

Основной тракт современного трансивера прямого преобразования

Сергей БЕЛЕНЕЦКИЙ (US5MSQ), г. Луганск, Украина

Большинство деталей тракта размещены на одной стороне печатной платы из двусторонне фольгированного стеклотекстолита. Одностороннее рас-

уточной" технологии. Вид платы со стороны печатных проводников показан на рис. 3. Вторая сторона платы с расположенными на ней деталями изобра-

ненные с общим проводом, отмечены на рис. 4 крестами. Все микросхемы, кроме DA1, DA11—DA13 и DD2, установлены в панели. Микросхема DD2 находится со стороны печатных проводников платы. Вывод 4 микросхемы DA1 (УНЧ) должен быть подсоединен к общему проводу только в одной точке — к контактам X10 и X22, которые, в свою очередь, должны быть пропаяны с двух сторон платы. Сюда же должен быть подсоединен общий провод от источника питания.

Из-за высокой плотности расположения деталей монтаж платы рекомен-

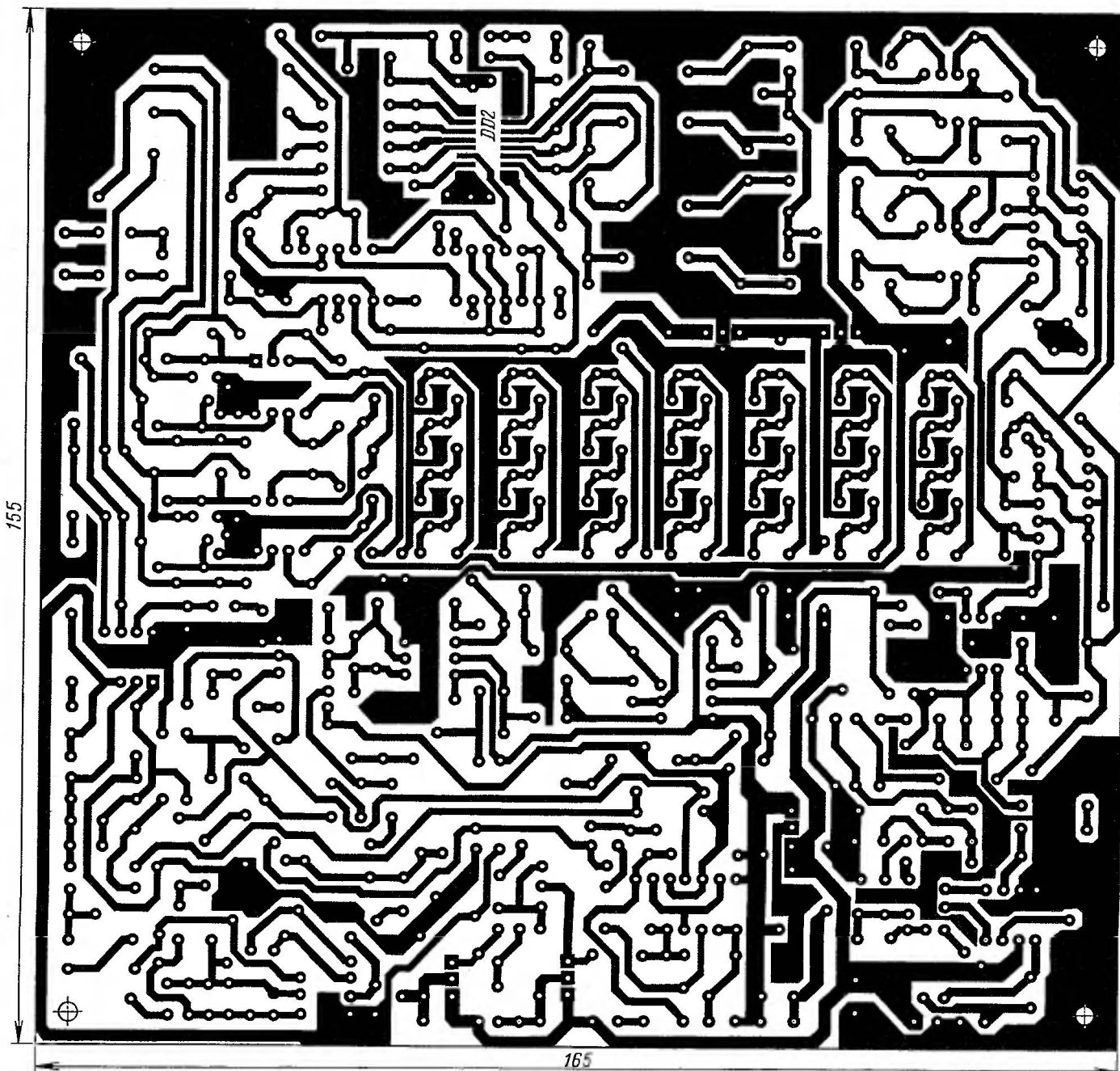


Рис. 3

положение печатных проводников позволяет изготовить плату в домашних условиях по так называемой "лазерно-

жена на рис. 4. Ее фольгированная поверхность служит общим проводом и экраном. Отверстия вокруг выводов деталей, не соединенных с общим проводом, зенкуют сверлом диаметром 2,5—3,5 мм. Выводы деталей, соеди-

дается выполнять в определенной последовательности: сначала на плате устанавливают все проволочные перемычки (они выполнены из тонкого изолированного монтажного провода), затем монтируют пассивные и активные

Окончание.

Начало см. в "Радио", 2006, № 9

элементы, имеющие выводы, соединенные с общим проводом, и только потом — остальные компоненты. На фотографии (рис. 5) показано готовое устройство.

В нем применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23, подстроечные — СПЗ-226. Конденсаторы в цепях ФНЧ, фазовращателей и дифференциальных усилителей — металлобумажные, пленочные, металлопленочные, например, отечественные из серий К71, К72, К73 (К73-9, К73-17 и пр.) или импортные МКТ. Оксидные конденсаторы С117, С120, С126, С131 — с малым током

портные. Некоторые требования к подбору деталей изложены в первой части статьи при описании соответствующих узлов основного тракта трансивера, а также в тексте описания приемника [14], с которым автор настоятельно рекомендует ознакомиться.

Микросхему FST3253 (Fairchild Semiconductor) можно заменить на SBT3253 (Philips). Микросхемы HCF4066 и HCF4093 можно заменить аналогичными из серии CD4000 или отечественными К1561КТ3 и К1561ТЛ1 соответственно.

Комплементарные пары транзисторов КТ3102, КТ3107 (VT8VT9—

скадов на ОУ средней мощности, но как показал опыт, и примененное решение обеспечивает высококачественную и надежную работу.

Транзисторы VT2, VT3, VT16 можно заменить любыми транзисторами из серий КП302, КП303, КП307, имеющими напряжение отсечки не более 3,5 В и максимальный начальный ток стока.

Мощность рассеивания транзисторов VT5, VT6 определяет максимальный коммутируемый ток нагрузки. С указанными на схеме транзисторами КТ814 (их можно заменить КТ816 с ко-

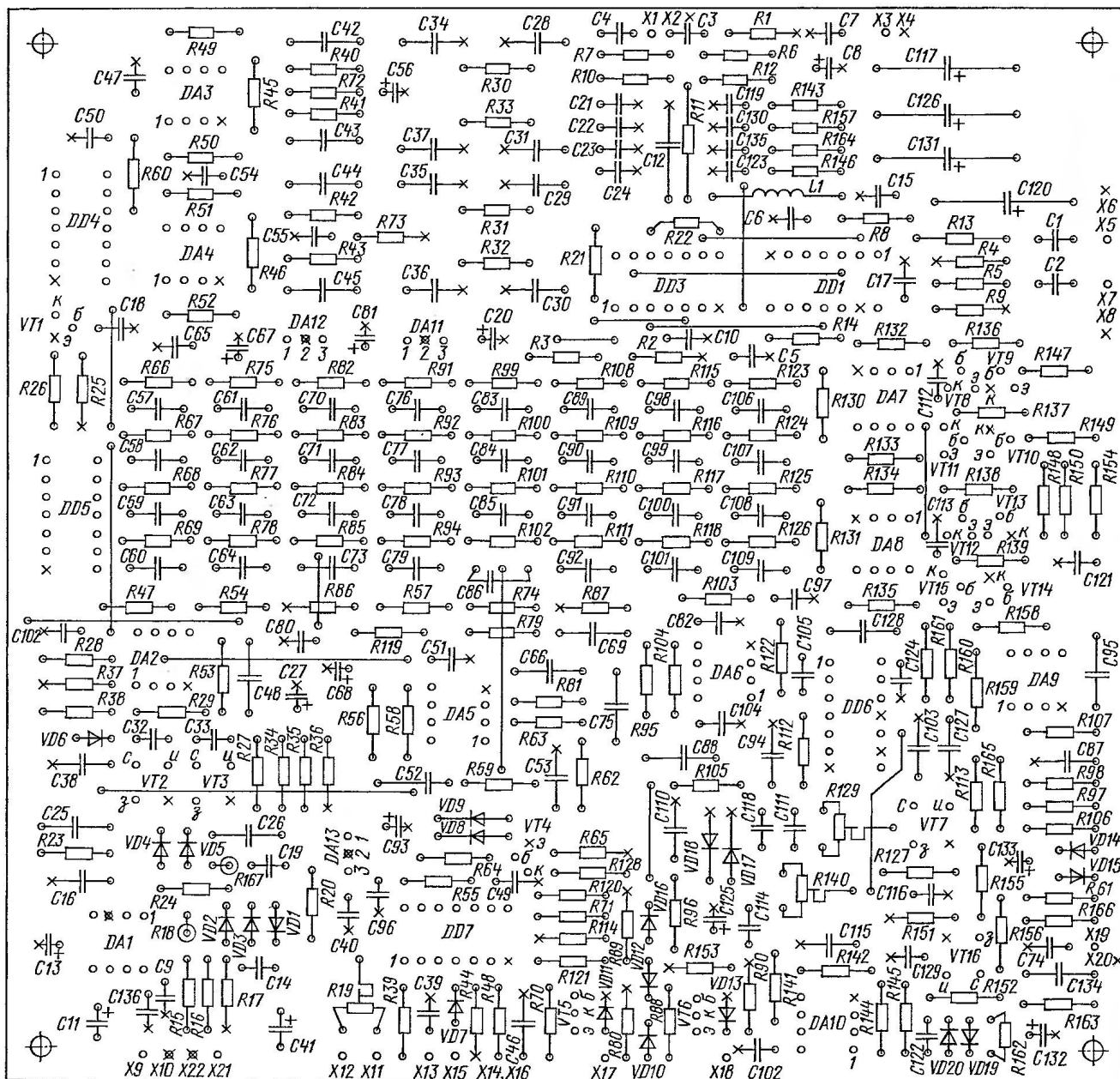


Рис. 4

утечки, например, К53-14 или импортные танталовые, имеющие сопротивление утечки не менее 1 МОм, остальные — К50-35 или импортные. Блокнотные конденсаторы — керамические КМ, К10-17 или аналогичные им-

портные. Некоторые требования к подбору деталей изложены в первой части статьи при описании соответствующих узлов основного тракта трансивера, а также в тексте описания приемника [14], с которым автор настоятельно рекомендует ознакомиться.

эфициентом передачи тока больше 50) допустимый ток нагрузки — 0,5 А. Если ток нагрузки не превышает 0,25 А, можно применить транзисторы КТ208, КТ209, КТ502 с любыми буквенными индексами.

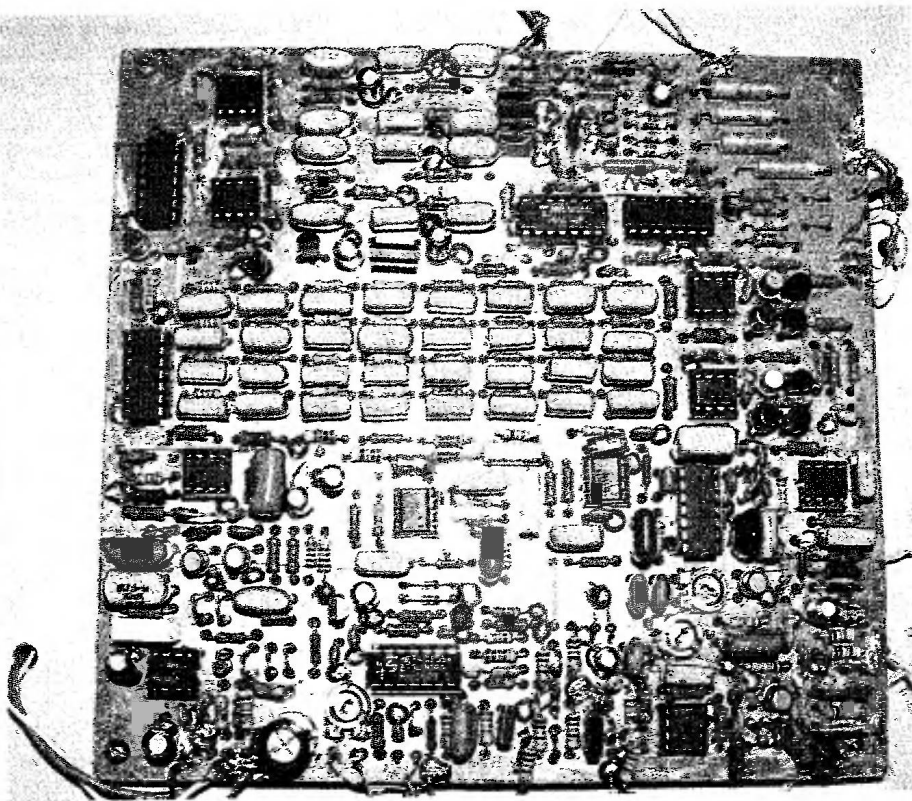


Рис. 5

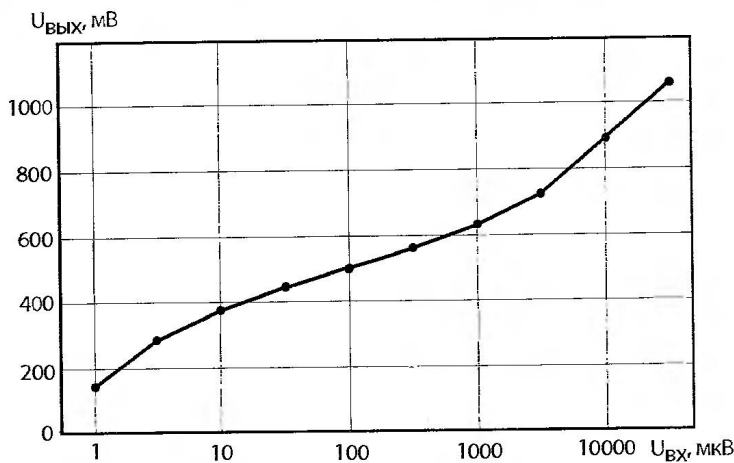


Рис. 6

Дроссель L1 — стандартный ДМ-0,1 100 мкГн.

Налаживание тракта несложно. Перед подачей на плату напряжения питания внимательно проверьте монтаж. Если все сделано без ошибок и из исправных деталей, основная плата запускается сразу. После подачи питания ток потребления в режиме приема (в отсутствие напряжения ГПД) должен быть близок к 100 мА, а из динамика должен быть слышен равномерный негромкий шум. Полезно проверить режимы работы каскадов по постоянному току. На выходах всех ОУ должно быть напряжение, близкое к +4,5 В, а на выходах логических элементов и ключей — уровни управляющих напряжений, соответствующие логике работы этих узлов.

Первый этап налаживания — установка порога срабатывания системы

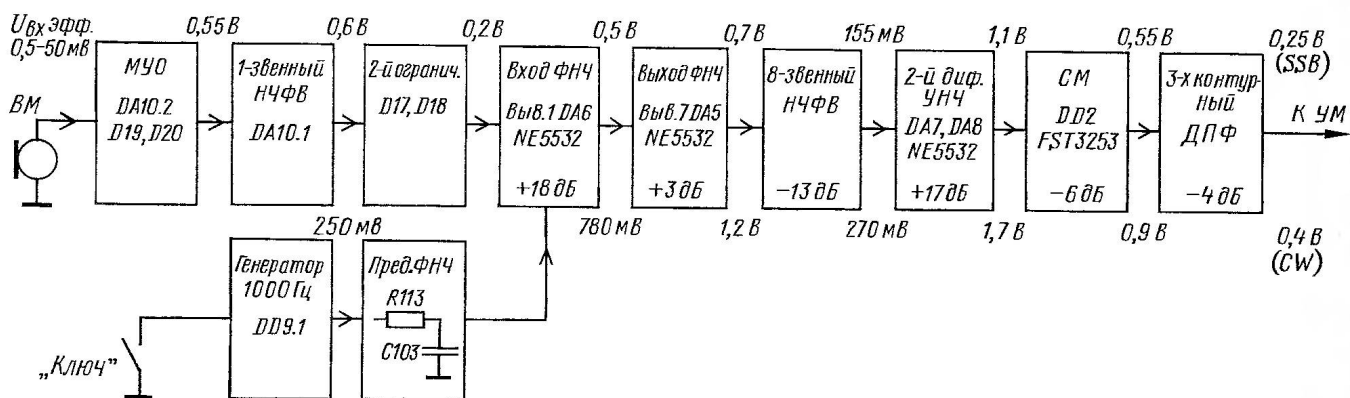
АРУ. Для этого движок переменного резистора 0R1 "Громкость" надо установить в верхнее по схеме положение, а движки переменного резистора 0R2 "Усиление" и подстроечного резистора R19 (см. рис. 2) — в левое по схеме положение. Параллельно выводам платы X1 и X2 подключают резистор сопротивлением 50 Ом, а к выходу тракта (выводам X9 и X10) — динамик или головные телефоны (можно также подключить осциллограф или мультиметр в режиме измерения переменного напряжения). Подают сигнал от ГПД. Перемещая движок подстроечного резистора R19, надо найти положение, при котором шум начнет уменьшаться. От этого положения движок перемещают немного в обратном направлении. Это и будет оптимальная настройка порога срабатывания АРУ. На рис. 6 при-

веден график, иллюстрирующий работу АРУ, — зависимость напряжения на выходе УНЧ от напряжения на входе ДПФ авторского экземпляра трансивера.

Налаживание передающего тракта выполняют в два этапа. Подключив осциллограф или мультиметр (в режиме измерения переменного напряжения) к отрицательному выводу одного из оксидных конденсаторов (С117, С120, С126 или С131), замыкают контакты платы X13 с X14 (нажатие на телеграфный ключ) и переводят ТПП в режим передачи телеграфного сигнала. Подстроечным резистором R129 выставляют уровень модулирующего сигнала — 1,7 В. В динамике должен отчетливо прослушиваться сигнал самоконтроля. Затем, подключив микрофон, замыкают контакты X15 с X16 (нажатие на педаль). Произнося перед микрофоном громкое "ааа...", подстроечным резистором R140 устанавливают уровень модулирующего сигнала 1,1 В. На этом предварительная настройка передающего тракта закончена.

Окончательно выставлять уровни модуляции следует, прослушивая свой сигнал на контрольном приемнике. Здесь уместно напомнить, что в трансиверах с традиционным фильтровым способом формирования однополосного сигнала после модулятора стоит узкополосный фильтр, эффективно подавляющий все внеполосные излучения, в том числе и паразитные продукты преобразования, возникающие из-за перегрузки модулятора. В ТПП перегрузка модулятора приводит к недопустимому расширению спектра излучения передатчика, причем в пределе (при очень больших перегрузках) спектр ограничен только диапазонным полосовым фильтром. Иными словами, неправильно выбранный уровень модулирующего сигнала может доставить немало неприятностей соседям по диапазону. Поэтому для окончательной установки уровней модулирующих сигналов рекомендуется следующий метод. Установите в контрольном приемнике максимально узкую полосу приема и настройте его немного выше или ниже частоты работы ТПП. Увеличивая уровень модуляции подстроечным резистором R129 (R140), находим положение, при котором начнут появляться признаки "сплеттеров", и от этого положения надо переместить движок немного в обратном направлении. Это и будет оптимальная настройка.

Если при испытаниях с конкретным микрофоном вам покажется, что усиление МУО чрезмерно, его можно легко скорректировать, увеличив номинал резистора R162. Автор после испытаний этого МУО пришел к выводу, что выбранное усиление оптимально, так как позволяет работать со многими типами микрофонов без дополнительной подстройки. При желании можно ввести оперативную регулировку уровня "клиппирования" в пределах 0...30 дБ, для чего последовательно с резистором R162 следует включить переменный резистор номиналом 1...2,2 кОм (желательно с логарифмической характеристикой). Ось переменного резис-



U _{вх} эфф. мВ	0,5	0,3	0,55	0,5	9,5	2	14	28	56	1,2	75
таж	20	12	21	20	380	80	550	1,1	2,2	14	960

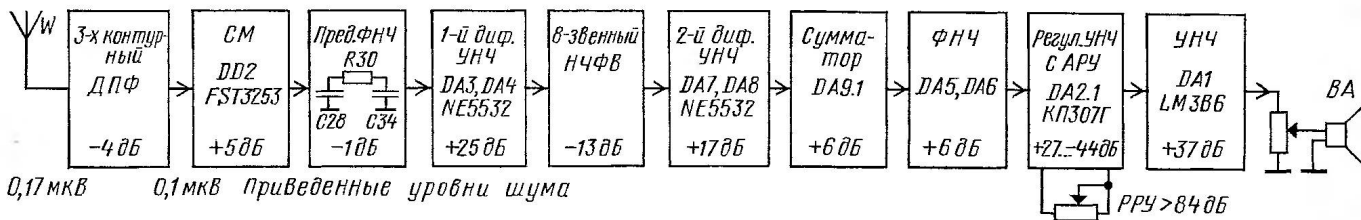


Рис. 7

тора можно вывести на переднюю панель трансивера.

Схема входных цепей микрофонного усилителя позволяет при необходимости легко производить довольно гибкую коррекцию АЧХ и варьировать предсказания, что может потребоваться при оптимизации качества формируемого звука в зависимости от характеристик конкретного микрофона и тембра голоса оператора. Например, при низком глухом голосе можно установить резистор R162 с номиналом 6,8 Ом и конденсатор C132 емкостью 22 мкФ, что обеспечит дополнительный подъем звуковых частот примерно с частоты 1000 Гц. А если при этом установить конденсатор C129 емкостью 0,047 мкФ, который вместе с резистором R163 сопротивлением 1 кОм образует ФНЧ с частотой среза 3 кГц, — результирующая АЧХ входной цепи получит заметно выраженную резонансную форму с пиком на частотах 2,5...2,7 кГц, что положительно скажется на разборчивости сигнала.

Хочу обратить внимание коллег на очень важный момент, на котором и сам споткнулся при первых испытаниях. Эффективность или, если угодно, качество работы такого МУО, состоящего из двух (иногда и более) последовательных ограничителей, очень сильно зависит от степени (жесткости) ограничения первого и сопряжения уровней ограничения первого и второго ограничителей. Причем, чем сильнее ограничиваем сигнал, тем больше проявляется эффект фазового подавления гармоник. Это хорошо подтверждается результатами экспериментов. При ограничении сигнала до 30...40 дБ уровень нелинейных искажений на частотах 500...900 Гц практически один и тот же и не превышает 8,5%. Лучшие результаты получа-

ются, если уровень второго ограничителя равен 0,5...0,7 от уровня первого, поэтому автор применил во втором диоды КД514А. Вполне допустима их замена на КД522, 1N4148. Измерения показали, что нелинейные искажения возросли до 11...12%, но сигнал звучит вполне прилично.

На рис. 7 приведена схема распределения коэффициентов передачи, диаграмма показаскадных уровней сигналов приемного и передающего каналов, которая поможет лучше понять принцип работы тракта и при необходимости тщательнее его настроить.

В заключение вернемся к структурной схеме трансивера прямого преобразования, приведенной на рис. 1 в первой части статьи. Трансивер состоит из пяти конструктивно законченных узлов. Узел У1 включает в себя четыре диапазонных ФНЧ, переключаемых с помощью реле, и широкополосный усилитель мощности, в качестве которого можно применить любую известную конструкцию, описанную в радиоловительской литературе, например в [15]. Узел У3 содержит отключаемый двухзвенный аттенуатор (звенья с ослаблением -10 и -20 дБ) и четыре трехконтурных диапазонных полосовых фильтров. При определенной коммутации звеньев аттенуатора можно получить три уровня ослабления сигнала (-10, -20, -30 дБ) и тем самым оптимально согласовать динамический диапазон приемного тракта ТПП с реальными уровнями входных антенных сигналов. Это полезно при использовании полноразмерных антенн. ДПФ могут быть любой конструкции с входным и выходным сопротивлениями 50 Ом.

В составе узла У4 — гетеродин, на основе одного не переключаемого генератора на частоты 56...64 МГц, пе-

рестраиваемого с помощью КПЕ или варикапа, и управляемый делитель частоты с переменным коэффициентом деления 1-2-4-8. Цифровой отсчет частоты гетеродина и поддержку ее стабильности с помощью цифровой АПЧ обеспечивает узел У2, выполненный на основе цифровой шкалы "Макеевская" [15], которую можно приобрести во многих регионах Украины и России. Как вариант, для самостоятельного изготовления можно предложить хорошо зарекомендовавшую себя разработку А. Денисова [16].

Хочу выразить огромную благодарность Игорю Тредиту (RZ3DON), в кратчайшие сроки повторившему по схеме и чертежам автора основную плату и построившему на ее базе трехдиапазонный трансивер. Начиная с февраля 2006 г. RZ3DON, менее чем за месяц, провел полномасштабные испытания ТПП в диапазоне 160 м (более 1000 связей почти со всеми районами), уделяя особое внимание оценке корреспондентами качества сигнала. Немного позже аналогичные результаты были получены и в диапазоне 40 м. Практически ежедневно после 20.00 RZ3DON можно услышать в диапазоне 40 м и убедиться в высоком качестве работы ТПП.

ЛИТЕРАТУРА

- 15. **Абрамов В.** (UX5PS), **Тележников С.** (RV3YF). Коротковолновый трансивер "Дружба-М". — <<http://www.cqham.ru/druzba-m.htm>>.
- 16. **Денисов А.** Цифровая шкала-частотометр с ЖК индикатором и автоподстройкой частоты. — <<http://ra3rbe.qrz.ru/scalafc.htm>>.

Редактор — С. Некрасов, графика — Ю. Андреев, фото — автора