СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА
ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Власюк Д.И.
Научный руководитель Розум Т.Т., к.т.н., доцент

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ (УЗО) И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО АВТОМАТА

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

ИНТЕРЕСНЫЕ ФАКТЫ О ТРАНСФОРМАТОРАХ

Абаканович К.Э.; Адаменко Е.А.
Научный руководитель Розум Т.Т., к.т.н., доцент

ПРИМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ТЕОРЕМ В ТЕОРИИ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

Жарко Д.Н.
Научный руководитель Горошко В.И., к.ф-м.н., доцент

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ДУАЛЬНОСТИ ПРИ АНАЛИЗЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЦЕПЕЙ

Олешкевич С.А.
Научный руководитель Горошко В.И., к.ф-м.н., доцент

ИНВЕРТОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Пилипчук Е.В.
Научный руководитель Жуковская Т.Е., старший преподаватель

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП

Лепская М. В.
Научный руководитель Жуковская Т. Е., старший преподаватель

СПОСОБЫ РАЗМАГНИЧИВАНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ТЕЛ

Морозевич Д.А.
Научный руководитель Мороз Р.Р., к.т.н., доцент

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ И СТРОЯЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Кононенко Е.В.
Научный руководитель Мороз Р.Р., к.т.н., доцент

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В БЫТУ

Толкач А. В., Липская С.А., Мамчиц В.Н.
Научный руководитель Германович Е. И., старший преподаватель

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Подоляк В.В., Подлинных Н.В., Равгень П.А.
Научный руководитель Германович Е.И., старший преподаватель

АВТОМАТИКА И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Чайковский Д.С., Коленчик С.И., Терещук Ю.С.
Научный руководитель Германович Е.И., старший преподаватель

ИСТОЧНИКИ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

Нестерова И.В., Ушенина Т.М., Юшко В.С.
Научный руководитель Германович Е.И., старший преподаватель

ПАССИВНЫЙ ДОМ

Ярошевич С.В., Готовка В.П., Ефимова Т.Ю., Алашаев М.А.
Научный руководитель Германович Е.И., старший преподаватель

ЭНЕРГИЯ ВЕТРА

Верниковская Е.Ю., Готовко Д.П.
Научный руководитель Германович Е.И., старший преподаватель

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ЭЛЕКТРОГИТАРЫ

Чигак С.О.
Научный руководитель Зеленко В.В., старший преподаватель

ЭЛЕКТРОННЫЕ КНИГИ

Кудравец Ю.В., Цукрова М.В.
Научный руководитель Зеленко В. В., ст. преподаватель

ОРГАНИЧЕСКИЙ СВЕТОДИОД

Пичуев А.Д.
Научный руководитель Зеленко В.В., ст. преподаватель

НАНОТЕХНОЛОГИИИ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Соленик И. А., Хомич А. А.
Научный руководитель Зеленко В.В., старший преподаватель

СИНТЕЗАТОРЫ ЧАСТОТ

Дирша И.В.
Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

УСТРОЙСТВО ПЛАВНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ

Воронюк А.А., Петрусевич М.В.
Научный руководитель Михальцевич Г.А., ст. преподаватель

МЕТОД РАСЧЕТА ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ НА АКТИВНО-ЕМКОСТНУЮ НАГРУЗКУ

Мухин Р.А.
Научный руководитель Бладыко Ю.В., к.т.н., доцент

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СТАБИЛИТРОНОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА СХЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СТАБИЛИЗАТОРОВ

Понетовский Е. С.
Научный руководитель Домников С. В., к.т.н., доцент

СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ДУГОВОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВМЕЩЁННОГО УПРАВЛЯЕМОГО РЕАКТОР-ТРАНСФОРМАТОРА

Джураев Т. Х.
Научный руководитель Домников С. В., к.т.н., доцент

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМОГО КОМПЛЕКСА НЕБОСКРЁБОВ

Лукьянчик А.В.
Научный руководитель Счастная Е.С., старший преподаватель

ОПАСНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Погодина М. А.,Осипчик А. В
Научный руководитель Счастная Е.С., старший преподаватель

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ С ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО ТОКУ И НАПРЯЖЕНИЮ

Колоша И.С..

Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

ЧАСТОТНЫЕ ДИАПАЗОНЫ РАБОТ БЫТОВЫХ ПЕРЕНОСНЫХ ЦИФРОВЫХ РАДИОСТАНЦИЙ

Асипенко А.А. Безкоровайный А.С.
Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

УЛЬТРАЛИНЕЙНЫЙ ЗВУКОВОЙ УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ НА ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ И МИКРОСХЕМАХ

Колоша И.С..
Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

РАЗНОВИДНОСТИ МЕТАЛЛОИСКАТЕЛЕЙ

Хох С.Д., Ванькович В.В.
Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Колоша И.С.
Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

СТРУКТУРА СХЕМЫ УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ С ТОКОВОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Колоша И.С.
Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛАРУСИ

Селивонюк Т.В., Ермола Д.С.
Научный руководитель: Можар В.И., к.т.н., доцент

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА В БЕЛАРУСИ

Якимчик А.А., Шульга Е.В.
Научный руководитель Можар В.И., к.т.н., доцент

ПРИЧИНЫ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Селивонюк Т.В., Ермола Д.С.
Научный руководитель Можар В.И., к.т.н., доцент

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Власюк Д.И.
Научный руководитель Розум Т.Т., к.т.н., доцент

Тепловыделяющий или нагревательный кабель-это кабель, который за счет своей конструкции преобразовывает электрический ток, проходящий по нему, в тепловую энергию. Кабель, применяемый в системах электрообогрева, нормируется ГОСТ Р 5057.25-2000. Эти же стандарты применяются для распределительного силового кабеля, а также комплектующих всей системы.

На данный момент в системах электрообогрева применяются два основных типа нагревательного кабеля: резистивный и саморегулирующийся.

В основе резистивного кабеля лежит одна нагревательная жила. Резистивный нагревательный кабель имеет постоянное сопротивление, поэтому он монтируется секциями строго определенной длины. Чаще всего резистивный кабель ложится в основу систем антиобледенения, предназначенных для обогрева плоских поверхностей: автостоянок, тротуаров, подъездных путей, пандусов, ступеней, ровных участков крыш. В отличие от одножильного резистивного кабеля, саморегулирующийся кабель имеет две токопроводящие жилы. Тепловыделение различных участков кабеля одной и той же нити саморегулирующегося кабеля напрямую зависит от температуры на поверхности каждого из этих участков. В тех зонах обогрева, где температура поверхности ниже возникает опасность возникновения наледи, мощность секции возрастает, в то же время, на участках не подверженных низкой температуре нагревательный кабель остается холодным. Традиционными местами установки саморегулирующегося кабеля являются: желоба, водостоки крыш сложной конфигурации, стоки ливневой канализации – в тех местах, где есть вероятность образования ледяных пробок и заторов при перепадах температур в зимнее время.

Резистивный кабель дешевле саморегулирующегося, однако, саморегулирующийся кабель дешевле в эксплуатации, поскольку оптимизирует энергозатраты. Для обеспечения оптимального соотношения цены и качества работы, в состав системы электрообогрева обычно входят и саморегулирующиеся и резистивные кабели. К примеру, при проектировании системы антиобледенения кровли плоская крыша может обогреваться резистивным кабелем, а водостоки и желоба – саморегулирующимся. Что бы оптимизировать режим работы нагревательного кабеля систему антиобледенения укомплектовывают аппаратурой управления, которая состоит из регуляторов, датчиков температуры, влажности, осадков, пускорегулирующих и защитных устройств. При помощи аппаратуры управления устанавливается определенный диапазон температур, в котором должна работать система. Использование системы управления может значительно снизить затраты на электрообогрев при использовании резистивного кабеля.

Нагревательный кабель используется в различных отраслях промышленности. К примеру, при производстве строительных работ в зимнее время зачастую возникает проблема разработки грунта при подготовке котлована для фундамента здания. Для решения этой проблемы возможно использование готового изделия электроподогрева грунта, основанного на использовании вмонтированного в крепежную сетку нагревательного кабеля высокой мощности. Когда возникает необходимость обогрева замерзшего грунта с цель последующей его разработки, чаще всего основной задачей является прогрев грунта на 20…30 см., т.к. именно этот верхний слой грунта в большей степени насыщен влагой, которая при замерзании образует своеобразную ледяную

корку, которая и является основной причиной трудностей при разработке грунта в зимний период. Время разогрева определяется следующими факторами: температурой окружающего воздуха на момент проведения работ по обогреву грунта, глубиной промерзания грунта, объемной изобарной теплоемкостью грунта (теплоемкость грунта зависит в основном от влажности почвы, т.к. твердые составляющие почвы, такие как песок или гравий, обладают сравнительно очень малой теплоемкостью), площадью обогреваемой площадки, мощностью нагревательного мата. По приблизительным экспериментальным данным среднее оптимальное время обогрева составляет не более 12 часов.

В зимний период на молочных фермах возможно возникновение проблем, связанных с обледенением пола в доильных залах и замерзанием воды в поилках, предназначенных для крупного рогатого скота. Вследствие выполнения процедуры преддоильной обработки вымени и обмывки теплой водой подойников (в случае ручного доения), на полу доильного помещения скапливается большое количество воды, из-за чего в коровниках повышается влажность и возможно появление конденсата на стенах. Проблему скопления излишней влаги в доильных залах может решить установка электрообогрева пола в местах наиболее вероятного скопления жидкости. Установка теплого пола в коровниках обеспечивает более быстрое испарение влаги и конденсата, а также повышает температуру в доильном помещении, что, несомненно, благотворно сказывается на удое и улучшает условия труда персонала.

Также на молочно-товарных фермах довольно часто возникает проблема замерзания поилок, предназначенных для крупного рогатого скота. В основном эта проблема возникает при установке поилок в не отапливаемых помещениях. Следует отметить, что температура поилок должна не только быть положительной, для предотвращения замерзания воды, но и иметь температуру 8…12 градусов Цельсия. Для предотвращения замерзания воды в поилках и обеспечения необходимой, по ветеринарным требованиям, температуры питьевой воды для животных, на поилках возможна установка системы электроподогрева воды. Данная система поддерживает температуру воды в поилке в необходимом интервале температур, не давая ей замерзнуть.

Одной из основных проблем, возникающих при эксплуатации холодильных установок, является образование наледи на дверях холодильных камер и в дренажных системах отвода конденсата. Причиной образования наледи является появление конденсата. Зачастую его образование в холодильных камерах происходит в районе дверей, так как именно там наиболее вероятен процесс попадания теплого воздуха из примыкающих помещений. Поэтому в низкотемпературных камерах, в местах прилегания уплотнения к раме, целесообразно устанавливать системы электроподогрева, предотвращающие образование ледяной корки на уплотнении при открывании двери, поскольку эта корка может привести к повреждению уплотнения и потере камерой герметичности.

Довольно часто образование конденсата может происходить в местах его отвода (в дренажных системах). Поскольку отвод конденсата способствует уменьшению влажности воздуха в холодильной камере, в значительной степени уменьшается обледенение пола и стен в помещении. Это факт особенно важен в холодильных камерах большой площади (по которым возможно передвижение людей и транспорта), поскольку обледенение пола может служить причиной падения и травмирования рабочего персонала, создавать препятствия для перемещения транспорта по холодильной камере.

В случае, когда крыша здания построена по типичной конструкции с чердаком, зачастую происходит переход тепла с верхних этажей здания, через верхнее

перекрытие и чердачное пространство, к кровле. Происходит её нагрев, вследствие которого даже при отрицательной наружной температуре, температура верхнего слоя кровли может стать положительной. В результате этого процесса снег на кровле начинает таять, а талая вода, под слоем снега, с центральной части кровли стекает к водостокам, которые в гораздо меньшей степени нагреваются за счет паразитного тепла. Из-за того, что водостоки имеют более низкую отрицательную температуру, вода, образовавшаяся за счет паразитного подогрева в центре кровли, в водостоках замерзает, что является причиной образования сосулек. Системы антиобледенения решают проблему образования сосулек, так как их основная задача – освободить путь для стока талой воды, а также сопроводить её до места конечного стока.

Электрическая система антиобледенения открытых площадок предназначена для предотвращения и ликвидации обледенения в зимний период различных видов открытых площадок. Система предназначена для удаления слоя льда и снега с дорог, пандусов, подъездных путей, тротуаров, ступеней лестниц, въездов в гаражи, спортивных площадок и футбольных полей. Обогрев спортивный площадок и футбольных полей имеет свои особенности. Для площадок с естественным травяным газоном мощность обогрева не должна быть более 130 Вт/м^2, иначе излишнее тепло плохо скажется на растениях вследствие пересушивания почвы. Для полей с искусственным покрытием допустимая максимальная мощность обогрева составляет 150…200 Вт/м^2. Для площадок, на которых не ожидается больших механических нагрузок (тротуаров, садовых дорожек), возможно использование теплоизоляции, которая прокладывается между бетонным основанием и грунтом. При использовании теплоизоляции затраты на электрообогрев снижаются на 10…20%.

Обогрев резервуара или нагрев и поддержание необходимой температуры хранимого продукта является неотъемлемой частью технологического процесса при добыче, транспортировке, хранении и применении большого количества различных нефтепродуктов, воды или химических соединений. Также задача подогрева резервуаров актуальна в пищевой промышленности для поддержания температуры жидких продуктов, таких как пальмовое масло и т.д. Необходимость применения обогрева резервуара (трубопровода, хранилища) обусловлена загустением вязких нефтепродуктов, таких как, нефть, мазут, битум. Возможно осуществление подогрева при помощи наревательного кабеля.

При монтаже систем электрообогрева емкостей нагреваетльный кабель закрепляется на всей площади емкости, затем проклеивается алюминиевой лентой для обеспечения равномерного распределения тепла. В зависимости от требуемой температуры жидкости и объема обогреваемого резервуара выбирается шаг укладки и погонная мощность кабеля.

Экономическое обоснование использования систем электрообогрева.

С энергетической точки зрения электрообогрев является неэффективным способом получения тепловой энергии. Поскольку электричество вырабатывается на ТЭЦ при сжигании топлива и преобразовании тепловой энергии сначала в механическую, а затем в электрическую, обратное преобразование электрической энергии в тепловую, является невыгодным с энергетической точки зрения. При переходе тепловой энергии в электрическую большая часть энергии рассеивается вследствие необратимости турбины, также часть энергии теряется при её транспортировке в линиях электропередач. Вследствие этих причин теряется около 70% энергии.

Несмотря на значительные потери энергии, электрообогрев широко применяется в промышленности. Это обусловлено тем, что зачастую просто физически нет возможности применять другой способ обогрева. К примеру, в тех случаях, когда зимой на крышах зданий образуются сосульки, которые могут создавать опасность для

проходящих внизу людей, требуется обогревать крышу. В этой ситуации незаменим электрообогрев, поскольку использование какого-либо другого способа обогрева не возможно. Мы не можем проложить по лотку трубы центрального отопления.

На данный момент существует закон, по которому электричество, предназначенное для обогрева помещений, тарифицируется по повышенной ставке. Однако, на мой взгляд, данный законопроект является неправильным. Поскольку под его попадают не только системы обогрева полов в жилых домах, где возможно отопление за счет обычных радиаторов, но и все виды систем электрообогрева, в том числе и системы антиобледенения крыш, ступеней и открытых площадок. Данный законопроект должен распространяться только на системы электрообогрева «теплых полов», но не на весь электрообогрев в целом. К примеру, можно отметить, что повышенная цена электричества для систем антиобледенения крыш приводит к тому, что собственники помещений отказываются от установки систем антиобледенения, вследствие чего на крышах зданий образуется большое количество сосулек, падение которых несет опасность для жизни пешеходов. Разве жизнь и здоровье человека не дороже затрат на электрообогрев?

Так же эта проблема возникает и при обледенении открытых площадок. Ежегодно с ухудшением погодных условий и образованием наледи на дорогах резко увеличивается количество граждан, обращающихся в травмопункты. Опять возникает дилемма, что важнее: экономия электричества или здоровье граждан, получивших переломы вследствие падения на скользких открытых площадках?

В конце этой статьи я хотел бы привести пример самой большой и мощной системы электрообогрева в Беларуси. Данная система была установленна на построенном в 2013 году в Минске торгово-развлекательном комплексе ARENA city. Общая мощность систем электрообогрева на этом объекте составляет около 0,5 МВт. Длина установленного нагревательного кабеля – 5 км. Установлено 8 шкафов управления, проведена собственная силовая проводка для систем электрообогрева. Данная система включает в себя: систему антиобледенения пандусов для платной парковки, электрообогрев воронок на участках с плоской кровлей, а также систему антиобледенения водосточных желобов и труб. В целях предотвращения перегрузки сети, в зимний период данная система электрообогрева запускалась по частям.

Резюме: использование кабельных систем электрообогрева – не самый дешёвый способ получения тепла, однако во многих случаях подобные системы просто незаменимы. К вопросу электрообогрева, как и к любому вопросу, касающемуся энергетики, нужно подходить системно. (То, что в одних условиях недопустимо, может быть просто незаменимо в других условия). А грамотно подобранная система (система электрообогрева – не исключение) в целом исключает лишние энергозатраты.

УДК 621.3

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ (УЗО) И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО АВТОМАТА

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

Вопрос использования дифференциального автомата или УЗО встает достаточно часто, но не имеет однозначного ответа, так как использование дифференциальных автоматов или УЗО зависит от множества факторов: уровня защиты предполагаемой схемы, экономической целесообразности, доступности приборов, возможности размещения дифференциального автомата и УЗО в щитке.

УЗО – механический коммутационный аппарат или совокупность элементов, которые при достижении (превышении) дифференциальным током заданного значения при определённых условиях эксплуатации должны вызвать размыкание контактов.

Может состоять из различных отдельных элементов, предназначенных для обнаружения, измерения (сравнения с заданной величиной) дифференциального тока и замыкания и размыкания электрической цепи (разъединителя).

Основная задача УЗО – защита человека от поражения электрическим током и от возникновения пожара, вызванного утечкой тока через изношенную изоляцию проводов и некачественные соединения.

Принцип работы УЗО (рис.1) основан на измерении баланса токов между входящими в него токоведущими проводниками с помощью дифференциального трансформатора тока. Если баланс токов нарушен, то УЗО немедленно размыкает все входящие в него контактные группы, отключая, таким образом, неисправную нагрузку.

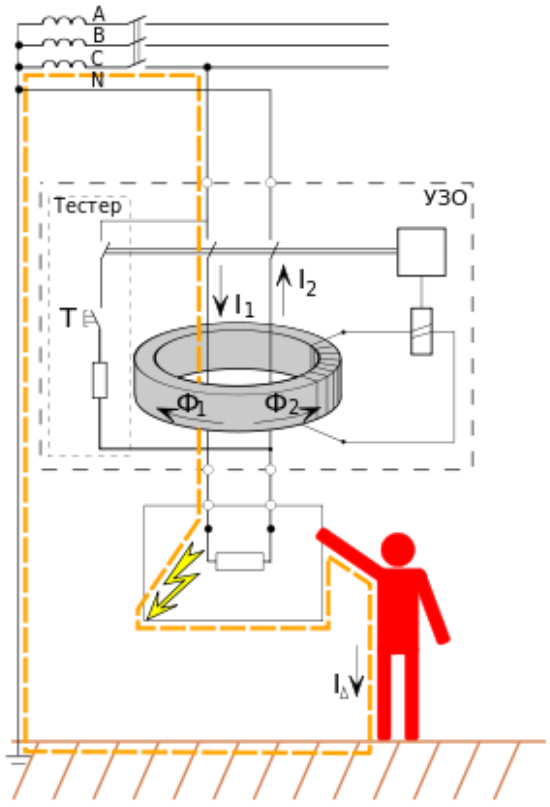


Рисунок 1

УЗО измеряет алгебраическую сумму токов, протекающих по контролируемым проводникам (двум – для однофазного УЗО, четырём – для трехфазного): в нормальном состоянии ток, «втекающий» по одним проводникам, должен быть равен току, «вытекающему» по другим, то есть сумма токов, проходящих через УЗО равна нулю (точнее, сумма не должна превышать допустимое значение). Если же сумма превышает допустимое значение, то это означает, что часть тока проходит помимо УЗО, то есть контролируемая электрическая цепь неисправна – в ней имеет место утечка.

С точки зрения электробезопасности УЗО принципиально отличаются от устройств защиты от сверхтока (предохранителей) тем, что УЗО предназначены именно для защиты от поражения электрическим током, поскольку они срабатывают при утечках тока значительно меньших, чем предохранители (обычно от 2 ампер и более для бытовых предохранителей, что во много раз превышает смертельное для человека значение). УЗО должны срабатывать

за время не более 25…40 мс, то есть до того, как электрический ток, проходящий через организм человека, вызовет фибрилляцию сердца – наиболее частую причину смерти при поражениях электрическим током. Обнаружение токов утечки при помощи УЗО является дополнительным защитным мероприятием, а не заменой защиты от сверхтоков при помощи предохранителей, так как УЗО никак не реагирует на неисправности, если они не сопровождаются утечкой тока (например, короткое замыкание между фазным и нулевым проводниками).

УЗО может значительно улучшить безопасность электроустановок, но оно не может полностью исключить риск поражения электрическим током или пожара. УЗО не реагирует на аварийные ситуации, если они не сопровождаются утечкой из защищаемой цепи. В частности, УЗО не реагирует на короткие замыкания между фазами и нейтралью.

УЗО также не сработает, если человек оказался под напряжением, но утечки при этом не возникло, например, при прикосновении пальцем одновременно и к фазному, и к нулевому проводникам. Предусмотреть электрическую защиту от таких прикосновений невозможно, так как нельзя отличить протекание тока через тело человека от нормального протекания тока в нагрузке. В подобных случаях действенны только механические защитные меры (изоляция, непроводящие кожухи и т. п.), а также отключение электроустановки перед её обслуживанием.

Некоторые типы УЗО нуждаются в питании, которое они получают от защищаемой цепи. Поэтому потенциально опасной является ситуация, когда в защищаемой цепи выше УЗО нулевой проводник отключен, а фазный остается под напряжением. В этом случае УЗО будет неспособно отключить цепь, так как разность потенциалов в защищаемой цепи недостаточна для функционирования УЗО. Электромеханические УЗО не нуждаются в питании и поэтому свободны от указанного недостатка.

Выключатель автоматический дифференциальный или Дифавтомат – предназначен для использования в однофазной или трёхфазной электрической сети переменного тока в системе электроснабжения с заземленной нейтралью. Дифавтомат реагирует на дифференциальный (остаточный) ток и обеспечивает:

- повышение уровня безопасности при эксплуатации людьми бытовых и аналогичных электроприборов;
- предотвращение пожаров из-за возгорания изоляции токоведущих частей электроприборов от дифференциального (остаточного) тока на землю;
- автоматическое отключение участка электрической сети (в том числе квартирной) при перегрузке и токе короткого замыкания.

Дифавтомат состоит из двух электрически и механически связанных между собой частей:

- двух или четырёх полюсного автоматического выключателя с механизмом независимого расцепления и рейкой сброса внешним механическим усилием;
- модуля защиты от поражения током (или модуль дифференциальной защиты – МДЗ), обеспечивающим обнаружение дифференциального тока на землю, его преобразование, усиление и механическое воздействие на рейку сброса выключателя.

Электрический выключатель и МДЗ включены последовательно, чем обеспечивается питание электронного усилителя МДЗ и поддерживается его рабочий режим.

Для проверки функционирования дифавтомата в эксплуатации предусмотрена цепь контроля с кнопкой «Тест».

МДЗ содержит датчик – дифференциальный трансформатор, осуществляющий обнаружение остаточного тока и расположенный на силовых проводах, электронный усилитель, на выходе которого включена катушка электромагнитного сброса.

При протекании по силовым проводам МДЗ тока нагрузки, в магнитопроводе датчика создаются равные, противоположно направленные магнитные потоки и в обмотке практически не наводится напряжение. Выключатель остается во включенном положении.

При появлении дифференциального тока (в результате повреждения изоляции токоведущих частей или через тело прикоснувшегося человека), равенство потоков нарушается и в обмотке наводится напряжение, примерно пропорциональное дифференциальному току. Это напряжение прикладывается ко входу усилителя.

При определенном значении этого напряжения (уставка срабатывания), усилитель открывается и подает ток от дополнительного источника питания на катушку электромагнита сброса. Электромагнит сброса сдергивает защелку механизма независимого расцепления выключателя. Происходит принудительное размыкание его контактов.

Основное отличие УЗО от дифавтомата заключается в отсутствии защиты от сверхтоков, то есть от токов короткого замыкания в устройстве защитного отключения. Более того, для нормальной и безопасной работы УЗО его требуется защищать от сверхтока (КЗ), подключая автомат перед УЗО.

Дифференциальный автомат представляет собой сборку из автоматического выключателя и модуля дифференциальной защиты. Функции защиты, осуществляемые дифавтоматом, могут быть реализованы автоматическим выключателем и устройством защитного отключения. Устройство защитного отключения представляет собой модуль определения утечки электричества с исполнительным устройством в виде силового реле. Дифференциальный автоматический выключатель, кроме силового реле и модуля определения утечки содержит так же и тепловой и электромагнитный расцепитель. Таким образом, схематически, отличие УЗО от дифавтомата заключается в наличии термо- и электромагнитного расцепителей, которые являются неотъемлемой частью автоматического выключателя.

Таким образом, при выборе дифавтомата или УЗО, следует точно определить основную функцию, которую будет выполнять устройство отключения и количество предполагаемых устройств.

Если целью является защита человека от удара электрическим током при работе с определенным устройством, например стиральной машиной, вполне подойдет дифференциальный автомат, так как его характеристики по току нагрузки и по току утечки можно определить исходя из параметров именно этой стиральной машины.

Если целью является защита группы розеток, то более удобно использовать УЗО, так как в случае повышения потребления, из за включения ранее не предусмотренных приборов, возможна ситуация, когда дифференциальный автомат начнет выбивать по перегрузке и придется менять дифавтомат, в случае же УЗО, придется заменить на более мощный только автоматический выключатель, что значительно дешевле.

Для защиты всей проводки одним устройством, поставить можно или дифавтомат или УЗО, в зависимости от энергопотребления и количества защищаемых цепей. В случае небольшого энергопотребления и малого количества цепей, обычно ставят дифавтомат. При повышенном энергопотреблении и большего количества цепей, можно установить УЗО, защищенное автоматом. В случае построения многоуровневой или сложной защиты, загородного дома, к примеру, нужно устанавливать дифавтомат или УЗО в соответствии с проектом электропитания, так как для защиты каждой из

цепей может использоваться или дифавтомат или УЗО, в зависимости от защищаемой цепи или устройства.

Кроме того, при выборе дифференциального автомата или УЗО, следует принимать во внимание то, что специализированные устройства обычно обладают лучшим "качеством", чем комбинированные устройства. Учитывая, что дифференциальный автомат является комбинированным устройством, совмещающим автоматический выключатель и УЗО, вероятно, установка отдельных, специализированных устройств является предпочтительной.

Если вам важно удобство при определении причины отключения питания, то вопрос дифференциальный автомат или УЗО, обычно решается в пользу УЗО, так как в случае применения устройства защитного отключения хорошо видна причина отключения, если отключилось УЗО – значит утечка, если автомат – значит перегрузка или короткое замыкание.

УЗО обеспечивает защиту только при утечке тока на землю, потому его нужно использовать совместно с автоматическим выключателем, который, в свою очередь, защищает линию от перегрузки или короткого замыкания. Дифференциальный автомат обеспечивает как защиту от токов утечки на землю, так и от перегрузки или короткого замыкания.

УДК 621.3

ИНТЕРЕСНЫЕ ФАКТЫ О ТРАНСФОРМАТОРАХ

Абаканович К.Э.; Адаменко Е.А.
Научный руководитель Розум Т.Т., к.т.н., доцент

Трансформаторы — самые неподвижные машины техники.
«ЭТИ НАДЕЖНЫЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ КОЛОДЫ» - так, подчеркивая простоту конструкции и большой вес, назвал трансформаторы француз *Жанвье.*

У каждого технического устройства два дня рождения: открытие принципа работы и его реализация. Идею трансформатора после упорной семилетней работы по «превращению магнетизма в электричество» дал *Майкл Фарадей. 29 августа 1831 года* он описал в своем дневнике опыт, вошедший впоследствии во все учебники физики: на железное кольцо диаметром 15 см и толщиной 2 см экспериментатор намотал отдельно два провода длиной 15 м и 18 м. Когда по первой обмотке шел ток, стрелки гальванометра на зажимах другой обмотки отклонялись!

Нехитрое устройство учёный назвал *«индукционной катушкой»*. При включении батареи ток (само собой разумеется, постоянный) постепенно нарастал в первичной обмотке. В железном кольце наводился магнитный поток, величина которого изменялась. Во вторичной обмотке возникало напряжение. Как только магнитный поток достигал предельного значения, «вторичный» ток исчезал. Для того чтобы катушка действовала, нужно все время включать и выключать источник питания (вручную — рубильником или механически — коммутатором).

Рисунок 1 - Индукционная катушка Фарадея

От фарадеевского кольца до сегодняшнего трансформатора было далеко, а наука уже тогда по крохам собирала необходимые данные. Американец *Генри* обмотал провод шелковой ниткой — родилась изоляция.

Француз *Фуко* попробовал вращать железные болванки в магнитном поле — и удивился: они нагревались. Ученый понял причину — сказывались токи, которые рождались в переменном магнитном поле. Чтобы ограничить путь вихревых токов Фуко, *Эптон*, сотрудник Эдисона, предложил делать железный сердечник сборным — из отдельных листов. *В 1872 году* профессор *Столетов* провел фундаментальное

исследование по намагниченности мягкого железа, а несколько позже англичанин *Юинг* представил Королевскому обществу доклад о потерях энергии при перемагничивании стали.

Величина этих потерь, названных «гистерезисными» (от греческого слова «история»), действительно зависела от «прошлого» образца. Зерна металла — домены, словно подсолнухи за солнцем, поворачиваются вслед за магнитным полем и ориентируются вдоль силовых линий. Затрачиваемая при этом работа переходит в тепло. Она зависит от того, как — слабо или сильно — и в какую сторону были направлены домены. Сведения о магнитных и проводниковых свойствах накапливались постепенно, пока количество не перешло в качество. Электротехники время от времени преподносили миру сюрпризы, но главным в истории трансформаторов следует считать событие, заставившее мир в *1876 году* изумленно обернуться в сторону России.

Причиной стали свечи *Яблочкова*. В «лампах» горела дуга между двумя параллельно расположенными электродами. При постоянном токе один электрод сгорал быстрее, и ученый настойчиво искал выход. В конце концов он решил, перепробовав множество способов, использовать переменный ток, и о чудо! — износ электродов стал равномерным. Поступок Яблочкова был поистине героическим, ибо в те годы шла жестокая борьба энтузиастов электрического освещения с владельцами газовых компаний. Но не только это: сами сторонники электричества, в свою очередь, единодушно выступали против переменного тока.

Получать-то переменный ток получали, но что это такое — мало кто понимал. В газетах и журналах печатались пространные статьи, угрожавшие опасностью переменного тока: «ведь убивает не величина, а ее изменение». Известный электротехник *Чиколев* заявлял: «Надо все машины с переменным током заменить на машины с постоянным током».

Не менее видный специалист *Лачинов* публично журил *Яблочкова*, поскольку «постоянный ток годится вообще, а переменный может только светить». «Отчего бы господам — приверженцам свечей (дуговых свечей Яблочкова) не попытаться серьезно применить к ним постоянный ток; ведь этим и только этим они могли бы обеспечить будущность свечного освещения», — писал он. Не удивительно, что под этим напором *Яблочков* в конце концов забросил свои свечи, но, кроме частичной «реабилитации» переменного тока, он успел открыть истинное «лицо» индукционных катушек. Его свечи, включенные в цепь последовательно, были чрезвычайно капризны. Как только один светильник по какой-либо причине гас, мгновенно потухали и все остальные.

Яблочков соединил последовательно вместо «ламп» первичные обмотки катушек. На вторичные он «посадил» свечи. Поведение каждой «лампы» совершенно не отражалось на работе других. Правда, индукционные катушки конструкции Яблочкова отличались (и не в лучшую сторону) от фарадеевских — их сердечники не смыкались в кольцо. Но одно то, что катушки на переменном токе работали беспрерывно, а не периодически (при или выключении цепи), принесло русскому изобретателю мировую известность. Чуть позже препаратор из МГУ *Усагин* развил (а вернее, обобщил) идею *Яблочкова*. К выходным обмоткам катушек, которые он назвал «вторичными генераторами», *Усагин* подсоединял разные электроустройства (а не только свечи). Катушки *Яблочкова* и *Усагина* несколько отличались друг от друга. Если говорить современным языком, трансформатор Яблочкова повышал напряжение: во вторичной обмотке было гораздо больше витков из тонкого провода, чем в первичной. Трансформатор *Усагина* разделительный: число витков в обеих обмотках было одинаковым (3000), так же как и напряжения на входе и выходе (500 В).

Индукционные катушки Яблочкова и «вторичные генераторы» Усагина стали со сказочной быстротой приобретать черты известных нам сегодня трансформаторов.

Самый мощный трансформатор. Самый мощный трансформатор изготовлен австрийской компанией «Элин» и предназначен для ТЭЦ в штате Огайо. Мощность его составляет 975 мегавольт-ампер, повышает напряжение, вырабатываемое генераторами в 25 тысяч вольт до 345 тысяч вольт.

Восемь самых больших в мире однофазных трансформаторов имеют мощность 1,5 млн. кВА. Трансформаторы принадлежат американской компании «American Electric Power». 5 из них понижают напряжение с 765 до 345 кВ.

В 2007 году Холдинговой компанией "Электрозавод" (Москва) был изготовлен самый мощный из ранее выпускаемых в России трансформаторов - ТЦ-630000/330 мощностью 630 МВА на напряжение 330 кВ, весом около 400 тонн. Трансформатор нового поколения разработан для объектов Концерна "Росэнергоатом".

Рисунок 2 – Трансформатор ОРЦ-417000/750 мощностью 417 МВА на напряжение 750 кВ

Конструкция. Любой трансформатор любого назначения состоит из пяти компонентов: магнитопровода, обмоток, бака, крышки и вводов. Самая важная деталь — магнитопровод — набирается из стальных листов, каждый из которых покрыт с обеих сторон изоляцией – слоем лака толщиной 0,005 мм.

Габариты, например, трансформаторов канадской электростанции Бушервиль (изготовленных западногерманской фирмой «Сименс») таковы: высота 10,5 м, диаметр по сечению 30 - 40 м. Вес этих же трансформаторов — 188 т. При перевозке с них снимают радиаторы, расширители и выливают масло, и все равно железнодорожникам приходится решать сложную задачу: 135 т — не шутка! Но подобный груз уже никого не удивляет: на атомной электростанции Обрихэйм стоит трансформаторная группа мощностью 300 тыс. кВт. Главный «преобразователь» весит 208 т, регулировочный — 101 т.

Для доставки этой группы на место потребовалась 40-метровая железнодорожная платформа! Нашим энергетикам отнюдь не легче: ведь создаваемые ими конструкции — одни из самых крупных в мире.

Рисунок 3 – Трансформатор весом в 388 тонн! (США)

Работа. Крупный трансформатор действует 94 дня из 100. Средняя загрузка — около 55—65% от расчетной. Это очень расточительно, но ничего не поделаешь: выйдет из строя одно устройство, его дублер довольно быстро буквально «сгорит на работе». Если, например, конструкцию перегрузить на 40%, то за две недели ее изоляция износится, как за год нормальной службы.

Среди студентов давно бытует легенда о чудаке, который на вопрос «Как работает трансформатор?» «находчиво» ответил: «Уууу...» Но только сегодня становится ясной причина этого шума.

Оказывается, виноваты не вибрация стальных пластин, плохо скрепленных между собой, не кипение масла и не упругая деформация обмоток. Причиной можно считать магнитострикцию, то есть изменение размеров материала при намагничивании. Как бороться с этим физическим явлением, пока неизвестно, поэтому бак трансформатора облицовывают звукоизолирующими щитами. Нормы на «голоса» трансформаторов довольно жесткие: на расстоянии 5 м — не более 70 децибел (уровень громкой речи, шума автомобиля), а на расстоянии 500 м, где обычно стоят жилые дома, около 35 децибел (шаги, тихая музыка).

Даже столь краткий обзор позволяет нам сделать два важных вывода. Основное достоинство трансформатора — отсутствие движущихся частей. За счет этого достигаются высокий КПД, отличная надежность, простота обслуживания.

Самым главным недостатком можно считать огромный вес и габариты. А увеличивать размеры все-таки придётся: ведь мощности трансформаторов должны вырасти в ближайшие десятилетия в несколько раз.

Причина этого тоже ясна: все зависит от свойств применяемых материалов. Так, может быть, если хорошо поискать, найдутся другие идеи преобразования электричества, кроме той, которую предложил когда-то Фарадей?

К сожалению (а может, и к счастью — кто знает), пока таких идей нет, и появление их маловероятно. Пока в энергетике будет царствовать переменный ток и останется потребность в изменении его напряжения, идея Фарадея — вне конкуренции.

Литература

Интернет-сайт «Техника-молодежи» [Электронный ресурс]: официальное интерактивное публичное место размещения информации об изданиях ЗАО «Корпорация Вест» – Режим доступа: http://technicamolodezhi.ru/, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. © 2004-2013 ЗАО «Корпорация ВЕСТ»

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ТЕОРЕМ В ТЕОРИИ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

Жарко Д.Н.
Научный руководитель Горошко В.И., к.ф-м.н., доцент

Цель: упрощение схемы с помощью электротехнических теорем

Система уравнений *Z*-параметров [1]:

$$U_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2^{'}$$

$$U_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2^{'}$$

Этой системе соответствует схема замещения, представленная на рисунке 1. Вводим одну перемычку (штриховая линия на рис. 1). Далее перемычку представим в виде двух сопротивлений Z_{12} плюс $(-Z_{12})$, компенсирующих друг друга. По перемычке течет сумма токов I_1 и I'_2. Применим к - Z_{12} с током$(I_1 + I'_2)$ теорему замещения (рис. 2) Далее применяем правило переноса источника через узел. Источники в левой части компенсируются. Затем применяем обратную теорему замещения и получаем схему (рис. 3).

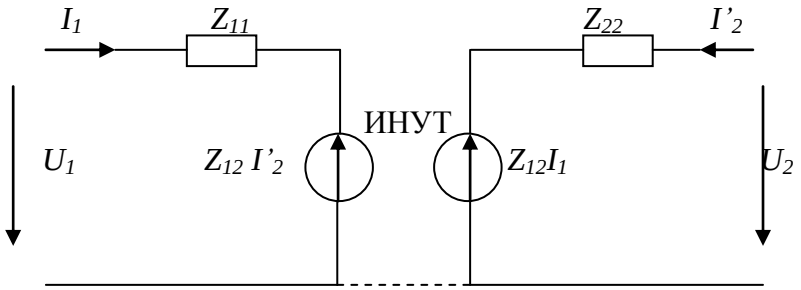


Рисунок 1

где Z_{11}, Z_{22}-собственное сопротивление;

Z_{12}-передаточное сопротивление;

U_1, U_2 – напряжение на зажимах;

I_1, I'_2 – токи;

ИНУТ-источник напряжения управляемый током.

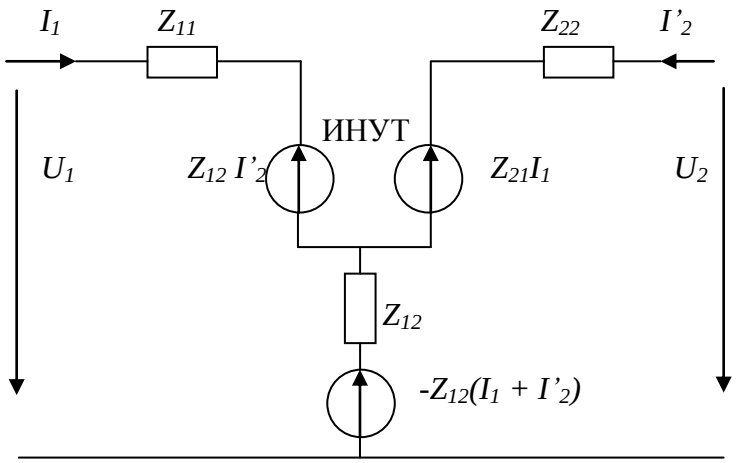


Рисунок 2

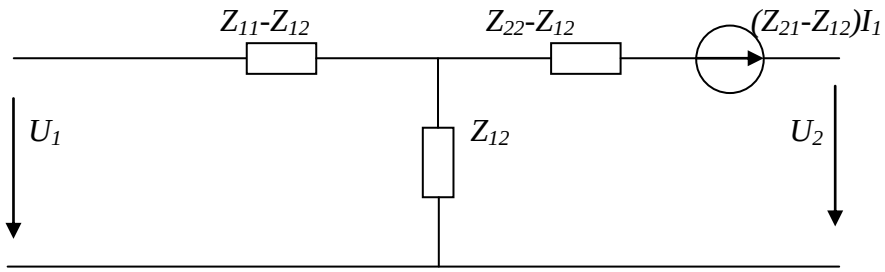


Рисунок 3

В итоге, благодаря электротехническим теоремам, от схемы с двумя источниками, переходим к схеме с одним источником, что и упрощает схему.

Литература

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи.- 7- е изд., перераб. И доп.- М.: Высш. школа, 1978.- 528 с.

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ДУАЛЬНОСТИ ПРИ АНАЛИЗЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЦЕПЕЙ

Олешкевич С.А.
Научный руководитель Горошко В.И., к.ф-м.н., доцент

Для объяснения сути метода возьмем резонансную электрическую цепь, которая дана на рис. 1. Также нам известны формулы для вычисления резонанса ω_p и резонансного сопротивления R_p данной цепи (вывод последних мы не приводим):

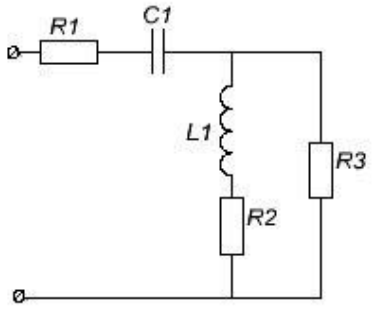


Рисунок 1

$$w_p = w_0 \cdot \frac{R_2 + R_3}{\sqrt{R_3^2 - \rho^2}}; R_p = R_1 + \frac{\rho^2 + R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3},$$

где $w_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$ - резонансная частота идеального контура,

$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ - характеристическое сопротивление.

Перейдем от заданной схемы к дуальной [1].

Каждому независимому контуру исходной схемы, а также области, являющейся внешней по отношению к схеме, соответствует свой узел дуальной схемы. Если в какой-либо ветви исходной схемы, являющейся смежной между двумя контурами, имеется n последовательно включенных элементов, то этой ветви соответствует n параллельных ветвей, соединяющих узлы дуальной схемы, которые отвечают этим контурам.

Так, активному сопротивлению *R* исходной схемы рис. 1 отвечает в дуальной схеме проводимость $G_э=1/R_э$ рис. 2; индуктивности *L*- емкость $C_э$; емкости *C*- индуктивность $L_э$. Для преобразования исходной схемы в дуальную поступают следующим образом. Внутри каждого независимого контура (и во внешней области) ставят точки и называют их. Эти точки являются узлами эквивалентной дуальной схемы. Между полученными узлами проводим пунктирные линии - ветви дуальной схемы. Эти линии проходят через элементы исходной схемы (*R, L, C, E*) и в дуальной схеме рис. 2 включаем в них соответствующие эквиваленты.

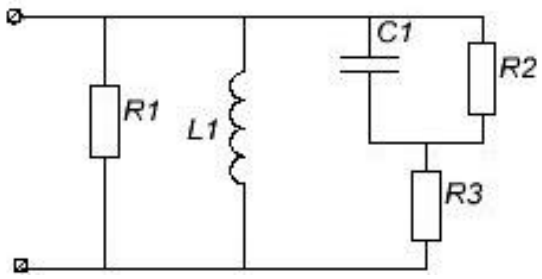


Рисунок 2

Итак, после выполнения всех действий описанных выше мы получаем дуальную схему, для которой формулы выводить не нужно. Следует всего лишь подставить в формулы исходной цепи соответствующие эквиваленты и после несложных алгебраических преобразований получить резонансную $\omega_{p\partial}$ частоту и резонансное сопротивления $R_{p\partial}$ дуальной цепи:

$$w_{p\partial} = w_0 \cdot \frac{1}{R_2} \cdot \frac{R_2 + R_3}{\sqrt{1 - \left(\frac{R_3}{\rho}\right)^2}}$$

$$R_{p\partial} = \frac{\rho^2 \cdot R_1 \cdot (R_2 + R_3)}{\rho^2 \cdot (R_1 + R_2 + R_3) + R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}$$

Таким образом, в докладе показано, что можно находить выражения для резонансной частоты и резонансного сопротивления дуальных схем простой операцией замены величин *R, L, C* дуальными величинами $G_э$, $C_э$, $L_э$.

Литература

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи.- 7- е изд., перераб. И доп.- М.: Высш. школа, 1978.- 528 с.

УДК 62-83-52

ИНВЕРТОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Пилипчук Е.В.
Научный руководитель Жуковская Т.Е., старший преподаватель

Применение инверторов *Инверторами* напряжения называются автономные преобразователи, в которых переменное напряжение на нагрузке образуется в результате ее периодического подключения с помощью ключей к источнику постоянного напряжения, причем с помощью ключей обеспечивается чередующаяся полярность импульсов напряжения на нагрузке. Инверторы напряжения выполняются на полностью управляемых приборах (транзисторах, двухоперационных тиристорах, однооперационных тиристорах, снабженных цепями коммутации).

Какое практическое применение можно найти инверторному преобразованию? Множество. От возможности регулировать работу электродвигателей, а значит получать только необходимую работу и осуществлять только необходимые затраты электроэнергии, до использования для обеспечения питанием бытовых приборов от аккумуляторов - например в источниках бесперебойного питания или работы телевизора от аккумулятора автомобиля.

В сфере энергетики расширение использования инвертора обусловлено возрастанием использования альтернативных источников получения энергии, таких как солнечные батареи и ветряные генераторы. Их основной недостаток - непостоянство. Поэтому часть энергии используется для подзарядки аккумуляторных батарей, а затем, при помощи инвертора, когда невозможно получение энергии по каким-либо причинам (ночь, отсутствие ветра), инвертор преобразует наколенную энергию. Преобразуя постоянную энергию в переменную.

Еще одна сфера применения инвертора - ИБП. Здесь энергия попадает сначала в буферный аккумулятор, откуда, преобразованная при помощи инвертора, подается на потребляющее устройство - персональный компьютер. Кроме очевидной функции - обеспечение постоянного питания (если пропало питание сети, используется накопленная мощность аккумулятора, и есть возможность продолжить или аккуратно завершить работу) выполняется еще одна немаловажная функция — фильтрация напряжения. В сети напряжение редко соответствует привычным для нас параметрам: 220 вольт, 50 герц. Колебания обычно незначительные, но бывают и резкие скачки напряжения. Использование инвертора в цепи позволяет сгладить их.

Но наиболее важная сфера применения инверторов - управление электроприводами. В некоторых случаях, при работе электродвигателя не требуется уменьшение или увеличение скорости работы, иначе говоря, количества оборотов. В сети частота тока относительно постоянная. Если использовать трансформаторы, то получим опять-таки статичное напряжение. Инверторы позволяют регулировать частоту в широком диапазоне. А значит регулировать и работу электродвигателя. Это необходимо в случае, если требуемая пиковая мощность и минимальная, сильно различаются. Из-за перепадов параметров тока в сети, в некоторых производственных процессах, использование обычного электродвигателя, получающего питание от сети, недопустимо - вращение нестабильно. Это приводит к нарушению технологических процессов. В этом случае используется инвертор в качестве фильтра, позволяющего получить равномерную стабильную работу. Даже когда не требуется большая статичность оборотов, но есть необходимость синхронизации нескольких электродвигателей, этого можно достичь с помощью инвертора. Современные системы коммутации позволяют одновременно достичь синхронной работы нескольких

двигателей в различных режимах, изменяя режимы для двигателя, в соответствии с требуемой частой по времени и оборотам, зачастую получая довольно сложные схемы, для управления которых необходимы специальные чипы.

Еще одна полезная отдача от применения инвертора - экономия. Как электроэнергии, так и ресурса. Снижение оборотов электродвигателя, когда не требуется полная выходная мощность, приводит к экономии электроэнергии и моторесурса. Экономия электроэнергии может, причем довольно часто, достигать 50 процентов. К тому же КПД инвертора очень высок - 90-95%. А значит, применение его не несет практически никаких дополнительных затрат.

Последовательный инвертор

Электрическая схема, рабочие фазы и формы выходных сигналов последовательного инвертора изображены на (рис. 1). Такая схема называется последовательным инвертором, поскольку в ней нагрузочное сопротивление включено последовательно с емкостью. *R* - Нагрузочное сопротивление, *L* и *C* - коммутационные элементы. Такой тип инвертора содержит два тиристора. Рассмотрим подробнее фазы работы такой схемы.

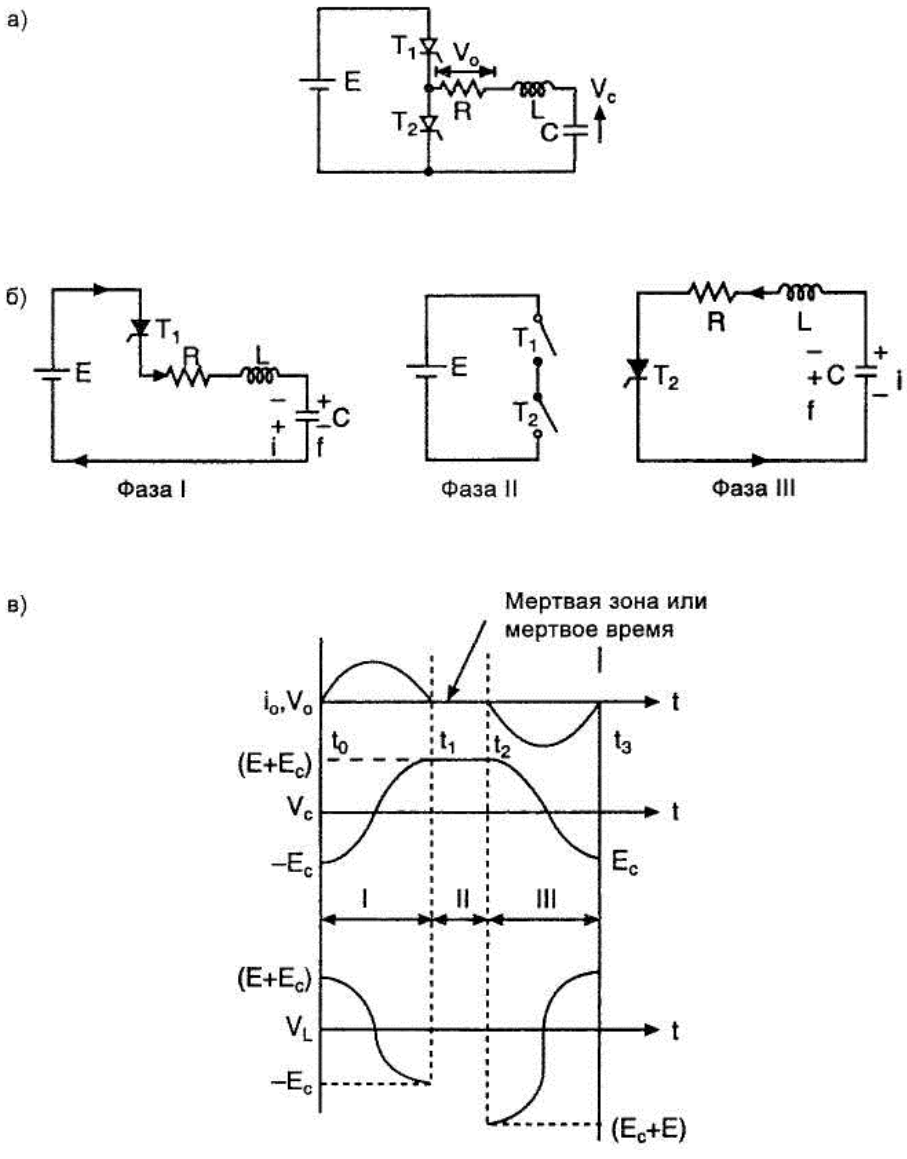


Рисунок1 - Последовательный инвертор:

Фаза I. Тиристор T1 включается в момент времени t_o. Начинается заряд конденсатора от источника питания. Последовательная цепь *R, L* и *C* формирует синусоидальный ток через нагрузочное сопротивление и выполняет функцию демпфирующей цепи. Когда ток в цепи уменьшается до нуля, тиристор T1 запирается. Напряжение на нагрузочном сопротивлении находится в фазе с током тиристора.

Фаза II. Тиристор T2 не должен включаться сразу после того, как ток через тиристор T1, уменьшится до нуля. Для лучшего запирания тиристора T1, к нему необходимо приложить небольшое обратное напряжение. Если тиристор T2 включается без запаздывания, или мертвая зона отсутствует, напряжение источника питания замыкается через открытые тиристоры T1 и T2. Если оба тиристора находятся в закрытом состоянии, то, следовательно, конденсатор *C* остается незаряженным.

Фаза III. В момент времени t_2 тиристор T2 включается и инициирует отрицательный полупериод. Конденсатор разряжается через *L, R* и T2. Следует заметить, что электрический ток через нагрузочное сопротивление *R* протекает в противоположном направлении. В момент времени, когда этот ток уменьшается до нуля, тиристор T2 выключается. Рис.1 - Последовательный инвертор:

Недостатки:

1. Индуктивность *L* и конденсатор *C* имеют большие габариты.
2. Источник питания используется только в течение положительного полупериода.
3. В выходном напряжении имеются высшие гармоники из-за наличия мертвой зоны.

Последовательный инвертор лучше всего подходит для высокочастотных устройств, так как для требуемых значений *L* и *C* уменьшаются их габариты.

Выходная частота последовательного инвертора всегда меньше резонансной частоты вследствие наличия мертвой зоны. Значение выходной частоты может варьироваться путем изменения мертвого времени (рис.2).

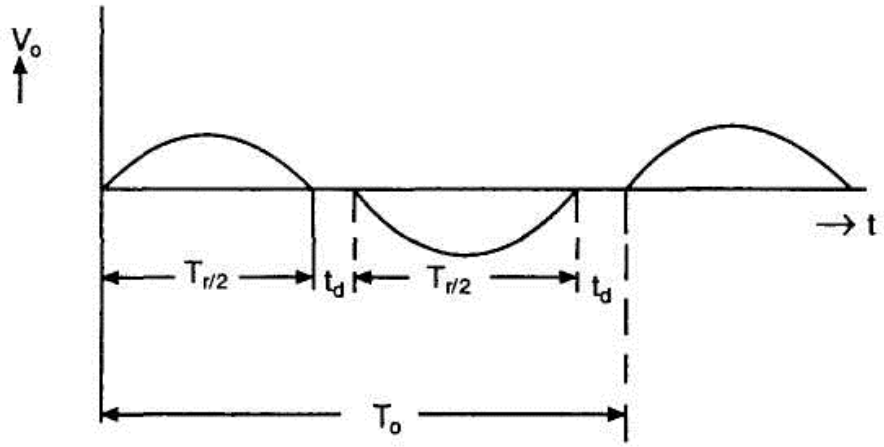


Рисунок 2. -Форма выходного напряжения последовательного инвертора

Транзисторный двухтактный инвертор напряжения с самовозбуждением

На (рис.3) представлена принципиальная схема транзисторного инвертора напряжения с насыщающимся трансформатором, где R_1, R_2 - создают смещение на базе транзисторов *VT*1 и *VT*2, работающих в ключевом режиме, конденсатор *C* - обеспечивает прохождение переменной составляющей напряжения обратной связи, обмотки *W*oc1, *W*oc2 - образуют цепь положительной обратной связи (ПОС) по

напряжению для этого они включены согласно по отношению к обмоткам силового контура *W*11, *W*12.

Запуск схемы обеспечивается за счет асимметрии плеч инвертора (транзисторы *VT*1, *VT*2 имеют различные ВАХ). Иногда приходится делать принудительный запуск схемы в момент включения, если асимметрия недостаточна для первоначального пуска.

При преобладании коллекторного тока в полу обмотке *W*11 за счет разностного тока формируется ЭДС с полярностью, указанной красным цветом на рисунке. На выходе инвертора напряжения имеет место положительный сигнал прямоугольной формы. За счет обмотки ПОС происходит приоткрывание *VT*1 и призакрывание *VT*2. Нарастание коллекторного тока $I_{K1.}$ Имеет лавинообразный характер, которое прекращается при заходе в область насыщения трансформатора. Скорость изменения потока (Φ_0) снижается и происходит смена полярности ЭДС во всех обмотках трансформатора Т, приоткрывается транзистор *VT*2 и процессы повторяются.

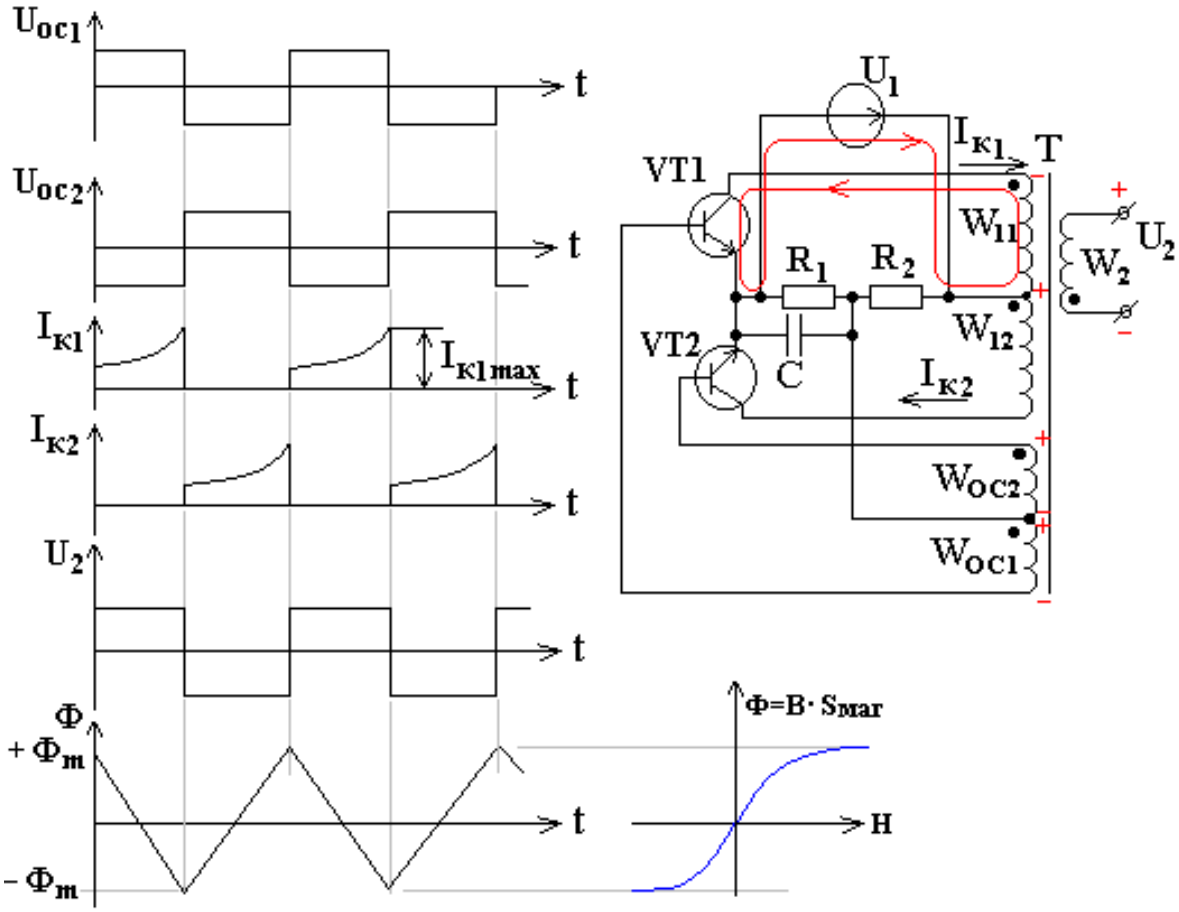


Рисунок 3-Схема транзисторного инвертора напряжения с насыщающимся трансформатором

С увеличением тока нагрузки происходит уменьшение частоты преобразования за счет увеличения потерь на транзисторных ключах. Если рассматривать реальные процессы, то к концу полупериода работы инвертора напряжения происходит "спад" вершины импульса U_2 за счет влияния цепи намагничивания на величину коллекторного тока, что приводит к значительным потерям на силовых ключах.

Литература

1. Горбачев Г.Н., Чаплыгин Е.Е.Промышленная электроника: Учебник для вузов./ Под ред. В.А. Лабунцова. - Энергоатомиздат, 1988.-320с.: ил.
2. Готтлиб И.М. Источники питания. Инверторы, конверторы, линейные и импульсные стабилизаторы/ И.М. Готтлиб; перев. с англ.: А.Л. Ларина, С.А. Лужанского, - Москва.: Постмаркет, 2000, - 552с.: ил. - (Б-ка современной электроники);
3. http://ryazgres.ru/primenenie-invertorov/

УДК 69:620.179.1.08

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОП

Лепская М. В.
Научный руководитель Жуковская Т. Е., старший преподаватель

К дефектам относятся нарушения сплошности или однородности структуры, зоны коррозионного поражения, отклонения химического состава, размеров и прочее.

Дефектоскоп – устройство для обнаружения дефектов в изделиях из различных металлических и неметаллических материалов методами неразрушающего контроля [1].

Классификация приборов неразрушающего метода контроля:

1 Акустические. Бывают реверберационные, акустико-эмиссионные, велосиметрические и пр. Основными же являются:

1.1 Импульсные ультразвуковые (далее УЗ) дефектоскопы. Основываются на посыле в изделие коротких ультразвуковых импульсов и регистрации каких-либо параметров отраженного сигнала. К примеру, при эхо-методе регистрируют интенсивность и временя прихода сигналов, а при теневом методе – энергию колебания или фазу.

1.2 Импедансные дефектоскопы. Принцип работы основан на определении отличия полного механического сопротивления (импеданса) дефектного участка по сравнению с доброкачественным.

1.3 Резонансные дефектоскопы. Основаны на определении собственных резонансных частот упругих колебаний при возбуждении их в изделии.

2 Магнитно-порошковые дефектоскопы. Принцип действия основан на создании поля рассеяния над дефектами с последующим выявлением их магнитной суспензией. Наибольшая плотность магнитных силовых линий поля рассеяния наблюдается непосредственно над трещиной и уменьшается с удалением от нее. Сначала намагничивания отдельные контролируемые участки, после на поверхность детали наносят магнитный порошок, а под действием сил действующих на частицы, они притягиваются к трещине и накапливаются над ней.

3 Вихретоковые дефектоскопы. В основе метод вихревых токов, т.е. возбуждение вихревых токов в зоне контроля и регистрация изменений электромагнитного поля вихревых токов.

4 Феррозондовые дефектоскопы. При движении феррозонда (чувствительного элемента, реагирующего на изменение магнитного поля) вдоль изделия вырабатываются импульсы тока, форма которых зависит от наличия дефектов в изделии.

5 Электроискровые дефектоскопы. Основаны на электрическом пробое воздушных промежутков между касающимся поверхности изоляционного покрытия щупом, подключенным к одному полюсу источника высокого напряжения, и диагностируемым объектом, подключенным к земле.

6 Термоэлектрические дефектоскопы. Основаны на измерении электродвижущей силы, в замкнутой цепи при нагреве места контакта двух разнородных материалов. Если один из этих материалов принять за эталон, то при заданной разности температур горячего и холодного контактов величина и знак термоэдс будут определяться химическим составом второго материала.

7 Радиационные дефектоскопы. Осуществляется облучение объектов рентгеновс-кими, α-, β- и γ-лучами, а также нейтронами. Радиационное изображение дефекта пре-образуют в радиографический снимок, электрический сигнал или световое изображение.

8 Инфракрасные дефектоскопы. Используют инфракрасные (тепловые) лучи для обнаружения непрозрачных для видимого света включений.

9 Радиоволновые дефектоскопы. Основаны на проникающих свойствах радиоволн сантиметрового и миллиметрового диапазонов.

10 Электронно-оптические дефектоскопы. Основа – определение характеристик коронных и поверхностно-частичных разрядов, а также их зависимостей от величины напряжения и степени загрязнения изоляции.

11 Капиллярные дефектоскопы. Основаны на искусственном повышении свето - и цветоконтрастности дефектного участка относительно неповреждённого. Позволяют обнаруживать невооружённым глазом тонкие поверхностные трещины и другие несплошности материала [2,3].

Ультразвуковая дефектоскопия базируется на свойствах ультразвука проникать в различные среды и отражаться от границы раздела сред и основывается на явлении пьезоэффекта. Сущность его состоит в том, что сжатие пластины из пьезоматериала приводит к возникновению на ее поверхностях электрических зарядов. Это явление называется прямым пьезоэффектом. Если же пластину поместить в переменное электрическое поле, то ее толщина будет колебаться с частотой изменения поля. Такой пьезоэффект называется обратным. Эти явления позволяют преобразовывать электрические сигналы в ультразвуковые колебания и обратно. Наибольший эффект пьезопреобразователя достигается при равенстве собственной частоты пьезопластины и частоты приложенного электрического поля (резонансе) [4].

Рассмотрим простейший дефектоскоп. Он состоит из генератора радиоимпульсов, сигнализатора дефектов, широкополосного усилителя, устройства временного выравнивания амплитуды, стабилизатора напряжения питания и преобразователя (видеоусилитель, экран) (рисунок 1).

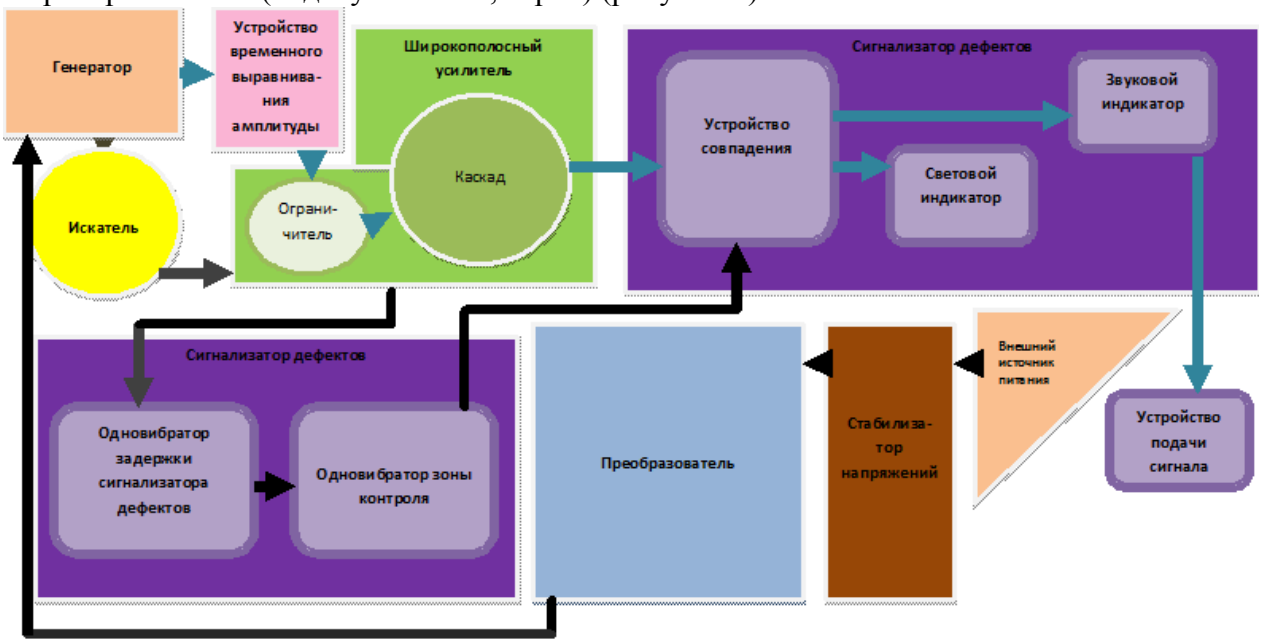


Рисунок 1 – Принципиальная схема дефектоскопа

Искатель дефектоскопа изготовлен из органического стекла. Пьезопластины выполнены из титаната бария. Предварительно подогнанные по размерам, а следовательно, и по частоте пластины приклеивают в щели эпоксидным клеем.

Генератор синхронизирующих импульсов обеспечивает синхронизацию работы узлов дефектоскопа, предназначен для формирования высокочастотных электрических импульсов, используемых для возбуждения УЗ колебаний в преобразователе искателя.

Высокочастотные электрические колебания пьезопластиной преобразователя трансформируются в механические, которые вводятся в контролируемый объект. При отсутствии дефекта в контролируемом изделии импульс дойдет до нижней поверхности изделия, отразится от нее и возвратится, если на пути прохождения ультразвука встретится дефект, то часть волн отразится от него раньше.

Приемно-усилительный тракт дефектоскопа предназначен для усиления и детектирования сигналов, регистрируемых приемным преобразователем.

Автоматический сигнализатор дефектов управляет дополнительными индикаторами. В этом блоке осуществляется временная селекция сигналов, поступающих на его вход с выхода усилительного тракта. Это необходимо для того, чтобы на дополнительные индикаторы дефектоскопа не поступал зондирующий импульс, а также эхо-сигналы от несплошностей, расположенных вне контролируемого слоя. Принцип временной селекции состоит в том, что на выход селектора (каскада совпадений) приходят только те сигналы, которые совпадают по времени со специально сформированным селектирующим (стробирующим) импульсом, временное положение которого соответствует распространению УЗ-колебаний в заданном слое.

Простейшие дефектоскопы (рисунок 2) имеют два режима работы: «Поиск» и «Оценка». Это позволяет сначала определить наличие дефекта, а затем его расположение.

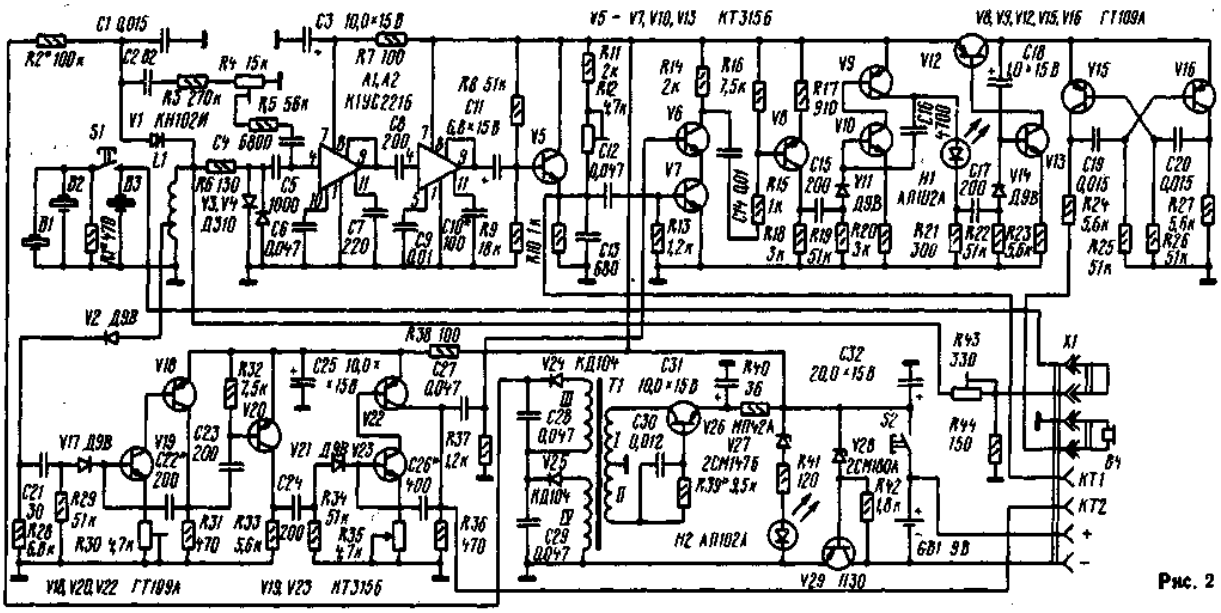


Рис. 2

Рисунок 2 – Электронная схема дефектоскопа

Разъем X1 служит для подключения внешних искателя и источника питания, а также автоматизированных и полуавтоматизированных установок при работе дефектоскопа в комплекте с ними.

Импульс тока, проходящий через динистор V1, возбуждает в контуре L1B3 в режиме «Поиск» или L1B1-B3R1 в режиме «Оценка» радиоимпульс. Его длительность составляет 0,4 мкс. Чувствительность прибора в режиме «Оценка» устанавливают резистором R43.

Стабилизатор на транзисторе V29 и преобразователь на транзисторе V26 и диодах V24, V25 обеспечивают дефектоскоп необходимыми напряжениями питания.

Короткий радиоимпульс преобразуется пьезопластинами B1-B3 искателя в импульс УЗ колебаний, которые через слой контактирующей жидкости распространяются в материале в виде расходящегося пучка поперечных волн. УЗ колебания, отраженные от дефекта, в свою очередь, воздействуют на пьезопластины

В1-В3, возбуждая в них ЭДС, которая усиливается, преобразуется н подается на сигнализатор дефектов.

Снятый с части катушки L1 радиоимпульс преобразуется диодом V2 в положительный импульс, который запускает одновибратор задержки сигнализатора дефектов на транзисторах V18, V19. Длительность импульса одновибратора зависит от положения движка резистора R30. Продифференцированный импульс одновибратора, прошедший через инвертор на транзисторе V20, включает одновибратор «зоны контроля» сигнализатора на транзисторах V22, V23. Длительность импульса этого одновибратора регулируют резистором R35 (расстояние до дефекта). С коллектора транзистора V22 импульс поступает на базу транзистора V6 устройства совпадения на транзисторах V6, V7 сигнализатора.

Если в «зоне контроля» встречается дефект, импульс, отраженный от него и преобразованный пьезопластинами В1-В3, усиливается широкополосным усилителем на микросхемах А1, А2. Для защиты усилителя от перенапряжений по входу включен двусторонний ограничитель на диодах V3, V4. Далее радиоимпульс детектируется и ограничивается в каскаде на транзисторе V5 сигнализатора дефектов и воздействует на базу транзистора V7 устройства совпадения. Резистором R12 можно изменять порог ограничения импульсов в детекторе-ограничителе. С коллектора транзистора V8 положительный импульс запускает сначала одновибратор светового (транзисторы V9, VIO), а затем одновибратор звукового (V12, V13) индикаторов, сигнализирующих о наличии дефекта в «зоне контроля». Звуковой индикатор, кроме одновибратора-расширителя импульсов, содержит мультивибратор на транзисторах V15, V16. При наличии дефекта кратковременно зажигается светодиод Н1 (дефект) и звучит сигнал в телефонах В4.

Для выравнивания чувствительности прибора по глубине залегания дефектов в дефектоскоп введено устройство временного выравнивания амплитуды радиоимпульсов на элементах R3R4C3. Оно формирует импульсы поступающие на вход микросхемы А1.

Литература

1. Технические средства диагностирования : справочник / П.П. Пархоменко [и др.]; под ред. В.В.Клюева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.

2. Научно-производственный центр неразрушающего контроля [Электронный ресурс] / ООО НПЦ «Кропус». – Ногинск, 2011. – Режим доступа: http://www.kropus. com/products/. – Дата доступа: 15.04.2013.

3. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов: ГОСТ 18353-79. – М.: Госстандарт, 1980. – 12 с.

4. «Ультразвуковые технологии и аппараты» – официальный сайт Лаборатории акустических процессов и аппаратов Бийского технологического института [Электронный ресурс] / ООО «Центр ультразвуковых технологий». – Бийск, 1994. – Режим доступа: http://u-sonic.ru/book/export/html/900. –Дата доступа: 15.04.2013.

УДК 621.318.25

СПОСОБЫ РАЗМАГНИЧИВАНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ТЕЛ

Морозевич Д.А.
Научный руководитель Мороз Р.Р., к.т.н., доцент

Любое ферромагнитное тело всегда разбито на замкнутые магнитные участки (домены), которые намагничены до насыщения (до максимального значения). Линейные размеры доменов не имеют строго определённой величины, но пропорциональны линейным размерам тела:

$$l = k\sqrt{L},$$

где: l – размер домена,

L – линейный размер образца в направлении прохождения магнитных силовых линий,

k – коэффициент.

Если размер домена будет равен величине, определяемой по приведенной выше формуле, то доменная структура будет равновесной и наиболее устойчива к внешним воздействиям, а ферромагнитное тело будет сохранять значение своей намагниченности. Если размер домена не будет соответствовать равновесной доменной структуре, то ферромагнитное тело будет неустойчиво к внешним воздействиям и может легко намагнититься. При неустойчивой доменной структуре домены или дробятся на более мелкие частички (если размер домена превышает размер равновесной структуры) или объединяются (если размер домена меньше размера равновесной структуры), но в любом случае намагниченность тела изменяется.

Если направления векторов намагниченности всех доменов совпадают, то тело представляет собой постоянный магнит. Если же направления векторов намагниченности доменов имеют некоторое результирующее значение, то тело тоже намагничено, но не до максимальной величины. Если направления векторов намагниченности доменов имеют такие направления, что результирующий вектор равен нулю, то тело размагничено.

Итак, значение намагниченности ферромагнитного тела определяется как размерами доменов, так и направлением векторов намагниченности этих доменов.

Так как в пространстве вокруг намагниченных ферромагнитных тел существуют достаточно сильные магнитные поля, отрицательно воздействующие на работу изделий, то ферромагнитные тела нужно размагничивать. Для устойчивого размагничивания ферромагнитных тел их необходимо разбить на равновесные домены (в этом случае тело будет наиболее устойчиво к внешним воздействиям)и разупорядочить направления векторов намагниченности доменов таким образом, чтобы результирующая намагниченность равнялась нулю.

В настоящее время известно три способа размагничивания ферромагнитных тел:

- статическое размагничивание – размагничивание, полученное при помощи внешнего равномерно меняющегося магнитного поля, которое приводит намагниченность магнитного материала к такому значению, что при удалении поля она становится равной нулю;

- термическое размагничивание – размагничивание, полученное повышением температуры материала выше точки Кюри и последующим охлаждением его при отсутствии внешнего магнитного поля;

- динамическое размагничивание – размагничивание, полученное при помощи внешнего знакопеременного периодического магнитного поля, амплитуда

напряжённости которого уменьшается от значения, соответствующего намагниченности технического насыщения, до нуля.

Наиболее эффективным способом размагничивания является динамический, так как переменное затухающее электромагнитное поле разбивает ферромагнитное тело на домены и разупорядочивает направления их векторов намагниченности. Причём размеры доменов и направления векторов их намагниченности зависят от параметров размагничивающего поля. Значит, изменяя параметры размагничивающего поля (частоту f и время размагничивания t), можно разбить тело на домены, размеры которых соответствуют равновесной доменной структуре, и разупорядочить векторы намагниченности доменов. Этим обеспечивается наилучшее размагничивание. Значения параметров размагничивающего поля определяются габаритами и внутренними свойствами ферромагнитных тел.

УДК 658.26:621.3.001.63

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ И СТРОЯЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Кононенко Е.В.
Научный руководитель Мороз Р.Р., к.т.н., доцент

К электроснабжению предприятий строительной индустрии предъявляются следующие основные требования:

1) обеспечение подачи необходимого для предприятия количества электроэнергии и надёжности электроснабжения;

2) обеспечение подачи электроэнергии требуемого качества;

3) обеспечение электробезопасности и экономичности электроснабжения.

Своеобразие электроснабжения строящихся объектов заключается в первую очередь в том, что значительная часть электрических сетей (воздушных и кабельных) носит временный характер и обычно выполняется без тщательных расчётов. Поэтому во многих случаях качество электроэнергии на строительных площадках не соответствует требованиям обеспечения высокой эффективности технологических процессов строительного производства и паспортную производительность электроустановок, что и обуславливает значительные потери электроэнергии.

Основными приёмниками электроэнергии в строительстве являются асинхронные двигатели. Так как на строительных площадках эксплуатируются двигатели, мощность которых соизмерима с мощностью питающих трансформаторов, а также и из-за удаленности двигателей от главных производительных подстанций напряжение у токоприёмников строительных площадок может понижаться до 15%, что недопустимо. Поэтому для вторичной стороны трансформаторных подстанций на строительных площадках при холостом ходе должно быть принято отклонение напряжения +10% от номинального. В соответствии с вышесказанным, для стабилизации и регулирования напряжения у приёмников серийно выпускается ряд трансформаторов, у которых возможно регулирования напряжения на вторичных обмотках.

Необходимый уровень напряжения у приёмников электроэнергии обеспечивается при определении параметров линий питания. Поэтому чрезвычайно важным является их расчёт и выбор. Расчёт электрических сетей производят по нагреву, по потере напряжения, по условиям пуска мощных асинхронных двигателей.

Расчёт электрических сетей по нагреву производят, исходя из того, что значения длительно допустимых токов нагрузки $I_{нагр}$. для стандартных сечений проводов, кабелей и воздушных линий должны быть такие, при которых сохраняются качества изоляции и механическая прочность проводов. При этом необходимо учитывать влияние температуры окружающей среды. Поэтому по расчётному току нагрузки $I_{нагр.}$ выбирают сечение провода, для которого $I_{доп.} \geq I_{нагр.}$, где $I_{доп.}$ – значения длительно допустимого тока нагрузки.

Потеря напряжения равна разности модулей напряжения в начале и в конце линии, т. е. $\Delta U = U_1 - U_2$. Потеря напряжения в линии показывает, на сколько вольт напряжение в конце линии меньше, чем напряжение в начале линии. Величина падения напряжения определяется по формуле:

$$\Delta U\,\% = \frac{\Delta U}{U_н}\cdot 100 = \frac{I\left(R + X_L\right)}{U_н}\cdot 100 = \frac{I\left(r_0\,2l + x_0\,2l\right)}{U_н}\cdot 100 = \frac{200\,I\,l}{U_н}\left(r_0\cos\varphi_2 + x_0\sin\varphi_2\right),\ \text{В}.$$

Определение потери напряжения при пуске мощных асинхронных двигателей требует решения сложной системы нелинейных уравнений. Однако опыт проектирования показывает, что простоты расчётов электрической сети при достаточной для практики степени точности результатов можно достигнуть, приняв потерю напряжения от работающих двигателей в момент пуска мощного двигателя той же, что и перед пуском, т.е. постоянной.

В этом случае потеря напряжения в линии при пуске двигателя определяется по формуле:

$$\Delta U = U_{\text{о}} - U_{\text{П}},$$

где: ΔU – потеря напряжения в линии,

$U_{\text{о}}$ – напряжение в начале линии на вторичной обмотке трансформатора,

$U_{\text{П}}$ – напряжение на зажимах двигателя.

Эта формула получила широкое применение для расчёта и проверки параметров электрических сетей по условиям пуска.

При наличии на строительных площадках значительных отклонений питающего напряжения возрастает роль регулирования напряжения в сетях как одного из эффективных средств улучшения качества электроэнергии. Регулирование напряжения может осуществляться с помощью не только средств, непосредственно воздействующих на значение напряжения, но и устройств компенсации реактивной мощности.

Электроприёмники на строительных площадках создают огромные реактивные токи, которые в течение суток претерпевают значительные колебания. Эти токи создают дополнительные потери напряжения. Поэтому возможности и эффективность компенсации реактивных нагрузок в сетях довольно велики.

Регулирование напряжения в сети может осуществляться либо путём оснащения питающего трансформатора средствами регулирования, обеспечивающими требуемые изменения коэффициента трансформации, либо с помощью специальных устройств, присоединяемых к электрической сети.

При выборе первого способа регулирования отпадает необходимость в применении какой-либо дополнительной аппаратуры, однако устройство должно быть рассчитано на полную мощность всех потребителей. Преимущество второго способа регулирования – возможность удовлетворения требований отдельных потребителей по качеству электроэнергии. Недостаток – потребность в дополнительном оборудовании, усложняющем монтаж и повышающем трудоёмкость обслуживания.

По характеру использования можно выделить три группы регулирующих устройств:

1) централизованного регулирования;
2) группового регулирования;
3) индивидуального регулирования.

Выпускаемые отечественной промышленностью силовые трансформаторы можно подразделить на три группы:

1) трансформаторы, снабжённые устройствами регулирования напряжения под нагрузкой (РПН);

2) трансформаторы, допускающие разовые изменения коэффициента трансформации путём переключения дополнительных ответвлений;

3) трансформаторы, не имеющие ответвлений.

Наибольшее распространение в силовых электрических сетях общего назначения получили трансформаторы с РПН. Их производство достигло около 70% от общего выпуска по мощности.

Реактивная нагрузка предприятий строительной индустрии, как правило, является индуктивной (трансформаторы, электродвигатели, кабели и т. д.). Индуктивная энергия то потребляется генератором, то возвращается в сеть. Суммарное значение энергии, потребляемое от источника электроэнергии, равно нулю. Уменьшение коэффициента мощности влечёт за собой снижение к.п.д. трансформаторов, электродвигателей и ряда других электропотребителей. С уменьшением нагрузки двигателей резко падает их коэффициент мощности. Кроме того, индуктивные токи вызывают дополнительные потери напряжения, снижая напряжение, подводимое к приёмникам; обуславливают активные потери (на нагрев) в электропроводящих сетях.

Различают два вида коэффициента мощности: естественный, измеряемый без компенсирующих устройств, и общий, определяемый с учётом действия компенсирующих устройств.

К естественным методам повышения коэффициента мощности относятся: замена асинхронных двигателей на синхронные, правильный выбор двигателей по мощности и др.

К искусственным методам компенсации индуктивной мощности можно отнести использование конденсаторов, а также синхронных двигателей, которые в режиме перевозбуждения представляют собой ёмкостную нагрузку.

УДК 620. 9

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В БЫТУ

Толкач А. В., Липская С.А., Мамчиц В.Н.
Научный руководитель Германович Е. И., старший преподаватель

С каждым годом на бытовые нужды расходуется всё большая доля электроэнергии, газа, тепла, воды. Между тем, многие месторождения в обжитых местах уже исчерпаны, а новые приходится искать и обустраивать в труднодоступных районах Сибири и Дальнего Востока. Обходится всё это очень недёшево. Поэтому именно экономия становится важнейшим источником роста производства.

Коммунально-бытовое хозяйство является на сегодня крупным потребителем топлива и энергии: на его долю приходится около 20% топливно-энергетических ресурсов. Самыми крупными потребителями электроэнергии в коммунально-бытовом хозяйстве являются жилые дома. В них ежегодно расходуется в среднем 400 кВт*ч на человека, из которых примерно 280 кВт*ч потребляется внутри квартиры на освещение и бытовые приборы различного назначения и 120 кВт*ч – в установках инженерного оборудования и освещения общедомовых помещений.

Электростанции работают с полной нагрузкой, особенно напряжённо – в осенне-зимний период года в часы наибольшего потребления электроэнергии: с 8.00 до 10.00 и с 17.00 до 21.00. И в это напряжённое время где-то столь необходимые для производства киловатт-часы тратятся напрасно. В пустующих помещениях горят электрические лампы, светятся экраны телевизоров и др. 15-20% потребляемой в быту электроэнергии пропадает из-за небережливости потребителей. А электроэнергия сегодня дорожает. Поэтому старый призыв «Экономьте электроэнергию!» стал ещё более актуальным. Посмотрим, как и за счёт чего это можно сделать.

1. Рациональное освещение квартиры

Освещение квартиры складывается из естественного и искусственного. Любое из них должно обеспечивать достаточную освещённость помещения.

В помещения, окна которых выходят на север и частично на запад и восток, попадает лишь рассеянный свет. Для улучшения естественного освещения комнат отделку стен и потолка рекомендуется делать светлой. Запылённые стёкла могут поглощать до 30% света. Значительное количество электроэнергии напрасно расходуется днём в квартирах первых, а некоторых домах - вторых и третьих этажей. Причина этому – беспорядочные посадки зелени перед окнами, затрудняющие проникновение в квартиры естественного дневного света. Согласно существующим нормам деревья высаживаются на расстоянии не ближе 5 м от стен жилого дома, кустарник – 1,5 м.

Искусственное освещение создаётся электрическими светильниками. В современных квартирах широко распространены три системы освещения: общее, местное и комбинированное. При общем освещении можно заниматься работой, не требующей сильного напряжения зрения. Светильники общего освещения являются самыми мощными светильниками в помещении, их основная задача – осветить всё как можно более равномерно. Для этого обычно используют потолочные или подвесные светильники, установленные в центре потолка. Общую освещённость можно считать достаточной, если на 1 кв. м площади приходится 15-25 Вт мощности ламп накаливания.

В одном или нескольких местах помещения следует обеспечить местное освещение с учётом конкретных условий. Такое освещение требует специальных светильников, устанавливаемых в непосредственной близости к письменному столу, креслу, туалетному столику и т.п. Так, например, достаточное освещение листа ватмана

при черчении обеспечит светильник с лампой накаливания мощностью 150 Вт на расстоянии 0,8-1 м. Штопку чёрными нитками можно выполнять при лампе мощностью 100 Вт на расстоянии 20-30 см. Для продолжительного чтения рекомендуется светильник с лампой накаливания в 60 Вт.

Комбинированное освещение достигается одновременным использованием светильников общего и местного назначения, а также при помощи светильников комбинированного освещения. К ним относятся многоламповые светильники имеющие 2 группы ламп, одна из которых обеспечивает местное, а другая – общее освещение.

Более совершенными источниками света являются люминесцентные лампы. Такая лампа имеет по сравнению с лампой накаливания в 4-5 раз более высокую световую отдачу и в 5-8 раз больший срок службы. Например, светоотдача люминесцентной лампы 20 Вт равна светоотдаче лампы накаливания 150 Вт.

2. Экономия электроэнергии при приготовлении пищи.

Самыми энергоёмкими потребителями являются электроплиты. Технология приготовления пищи требует включения конфорки на полную мощность только на время, необходимое для закипания. Варка пищи может происходить при меньших мощностях. Суп совершенно не обязательно должен кипеть ключом: он от этого быстрее не сварится, потому что выше 100 ^{0}С вода всё равно не нагреется. Зато при интенсивном кипении она будет очень активно испаряться, унося около 0,6 кВт*ч на каждый литр выкипевшей воды. То, что должно вариться долго, следует варить на маленькой конфорке, нагретой до минимума, и обязательно при закрытой крышке. Варка пищи на малых мощностях значительно сокращает расход электроэнергии, поэтому конфорки электроплит снабжают переключателями мощности.

Большинство электроплит оснащены сейчас 4-7ступенчатыми регуляторами мощности; в результате при приготовлении пищи электроэнергия расходуется нерационально. Применение 7-ступенчатых переключателей снизит затраты энергии на 5-12%, а бесступенчатых – ещё на 5-10%. Несвоевременная смена неисправных конфорок приводит к перерасходу электроэнергии на 3-5%.

На электроплитах надо применять специальную посуду с утолщённым обточенным дном диаметром, равным или несколько большим диаметра конфорки. Использовать специализированные приборы для приготовления пищи. Эти приборы предназначены для приготовления отдельных видов блюд. Блюда получаются лучшего качества, чем приготовленные на плите, а энергии затрачивается меньше. Применение скороварок примерно в три раза сокращает время приготовления блюд и упрощает технологию. Расход электроэнергии при этом сокращается в два раза.

Одним из условий улучшения работы электрочайника и посуды является своевременное удаление накипи. Накипь обладает малой теплопроводностью, поэтому вода в посуде с накипью нагревается медленно. Неоспоримые преимущества имеют и микроволновые печи, получившие в последнее время широкое распространение. В них разогрев и приготовление продуктов происходят за счёт поглощения ими энергии электромагнитных волн. Причём продукт подогревается не с поверхности, а сразу по всей его толще. В этом заключается эффективность этих печей.

4.Экономия электроэнергии при пользовании радиотелевизионной аппаратурой

Радиотелевизионная аппаратура – значительный потребитель электроэнергии. Если считать, что в среднем телевизоры в наших домах включены 4 часа в сутки, то ежегодно расходуется около 30 миллиардов кВт*ч электроэнергии. Поэтому надо создать условия для ее лучшего охлаждения, а именно: не ставить вблизи электроотопительных приборов, не накрывать различного рода салфетками, производить систематическую очистку от пыли.

Для прослушивания передач информационного характера целесообразно использование радиотрансляционной сети. Многие электронные приборы –

видеомагнитофоны, приемники, проигрыватели – после выключения продолжают работать в дежурном режиме. Табло прибора при этом становится электронными часами. Это, конечно, удобно. Мощность «дежурного» устройства невелика – каких-нибудь 10 – 15 Вт. Но за месяц непрерывной работы оно «съест» уже довольно ощутимое количество электроэнергии – около 10 кВт*ч.

5. Экономия электроэнергии при пользовании электробытовыми приборами

Холодильник – энергоемкий прибор. Поскольку холодильники постоянно включены в сеть, его следует ставить в самое прохладное место кухни (ни в коем случае не к батарее, плите), желательно возле наружной стены, но не вплотную к ней. Чем ниже температура теплообменника, тем эффективнее он работает и реже включается. При снижении температуры теплообменника с 21 до 20 градусов, холодильник начинает расходовать электроэнергии на 6% меньше. Ледяная «шуба», нарастая на испарители, изолирует его от внутреннего объема холодильника, заставляя включаться чаще и работать каждый раз больше. Чтобы влага из продуктов не намерзала на испарители, следует хранить их в коробках, банках и кастрюлях, плотно закрытых крышками, или завернутыми в фольгу. А регулярно оттаивая и просушивая холодильник можно сделать его гораздо экономичнее.

Стиральные машины – наиболее экономичные автоматические машины, включение и выключение которых производиться строго по программе. Они рассчитаны на единовременную загрузку определенной массы сухого белья. Перегружать машину не следует: ее мотору будет тяжело работать, а белье плохо отстирается. Не следует думать, что загрузив бак машины лишь наполовину, можно добиться экономии энергии и повысить качество стирки. Половина мощности машины уйдет на то, чтобы вхолостую гонять воду в баке, а белье чище все равно не станет.

Мощность утюга довольно велика – около киловатта. Чтобы добиться некоторой экономии, белье должно быть слегка влажным: пересушенное или слишком мокрое приходится гладить дольше, тратя лишнюю энергию.

Для эффективной работы пылесоса большое значение имеет хорошая очистка пылесборника. Забитые пылью фильтры затрудняют работу пылесоса, уменьшают тягу воздуха. Для их очистки надо обзавестись щетками двух типов: плоской широкой и узкой длинной. Такими щетками легко удалять пыль, как с пылесборника, так и с матерчатых фильтров.

Экономя воду, мы экономим электроэнергию. Вода не сама приходит в наши многоэтажные дома. Мощные насосы, приводимые в движение электрическими моторами, поднимают воду на нужную высоту. Этот расход энергии не отражается на наших электросчетчиках, но величина его весьма ощутима. Во многих странах Европы водомерные счетчики уже стали привычной деталью квартир. Советы по экономии воду очень просты. Это исправное состояние кранов в ваннах, умывальниках и мойках; исправность унитазов; уменьшение пользования ванной за счёт использования душа.

Экономия электроэнергии необходима в любое время года, месяца и дня. Но особенно она значима в часы наиболее напряжённого режима работы наших электростанций, так называемых утренних и вечерних часов максимума нагрузки энергосистем.

Литература

1. Кораблев В.П. Экономия электроэнергии в быту. – Москва, «Энергоатомиздат», 1987.
2. Лацис О. Р. Солнце в доме. – Москва, «Советская Россия», 1982.
3. Экономьте электроэнергию! – «Наука и жизнь», 3/96, стр. 66-67.

УДК 628.511

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Подоляк В.В., Подлинных Н.В., Равгень П.А.
Научный руководитель Германович Е.И., старший преподаватель

Системы вентиляции зданий и сооружений известны с давних времен. С развитием мира и изобретением новых технологий инженерные системы также прогрессируют. До недавнего времени механические системы вентиляции считались идеально автоматизированными, в них имелись возможности регулирования температуры приточного воздуха и регулирование количества воздуха (его расхода). Однако наряду с этими возможностями появились новые проблемы, связанные с постоянным сечением вентиляционных каналов, т.е. для использования функции регулирования расхода необходимо было устанавливать дросель-клапаны, предназначенные для частичного или полного перекрытия вентиляционного канала. Настройка системы осуществлялась согласно аэродинамическому расчету и выполнялась вручную, т.е. каждый отдельный клапан имел механическую регулировку.

Решением данной проблемы было разработано компанией Swegon и его техническими специалистами. Данное решение является инновационным и не имеет мировых аналогов. Полное автоматизирование системы предусматривает отсутствие необходимости механического регулирования и предлагает нам лишь управление температурным режимом.

Современные энергоэффективные системы вентиляции по потребности в комплексе с системой *Super WISE* (разработка фирмы Swegon), а также холодные балки с функцией подогрева воздуха (серия Paragon) открывают идеальное «оружие» микроклимата. В каждой комнате устанавливаются датчики CO2 и температуры, таким образом, необходимое количество приточного воздуха рассчитывается и регулируется системой автоматически. В качестве регулирующей арматуры используется клапан с активной заслонкой (ADAPT Damper).

В температурном же режиме мы отходим от стандартного нагрева либо охлаждения до заданной температуры на выходе из установки (в этом случае температура приточного воздуха по всем помещениям одинакова). Системы Swegon предусматривает установку секций охлаждения и нагрева, которые являются основополагающими, но единственными. Инновационное решение заключается в использовании холодных балок.

Приточный воздух на выходе из установки имеет некоторую температуру, заданную пользователем. Однако используя комфортные модули Paragon, мы имеем возможность нагрева и дополнительного охлаждения воздуха для отдельно взятого помещения. Спецификой является подведение горячей и холодной воды к модулю (горячая вода системы отопления и холодная вода вентиляционного чиллера).

Как следствие можно сделать вывод о пользовательском комфорте потребителя, ведь то, что необходимо сделать: это - задать комфортную температуру воздуха в помещении. В качестве дополнительного решения температурного режима является новейшая система автоматизации, дополнительно берущая под свое начало систему отопления данного помещения (подключается к регулирующему расход-клапану, который может быть двух- или трехходовой и осуществляет его регулирование). То есть когда мы задаем температуру в 23 градуса (на локальном переносном пульте управления), данное значение принимает как система отопления, так и система вентиляции помещения.

Что же может обеспечить стабильную, а главное правильную работу такой системы? Ответ очень прост: это специально разработанные модули систем управления (в их число входит CONTROL Damper в комбинации с CONTROL Optimize и Slave Controller и т.д.). Они являются невидимыми посредниками и фактически управляют работой все системы, координируя при этом работу заслонок, воздухораспределителей, вентиляторов, комнатных датчиков, индивидуальных пультов регулирования и другие. Все элементы данной системы соединены между собой при помощи трехжильного с сечением 1.5 мм^2.

Таким образом мы добавляем затраты на использование кабеля и элементы систем регулирования, а на выходе получаем колоссальную экономию энергии. Ведь все мы прекрасно понимаем что, когда производится расчет системы вентиляции для частного дома - проектировщиком подразумевается присутствие группы людей в каждой комнате для расчета количества приточного воздуха. Но в реальности количество людей в доме, а уж тем более в отдельно взятом помещении не совпадает с расчетным количеством, что тратит наши средства на вентилирование не используемых помещений. С наличием же предложенной нами системы вы будете точно уверены в том, что система работает лишь там, где это необходимо (в местах пребывания людей и животных).

Литература

1. www.swegon.com
2. Расчет малошумной системы вентиляции / О. С. Кочетов // Безопасность труда в промышленности. - 2010. - № 1. - С. 22-25.
3. Роль вентиляции и охлаждения в энергетическом балансе современного офисного здания / науч. ред. Н. А. Шонина // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. - 2011. - N 2. - С. 60-67.
4. Прямоточные приточные системы вентиляции / науч. ред. Е. Г. Малявина // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. - 2011. - N 5. - С. 32-38.

УДК 628.511

АВТОМАТИКА И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Чайковский Д.С., Коленчик С.И., Терещук Ю.С.
Научный руководитель Германович Е.И., старший преподаватель

Управление инженерным оборудованием зданий требует систем автоматики, способных контролировать все необходимые параметры и влиять на работу оборудования таким образом, чтобы обеспечить комфортное и безопасное пребывание людей в помещениях, исправное функционирование оборудования. Эти задачи решаются локальной автоматикой, к которой относятся контроллеры, пользовательские терминалы, датчики и исполнительные устройства. Контроллер, который является основой системы управления, может быть или конфигурируемый или свободно программируемый.

Обычно контроллеры имеют выходы с небольшой нагрузочной способностью, поэтому для управления электродвигателями, калориферами и другими мощными устройствами контроллер оснащается контакторами и другой пускозащитной аппаратурой. Так появляется щит автоматики – полностью укомплектованное изделие, предназначенное для управления конкретным типом оборудования.

Пользовательские терминалы предназначены для контроля состояния и управления системой автоматики. При этом обычно существует возможность производить управление несколькими контроллерами с одного терминала, что повышает эффективность работы службы эксплуатации объекта и создает более комфортные условия.

Датчики и исполнительные устройства – т.н. «обвязка», служат для получения контроллерами системы управления необходимой информации о состоянии оборудования и непосредственного управления этим оборудованием. К исполнительным устройствам относятся приводы воздушных заслонок, водяных клапанов, частотные преобразователи и т.д.

Одна из типовых задач, которую решает система автоматики климатического оборудования, – управление скоростью вращения вентиляторов, регулирование производительности компрессоров и другой приводной техники.

Для решения указанной задачи в номенклатуре Carel присутствуют тиристорные ШИМ регуляторы скорости вращения как однофазных, так и трехфазных вентиляторов.

Современные системы управления инженерным оборудованием, использующим приводную технику, все чаще оснащаются частотными преобразователями, которые позволяют, например, за счет плавного регулирования скорости вращения двигателей вентиляторов, согласовывать производительность системы вентиляции с текущей потребностью в свежем воздухе.

В случае, когда оборудования много и оно расположено в различных, особенно труднодоступных, местах, возникает необходимость иметь возможность контролировать его состояние и управлять им удаленно, с единого диспетчерского пульта, а также вести запись состояния оборудования в течение времени работы для выявления потенциальных неисправностей. Системы управления, построенные по такому принципу, называют системами управления зданием, системами диспетчеризации.

Необходимо отметить, что система диспетчеризации является надстройкой над локальной автоматикой – основные задачи управления инженерным оборудованием будут выполняться независимо от функционирования системы диспетчеризации.

Главная причина, почему системы диспетчеризации все более востребованы в современных проектах автоматизации инженерного оборудования – использование таких систем позволяет получить экономию ресурсов сразу по нескольким направлениям:

• Снижение расходов на эксплуатацию и обеспечение бесперебойной работы оборудования.

• Снижение расходов на энергоносители и за счет оптимального регулирования параметров работы оборудования.

• Возможность коммерческого и технологического учета энергоресурсов.

• Ведение автоматизированного учёта эксплуатационных ресурсов инженерного оборудования с целью проведения своевременного технического обслуживания.

• Обеспечение оперативного взаимодействия эксплуатационных служб.

• Планирование проведения профилактических и ремонтных работ инженерных систем.

• Документирование протекания технологических процессов, работы инженерных систем и действий обслуживающего персонала.

Для предприятий розничной торговли продуктами питания характерно наличие большого количества инженерного оборудования, прежде всего холодильной техники, обеспечивающей необходимые условия хранения продуктов. При этом требуется обязательный контроль с ведением журнала записей о значениях таких параметров, как температура и влажность. Аналогичные задачи необходимо решать в складских помещениях, где находятся материалы, требующие поддержания влажности и температуры в определенных пределах для сохранения их характеристик. Это относится к гигроскопичным материалам, использующимся в фармацевтическом производстве, текстильной и полиграфической промышленности.

Литература

1. Е.С.Бондарь, А.С.Гордиенко, В.А.Михайлов, Г.В. Нимич, Киев, Ивик, 2003 - 556с.
2. О.А. Мухин - Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции учеб. Пособие для вузов.
3. Вентиляция с рекуперацией теплоты. Необходимое условие для зданий с близким к нулевому энергетическим балансом / С. Хандел // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. - 2011. - № 8. - С. 68-72.

УДК 621.314

ИСТОЧНИКИ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

Нестерова И.В., Ушенина Т.М., Юшко В.С.
Научный руководитель Германович Е.И., старший преподаватель

Перечислим основные неполадки, которые возникают в сетях электропитания:

1. исчезновение напряжения - отсутствие напряжения более одного периода (20мс);
2. провал напряжения - внезапное понижение напряжения ниже 90% от номинального значения (207 В);
3. перенапряжение - внезапное повышение напряжения выше 110% от номинального значения (253 В);
4. электромагнитные помехи - возникновение в сети высокочастотных импульсных помех;
5. высоковольтные импульсы напряжения - появление в сети короткого (10-50мкс) высоковольтного импульса напряжением до 6000 В;
6. отклонения частоты - отклонение частоты напряжения за пределы диапазона (50 ± 0.2) Гц;
7. несинусоидальность напряжения, характеризующееся коэффициентом искажения синусоидальной кривой.

Любое из этих событий может привести к неприятным последствиям, таким как временная остановка оборудования, выход из строя каких-либо его узлов, потеря данных и т.д. В настоящее время самыми эффективными устройствами, защищающими оборудование от проблем в электросетях, являются источники бесперебойного питания (ИБП, Uninterruptible Power Supply, UPS), которые устанавливаются межу электросетью и защищаемым оборудованием. Основной задачей источника бесперебойного питания является генерирование на его выходе чистого синусоидального напряжения стабильной амплитуды и частоты при любых отклонениях напряжения в питающей электросети.

Отсюда следует, что любой источник бесперебойного питания должен содержать генератор синусоидального напряжения (чаще называемый инвертором) и от того, какими характеристиками он обладает, во многом зависит качество самого ИБП.

Инвертор, в свою очередь, должен иметь как минимум два источника энергии для обеспечения непрерывной работы ИБП:

а) непосредственно питающая электросеть,

б) аккумуляторные батареи, энергия которых используется, когда напряжение в электросети недостаточно для нормальной работы инвертора (например, при полном его отсутствии).

Емкость аккумуляторных батарей и их количество определяют время резервной работы ИБП при полном отсутствии напряжения в электросети. Все источники бесперебойного питания делятся на 3 типа:

1. off-line
2. line-interracive
3. on-line (Double conversion - двойное преобразование).

Off - line ИБП - это наиболее простые и дешевые источники бесперебойного питания. При нормальном напряжении в электросети ИБП передает его через фильтр в нагрузку, инвертор при этом выключен. При пропадании напряжения или отклонении его параметров от нормы запускается инвертор, который преобразует энергию батарей в переменное напряжения, необходимое для питания нагрузки. Как правило, в off - line ИБП инвертор вырабатывает не синусоидальное напряжение, а прямоугольные

импульсы. Такое напряжение само по себе создает помехи в сети и не всегда пригодно для питания оборудования. Это обусловлено тем, что ступенчатое напряжение при работе на емкостную нагрузку (а емкости содержатся практически в любом оборудовании) порождает короткие импульсы тока большой амплитуды. Они то и представляют наибольшую опасность для критического оборудования. Таким образом, off - line ИБП не обеспечивают 100% защиты оборудования, а в некоторых случаях могут даже создавать дополнительные проблемы. Такие источники можно использовать для питания компьютеров, не содержащих какой-либо ценной информации и не влияющих на результаты работы вашего предприятия.

Line - interractive ИБП - это усовершенствованный off - line ИБП. В нем устанавливаются более мощные фильтры, и добавляется регулятор (стабилизатор) выходного напряжения (выполненный обычно из трансформатора с дополнительными отводами, которые коммутируются с помощью реле). За счет этого стабилизатора выходное напряжение ИБП регулируется в заданном диапазоне при довольно значительных изменениях входного напряжения (например, от 176 до 282 В) без перехода ИБП на работу от батарей. За счет этого увеличивает срок эксплуатации батарей (до 4-6 лет). Инверторы в line - interactive источниках могут вырабатывать как "аппроксимированное синусоидальное напряжение" (т.е. прямоугольные импульсы), так и чистое синусоидальное напряжение. От этого в основном и зависит качество и цена ИБП. ИБП с прямоугольными импульсами на выходе можно использовать только для питания такого оборудования, которое не представляет для Вас большой ценности. ИБП с синусоидальным выходным напряжением можно использовать для питания компьютеров, серверов и другого аналогичного оборудования.

Основными преимуществами line - interactive ИБП являются:

1. незначительные тепловыделения, т.к. ИБП в основном работает в режиме прямой передачи входного напряжения на выход и переходит в батарейный режим (в этом режиме запускается инвертор, который в основном и выделяет тепло) только при значительных перепадах питающего напряжения
2. низкий уровень шума, что является немаловажным обстоятельством, особенно тогда, когда рядом работают люди (шум возникает только при запуске инвертора)
3. низкая цена.

Основным существенным недостатком line - interactive ИБП является наличие интервала времени переключения ИБП из нормального режима в батарейный режим и обратно. В течение этого интервала времени напряжение на выходе ИБП падает до нуля. Как правило, время переключения составляет (1 - 10) мс (в некоторых старых моделях может быть и больше). Чем выше его значение, тем больше вероятность того, что в вашем оборудовании произойдет сбой во время такого переключения. Для уменьшения времени переключения необходимо использовать высокоскоростные реле или другие электронные коммутаторы. К сожалению, эта важная характеристика, очень редко указывается в технической документации ИБП. Причем следует иметь в виду, что провалы выходного напряжения происходят не только тогда, когда ИБП переходит в батарейный режим. Они возникают также вследствие работы выходного регулятора напряжения. При изменении амплитуды входного напряжения регулятор выходного напряжения переключает отводы выходного трансформатора с помощью реле, что также приводит к прерыванию выходного напряжения и ступенчатому изменению его амплитуды. Эти переключения также могут привести к сбою в работе критического оборудования.

On - line ИБП - это ИБП, использующий принцип двойного преобразования энергии для защиты оборудования. В таком ИБП при нормальном режиме работы (on - line - режим) отсутствует непосредственная передача входного напряжения на

выход. Входное напряжение претерпевает двойное преобразование (double conversion). На первом этапе переменное напряжение преобразуется в постоянное напряжение (обычно с помощью выпрямителя AC/DC), где оно аккумулируется в промежуточных емкостных накопителях, которые, в свою очередь, подключены непосредственно (или через согласующее устройство, которое называют зарядным устройством) к аккумуляторным батареям. На втором этапе постоянное напряжение емкостных накопителей преобразуется в переменное с помощью инвертора DC/AC, фильтруется и подается на выход ИБП. В on - line ИБП инвертор работает постоянно и вырабатывает напряжение со стабильной амплитудой и частотой. Т.к. инвертор подключен к промежуточным емкостным накопителям, которые питаются как от выпрямителя, так и от батарей, то в on-line ИБП отсутствует время переключения из нормального режим (on-line режим) в батарейный режим (это время равно 0,00 мс). Выходное напряжение не имеет никаких прерываний. А это означает, что основной недостаток line-interractive ИБП здесь отсутствует. Амплитуда и частота выходного напряжения абсолютно не зависят от изменений напряжения в питающей электросети. Поэтому такая технология преобразования еще называется Voltage and Frequency Independent from utility - VFI (независимое напряжение и частота от входного напряжения). Здесь следует отметить, что в on-line режиме, когда частота входного напряжения находится в заданных пределах, выходное напряжение синхронизируется по фазе с входным напряжением. Но как только частота входного напряжения выходит за установленные пределы, ИБП начинает вырабатывать переменное напряжение, синхронизированное с внутренним генератором синусоиды. Режим синхронизации с входным напряжением необходим для того, чтобы ИБП мог перейти в режим байпас и обратно с минимальным значением времени переключения. В режиме байпас напряжение со входа через электронный или механический переключатели подается на выход ИБП. Такой режим используется, когда необходимо провести профилактические или ремонтные работы (например, заменить батареи) без отключения нагрузки. ИБП переключается в этот режим также при возникновении сильной перегрузки или аварии внутри самого ИБП.

ИБП on-line типа обеспечивают наивысшую степень защиты оборудования, поскольку вырабатывают стабильное непрерывное синусоидальное выходное напряжение, не зависящее от колебаний напряжения в питающей электросети. Поэтому их можно использовать для защиты любого оборудования: от персональных компьютеров до сложных вычислительных комплексов.

В on-line ИБП инвертор работает непрерывно, и поэтому эти ИБП обладают некоторыми недостатками по сравнению с line-intractive ИБП:

1. Повышенное тепловыделение, или более низкий коэффициент полезного действия (КПД). Это обусловлено тем, что для генерирования синусоидального напряжения в инверторе используется высокочастотная импульсная модуляция силовых электронных коммутаторов (транзисторов), которые и выделяют тепло при своей работе. От того насколько профессионально разработана электронная схема и конструкция инвертора в основном и зависит КПД всего ИБП. Значение КПД в современных ИБП находится в пределах от 88% (в ИБП малой мощности до 3000 ВА) до 97% (в ИБП большой мощности выше 30 000 ВА). Низкий КПД ведет к повышенному тепловыделению и дополнительному расходу электроэнергии. При малых мощностях КПД несущественно влияет на дополнительный расход электроэнергии. А при высоких мощностях значение КПД имеет большее значение в вопросе энергосбережения. И, кроме того, менее эффективный ИБП считается более экологически вредным, поскольку в большей степени усугубляет проблему глобального потепления климата.

2. Увеличенные массогабаритные показатели. Постоянно работающий инвертор требует использования более мощной системы охлаждения (состоящей, как правило, из

вентиляторов и радиаторов), что и приводит к увеличению размеров всего ИБП. Здесь также следует отметить, что ИБП с большим коэффициентом полезного действия требует меньшего охлаждения, и поэтому его размеры всегда будут меньше аналогичного по мощности, но менее эффективного ИБП.

3. Больший шум, создаваемый работой инвертора и системой его охлаждения. Поэтому on - line ИБП не рекомендуется использовать в помещениях, где работают люди. Их лучше размещать в отдельных помещениях (например, в серверных комнатах).

Во всех описанных источниках бесперебойного питания отсутствует принцип резервирования. Их поэтому еще называют одиночными ИБП. Одиночный On - line ИБП обеспечивает 100% защиту оборудования пока его собственное оборудование исправно. Однако во время длительной эксплуатации в любом источнике бесперебойного питания может произойти сбой в его работе или выход из строя какого-либо компонента. Причинами могут быть старение элементов, нарушение условий эксплуатации, дефект производства и другие. И все время, необходимое для восстановления ИБП, нагрузка питается через байпас, оставаясь незащищенной. Современные центры обработки информации не могут подвергать себя такому, пусть даже и маловероятному, риску в сбое работы своего оборудования.

Литература

1. Курзуков Н.И. Ягнятинсий В.М. Аккумуляторные батареи. Краткий справочник. - М.: За рулем, 2006. - 88с.

2. Кучеров. Д.П. Источники питания ПК и периферии. - СПб.: Наука и Техника, 2005. - 429с.

3. Хрусталев Д.А. Аккумуляторы. - М.: Изумруд, 2003. - 224с. • Шпак И.Г. Химические источники тока. - Саратов: СГТУ, 2003. - 95с.

4. Ковалев В.З. Химические источники энергии. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. - 66с.

5. Арзуманян Н., Микаэлян А., Данелян А. Топливные элементы - вчера, сегодня, завтра. //Альтернативная энергетика и экология. - 2005. - №10. - с.65-68.

ПАССИВНЫЙ ДОМ

Ярошевич С.В., Готовка В.П., Ефимова Т.Ю., Алашаев М.А.
Научный руководитель Германович Е.И., старший преподаватель

Современный дом должен быть дружественным как для своих жителей, так и для окружающей среды. Поэтому он должен проектироваться с учетом среды, ее охраны, а также жилищных и социальных условий. В настоящее время в результате такой деятельности развивается новый тип строительства, называемый энергосберегающим и характеризующийся уменьшенным потреблением энергии и использованием ее возобновляемых источников для удовлетворения энергетических потребностей здания.

В рамках энергосберегающего строительства начали проектировать также здания со значительно меньшим энергопотреблением, чем предусмотрено стандартами и нормами. Такие объекты называются низкоэнергосберегающими. Разделяют также категории домов с экстремально низким энергопотреблением, определяемые термином пассивного строительства. Под этим термином везде понимаются дома, проектируемые без традиционных систем отопления и без активных (традиционных) систем охлаждения, или же, как дома с минимальной потребностью во внешних поставках энергии для отопления и охлаждения.

Уже существуют даже такие дома, в которых вообще не используются традиционные виды энергии и не только на отопительные цели, но и для удовлетворения всех нужд (освещение, бытовые нужды и т.п.) - называемые ноль энергетическими. В них применяются современные, т.е. совершенные технологии, но на настоящее время они слишком дороги, чтобы получить широкое распространение, в связи, с чем ведется поиск технологий экономически обоснованных.

Обстоятельства, связанные с необходимостью экономии энергии, охраны окружающей среды, и при стремлении к повышению комфорта пользования домом, определили направление строительства, называемого биоклиматическим или экологическим строительством, отвечающим местным условиям, не загрязняющем окружающую среду, энергосберегающим при строительстве, эксплуатации и демонтаже, в котором используются местные материалы и вторичное сырьё.

В отличие от традиционного строительства биоклиматическое строительство рассматривает здание, как «живой организм», дышащий, ощущающий тепло и холод-взаимодействующий с окружающей средой. Поколения являются т.н. интеллектуальные здания (например, офисные). В интеллектуальном здании автоматически оптимизируется функционирование различных его систем для наиболее эффективной реализации целей в области минимизации затрат, в т.ч. на энергию, и повышения комфорта и безопасности.

Узкое определение пассивного дома означает объект, который не требует для отопления или охлаждения энергии, подаваемой традиционными способами. В этом смысле пассивный дом является ноль энергетическим.

Мерой эффективности использования энергии конечным потребителем является величина потребления энергии первичной, т.е. энергии, содержащейся в топливе, например, в сжигаемом угле.

Основной идеей строительства и эксплуатации пассивного дома является снижение потребления первичной энергии. Поэтому, например, потребление электроэнергии на отопление или питание оборудования дома следует отнести к полной эффективности преобразования энергии, заключенной, например, в угле, сжигаемом на ТЭС или ТЭЦ, которая зависит от ряда потерь в процессе производства и передачи электрической энергии.

Пассивный дом является домом с экстремально низким потреблением отопительной энергии, составляющим (нетто) менее 15 кВтч/м^2, в котором тепловой комфорт обеспечивается благодаря т.н. «пассивным» источникам тепла, поступающего от жильцов, от тепловых потерь электрооборудования, окружающей среды, тепла, регенерируемого из вентиляции и, возможно, от подогрева вентиляционного воздуха. (см. табл.1).

Таблица 1. Основные критерии энергопотребления в пассивном доме

1.Потребность в отопительной энергии	< 15 кВт.ч/м год
2. Максимальная потребность в отопительной мощности	< 10 Вт/м^2
3. Полное потребление конечной энергии	< 42 кВт.ч/м^2 год
4. Потребление первичной энергии на удовлетворение всех энергетических потребностей дома	< 120 кВт.ч/м^2 год

Ключевым фактором для достижения высокого теплового комфорта (стандарт пассивного дома - табл. .2) при низком потреблении энергии является т.н. энергетическая эффективность дома.

Таблица .2. Стандарты пассивного дома

1. Коэффициент теплопередачи (тепловых потерь) через наружные перегородки (стену, крышу, плиту пола)	< 15 Вт/м^2 К
2. Коэффициент теплопередачи через окна (вместе с оконными рамами и коробками)	< 0,8 кВт.ч/м^2 год
3. Плотность здания	<0,б л/ч
4.Эффективность рекуператора (теплообменника для регенерации тепла воздуха, удаляемого из здания)	> 75%

Критерии пассивных домов, по замыслу их разработчиков, реально выполнимы в индивидуальных домах, расположенных в климатических условиях Германии, Беларуси и в странах с боле суровым климатом, например, в Скандинавии. Практика подтверждает справедливость этого заключения. Но основным допущением пассивного строительства является экономическая доступность используемых в них решений, а пока именно это условие трудновыполнимо. Развитие пассивного строительства будет осложняться спросом на определенные продукты и услуги и одновременно вызовет развитие определенных сегментов строительного сектора.

Современные идеи, касающиеся строительства, вместе с возможностями, предлагаемыми современными технологиями (в части энергетических систем, основанных на использовании возобновляемых источников энергии), позволяют создать функциональный дом, дружественный пользователю и окружающей среде.

Литература

1. Пионеры пассивных домов / В. Файст // Современный дом. - 2012. - № 1. - С. 32-35.

2. Пионеры пассивных домов / Д. Ромашков // Современный дом. - 2012. - № 2. - С. 116-119.

3. Механизмы энергосбережения / Л. Н. Чернышов // Управление многоквар-тирным домом. - 2010. - N 6. - С. 23-32.

УДК 620.91

ЭНЕРГИЯ ВЕТРА

Верниковская Е.Ю., Готовко Д.П.
Научный руководитель Германович Е.И., старший преподаватель

Ветроэнергетический бум охватывает все больше и больше стран. На сегодняшний день доля ветроэнергетики в мировом энергопроизводстве составляет 1%, причем в некоторых странах на долю энергии, выработанной за счет ветра, приходится 20% и более от общего объема энергопоставок. Финансы, ранее затрачиваемые на импорт ископаемых энергоносителей, сегодня "инвестируются" в новые рабочие места - уже более 235 000 человек непосредственно занято в ветроэнергетической отрасли.

За последние два года мощность ветроэнергетики возрастала в среднем на 30% в год. Для сравнения, рост атомной энергетики был менее 1%, в то время как увеличения количества электроэнергии, полученной за счет сжигания угля, не было вовсе. Европа стала центром этой молодой и высокотехнологичной промышленности. 90% мирового производства средних и больших ВЭУ сосредоточено в Европе. Средняя установленная мощность одной ВЭУ возросла на 150 кВт и достигла показателя в 900 кВт.

Согласно проведенным исследованиям, к 2020 году затраты на производство электроэнергии, полученной за счет энергии ветра, понизятся до 2,5 центов США за 1 кВт·ч (нынешняя стоимость составляет 4,0 цента США за 1 кВт·ч). Согласно "Wind Force 12" к 2020 году за счет ветроэнергетики будет обеспечено 12 % потребности в электроэнергии, учитывая, что мировое энергопотребление удвоится, установленная мощность ВЭУ достигнет 1 261 000 МВт. Ветроэлектростанции (ВЭС) будут производить 3 093 ТВт·ч энергии, что соответствует нынешнему энергопотреблению Европы выбросы CO_2 в атмосферу уменьшатся на 11 768 млн. тонн.

Ландшафты многих стран мира оживляют изящные и в то же время мощные ветроэнергетические установки. Причем их польза доказана настолько, что в Голландии, к примеру, ветряками решили украсить крыши не одной тысячи зданий. В Беларуси же, обделенной нефтью, газом и углем, как будто и ветра нет. Что мешает развиваться белорусской ветроэнергетике?

Мало кто знает, что использовать ветер в качестве энергоресурса в Беларуси пытались еще в восьмидесятые годы прошлого века. На территории страны действовал Белорусский филиал НПО "Ветроэн", который изучал ситуацию с ветром во всем Черноморско-Балтийском регионе Советского Союза, производил и устанавливал ветряные агрегаты на севере России, в Украине, даже в Монголии. Успешно работал белорусский ветряк в Заславле. После распада Советского Союза предприятие подверглось преобразованиям, а потом и вовсе заглохло. Больше чем десять лет в Беларуси о ветроэнергетике не вспоминали. Но рост цен на нефть и необходимость обеспечить энергетическую безопасность заставило государство задуматься об альтернативных возобновляемых источниках энергии.

В сентябре 2009 года в стране была создана ассоциации "Возобновляемая энергетика", ее исполнительный директор Владимир Нистюк согласился прокомментировать сложившуюся ситуацию. - Что сегодня представляет собой ветроэнергетика Беларуси? - С 2001 года в Беларуси действует два ветроагрегата, полученные от Германии по линии благотворительной помощи. Чтобы ни говорили противники ветроэнергетики, оба ветряка показывают хороший результат, их эффективность составляет около 20%, что соответствует мировым стандартам. К тому же в Беларуси появился первый производитель ветряных агрегатов - фирма "Аэролла - Энерго". Она уже выпустила семь агрегатов небольшой мощности, которые

приобретены предприятиями и фермерскими хозяйствами. Таким образом, в Беларуси сегодня вырабатывает электроэнергию порядка 10 ветроустановок.

По оценкам же Всемирной ассоциации ветроэнергетики вместе они вырабатывают 1,1 МВт электроэнергии, что несопоставимо с потенциалом белорусской ветроэнергетики. Он составляет как минимум 1600 МВт, что отмечено и в ряде руководящих документов. Что мешает использовать потенциал ветра как энергоресурса?

По ветропотенциалу Беларусь соответствует требованиям коммерческой целесообразности внедрения ветротехники и приближается к уровню Польши и других стран Восточной Европы, где ветроэнергетика эффективно развивается уже много лет. Парадокс белорусской ветроэнергетики состоит в том, что есть вся необходимая теоретическая база и люди, которые могут этим заниматься, но ветроэнергетика не развивается. Причин такого положения дел много, но главной остается экономический фактор: ветроэнергетика требует вложений и не сразу окупается, только лет через 6-8. Во всех странах, где она сегодня развивается, на начальных этапах государство дотировало этот процесс. Население не имеет средств, чтобы купить ветроустановки, например, для владельца частного дома, стремящегося автономно обеспечить энергией свое жилище, она обойдется в 12-15 тысяч евро. К тому же не собирается сдавать своих позиций ни нефтегазовая энергетика, ни ядерная. До сих пор в Беларуси не принят закон "О нетрадиционных и возобновляемых источниках энергии". Не должна оставаться в стороне и белорусская наука, потому что сейчас приходится покупать ветровые установки за рубежом, а они далеко не всегда подходят под наши природные условия, да и стоят недешево. Надо дать работу и коллективам высокотехнологичных предприятий, способных производить конкурентную на мировом рынке продукцию.

Строительство ветроэнергетических установок в Беларуси по удельным затратам на выработку одного киловатт-часа электроэнергии и сроку окупаемости сходно со строительством угольных и газовых электростанций. Минприроды считает ветроэнергетическую отрасль наиболее перспективной с точки зрения отсутствия загрязнения атмосферы и, соответственно, отсутствия затрат на строительство дорогостоящих установок по очистке дымовых газов и снижения выбросов в атмосферный воздух в среднем на 12 кг при выработке 1 МВт•ч электрической энергии.

Планируется выделить ветроэнергетику в самостоятельное направление. С учетом перспективы внедрения ветроэнергетических установок мощностью 2400 МВт выработка электроэнергии к 2025 году может достичь 7,9 млрд. кВт•ч., что составляет 18% от общего электропотребления страны. При этом общее сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составит 96 тыс. тонн в год или 24% от валового выброса всех стационарных источников за 2007 год.

В ближайшем будущем в стране, скорее всего, будет утверждена госпрограмма по развитию ветроэнергетики. Несколько вариантов ее проекта неоднократно представлялись в Правительство. Однако конфликт интересов различных Министерств и ведомств, их нескоординированная позиция в этом вопросе препятствует созданию такого важного документа. Серьезный вред общему делу наносят создатели мифов о том, что в Беларуси нет потенциала для возобновляемых источников энергии. В итоге из 76 стран мира, использующих энергию ветра, Беларусь занимает только 68 место.

Хочется надеяться, что новая ситуация и новые подходы руководства страны к обеспечению энергетической и экологической безопасности Беларуси помогут создать нормативную базу и дополнительные стимулы для тех, кто решил использовать альтернативные источники энергии, в том числе энергию ветра.

Литература

1. Курзуков Н.И. Ягнятинсий В.М. Аккумуляторные батареи. Краткий справочник. - М.: За рулем, 2006. - 88с.

2. Кучеров. Д.П. Источники питания ПК и периферии. - СПб.: Наука и Техника, 2005. - 429с.

3. Хрусталев Д.А. Аккумуляторы. - М.: Изумруд, 2003. - 224с. • Шпак И.Г. Химические источники тока. - Саратов: СГТУ, 2003. - 95с.

4. Ковалев В.З. Химические источники энергии. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. - 66с.

5. Арзуманян Н., Микаэлян А., Данелян А. Топливные элементы - вчера, сегодня, завтра. //Альтернативная энергетика и экология. - 2005. - №10. - с.65-68.

УДК 621.3

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ЭЛЕКТРОГИТАРЫ

Чигак С.О.
Научный руководитель Зеленко В.В., старший преподаватель

Электрогитара — разновидность гитары с электрическими звукоснимателями, преобразующими колебания металлических струн в колебания электрического тока. Сигнал со звукоснимателей может быть обработан для получения различных звуковых эффектов и затем усилен для воспроизведения через динамики.

Первый магнитный звукосниматель в 1924 году сконструировал Ллойд Лоэр (англ. Lloyd Loar), инженер-изобретатель, работавший в компании Gibson. Первые электрогитары для массового рынка произвела в 1931 году Electro String Company, образованная Полом Бартом, Джорджем Бьюшамом и Адольфом Рикенбакером: будучи сделанными из алюминия, эти инструменты получили от музыкантов любовное прозвище «frying pans» («сковородки»).

Принцип работы электромагнитных датчиков основан на появлении электрического тока в проводнике, находящемся в переменном магнитном поле. Звукосниматель состоит из постоянных магнитов, магнитопроводов и катушки. Движение металлических струн приводит к изменению магнитного потока, проходящего через витки катушки, что в свою очередь вызывает появление переменной ЭДС на ее выводах.

Существует два основных вида звукоснимателей:

— однокатушечные, или синглы (single), в которых используется одна катушка, а магнит может представлять собой набор круглых стержней или полос. Сигналы от такого звукоснимателя достаточно яркие и чистые, но сильно подвержены электромагнитным помехам. Такого типа звукосниматели появились первыми и использовались на гитарах типа Stratocaster;

— двухкатушечные, или хамбакеры (hum-bucker), представляют собой сдвоенные датчики, в которых используются две одинаковые катушки, включенные последовательно в противофазе. Кроме того, магниты в обоих датчиках имеют разную полярность. При таком включении полезные сигналы от обеих катушек складываются, а шумы и наводки вычитаются. Звук хам-бакеров более мощный и плотный, однако менее яркий. В современных электрогитарах используется большое количество вариантов конструкций хамба-керов.

Величина выходного сигнала зависит от конструкции звукоснимателя, параметров используемого магнита, места установки звукоснимателя и амплитуды колебания струны. Основные требования к конструкции звукоснимателя состоят в обеспечении большого уровня выходного сигнала, малой неравномерности частотной характеристики, высокой помехоустойчивости, малых нелинейных искажений и др.

Электрическая цепь электрогитары: сигнал от звукоснимателей поступает в тембоблок. Основные задачи тембоблоков: подключение звукоснимателей, их коммутация, коррекция тембра и громкости и предварительное усиление. На передней панели тембоблока расположены органы управления, состоящие из регуляторов громкости и тембра.

Для регулировки громкости обычно используются переменный резистор и конденсатор. Электрическая схема звукоснимателя с учетом такой внешней нагрузки, показанная на рисунке. Выходное напряжение звукоснимателей обычно равно 100-300 мВ.

Если сигнал больше не подвергается никакой обработке до поступления в усилитель, то такой звукосниматель считается пассивным. Если он включен в

электронную цепь операционного усилителя, встроенного в корпус самого датчика, и имеется возможность управления динамикой и спектральными характеристиками сигнала, создаваемого в катушке, то такой звукосниматель называется активным. При этом увеличивается выходное напряжение, улучшаются динамические и частотные характеристики сигнала. Однако для активного звукоснимателя необходим дополнительный источник питания (потребляемый ток примерно 200 мкА).

Лидерами массового производства пассивных и активных звукоснимателей являются фирмы Di Marzio, Seymore Duncan, EMG, Bill Lawrence, Fender и др.

Процессоры эффектов: для обработки гитарного звука используются специальные устройства, реализующие один или несколько звуковых эффектов, без которых в настоящее время электрогитары практически не используются. К числу наиболее употребляемых гитарных методов обработки звука можно отнести как общие способы, используемые в студийной практике (компрессия, шумоподавление, частотная коррекция, реверберация, дилей, хорус, фейзинг, флэнжинг и др.), так и специфические, например овердрайв, дисторшн, вау-вау, тремоло, октавер, питч-шифтер, гармонай-зер, вокодер и др. Все эти эффекты реализуются с помощью отдельных приборов, как аналоговых, так и цифровых (обычно в виде педалей), специальных блоков, например TCElectronic G-Force, Lexicon MPX-G2), или программным путем.

Принципы обработки звука для обеспечения компрессии (сжатия) сигнала, добавления реверберации и связанных с ней эффектов (дилей, фейзер, флэнжер, эхо и др.), а также частотной коррекции были рассмотрены в главе 6. Остановимся только на некоторых специфических процессах обработки, часто используемых именно в гитарном звуке.

Овердрайв, дисторшн (overdrive, distortion) — группа эффектов, использующая искажения звука за счет его ограничения по амплитуде. Ограничение сигнала по амплитуде может реализовываться с помощью различных схемотехнических решений; возникающее за счет этого большое количество гармоник и придает звуку характерный оттенок. Звук становится резким и неприятным. Поэтому, как правило, после ограничивающего каскада устанавливаются фильтры, выполняющие частотную коррекцию полученного сигнала. Схемы дисторшн обеспечивают большой коэффициент усиления, из-за чего сигнал начинает искажаться сразу независимо от его уровня, звук получается очень резким.

При использовании овердрайва обеспечивается более мягкое ограничение, пропорциональное уровню входного сигнала, что создает более певучее звучание. Использование этих эффектов позволяет получить мощное звучание гитары, выровнять динамику звука, замаскировать недостатки техники игры.

Вау-вау (wah-wah), иногда его называют «тембровое вибрато» — еще один из распространенных гитарных эффектов. С помощью специальной педали регулируется частота пика на амплитудно-частотной характеристике для подчеркивания определенного участка спектра звукового сигнала; при нажимании и отпускании педали «пик» перемещается на АЧХ в ту или иную сторону. Это достигается применением низкочастотного фильтра с высокой добротностью, частота среза которого смещается по определенному закону. Устройство выпускается в виде как отдельной педали, так и совмещенной с каким-нибудь другим эффектом. Существуют также устройства Autowah, где управление осуществляется не педалью, а специальным встроенным генератором.

Октавер (octaver) — данное устройство позволяет сдвигать спектр входного сигнала на октаву или две ниже или выше основного тона, при этом продолжает звучать и сам основной тон, что создает впечатление игры в октаву сразу двух инструментов. В аналоговых педалях эффект реализован посредством простого

умножения или деления частоты, но так как спектр гитары имеет довольно сложную форму, то сдвиг частоты сигнала носит условный характер и изменение звучания достигается в основном за счет добавления определенных обертонов. В цифровых устройствах короткие отрезки сигнала записываются в буфер и циклически считываются с разной скоростью. Величина сдвига высоты определяется синхронизацией входных и выходных таймеров . В эту же группу входят приборы для сдвига высоты тона (pitch-shifting) и добавления дополнительных гармоник (гармонайзеры).

Тремоло (tremolo) — это эффект амплитудной модуляции. Устройство, реализующее этот эффект, представляет собой обычный электронный регулятор громкости, управление которым осуществляет генератор, вырабатывающий колебания низкой частоты; при этом форма импульсов, производимых генератором, может быть различной (треугольной, синусоидальной и т. п.). Соответственно различным будет закон модуляции сигнала, а значит, и воспринимаемый слуховой эффект.

Педаль громкости (volume pedal) встроена в отдельный корпус, где она с помощью зубчатой передачи связана с осью потенциометра. Такое устройство используется для оперативного контроля громкости звука, для формирования «мягкой» атаки, для обеспечения быстрого и в то же время плавного затухания звука и т. д. Существуют также модели, совмещающие в себе педаль громкости и еще какой-либо эффект (fuzz, wah-wah и т. д.).

Конкретные схемы соединения между собой этих эффектов могут быть различными в зависимости от стиля музыки и характера исполнения. Существует три основных способа соединения процессоров эффектов. Первый — последовательный. Второй способ — параллельный (исходный сигнал разделяется на несколько идентичных копий, каждая из которых поступает на свой блок обработки, затем сигналы со всех блоков суммируются). Третий способ — последовательно-параллельный, когда последовательная группа блоков подсоединяется к параллельным.

Роль усилителя существенно отличается от его функций в системах звукоусиления, где он должен усиливать сигнал с минимальным уровнем искажений. В усилители для электрогитар иногда специально вводится определенный уровень нелинейных искажений для придания специальных тембральных оттенков. Среди усилителей в настоящее время широко используются также ламповые модели гитарных усилителей, например Marshall DSL-20, VOX-AC30 и др.

Литература

1. dmoz.org/World/Russian/Искусство/Музыка/Инструменты/Струнные/Гитара
2. http://ru.wikipedia.org/wiki/
3. http://ru.wikipedia.org/wiki/
4. http://www.paintpit.ru/elektrogitara.html

УДК 621.326.7:628.4.043(476)

ЭЛЕКТРОННЫЕ КНИГИ

Кудравец Ю.В., Цукрова М.В.
Научный руководитель Зеленко В. В., ст. преподаватель

Электронная книга (англ. *e-book reader*) — общее название группы узкоспециализированных компактных планшетных компьютерных устройств, предназначенных для отображения текстовой информации, представленной в электронном виде.

Термин «Электронная книга» произошел от английского словосочетания «Electronic book» и в современном языке чаще всего встречается как сокращение eBook или e-Book.

История создания

Первые электронные книги появились с первым появлением компьютеров и возможностью печати на принтере и, позже, вывода текста на экран. Так, в 1971 году Майкл Харт получил неограниченный доступ ко времени крупного компьютера SigmaV от операторов в университете штата Иллинойс. Пытаясь достойно применить этот ресурс, он создал первую электронную книгу Декларация независимости США, когда впечатал ее текст в компьютер. Так путём создания электронных копий большего количества книг получил начало Проект «Гутенберг». Поэтому возникла потребность в специализированных устройствах, с помощью которых можно было бы читать электронную литературу.

Первое устройство узкоспециализированное для чтения электронных документов было разработано компанией *DEC*. В 1996 году компания *DEC* представила воплощенный в «железе» *DEC Lectrice* — планшетный компьютер с монохромным сенсорным экраном и возможностью перьевого ввода информации — явившийся прообразом всех современных e-books. Несмотря на изначально поставленную задачу разработать узкоспециализированное устройство для чтения электронных документов, оно получилось слишком дорогим и не пошло в серийное производство.

Первыми массовыми электронными книгами были устройства с цветными *LCD*-экранами, выпущенные практически одновременно в 1998 году компаниями NuvoMedia и Softbook Press. Впоследствии они были модифицированы, появились устройства с полноцветными экранами и расширенной функциональностью. Несмотря на весьма удачное техническое исполнение первых моделей (аналоги продолжали выпускаться до 2006 года), устройства не получили широкого распространения. То же можно сказать и об изделиях других компаний, варьирующихся от «чистых» читалок до КПК-подобных Hiebook и Franklin eBookMan.

Появившиеся позже электронные книги на основе холестерических жидкокристаллических экранов (*ChLCD*), несмотря на значительное повышение разрешения и времени автономной работы, оказались мало востребованными в связи с длительной прорисовкой экрана и отсутствием подсветки.

С 2007 года рынок электронных книг переживает подъем в связи с появлением экранов с технологией электронной бумаги. Это заметно как по росту числа производителей, так и по увеличению списка моделей.

Экран

Один из основных элементов в электронной книге — это экран. Электронные книги обладают следующими типами экранов:

- *E-ink* или *SiPix* (электронная бумага);
- *LCD, TFT* (жидкокристаллический экран).

На основе *E-ink* технологии создается основная масса современных электронных книг. Разница между двумя основными типами экранов принципиальная. Во-первых, *E-ink*, в отличие от ЖК, не имеет негативного воздействия на здоровье человека. Дело в том, что в обычных плоских ЖК-дисплеях для формирования изображения используется просвет матрицы, подсветка идет за счет импульсных газоразрядных ламп. Происходит знакомое всем мерцание, которое пагубно влияет на зрение человека и перегружает психику.

E-ink же создает изображение в отраженном свете, как обычная бумага. Отражение текста или графики может происходить сколько угодно долго, при этом электрическая энергия не потребляется. Угол обзора у *E-ink* 180 градусов, в то время как у жидкокристаллических мониторов — только 160. Экраны на основе технологии *E-ink* не подвержены влиянию магнитных колебаний, статических зарядов и излучений мобильных телефонов.

Однако по сравнению с ЖК-мониторами, *E-ink* имеют очень большое время обновления, то есть «тормозят». Как правило, у дешевых моделей на экране остается след от предыдущей страницы. Происходит это потому, что у современных жидкокристаллических дисплеев время отклика равно 15—30 мс, а у электронных книг — минимум 50 мс. Впрочем, как раз благодаря медленному обновлению изображения такие экраны потребляют энергии в 500 раз меньше, чем ЖК-экраны.

Преимущества и недостатки электронной книги на базе *E-ink* и *SiPix* технологиях в сравнении с бумажными книгами

Преимущества:

- Компактность и портативность. В одном устройстве могут храниться сотни и тысячи книг. Кроме того, устройство обычно меньше и легче бумажной книги.
- Настройки изображения. По желанию пользователя можно изменять начертание и размер шрифта, и формат вывода (в одну колонку или в две, портрет или ландшафт).
- Дополнительные возможности**:** поиск по тексту, переходы по гиперссылкам, отображение временных выделений и примечаний, электронные закладки, словарь. Встроенные программы — синтезаторы речи позволяют озвучивать тексты. Электронная книга позволяет не только читать тексты, но и отображать анимированные картинки, мультимедийные клипы или проигрывать аудиокниги.
- Стоимость. Многие тексты в электронном виде бесплатны или дешевле, чем в бумажном.
- Доступность. При наличии подключения к Интернету тексты в любое время доступны для бесплатного скачивания с соответствующих сайтов (электронных библиотек).
- Простота публикации. Текст проще, быстрее и дешевле опубликовать в электронном виде, чем в бумажном.
- Экологичность. Для чтения текстов в электронной книге не нужна бумага, для производства которой вырубаются леса.

Недостатки: Как любые электронные приборы, устройства для чтения электронных книг гораздо чувствительнее к физическому воздействию (повреждению), чем обычные книги.

- Многие издатели официально не публикуют электронные версии бумажных книг**.**
- Довольно часто в устройствах, купленных в специализированных интернет-магазинах, используется *DRM* и даже возможность производителя дистанционно удалять информацию с устройств пользователей**.**
- Устройства для чтения электронных книг требуют периодической подзарядки встроенных аккумуляторов (батарей).

Сравнение с другими устройствами (КПК, планшетными компьютерами, электронными книгами с *TFT*-экраном)

Преимущества:

- большее время автономной работы (низкое энергопотребление). Состояние пигментных частиц в микрокапсулах очень стабильно. Созданное на электронной бумаге изображение может устойчиво сохраняться весьма длительное время, вплоть до нескольких недель, не требуя при этом каких–либо затрат энергии. Дисплеи любых других типов на такое просто не способны. Из этого следует, что дисплеи на электронных чернилах отличаются крайне низким энергопотреблением, а потребляемая такими устройствами мощность во многом зависит именно от частоты изменения картинки на экране. Кроме того дисплеи не нуждаются в подсветке, они работают в отраженном свете, поэтому энергия расходуется исключительно на электродах только для смены изображения;
- отсутствия мерцания и свечения, большой угол обзора (значительно больший, чем у ЖК-дисплеев);
- при чтении с электронной бумаги глаза устают значительно меньше, чем при чтении с ЖК-дисплеев;

Недостатки:

- имеют очень большое время обновления. Это не позволяет производителям использовать сложные интерактивные элементы интерфейса (анимированные меню и указатели мыши, скроллинг), которые широко распространены на КПК. Говоря более строго, такой экран имеет высокую инерционность (частота смены кадров примерно 4 в секунду, что соответствует инерционности в 250 мс. Например, у не самых лучших современных ЖК-дисплеев таковая находится на уровне около 25 миллисекунд). Сильнее всего это сказывается на способности показывать увеличенный фрагмент большого текста или изображения на маленьком экране;
- яркость, контраст и цветопередача дисплеев на электронных чернилах сильно зависят от условий внешнего освещения. А ведь оно для дисплеев, особенно в случае мобильных устройств, оптимально далеко не всегда. А об актуальности подсветки экрана в темное время суток или при работе в условиях плохо освещенных помещений и говорить не приходится.

Литература

1.«Книги без бумаги. Технология обогнала экономику», Владимир Харитонов, Частный корреспондент, 4 ноября 2008 года.

2. «Электронные книги будущего»,gadgets-reviews.com.

3. Материал свободной энциклопедии "Википедия" http://ru.wikipedia.org/wiki

УДК 004.353.254.5

ОРГАНИЧЕСКИЙ СВЕТОДИОД

Пичуев А.Д.
Научный руководитель Зеленко В.В., ст. преподаватель

Органический светодиод (англ. Organic Light-Emitting Diode, *OLED*) — полупроводниковый прибор, изготовленный из органических соединений, эффективно излучающих свет при пропускании через них электрического тока. Основное применение технология *OLED* находит при создании устройств отображения информации (дисплеев). Предполагается, что производство таких дисплеев будет гораздо дешевле, нежели производство жидкокристаллических дисплеев.

Французский учёный Андрэ Бернаноз (André Bernanose) и его сотрудники открыли электролюминесценцию в органических материалах в начале 1950-х, прикладывая переменный ток высокого напряжения к прозрачным тонким плёнкам красителя акридинового оранжевого и хинакрина. Низкая электрическая проводимость таких материалов ограничивала развитие технологии до тех пор, пока не стали доступными более современные органические материалы, такие как полиацетилен и полипиррол. И только в 1974 году исследовали свойства бистабильного выключателя на основе меланина с высокой проводимостью во «включенном» состоянии. Этот материал испускал вспышку света во время включения. В 2000 году Алан Хигер, Алан Мак-Диармид и Хидеки Сиракава получили Нобелевскую премию по химии за «открытие и развитие проводящих органических полимеров». Первое диодное устройство было создано в 1980-х компанией Eastman Kodak. В 1990 году в журнале Nature появляется статья учёных, в которой сообщается о полимере с зелёной светимостью и «очень высоким КПД». Недавно был разработан гибридный светоиспускающий слой, в котором используются непроводящие полимеры с примесью светоиспускающих проводящих молекул. Использование полимера даёт преимущества в механических свойствах без ухудшения оптических свойств. Светоиспускающие молекулы имеют ту же долговечность, как и в первоначальном полимере.

Принцип действия. Для создания органических светодиодов (OLED) используются тонкопленочные многослойные структуры, состоящие из слоев нескольких полимеров. При подаче на анод положительного относительно катода напряжения, поток электронов протекает через прибор от катода к аноду. Таким образом, катод отдает электроны в эмиссионный слой, а анод забирает электроны из проводящего слоя, или другими словами анод отдает дырки в проводящий слой. Эмиссионный слой получает отрицательный заряд, а проводящий слой — положительный. Под действием электростатических сил электроны и дырки движутся навстречу друг к другу и при встрече рекомбинируют. Это происходит ближе к эмиссионному слою, потому что в органических полупроводниках дырки обладают большей подвижностью, чем электроны. При рекомбинации происходит понижение энергии электрона, которое сопровождается испусканием (эмиссией) электромагнитного излучения в области видимого света. Поэтому слой и называется эмиссионным. Прибор не работает при подаче на анод отрицательного относительно катода напряжения. В этом случае дырки движутся к аноду, а электроны в противоположном направлении к катоду, и рекомбинации не происходит. В качестве материала анода обычно используется оксид индия, легированный оловом. Он прозрачный для видимого света и имеет высокую работу выхода, которая способствует инжекции дырок в полимерный слой. Для изготовления катода часто используют металлы, такие как алюминий и кальций, так как они обладают низкой работой выхода, способствующей инжекции электронов в полимерный слой.

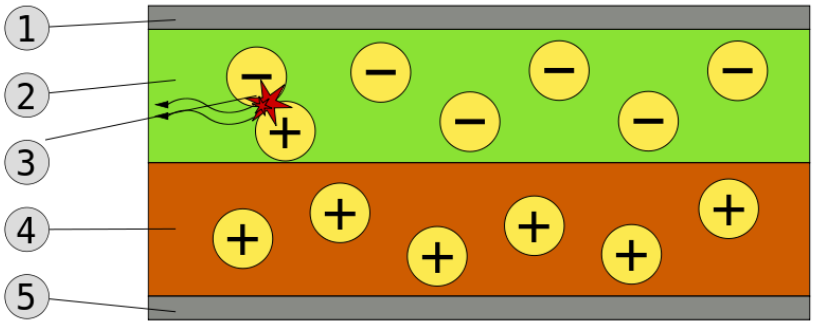


Рисунок 1. Двухслойная OLED-панель: 1. Катод(−), 2. Эмиссионный слой, 3. Испускаемое излучение, 4. Проводящий слой, 5. Анод (+)

Преимущества в сравнении с плазменными дисплеями:

- меньшие габаритны и вес;
- более низкое энергопотребление при той же яркости;
- возможность создания гибких экранов.

Преимущества в сравнении с ЖК дисплеями:

- меньшие габариты и вес;
- отсутствие необходимости в подсветке;
- большие углы обзора— изображение видно без потери качества с любого угла;
- высокий контраст;
- мгновенный отклик;
- возможность создания гибких экранов;
- больший диапазон рабочих температур (от -40 до +70 С).

Яркость. OLED-дисплеи обеспечивают яркость излучения от нескольких кд/м2 (для ночной работы) до очень высоких яркостей — свыше 100 000 кд/м2, причем их яркость может регулироваться в очень широком динамическом диапазоне. Так как срок службы дисплея обратно пропорционален его яркости, для приборов рекомендуется работа при более умеренных уровнях яркости до 1000 кд/м2. Контрастность. Здесь OLED также лидер. OLED-дисплеи обладают контрастностью 10000 или даже больше (Контрастность LCD до 2000:1, CRT до 5000:1). Углы обзора. Технология OLED позволяет смотреть на дисплей с любой стороны и под любым углом, причем без потери качества изображения. Впрочем, современные ЖК - дисплеи (за исключением основанных на TN+Film матрицах) также сохраняют приемлемое качество картинки при больших углах обзора.

Энергопотребление. Сложно сравнивать что-либо по потреблению с ЖК, так как жидкокристаллическая ячейка требует крайне малой величины тока в рабочем режиме. Однако вспомогательные средства для обеспечения её работы (драйверы, подсветка) могут потреблять весьма много или наоборот, очень мало, это определяется задачами для которых предназначен тот или иной дисплей. Потребление OLED прямо пропорционально яркости и площади свечения.

Недостатки:

- маленький срок службы люминофоров некоторых цветов (порядка 2-3 лет);
- как следствие первого, невозможность создания долговечных полноценных дисплеев;
- дороговизна и неотработанность технологии по созданию больших матриц.

Главная проблема OLED — время непрерывной работы должно быть не более 15 тыс. часов. Одна проблема, которая в настоящее время препятствует широкому

распространению этой технологии в мониторах и телевизорах, состоит в том, что «красный» OLED и «зелёный» OLED могут непрерывно работать на десятки тысяч часов дольше, чем «синий» OLED. Это визуально искажает изображение, причем время качественного показа неприемлемо для коммерчески жизнеспособного устройства. Хотя сегодня «синий» OLED всё-таки добрался до отметки в 17,5 тыс. часов (примерно 2 года) непрерывной работы.

Дисплеям телефонов, фотокамер, планшетов и иных малых устройств этих показателей вполне достаточно в связи с быстрыми темпами устаревания аппаратуры и её неактуальности уже через несколько лет. Средняя продолжительность непрерывной работы этих устройств составляет около 5 тысяч часов, поэтому OLED в них успешно применяется уже сегодня. Можно считать это временными трудностями становления новой технологии, поскольку разрабатываются новые долговечные люминофоры. Также растут мощности по производству матриц. Потребность в преимуществах, демонстрируемых органическими дисплеями с каждым годом растёт. Этот факт позволяет заключить, что в скором времени дисплеи произведённые по OLED технологиям, с высокой вероятностью станут доминантными на рынке электроники народного потребления.

Применение. На сегодняшний день OLED-технология применяется многими разработчиками узкой направленности, например, для создания приборов ночного видения. Органические дисплеи встраиваются в телефоны, цифровые фотоаппараты, автомобильные бортовые компьютеры, коммерческие OLED-телевизоры, выпускаются небольшие OLED-дисплеи для цифровых индикаторов, лицевых панелей автомагнитол, карманных цифровых аудиопроигрывателей и т.д.

Литература

1.http://ru.wikipedia.org.

2.Майская В. Органические светодиоды. Удивительное рядом // Электроника: НТБ - № 5, 2007 - С. 39 – 46.

3.Highly flexible polymer light-emitting devices using carbon nanotubes as both anodes and cathodes - SPIE Library.

4.ASU Insight, MEMBRANA Люди. Идеи. Технологии., Wiley InterScience.

УДК 621.3

НАНОТЕХНОЛОГИИИ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Соленик И. А., Хомич А. А.
Научный руководитель Зеленко В.В., старший преподаватель

Нано электроника — область электроники, занимающаяся разработкой интегральных электронных схем с характерными размерами элементов менее 100 нанометров. Вся история электроники – стремление к уменьшению размеров, увеличению быстродействия и массовость производства.

Гордон Мур – один из основателей компании Intel – установил, что плотность логических элементов микросхем удваивается каждые полтора года. На основании этой закономерности в 1965 году, когда плотность составляла 50 компонентов на кристалле, он предрекал, что в 1975 году она составит 65 тыс. компонентов на кристалле, что и произошло. Эта тенденция действует до сих пор, и стала она называться Законом Мура.

В наше время процессор Itanium компании Intel содержит миллиарды логических элементов. Сегодня разрешение в 130 нм является рядовым достижением, но уже существуют производства с размерами элементов 65 нм и 43 нм. В такие размеры укладывается цепочка из 300 и 200 атомов. Сейчас ученые и инженеры компании Intel планируют перейти рубеж в 20 нм.

Эффекты нано технологий

Новые эффекты нано технологий связаны не только с уменьшением размеров компонентов систем. Благодаря более малым размерам ученые надеются выйти на новый качественный уровень полупроводниковой электроники и создать совершенно новые поколения процессоров.

Нано технологии и квантовая механика

Однако в нано мире все еще много загадочного. Например, нано материалы не подчиняются законам механики Ньютона. В нано масштабе доминируют законы квантовой механики. Квантовая механика лежит в основе современной и будущей электроники.

Ограничения литографии

В настоящее время для создания микропроцессоров используется фотолитография. Эта технология основана на принципе фотопечати, то есть с помощью света топология электрической схемы проецируется на кремниевую подложку.

В настоящее время ведутся интенсивные исследования возможностей использования литографии на основе экстремального ультрафиолетового света с длиной волны около 10-15 нм. С его помощью можно настолько увеличить плотность транзисторов в микропроцессорах, что они станут мощнее почти в 100 раз. Некоторые специалисты считают, что эта задача будет решена уже к 2014 г.

Прогнозы пределов миниатюризации

Специалисты прогнозируют, что полупроводниковая индустрия с современными стандартными технологиями достигнет физического предела миниатюризации электронных компонентов к 2015–2020 гг. После этого инженерам не удастся далее сокращать размеры элементов кремниевых микропроцессоров. С приближением этого времени компании – производители микропроцессоров хотели бы сохранить свое лидирующее положение на рынке. Будущий успех они связывают с нано технологиями.

Нано миниатюризация на уровне ДНК

Одна из проблем в создании нано структур – сборка компонентов в систему. Представление об использовании инструмента здесь не приемлемо. Действительно, как можно взять, переместить и точно поставить нано размерный компонент на нано размерную подложку? Германские ученые представляют себе процесс сборки в некоей

жидкости, в которой плавают нано компоненты. Определенным образом ориентируясь, они подплывают к нано подложке и встают в нужные ее места, реализуя, таким образом, нано сборку.

Другой принцип формирование сборок – использование биоэлектроники на основе молекул ДНК, способных стать основой компьютеров будущего. ДНК-чипы, которые также называют биочипами, уже сейчас являются частью биологических технологий в генетических исследованиях. ДНК-чипы состоят из молекул ДНК, которые располагаются на жесткой подложке (например, из кремния, стекла, пластика и т. п.). Созданием ДНК-чипов занимаются некоторые крупные компании, включая Affymetrix, PE Applied Systems, HySeq, Nanogen, Incyle, Molecular Dynamics и Geometrix.

Первые успехи ДНК-сборки

В будущем микроэлектронные массивы и ДНК - компоненты могут позволить ученым и инженерам регулировать само сборку двухмерных и трехмерных электронных цепей и устройств внутри более крупных полупроводниковых структур. В этом случае электрически управляемая само сборка ДНК может охватить широкий круг потенциальных применений.

Новейшие достижения

Нано материалы – это материалы, разработанные на основе нано частиц с уникальными характеристиками, вытекающими из микроскопических размеров их составляющих.

1. Нано технологии в электронике получили мощный импульс за счет использования углеродных нано трубок. Углеродные нано трубки могут сделать электронику гибкой и прозрачной. Это протяжённые цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров, состоящие из одной или нескольких свёрнутых в трубку гексагональных графитовых плоскостей (графенов) и обычно заканчивающиеся полусферической головкой. Нано трубки более подвижны и не задерживают свет в тонком слое, так что опытные матрицы с интегральными схемами можно изгибать без потери электронных свойств. Оптимисты предсказывают, что не за горами день, когда ноутбук можно будет носить в заднем кармане джинсов, потом, сев на скамейку, развернуть до размера газеты, причем вся его поверхность станет экраном высокого разрешения, а после этого снова свернуть и, скажем, превратить в браслет на запястье.

2. Фуллерены – молекулярные соединения, принадлежащие классу аллотропных форм углерода (другие — алмаз, карбин и графит) и представляющие собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трех координированных атомов углерода. Применение их весьма широко и разнообразно. Так, очень эффективным является использование фуллерена в качестве автомобильной присадки. Он способствует созданию идеальной масляной пленки на деталях двигателя, в несколько раз более прочной, чем обычная масляная, продлевая, таким образом, срок его службы. Уже многие мировые производители добавляют фуллерен в качестве присадки в масло.

Водный раствор фуллерена обладает удивительными биологическими свойствами. Он является невероятно сильным антиоксидантом, самым мощным из известных на сегодняшний день. Он не вступает в организме, ни в какие реакции, а, следовательно, нетоксичен, немутагенен и гипоаллергенен. Также фуллерен, возможно, использовать в качестве сорбента. Помимо прочего, фуллерен ускоряет процесс заживления ран.

3. Графен – монослой атомов углерода, полученный в октябре 2004 года в Манчестерском университете (The University Of Manchester). Графен можно

использовать как детектор молекул (NO2), позволяющий детектировать приход и уход единичных молекул.

4. Нано кристалл – отдельный однородный кристалл, имеющий непрерывную кристаллическую решётку и характеризующийся анизотропией свойств. Внешняя форма нано кристалла обусловлена его атомно-кристаллической структурой и условиями кристаллизации. Изделия и элементы, изготовленные из нано кристаллов, применяются в качестве различных преобразователей в радиоэлектронике, квантовой электронике, акустике, вычислительной технике.

5. Аэрогель – уникальный материал, полученный искусственным путем, как побочный продукт кристаллизации аминокислот в перенасыщенных жидкостях. Еще его называют “замороженный дым”. Это совершенно необычный гель, в котором жидкая фаза замещена газообразной, в результате чего материал обладает низкой плотностью, а еще прозрачностью и твёрдостью. Что удивительно, аэрогель на 99,8% состоит из воздуха. Аэрогели могут использоваться в качестве газовых и жидкостных фильтров.

6. Аэрографит – представляет собой синтетическую пену, состоящую из трубчатых волокон углерода. Плотность материала составляет 0,18 мг/см3, что позволяет назвать данный материал самым легким на сегодняшний день. Аэрографит был разработан объединенной командой Гамбургского технологического университета. Первое сообщение о новом материале было опубликовано в июне 2012 г.

7. Нано аккумуляторы. В начале 2005 года компания Altair Nanotechnologies (США) объявила о создании инновационного нано технологического материала для электродов литий-ионных аккумуляторов. Эти аккумуляторы имеют время зарядки 10-15 минут. В феврале 2006 года компания начала производство аккумуляторов на своём заводе в Индиане. В марте 2006 Altairnano и компания Boshart Engineering заключили соглашение о совместном создании электромобиля. В мае 2006 успешно завершились испытания автомобильных нано аккумуляторов. В июле 2006 Altair Nanotechnologies получила первый заказ на поставку литий-ионных аккумуляторов для электромобилей.

8. Самоочищающиеся поверхности на основе эффекта лотоса.

Эффект лотоса — эффект крайне низкой смачиваемости поверхности, который можно наблюдать на листьях и лепестках растений рода Лотос и других растений, как например настурция и тростник обыкновенный. Только с изобретением электронного микроскопа секрет лотоса стал известен. Его раскрыл немецкий биолог Вильгельм Бартлотт в 1975 году. Все дело в микроскопических бугорках, которыми покрыты листья. А бугорки, в свою очередь, покрыты еще более мелкими «нано волосиками». Капля воды, попадая на такую бугристую поверхность, не может равномерно расположиться на ней, т.к. этому мешают силы поверхностного натяжения. Поэтому капли скатываются с поверхности листа, не оставляя следа и смывая грязь, пыль и бактерии. Ученые стремятся создать супер гидрофобный материал с использованием нано технологий.

Говоря о нано электронике, хочется также затронуть плазмонику. Плазмоны представляют собой коллективные колебания свободных электронов в металле. В начале 2000-го года, благодаря быстрому прогрессу в технологии изготовления частиц нано размеров, был дан толчок к развитию новой области нано технологии – нано плазмонике. Выяснилось, что электромагнитное излучение можно передавать вдоль цепочки металлических нано частиц с помощью возбуждения плазмонных колебаний. Эта технология может стать заменой традиционных технологий, используемых в современных компьютерах. Логические цепи, построенные на основе плазмоники, работают гораздо быстрее, имеют значительно большую информационную емкость, чем традиционные электронные цепи и, что гораздо более важно, имеют гораздо меньшие габариты, чем существующие оптические системы.

Управление нано процессами

Необходимость создания сложной электроники и электрических компонентов на молекулярном уровне способствовала быстрому появлению и развитию новых нано масштабных методов управления нано процессами. На этом уровне огромное значение имеют точные измерения для определения состояния процесса. Кинетические и квантовые эффекты существенно меняют электрические и тепловые свойства материалов и устройств. И их нужно вовремя регистрировать, чтобы управлять процессом.

Проводящие нано структуры могут применяться для нано масштабных измерений. Некоторые лаборатории уже активно используют движение отдельных электронов в качестве стандартных измерительных инструментов электрического тока и емкости. Кроме того, ученые успешно измеряют свойства атомарных проводов и других, электромагнитных нано структур.

Будущие нано структуры, вероятно, будут использоваться в чрезвычайно широком спектре – от квантовых вычислений до сенсоров отдельных частиц и атомарных взаимодействий. Квантовые эффекты очень слабы с точки зрения макро масштаба, а потому для их измерения и управления требуются более точные инструменты.

Заключение

Мировой рынок электроники выглядит следующим образом: производство самой современной электроники с высокой добавочной стоимостью полностью находится в США, а «массовой» высокотехнологичной продукции – на Тайване, что обеспечивается в значительной степени благодаря американским и японским инвестициям.

В течение нынешнего столетия произойдет переход от ныне существующих планарных структур к объемным нано микросхемам, размеры активных элементов уменьшатся до размеров молекул. Рабочие частоты компьютеров, достигнут терагерцовых величин. Получат распространение схемные решения на нейро чипах. Появится быстродействующая долговременная память на белковых молекулах, емкость которой будет измеряться сотнями терабайт. Станет возможным «переселение» человеческого интеллекта в компьютер. Прогнозируемый срок реализации: вторая четверть XXI века.

Уже сегодня техника вплотную приблизилась к теоретической возможности запоминать и передавать 1 бит информации с помощью одного электрона, локализация которого в пространстве может быть задана одним атомом. Это позволяет уменьшить размеры одного транзистора приблизительно до 10 нм, а рабочие частоты увеличить до порядка 1012 Гц.

Литература

1. А. И. Гусев, А. А. Рempель. Нано кристаллические материалы. 2001 год., 224 стр.

2. В. Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е. А. Уткина. Нано электроника. Уч. пособие. В 3-х частях. 2004 год.

3. Н. И. Кобаяси. Введение в нано технологию. Издательство: Бином. Лаборатория знаний, 2008 г., 134 стр.

4. И. Балабанов. Нано технологии. Наука будущего. — М.: Эксмо, 2008 г., 256 с.

УДК 621.396.029

СИНТЕЗАТОРЫ ЧАСТОТ

Дирша И.В.
Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

Радиопередающие устройства (РПдУ) применяются в сферах телекоммуникации, телевизионного и радиовещания, радиолокации, радионавигации. Стремительное развитие микроэлектроники, аналоговой и цифровой микросхемотехники, микропроцессорной и компьютерной техники оказывает существенное влияние на развитие радиопередающей техники как с точки зрения резкого увеличения функциональных возможностей, так и с точки зрения улучшения ее эксплуатационных показателей. Это достигается за счет использования новых принципов построения структурных схем передатчиков и схемотехнической реализации отдельных их узлов, реализующих цифровые способы формирования, обработки и преобразования колебаний и сигналов, имеющих различные частоты и уровни мощности.

В области телекоммуникаций и вещания можно выделить следующие основные непрерывно возрастающие требования к системам передачи информации, элементами которых являются РПдУ:

- обеспечение помехоустойчивости в перегруженном радиоэфире;
- повышение пропускной способности каналов;
- экономичность использования частотного ресурса при многоканальной связи;
- улучшение качества сигналов и электромагнитной совместимости.

Стремление удовлетворить этим требованиям приводит к появлению новых стандартов связи и вещания. Среди уже известных GSM, DECT, SmarTrunk II, TETRA, DRM и др.

Синтезатор частот – устройство для генерации электрических гармонических колебаний с помощью линейных повторений (умножением, суммированием, разностью) на основе одного или нескольких опорных генераторов. Синтезаторы частот служат источниками стабильных (по частоте) колебаний в радиоприемниках, радиопередатчиках, частотомерах, испытательных генераторах сигналов и других устройствах, в которых требуется настройка на разные частоты в широком диапазоне и высокая стабильность выбранной частоты. Стабильность обычно достигается применением фазовой автоподстройки частоты или прямого цифрового синтеза (DDS) с использованием опорного генератора с кварцевой стабилизацией. Синтез частот обеспечивает намного более высокую точность и стабильность, чем традиционные электронные генераторы с перестройкой изменением индуктивности или ёмкости, очень широкий диапазон перестройки без-каких-либо коммутаций и практически мгновенное переключение на любую заданную частоту.

Прямые цифровые синтезаторы частоты (DDS)

Прямые цифровые синтезаторы частоты (DDS) появились на рынке изделий микроэлектроники в начале 90-х годов, и с тех пор их популярность неизменно возрастает. Это объясняется их уникальными свойствами, недоступными обычным синтезаторам частот косвенного синтеза. Диапазон перестройки такого синтезатора может быть непрерывным от долей Гц до десятков МГц, при этом точность установки частоты и шаг перестройки составляет сотые доли Гц, а скорость перестройки частоты измеряется наносекундами (и при этом нет разрыва фазы). Многие из имеющихся синтезаторов способны формировать квадратурные сигналы с высочайшей точностью сдвига фазы между ними во всем рабочем диапазоне, а также обеспечивают цифровую частотную и фазовую манипуляцию (возможен и линейный переход к следующему

значению частоты или фазы), а также цифровую квадратурную амплитудную модуляцию.

Вместе с тем, таким синтезаторам свойственны все недостатки цифровых устройств обработки сигналов: шум квантования, наложение спектров цифрового сигнала, ограниченная верхняя рабочая частота и пр.

Цифровые синтезаторы частоты с косвенным синтезом (ФАПЧ)

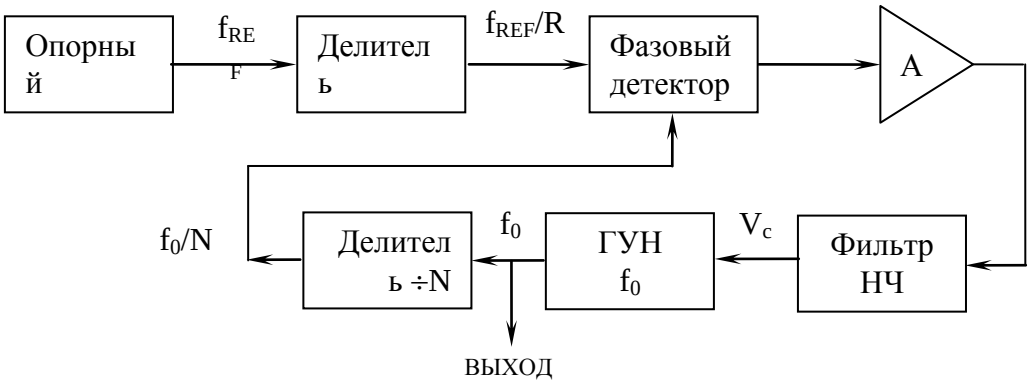


Рисунок 1 – структурная схема синтезатора частоты с ФАПЧ.

Следует отметить, что полоса захвата симметрична по отношению к частоте собственных колебаний ГУН f_0.

На рис. 2 приведена зависимость V_c от частоты опорного сигнала, характеризующая полосу захвата.

Частота ГУН не может быть синхронизирована с частотой опорного сигнала.

Вне этой полосы

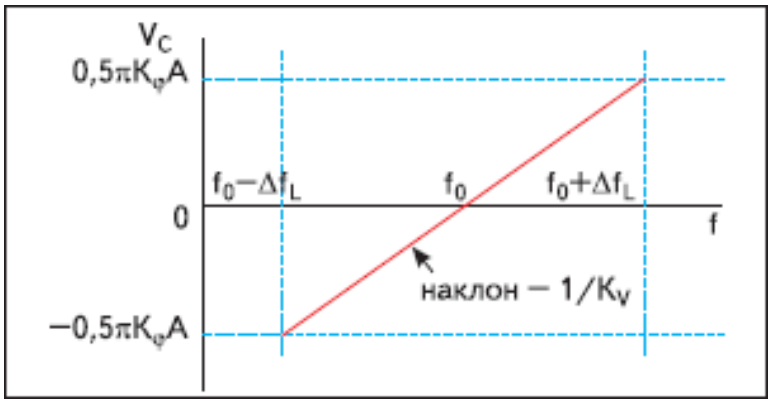


Рисунок 2

Несмотря на то, что прямые цифровые синтезаторы активно вытесняют традиционные косвенные синтезаторы из их традиционных областей применения, последние остаются непревзойденными по ряду параметров и вряд ли когда-нибудь будут заменены на DDS полностью.

Таким образом, синтезаторы с косвенным синтезом (на основе петли ФАПЧ) незаменимы в ОВЧ-СВЧ-генераторах, гетеродинах высокочувствительных приемников и передатчиков, к которым предъявляются жесткие требования по чистоте спектра

Недостатком подобного синтезатора является увеличение шага перестройки частоты при повышении его рабочей частоты.

Заключение

Основным направлением развития систем связи является обеспечение множественного доступа, при котором частотный ресурс совместно и одновременно используется несколькими абонентами. К технологиям множественного доступа относятся TDMA, FDMA, CDMA и их комбинации. При этом повышают требования и к качеству связи, т.е. помехоустойчивости, объему передаваемой информации, защищенности информации и идентификации пользователя и пр. Это приводит к необходимости использования сложных видов модуляции, кодирования информации, непрерывной и быстрой перестройки рабочей частоты, синхронизации циклов работы передатчика, приемника и базовой станции, а также обеспечению высокой стабильности частоты и высокой точности амплитудной и фазовой модуляции при рабочих частотах, измеряемых гигагерцами. Что касается систем вещания, здесь основным требованием является повышение качества сигнала на стороне абонента, что опять же приводит к повышению объема передаваемой информации в связи с переходом на цифровые стандарты вещания. Крайне важна также стабильность во времени параметров таких радиопередатчиков частоты, модуляции.

УДК 621.326

УСТРОЙСТВО ПЛАВНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ

Воронюк А.А., Петрусевич М.В.
Научный руководитель Михальцевич Г.А., ст. преподаватель

Эта статья посвящена новой разработке “Мастер КИТ” — устройству плавного включения/выключения ламп накаливания мощностью до 150 Вт, работающих от сети переменного тока 220 В. Эту устройство может значительно увеличить срок службы обычной бытовой лампочки, и сделает процесс ее включения/выключения более оригинальным и приятным для восприятия. Небольшие размеры, высокие эксплуатационные характеристики, надежность, простота в изготовлении и настройке, низкая стоимость делают это устройство крайне привлекательным. Собрать устройство можно из набора “Мастер КИТ” NM1043 .

Каждому из нас знакома ситуация — щелкаем выключателем в надежде зажечь свет в комнате, а лампочка вспыхивает и перегорает в считанные доли секунды... Приходится брать стул, лезть под потолок и менять перегоревшую лампу на новую. Такое может произойти практически со всеми лампами накаливания, даже с самыми дорогими и долговечными, чтобы ни говорили нам производители.

Дело в том, что в холодном состоянии сопротивление спирали лампы в 10 раз меньше чем в разогретом. Поэтому пусковой ток лампы мощностью, например, 100 Вт может достигать 7 А. После разогрева спирали, который происходит за несколько полупериодов сетевого напряжения, ток уменьшается до рабочего. Именно этот момент пуска является порой губительным для лампочки. Со временем спираль лампы изнашивается, утончается, приобретает неоднородности в своей структуре. Спираль становится более чувствительной к подобным перегрузкам при включении, соответственно увеличивается вероятность ее перегорания.

Облегчить условия пуска холодной спирали лампочки и тем самым снизить вероятность ее перегорания можно. Для этого надо подавать напряжение питания на лампу не с полной, а с постепенно увеличивающейся амплитудой. В результате к моменту подачи полной амплитуды спираль лампы успеет полностью разогреться и перейти в нормальный режим работы.

Перед специалистами компании “Мастер КИТ” была поставлена и успешно решена задача по разработке такого устройства на базе современной, уникальной в своем классе микросхеме — фазовом регуляторе К1182ПМ1Р (производитель НПЦ “СИТ”).

Эта микросхема предназначена для плавного включения/выключения ламп накаливания или для регулировки яркости их свечения. Максимальная ИМС может применяться для регулировки скорости вращения электродвигателей (вентиляторы, бытовые электродвигатели и пр.) и управления более мощными силовыми элементами (тиристоры, симисторы). ИМС выполнена в стандартном корпусе DIP (16) или Power DIP (12+4), что упрощает ее практическое использование.

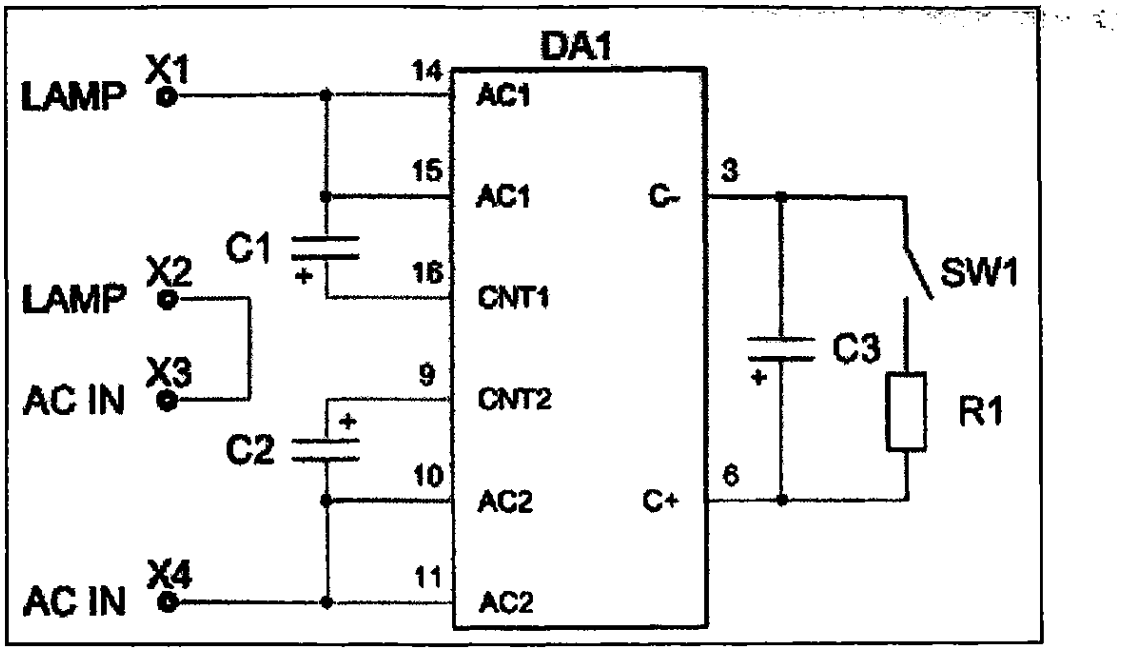


Рисунок 1 - Принципиальная электрическая схема фазового регулятора

Устройство выполнено на базе ИМС К1182ПМ1Р (DA1), оно позволяет путем постепенного увеличения фазового угла включения увеличивать подаваемое на лампу напряжение. При этом спираль успевает разогреться до максимальной температуры к моменту подачи полного напряжения. В результате снижается вероятность выхода спирали лампы из строя.

Выводы 3 и 6 ИМС DA1 предназначены для подключения цепи управления (С3, Rl, SW1) фазовым регулятором. Время плавного включения лампы зависит от емкости конденсатора С3, а время плавного выключения — от сопротивления резистора R1. Номиналы этих элементов пользователь может выбрать самостоятельно. С номиналами приведенными в табл. 1, время включения и выключения составляет примерно 1 с.

Сетевое напряжение питания подключается к контактам X3, X4, лампа накаливания — к контактам XI, X2. В качестве SW1 рекомендуется использовать настенный комнатный выключатель (при этом монтаж устройства можно произвести в его распаечной коробке).

ВНИМАНИЕ! Подключение устройства к сети переменного тока необходимо производить при замкнутом выключателе SW1. В противном случае ИМС регулятора может выйти из строя.

Рассмотренное устройство можно применять не только в целях плавного включения/выключения ламп накаливания, но и для регулировки яркости их свечения. Для этого его дополняют переменным резистором со встроенным выключателем согласно рис. 2, а элементы С3, R1 не устанавливают. Сопротивление переменного резистора R следует выбрать равным 47 кОм.

ВНИМАНИЕ! В данной конструкции необходимо совместить выключатель SW1 и регулировочный резистор R. При этом выключатель должен замыкаться после установки резистора в положение минимального сопротивления. Этому положению будет соответствовать выключение лампы. В этом же положении необходимо подключать устройство к сети, в противном случае ИМС регулятора может выйти из строя.

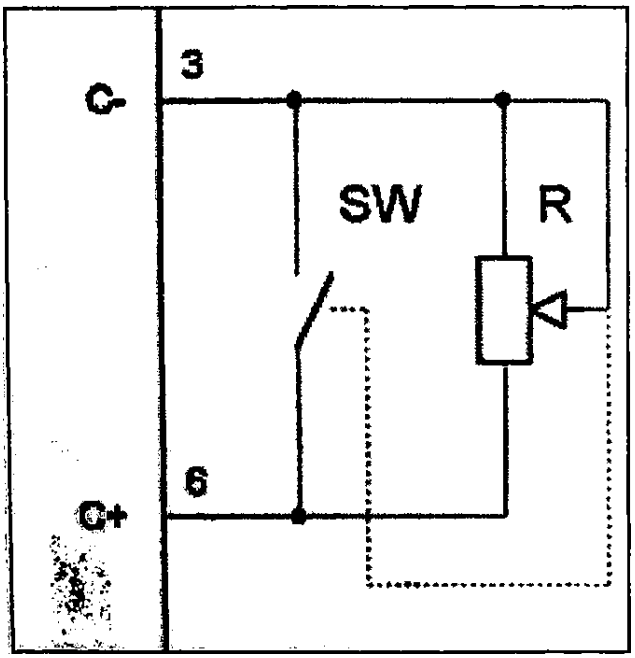


Рисунок 2 - Схема доработки

Конструктивно регулятор выполнен на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита. Для удобства подключения питающего напряжения, лампы и внешнего выключателя на плате предусмотрены посадочные места под клеммные винтовые зажимы.

Внешний вид устройства показан на рис. 3, печатная плата — на рис. 4, расположение элементов — на рис. 5.

Конструкция предусматривает установку платы в корпус или распаечную коробку настенного комнатного выключателя. Для этого предусмотрены монтажные отверстия по краям платы 3 мм.

Рисунок 3 - Внешний вид устройства

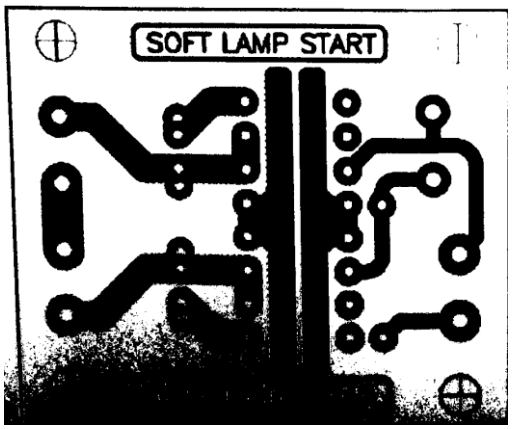


Рисунок 4 - Печатная плата (вид снизу)

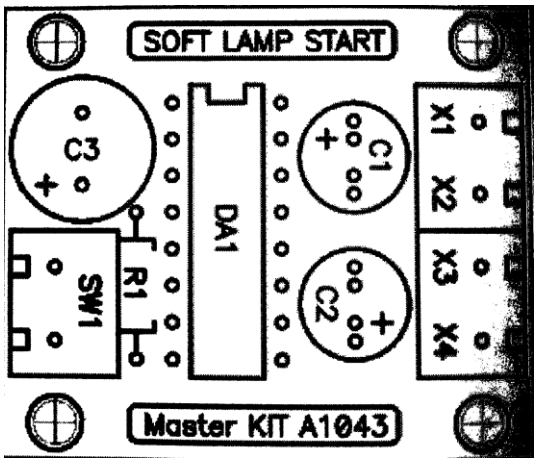


Рисунок 5 - Печатная плата (вид сверху)

Литература

1.http://www.masterkit.ru/info/magshow.php?num=122
2.http://radiokot.ru/forum/viewtopic.php?f=11&t=82228

УДК 621.38

МЕТОД РАСЧЕТА ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ НА АКТИВНО-ЕМКОСТНУЮ НАГРУЗКУ

Мухин Р.А.
Научный руководитель Бладыко Ю.В., к.т.н., доцент

При работе сетей на нагрузку, потребляющую небольшие токи от выпрямителя, часто используют фильтры, включающие конденсатор; в наиболее простом виде — это *С*-фильтры. Такие фильтры для выпрямителя представляют емкостную нагрузку, которая заметно изменяет характер процессов в вентильном комплекте. Реальный источник питания в электроэнергетических сетях имеет активно-индуктивный характер.

Существующие методы расчета выпрямителя ориентированы на ручной счет, поэтому они основаны на целом ряде допущений и упрощений. Так, например, в [1] допускается, что диоды идеальные, также не учитываются все предвключенные сопротивления (сопротивления трансформатора, линии электропередачи). Метод Б.П.Терентьева, применяемый в проектной практике, основывается на допущении, что емкость конденсатора фильтра бесконечна большая, вследствие чего напряжение на нагрузке можно считать постоянным по величине.

Новейшие компьютерные технологии сегодня позволяют выполнять решение систем дифференциальных уравнений численными методами. Авторами предлагался дифференциальный метод расчета выпрямительных схем с численным решением в MathCAD.

Для нахождения сглаженного напряжения необходимо найти напряжение на конденсаторе, для чего используется расчет переходных процессов классическим методом. Расчет сводится к решению системы дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа. Установившийся режим наступает после практического завершения переходных процессов. После этого можно определять среднее значение напряжения, коэффициенты сглаживания и пульсаций. В MathCAD для численного расчета используется стандартная встроенная функция *Rkadapt* с решением дифференциальных уравнений по методу Рунге-Кутта.

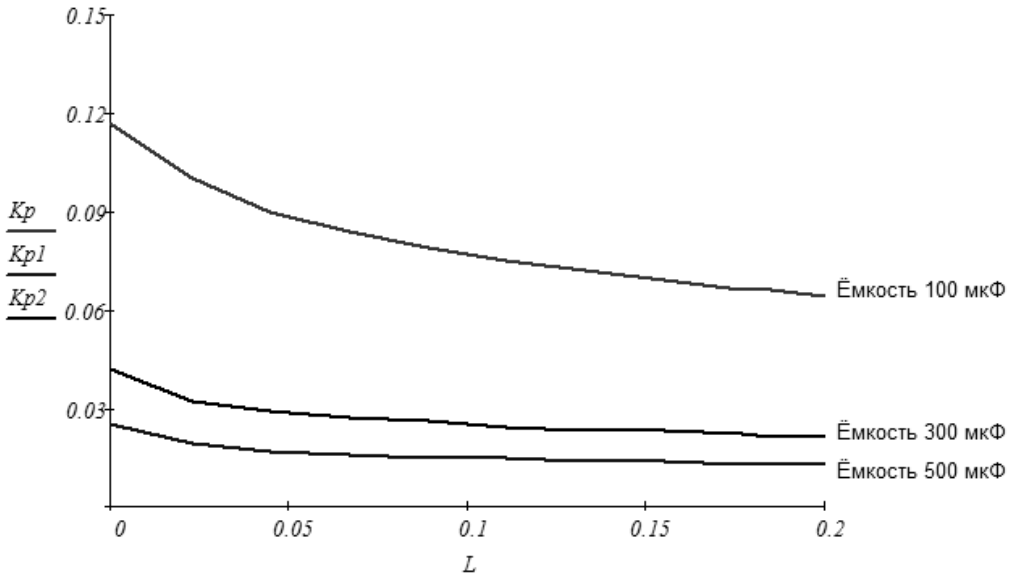


Рисунок 1. Зависимость коэффициента пульсаций от индуктивности источника питания при разных значениях емкостей *С*-фильтра

Авторами разработан алгоритм расчета среднего значения напряжения выпрямителя с емкостным фильтром, работающего на активную нагрузку, с учетом конечных значений емкости конденсатора фильтра и сопротивления фазы выпрямителя (активного и индуктивного). Разработана программа расчета на ЭВМ среднего значения выпрямленного сглаженного напряжения. Результаты расчета по программе сравнивались с результатами, полученными по существующим методикам и опытным путем.

По разработанной программе были выполнены расчеты. На рисунке 1 приведены зависимости коэффициентов пульсаций для разных значений емкостей сглаживающих фильтров в зависимости от индуктивности источника питания при сопротивлении нагрузки 200 Ом.

Литература

1. Теоретические основы электротехники, часть 2 и 3. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле / Г.И. Атабеков [и др.]; под ред. Г.И.Атабекова – СПб.: Лань, 2009. - 432 с.

УДК 621.382.2

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СТАБИЛИТРОНОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА СХЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СТАБИЛИЗАТОРОВ

Понетовский Е. С.
Научный руководитель Домников С. В., к.т.н., доцент

Под математической моделью стабилитрона (как и других типов диодов) понимают совокупность его эквивалентной схемы и математических выражений, определяющих элементы эквивалентной схемы. Одна из эквивалентных схем диода, широко используемая при анализе электронных схем на ЭВМ, имеет вид:

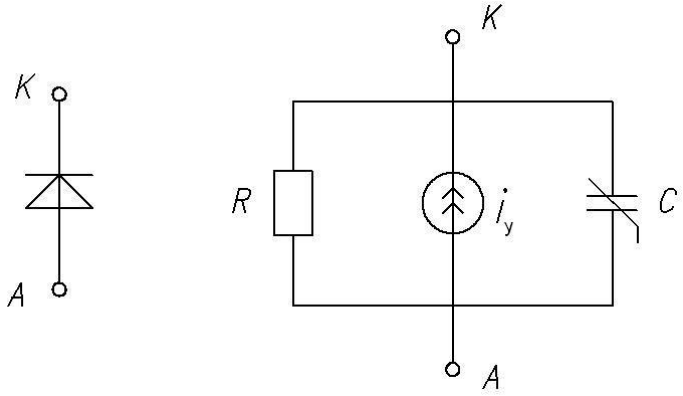


Рисунок 1 – Эквивалентная схема диода

где R позволяет учесть ток утечки, емкость *C* моделирует ёмкость диода. Управляемый источник тока i_y моделирует статическую вольтамперную характеристику диода. Модель является универсальной и хорошо моделирует диод в любом из возможных режимов работы, позволяя учесть и влияние температуры на свойства диодов.

Однако математическое описание тока i_y и ёмкости *C* довольно громоздко. Поэтому в несложных ручных расчетах предпочтение отдают простым математическим моделям диодов. При составлении этих моделей используют кусочно-линейную аппроксимацию вольтамперных характеристик диодов.

В частности, для стабилитрона, нормально работающего на обратной ветви вольтамперной характеристики, линейная аппроксимация обратной ветви представлена на рисунке 2.

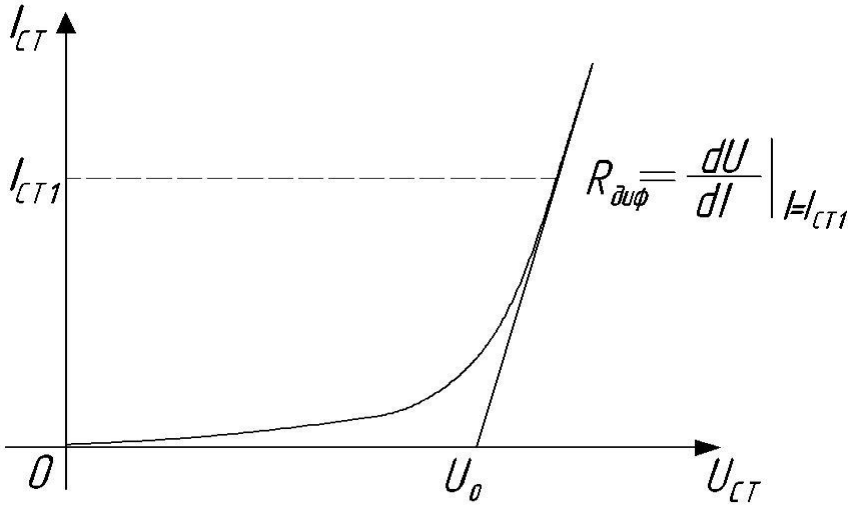


Рисунок 2 – Линейная аппроксимация обратной ветви ВАХ

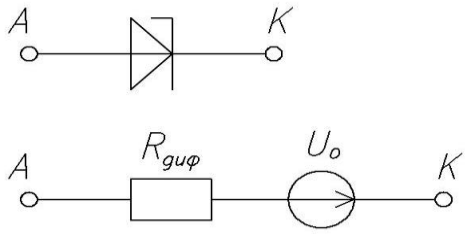


Рисунок 3 – Эквивалентная схема замещения

Кусочно-линейная аппроксимация стабилитрона

Применимость математической модели стабилитрона, полученной на основе кусочно-линейной аппроксимации его вольтамперной характеристики, рассмотрим на примере расчета режима работы параметрического стабилизатора, схема которого дана на рисунке 3, где *VD* – стабилитрон 2С168А, вольтамперная характеристика которого дана в таблице 1.

Таблица 1.

$I_{ст}$, mA	0	2	4	5	10	30	45
$U_{ст}$, В	0	6,3	6,55	6,6	6,8	7,4	8,0

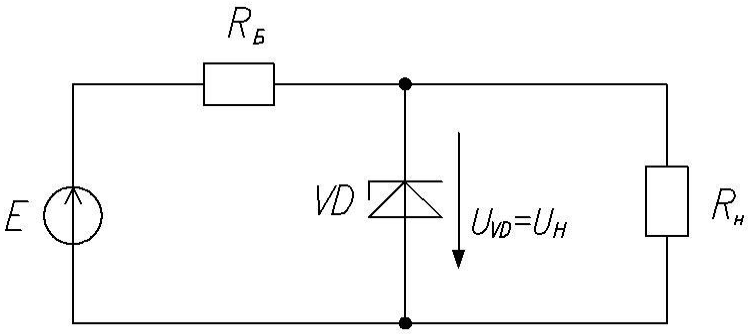


Рисунок 4 – Схема параметрического стабилизатора

Рассчитаем напряжение $U_H = U_{VD}$ при E = 15В, $R_Б$ = 0,5кОм, R_H = 0,5кОм.

1) Графический метод расчета. Выделив ветвь с *VD* в качестве расчетной, представим всю остальную часть стабилизатора по отношению к ней эквивалентным генератором с параметрами

$$E_{ЭГ} = E \cdot \frac{R_H}{R_Б + R_H} = 15 \cdot \frac{0,5}{0,5+0,5} = 7,5B$$

$$R_{ЭГ} = \frac{R_Б \cdot R_H}{R_Б + R_H} = \frac{0,5 \cdot 0,5}{0,5+0,5} = 0,25кОм$$

Схема имеет вид:

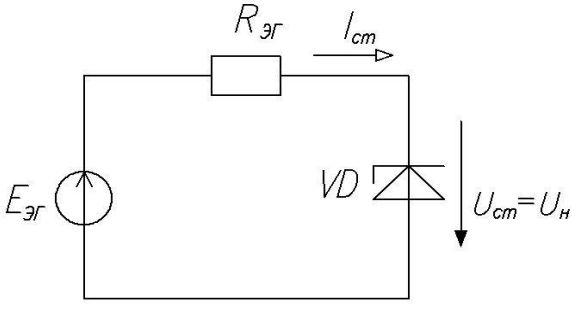


Рисунок 5 – Использование метода эквивалентного генератора для расчета стабилизатора

Известно, что расчет цепи, представленной на рисунке 4, состоит в нахождении точки пересечения линии нагрузки

$$U_H = E_{ЭГ} - I_{CT} \cdot R_{ЭГ}$$

и вольт-амперной характеристики $I_{СТ}(U_{СТ})$ стабилитрона, которая приведена в таблице 1. Линию нагрузки строим по 2-ум точкам, соответствующим режимам холостого хода (точка М) цепи на рисунке 4 (без стабилитрона *VD*) и короткого замыкания (точка *N*) той же цепи. Очевидно, что координаты точки М:

$$I_{СТ} = 0\text{А};\ U_{СТ} = U_Н = E_{ЭГ} = 7{,}5\text{В};$$

а точки N:

$$U_{СТ} = U_Н = 0\text{В};\ I_{CT} = \frac{E_{ЭГ}}{R_{ЭГ}} = \frac{7{,}5}{250} = 0{,}03A = 30mA.$$

Находим точку пересечения линии нагрузки MN с вольтамперной характеристикой стабилитрона. По оси абсцисс откладываем значения $U_{СТ}$ в *В*, а по оси ординат значения $I_{СТ}$ в mA.

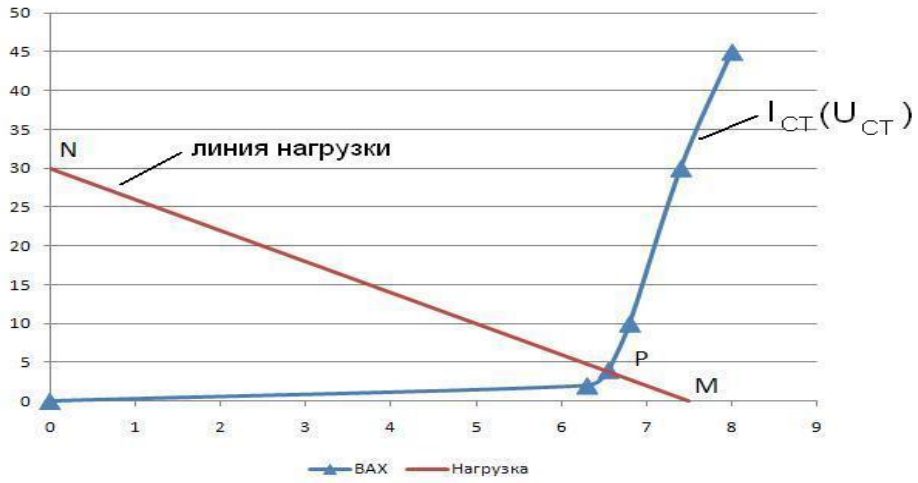


Рисунок 6 – Пересечение линии нагрузки с ВАХ

Координаты точки Р, дающие решение задачи,

$$I_{СТ}=4{,}5\text{mA},\ U_{СТ}=U_Н=6{,}55\text{В}.$$

2) Графоаналитический метод с использованием кусочно-линейной аппроксимации вольт-амперной характеристики стабилитрона. По ВАХ стабилитрона, приведенной в таблице 1, в соответствии с аппроксимацией, представленной на рисунке 2, найдем:

$$U_0=6{,}5\text{В},\ R_{диф} = \frac{7{,}4-6{,}6}{30-5} = 0{,}032кОм.$$

Схема замещения стабилизатора, с учетом кусочно-линейной аппроксимации вольтамперной характеристики стабилитрона представлена на рисунке 7:

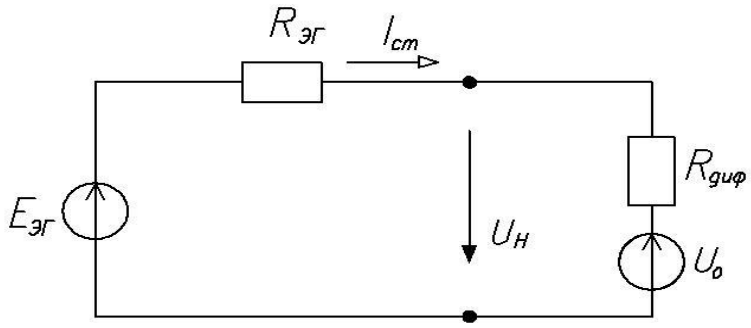


Рисунок 7 – Схема замещения стабилизатора при кусочно-линейной аппроксимации стабилитрона

Согласно 2-му закону Кирхгофа для этой цепи запишем:

$$E_{Г} – U_0 = I_{СТ} \cdot (R_{ЭГ} + R_{диф})$$

Отсюда имеем:

$$I_{СТ} = \frac{E_{ЭГ} - U_0}{R_{ЭГ} + R_{диф}} = \frac{7{,}5 - 6{,}5}{0{,}25 + 0{,}032} = 3{,}56mA$$

$$U_Н = E_{ЭГ} - I_{СТ} \cdot R_{ЭГ} = 7{,}5 - 3{,}56 \cdot 0{,}25 = 6{,}61B\,.$$

Сопоставляя значения параметров режима, рассчитанные согласно изложенным выше подходам, приходим к выводу о высокой точности расчета, обеспечиваемой при аппроксимации вольтамперной характеристики стабилитрона, и значительном сокращении времени, необходимого для решения задачи.

Литература

1. Гершунский Б.С. Справочник по расчету электронных схем. - Киев: Вища школа, 1983. - 240с.

2. Терещук З.М., Терещук К.М., Седов С.А. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства. Справочник радиолюбителя. – Киев: Наукова думка, 1989. – 820с.

3. Перельман Б.Л. Полупроводниковые приборы. Справочник. – М: СОЛОН, МИКРОТЕХ, 1996. – 176с.

4. В.И.Бойко, А.Н.Гуржий, В.Я.Жуйков, А.А.Зори, В.М.Спивак. Схемотехника электронных систем. Аналоговые и импульсные устройства. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 496 с.

УДК 629.3

СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ДУГОВОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВМЕЩЁННОГО УПРАВЛЯЕМОГО РЕАКТОР-ТРАНСФОРМАТОРА

Джураев Т. Х.
Научный руководитель Домников С. В., к.т.н., доцент

Способ заключается в выравнивании мощности по фазам путем управления током дуги каждого из электродов и регулировании электрических параметров короткой сети за счет включения в схему косвенного регулирования напряжения в качестве второй электромагнитной единицы совмещенного управляемого реактор-трансформатора (СУРТ) и увеличения индуктивного сопротивления его вторичных обмоток.

Изобретение относится к электротехнике, а именно к электрометаллургии и к способам регулирования мощности в трехэлектродных дуговых печах переменного тока, и направлено на увеличение их производительности, уменьшение удельного расхода электроэнергии, снижение негативного влияния на питающую сеть и повышение надежности функционирования регулирующего устройства.

Известен способ регулирования мощности трехфазной дуговой электропечи, заключающийся в управлении величиной тока дуги каждого электрода и регулировании реактивного сопротивления короткой сети с помощью батарей статических конденсаторов (БК), подключаемых параллельно фазе с наибольшим реактивным сопротивлением. Присоединение БК на вторичное напряжение печного трансформатора требует выполнения условия синусоидальности тока дуговой трехэлектродной печи. Это вызывает затруднения при использовании указанного способа на практике, т.к. ток печи имеет несинусоидальный характер, обусловленный условиями горения дуги и влиянием случайных факторов на ее сопротивление.

Указанный способ имеет некоторые недостатки. Возможны значительные перегрузки батарей статических конденсаторов токами высших гармонических составляющих и тяжелые условия работы при частых коммутациях емкостей. Это вызывает их преждевременный выход из строя. Снижение реактивного сопротивления короткой сети путем включения БК может уменьшить устойчивость горения дуги. Это приводит к возрастанию колебаний токов и напряжений. Рассматриваемый способ не позволяет минимизировать глубину провала напряжения, возникающего на стороне высшего напряжения печного трансформатора, при эксплуатационном коротком замыкании электродов на шихту.

По мере заглубления электрода все большая часть излучения дуги экранируется шихтой. Излучение дуги «дикой» фазы не представляет серьезной опасности для футеровки стен и свода печи и практически полностью расходуется на расплавление шихты. Оно не компенсирует уменьшение излучения других фаз. Это объясняет снижение производительности печи при несимметричном режиме. В период восстановления изменение реактивного сопротивления короткой сети менее значительно, а излучение дуги не экранируется шихтой. По сравнению с периодом расплавления футеровка стен и свода поглощает большее количество энергии, излучаемой дугами. Ее часть, расположенная вблизи «дикой» фазы, разрушается быстрее. Это вызывает простои печи, необходимые для проведения ремонтных работ. Снижается производительность агрегата. Поэтому с точки зрения минимизации негативного воздействия излучения дуги «дикой» фазы выравнивание электрических параметров разных фаз короткой сети в период восстановления имеет важнейшее

значение. Вышесказанное подтверждает актуальность снижения перекоса мощностей по фазам и минимизации смещения нейтральной точки нагрузки относительно нейтральной точки печного трансформатора во всех режимах функционирования электропечи.

Регулирование питающего напряжения электропечной установки производится с помощью трансформаторного агрегата. В большинстве случаев по косвенной схеме регулирования, состоящей из двух электромагнитных единиц. В качестве первой используется регулировочный автотрансформатор, а в качестве второй - понижающий трансформатор.

Для регулирования мощности электропечи предлагается производить регулирование тока дуги каждого из электродов и выравнивание электрических параметров короткой сети по фазам за счет изменения реактивного сопротивления короткой сети посредством включения в схему косвенного регулирования напряжения в качестве второй электромагнитной единицы совмещенного управляемого реактор-трансформатора и увеличения индуктивного сопротивления его вторичных обмоток, соответствующих фазам с наименьшим реактивным сопротивлением короткой сети. Регулирование мощности дуговой трехэлектродной электропечи переменного тока осуществляется во всех режимах ее функционирования. СУРТ имеет некоторые конструктивные отличия от силового трансформатора и может функционировать в трансформаторном, реакторном и реакторно-трансформаторном совмещенном режиме. В данном способе он используется в реакторно-трансформаторном режиме.

В случае уменьшения реактивного сопротивления и возрастания тока «дикой» фазы для выравнивания мощностей по фазам увеличивают индуктивное сопротивление соответствующей этой фазе вторичной обмотки СУРТ. Пример включения СУРТ в схему косвенного регулирования напряжения электропечи (ЭП) с регулировочным автотрансформатором приведен на рисунке:

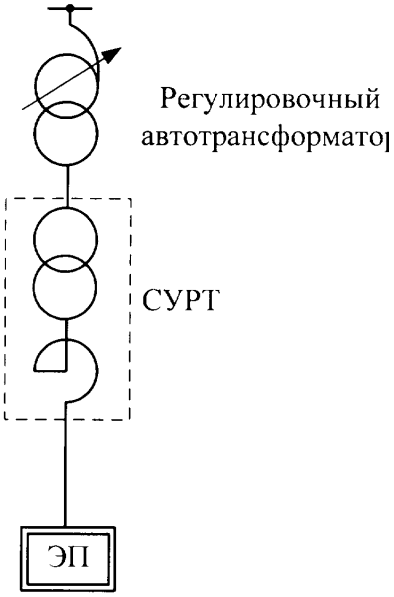


Рисунок 1

Электрическая схема замещения вторичной цепи печного трансформатора дуговой электропечи с конфигурацией короткой сети «несимметричный треугольник на электродах» при этом примет вид, изображенный на рисунке:

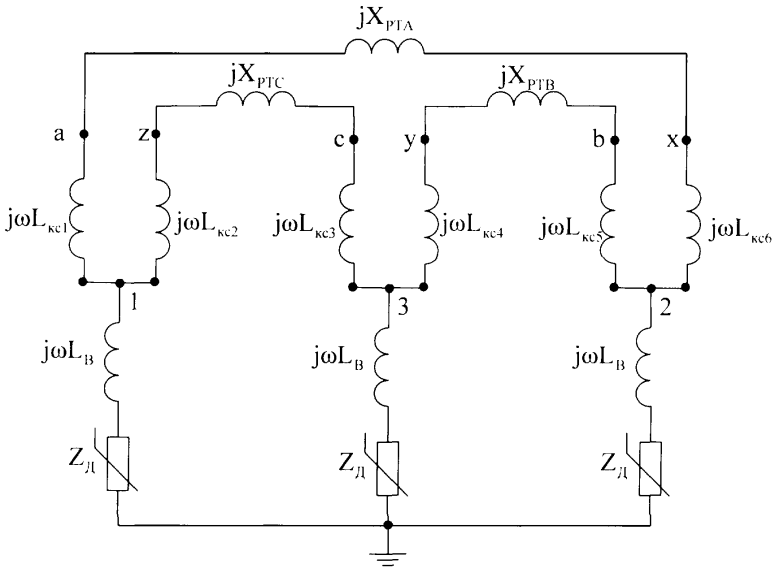


Рисунок 2

На рисунке 2 приняты следующие обозначения: $jX_{РТА}$, $jX_{РТС}$, $jX_{РТВ}$ - реактивные сопротивления вторичных обмоток СУРТ; $j\omega L_{КСn}$ - реактивное сопротивление *n*-ого кабеля короткой сети; $j\omega L_{В}$ - реактивное сопротивление ванны печи с учетом сопротивления электрода; $Z_{Д}$ - нелинейное сопротивление электрической дуги. При увеличении реактивного сопротивления одной фазы и уменьшении его значения в двух других фазах, для выравнивания мощностей по фазам увеличивают индуктивное сопротивление вторичных обмоток СУРТ, соответствующих фазам с наименьшим реактивным сопротивлением короткой сети.

Предлагаемый способ применим для электропечей, регулирование напряжения которых осуществляется по косвенным схемам регулирования, а короткая сеть имеет одну из следующих конфигураций: «несимметричный треугольник на электродах», «треугольник на электродах», «треугольник на электродах с дополнительной стойкой фазы», «треугольник на подвижных башмаках».

Использование способа регулирования мощности дуговой электропечи переменного тока с применением СУРТ позволяет свести к минимуму перекос мощности по фазам и смещение нейтральной точки нагрузки относительно нейтральной точки печного трансформатора. Уменьшается излучение дуги «дикой» фазы и перегрев футеровки стен и свода печи вблизи него в течение периода восстановления. Повышается устойчивость горения дуги, и снижаются колебания токов и напряжений. При возникновении эксплуатационного короткого замыкания электродов на шихту повышение реактивного сопротивления рабочих обмоток СУРТ способствует минимизации глубины провала напряжения, возникающего на стороне первичного напряжения печного трансформатора. Увеличивается вводимая в печь мощность, уменьшается продолжительность цикла плавки и длительность периодов простоя печи, предназначенных для проведения ремонтных работ по восстановлению футеровки стен и свода вблизи «дикой» фазы.

Преимущество способа заключается в минимизации негативного воздействия на питающую сеть, а также в том, что, по сравнению с БК, совмещенный управляемый реактор-трансформатор менее чувствителен к воздействию высших гармонических составляющих тока электропечи, обладает большим сроком службы и высокой надежностью при эксплуатации.

УДК 621.135

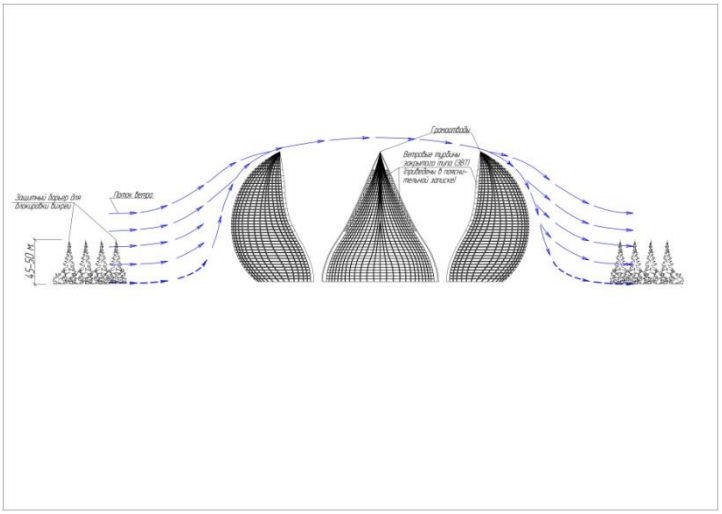
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМОГО КОМПЛЕКСА НЕБОСКРЁБОВ

Лукьянчик А.В.
Научный руководитель Счастная Е.С., старший преподаватель

Интенсивное возрастание доли городского населения в течение последних столетий логически приводит к увеличению этажности новостроек. Основными проблемами, при этом, являются устойчивость и энергосбережение небоскребов. Я надеюсь, что предлагаемый мною подход к проектированию зданий повышенной этажности в некоторых случаях поможет решить эти проблемы.

Основными факторами, влияющими на устойчивость многоэтажных зданий, являются сейсмическая устойчивость и давление ветра. В условиях Беларуси проектирование высоток, с одной стороны, облегчается отсутствием сейсмической активности, однако с другой стороны, ввиду отсутствия значительных запасов нефти и газа, основной акцент, в плане энергосбережения, необходимо делать на восполняемые источники энергии, такие, как солнечная энергия и ветроэнергетика.

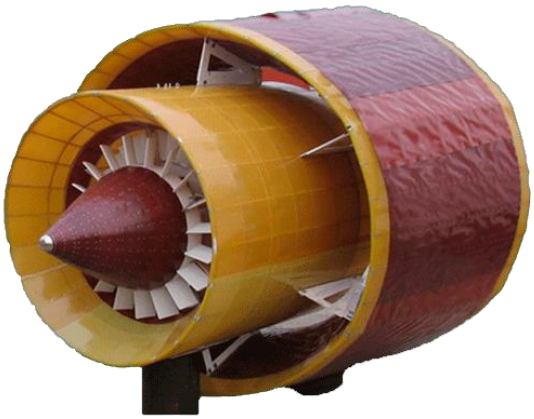
Предлагаемый проект комплекса многоэтажных зданий позволит минимизировать влияние воздушных потоков, действующих на поверхность зданий, а также, использовать их для производства электроэнергии.



В качестве одного из вариантов решения изложенных выше проблем мною предлагается комплекс зданий парусного типа, сориентированный в направлении преобладающей розы ветров (см. рис. 1). Параметры комплекса рассчитываются таким образом, чтобы его собственные частоты колебаний не совпадали с характерными частотами порывов ветра. Кроме того, для уменьшения давления на внешнюю поверхность комплекса предлагается использовать два дополняющих друг друга механизма:

1) организация обтекания внешней поверхности зданий с использованием естественного рельефа местности или лесопосадок;

2) нарушение ламинарности обтекающей струи за счет неоднородностей фасадов зданий, что должно привести к возникновению вихрей в пристеночной области и, соответственно, к увеличению скорости воздушного потока и уменьшению давления в нем.



К тому же, увеличение скорости потока вблизи поверхности зданий позволит повысить эффективность

турбинных энергоустановок, которые планируется использовать для решения проблемы энергообеспечения комплекса.

В качестве энергоустановок предлагается использовать ветроустановки закрытого типа (см. рис. 2). В их конструкции отсутствуют лопасти, что благоприятно влияет на безопасность, экологичность и энергоэффективность эксплуатации. Они компакты и способны работать при низких скоростях ветра, малошумны. Ветроустановки закрытого типа легкие, недорогие и мобильные, так как при их изготовлении значительно снижено количество дорогих и тяжелых материалов. Отсутствие в конструкции сложных составляющих упрощает ремонт ветроустановок и снижает уровень эксплуатационных расходов.

Было проведено компьютерное моделирование поведения комплекса с точки зрения воздействия на него воздушных течений с различной скоростью (см. рис. 3). Установлено неплохое соответствие полученных результатов компьютерного эксперимента с поставленными задачами.

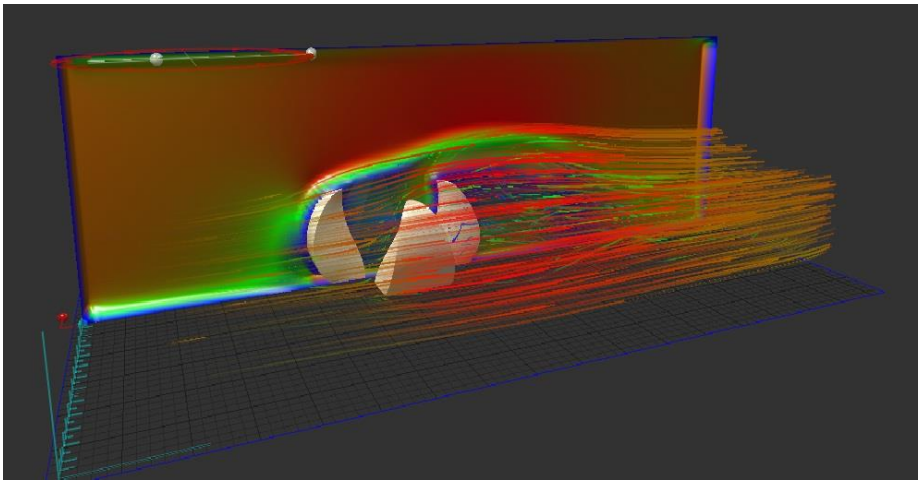


Рисунок 3

Но главным плюсом в этих зданиях будет энерговырабатывающее стеклянное ограждение.

Данное стекло с большим КПД блокирует прямое солнечное излучение, сохраняя тепло в помещении. При этом, по сравнению с другими интегрированными солнечными модулями разработка обладает более высоким коэффициентом прозрачности, что позволяет обеспечить естественное освещение в помещении, сэкономив на лампах и расходах на электроэнергию.

Но главное отличие стекла состоит в том, что оно производит больше солнечной энергии, чем обычные солнечные модули – 13 ватт на 0,1 м^2. Таким образом, стандартное окно размерами 6 на 3 метра будет представлять собой солнечную систему мощностью 2,6 кВт, которая способна производить в среднем около 500 киловатт-часов в месяц, в зависимости от окружающих условий (инсоляция области, затенение и т.д.).

Технология производства стекла включает в себя специальную оптическую поверхность, пропускающую через себя дневной свет, и зеркала, отражающие свет от солнечных элементов. Стандартный стеклопакет состоит из двух стекол, каждое из которых представляет собой набор из нескольких плиток, вырабатывающих электроэнергию с помощью традиционных и весьма эффективных монокристаллов.

Отсюда, при высоте здания в 200 м. и объёмом в 500 тыс. м^3 небоскрёб будет вырабатывать порядка 100 мегаватт в год, что на 10% превышает среднегодичное потребление энергии. Если для сравнения взять запроектированный мной комплекс,

высотой 300 м. каждое здание, то оно будет вырабатывать порядка 35 000 мегаватт в год. Эта энергия может обеспечить электричеством небольшой город.

Таким образом, если использовать при строительстве данное стекло, то целые высотные микрорайоны могут быть не только полностью энергонезависимы, но и отдавать остаточную энергию на уличное освещение, подсветку зданий и сооружений, полностью исключая таким образом затраты на электроэнергию, и потребность в электростанциях, а это большая экономия бюджета города.

Единственным минусом данного стекла в настоящий момент является только то, что оно является дорогим, 10 000 м^2 окупится примерно через 4-5 лет.

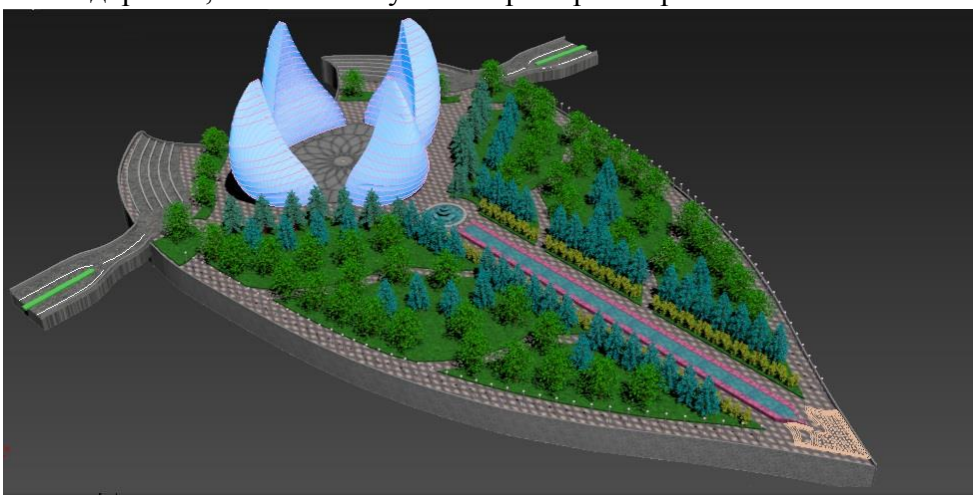


Рисунок 4 – Проектируемый мною комплекс небоскрёбов

УДК 621.135

ОПАСНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Погодина М. А.,Осипчик А. В
Научный руководитель Счастная Е.С., старший преподаватель

В нормальном режиме работы векторы напряжения на проводах трехфазной высоковольтной линии (ВЛ) образуют симметричную трехфазную звезду. Электрические поля, создаваемые в окружающем пространстве напряжениями прямой последовательности, почти полностью взаимно компенсируются, подобно магнитным полям от токов прямой последовательности.

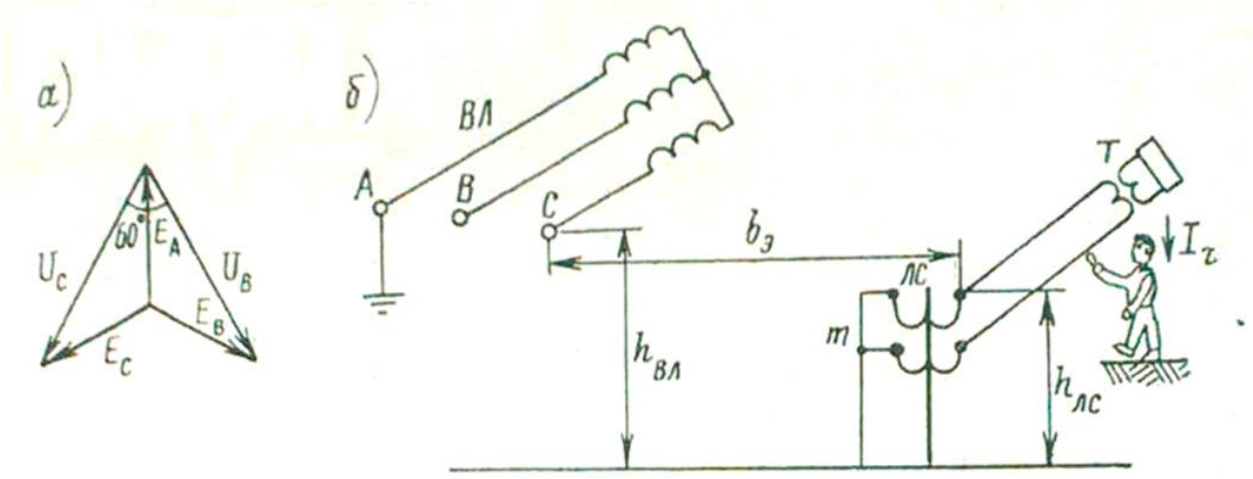


Рисунок 1. К расчету тока, протекающего через, человека, при опасном электрическом влиянии ВЛ на ЛС: ***а*** — векторная диаграмма напряжений; ***б*** — схема сближения

При однофазном коротком замыкании в сети с заземленной нейтралью определяющее значение имеет опасное магнитное влияние токов нулевой последовательности.

Рассмотрим далее случай однофазного замыкания на землю ВЛ, работающей в сети с изолированной нейтралью. При этом ток нулевой последовательности ограничен большим емкостным сопротивлением сети и в большинстве случаев можно пренебречь магнитным влиянием. Однако, если вблизи ВЛ проходит воздушная ЛС и на ней имеются изолированные от земли двухпроводные цепи, то на них может возникнуть опасное индуктированное напряжение (рис. 1). При замыкании на землю фазы А, на фазах В и С сети с изолированной нейтралью действуют линейные напряжения, сдвинутые на 60°. Соответствующее напряжение нулевой последовательности равно

$$U_0 = \frac{U_B + U_C}{3}; \quad |U_0| = U_л/\sqrt{3} \approx U_ф$$

Ток, протекающий через человека, коснувшегося изолированного провода ЛС, зависит от U_0, взаимной емкости между проводами ВЛ и ЛС и от экранирующего эффекта других заземленных проводов. Когда этот ток превышает 1 мА, человек испытывает неприятные ощущения. Если же ток достигает десятков миллиампер, то при неблагоприятных обстоятельствах руки человека начинают конвульсивно сжиматься, и он не в состоянии самостоятельно оторваться от провода. Токи свыше 100 мА,

протекающие через человека более 3 с, могут привести к смертельному исходу. Правила защиты ограничивают величину допустимого тока

$I_{доп} \leq 10$ мА.

Ток, протекающий через человека, можно приближенно вычислить по следующей формуле:

$$I_ч \approx 2{,}83 U_л \sum_{i=1}^{n} \frac{l_i}{m_i + 2} \frac{h_{вл} h_{лс} k_{вл} k_д}{b_{эi}^2 + h_{вл}^2 + h_{лс}^2} \leq I_{доп},$$

где $U_л$— линейное напряжение ВЛ, кВ; $I_ч$ — ток через человека, мА; $l_i, b_{эi}, m_i$ — длина, ширина i-го эквивалентного параллельного участка сближения в метрах и число заземленных проводов ЛС на этом участке; $k_{вл} \approx 0{,}7$ — коэффициент экранирования от заземленных проводов ВЛ; $k_д \approx 0{,}7$ — коэффициент экранирования сплошного ряда деревьев.

Если $I_ч$ оказалось больше допустимого, необходимо заземлить среднюю точку линейного трансформатора Т на ЛС или принять другие меры, снижающие ток $I_ч$ (см. рис. 1).

С аналогичным явлением приходится считаться при прикосновении человека к транспорту, находящемуся под проводами ВЛ сверхвысокого (330...750 кВ) и ультравысокого (1150 кВ и выше) напряжения (рис. 2).

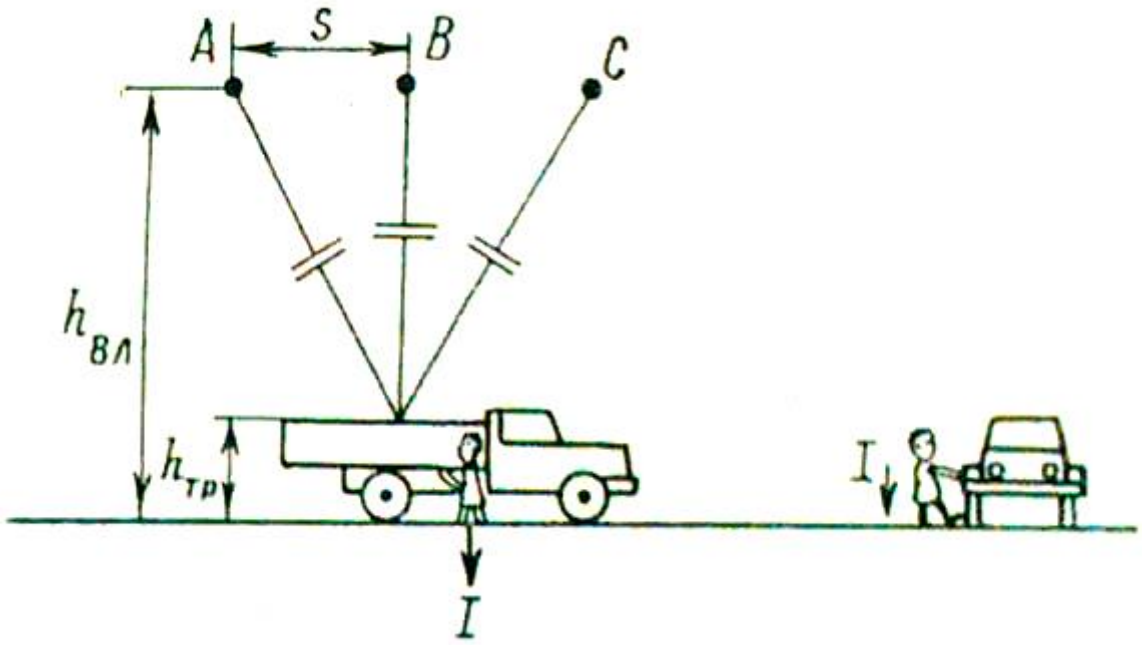


Рисунок 2. К расчету тока, протекающего через человека, при опасном электрическом влиянии ВЛ на транспорт

Транспортные средства на резиновом ходу сравнительно хорошо изолированы от земли. Через человека, стоящего на земле и коснувшегося корпуса крупногабаритного транспорта, будет протекать суммарный емкостный ток, обусловленный напряжениями всех трех фаз ВЛ. При нахождении транспорта под проводами ВЛ СВН или УВН этот ток может вызывать неприятные ощущения у людей, а также затруднять

сельскохозяйственные работы на участках, расположенных под линией, даже в нормальном режиме работы ВЛ.

Оценим величину тока, проходящего через человека, коснувшегося корпуса автомашины, которая находится непосредственно под проводами ВЛ. Принимаем, что эти провода расположены, в одной горизонтальной плоскости на высоте $h_{вл}$ над поверхностью земли (см. рис. 2). В наиболее неблагоприятном случае, если машина находится под средним проводом ВЛ, вертикальная составляющая напряженности электрического поля у поверхности земли (при $h_{тр} \leq 0{,}2h_{вл}$) в первом приближении равна

$$E_з \approx \frac{U_л s^2}{2h(h^2+s^2)lg\frac{2hs}{r_э\sqrt{h^2+s^2}}},$$

где $U_л$ — линейное напряжение электропередачи; $r_э = r_p\sqrt{\frac{nr_п}{r_p}}$ — эквивалентный радиус расщепленной фазы; r_p — радиус окружности, по которой расположены провода расщепленной фазы; $r_п, n$ —радиусы и число проводов в фазе.

Для ВЛ СВН, у которых hвл$\leq s$, погрешность расчетов не превышает 5%. В качестве примера определим Ез в середине пролета линии 750 кВ, имеющей $h_{вл}$= 13 м, s = 18 м, провод 4×АСО — 600/60 ($r_п$ = 17 мм, r_p = 430 мм, п=4, $r_э$ = 270 мм):

$$E_з = \frac{750 \cdot 18^2}{2 \cdot 13(13^2+18^2)lg\frac{2 \cdot 13 \cdot 18}{0{,}27\sqrt{13^2+18^2}}} \approx 10 \text{ кН/м}.$$

В первом приближении считаем, что у земли в пределах. транспортного средства $E_з = \text{const}$. Изолированный от земли металлический корпус машины под действием электрического поля приобретает напряжение по отношению к земле

$$U_{тр} \approx E_з h_{тр} = 10 \cdot 1 = 10 \text{ кВ},$$

где $h_{тр} \approx$1 м — средняя высота машины.

Если человек, стоя на земле, прикоснется к корпусу машины, то через него на землю пройдет кратковременный импульс разрядного тока емкости машины. Суммарный заряд этой емкости составляет несколько микрокулон. Поэтому такое прикосновение не представляет непосредственной опасности для жизни человека, однако вызывает неприятное ощущение внезапного укола. Если он отдернет руку и затем снова дотронется до машины, это явление повторится. В случае тесного контакта человека с машиной на резиновом ходу и с землей через него будет протекать установившийся ток

$$I_ч \approx \omega\varepsilon_0 S E_з \approx 0{,}4 \text{ мА},$$

где S$\approx 3 \times 4$ м — площадь транспортного средства в плане. В связи с этим не рекомендуются остановки транспорта на резиновом ходу под проводами ВЛ 750 кВ и выше, а для сельскохозяйственных работ вблизи таких линий желательно использовать машины на гусеничном ходу.

Литература:

1. Школа для электрика, http://electricalschool.info/, http://electricalschool.info/main/vl/897-jekologicheskoe-vlijanie-vozdushnykh.html
2. РОСЭНЕРГОСЕРВИС, http://rosenergoservis.ru/, http://lib.rosenergoservis.ru/elektromagnitnaya-sovmestimost-v-elektroenergetike?start=90
3. Портал нормативных документов, http://www.iso.opengost.runiso.opengost.ru/ , http://www.iso.opengost.runiso.opengost.ru/iso/11030-chast-4.-zaschita-ustanovok-svyazi-ot-opasnyh-napryazheniy-i-tokov-voznikayuschih-na-vozdushnyh-liniyah-svyazi.html

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ С ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО ТОКУ И НАПРЯЖЕНИЮ

Колоша И.С..
Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

Рассмотрим некоторые основные различия характеристик усилителей с обратной связью по напряжению и с токовой обратной связью [1]. Рассмотрим вначале обратную связь по напряжению, а затем остановиться на преимуществах токовой обратной связи. Такое рассмотрение позволяет понять, почему схемы, использующие эту относительно новую топологию, так важны. Полоса пропускания звукового усилителя со спадом усиления – 3 дБ обычно является одной из важнейшей его характеристикой.

Теоретический анализ схем с обратной связью по напряжению, который часто сопровождается их критикой, хорошо описан во многих работах. Рассмотрим некоторые их недостатки.

Получение необходимой полосы пропускания при постоянном усилении с применением обратной связи по напряжению представляет проблему, если одновременно требуется достаточно большое усиление и широкая полоса пропускания. Некоторые высоковольтные усилители мощности могут требовать высокого усиления, такого как, например, 50, частот в несколько сотен килогерц требует иметь необходимость применения устройств с полосой усиления от 10 до 20 МГц. Это обеспечить нелегко, особенно для высоковольтных схем. Дополнительной проблемой в усилителях с обратной связью по напряжению является их скорость нарастания, которая обычно ограничена каскадом преобразования импедансов, который имеет конечный максимальный выходной ток, предназначенный для заряда корректирующего конденсатора. Он обычно равен разности токов транзисторов входной дифференциальной пары. Высокая скорость нарастания очень желательна в сильносигнальных УМЗЧ, и это вынуждает использовать большой ток входного каскада и маленькое значение емкости корректирующего конденсатора. А это нежелательно, так как для обеспечения устойчивости усилителя уменьшение емкости корректирующего конденсатора требует некоторого ухудшения параметров входного каскада (уменьшения коэффициента передачи), что уменьшает усиление с разорванной петлей обратной связи. А это уменьшает петлевое усиление в аудио диапазоне и вызывает рост коэффициента гармоник. Все это заставляет делать трудный выбор между устойчивостью, усилением с разорванной обратной связью и скоростью нарастания без ухудшения общих характеристик по переменному току и переходной характеристики. Значит, схема с общей обратной связью по напряжению не является оптимальным выбором для высококачественного звукового усилителя мощности и в некоторых случаях она не может удовлетворять всем поставленным требованиям.

Операционные усилители с токовой обратной связью появились благодаря тому, что у них полоса частот не сужалась обратно пропорционально усилению с замкнутой петлей обратной связи, как у усилителей с обратной связью по напряжению. Они показывали небольшое изменение полосы пропускания, когда усиление повышалось более единицы, однако намного меньшее, чем с общей обратной связью по напряжению. Известно, что усилители с токовой обратной связью не ведут себя так, как усилители с обратной связью по напряжению, пока усиление с замкнутой петлей обратной связи не становится слишком большим (~50).

Упрощенная модель усилителя с токовой обратной связью, изображенной **на рисунке 1**, показывает, что она использует входной буфер с единичным усилением,

выходной ток которого подается через двунаправленное токовое зеркало в каскад преобразования импедансов. Напряжение, получаемое здесь, потом буферируется и подается на выход. Типичное значение R_T достаточно большое, обычно несколько сотен кОм или даже несколько МОм. Резистор R_{INV} является выходным сопротивлением входного буфера, а резисторы обратной связи R_1 и R_2 задают усиление по напряжению от входа до выхода, подобно обычным операционным усилителям. Здесь, однако, есть ток ошибки I_1, который определяет выходное напряжение, и нет напряжения ошибки.

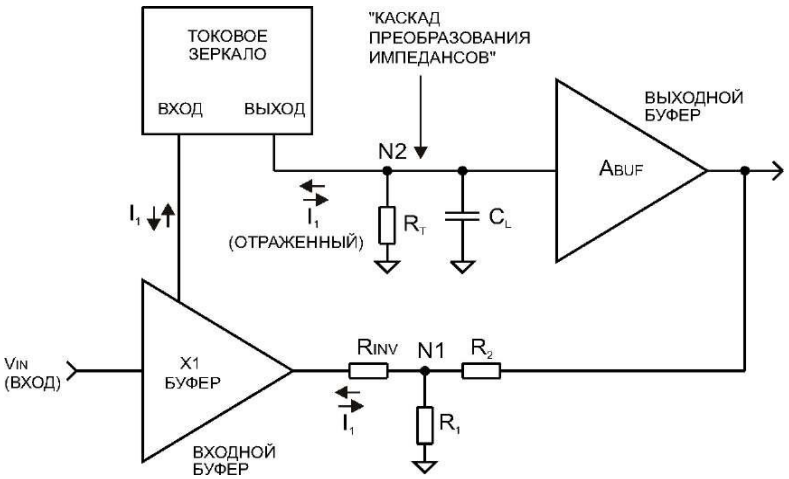


Рисунок 1– Модель усилителя с токовой обратной связью

Оценка полосы пропускания при конечном усилении может быть применена и к усилителям с токовой обратной связью как показатель их качества, хотя она имеет значение только при больших усилениях. Более важным атрибутом этой топологии является величина тока, способного перезаряжать корректирующий конденсатор за время изменения выходного напряжения на величину, пропорциональную разнице между начальным и конечным значением.

Теоретически, скорость нарастания в этой топологии не ограничена, что делает ее очень привлекательной для УМЗЧ. Хотя на практике схемотехника неминуемо накладывает ограничения на максимальную величину тока, который может обеспечить входной каскад усилителя с токовой обратной связью, и это дает ограничение на скорость нарастания. Но все равно, скорости нарастания, достижимые с этим типом схем, часто в 5 (или более) раз выше, чем у своих аналогов с обратной связью по напряжению при данном значении тока потребления. Токовая обратная связь предоставляет большие возможности для выбора элементов усилителя мощности, чем обратная связь по напряжению.

Литература

1. Mark Alexander, "A Current Feedback Audio Power Amplifier", 88th Convention of the Audio Eng. Soc., reprint #2902, March 1990.

УДК 621.039.83.002

ЧАСТОТНЫЕ ДИАПАЗОНЫ РАБОТ БЫТОВЫХ ПЕРЕНОСНЫХ ЦИФРОВЫХ РАДИОСТАНЦИЙ

Асипенко А.А. Безкоровайный А.С.
Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

В зависимости от условий эксплуатации, рельефа местности, наличия препятствий, деревьев оптимальны радиостанции разных диапазонов частот. При выборе радиостанции необходимо определить конкретный круг задач, стоящих перед ней.

В условиях плотной городской застройки – из гражданских частот лучше подходят мощные рации диапазона 433 – 446 МГц. В этом диапазоне частот мало промышленных помех, длина волны составляет около 70 см, что позволяет работать радиостанции в сложных железобетонных конструкциях, так как при прохождении радиоволн с данной длиной волны в железобетонных помещениях из-за особенности их изготовления образуются волноводы.

Для связи в условиях леса и пересечённой местности из выделенных для гражданской связи частот лучше подходят FM радиостанции Си-Би диапазона с частотами работ около 27 МГц, так как на этих частотах длина волны немного более 10 м, что позволяет эффективно огибать препятствия – плотные группы деревьев, холмы. Применение FM (частотной) модуляции предпочтительнее по отношению к AM (амплитудной) модуляции, так как электромагнитные помехи природного и техногенного характера преимущественно носят амплитудный характер.

Для связи на трассе с водителями-дальнобойщиками применяются рации с AM модуляцией диапазона около 27 МГц (частота С15евр 27,135 МГц в режиме AM модуляции). При этом FM модуляция у такой радиостанции также должна быть, которая применяется для связи на служебных каналах (бедствия и безопасности С09евр, канале дорожной информации С19евр).

Основным блоком радиостанции является приемопередатчик. Приемопередатчик состоит из приемника, передатчика в основном с фазовой модуляцией и кварцевым генератором, блока управления и микротелефона. С кварцевого генератора на фазовый модулятор поступает высокочастотный сигнал и под действием низкочастотного сигнала осуществляется его модуляция. После усиления предыдущего сигнала может осуществляться умножение частоты высокочастотного сигнала путем последовательного удвоения умножителями частоты с последующим фильтрованием. После усиления мощности совершается последняя завершающая фильтрация высокочастотного сигнала.

Для поддержания постоянного уровня исходящей мощности в кольцо обратной связи передатчика могут включать схему автоматического регулирования мощности.

Работа радиостанции осуществляется в трех режимах: дежурный, прием, передача. В дежурном режиме низкочастотный сигнал на телефоне и головке громкоговорителя отсутствует, переговоры абонентов в сети и радиошумы приемника не прослушиваются. При поступлении на приемник высокочастотного сигнала, который модулирован частотой вызова, появляется сигнал низкой частоты на выходе усилителя коммутационного приемника, на телефоне и головке громкоговорителя. Именно тогда громкость на головке громкоговорителя является максимальной.

Таким образом, и осуществляется работа радиостанций, позволяющих бесперебойно поддерживать связь.

Электронная схема персональной цифровой радиостанции

Примерная дальность радиосвязи между типичными автомобильными/стационарными и импортными портативными Си-Би радиостанциями следующая:

- между базовыми станциями с использованием отражения от ионосферы – практически составляет не более 1500 – 2000 км. К сожалению, этот вид связи нестабилен и зависит от состояния ионосферы. Ближе редко получается, так как радиоволна не всегда успевает отразиться и опуститься обратно на землю не пройдя достаточное расстояние.
- между базовыми станциями – 15-80 км;
- между базовой станцией и автомобилем – 15-40 км;
- между базовой станцией и портативной – 3-10 км;
- между автомобилями – 5-15 км;
- между автомобилем и портативной станцией – 2-7 км;
- между портативными станциями – 1-5 км.

Основными для Си-Би радиостанций являются каналы, начинающиеся с частоты 26965 кГц и идущие с форматом частоты, кратным 10 кГц (26975 кГц, 26985 кГц и т. д.). Эти каналы имеют условные обозначения с 1-го по 40-й, и радиолюбителями называются "Европа (E)". В связи с ростом числа пользователей в некоторых странах появились дополнительные сетки с таким же шагом в 10 кГц, но со сдвинутыми частотами по отношению к основным на 5 кГц, с такой же нумерацией с 1-го по 40-ой: 1 = 26960 кГц, 2 = 26970 кГц, и т. д. Эта сетка получила название "Россия (R)" или "Польша (PL)". Позже путём введения дополнительных сеток и расширения диапазона количество каналов было доведено до 200, а в некоторых странах до 400. Некоторые современные радиостанции (с учётом обоих форматов) поддерживают до 800 каналов. Однако стандарта, определяющего принадлежность сеток по странам, не существует. Основная масса российских радиостанций работает в сетке частот "Европа", иногда обозначаемой RU. В формате частот "Россия" работают в основном радиолюбители, проводящие связи на большие расстояния.

Для удобства пользователей сетки были промаркированы буквами. Классической считается маркировка, когда основной диапазон обозначается буквой "C". Наиболее распространённым считается описание канала следующего вида: C9 FM или (C9E FM, C9R FM) – в нём: первой буквой («C») обозначается сетка, содержащая в себе набор из 40 каналов; далее («9») – номер канала, за ним – необязательное обозначение («E») основного (европейского) или вспомогательного (российского) формата; и, в конце, – используемая модуляция («FM»). Например, в радиостанции VT-27 NAVIGATOR буквенно-цифровой индикатор "CE19A" обозначает:

1. C - гражданский диапазон;
2. E - формат частоты "европейский"(H - "российский");
3. 19 - стандартный частотный канал (от 1 до 40,(41-45 нестандартные каналы так называемые "дырки");
4. A - частотная сетка (бывают A, B, C, D, E, F, G, H, I, L).

Некоторые производители радиостанций не соблюдают общепринятые сетки и допускают их произвольный сдвиг.

Литература

1. http://ru.wikipedia.org.

УДК 621.3

УЛЬТРАЛИНЕЙНЫЙ ЗВУКОВОЙ УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ НА ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ И МИКРОСХЕМАХ

Колоша И.С..
Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

Усилители мощности звуковой частоты (УМЗЧ) пользуются заслуженной популярностью среди любителей и профессионалов чистого, яркого, сочного и естественного звучания.

Различные схемы УМЗЧ часто печатают в радиотехнических журналах, но, к сожалению, радиолюбители, изготовившие их, редко остаются, довольны их звучанием, даже при хороших технических характеристиках, приведенных в статьях. Например, номинальный диапазон воспроизводимых частот 20…20000 Гц и уровень гармоник при номинальной мощности в этом диапазоне частот $< 0{,}1\%$ не гарантирует высококачественного звучания.

Целью работы стало создание простого высококачественного усилителя, предназначенного для совместного использования с Hi-Fi акустическими системами, обладающего лучшими параметрами и звучанием, чем многие известные отечественные в 80…90-е годы промышленные образцы и любительские конструкции.

После изготовления и испытания нескольких, известных УМЗЧ внимание привлекла схема [1], содержащая небольшое количество радиоэлементов и имеющая неплохие параметрами. Выбор основывался на технических характеристиках, отзывах пользователей, доступности комплектующих.

При испытании макета этой схемы на слух и сравнивая его с имеющимся усилителем японской фирмы «Опкуо», оказалось, что макет звучит лучше.

Поэтому захотелось данную схему взять за основу при разработке усовершенствованной схемы УМЗЧ с меньшими нелинейными искажениями и большей выходной мощностью.

Принципиальная схема усовершенствованного УМЗЧ показана на рисунке 1.

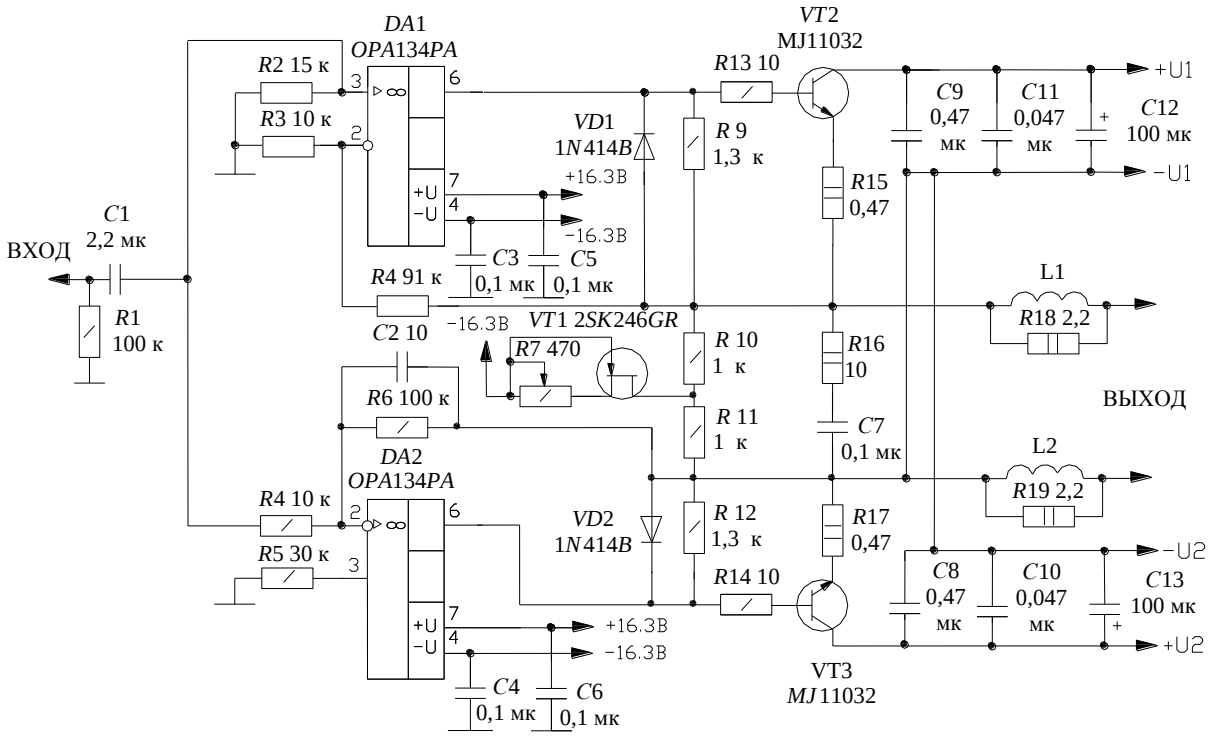


Рисунок 1. Схема усовершенствованного УМЗЧ

В схеме транзисторы и микросхемы заменены на импортные с лучшими характеристиками. Вместо постоянного резистора, задающего ток покоя выходных транзисторов, применен переменный резистор *R*7, что позволило плавно регулировать ток покоя выходных транзисторов.

Транзистор *VT*7, участвующий в задании тока покоя выходных транзисторов закрепим на общий радиатор с выходными транзисторами. Данное изменение позволяет обеспечить лучшую стабильность поддержания тока покоя.

В приведенной схеме заменены диоды *VD*1 и *VD*2 марки Д101 на современные 1*N*4148. Заметим, что в оригинальной схеме допущена ошибка в схеме установки выводов *VD*2.

Замена операционных усилителей (ОУ) *DA*1 и *DA*2 марки К140УД11 на OPA134PA (производство «Texas Instruments») и выходных транзисторов *VT*2 и *VT*3 марки КТ827Б на более высокочастотные и линейные MJ11032 (производство Motorola), позволило уменьшить нелинейные искажения всего приведенного УМЗЧ и стабильность нулевого потенциала на выходе.

Увеличение напряжения питания ОУ с 15 В до 16,3 В, позволяет обеспечить большую амплитуду на выходе ОУ и всего усилителя, а следовательно получить большую выходную мощность в нагрузке. Достигается это применением интегральных стабилизаторов для питания ОУ марки 7815 и 7915 с двумя включенными кремневыми диодами в общий отвод.

На выходе усилителя применен металлопленочный конденсатор *C*7 (100 нФ) и резистор *R*16 10 Ом (2Вт).

В целях уменьшения нелинейных искажений и увеличения стабильности тока покоя выходных транзисторов увеличены номиналы эмиттерных резисторов *R*15 и *R*17 с 0.33 Ом до 0,47 Ом (2Вт).

Для устранения самовозбуждения УМЗЧ в цепь базы выходных транзисторов добавлены резисторы *R*13 и *R*14 номинальным значением 10 Ом.

Для уменьшения нелинейных искажений и повышения устойчивости усилителя к самовозбуждению в цепь нагрузки (акустических систем) включены LR-цепи L1, *R*18 и L2, *R*19.

В результате приведенных изменений улучшаются большинство параметров и показателей усилителя.

В усилителе должен быть применен источник питания с четырьмя раздельными обмотками или с тремя, где у одной есть отвод от средней точки. Для ОУ необходимо двуполярное стабилизированное питание напряжением ±16,3В.

Для питания выходных транзисторов необходимо два раздельных блока питания., Каждый, из которых, содержит диодный мост и сглаживающий емкостной фильтр на выходе. Фильтр содержит параллельно соединенные электролитический конденсатор емкостью 15000 мкФ (производство Nippon ChemiCon) (Рисунок 2) и металлопленочный конденсатор 0,1мкФ.

Усилитель рекомендуется оснастить релейной защитой от постоянного напряжения на выходе.

В рабочем образце используется корпус с радиаторами и два силовых экранированных трансформатора мощностью 110Вт каждый, на которых присутствуют две раздельные обмотки на 22В переменного напряжения от отечественного усилителя «Амфитон-002 стерео».

Для питания ОУ используется дополнительный тороидальный трансформатор, имеющий две раздельные обмотки на 20В переменного напряжения, подключенные к входу стабилизатора напряжения с выходным напряжением ±16,3В. Для питания сервисных блоков используется дополнительный трансформатор, имеющий две раздельные обмотки на 18 В переменного напряжения, который используется для питания двух плат защиты акустических систем, релейного селектора входов на высококачественных реле РЭС55А, платы стрелочной индикации с применением

микросхемы К157ДА1 и платы дистанционного управления на микроконтроллере и шаговом двигателе.

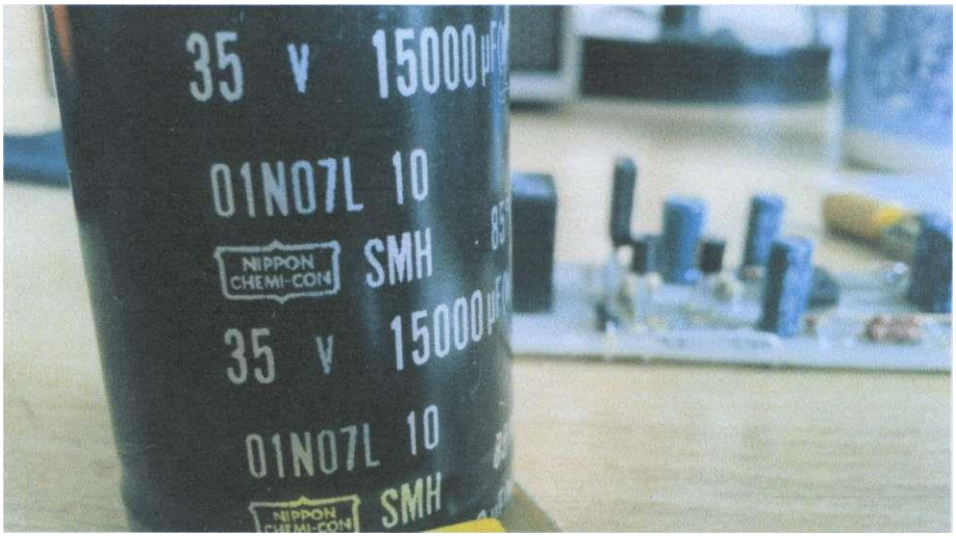


Рисунок *2*. Конденсатор фильтра питания выходных транзисторов

В процессе сборки УМЗЧ следует обратить внимание на прокладку питающих проводов для ОУ. Они должны быть сплетены в плотные косички и уложены как можно дальше от силовых трансформаторов. Несоблюдение этого правила ведет к самовозбуждению усилителя, выходу из строя эмиттерных резисторов и выходных транзисторов.

При измерении параметров УМЗЧ было отмечено:

- Выходная мощность (RMS) - 2х77Вт на 4 Ом.
- Коэффициент нелинейных искажений (THD) - 0,005%
- Чувствительность по входу - 775мВ

Оценка качества звучания (при подключении акустики «Кливер 150АС-009»): звучание усилителя можно охарактеризовать как натуральное, правильное, в то же время очень точное; усилитель воспроизводит каждый инструмент очень четко, независимо от жанра музыки; одинаково качественно справляется как с легкими, так и с тяжелыми композициями. Стоит отметить превосходную сцену: расположение каждого инструмента слышится безошибочно. Вокал звучит естественно, без окрасов. В отличие от других моделей при прослушивании тяжелых жанров музыки собранный усилитель не смешивает все инструменты в единое целое, а детализирует каждый. Стоит отметить безупречные, ничем не ограниченные высокие частоты и приятный бас. Несмотря на небольшую мощность, у усилителя имеется запас по громкости.

Удобства эксплуатации усилителю добавляют: моторизированный регулятор громкости с дистанционным управлением при помощи ИК-пульта.

Оценка качества звучания (при подключении акустики «Кливер 150АС-009»): звучание усилителя можно охарактеризовать как натуральное, правильное, в то же время очень точное; усилитель воспроизводит каждый инструмент очень четко, независимо от жанра музыки; одинаково качественно справляется как с легкими, так и с тяжелыми композициями. Стоит отметить превосходную сцену: расположение каждого инструмента слышится безошибочно. Вокал звучит естественно, без окрасов. В отличие от других моделей при прослушивании тяжелых жанров музыки собранный усилитель не смешивает все инструменты в единое целое, а детализирует каждый.

Стоит отметить безупречные, ничем не ограниченные высокие частоты и приятный бас. Несмотря на небольшую мощность, у усилителя имеется запас по громкости.

Удобства эксплуатации усилителю добавляют: моторизированный регулятор громкости с дистанционным управлением при помощи ИК - пульта; селектор на два входа для подключения фоно корректора и CD-проигрывателя; индикатор выходной мощности.

Внешний вид опытного образца усилителя изображен на рисунках 3 и 4.

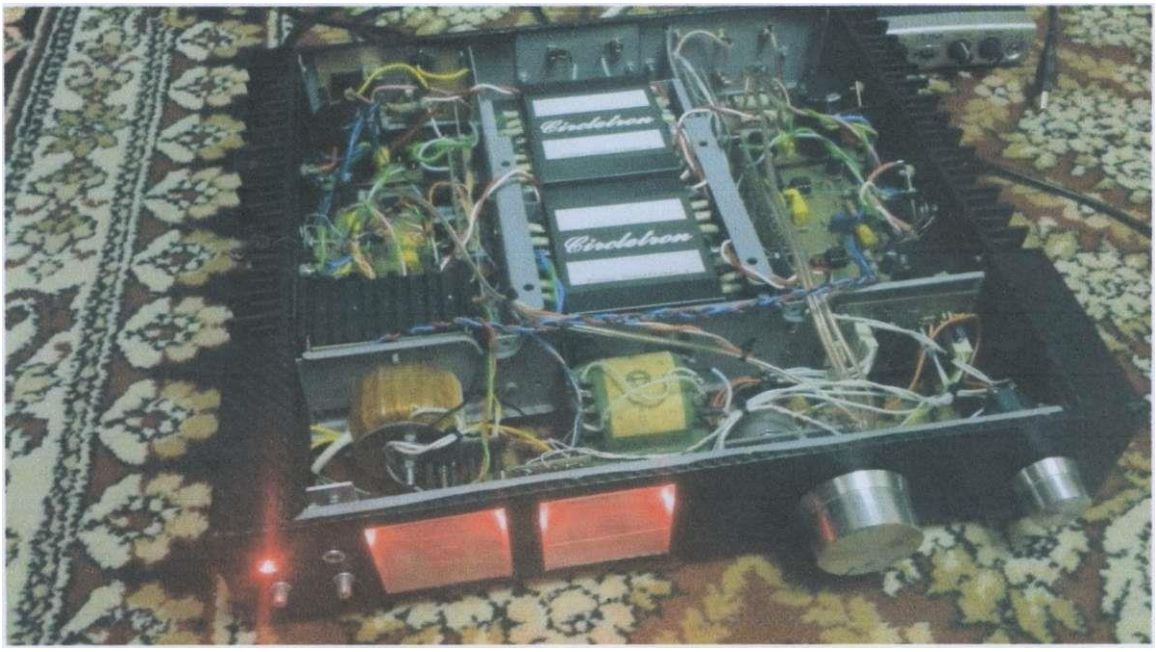


Рисунок. *3.*

Рисунок. *4.*

Литература

1. Журнал Радио 1984, №10.

УДК 621.317.441

РАЗНОВИДНОСТИ МЕТАЛЛОИСКАТЕЛЕЙ

Хох С.Д., Ванькович В.В.
Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

Металлоискатель (металлодетектор) – электронный прибор, позволяющий обнаруживать металлические предметы в нейтральной или слабопроводящей среде за счет их проводимости. Металлоискатель способен обнаруживать метал в грунте, воде, стенах, в древесине, под одеждой и в багаже, в пищевых продуктах, в организме человека и животных и т. д. Благодаря развитию микроэлектроники современные металлоискатели являются компактными и надежными приборами.

Принцип действия металлоискателя. При включении прибора в поисковой головке создается электромагнитное поле, которое распространяется в окружающую среду. При воздействии электромагнитного поля на поверхности металлов возникают вихревые токи, которые создают собственные встречные электромагнитные поля, приводящие к снижению мощности электромагнитного поля, создаваемого поисковой катушкой. Именно падение мощности и фиксирует специальная схема металлоискателя. Кроме того, это вторичное поле искажает конфигурацию основного поля, что также улавливается прибором. Определение вида металла в объекте основано на измерении удельной электропроводности объекта.

Некоторые схемы металлоискателей позволяют определять вид обнаруживаемого металла, глубину его залегания, позволяют работать металлоискателем в различных средах [1].

Различные виды металлоискателей различаются по принципу работы.

Приборы типа «приём-передача». В основе их лежат две катушки индуктивности – приёмная и передающая, расположенные так, чтобы сигнал, излучаемый передающей катушкой, не проникал в приёмную катушку. Когда вблизи прибора появляется металлический предмет, то часть сигнала передающей катушки рассеивается им во всех направлениях. Попадая в приёмную катушку, сигнал от металла усиливается и фиксируется блоком индикации прибора.

Достоинства: относительно простая схемотехника, широкие возможности для определения типа обнаруженного объекта.

Недостатки: сложность изготовления датчика, влияние минерализации грунта.

Индукционные металлоискатели. Они представляют собой разновидность приборов типа «приём-передача», однако в отличие от последних приборов, содержат не две, а только одну катушку, которая одновременно является и передающей и приёмной. Основной трудностью при создании подобных приборов является выделение весьма малого отражённого (наведённого) сигнала на фоне мощного передаваемого (излучаемого).

Достоинства: простота конструкции датчика.

Приборы – измерители частоты. В их основе лежит LC-генератор. При приближении металла к контуру его частота изменяется. Это изменение фиксируется различными методами:

1) смешивание частоты генератора с эталонной и измерение частоты биений.

2) подача сигнала с генератора на систему на систему фазовой подстройки частоты ФАПЧ и измерение напряжения в цепи обратной связи.

Достоинства: простота конструкции датчика, сравнительно простая схемотехника.

Недостатки: худшие возможности дискриминации обнаруженных объектов, малая чувствительность.

Импульсные металлоискатели. Принцип их работы основан на возбуждении в зоне расположения металлического объекта импульсных вихревых токов и измерении вторичного электромагнитного поля, которое наводят эти токи. В данном случае, возбуждающий сигнал передается в катушку датчика не постоянно, а периодически, в виде импульсов. В проводящих объектах наводятся затухающие вихревые токи, которые возбуждают затухающее электромагнитное поле. Поле, в свою очередь, наводит в катушке датчика затухающий ток. В зависимости от проводящих свойств и размера объекта, сигнал меняет свою форму и длительность.

Достоинства: нечувствительность к грунту, содержащему минералы, простота конструкции датчика.

Недостатки: повышенное потребление энергии, слабые возможности дискриминации обнаруживаемых объектов.

Ультразвуковой металлоискатель. В основе принципа действия его заложено свойство магнитострикции, которое проявляется в том, что размер металлического предмета изменяется при действии на него механической силы постоянного магнитного поля.

Излучатель – пьезоэлемент воздействует на грунт или строительные конструкции, которые чаще всего скрывают искомый предмет, ультразвуком с частотой 6 МГц. Длина волны излучения такая, что частицы кристаллической решетки веществ полупроводникового типа, например, кремния, кальция или молекулы таких веществ, как углерод, хлор и других, из которых состоит почва или стены домов, приходят в неравновесное состояние. Оно характеризуется с одной стороны передачей механического воздействия ультразвука от частицы к частице, а с другой стороны – появлению так называемого состояния "текучести" веществ в ультразвуковом поле. Вследствие этого металлические предметы оказываются как бы взвешенными или свободно плавающими в области "текучести".

Вещество в состоянии "текучести" начинает излучать широкий спектр ультразвуковых колебаний со средней частотой 6 МГц, при этом ширина полосы достигает 5 МГц.

Колебательная система передатчика и фильтры приемника требуют тщательной настройки по определенным методикам [2, 3].

Различные виды металлоискателей различаются по назначению работы.

Глубинный металлоискатель. Он предназначен для поиска больших глубинных целей. Имеет две разнесённые друг от друга катушки, либо одну большую рамку с катушкой. Основан на принципе «приём-передача». Отличительной особенностью данного вида металлоискателей является то, что он реагирует не только на металлы, но и на любые изменения в глубине грунта (переходы от одной почвы к другой, старые фундаменты зданий и т. д.). Глубина обнаружения объектов обычно от 50 см до 3 метров.

Грунтовый металлоискатель. Он может использоваться для поиска кладов, монет и ювелирных изделий. Как правило, он выполнен по индукционной технологии. Лучшие из них имеют множество настроек, DSP-процессор, дискриминатор металлов – специальную функцию для определения металла, из которого предположительно состоит объект в земле. Глубина обнаружения объектов чаще всего от 20 см до 1 метра.

Подводные металлоискатели. Аналогично грунтовым металлоискателям применяются для поиска монет, кладов и артефактов. Но их отличительная особенность – умение работать в воде на больших глубинах.

Специальные металлодетекторы для золотоискателей. Обычно это ручные детекторы, специализирующиеся на поиске золотых самородков. Их особенность – максимальная чувствительность даже к мелкому кусочку золота. Это мощные и дорогие детекторы. Конечно, искать золото можно и обычным недорогим

металлоискателем для хобби, но когда речь заходит о самородках и о поиске золота как ремесле – тут нужны специальные технологии, которые позволят обнаружить на максимальной глубине даже крохотные кусочки золота.

Промышленные металлодетекторы. В эту группу входят детекторы, встроенные в конвейер или транспортировочную ленту для обнаружения металла, в различных изделиях. Необходимы такие детекторы, например, для обнаружения нежелательного металла в дереве (деревянной доске). Во многих производствах есть специфичное оборудование, которое может сломаться при попадании твердого предмета, например железного гвоздя.

Досмотровый металлоискатель (ручной). Он предназначен для служб безопасности. Служит для обнаружения на теле человека и в багаже металлических предметов.

Арочные (рамочные) металлоискатели. Они используются для контроля больших потоков людей, например, в аэропортах, на вокзалах. Представляют собой рамку, через которую проходит человек.

Военный металлоискатель (миноискатель). Он предназначен для поиска преимущественно мин. Имеет минимум настроек. Глубина обнаружения мины от 20 см до 1 метра.

Магнитометры. Они предназначены для поиска ферромагнитных целей, содержащих, например железо. Данный вид металлоискателей самый компактный и самый чувствительный, так как поисковая головка может расположиться на ладони. Также магнитометры могут применяться и для поиска золота, меди, алюминия. Для этого нужно дополнительно иметь возбудитель электромагнитного поля, изготовленный из неферромагнитных металлов.

Литература

1. http://www.metaloiskatel.com
2. http://www.shemy.ru
3. http://www.eltech.ru

УДК 621.3

НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Колоша И.С.
Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

Радиоэлектронные устройства (РЭА), распаянные на печатной плате (ПП), смотрятся красиво, элегантно и надежно.

Основными достоинствами ПП являются:

- увеличение плотности монтажа и возможность микроминиатюризации изделий;
- гарантированная стабильность электрических характеристик;
- повышенная стойкость к климатическим и механическим воздействиям;
- унификация и стандартизация конструктивных изделий;
- возможность комплексной автоматизации монтажно-сборочных работ.

ПП изготавливаются различными способами и бывают они самыми различными по сложности.

Все ПП делятся на следующие классы:

a) ОПП - односторонняя печатная плата. Элементы располагаются с одной стороны платы. Характеризуется высокой точностью выполняемого рисунка.

b) ДПП - двухсторонняя печатная плата. Рисунок располагается с двух сторон, элементы с одной стороны. ДПП на металлическом основании используются в мощных устройствах.

c) МПП - многослойная печатная плата. Плата состоит из чередующихся изоляционных слоев с проводящим рисунком. Между слоями могут быть или отсутствовать межслойные соединения.

d) ГПП - гибкая печатная плата. Имеет гибкое основание, аналогично ДПП.

e) ПГПП - проводная печатная плата. Сочетание ДПП с проводным монтажом из изолированных проводов.

Достоинства МПП:

- уменьшение размеров, увеличение плотности монтажа;
- Сокращение трудоёмкости выполнения монтажных операций.

При конструировании РЭА на ПП используют следующие методы. Моносхемный применялся раньше для несложной РЭА, но в последнее время все чаще, так и для сложной РЭА, благодаря компьютерным технологиям производства ПП. В этом случае вся электрическая схема располагается на одной ПП.

Функционально-узловой метод применяют в РЭА с использованием микроэлектронных элементов. При этом ПП содержит проводники коммутации функциональных модулей в единую схему. На одной плате можно собрать очень сложную схему. Недостаток этого метода - резкое увеличение сложности ПП. В ряде случаев все проводники не могут быть расположены на одной и даже обеих сторонах платы. При этом используют многослойные печатные платы МПП, объединяющие в единую конструкцию несколько слоёв печатных проводников, разделённых слоями диэлектрика. В соответствии с этим различают три метода выполнения ПП:

- ручной;
- полу автоматизированный;
- автоматизированный.

Предпочтительными являются полу автоматизированный, автоматизированный методы.

Изготовление ПП при ручном методе состоит из нескольких этапов. Это, в первую очередь, разработка топологии рисунка печатных проводников под конкретные

необходимые и имеющиеся в наличии радиодетали с размерами подходящими для задуманной или имеющейся конструкции устройства.

Затем вырезается или вырубается заготовка из одностороннего СТФ-1 или двухстороннего СТФ-2 фольгированного стеклотекстолита, заданной толщины.

Следующим этапом необходимо очистить и обезжирить заготовку. Очищается заготовка очень мелкой наждачной бумагой №1500...2500. Обезжиривается спиртом, ацетоном или другим средством.

Потом необходимо нанести разработанную топологию рисунка печатных проводников на медный слой или слои заготовки платы и вытравить химическими средствами ненужное пространство между проводниками.

После этого, необходимо тщательно промыть ПП водой, удалить растворителем покрытие с оставшихся на ПП проводников и снова промыть в воде.

Несколько десятков лет назад, в домашних условиях, радиолюбители и инженеры в научных лабораториях для изготовления соединений на ПП между элементами схемы пользовались следующими методами:

1. Рисунок печатных проводников и радиодеталей, выполненный, чаще всего, на миллиметровке, прикреплялся к заготовке платы липкой лентой, затем кернером намечались места будущих отверстий и, после снятия рисунка, производилось сверление отверстий заданных размеров, обработка заготовки мелкой наждачной бумагой и обезжиривание медной поверхности спиртом, ацетоном или другим средством. Затем на медный слой платы наносился рисунок печатных проводников, чаще всего нитролаком или быстросохнущей краской с помощью стеклянного или металлического рейсфедера. После высыхания лака или краски производилась корректировка рисунка печатных проводников с помощью, например, скальпеля, а затем травление, чаще всего в растворе хлорного железа.

2. После наметки отверстий и их сверления, обработки заготовки мелкой наждачной бумагой и обезжиривания, как и в первом методе, на медный слой заготовки платы наклеивалась прозрачная липкая лента скотча. Дорожки топологии соединений между радиодеталями вырезались, согласно разработанной топологии, скальпелем на липкой ленте скотча. Липкая ненужная лента между дорожками аккуратно снималась острым ножом или скальпелем и затем производилось травление в растворе хлорного железа.

3. Соединения в простых схемах, содержащих малое количество радиодеталей, можно вырезать на фольге заготовки печатной платы с помощью резака, изготовленного, например, из металлического сломанного полотна ножовки по металлу.

Данными способами изготовить качественную плату сложно.

При изготовлении большого количества ПП в промышленных масштабах раньше пользовались способом, заключающемся в том, что вначале на кальке отображался конструкторами РЭА рисунок топологии проводников печатной платы в заданном масштабе, и он фотографировался. На медный слой подготовленных заготовок ПП наносился негативный фоторезист, например СПФ-2, который при засветке рисунка проводников печатной платы и проявлении метилхлороформом, приобретал свойства, обеспечивающее при травлении хлорным железом или другим химическим веществом вытравливание ненужного слоя меди на плате. Сверление отверстий, после удаления слоя фоторезиста хлористым метиленом и промывки платы, производилось на универсальных станках с ЧПУ СМ-600-Ф2.

Типовой промышленный техпроцесс изготовления ПП следующий:

- входной контроль фольгированного диэлектрика;
- нарезка заготовок слоев;
- подготовка поверхности диэлектрика;

- получение рисунка схемы слоев;
- травление меди с пробельных мест;
- удаление маски;
- создание базовых отверстий;
- прессование слоев МПП;
- сверление межслойных отверстий;
- подготовка поверхности перед металлизацией;
- химическая металлизация отверстий;
- гальваническая металлизация отверстий;
- обработка плат по контуру;
- маркировка;
- выходной контроль.

В настоящее время для изготовления качественной топологии рисунка проводников ПП радиолюбители и научные работники, которым необходимо быстро проверить работу опытного образца разработанной схемы, сначала её рисуют на компьютере с помощью программ. Самая распространенная среди них, специализированная программа для изготовления ПП – layout. Часто пользуются пятой версией программы. Программа очень проста в использовании. Рисуются дорожки в необходимом и привычном виде и, при распечатывании изображения, программа может создать зеркальное отображение дорожек. С помощью программы можно изготовить не только рисунок дорожек, но и макет надписей деталей с обратной стороны платы.

Чтобы перенести изображение на плату необходимо его вывести на печать, предварительно настроив принтер на самое четкое изображение и отключив экономию тонера. Распечатывать изображение необходимо на глянцевой бумаге, которую часто используют от глянцевых журналов. Можно применить фотобумагу.

Изображение желательно обрезать с запасом на 10...15 мм от размера заготовки. Прикладываем картинку к заготовке и фиксируем его загнутыми краями, с помощью скотча с обратной стороны. Выставив температуру утюга на максимум, и дав ему полностью нагреться, начинаем проутюживать бумагу на плате. Проутюживать следует постепенно, от одного края к другому сильно прижимая утюг. Данная процедура проделывается в течение нескольких минут, обычно 3...5 мин.

Далее плате нужно дать остыть, а затем в теплой воде необходимо размочить бумагу и осторожно раскатать ее пальцами. После удаления бумаги на плате остается перенесенный с бумаги тонер. Тонер служит защитным покрытием меди, которая должна остаться после травления в виде дорожек.

Травятся ПП путем их погружения в химический состав, который вступает в реакцию с медью и разрушает ее на поверхности текстолита платы. Тонер, который нанесен на медь, защищает ее от взаимодействия с химическим составом.

Травление ПП хлорным железом является наиболее распространенным способом травления ПП в домашних условиях. Приобрести его можно в магазине бытовой химии.

Приготавливается раствор хлорного железа очень просто – одна часть хлорного железа на три части воды (хлорное железо в воду, а не наоборот), все это необходимо тщательно перемешать. Время травления сильно зависит от температуры воды и загрязнения раствора медью и составляет обычно 10...60 мин. Если обеспечить процесс перемещения раствора вдоль платы время травления уменьшится. При нанесении дорожек с помощью лазерного принтера не рекомендуется поднимать температуру раствора хлорного железа выше 50°С.

Можно осуществить травление печатной платы медным купоросом.

Чтобы приготовить раствор необходимо на 200 грамм теплой воды добавить столовую ложку медного купороса и две столовые ложки поваренной соли. Все это тщательно перемешивается. После погружения платы для травления в раствор необходимо добавить кусок железа. Если раствор выдержать в течении 2...3 недель, травление платы будет занимать меньше времени. Время травления занимает от 3-х часов.

После травления плату необходимо промыть под проточной водой и смыть тонер с помощью бензина, спирта или ацетона. После этого сверлятся отверстия нужного диаметра. Заусенцы от сверления снимаются мелкой наждачной бумагой. И в завершении дорожки печатной платы необходимо залудить, проще всего это делается паяльником, прижатым к оплетке от экранированного провода с припоем к плате и медленно перемещающимся по дорожкам ПП. Предварительно необходимо протереть плату раствором канифоли в спирте.

После этого печатная плата готова к распайке радиодеталей.

ПП без ошибок, точно по нарисованной схеме и с заданными установочными размерами имеющихся радиодеталей и диаметром простых и металлизированных отверстий, можно разработать и изготовить в промышленных масштабах с помощью программ P-CAD 2001, P-CAD 2002 Trial version и некоторых других. При этом необходимо иметь оборудование, позволяющее использовать эти программы.

УДК 621.3

СТРУКТУРА СХЕМЫ УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ С ТОКОВОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Колоша И.С.
Научный руководитель Михальцевич Г.А., старший преподаватель

Рассмотрим упрощенную блок-схему усилителя мощности с токовой обратной связью, показанную на рисунке 1. Она поможет понять, как работает такая структура на системном уровне. Схема имеет нетрадиционный дизайн, в котором два входных каскада на операционных усилителях (ОУ) работают на один каскад усиления напряжения и мощный выходной буфер. Рассмотрим по очереди отдельные блоки этой схемы, и тогда будет легче понять их взаимодействие между собой.

Входной буфер, который используется в этом усилителе, является обычным ОУ с обратной связью по напряжению, выбранный исходя из своих выдающихся аудио характеристик и достаточно высокого выходного тока. Это гарантирует, что ограничивающим фактором для общих характеристик усилителя будет блок токовой обратной связи, а не входной каскад. Выходной ток входного усилителя А1, снятый с его выводов питания, подается на эмиттеры пары транзисторов, включенных с общей базой и образующих каскадное включение. Эти транзисторы обеспечивают стабилизированное напряжение питания для ОУ. На первый взгляд, такое включение, когда выводы питания А1 используются как выходы, а выход используется как вход, может показаться очень странным.

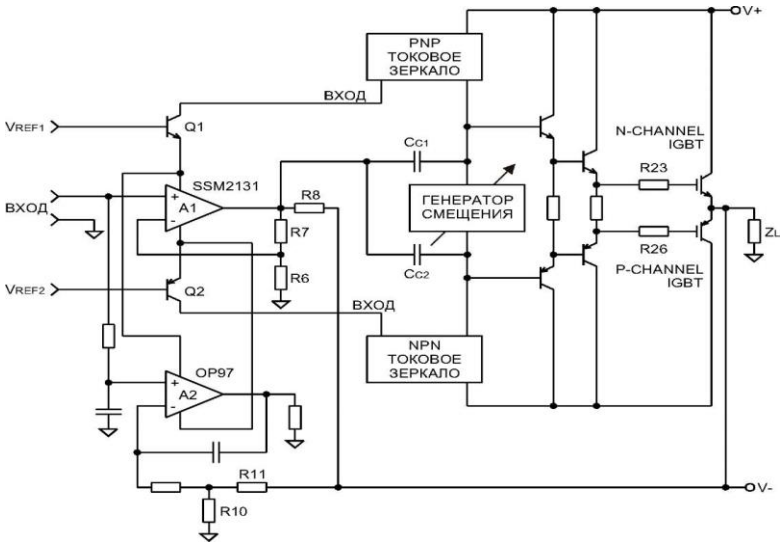


Рисунок 1 – Упрощенная блок-схема усилителя

Входной каскад. Входной буфер, который используется в этом усилителе, является обычным ОУ с обратной связью по напряжению, выбранный исходя из своих выдающихся аудио характеристик и достаточно высокого выходного тока. Это гарантирует, что ограничивающим фактором для общих характеристик усилителя будет блок токовой обратной связи, а не входной каскад.

Выходной ток входного усилителя А1, снятый с его выводов питания, подается на эмиттеры двух транзисторов, включенных с общей базой и образующих каскадное включение. Эти транзисторы обеспечивают стабилизированное напряжение питания для ОУ. На первый взгляд, такое включение, когда выводы питания А1 используются как выходы, а выход используется как вход, может показаться очень странным. Однако

это находится в соответствии с моделью, показанной на рисунке 1, согласно которой выходной ток входного буфера должен быть подан через двунаправленное токовое зеркало на каскад преобразования импедансов. В этом каскаде в конечном итоге получается большое выходное напряжение, потом буферируемое выходным каскадом с единичным усилением.

Процесс однополупериодного выпрямления выходного тока усилителем A1 из-за его работы в классе AB требует двух токовых зеркал для передачи комплементарных выходных токов. Когда A1 работает с вытекающим выходным током, происходит соответствующее увеличение тока верхнего токового зеркала и уменьшение тока нижнего. Это заставляет напряжение на выходе каскада преобразования импедансов увеличиваться.

Для случая втекающего выходного тока A1 все наоборот. Токовый каскад усиления классифицируется как полностью комплементарный и полностью двухтактный, а это означает, что он будет иметь низкий уровень четных гармоник. Здесь видно, что ток потребления A1 выполняет смещение двух токовых зеркал, которые подключены к полюсам источника питания, и это обеспечивает подходящую рабочую точку для каскада преобразования импедансов и источника напряжения смещения.

Во многих известных усилителях с токовой обратной связью входной буферный каскад имеет единичное усиление и не имеет обратной связи. Здесь в качестве входного каскада использован ОУ, и он должен быть сконфигурирован для получения такого же усиления. Осуществить это очень просто, так как требуется простой резистивный делитель с выхода A1 на землю.

Усилитель будет иметь следующее полное усиление:

$$A_V = \left(1 + \frac{R7}{R6}\right)\left(1 + \frac{R8}{R6 + R7}\right) \quad (1)$$

Каскад усиления напряжения и частотная коррекция. Между выходами двух токовых зеркал, которые подключены к каждому полюсу источника питания, включен регулируемый источник напряжения смещения, который обеспечивает необходимое для работы в классе AB смещение для комплементарных IGBT транзисторов выходного каскада. Генератор напряжения смещения спроектирован так, чтобы иметь очень низкий выходной импеданс во всем рабочем частотном диапазоне усилителя. Коррекция осуществляется конденсаторами C_{C1} и C_{C2}; два конденсатора взамен одного используются для сохранения симметричной структуры усилительного каскада. В отличие от упрощенной модели усилителя с токовой обратной связью, показанной на рисунке 1, в данной схеме конденсаторы коррекции подключены в точку суммирования сигнала обратной связи вместо земли. Такое альтернативное подключение положительно влияет на переходную характеристику усилителя, когда он нагружен на довольно низкоимпедансную нагрузку, например, на акустическую систему.

Выходной каскад в виде эмиттерного повторителя на IGBT, использованный в этой схеме, имеет передаточную характеристику, которая содержит два полюса и действительный нуль. Усиление каскада по постоянному току, как обычно, немного меньше единицы. Когда к усилителю подключена нагрузка, имеющая высокий импеданс, например, просто резистор обратной связи, оба полюса выходного каскада находятся на довольно высокой частоте (обычно более 20 МГц) и в полосе пропускания усилителя дают небольшой фазовый сдвиг. Совершенно другая ситуация возникает, когда к выходу усилителя подключена нагрузка. Два полюса выходного каскада теперь разделяются, и тот, который располагается на более низкой частоте, становится

доминирующим и вносит дополнительный вклад в фазовый сдвиг на низких частотах в полосе пропускания усилителя. Это может вызвать серьезные проблемы, если используется схема коррекции, показанная на рисунке 1.1. Например, могут иметь место нежелательные колебания на фронтах прямоугольных импульсов. Схема коррекции, показанная на рисунке 2, решает данную проблему путем введения дополнительного нуля на высокой частоте, что делает усилитель более устойчивым. К тому же, такой метод коррекции позволяет использовать меньшие номиналы конденсаторов, чем в оригинальной схеме. Если принять коэффициент преобразования тока в напряжение R_T для малого сигнала довольно большим, а усиление выходного буфера близким к единице, тогда с замкнутой петлей обратной связи полюс и нуль будут находиться на частотах:

$$f_{POLE} \cong \frac{1}{2\pi\left(2R8 + \frac{R8}{R6+R7} R_{INV}\right) C_{C12}} \tag{2}$$

и

$$f_{ZERO} = \frac{\left(1 + \frac{R8}{R6+R7}\right)}{4\pi R8\, C_{C12}}, \tag{3}$$

где C_{C12} представляет собой сумму C_{C1} и C_{C2}**.**

Нужно заметить, что частота, на которой находится нуль, примерно равна полосе пропускания с замкнутой петлей обратной связи, умноженной на усиление петли токовой обратной связи, если R_{INV} имеет относительно малую величину. Эти выражения, плюс выражение (1), являются необходимыми расчетными формулами для определения усиления и малосигнальной полосы пропускания усилителя.

Драйвер и выходные каскады

Эта часть схемы усилителя мощности во многом традиционна, так как, здесь нет коррекции искажений или обеспечения смещения псевдо класса А для уменьшения переключательных искажений. Основным преимуществом этой части схемы усилителя является широкая полоса пропускания, большая скорость нарастания выходного напряжения и устойчивость к возбуждениям с замкнутой петлей обратной связи. Кроме того, низкие коммутационные искажения могут быть достигнуты за счет работы выходных транзисторов с достаточно (но не чрезмерно) большим током покоя. Поэтому в качестве драйвера был выбран каскад в виде простого двойного эмиттерного повторителя, который буферизирует выходное напряжение каскада усиления напряжения и подает его на затворы мощных IGBT транзисторов. Каскад драйвера способен обеспечить ток в несколько сотен миллиампер для перезарядки емкостей затворов IGBT транзисторов в том момент, когда выходное напряжение усилителя изменяется, что является необходимым для такой быстродействующей схемы, как эта.

Усилитель слежения за напряжением смещения. Предназначением этого дополнительного входного каскада является обеспечение необходимой точности тракта по постоянному току и малого дрейфа. Эти параметры не должны зависеть от тракта усиления переменной составляющей, так как ему свойственны плохие характеристики по постоянному току. В некоторых версиях данного усилителя в двух токовых зеркалах используются дорогие прецизионные согласованные пары NPN и PNP транзисторов, а усилитель слежения за напряжением смещения не используется. В них предполагалось, что прецизионно подобранные транзисторы в каждом токовом зеркале обеспечат очень низкое напряжение смещения, так как входной буфер тоже имеет достаточно низкое

напряжение смещения. Однако это не тот случай, который годится для усилителя с токовой обратной связью. Любое рассогласование между двумя токовыми зеркалами вызывает появление заметного тока смещения на выходе входного буфера, и этот ток протекает через резистор обратной связи R8 на выход. Он не может протекать через R6 и R7 на землю, так как ток в этих резисторах определяется только напряжением, присутствующим на выходе входного буфера. Выходное напряжение смещения без усилителя слежения за напряжением смещения при этом становится равно:

$$V_{OOS} = V_{IOS(A1)}\left(1+\frac{R7}{R6}\right)\left(1+\frac{R8}{R6+R7}\right)+I_{BIAS}R8 \quad (4)$$

Обычно $V_{IOS(A1)}$ может быть сделано достаточно малым путем использования ОУ с низким напряжением смещения. К сожалению, выходной ток смещения I_{BIAS} может быть довольно большим, например, 100 мкА в статических условиях и даже больше, если существует градиент температуры между двумя токовыми зеркалами на плате усилителя. Этот ток легко может вызвать на выходе напряжение смещение, достигающее 100 мВ, которое будет меняться с прогревом усилителя. Большое смещение, подобное этому, скорее всего, будет вызывать слышимый щелчок в момент срабатывания реле, которое подключает акустические системы к усилителю, что является совершенно нежелательным.

Решением данной проблемы является введение низкочастотной серво-петли, которая будет поддерживать уровень постоянной составляющей на выходе независимо от того, какой низкочастотный ток или флуктуации напряжения существуют внутри главной петли обратной связи. Это легко осуществить путем использования второго маломощного прецизионного ОУ A2, который используется как интегратор с очень низкой частотой среза (менее 5 Гц). Низкая частота среза гарантирует, что интегратор не будет влиять на характеристики усилителя в звуковой полосе частот. Обратная связь по напряжению подается с основного выхода на вход интегратора через резисторы R10 и R11, которые устанавливают усиление по постоянному току. Это усиление сделано равным тому, которое определяется выражением (1). Так как A2 нагружен на заземленный резистор, как показано на рисунке 2, он ведет себя как операционный преобразователь напряжения в ток, выходной ток которого снимается с выводов питания. Этот компенсирующий выходной ток подается на два транзистора, включенных с общей базой, где он суммируется с током, поступающим с выводов питания A1. Выходной ток A2 заставляет исчезнуть I_{BIAS} почти полностью, поскольку усиление интегратора на постоянном токе, вместе с дополнительным усилением каскада преобразования импедансов, очень большое. Следовательно, на постоянном токе интегрирующая петля регулирования полностью перевешивает петлю токовой обратной связи, и выходное напряжение смещения уменьшается со значения, полученного в формуле (4) до следующего значения:

$$V_{OOS} = V_{IOS(A2)}\left(1+\frac{R11}{R10}\right) \quad (5)$$

Это означает, что может быть получено сколь угодно малое смещение путем выбора ОУ A2 с малым напряжением смещения. Дополнительный ОУ – не такая большая цена за низкое напряжение смещения, учитывая отсутствие необходимости применения дорогих подобранных пар NPN и PNP транзисторов в токовых зеркалах.

Литература

1. Mark Alexander, "A Current Feedback Audio Power Amplifier", 88th Convention of the Audio Eng. Soc., reprint #2902, March 1990.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛАРУСИ

Селивонюк Т.В., Ермола Д.С.
Научный руководитель: Можар В.И., к.т.н., доцент

Обоснования для развития ветроэнергетики в Беларуси:

Беларусь не располагает собственными топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР). Лишь 15% собственных ТЭР покрывают потребности страны, остальные 85% импортируются — в основном из России. В последние годы наблюдается постоянный рост цен на топливо и импортируемую электроэнергию. Этот рост будет иметь место и далее до достижения мировых цен. В связи с этим для Беларуси чрезвычайно важно включать в топливно-энергетический баланс вторичные энергоресурсы и возобновляемые источники энергии, одним из которых является ветер [3].

Ветроэнергетика, как и любая отрасль хозяйствования, должна обладать тремя обязательными компонентами, обеспечивающими ее функционирование:

1) ветроэнергетическими ресурсами, 2) ветроэнергетическим оборудованием, 3) развитой ветротехнической инфраструктурой.

1. Для ветроэнергетики Беларуси энергетический ресурс ветра практически неограничен. В стране имеется развитая централизованная электросеть и большое количество свободных площадей, не занятых субъектами хозяйственной деятельности. Поэтому размещение ветроэнергетических установок (ВЭУ) и ветроэлектрических станций (ВЭС) обусловливается только грамотным размещением ветроэнергетической техники на пригодных для этого площадях.

2. Возможности приобретения зарубежной ветротехники весьма ограничены вследствие отсутствия достаточного выбора именно того оборудования для ВЭУ и ВЭС, которое соответствует климатическим условиям Беларуси, а также мощного противодействия ответственных административных работников от официальной энергетики.

3. Отсутствие инфраструктуры по проектированию, внедрению и эксплуатации ветротехники и, соответственно, практического опыта и квалифицированных кадров можно преодолеть только в ходе активного сотрудничества с представителями развитой ветроэнергетической инфраструктуры зарубежья.

Ветроэнергетика в Беларуси развивается медленно, но специалисты верят в далекие перспективы.

Преобразовывать энергию ветра для своих целей люди научились давно. Сначала был придуман парус, который, кстати, до сих пор обладает наивысшим коэффициентом полезного действия. Позже наступило время ветряных мельниц. Вплоть до середины прошлого века они качали воду, поднимали камни, вращали мукомольные жернова. Пришедшие им на смену ветродвигатели сегодня вырабатывают электрическую энергию.

По словам одного из специалистов Департамента по энергоэффективности, Беларусь находится в довольно непростом положении: единственный отечественный производитель ветроагрегатов, работающий на рынке уже 10 лет, выпускает продукцию по мощности в 25 раз меньше мировых аналогов. Таким образом, для выполнения программы необходимо будет обеспечить поставку импортного оборудования. К слову сказать, спрос и цены на ветроагрегаты на Западе в связи с ростом стоимости газа увеличились в разы.

Необходимо учесть и довольно длительный срок окупаемости подобных ветряных мельниц. Многие отечественные сторонники бурного развития ветроэнергетики в стране обещают окупаемость установок максимум за 4 года, прогнозы не столь оптимистичны. Следует учитывать, что работать на полную

мощность и 100-процентную загрузку ветряки в Беларуси не могут опять же в силу объективных особенностей [3].

Среднегодовая фоновая скорость ветра (среднестатистическая за 20—25-летний период), оцененная по данным государственных метеорологических станций и постов, — 4,2 м/с на высоте 10 м. Среднегодовая расчетная скорость ветра на высоте 65 метров (примерно такой высоты будет опора у ветроустановок в Беларуси) на самых высоких точках Беларуси составляет 7,9 м/с. Для сравнения: большинство ветроустановок континентального базирования в Европе работают на скорости ветра от 12 до 15 м/с, а ветроустановки прибрежного и морского базирования — более 15 м/с. [1]

Поэтому, несмотря на всю привлекательность данного вида энергетики, представить Беларусь, уставленную сплошь ветряками (как, например, это можно увидеть в Германии), довольно сложно.

Автономия для фермеров

Директор НИИ экологических проблем Международного государственного экологического университета имени А. Д. Сахарова Сергей Позняк считает: в Беларуси ветроэнергетика не решит всех актуальных проблем, но развивать отрасль, особенно учитывая опыт Германии и Польши, стоит. По словам специалиста, данное направление у нас в стране изучено не до конца, но в перспективе может занять достойное место в программе развития энергетической отрасли. Пока же сотрудники НИИ решают вопросы локального применения ветряков. Так, например, на полигоне в Дзержинском районе сейчас действует установка роторного типа мощностью 250 кВт. Однако генератор работает только на одну пятую своей мощности, к тому же ветряк часто ломается [2].

Против ветра

И у ветроэнергетики есть свои скептики. Так, против использования ветроагрегатов некоторые специалисты приводят следующие доводы: шум, внешняя неэстетичность, вред для животных и птиц. А не так давно Министерство обороны Великобритании выступило с заявлением, что ветроэлектростанции угрожают безопасности страны. Военные утверждают, что над зонами их расположения образуется пространство, при попадании в которое воздушные объекты становятся невидимыми для военных радаров.

Литература

1. Рекомендации по определению климатических характеристик ветроэнергетических ресурсов. «Госкомгидромет СССР — ГГО им. А.И. Воейкова» и НПО «Ветроэн». Ленинград: Гидрометеоиздат, 1989.

2. НИР №12488 «Методические указания по обоснованию и разработке схемы размещения площадок под ветроэнергетические установки на территории Республики Беларусь», руководитель к.т.н. Пекелис В.Г., Минск, НИПИ «Белэнергосетьпроект», 1995.

3. НИР 06.4.1 «Формирование информационного банка данных по ветроэнергетическому потенциалу в зонах предполагаемого внедрения ветроустановок», руководитель к.т.н. Шадурский Г.П.; ГНТП тема «Жилищно-коммунальное хозяйство», Минск, НПГП «Ветромаш», 1998.

УДК:621

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА В БЕЛАРУСИ

Якимчик А.А., Шульга Е.В.
Научный руководитель Можар В.И., к.т.н., доцент

Гидроэлектростанция (ГЭС) - электростанция, в качестве источника энергии использующая энергию водного потока. Гидроэлектростанции (ГЭС) обычно строят на реках, сооружая плотины и водохранилища.

Для эффективного производства электричества на ГЭС необходимы два основных фактора: гарантированная обеспеченность водой круглый год и возможно большие уклоны реки, благоприятствуют гидростроительству каньонообразные виды рельефа. Генераторы ГЭС можно достаточно быстро включать и выключать в зависимости от потребления энергии.

Среди особенностей ГЭС выделяются такие как:

- 1) Себестоимость электроэнергии на российских ГЭС более чем в два раза ниже, чем на тепловых электростанциях.
- 2) Турбины ГЭС допускают работу во всех режимах от нулевой до максимальной мощности и позволяют плавно изменять мощность при необходимости, выступая в качестве регулятора выработки электроэнергии.
- 3) Сток реки является возобновляемым источником энергии.
- 4) Строительство ГЭС обычно более капиталоёмкое, чем тепловых станций.
- 5) Часто эффективные ГЭС более удалены от потребителей, чем тепловые станции.
- 6) Водохранилища ГЭС, с одной стороны, улучшают судоходство, но с другой — требуют применения шлюзов для перевода судов с одного бьефа на другой.
- 7) Водохранилища делают климат более умеренным.

Принцип работы ГЭС достаточно прост. Цепь гидротехнических сооружений обеспечивает необходимый напор воды, поступающей на лопасти гидротурбины, которая приводит в действие генераторы, вырабатывающие электроэнергию. Необходимый напор воды образуется посредством строительства плотины, и как следствие концентрации реки в определенном месте, или деривацией — естественным током воды. В некоторых случаях для получения необходимого напора воды используют совместно и плотину, и деривацию. Непосредственно в самом здании гидроэлектростанции (ГЭС) располагается все энергетическое оборудование. В зависимости от назначения, оно имеет свое определенное деление. В машинном зале расположены гидроагрегаты, непосредственно преобразующие энергию тока воды в электрическую энергию. Есть еще всевозможное дополнительное оборудование, устройства управления и контроля над работой ГЭС, трансформаторная станция, распределительные устройства и многое другое.

Гидроэлектрические станции разделяются в зависимости от принципа использования природных ресурсов, и, соответственно, образующейся концентрации воды. Здесь можно выделить следующие ГЭС: русловые и приплотинные , плотинные, деривационные.

Лидерами по выработке гидроэнергии на гражданина являются Норвегия, Исландия и Канада. А так же это и некоторые другие гидроэлектростанции: Итайпу, Гури Тукуруи ГЭС, Гранд-Кули, Саяно-Шушенская ГЭС.

Следует выделить такие преимущества ГЭС:

- 1) использование возобновляемой энергии.

- 2) очень дешевая электроэнергия.
- 3) работа не сопровождается вредными выбросами в атмосферу.
- 4) быстрый (относительно ТЭЦ/ТЭС) выход на режим выдачи рабочей мощности после включения станции.

К недостаткам же относятся:

- 1) затопление пахотных земель
- 2) строительство ведется только там, где есть большие запасы энергии воды
- 3) на горных реках опасны из-за высокой сейсмичности районов.

Постановлением совета министров республики Беларусь от 17 декабря 2010 года №1838 утверждена государственная программа строительства в 2011-2015 годах гидроэлектростанций в республике Беларусь

Госпрограмма принята с целью повышения уровня энергетической безопасности республики путём замещения импортируемых топливно-энергетических ресурсов возобновляемыми источниками энергии, снижения экологической нагрузки, обусловленной деятельностью топливно-энергетического комплекса

Ожидаемые результаты реализации Госпрограммы: выработка электроэнергии на ГЭС к 2015 году - до 0,51 млрд. кВт•ч в год, годовая экономия ТЭР по отношению к 2009 году - 120 тыс. т у.т.

Отметим перспективы гидроэнергетики в Беларуси. Как известно, Беларусь представляет собой равнинную страну. Казалось бы, ну о каких гидроэлектростанциях, за исключением разве что совсем уж небольших, может вообще идти речь? И тем не менее, в Беларуси строятся и проектируются несколько не таких уж и маленьких ГЭС.

Вся территория Беларуси поделена речными бассейнами трех рек: Немана, Западной Двины и Днепра. Реки равнинные, но кое-где текут в достаточно высоких берегах, и даже образуют небольшие пороги. Учитывая отсутствие у республики собственных топливно-энергетических ресурсов (нефти, газа, угля) и соответственно зависимость от их импорта, руководство страны пытается максимально использовать все возможности для выработки электроэнергии, в том числе и имеющиеся гидроэнергетические ресурсы.

В качестве первого шага, было решено построить гидроэлектростанцию на реке Неман. Так возник проект Гродненской ГЭС, строительство которой было начато в 2008 году в 10 км выше города Гродно. В здании ГЭС планировалось разместить 5 гидроагрегатов по 3,4 МВт. Гидроагрегаты довольно оригинальной конструкции - турбина расположена горизонтально, а генератор - вертикально (так называемая система PIT Kaplan). В России такие гидроагрегаты не производятся, и контракт был заключен с чешской фирмой Mavel. Напор на станции небольшой, всего 7 метров, в связи с чем водохранилище невелико - площадь 1938 га, объём 48,7 млн.куб.м. Водохранилище уместилось в зону обычного паводкового затопления, в связи с чем никого переселять не пришлось. При этом, в год Гродненская ГЭС позволит сэкономить 24 миллиона кубических метров природного газа, из-за которого практически ежегодно возникают различные проблемы. Введена в действие она была в сентябре 2012.

После завершения строительства Гродненской ГЭС, на Немане планировалось построить еще одну станцию, на этот раз ниже Гродно - Немновскую ГЭС. Станция будет немного мощнее - 19,8 МВт, 85,5 млн.кВт.ч, но конструктивно очень схожа с Гродненской - такая же русловая низконапорная, те же 5 гидроагрегатов той же конструкции. Правда, в отличие от Гродненской, на Немновской ГЭС планируется построить судоходный шлюз.

На Западной Двине белорусы запроектировали целый каскад из 4 ГЭС:

- Верхнедвинская - 20 МВт

- Бешенковичская - 33 МВт
- Витебская - 40 МВт
- Полоцкая - 22 МВт

Днепр в Беларуси планируется осваивать в последнюю очередь - совсем уж равнинный характер реки позволяет строить там лишь малые ГЭС с не самыми лучшими экономическими показателями. Тем не менее, до 2020 года по планам белорусских властей на Днепре должен появиться каскад из 4 небольших ГЭС:

- Оршанская ГЭС (5,7 МВт) - 2017 год;
- Речицкая ГЭС (4,6 МВт) - 2018 год;
- Шкловская ГЭС (4,9 МВт) - 2018 год;
- Могилевская ГЭС (5,1 МВт) - 2019 год.

Удастся ли Белоруссии реализовать все эти планы - покажет время.

Литература

1 Об утверждении плана действий по интенсификации разработки недр Республики Беларусь на 2006-2010: Постановление совета министров Республики Беларусь №671 от 21.06.2005.

2 Рубрика: Экономика//Вечерний Минск.- 2003.-21 мая.

ПРИЧИНЫ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Селивонюк Т.В., Ермола Д.С.
Научный руководитель Можар В.И., к.т.н., доцент

ЧАЭС: Поиск причин аварии

Определение причин аварии на четвертом блоке ЧАЭС является одним из наиболее дискуссионных вопросов и на сегодня. Существует два лагеря профессионалов, которые имеют противоположные взгляды на причины разрушения энергетической установки в апреле 1986 года. Первые – это проектировщики, которые утверждают, что основной причиной аварии является непрофессиональная работа эксплуатирующего персонала блока. Вторые – это непосредственно эксплуатационный персонал, который не менее аргументировано, доказывает о наличии существенных недоработок в конструкции реакторов РБМК (Реактор Большой Мощности Канальный) и перекладывают ответственность за случившееся на проектировщиков. За более чем двадцатилетний период, который прошел с момента аварии, дискуссии о первопричинах аварии не умолкают. С каждым годом, который отделяет нас от событий апреля 1986 года, появляются все новые и новые версии и гипотезы.

Несмотря на наличие непрекращающейся дискуссии между проектантами и эксплуатационным персоналом по вопросам истинных причин аварии, существует официально принятый перечень причин взрыва реактора на ЧАЭС. Перечень причин был определен путем детального и всестороннего анализа событий приведших к аварии ядерной установки. Необходимо отметить, что для установления причин аварии была создана Государственная комиссия Госатомнадзора бывшего СССР (Союз Советских Социалистических Республик), которая была создана 27 февраля 1990 года.

Авария на ЧАЭС: Ошибки проектантов

Комиссия признала, что для конструкции реактора является наличие положительного парового коэффициента реактивности и положительного коэффициента реактивности мощности. Благодаря этому, как следствие ошибки проектировщиков реактора, при расчетах физических та конструктивных параметров активной зоны, реактор представлял собой динамически нестабильную систему.

Комиссией было проанализировано 13 версий причин аварии. Наиболее вероятной является версия, которая связана с наличием эффекта реактивности системы управления и защиты реактора.

Такими выглядят технические причины. Вместе с этим, экспертами отмечаются более глубокие причины катастрофы – это низкий уровень культуры ядерной безопасности в бывшем СССР. Что за этим кроется?

Отсутствие развитой системы ядерного законодательства, невыполнение принципа полной ответственности за безопасность ядерной установки эксплуатирующей организацией. Недостаточное внимание к человеческому фактору и его возможному влиянию на безопасность АЭС. Недостаточное внимание к опыту других государств и отставание методологии анализа безопасности ядерных энергетических установок СССР. Как следствие, к эксплуатации были допущены энергоблоки с существенным дефицитом безопасности (положительный выбег реактивности при вводе в активную зону стержней системы защиты и управления и т.д.), которые вместе с неадекватными действиями персонала стали непосредственными причинами аварии.

Что подразумевают специалисты, когда говорят о «неадекватных» действиях персонала ЧАЭС?

Авария на ЧАЭС: Ошибки персонала

Как показал анализ, авария на четвертом блоке ЧАЭС относится к классу аварий, связанных с вводом избыточной реактивности. Конструкция реакторной установки предусматривала защиту от подобного типа аварий с учетом физических особенностей реактора, включая положительный паровой коэффициент реактивности.

К числу технических средств защиты относятся СУЗ (Система управления и защиты реактора) по превышению мощности и уменьшению периода разгона, блокировки и защиты по неисправностям при переключении оборудования и систем энергоблока, а также САОР (Система аварийного охлаждения реактора).

Кроме технических средств защиты предусматривались также строгие правила и порядок ведения технологического процесса на АЭС, определяемые регламентом эксплуатации энергоблока. К числу наиболее важных правил относятся требования о недопустимости снижения оперативного запаса реактивности ниже 30 стержней.

В процессе подготовки к проведению испытаний и в процессе проведения испытаний с нагрузкой собственных нужд блока персонал отключил ряд технических средств защиты и нарушил важнейшие положения регламента эксплуатации в части безопасного ведения технического процесса. В результате этих нарушений реактор был приведен в такое неустойчивое состояние, в котором существенно усилилось влияние положительного коэффициента ре- активности, что и явилось в конечном счете причиной неуправляемого роста мощности реактора.

Тщательное расследование причин аварии, произведенное специалистами, показало, что корни аварии лежат глубоко в сфере проблем взаимодействия человека и машины, что основным «движущим» фактором аварии были действия операторов, грубо нарушивших эксплуатационные инструкции и правила управления энергоблоком. Подобно другим «рукотворным» катастрофам. Авария произошла из-за того, что оперативный персонал, желая выполнить план экспериментальных работ любой ценой, грубо нарушил регламент эксплуатации, инструкции и правила управления энергоблоком. Сказались, конечно, и некоторые особенности физики активной зоны, конструктивные недостатки системы управления и защиты реактора, которые привели к тому, что защита реактора не смогла предотвратить разгон на мгновенных нейтронах.

В более подробных информациях о происшедшей аварии показано, что операторы произвели такие запрещенные действия, как блокирование некоторых сигналов аварийной защиты и отключение системы аварийного охлаждения активной зоны; работали при запасе реактивности на стержнях СУЗ ниже допускаемого регламентом значения; ввели реактор в режим работы с расходами и температурой воды по каналам выше регламентных, при мощности реактора ниже предусмотренной программой.

Эти и другие ошибки операторов привели к такому состоянию реактора, что в условиях роста мощности защитные средства реактора оказались недостаточными, что и привело к значительной сверхкритичности реактора, взрыву и разрушению активной зоны.

Таким образом, первопричиной аварии на Чернобыльской АЭС было крайне маловероятное сочетание допущенных персоналом нарушений порядка и режима эксплуатации, которые разработчики реакторной установки считали невозможными и поэтому не предусмотрели создания соответствующей такой ситуации системы защиты.

Авария на ЧАЭС: Выводы

В настоящее время проведен комплекс технических мероприятий на всех реакторах РБМК, позволивший перевести эти реакторы в режим работы, исключающий проявление положительного эффекта реактивности в условиях преднамеренных отключений технических средств защиты и нарушений регламента эксплуатации.

Анализ причин аварии свидетельствует, что определенные системы безопасности должны функционировать исключительно на основании сигналов технических систем контроля параметров энергетической установки, а не на командах операторов. Примером реализации такого подхода является система, которая в последующем была установлена на реакторах РБМК – это автоматизированная система расчета оперативного запаса реактивности с подачей сигнала аварийной остановки реактора при условии уменьшения запаса реактивности ниже определенного (заданного) уровня.

Из изложенного выше следует, что поиск исчерпывающих ответов о первопричинах аварии на Чернобыльской АЭС продолжается. Продолжается и дискуссия экспертов на страницах средств массовой информации.

Литература

1. Чернобыльская катастрофа - Киев, Наукова думка, 1995.
2. Радиоактивные отходы АЭС и методы обращения с ними / Ключников А.А., Пазухин Э. М., Шигера Ю. М., Шигера В. Ю. — К.: Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2005. — 487 с.: ил.