

ность символов на экране проверяемого модуля ЖКИ HG1. Резисторы R1 и R3 могут иметь сопротивление 1...10 кОм.

Ввиду простоты схемы печатная плата для прибора не разрабатывалась, он собран на макетной. Кнопка SB1 — KM1-1B или любая другая. Резисторы R1 и R2 — МЛТ-0,125, R3 — СП3-4, конденсаторы — любые керамические.

Микроконтроллер PIC16F84A-04/P можно заменить на PIC16F84A-20/P или на PIC16F84 с такими же индексами после дефиса. Можно применить аналогичные микроконтроллеры с индексом /SO (в корпусе для поверхностного монтажа), но тогда и другие детали прибора желательно заменить на предназначенные для поверхностного монтажа.

Источник питания прибора должен давать стабилизированное напряжение 5 В при токе нагрузки не менее 100 мА.

При подаче на прибор с подключённым проверяемым модулем ЖКИ напряжения питания должны стать видимыми все элементы изображения во всех знаках экрана, как показано на рис. 3.

Этим проверяют их целостность и общую работоспособность модуля.

Учтите, что у большинства модулей ЖКИ плюс напряжения питания (V_{cc}) следует подавать на вывод 1, а минус (V_{ss}) — на вывод 2. Однако бывает и наоборот. Например, у модуля WH1602D-TML-СТ. Если подать питание в неправильной полярности, модуль работать не станет, а через некоторое время будет безвозвратно испорчен. У автора был такой печальный опыт. Но кратковременную (несколько секунд) переплюсовку модуль всё-таки выдерживает. Поэтому, если на подачу питающего напряжения модуль не реагирует, прибор необходимо незамедлительно отключить от источника питания и искать причину неработоспособности модуля.

Первое после включения питания нажатие на кнопку SB1 погасит прямоугольники на экране, а в его верхней строке будет выведена надпись "z 122". Это значит, что в знакогенераторе контроллера модуля имеется символ "z" с кодом 122 (здесь и далее значения ко-

дов десятичные). При дальнейших нажатиях или при удержании кнопки нажатой на экран поочерёдно выводятся символы с кодами 123—255, затем цикл бесконечно повторяется, начиная с кода 122. Это даёт возможность просмотреть все символы, содержащиеся во второй части кодовой таблицы, и узнать их коды для использования в разрабатываемых программах.

На рис. 4 на экран модуля ЖКИ 20×4 фирмы OPTREX, знакогенератор которого не содержит русских букв, выведена надпись "β 226". А на рис. 5 на экран русифицированного модуля ЖКИ 16×2 неизвестного типа выведена надпись "Щ 226". Это подтверждает, что у модулей разных модификаций одному и тому же коду из второй части таблицы могут соответствовать разные символы.

От редакции. Программа микроконтроллера прибора имеется по адресу <ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/09/testLCD.zip> на нашем FTP-сервере.

Передающий комплекс индивидуального радиовещания

С. КОМАРОВ, г. Москва

С февраля 2006 г., когда вышла в свет статья [1] — первая с предложением ввести в рамки правового поля давнее увлечение молодёжи неформальным радиовещанием, — прошло уже более девяти лет. В ноябре 2009 г. прошла конференция, посвящённая индивидуальному радиовещанию. Впервые за один стол для конструктивного разговора сели сами неформальные радиовещатели, представители Роспечати, Министерства связи, Главного радиочастотного центра (ГРЧЦ), Российской телерадиовещательной сети (РТРС). Присутствовали и преподавате-

работала первая легальная АМ-радиостанция индивидуального радиовещания "Зелёный глаз" или "Magic Eye" (имеется в виду глазок лампы 6Е5С), зарегистрированная в соответствии с действующим законодательством. В эфире прозвучали все присланные в записи программы неформальных вещателей, которые могли лично провести авторскую радиопередачу под своим позывным. В 2012 г. по инициативе тюменского клуба индивидуального радиовещания (Радио "Вектор — Тюмень", 1575 кГц) и при поддержке Министерства связи и ГРЧЦ прошёл первый

менные полугодовые разрешения на выход в эфир самодельных радиопередатчиков. С июля 2012 г. начала регулярное вещание в средневолновом диапазоне (1584 кГц) и в 11-метровом вещательном КВ-диапазоне (25900 кГц) студенческая радиостанция Московского технического университета связи и информатики "Радио МТУСИ" и почти одновременно — студенческая радиостанция Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций им. М. А. Бонч-Бруевича "Радио Бонч" (1593 кГц).

Главная задача проекта индивидуального радиовещания — увлечь молодёжь радиотехникой, ориентировать школьников на выбор будущей профессии в области радиотехники, радиосвязи и радиовещания, подготовить технические и инженерные кадры, имеющие практические навыки и глубокие знания в области радиотехники. Поэтому все звенья функциональной цепи

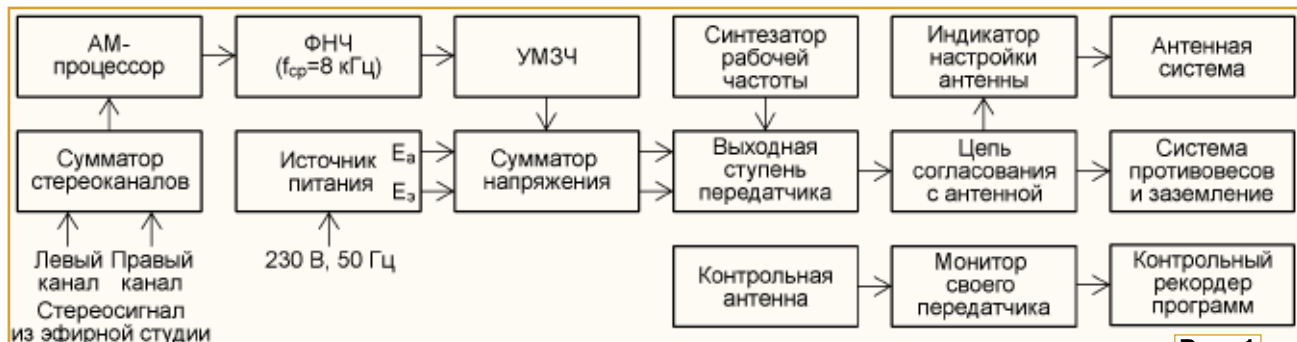


Рис. 1

ли технических ВУЗов, в первую очередь заинтересованные в том, чтобы учить радиотехнике исключительно тех выпускников школ, которые сознательно выбрали свою будущую профессию в области радиотехники, радиовещания и радиосвязи и, ещё учась в школе, уже занимались практическим радиоконструированием самостоятельно или в радиокружках. Во время конференции в эфире на частотах 1602 кГц и 5995 кГц

конкурс по конструированию самодельных радиовещательных передатчиков. Всем его участникам из 17 городов России для испытания собранных конструкций были предоставлены радиочастоты в 200-метровом диапазоне средних волн для радиовещания и в 90-метровом диапазоне коротких волн (3370 кГц, 6К80А3Е) для обмена разговорными программами и радиообщения. Оформлены в Роскомнадзоре вре-

индивидуального радиовещания принципиально должны быть самодельными, а лучше и самостоятельно разработанными, но, разумеется, соответствовать нормам ГРЧЦ на профессиональное вещательное оборудование. Это радиотехнический проект, и он направлен исключительно на подготовку грамотных радиоинженеров. Использование же в индивидуальном радиовещании промышленной передающей

Технические требования к СЧ АМ-передатчику для индивидуального радиовещания

Таблица 1

№	Параметр	Значение
1	Диапазон рабочих частот ¹⁾ , кГц	1449—1602
2	Шаг сетки частот ¹⁾ , кГц	9
3	Уход частоты за 15 мин после 30 мин прогрева, не хуже	$\pm 2 \cdot 10^{-6}$
4	Погрешность начальной установки частоты, Гц, не хуже	± 5
5	Излучение	16K0A3EGN
6	Сохранение установленной частоты и вида излучения при многократном выключении и включении питания, а также при неосторожном обращении с органами управления	Обязательно
7	Выходная мощность передатчика в режиме несущей, Вт:	
7.1	для кабинетов физики или музеев с комнатной передающей антенной	≤ 1
7.2	для самостоятельных подростковых радиокружков и начинающих вещателей	10...25
7.3	для радиокружков центров детского технического творчества	25...50
7.4	для радиокружков технических колледжей, техникумов, а также личных	50...100
7.5	для радиокружков центров НТТМ, технических ВУЗов и опытных вещателей	100...250
7.6	для технических университетов и клубов индивидуального радиовещания	250...500
8	Подавление внеполосных излучений ^{2,3)} , дБ, не менее	60
9	Подавление боковых составляющих на частотах, отстоящих на ± 9 и ± 18 кГц от несущей, дБ, не менее	46
10	Подавление подаваемых на модулирующий вход сигналов частотой 9...25 кГц, дБ, не менее	46
11	Полоса модулирующего сигнала по уровню минус 3 дБ, Гц	50...8000
12	Глубина модуляции при коэффициенте нелинейных искажений 2,5 %, %, не менее	70
13	Входное сопротивление модулирующего монофонического входа, Ом	600 \pm 60
14	Чувствительность модулирующего монофонического входа при глубине модуляции 30 %, дБ (Вэфф)	0 (0,775)
15	Интервал регулирования чувствительности модулирующего входа, дБ	± 6
16	Наличие индикатора глубины модуляции	Желательно
17	Наличие встроенного сумматора стереоканалов (при наличии стереовхода)	Желательно
18	Выполнение пп. 7—9 при активной составляющей сопротивления нагрузки ⁴⁾ , Ом	12...300
19	Выполнение пп. 7—9 при реактивной составляющей сопротивления нагрузки ⁴⁾ , Ом	$\pm j300$
20	Наличие индикатора тока антенны	Обязательно
21	Наличие разъёма для подключения коаксиального фидера с волновым сопротивлением 50 или 75 Ом при мощности 100 Вт и более	Обязательно
22	Наличие зажима "Заземление"	Обязательно
23	Продолжительность непрерывной работы на передачу при максимальной мощности и глубине синусоидальной модуляции 90% частотой 50...8000 Гц, ч, не менее	8
24	Коэффициент нагрузки радиокомпонентов по любому предельно допустимому параметру, %, не более	80

Примечания: 1. СЧ-передатчики для индивидуального радиовещания должны работать строго в радиовещательной сетке частот с шагом 9 кГц. Наличие возможности установить органами управления другую частоту недопустимо. 2. См. Решение ГКПЧ от 24.05.13 № 13-18-03. 3. Измеряется на активной нагрузке 50 или 75 Ом при глубине модуляции 70 %. 4. Обеспечивается настройкой согласующего устройства.

аппаратуры уничтожает саму суть проекта, саму идею практического изучения радиотехники и привлечения молодёжи к ней и превращает его из инженерного и радиотехнического в журналистско-диджейский.

Выход в эфир — это бонус для технаря, самостоятельно собравшего вещательный радиопередатчик, это радость творчества, вдохновение от реализации плодов рук своих. А если нет плодов, то нет и бонуса. Поэтому берём паяльник. Ведь всё, что показано на **рис. 1**, предстоит сделать самостоятельно. А лучше и самостоятельно разработать. России нужны грамотные увлечённые радиоинженеры.

Эта статья посвящена описанию функционального состава передающего радиотракта для индивидуального радиовещания, назначения всех входящих в него структурных звеньев и рекомендациям по их будущей разработке не только автором этой инициативы, но и всеми заинтересованными радиоинженерами, индивидуальными радиовещателями и радиолюбителями. В **табл. 1** приведён разработанный автором на основании документов [2] и [3] перечень основных требований к передатчикам индивидуального радиовеща-

ния. Их необходимо выполнять при разработке, изготовлении и эксплуатации таких передатчиков.

Радиопередача начинается в эфирной студии. В центрах научно-технического творчества молодёжи (НТТМ) и детского технического творчества, в технических ВУЗах и колледжах это может быть отдельное помещение, оборудованное по всем канонам акустики и оснащённое самой совершенной студийной аппаратурой, например, как описано в статьях [4, 5].

В самостоятельных радиокружках и в домашних условиях эфирная студия может быть оборудована в маленьком закутке, на стенах которого за спиной ведущего для звукоизоляции висит ковёр, на кронштейне установлен микрофон, а на журнальном столике — эфирный микшерный пульт. Возможен также вариант студии без такого пульта, когда все его функции выполняет программное обеспечение эфирного компьютера.

В этом случае системный блок компьютера с его шумящими вентиляторами необходимо вынести за пределы зоны чувствительности эфирного микрофона или использовать специальный шумостойкий динамический микрофон Shure SM7B [6]. И вообще, для индиви-

дуального радиовещания лучше использовать динамические микрофоны. Работать в домашних и других, не оборудованных звукопоглощением, "студиях" с конденсаторными микрофонами не рекомендуется по причине их восприимчивости к постороннему шуму.

При любом варианте оборудования эфирной студии на её выходе должен быть получен парафазный стереосигнал с уровнем 0 дБмВт (0,775 Вэфф на нагрузке 600 Ом).

Поскольку студийный комплекс находится в непосредственной близости от радиопередатчика и передающей антенны, необходимо позаботиться, чтобы в эфирном пульте имелись входные фильтры подавления радиопомех, чтобы он был экранирован, а все межблочные звуковые цепи выполнены симметричными относительно общего провода витыми парами проводов в экране. Использовать несимметричные соединительные линии (одиночные провода в экране) в данном случае недопустимо.

Особенное внимание на это следует обратить электрогитаристам. Как правило, выходы дешёвых массовых прецизионных усилителей для электрогитар и устройств обработки гитарного звука выполнены несимметричными.

При попытке подключить их к эфирному пульту наводки от передатчика могут привести к самовозбуждению аппаратуры или к сильному искажению звука. Этим же недостатком страдают и самодельные гитарные "примочки".

Сумматор стереосигналов. Поскольку АМ-радиовещание — монофоническое, то поступающие из эфирной студии стереосигналы (а всё студийное оборудование выпускают стереофоническим) приходится преобразовывать в монофонические, суммируя оба стереоканала. Сумматор может быть выполнен либо на резисторах, либо на операционном усилителе. Обращая внимание, если хотите получить натуральное "живое" звучание, складывайте аналоговые сигналы. Цифровые технологии здесь излишни.

Как правило, сумматор стереоканалов входит в состав АМ-процессора. Но если этот процессор программный, то сумматор стереоканалов должен войти в состав модулятора передатчика. На структурной схеме, изображённой на рис. 1, им должен быть оснащён вход УМЗЧ.

АМ-процессор — весьма сложный прибор, применяемый исключительно в радиовещании. У него несколько задач: — предкоррекция частотных искажений, вносимых трактом модуляции передатчика;

— уменьшение пик-фактора звуковых сигналов, что улучшает их разборчивость в шуме эфира, а также увеличивает среднюю глубину модуляции передатчика;

— создание индивидуального интонационного портрета радиостанции;

— создание тембра звучания радиопередатч, приятного для слушателей;

— подготовка модулирующего сигнала к ограничению его полосы частот до 50...8000 Гц.

Наиболее простая реализация АМ-процессора — многополосный компрессор (семь или восемь частотных полос в интервале от 50 до 8000 Гц) с разными параметрами компрессии в каждой полосе. Частотные границы полос задают жёстко либо фильтрами одинаковой добротности (в этом случае получится семь полос), либо фильтрами с линейно нарастающей с повышением центральной частоты добротностью (в этом случае полос будет восемь). Последнее позволяет при монотонной фазовой характеристике более точно выстраивать тембральную кривую звучания выходного сигнала.

Нижние, средние и верхние частоты фильтров семиполосного процессора указаны в табл. 2. Их значения выбраны согласно положениям психоакустики. Они дают возможность регулировать интенсивность и насыщенность звуковых колебаний разных частот, ответственных в ассоциативном восприятии человека за те или иные эмоции и настроения. Семь частотных полос с различной компрессией в каждой — это минимальное их число, при котором можно выделять особенности женского и мужского голоса и интонации речи,

должен быть выбран так, чтобы на пиках модуляции выходное напряжение УМЗЧ могло бы увеличиваться без искажений в 1,8...2 раза.

В случае использования УМЗЧ на транзисторах или интегральных схемах его мощность должна быть равна 50 % выходной мощности передатчика. Учитывая эту особенность, разумно рассмотреть вариант построения УМЗЧ для модулятора с двухтактной трансформаторной выходной ступенью на "токовых" телевизионных лампах и с предварительными ступенями на интегральных операционных усилителях и транзисторах. Для передатчиков мощностью до 50 Вт вполне подойдут и лампы 6П14П (ЕL84), а для более мощных — 6ПЗС (6L6GC, 5881 и КТ66).

Сумматор напряжения складывает напряжение питания анода и

экранной сетки ламп выходной ступени передатчика с модулирующим напряжением. Существуют как последовательная, так и параллельная схемы суммирования. Последовательная проще и содержит меньше элементов, но при этом модуляционный трансформатор работает с подмагничиванием и на нём развивается напряжение, достигающее удвоенного, а на холостом ходу и утроенного постоянного анодного напряжения. Такие модуляционные трансформаторы, выполненные радиолюбителями в домашних условиях, склонны к пробоям, способным вызвать серьёзные повреждения конструкции передатчика вплоть до пожара. Параллельное суммирование требует вдвое больше намоточных изделий, но не имеет перечисленных недостатков. Мало того, оно позволяет использовать унифицированные дроссели и трансформаторы, выпускаемые серийно и имеющиеся в свободной продаже. Подробному описанию такого модулятора и методики его расчёта посвящена статья [11].

Источник питания анода и экранной сетки лампы выходной ступени передатчика может быть трансформаторным или импульсным. Его мощность должна быть достаточной для питания выходной ступени передатчика и, возможно, УМЗЧ. Для питания маломощных узлов следует использовать другой источник, поскольку этот, подвергаясь сильнейшим изменениям нагрузки при модуляции, не может обеспечить необходимую для этих узлов стабильность напряжения.

Таблица 2

Номер полосы	1	2	3	4	5	6	7
Частота, Гц	Нижняя	50	103	213	440	909	1876 3875
	Средняя	72	148	306	632	1306	2696 5568
	Верхняя	103	213	440	909	1876	3875 8000

делать звук приятным или раздражающим, ласковым, нежным или холодным, умиротворяющим или тревожным, доверительным или вызывающим сомнения в услышанном.

ФНЧ с частотой среза 8 кГц.

Полоса передаваемых звуковых сигналов 50...8000 Гц выбрана в соответствии с особенностями восприятия звуков человеческими ушами, положениями психоакустики. Она достаточна для естественной передачи звучания большинства музыкальных инструментов и вокала. В вещательных радиостанциях диапазонов длинных, средних и коротких волн она реализуется излучением 16K0A3EGN. В эфире такой сигнал занимает полосу шириной 16 кГц.

Из этих же соображений в диапазонах длинных и средних волн для вещательных радиостанций выбрана сетка рабочих частот с шагом 9 кГц (защитный интервал 2 кГц при размещении радиостанций через два шага сетки — 18 кГц).

За пределами полосы пропускания ФНЧ должен быть обеспечен резкий спад его АЧХ с затуханием не менее 46 дБ на частоте 9 кГц, где может находиться несущая какой-либо дальней радиостанции. Это достигнимо с помощью LC-фильтра Кауэра не ниже шестого порядка.

Усилитель мощности звуковой частоты (УМЗЧ) должен обеспечивать среднюю выходную мощность 15...20 % выходной мощности передатчика и приблизительно 70 % этой мощности — пиковую. Если УМЗЧ выполнен на лампах [7—10], то коэффициент трансформации его выходного трансформатора

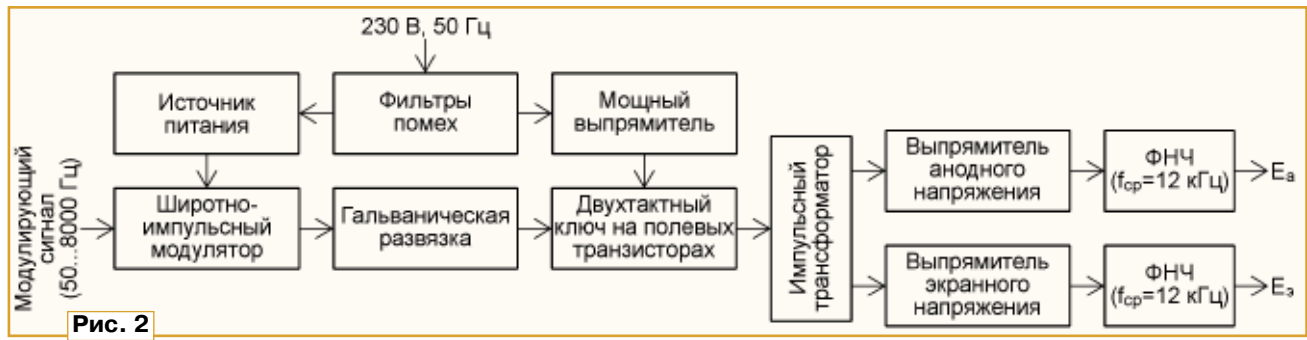


Рис. 2

При мощности модулятора 100 Вт и более напрашивается объединение источника питания выходной ступени передатчика, УМЗЧ и сумматора напряжения в импульсный источник питания с изменяющимися по закону модуляции выходными напряжениями. На рис. 2 показана возможная структурная схема такого источника.

Сигнал модуляции, прошедший ФНЧ с частотой среза 8 кГц, поступает на широтно-импульсный модулятор. С его двухтактного выхода через узел гальванической развязки на двухтактный ключ на мощных полевых транзисторах поступают две смещённые на полпериода повторения последовательности прямоугольных импульсов с регулируемой по закону модуляции скважностью. Амплитуду этих импульсов, снимаемых с выходов ключей, повышают с помощью импульсного трансформатора до необходимых для получения анодного и экранного напряжения значений. Затем эти импульсы выпрямляют.

Ввиду отсутствия достаточно высоковольтных быстродействующих выпрямительных диодов, возможно, потребуется разделить вторичные обмотки импульсного трансформатора на несколько секций и предусмотреть для этих секций отдельные выпрямители. Нужное анодное и экранное напряжение получают в этом случае сложением выпрямленного напряжения нескольких секций.

Задача выходных ФНЧ — подавить помехи, частота которых лежит вблизи частоты преобразования и её гармоник, не исказив АЧХ модуляционного тракта. Поэтому частота среза этих ФНЧ должна быть как минимум в полтора раза выше максимальной частоты модуляции.

Частота преобразования должна быть выбрана достаточно высокой, чтобы ФНЧ могли эффективно подавить её не менее чем на 70 дБ. Для уменьшения комбинационных помех задающий генератор преобразователя должен быть синхронизирован с синтезатором рабочей частоты передатчика. При использовании синтезатора, описанного в [12], частота преобразования может быть равной 45 или 90 кГц.

Хоть такой модулятор и кажется сегодня слишком сложным, его разработка вполне доступна радиолюбителям высокой квалификации, не говоря уж о радиоинженерах, которые не прочь и дома взять в руки паяльник. Ведь в каждом компьютере имеются почти такие же устройства — импульсные блоки питания мощностью несколько сотен ватт. Они надёжны и производятся массово. Нужно только хорошо развязать сигнальные цепи от мощных транзисторов оптронами и намотать импульсный повышающий трансформатор с хорошей изоляцией между обмотками. Правда, такой импульсный источник-модулятор придётся очень хорошо экранировать и фильтровать входные и выходные цепи.

Синтезатор рабочей частоты должен обеспечить её относительно стабильность не хуже $2 \cdot 10^{-6}$, точность установки не хуже 5 Гц, перестройку с шагом 9 кГц в интервале 1449—1602 кГц. Синтезатор, описанный в [12], был раз-

работан специально для этого. Он имеет мощный двухфазный выход (60 В, 0,4 А) и не требует предварительных ступеней усиления сигнала при построении АМ-передатчиков мощностью до 100 Вт в режиме несущей. В настоящее время автором ведётся разработка синтезатора с мощным четырёхфазным выходом (100 В, 2 А), предназначенного для вещательных передатчиков мощностью до 500 Вт. Он имеет отдельный высокостабильный ($5 \cdot 10^{-7}$) образцовый генератор, который описан в [13].

Выходную ступень передатчика можно выполнить на "токовых" лучевых тетрадах 6П31С, 6П36С, 6П41С, 6П43П, 6П44С, 6П45С или на металлокерамических тетрадах 6П37Н-В, ГС-36Б, ГУ-74Б в импульсных режимах классов D и $F_{\text{тнв}}$ с использованием параллельной схемы анодного питания и двойным П-контуром в качестве колебательной системы. Наиболее сложный узел выходной колебательной системы передатчика — катушка индуктивности. В статье [14] подробно изложено, как сделать такую катушку буквально из подручных средств, которые всегда есть у радиолюбителя.

Выходные ступени упомянутых выше синтезаторов рассчитаны на импульсное возбуждение перечисленных радиоламп по цепи катода. В первом случае поочерёдно открываются две лампы (двухфазное суммирование мощности в цепи анода), во втором случае — четыре лампы (двухфазно-двухтактное суммирование).

Использование ламп в выходной ступени вещательного передатчика обусловлено необходимостью его длительной работы в любых погодных условиях, в том числе во время сильного ветра, грозы и при наличии высоких потенциалов статического электричества на антенне и высоковольтных импульсных разрядов. При использовании транзисторов необходимы весьма сложные системы их защиты от неблагоприятных факторов, при использовании же ламп передатчик сильно упрощается.

Амплитудная модуляция производится в выходной ступени передатчика изменением анодного и экранного напряжения. Этот способ прост и наиболее энергетически выгоден. Физика работы и практические расчёты выходных ступеней передатчиков с анодно-экранной модуляцией подробно рассмотрены в [15].

Цепь согласования с антенной. Её первая задача — компенсация реактивной составляющей входного сопротивления антенны с помощью последовательно соединённых с ней удлинительной катушки индуктивности и "гирлянды" конденсаторов, отводы от точек соединения которых можно переключать. Для компенсации ёмкостной составляющей удлинительная катушка включается в цепь, а для компенсации индуктивной — исключается из неё. В обоих случаях компенсация выполняется переключением конденсаторов "гирлянды". Ступенчатое согласование здесь вполне приемлемо, поскольку добротность антенного контура невелика, а остаются "мелочёвку" выбирают П-контуром.

Вторая задача — трансформация активной составляющей входного со-

противления антенны в оптимальное сопротивление нагрузки выходной ступени передатчика. Для этого используют многопозиционный ёмкостный делитель напряжения, установленный на выходе П-контура в качестве его выходного конденсатора. Точную настройку выполняют переменным входным конденсатором П-контура.

Поскольку номенклатура антенн, используемых на средних волнах в любительских условиях, невелика, ёмкостный делитель, имеющий не более шести отводов, обеспечит работу с антеннами, имеющими активную составляющую входного сопротивления 18, 30, 50, 75, 150 и 300 Ом.

Такое построение выхода передатчика имеет интересное свойство. В результате перераспределения тока между выходной ёмкостью делителя напряжения и сопротивлением нагрузки при подключении к выводу "18 Ом" делителя нагрузки с меньшим активным сопротивлением (вплоть до 8,3 Ом) сохраняется почти неизменной выходная мощность. Устройство как бы само подстраивается под нагрузку. Эффект проявился при расчёте цепи согласования, затем был подтверждён при компьютерном моделировании и проверен на реальном передатчике.

Индикатор настройки антенны необходим для контроля настройки выходной колебательной системы передатчика на рабочую частоту и настройки цепи согласования с антенной на максимальную отдаваемую мощность. Состоит из ВЧ-трансформатора тока антенны, детектора и собственно индикатора. Поскольку точное измерение тока антенны и выходной мощности передатчика не требуется (да это и невозможно при неизвестном точно сопротивлении излучения антенны), нет смысла использовать измерительные приборы. Нужны простота наблюдения показаний и их наглядность по принципу "больше-меньше". С этой задачей неплохо справляются электронно-световые индикаторы настройки — радиолампы 6Е5С, 6Е1П или их зарубежные аналоги EM11, EM84.

О конструкции измерительного трансформатора и индикатора, специально разработанной для передатчиков индивидуального радиовещания, рассказано в [16].

Антенно-фидерная система. В диапазонах средних и длинных волн в радиовещании используют радиоволны вертикальной поляризации. Реализовать антенны с чистой вертикальной поляризацией излучения в бытовых условиях довольно сложно. Немногим под силу натянуть строго вертикально провод длиной 50 м вдали от окружающих предметов и зданий. Поэтому у большинства непрофессиональных антенн средних волн поляризация смешанная, с преобладанием горизонтальной.

В качестве материала для проволочного полотна антенны и её противовесов очень удобно использовать сталемедную проволоку ВСМ-1 диаметром от 2,5 до 4 мм (оптимально — 3 мм). Она сочетает прочность стали на разрыв и высокую электропроводность поверхностного слоя меди толщиной 0,15...0,25 мм.

Благодаря скин-эффекту высокочастотный ток течёт по медной поверхности провода, а его стальная сердцевина не портит работу антенны.

Вот, например, варианты антенн, которые целесообразно устанавливать в городе или на загородном участке:

— пологий наклонный луч (угол менее 40°) — провод длиной 35...50 м, закинутый на соседнее высокое дерево. Заземление — закопанное в землю ведро или железная бочка, стальная обсадная труба водоносной скважины или железный забор вокруг участка. Реактивная составляющая входного сопротивления — ёмкостная. Активная — в интервале 10...20 Ом;

— крутой наклонный луч (угол более 60°) — провод длиной 50, а то и 70 м, закреплённый за угол соседней многоэтажки или на высокую трубу местной котельной. Заземление — закопанная в землю стальная труба водопровода дачного посёлка. Реактивная составляющая входного сопротивления — индуктивная. Активная — в интервале 30...60 Ом;

— горизонтальная "трёххвостка" длиной 45...50 м между крышами соседних пятиэтажек — трёхпроводный луч, расходящийся узким веером от точки питания. Заземление — на заземляющий контур здания или на систему водопроводных труб. Реактивная составляющая входного сопротивления близка к нулю. Активная — около 20...30 Ом;

— наклонная "трёххвостка" длиной 45...50 м (угол 40...50°) с крыши пятиэтажки на крышу 17—22-этажного здания. Несколько горизонтальных противовесов на соседние пятиэтажки. Реактивная составляющая входного сопротивления близка к нулю. Активная — около 30...50 Ом;

— телескопический штырь высотой 24 м с ёмкостной "звёздочкой" из восьми лучей по 3 м каждый на конце. Заземление — на заземляющий контур здания и несколько горизонтальных противовесов по 50 м каждый. Если антенна стоит на земле, то заземление — четыре трёхдюймовые стальные трубы длиной по 3 м, вкопанные в землю вертикально в вершинах квадрата 10×10 м с антенной в центре и соединённые по диагоналям широкими медными лентами. Глубокие ямы для труб делают садовым буром с надставленной ручкой. Реактивная составляющая входного сопротивления — ёмкостная. Активная составляющая — 12...18 Ом;

— горизонтальный, немного провисающий провод длиной 85...100 м, натянутый на соседнее здание. Высота подвеса — 20...25 м. Заземление — заземляющий контур здания или система водопроводных труб. Реактивная составляющая входного сопротивления — индуктивная не более 150 Ом. Активная составляющая — 200...300 Ом. Вообще-то, активная составляющая входного сопротивления антенны-вibratorа длиной полволны, запитанной с конца, в свободном пространстве должна достигать нескольких килоом. Но из-за низкого расположения (менее $\lambda/8$) и влияния земли она не будет более 300 Ом.

Этот перечень можно продолжать. Но в любом случае активная и реактив-

ная составляющие входного сопротивления более-менее работоспособных антенн не превысят по абсолютному значению 300 Ом, а активная составляющая не упадёт ниже 12 Ом.

Все упомянутые антенны объединяет то, что их подключают к зажиму "Антенна" передатчика непосредственно или коротким отрезком провода. Фидер у них отсутствует. Разумеется, при этом шасси передатчика должно быть заземлено или к нему должна быть подключена система противовесов. Тем не менее следует предусмотреть возможность подключения к передатчику нагрузки коаксиальным фидером с волновым сопротивлением 50 или 75 Ом. Проводить измерения выходной мощности и побочных излучений следует в коаксиальном тракте.

Желающие могут промоделировать указанные антенны с помощью программы MMANA, задавшись проводимостью почвы 4 мСим/м для города и около 10 мСим/м для сельской местности в среднеерусской полосе. Если поблизости есть болото или неглубоко грунтовые воды, можно смело брать от 20 до 70 мСим/м.

Система противовесов и заземление — неотъемлемая часть передающего комплекса средних волн. Сначала о противовесах. На средних волнах тра-



Рис. 3

диционно принято называть антеннами их активные вибраторы, поскольку все они весьма протяжённые и проволочные. При этом часто забывают, сам по себе вибратор излучать не может, а электромагнитное поле разворачивается в ближней зоне между вибратором и противовесами. О важности противовесов не лишне напомнить ещё раз.

Для эффективного излучения противовесы должны быть резонансными (длиной $\lambda/4$), расположенными горизонтально или наклонно под небольшим углом вниз от точки питания антенны. Например, если точка питания антенны расположена на крыше пятиэтажного дома, то противовесы могут опускаться с крыши вниз под углом 10...30°. На кон-

цах противовесов при работе передатчика имеется высокое высокочастотное напряжение (неоновая лампа рядом с ними ярко горит). Поэтому они должны заканчиваться гирляндами не менее чем из трёх изоляторов и через них крепиться оттяжками к невысоким столбам, деревьям или крышам одно-двухэтажных зданий, расположенным в радиусе 50...80 м от основания антенны. Категорически запрещено в качестве опор для крепления антенн или противовесов использовать конструктивные элементы линий электропередач. Это опасно для жизни.

Чем больше противовесов, тем ниже высокочастотное напряжение на конце каждого из них и тем меньше потери в антенной системе. В идеале эффективная передающая антенна должна иметь шесть—восемь противовесов. Но иногда бывает достаточно и двух.

Теперь о заземлении. Оно защищает передатчик и его оператора от высокого статического и импульсного напряжения (на протяжённых проволочных антеннах достигающего 25000 В), возникающего при сильном ветре и при грозных разрядах. Кроме того, выполняя функцию противовеса, заземление увеличивает эффективность излучения. Заземление корпуса аппаратуры обеспечивает электробезопасность при возможных пробоях изоляции питающих и других высоковольтных цепей. Один из возможных вариантов заземления очень подробно рассмотрен в статье [17].

Реализовать функции защиты от статического электричества и атмосферных разрядов можно четырьмя способами:

1. Использовать в передатчике индуктивную связь антенны с колебательной системой, второй вывод катушки связи при этом должен быть соединён с зажимом "Заземление".

2. Соединить зажим "Антенна" с зажимом "Заземление" дросселем, имеющим на рабочей частоте индуктивное сопротивление в 10...15 раз больше сопротивления излучения антенны. Дроссель должен обеспечивать стекание с антенны статических зарядов. На практике достаточно его намотать проводом ПЭТВ-0,5.

3. Подключить между зажимами "Антенна" и "Заземление" передатчика шунтирующий резистор, например МЛТ-2, сопротивлением 20...30 кОм. Такое решение приемлемо для передатчиков мощностью до 10...15 Вт, работающих на низко расположенные антенны. Например, если антенна установлена ниже крыш высоких соседних зданий, они выполняют функцию молниеотводов. Резистор хорошо защищает от статических зарядов, но не всегда эффективен против импульсных наводок при близких грозных разрядах.

4. Установить между зажимами "Антенна" и "Заземление" передатчика разрядник, пробивное напряжение которого ниже, чем номинальное напряжение выходного разделительного конденсатора. Учитывая электрическую прочность воздуха 3000 В/мм, при номинальном напряжении конденсатора 2500 В зазор в разряднике должен быть не более 0,8 мм. Желательно применять

разрядник с большим числом параллельных искровых промежутков, как это делалось, например, в телеграфных аппаратах Морзе, которые работали в СССР на железнодорожном транспорте до середины 60-х годов прошлого века (рис. 3).

Монитор своего передатчика — громкоговорящий детекторный приёмник, настроенный на рабочую частоту вещания. Он питается энергией поля передающей антенны и начинает работать автоматически с включением передатчика. Необходим для контроля качества сигнала, вышедшего в эфир. Закон о СМИ требует записывать и хранить копии всех выпущенных в эфир передач в течение месяца, а в случае использования радиостанции индивидуального радиовещания для оповещения населения при устранении чрезвычайной ситуации — в течение года. Поэтому монитор просто необходим. Один из его вариантов описан в статье [18]. Там же даны рекомендации по его установке и применению для контрольной записи радиопередач.

Рекордер контрольной записи радиопередач может быть либо самостоятельным промышленным устройством, либо программой на компьютере, работающей на запись параллельно с вещанием через вторую звуковую карту. Главное, чтобы в его памяти уместились все радиопередачи, сделанные за месяц. Записывать вещательный АМ-сигнал имеет смысл в один монофониче-

ский канал с 16-разрядной оцифровкой при частоте квантования 22,05 кГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Комаров С.** Любительское (свободное) радиовещание: история, проблемы, возможности. — Broadcasting — Телевидение и радиовещание, 2006, № 2, с. 56, 57. — URL: http://www.cqf.su/arb_step1.html (13.07.15).
2. ГОСТ Р 51742-2001. "Передатчики радиовещательные стационарные с амплитудной модуляцией диапазонов низких, средних и высоких частот. Основные параметры, технические требования и методы измерений" — URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51742-2001> (11.07.15).
3. Решение Государственной комиссии по радиочастотам при Минкомсвязи России от 24 мая 2013 г. № 13-18-03 "Об утверждении Норм 17-13, Норм 18-13, Норм 19-13, Норм 24-13". — URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70302998/> (11.07.15).
4. **Комаров С.** Строительство студий. — URL: <http://www.radiostation.ru/begin/studios.html> (30.06.15).
5. **Комаров С.** Оснащение студий. — URL: <http://www.radiostation.ru/begin/studios2.html> (30.06.15).
6. Shure SM7B. Руководство пользователя. — URL: http://www.attrade.ru/cat_files/sm7b.pdf (30.06.15).
7. **Комаров С.** Ламповые УМЗЧ на трансформаторах ТАН. — Радио, 2005, № 5, с. 16—20.
8. **Комаров С.** УМЗЧ на "телевизионных" лампах с трансформаторами ТН. — Радио, 2005, № 12, с. 20—22; 2006, № 1, с. 18, 19.

9. **Комаров С.** Дифференциальный выходной трансформатор в двухтактных ламповых УМЗЧ. — Радио, 2006, № 4, с. 16—19; № 5, с. 16—18.

10. **Комаров С.** Ламповый оконечный двухтактный усилитель на 6Н23П и 6П43П. — Радио, 2008, № 8, с. 49, 50; № 9, с. 45—48; № 10, с. 47, 48.

11. **Комаров С.** Параллельный анодно-экранный модулятор. — Радио, 2015, № 4, с. 30—33.

12. **Комаров С.** Средневолновый радиовещательный синтезатор частоты. — Радио, 2012, № 9, с. 19—23; № 10, с. 21—23.

13. **Комаров С.** Генератор двух образцовых частот для синтезаторов вещательных передатчиков. — Радио, 2014, № 6, с. 23—25.

14. **Комаров С.** Самодельные ребристые каркасы для катушек передатчика. — Радио, 2015, № 5, с. 33.

15. **Агафонов Б. С.** Теория и расчёт радиотелефонных режимов генераторных ламп. — М.: Советское радио, 1955. — URL: http://www.radiostation.ru/home/books/Telefonnye_rezhimy_generatorynh_lamp.djvu (30.06.15).

16. **Комаров С.** Индикатор настройки передатчика на основе "зелёного глаза". — Радио, 2015, № 7, с. 30, 31.

17. **Комаров С.** Устройство заземления для средневолновой передающей антенны индивидуального радиовещания. — URL: <http://www.cqf.su/technics8-1.html> (30.06.15).

18. **Комаров С.** Детекторный монитор СВ радиовещательного передатчика. — Радио, 2015, № 8, с. 29—31.



ЛЮБАЯ КАБЕЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ

ЛЮБАЯ ДЛИНА КАБЕЛЯ	ЛЮБАЯ УПАКОВКА	ОПТОМ И В РОЗНИЦУ
ЦИФРОВЫЕ КАБЕЛИ		
HDMI, Mini/MicroHDMI, Apple iPhone/iPad, DVI, VGA, DisplayPort, SATA, COM		
USB КАБЕЛИ		
USB 2.0 и 3.0, Mini/MicroUSB		
АУДИО/ВИДЕО КАБЕЛИ		
TV-кабель, SCART, Jack, Mini Jack, RCA, Toslink		
СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ		
для бытовой техники, компьютеров и ноутбуков		
ТЕЛЕФОННЫЕ КАБЕЛИ		
кабели, вилки, розетки RJ-11/RJ-12/RJ-45		
ВИТАЯ ПАРА И ПАТЧ-КОРДЫ		
UTP, FTP, оптические, инструменты и тестеры		

www.pcshop.ru

Москва,  Речной вокзал, ул. Зеленоградская, 15. Тел. 8 (495) 707-88-11, 707-88-22