последнее означает, что изображение на экране полностью заполняет пространство восприятия, за исключением области между зрителем и экраном. Если зритель расположен к экрану ближе, то различима строчная структура изображения. С рассматриваемых позиций это значит, что воспроизводимое пространство меньше воспринимаемого, не используемый объем при этом заполняется в данном случае шумом дискретизации. Когда зритель размещен дальше оптимального расстояния, воспроизводимое пространство выходит за границы воспринимаемого, в итоге часть информации (о деталях) теряется. Интересно, что телевидение высокой четкости (приблизительно с удвоенным числом строк разложения) надо интерпретировать как вполне понятную попытку заполнения части неиспользуемого пространства между зрителем и экраном. Действительно, для ТВЧ оптимальным расстоянием является 2-3 высоты экрана.

Лет пятнадцать-двадцать назад размеры отдельных элементов на аналоговых и цифровых микросхемах почти не различались. Поэтому рост элементной массы в цифровых схемах вел к указанным выше нежелательным последствиям. Однако однотипность и минимальный набор требуемых операций и соответствующей элементной базы в конечном итоге вылились в существенные технологические преимущества.

Начиная с 1995 года во многих странах мира началось активное внедрение цифрового спутникового и кабельного телевидения. С 1998 года, в буквальном понимании, началась цифровая технологическая революция в сфере телерадиовещания и связи. В мире, начиная с Великобритании, началось внедрение новейших эффективных цифровых технологий стандарта DVB-T в эфирном (наземном) телерадиовещании. Активно продвигается DVB-T в других странах мира.

Регулярное вещание в Великобритании началось 15 ноября 1998 года в стандарте DVB-T.

Факторы, сдерживающие развитие цифрового телевидения: жесткая конкуренция со стороны спутникового и кабельного ТВ; ограничения, наложенные государственными регулирующими органами на параметры передачи.

Факторы, содействующие развитию цифрового телевидения: принятый срок прекращения аналогового телевизионного вещания; субсидирование абонентского приемного оборудования.

Ожидается также перспектива резкого уменьшения цен на set-top-box (цифровые приемные декодеры-приставки к аналоговым телевизорам). Изображение выводится на обычный телевизор, звук – на домашнюю стереосистему, файлы – на персональный компьютер и т. д. При наличии обратного канала и специального программного обеспечения телезритель получает возможность выбирать любую из предлагаемых дополнительных услуг ЦТВ. Здесь, кроме традиционных телепередач, абоненту предлагается, не вставая с кресла у телевизора, принимать и отправлять электронные и факсимильные сообщения; работать с базами данных; участвовать во всевозможных голосованиях и опросах; покупать товары и услуги по кредитной карте и т. п.

На поле битвы за ЦТВ основными соперниками сегодня являются европейский стандарт DVB, американский ATSC и японский ISDB.

В США Основная ставка развития цифрового телевидения сделана здесь на телевидение высокой четкости (ТВЧ). Поэтому в стандартной полосе телеканала телевещатели передают только одну телепрограмму, но программу, в которой и изображение, и звук только высшего качества. Понятно, что, поскольку ресурс использован для обеспечения ТВЧ-вещания, то ничего дополнительного в этот канал «впихнуть» уже не удастся.

Стандарт DVB-T, безусловно, более гибок, он позволяет телевещателю выбирать скорость передачи, параметры модуляции и кодирования. Низкоскоростные режимы могут быть использованы для увеличения дальности приема без увеличения мощности передатчика, а также для мобильного сервиса. За эти возможности приходится расплачиваться либо уменьшением числа телепрограмм в телеканале, либо понижением их качества. Японский ISDB очень похож на DVB и представляет собой некий разумный компромисс между двумя предыдущими. Он еще более гибок, главной его целью декларируется интерактивность и интеграция всех служб вещания.

Что касается качества изображения, то поскольку все три стандарта используют один метод компрессии MPEG-2, при прочих равных условиях качество они должны обеспечивать одинаковое. Это в корне отличает цифровое телевидение от аналогового, где картинка SECAM заметно хуже той же картинки PAL. Кроме того, для ЦТВ вопрос «Что лучше?» совершенно неуместен. Ведь если в аналоговом телевидении способ кодирования цвета и модуляция влияют на качество изображения, то в цифровом ТВ от метода модуляции и кодирования зависит лишь надежность приема, и если прием обеспечен, то картинка всегда получается «чистой» (без сетки, муара, снега и пр.). В противном случае изображение рассыпается на пиксели, и мы имеем просто надпись «нет сигнала» на темном экране. Таким образом, для телезрителя безразлично, по какому цифровому стандарту происходит доставка изображения к телевизору, поскольку качество сигнала у зрителя будет определяться только качеством его приемника. Это будет определяться не стандартом, а набором предлагаемых услуг.

Что касается частот, то тут имеется две возможности. Обе они предусматриваются уже упоминавшейся «Концепцией». Первая – использовать новые полосы, где телевидения пока нет, а именно, как предусмотрено Регламентом радиосвязи, – в диапазоне 800 МГц. Вторая – переход на цифру в «традиционных» дециметровых вещательных каналах.

В конце 90-х годов основная ставка была сделана на диапазон 800 (726–862 МГц).

В Великобритании, например, цифровое телевидение ведут в дециметровых каналах, расположенных между каналами аналогового вещания. По правилам на одной территории не могут одновременно работать аналоговые телепередатчики в смежных, зеркальных, гетеродинных каналах. Таким образом, из имеющегося ресурса каналов пока можно использовать, в лучшем случае, чуть больше трети. В Австралии канал ТВЧ в стандарте DVB-T работает на частоте (191,25 МГц); в Италии сообщалось об успешном опыте вещания в горной местности в радиусе 50 км от Милана при помощи 40-ваттного передатчика в 38 канале; в Испании вещают ЦТВ в 26 канале.

Мы знаем, что цифровые системы позволяют зрителю получить идеальные копии аудио- и видеопрограмм. Ее можно собрать на внешних носителях, домашних медиа серверах, специальных цифровых устройствах, оснащенных программным обеспечением, позволяющим идентифицировать телепрограммы.

УДК 621.311

## Энергосберегающие технологии в строительстве

Александровский Д.А., Денисов А.В.

Научный руководитель Можар В.И., к.т.н., доцент

Проблема энергосбережения с каждым годом становится все более актуальной. Ограниченность энергетических ресурсов, высокая стоимость энергии, негативное влияние на окружающую среду, связанное с ее производством, - все эти факторы невольно наводят на мысль, что разумней снижать потребление энергии, нежели постоянно увеличивать ее производство. Во всем мире уже давно ведется поиск путей уменьшения энергопотребления за счет его рационального использования. Несколько лет назад и в Беларуси началось формирование такого понятия, как энергосберегающая политика. Одним из самых активных потребителей энергии в нашей стране является строительный комплекс. Как показывает опыт, возможностей экономии энергии в данной сфере великое множество. Одна из наиболее действенных – энергосберегающие технологии в строительстве. Известно, что построенные за последние 30 лет здания имеют низкую энергоэффективность.

Европейские строители оттачивают энергосберегающие и энергоэффективные технологии в соответствии с требованиями Евросоюза. Так, с 2010 года в странах Евросоюза предполагается строить дома только с низким потреблением энергии. После 2012 года в массовом порядке будут возводиться пассивные дома, в 2015-2020 годах в ЕС стоит задача строить дома с «нулевой энергией», а с 2025-го – «энергия плюс».

Пример добросовестного исполнения директивы ЕС показывает Финляндия. Страна уже в 2008 году начала постепенно выполнять требования ЕС по теплоизоляции зданий, а с 2010-го полностью перейдет на работу по стандартам Евросоюза. Температура в Финляндии бывает очень низкая, в Лапландии зимой опускается до минус 40-50 градусов, поэтому значительная часть энергии уходит на отопление зданий. Также есть другая проблема – старый жилой фонд, который потребляет много энергии, очень медленно обновляется. Но реновация старого жилого фонда в Финляндии предполагает использование энергосберегающих технологий. Причем частным лицам для реконструкции их домов государство планирует выделять субсидии.

Сейчас в Финляндии набирает популярность строительство так называемых пассивных домов – зданий, для энергообеспечения которых достаточно 20-30% обычной нормы. В этих домах особую важность приобретают системы энергообеспечения, а также количество потребляемой энергии и эффективность ее использования. Чтобы строить целые районы, необходимы дополнительные системы, которые позволят забирать излишки энергии, вырабатываемой предприятиями, и использовать одну и ту же энергию дважды. Например, горячую воду. Также разрабатываются системы, которые могут использовать разницу в температуре грунтов. По данным финских исследователей, отопительные системы пассивного дома позволяют экономить до 85% энергии. Строительство энергоэффективных домов обходится в Европе на 5-10% дороже сооружения обычного дома. Однако в дешевизне эксплуатации не надо сомневаться: уже появляются дома, потребляющие только 10% от энергетических нормативов. Первый пассивный дом – с малым энергопотреблением, отапливаемый при помощи тепла, выделяемого его жильцами, бытовыми приборами и альтернативными источниками энергии, – появился примерно 20 лет назад в Германии. Сейчас на территории Западной Европы насчитывается более двух тысяч пассивных домов – вновь построенных и реконструированных. Помимо Германии разработка и строительство энергоэффективных домов активно ведется в Скандинавских странах – Дании, Норвегии и Швеции. Некоторые строительные

проекты становились своеобразными полигонами для внедрения и отработки новых технологий.

Приоритет при внедрении энергоэффективных строительных технологий надо отдавать уже построенным домам. Исследования сейчас в основном сосредоточены в области нового строительства, но большинство домов, в которых нам предстоит жить в течение следующих десятилетий, уже возведены. Поэтому нужно больше думать о реновации жилищ, чем даже о новых проектах. Существующие постройки могут быть превращены в энергоэффективные дома, при этом дополнительные издержки от внедрения инноваций составляют от 50 до 140 евро на кв.м, но эти расходы окупаются во время эксплуатации здания. На современном этапе, внедрение энергоэффективных технологий в массовом жилищном строительстве может быть реализовано только при государственной поддержке, поскольку у строителей отсутствует стимул для внедрения более дорогих материалов. По оценкам многих западноевропейских специалистов, одним из главных факторов, сдерживающих внедрение энергосберегающих технологий на постсоветском пространстве, является удорожание строительства на 8-12% в расчете на кв.м. На Западе «интеллектуальным» считается здание, в котором реализована интеграция около сорока инженерно-технологических систем. Для этих домов актуальны такие понятия, как контрольная панель - «мозг» сооружения, детекторы дыма, датчики и извещатели, пульта управления и репитеры. Разработок подобного рода отечественным проектировщикам осваивать пока не приходилось. Основная задача белорусских специалистов - проектирование «умного» дома с точки зрения рационального использования ресурсов и обеспечения жильцам комфортных условий обитания. Строительство объектов такого типа достаточно хорошо отработано в Германии. Первое здание там было построено еще в 1993 году. Но следует отметить, что немцы начали экспериментальное строительство с домов коттеджного типа, затем перешли на трех и четырехэтажные здания. Сейчас же максимальная высотность таких сооружений достигает не более пяти этажей, то есть возводятся только небольшие сооружения.

Заказчик же первого белорусского энергоэффективного дома ОАО «МАПИД» поставил перед проектировщиками одно основное условие - объект должен быть многосекционным, девятиэтажным, причем типовое планировочное решение должно остаться без изменений, сохранив технологическую оснастку. Поэтому возведенный четырехсекционный панельный дом в Минске по ул. Притыцкого, 107 общей площадью около 10 тыс. м<sup>2</sup> - первое энергосберегающее здание, аналогов которому нет не только в Беларуси, но и на всей территории СНГ. В «умном» доме установлена управляемая система теплоснабжения здания. Опыт работы с таким устройством уже был - около десяти лет назад была использована автоматическая система отопления, но тогда она позволяла экономить лишь до 15% тепла. Нынешняя модель управления позволяет поквартирно учитывать теплопотери, соответственно, жильцы могут самостоятельно регулировать температуру в помещении. В здании внедрена система приточновытяжной вентиляции принудительного типа. Не секрет, что в обычном здании 50% тепла уходит именно через вентиляцию. К тому же при появлении в домах герметичных стеклопакетов качество воздуха в квартирах резко снижается - повышается влажность, влекущая за собой сырость и появление грибка. Суть новой системы заключается в том, что тепло удаляемого воздуха забирается теплообменником и остается в помещении, а приточный воздух нагревается. Причем воздух равномерно распределяется по всей квартире. Учитывая высокую загазованность, логично не использовать потоки воздуха с первых этажей, поэтому в воздухообменнике используются потоки, начиная с четвертого этажа. Необходимо добавить, что система позволяет жильцу регулировать приток воздуха: если человек покидает квартиру, можно выставить дежурный режим воздухообмена. Также было решено отказаться от стандартных стеклопакетов, были разработаны супертеплые окна по новой технологии. Для сравнения: обычный стеклопакет имеет сопротивление

теплопотере 0,6 условных единиц, а новый - 1,2 единицы, то есть он в два раза эффективнее сохраняет тепло. Объемы строительства энергосберегающего жилья в Беларуси не сравнимы с европейскими показателями: если в Беларуси общая площадь таких построек составляет 10 тыс. м<sup>2</sup>, то в Европе она достигла 10 млн м<sup>2</sup>. Планируется, что к 2015 году в западных странах будет введен стандарт на подобные проекты, что повлечет массовое сооружение энергоэффективных зданий.

О необходимости реализации энергосберегающих проектов говорят уже на протяжении многих лет. Одних волнует вопрос экономии энергоресурсов, других - непосредственная связь их массового внедрения в Беларуси с увеличением стоимости на жилье. Специалисты подтверждают повышение ценового сегмента таких сооружений в пределах 7-10% на м<sup>2</sup>. В то же время они успокаивают: время окупаемости увеличенной стоимости за счет экономии тепла не превысит 56 лет. Это не единовременные затраты, и перспектива очевидна: чем дороже будут энергоносители, тем быстрее окупится дом, ведь в эксплуатации он экономичнее других зданий в три раза, так как энергия, которая к нему подводится, направлена на эффективное использование.

#### Литература

1. БСГ. Строительная газета № 18 , 2008

УДК 621311

## Малая гидроэнергетика в Республике Беларусь

Лихацкий Г.Н.

Научный руководитель Мажар В.И., к. т. н, доцент.

В восьмидесятые годы во многих странах мира повысился интерес к освоению как не традиционных возобновляемых энергоресурсов - солнечной, геотермальной, ветровой энергии, так и традиционных, к которым в первую очередь относится гидравлическая энергия рек. Это обусловлено постоянно растущими затратами на добычу минерального топлива и сокращением его запасов, увеличением потребления минерального топлива неэнергетическими отраслями народного хозяйства, ужесточением требований к охране окружающей среды и связанным с ним ограничением возможностей размещения тепловых (ТЭС) и атомных (АЭС) электростанций, особенно в населенных районах.

Важным резервом развития энергетики является строительство малых ГЭС (МГЭС). В странах СНГ имеются давние традиции строительства и эксплуатации малых ГЭС. Интерес к массовому использованию энергии малых рек возник в 30-е годы, когда наряду со строительством первых крупных ГЭС развернулось сооружение малых ГЭС для нужд сельского хозяйства. В 1930-40 г.г. отечественные специалисты разработали стандартизированные ряды гидротурбин средней и малой мощности, а также основные принципы проектирования, строительства и эксплуатации МГЭС. К 1941г установленная мощность МГЭС достигла 38 МВт.

Второй этап массового строительства приходится на конец 40-х - начало 50-х годов, когда в СССР, США, Франции, Японии и других странах строилось уже тысячи малых ГЭС. В 1959 г. суммарная мощность сельских ГЭС превысила 480 МВт, а выработка электроэнергии - 1 млрд.кВт часов. После этого - вновь спад, в результате которого практически во всех странах сотни и тысячи малых ГЭС были выведены из эксплуатации и либо законсервированы, либо ликвидированы. Главной причиной спада были значительные успехи в развитии большой энергетики на базе крупных тепловых, гидравлических и атомных станций и электросетевого строительства.

На втором этапе на смену прежним примитивным гидромеханическим установкам прошлого века пришли столь совершенные гидравлические турбины, что многие из них даже сегодня, после 50 лет эксплуатации, по существу отвечают современным требованиям по коэффициенту полезного действия (КПД), долговременности и надежности. Факт, который, пожалуй, не имеет аналогов в других областях техники.

Однако, станции, оборудованные столь совершенными гидроагрегатами, имели ряд недостатков, главными из которых были высокая удельная стоимость строительства, присущая всем мелким энергообъектам по сравнению с крупными, и относительно многочисленный обслуживающий персонал из-за низкого уровня механизации.

На новом, третьем этапе современные достижения в области автоматики и средств управления позволят преодолеть некоторые недостатки - сделать малые ГЭС полностью автоматизированными. Есть основания предполагать, что дальнейшее совершенствование технических решений по основным гидросооружениям и повышение индустриализации строительства позволит найти приемлемые решения, улучшающие экономические показатели малых ГЭС.

Важным в определении стратегии освоения гидроэнергоресурсов в Республике Беларусь может быть изучение зарубежного опыта в этой области. Возобновившийся интерес к МГЭС явился, в основном, следствием энергетического кризиса 1973...1975 г.г., заставившего развитые страны поставить задачу достижения максимальной независимости от импортных источников энергии.

Серьезное внимание строительству МГЭС, созданию типовых проектов их конструкции и дешевого стандартизированного гидротурбинного оборудования уделяется в таких странах с традиционно развитой гидроэнергетикой, как США, Франция, Швейцария, Япония, Чехия, а также КНР, Великобритания и в ряде других.

Больших успехов в области строительства МГЭС достигли восточноевропейские страны. В Чехии получены значительные результаты в типизации строительных конструкций и унификации гидротехнического оборудования, включая разработку номенклатуры гидротурбин для МГЭС. В стране эксплуатируется 118 МГЭС суммарной мощностью 128 МВт и 140 мини-ГЭС суммарной мощностью 46 МВт (1988г.)

В Венгрии МГЭС работают с оборудованием, изготовленным по собственным и лицензионным проектам.

Начиная с 1977 года, в США разработано несколько правительственных программ возможного увеличения мощности и выработки малыми ГЭС за счет строительства новых, модернизации и расширения существующих. Одна из программ предусматривает сооружение МГЭС (в США) суммарной мощностью: к 2000г. - 2000МВт, к 2020г. - 5000МВт, что позволит получить на них около 200 млрд.кВт ч. электроэнергии и сберечь 60 млн.т условного топлива.

В Швеции действуют 1200 МГЭС, предполагается еще построить 250 МГЭС мощностью 100...1500 кВт.

Во Франции рассматривается возможность сооружения еще 1000 МГЭС.

В Японии к настоящему времени практически не осталось неиспользованных рек для строительства высоко- и средненапорных ГЭС, поэтому большое внимание уделяется проектированию ГЭС с напором менее 25м с установкой на них горизонтальных прямоточных агрегатов.

Удельный вес мощности МГЭС в объединенных энергосистемах развитых стран мира невелик. Вместе с тем, если принять во внимание большую роль гидроэлектростанций в обеспечении надежности работы энергосистемы, станет понятным целесообразность использования наряду с крупными ГЭС мощности малых ГЭС. Имеются прогнозы, что мощность МГЭС в США в перспективе может достигнуть 50% мощности всех иных ныне действующих ГЭС.

Мировой опыт проектирования и строительства МГЭС показывает, что основными направлениями повышения их экономичности являются: отказ от индивидуального проектирования основных сооружений и технического оборудования, переход на применение типовых проектов с использованием унифицированных элементов строительных конструкций и применение серийного, преимущественно полностью автоматизированного технолого-гического оборудования. Такой подход обеспечивает экономию капитальных и эксплуатационных затрат на 12...30%.

На территории Беларуси начало строительства малых ГЭС относится к 1935 году, а в 1938 году дала ток первая в республике ГЭС "Новый Шлях" на р.Усяже Минского района мощностью 35 кВт.

Энергетическое освоение рек в республике в 40...50-ых годах получило развитие лишь за счет использования малых рек. Самой крупной ГЭС является Осиповичская мощностью 2,2 тыс. кВт, затем Чигиринская мощностью 1,5тыс. кВт. Мощность государственных ГЭС составляла порядка 200... 700 кВт., колхозных и межколхозных - 50...200кВт.

Всего в республике построено и действовало 179 гидроэлектростанций общей установленной мощностью около 21,0 тыс. кВт и выработкой электроэнергии - 88 млн. кВт ч.

В настоящее время более 95% ранее построенных малых ГЭС списано. Большинство из них составляет мелкие ГЭС мощностью 50...100 кВт, принадлежавшие колхозам и совхозам.

По состоянию на 1.01.98 года в системе постоянно работало 12 малых ГЭС суммарной мощностью 6,9 тыс. кВт.

В 1988...89 годах обследовано 15 малых ГЭС системы Белэнерго, в том числе 6 МГЭС действовавших и 9 списанных. Оценка обследованных малых ГЭС показало: большинство действующих ГЭС имеет изношенное оборудование, которое может выйти из строя в любое время, на списанных ГЭС оборудование либо вышло из строя, либо демонтировано, гидротехнические сооружения требуют реконструкции, многие находятся в аварийном состоянии.

Так возможность маневрирования затворами и отсутствие должной эксплуатации привело на Яновской ГЭС Островецкого района весной 1994 года к прорыву земляной плотины, что нанесло значительный ущерб народному хозяйству района.

На Тетеринской ГЭС Круглянского района произошло откалывание монолитного бетонного бычка и только случайность спасла от обрушения бычка и от катастрофического сброса водохранилища.

На территории Беларуси выделены 6 водохранилищ при техническом потенциале более 500 тыс. кВт.ч. в год со следующими удельными затратами на 1 кВт мощности (в ценах 1984 года):

Вилейское в-ще	Э=3,87 млн.кВт.ч.	К.уд= 138руб/кВт
Ольховское в-ще	Э=1,16 "-	К.уд=928 "-
Комсомольское озеро	Э=1,34 "-	К.уд=256 "-
Солигорское в-ще	Э=1,64 "-	К.уд=423 "-
Локтыши	Э=0,30 "-	К.уд=1086 "-
Любанское в-ще	Э=0,45 "-	К.уд=1296 "-

Суммарная установленная мощность по 6 водохранилищам составит 4,07тыс. кВт (по Вилейскому в-щу Нуст=1,9тыс.кВт) и суммарная выработка 8,7 млн.кВт. ч. Преобладающие напоры на рассмотренных ГЭС составляют 3 - 10м.

Потенциальная мощность среднегодового стока с территории республики оценивается в размере 989 тыс.кВт, в том числе мощность рек - 854 тыс.кВт. Потенциальная энергия среднегодового стока равна соответственно 8,7 и 7,4 млрд.кВт.часов. В настоящее время используется только 17,7 млн.кВт.ч. Потенциал в 148 млн.кВт.часов пригоден к техническому использованию, при этом экономия условного топлива составит 44,3 тысяч тонн в год.

В соответствии с Рабочим планом разработки технико-экономического расчета по более широкому использованию гидроэнергетики в республике ( поручение СМ БССР от 6 августа 1987 года N14) институт "Белгипроводхоз" принял участие в разработке разделов ТЭР целесообразности восстановления, реконструкции и технического перевооружения гидроэлектростанций, принадлежащих Белглавэнерго, касающихся гидротехнической и строительной частей гидроузла. Проведен краткий анализ существующих напорных водохранилищ и прудов для размещения на них малых ГЭС. Изучены имеющиеся материалы по потенциальным возможностям гидроэнергетических ресурсов республики, наличия гидромеханического и энергетического оборудования. В 1993... 1996 годах институтом разработана необходимая проектно-сметная документация на реконструкцию и восстановление Добромысленской, Рачунской и Тетеринской ГЭС.

Из-за отсутствия финансирования и необходимой номенклатуры гидросилового оборудования реконструкция существующих ГЭС ведется низкими темпами. К настоящему времени только 8 малых ГЭС реконструированы (Жемыславльская ГЭС Вороновского р-на, ГЭС Войтовщина Гродненского р-на, Гонолес Минского р-на, Клястицкая ГЭС Россонского р-на, Лохозвинская ГЭС Барановичского р-на, Тетеринская ГЭС Круглянского района, Богинская ГЭС Браславского р-на, Добромыслянская ГЭС Лиозненского р-на).

Ведется проектирование и строительство малой ГЭС на Вилейском водохранилище Вилейского р-на, Ольховской ГЭС и Яновской ГЭС Островецкого

р-на, Гомельской ГЭС Полоцкого р-на, Рачунской ГЭС Сморгонского р-на, Новоселковской ГЭС Дятловского р-на, Лукомльской ГЭС Лиозненского р-на.

На реконструированных ГЭС произведена замена электрического и гидроэнергетического оборудования и проведен капитальный ремонт гидротурбин. Однако восстановление существующего оборудования не соответствует современной концепции выработки на ГЭС максимального количества электроэнергии при минимальных эксплуатационных затратах. Оборудование громоздкое, материалоемкое, сложное в эксплуатации.

Современное гидроэнергетическое оборудование в виде моноблоков ГЭУ-100, не требующее постоянного присутствия эксплуатационного персонала, разработанное и выпускаемое Промышленным союзом «Энергия» г.Гродно, проходит испытание на Яновской и Ольховской ГЭС Островецкого района.

#### **Литература**

1. Володин В.В., Хазановский П.М. «Энергия, век двадцать первый: Научно-художественная литература». – М.: Дет. лит., 1989г.
2. Андрижиевский А.А., Володин В.И. «Энергосбережение и энергетический менеджмент». – Мн: «Высшая школа» 2005г.
3. Журнал «Экономика Беларуси» - №3(4)/2005г.
4. Щавелев Ю. С. И др. – 2-е изд. – Л.: Энергоиздат, 1981г.

УДК 69:620.9.004.18

## Мероприятия по снижению потерь электроэнергии в строительстве

Шевяго Е. Ю.

Научный руководитель Мороз Р. Р., к. т. н., доцент

Мероприятия по снижению потерь энергии подразделяются на две группы: к первой относятся технические решения, предусматриваемые в проектах электроснабжения и электрооборудования, ко второй мероприятия, осуществляемые в процессе эксплуатации. Из мероприятий первой группы можно отметить правильный выбор местоположения и принципиальной схемы сети, количества и расположения питающих и распределительных пунктов и щитков внутри зданий, количества отходящих питающих и групповых линий, мероприятия по резервированию и меры по обеспечению надежности, автоматизацию и некоторые другие; ко второй группе можно отнести мероприятия по повышению пропускной способности сети, прокладку дополнительных параллельных линий или замену существующих проводов и кабелей на проводники большего сечения, перевод сети на более высокое напряжение, в частности на 660 В; установку компенсирующих и симметрирующих устройств. Перечисленные мероприятия следует отнести к области реконструкции, поскольку они требуют определенных капиталовложений.

Ко второй группе относятся и мероприятия, не требующие серьезных капиталовложений: выравнивание нагрузок фаз, выбор оптимальных точек токораздела, частичное изменение схемы и конфигурации сети (без прокладки новых линий), оперативное отключение части трансформаторов в периоды снижения нагрузок, поддержание оптимального уровня напряжения в сети путем регулирования на питающих центрах (под нагрузкой), правильная постановка учета энергии, расходомерной потребителями и т.д.

Нужно отметить, что мероприятия, при которых обеспечивается минимум приведенных затрат, как правило, обеспечивают и наименьшие потери мощности и энергии во всех элементах сети. Остановимся на некоторых мероприятиях и оценим их с точки зрения сокращения потерь в сети, прежде всего внутренней сети зданий.

Важное значение имеет правильный выбор местоположения и количество вводно-распределительного устройства (ВРУ) и числа отходящих линий.

В жилых домах ВРУ надо располагать в секции, ближайшей к питающей тяговой подстанции. Как показывают расчеты, указанные количества ВРУ и линий обеспечивают не только наименьшие приведенные затраты и капиталовложения, но и более удобные условия эксплуатации и минимальные потери энергии. Сложившаяся практика устройства на каждые две–три секции отдельного ВРУ приводит к перерасходам средств и уменьшению жилой площади, поскольку ВРУ размещаются на первых этажах жилых домов.

Существенное значение имеет **ВЫБОР ЭКОНОМИЧНОЙ СХЕМЫ ВЕРТИКАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ (СТОЯКОВ)**. Число стояков, подключаемых к одной питающей линии, не ограничивается.

Существенное значение имеет **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ПОТЕРЬ НАПРЯЖЕНИЯ МЕЖДУ ОТДЕЛЬНЫМИ УЧАСТКАМИ ПИТАЮЩИХ ЛИНИЙ**, при котором получают наименьшие приведенные затраты и потери энергии.

Важнейшее значение при проектировании городской электрической сети имеет **РАСПОЛОЖЕНИЕ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ (ТП)**. Тяговая подстанция должна быть расположена как можно ближе к месту, где находятся потребители максимальной мощности, так как при этом существенно уменьшаются приведенные затраты.

**ПЕРЕВОД СЕТЕЙ НА ПОВЫШЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ** дает большой экономический эффект. Нормы требуют перевода всех сетей на напряжение 220/380 В, для этого в трансформаторных подстанциях заменяются трансформаторы, а внутри

зданий заменяются счетчики, лампы электрического освещения и устанавливаются автотрансформаторы для бытовых приборов, не снабженных переключателями.

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА НАРЯЖЕНИЯ** является эффективной мерой для обеспечения нормального режима работы сети и приемников в зданиях. Качество напряжения зависит от многих факторов, в частности от режима и характера работы электроприемников, баланса реактивной мощности, схемы электроснабжения и режима напряжения в сети высокого напряжения, наличия автоматического регулирования и компенсации реактивной мощности.

**СНИЖЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРУЗОК ФАЗ** обеспечивает уменьшение потерь энергии в сети, однако устранить полностью асимметрию практически невозможно из-за случайного характера включения электроприемников.

УДК 621.3

## Исследование несимметричных режимов трёхфазных цепей с изолированной нейтралью

Назаркин Н.А.

Научный руководитель Розум Т.Т., к. т. н, доцент

Условия симметрии в трёхфазных цепях с изолированной нейтралью могут не выполняться в силу различных причин. В результате происходит смещение потенциала нейтральной точки  $n$  приёмника относительно центра треугольника линейных напряжений, и симметрия фазных напряжений нарушается.

Рассмотрим простую методику графоаналитического исследования режимов работы трёхфазной цепи. Класс решаемых задач ограничен случаем, когда:

$$\underline{Z}_A = m z e^{j\varphi}; \quad m = \text{var}; \quad \varphi = \text{var}; \quad \underline{Z}_B = \underline{Z}_C = Z e^{j\alpha} = \text{const.}$$

Выражение напряжения смещения нейтрали

$$\underline{U}_{nN} = \frac{\underline{E}_A \underline{Y}_A + \underline{E}_B \underline{Y}_B + \underline{E}_C \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C}$$

после подстановки комплексных ЭДС и проводимостей, несложных преобразований и нормирования приводится к виду:

$$\underline{U}'_{nN} = \frac{\underline{U}_{nN}}{E} = \frac{e^{-j\varphi} - m e^{-j\alpha}}{e^{-j\varphi} + 2m e^{-j\alpha}}. \quad (1)$$

Для дальнейшего анализа вводим величину  $\Delta = \varphi - \alpha$ . Подставляя в (1) вместо угла  $\alpha$  разность  $\varphi - \Delta$ , получим:

$$\underline{U}'_{nN} = \frac{1 - m e^{-j\Delta}}{1 + 2m e^{-j\Delta}}. \quad (2)$$

На основании (2) можно построить на комплексной плоскости два семейства кривых, параметрами которых будут значения переменных  $m = \frac{Z_A}{Z}$  и  $\Delta = \varphi - \alpha$  (рисунок 1). Для упрощения построений целесообразно преобразовать (2), выделив действительную и мнимую части:

$$\left. \begin{aligned} \text{Re} \underline{U}'_{nN} &= \frac{1 - 2m^2 + m \cos \Delta}{1 + 4m^2 + 4m \cos \Delta}; \\ \text{Im} \underline{U}'_{nN} &= -\frac{3m \sin \Delta}{1 + 4m^2 + 4m \cos \Delta} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

По формулам (3) построим семейства кривых: первое удовлетворяет условию  $m = \text{const}$ , а второе –  $\Delta = \text{const}$ . Кривые  $m = \text{const}$  представляют собой окружности, центры которых расположены на вещественной оси комплексной плоскости. При  $m = 0,5$  окружности вырождаются в прямую линию, параллельную мнимой оси и проходящую через точку 0,25. Когда  $\Delta$  стремится к  $\pm 180^\circ$ , точка  $n$  уходит в бесконечность, т. е.  $U_{nN}$  и фазные напряжения приобретают бесконечно большие значения. В реальных цепях условие  $\Delta = 180^\circ$  не достижимо, поэтому все напряжения конечны, хотя и испытывают резкое увеличение. Физически оно объясняется резонансными явлениями.

Характер кривых  $m = \text{const}$  свидетельствует, что они могут быть описаны на комплексной плоскости уравнением окружности



Для определения  $K(m)$ ,  $R(m)$ ,  $\underline{K}_1(\Delta)$ ,  $R_1(\Delta)$  применим искусственный приём, основанный на геометрических соотношениях между радиусом окружности, координатой её центра и координатами характерных точек траектории.

На рисунке 2 показаны две траектории, соответствующие некоторым значениям  $m$  и  $\Delta$ , и отмечены точки с координатами:  $\underline{U}'_{nN}(m, 0^\circ)$ ,  $\underline{U}'_{nN}(m, 180^\circ)$  и  $\underline{U}'_{nN}(0,5, \Delta)$ .

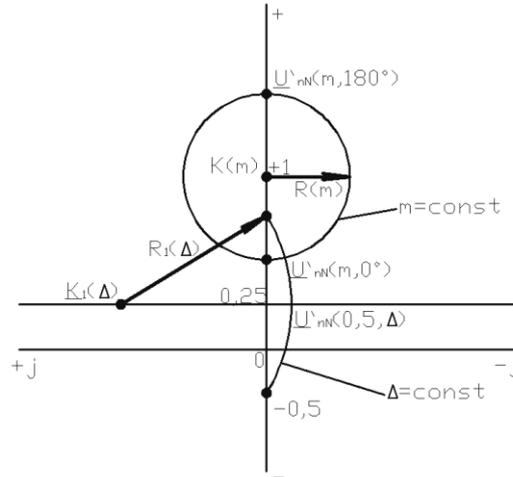


Рисунок 2

Искомые величины связаны с координатами точек соотношениями:

$$\left. \begin{aligned} K(m) &= \frac{\underline{U}'_{nN}(m, 180^\circ) + \underline{U}'_{nN}(m, 0^\circ)}{2}; \\ R(m) &= \frac{|\underline{U}'_{nN}(m, 180^\circ) - \underline{U}'_{nN}(m, 0^\circ)|}{2}. \end{aligned} \right\} (4)$$

для окружностей семейства  $m = \text{const}$ , а для окружностей семейства  $\Delta = \text{const}$  соотношениями:

$$\left. \begin{aligned} |\text{Im} \underline{K}_1(\Delta) - \text{Im} \underline{U}'_{nN}(0,5, \Delta)| &= R_1(\Delta); \\ [\text{Im} \underline{K}_1(\Delta)]^2 + 0,75^2 &= R_1^2(\Delta). \end{aligned} \right\}$$

Решая последние соотношения относительно искомых величин, получим:

$$\left. \begin{aligned} \text{Im} \underline{K}_1(\Delta) &= \frac{\text{Im}^2 \underline{U}'_{nN}(0,5; \Delta) - 0,5625}{2 \text{Im} \underline{U}'_{nN}(0,5; \Delta)}; \\ R_1(\Delta) &= \frac{\text{Im}^2 \underline{U}'_{nN}(0,5; \Delta) - 0,5625}{2 |\text{Im} \underline{U}'_{nN}(0,5; \Delta)|}. \end{aligned} \right\} (5)$$

В соответствии с (2)

$$\left. \begin{aligned} \underline{U}'_{nN}(m, 0^\circ) &= \frac{1-m}{1+2m}; \\ \underline{U}'_{nN}(m, 180^\circ) &= \frac{1-m}{1+2m}; \\ \text{Im}\underline{U}'_{nN}(0,5; \Delta) &= -\frac{0,75 \sin \Delta}{1 + \cos \Delta}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Подставляя выражения (6) в (4) и (5), получим формулы для определения радиусов окружностей и их центров:

$$R(m) = \frac{3m}{|1-4m^2|}; \quad K(m) = \frac{1+2m^2}{1-4m^2} \quad (7)$$

$$R_1(\Delta) = \frac{0,75}{|\sin \Delta|}; \quad \text{Im}K_1(\Delta) = 0,75 \text{ctg} \Delta. \quad (8)$$

Формулы (7) и (8) позволяют построить оба семейства окружностей с желаемым шагом параметров  $m$  и  $\Delta$ , пользуясь лишь циркулем.

Приведенная диаграмма (рисунок 1) даёт наглядное представление о совместном влиянии  $m$  и  $\Delta$  на режим работы несимметричной трёхфазной цепи, у которой в двух фазах включены одинаковые сопротивления. Диаграмма позволяет аналитический расчет заменить графическим, сводящимся к измерению необходимых расстояний. В качестве примера рассмотрим следующую задачу:

$$U_{\text{л}} = 500 \text{ В}; \quad \underline{Z}_A = 150 e^{j30^\circ} \text{ Ом}; \quad \underline{Z}_B = \underline{Z}_C = 100 e^{-j30^\circ} \text{ Ом}.$$

Нейтральная точка  $n$  (рисунок 1) определяется пересечением окружностей  $m = \frac{Z_A}{Z} = 1,5$  и  $\Delta = \varphi - \alpha = 60^\circ$ . Измеряя расстояния от точки  $n$  до вершин и центра треугольника линейных напряжений, находим нормированные значения фазных напряжений и напряжения смещения нейтрали:

$$U'_a = 1,27; \quad U'_b = 0,64; \quad U'_c = 1,21; \quad U'_{nN} = 0,375.$$

Абсолютные значения напряжений:

$$U_a = U'_a \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} = 366,7 \text{ В}; \quad U_b = U'_b \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} = 184,8 \text{ В}; \quad U_c = U'_c \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} = 349,3 \text{ В};$$

$$U_{nN} = U'_{nN} \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} = 108,3 \text{ В}.$$

УДК 621.31.614.84

## Электрогитара и система извлечения звука на ней

Ильмовский А.Н., Карнацевич Д.Ч., Кобыляк И.И.

Научный руководитель: Счастливая Е.С., ассистент

### 1. Строение электрогитары



**Гриф:** - это сердце любой гитары. Если он не исправен, вы не сможете сыграть даже простейшее упражнение. Он влияет на звук не меньше чем любой из ваших датчиков. Грифы делают, в основном, из клена или красного дерева, порода дерева влияет на звук. Накладки (слой дерева в верхней части грифа на котором расположены лады) бывают палисандровые (темные), кленовые (светлые), реже, на дорогих инструментах, из черного дерева (черные). Материал накладки влияет на звук. Толщина грифа также влияет на звук - обычно «чем толще гриф, тем толще звук». Имейте в виду, что поначалу вы можете все это не услышать.

**Корпус** - от того, как резонирует дека, зависит львиная доля звучания гитары. Можно ставить любые датчики, но если дека «мертвая», качественного улучшения звука вы не дождетесь. Деки делают из ольхи, американской липы, ясеня (стратоподобные гитары, звонкое звучание), или из красного дерева - более мягкий, низкий, роковый звук. Обычно дека состоит из нескольких кусков дерева, имейте в виду, что чем их больше, тем вероятнее появление «волчков» - нот отличающихся по звуку от остальных. Оптимальное количество частей - 3. Добавлю, что корпуса бывают разных форм, имеющие свои названия. Ну и вообще бывают разных экстравагантных форм (стрелы, руки, короче кто во что горазд). Вот некоторые:



**Telecaster**



**Les Paul**

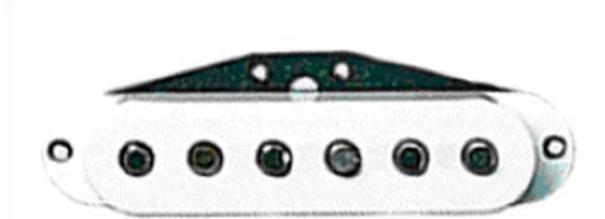


**Stratocaster**

## 2. Звукосниматели, их строение и примеры

Звукосниматели (датчики) преобразуют колебания струн и в электрический сигнал переменного тока. Происходит это следующим образом: струна колеблется в поле, создаваемом постоянным магнитом (магнитами) датчика. Внутри катушки проволоки, намотанной вокруг этих магнитов, возникает электрический ток, который через провода подается в усилитель. Зачастую покупкой более дорогих датчиков можно улучшить звучание бюджетных инструментов, придать новую окраску дорогой гитаре, поэтому остановимся на этой теме подробнее. Датчики делятся на Single и Hambacker, пассивные и активные.

Синглы - звукосниматели с одной катушкой (single- одиночный). Для них характерен яркий «чистый» звук. При игре с драйвом или "дисторшн" они фонят и это главный их недостаток



Хамбакеры - звукосниматели с двумя катушками. Их звучание более мощное и не такое яркое из-за того, что между центрами катушек, снимающих звук, расстояние 15-17 мм. Конструкция хамбакера такова, что полезный сигнал усиливается, а фон подавляется (hambacking - шумоподавление). На чистом звуке они выдают сглаженный округлый саунд, с перегрузом звучат агрессивно, отчетливо и без фона.



## 3. Создание простейшего звукоснимателя

- Для этого устройства вам понадобится:
- Длинный провод (проволока), толщиной в 2-3 раза толще волоса, можно взять из большого моторчика, если таковой имеется.
- Магнит, примерными размерами 7 см x 0.5 см x 1 см. (Можно, конечно, немного другой, или если нет цельного - несколько магнитов).
- Железный корпус по размер магнита, так называемая ванночка.
- Полиэтилен
- Пластмассовый корпус, в который будет помещено устройство.
- Провод, выходящий из звукоснимателя (двужильный) и джек (моно или стерео, мини и т.д.).
- Теперь приступим к делу. Если у вас несколько магнитов, берем их и соединяем так, чтобы отталкивались. Запикиваем их в железную ванночку и обматываем её

полиэтиленом, оставляя железные концы. (В центре у нас полиэтилен, а по краям - железка). Берём провод (проволоку). Припаиваем один конец к краю ванночки и начинаем мотать. Мотаем час. Мотаем два. Домотали до состояния 2.5 мм. Ну это уже более-менее. Теперь припаиваем второй конец к проводу, который выходит из звукоснимателя, вторую жилку припаиваем к ванночке. Выводим из звукоснимателя. Подключем к джеку. Пробуем.

• В звукоснимателе науки никакой нет. Чем больше витков - тем лучше. Но не переусердствуйте, потому как слишком много витков могут вызвать побочные шумы.

#### **Литература**

1. К. В. Завадский. Самоучитель игры на электрогитаре. – Минск: Тэхналогія, 2004, 24с.

УДК 621.31.614.84

## Молниезащита

Денисов Е.И., Ковалев П.С., Красовская В.А., Маевский А.В.  
Научный руководитель — ассистент, Счастливая Е.С.

Термины и определения

Удар молнии в землю — электрический разряд атмосферного происхождения между грозовым облаком и землей, состоящий из одного или нескольких импульсов тока.

Точка поражения — точка, в которой молния соприкасается с землей, зданием или устройством молниезащиты. Удар молнии может иметь несколько точек поражения.

Защищаемый объект — здание или сооружение, их часть или пространство, для которых выполнена молниезащита, отвечающая требованиям настоящего норматива.

Обычные объекты — жилые и административные строения, а также здания и сооружения, высотой не более 60 м, предназначенные для торговли, промышленного производства, сельского хозяйства.

Устройство молниезащиты — система, позволяющая защитить здание или сооружение от воздействий молнии. Она включает в себя внешние (снаружи здания или сооружения) и внутренние (внутри здания или сооружения) устройства. В частных случаях молниезащита может содержать только внешние или только внутренние устройства.

Устройства защиты от прямых ударов молнии (молниеотводы) — комплекс, состоящий из молниеприемников, токоотводов и заземлителей. I

Устройства защиты от вторичных воздействий молнии — устройства, ограничивающие воздействия электрического и магнитного полей молнии. I

Устройства для выравнивания потенциалов — элементы устройств защиты, ограничивающие разность потенциалов, обусловленную растеканием тока молнии.

Молниеприемник — часть молниеотвода, предназначенная для перехвата молний.

Токоотвод (спуск) — часть молниеотвода, предназначенная для отвода тока молнии от молниеприемника к заземлителю.

Заземляющее устройство — совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлитель — проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду. Заземляющий контур — заземляющий проводник в виде замкнутой петли вокруг здания в земле или на ее поверхности.

Сопrotивление заземляющего устройства — отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.

Напряжение на заземляющем устройстве — напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземлитель и зоной нулевого потенциала.

Соединенная между собой металлическая арматура — арматура железобетонных конструкций здания (сооружения), которая обеспечивает электрическую непрерывность.

Опасное искрение - недопустимый электрический разряд внутри защищаемого объекта, вызванный ударом молнии.

Безопасное расстояние — минимальное расстояние между двумя, проводящими элементами вне или внутри защищаемого объекта, при котором между ними не может произойти опасного искрения.

Устройство защиты от перенапряжений - устройство, предназначенное для ограничения перенапряжений между элементами защищаемого объекта (например, разрядник, нелинейный ограничитель перенапряжений или иное защитное устройство).

Отдельно стоящий молниеотвод — молниеотвод, молниеприемники и токоотводы которого расположены таким образом, чтобы путь то молнии не имел контакта с защищаемым объектом.

Молниеотвод, установленный на защищаемом объекте — молниеотвод, молниеприемники и токоотводы которого расположены таким образом, что часть тока молнии может растекаться через защищаемый объект или его заземлитель.

Зона защиты молниеотвода — пространство в окрестности молниеотвода заданной геометрии, отличающееся тем, что вероятность удара молнии в объект, целиком размещенный в его объеме, не превышает заданной величины.

Допустимая вероятность прорыва молнии — предельно допустимая вероятность  $P$  удара молнии в объект, защищаемый молниеотводами.

Надежность защиты определяется как  $1 - P$ .

Промышленные коммуникации — кабельные линии (силовые, ин формационные, измерительные, управления, связи и сигнализации), проводящие трубопроводы, непроводящие трубопроводы с внутренней проводящей средой.

Непосредственное опасное воздействие молнии — это пожары, механические повреждения, травмы людей и животных, а также повреждения электрического электронного оборудования.

Прямой удар молнии (поражение молнией) — непосредственный контакт канала молнии со зданием или сооружением, сопровождающимся протеканием через него тока молнии.

Вторичное проявление молнии — наведение потенциалов на металлических элементах конструкции, оборудования, в незамкнутых металлических контурах, вызванное близкими разрядами молнии и создающее опасность искрения внутри защищаемого объекта.

Занос высокого потенциала — перенесение в защищаемое здание или сооружение по протяженным металлическим коммуникациям (подземным, наземным и надземным трубопроводам, кабелям и т.п.) электрических потенциалов, возникающих при прямых и близких ударах молнии и создающих опасность искрения внутри защищаемого

Молниеотвод — устройство, воспринимающее удар молнии и отправляющее ее ток в землю.

В общем случае молниеотвод состоит из опоры; молниеприемника, непосредственно воспринимающего удар молнии; токоотвода, по которому ток молнии передается в землю; заземлителя, обеспечивающего растекание тока молнии в земле.

Зона защиты молниеотвода — пространство, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с надежностью не ниже определенного значения.

Конструктивно молниеотводы разделяются на следующие виды  
 стержневые — с вертикальным расположением молниеприемника;  
 тросовые (протяженные) — с горизонтальным расположением молниеприемника, закрепленного на двух заземленных опорах;

сетка — многократные горизонтальные молниеприёмники, пересекающие под прямым углом и укладываемые на защищаемого объекта.

Отдельно стоящие молниеотводы — это те, опоры которых установлены на земле на некотором удалении от защищаемого объекта

Одиночный молниеотвод — это единичная конструкция стержневого или тросового молниеотвода.

Двойной (многократный) молниеотвод — это два (или более) стержневых или тросовых молниеотвода, образующих общую зону защиты.

Заземлитель молниезащиты — один или несколько заглубленных в землю проводников, предназначенных для отвода в землю токов молнии или ограничения перенапряжений, возникающих на металлических корпусах, оборудовании, коммуникациях при близких разрывах молнии. Заземлители делятся на естественные и искусственные.

Естественные заземлители — заглубленные в землю металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений.

Искусственные заземлители — специально продолженные в земле контуры из полосовой или круглой стали; сосредоточенные конструкции, состоящие из вертикальных и горизонтальных проводников.

Состав системы молниезащиты

Система молниезащиты предназначена для защиты от прямого удара молнии, грозовых и коммутационных перенапряжений в сетях обычно в состав системы молниезащиты входят:

- молниеприемник — для приема прямого удара молнии;
- токоотводы — для отвода тока молнии к заземлению;
- заземляющее устройство — для распределения энергии молнии земле, обеспечения безопасных режимов работы электросетей;
- система уравнивания потенциала — для ликвидации разности потенциалов между проводящими частями здания, электроустановке заземлений;
- оборудование защиты от перенапряжений — для ограничения им пульсов перенапряжения в электроустановках телекоммуникационных и электронных системах.

Основной задачей системы молниезащиты является улавливание всех попадающих в здание молний. Её работу можно разделить на три виновных процесса — улавливание молнии в месте попадания, токоотвод в грунт и заземление. При этом очень важно избежать тепловых, механических или электрических побочных эффектов, так как это может привести к повреждению конструкции защищаемого объекта и к возникновению опасного для людей контактного или шагового напряжения внутри здания. Система молниезащиты состоит из внешней и внутренней молниезащиты.

Молниеприемник и токоотводы. Это организованная по определенным правилам система молниеприемных проводников. Молниеприемные проводники прокладываются по конькам, ребрам и кантам кровли. С проводниками соединяются молниеприемные стержни, установленные на выступающих частях кровли (кровельные шахты и т.п.). Молниеприемные проводники токоотводы и стержни крепятся на кровле, стенах и строительных инструкциях зданий различными держателями специального назначения. В узлах соединений применяются специальные клеммы и соединители.

Заземляющее устройство. По условиям объекта заземляющее устройство может быть различного типа и исполнения: круглые и плоские заземляющие проводники, заземлители. Предпочтение отдается естественным заземлителям, в т.ч. заложенным в общестроительной конструкции.

Система уравнивания потенциала. Выполнение системы уравнивания потенциалов предусматривает соединение всех подлежащих заземлению проводников и металлических конструкций между собой и заземлением. Система уравнивания потенциалов комплектуется шинами, соединительными клеммами, хомутами и т.п.

Оборудование защиты от перенапряжений. Это включенные по специальным правилам разрядники, ограничители перенапряжения для защиты различных электрических и телекоммуникационных сетей, электрооборудования и электронных притворов.

Комплексная молниезащита (внешняя и внутренняя) обеспечивает I высокий уровень безопасности домов и сооружений, надежность и безопасность электроустановок зданий. Позволяет выполнить молниезащиту с сохранением архитектурной индивидуальности. Применяется на любых зданиях. Такая

молниезащита реализуется на любой стадии строительства здания. Комплектуется из элементов заводской готовности, обеспечивающих минимальный срок и технологичность реализации. Изготавливается из антикоррозионных материалов, гарантирующих длительный срок эксплуатации.

**Литература**

1. В.Д. Толмачев, С.В. Соловьев. Молниезащита. – М.: МИЭЭ, 2005, 148 с.