



CQ-QRP

Издание Российского Клуба Радиооператоров Малой Мощности

41 зима 2013



RN4NZ в соревнованиях «Мороз – Красный Нос»

СОДЕРЖАНИЕ

- Клубные новости — *Владислав Евстратов RX3ALL*
О глобальном распространении КВ — *Владимир Поляков RA3AAE*
Некоторые особенности диапазона 136 кГц — *Александр Кудрявцев RN3AUS*
Простая Feld Hell приставка к CW TX — *Александр Кравец RZ6HAP*
ВЧ смеситель на ВПД — *Julian Rosu VA3IUL*
Нестабильности транзисторных усилителей — *Doug DeMaw W1FB*
Письма читателей, **Юмор наших друзей**

Главный редактор — *Владимир Поляков RA3AAE*

Редколлегия:

Владислав Евстратов RX3ALL — Председатель Совета Клуба,
Вячеслав Синдеев UA3LMR, *Тамара Кудрявцева UA3PTV*,
Дмитрий Горох UR4MCK.

© Клуб RU-QRP

Клубные новости

Здравствуйте, уважаемые читатели!

На этой странице мы расскажем вам, какие события произошли в нашем Клубе за прошедшие месяцы.



19 января состоялась полюбившаяся многим констест-игра "Мороз – Красный Нос". В этой игре принимают самое активное участие также и детские коллективы: RK3XWL под руководством Анатолия Филипповича Иванникова UA3XS, г. Медынь. Интервью с руководителем этого коллектива можно посмотреть по этой

ссылке: <http://grp.ru/video/viewvideo/131/--/rk3xwl----2013>. На фотографии показано помещение радиоклуба и его антенное хозяйство.



В констест-игре принимала участие и другая детская коллективная станция RK3OWZ из города Коряжма, руководитель Геннадий Александрович Строганов RW1OX.



ДОД «Дом детского творчества», внедрение современных технологий

любительской спутниковой связи, творчество, инициативу и профессионализм в обучении подрастающего поколения основам радиоконструирования и электроники, воспитание у детей чувства патриотизма и ответственности при работе в эфире от имени города и России» Геннадий Александрович был награжден медалью «За вклад в развитие муниципального образования «Город Коряжма» (цитата с сайта http://www.koradm.ru/medal_za_razvkor/).



В констест-игре ребята показали вполне достойный результат.

В начале февраля Радиоклубом "Кристалл" (ARCK) проводились соревнования "Союз Клубов", в которых наш Клуб уже несколько лет подряд принимает активное участие. На этот раз наши соперники оказались сильнее и наш Клуб занял второе место. Поздравляю коллектив RCWC с заслуженной победой.

Огромная благодарность всем, кто принимал участие в этих соревнованиях под флагом RU-QRP Клуба. Мы добились очень неплохого результата!

В конце марта наш Клуб проводил 3-й вариант радиоигры "Юстас-Алексу". Суть этого увлекательнейшего мероприятия заключается в том, чтобы посредством обмена QTC, состоящие из слов от фраз (MSG), собрать "шифровки" (MSG), которые придумали участники игры. Нужно найти на диапазонах другого участника, установить с ним радиоконтакт, договориться о конкретных радиограммах, передать ему одну из имеющихся QTC и взамен принять одну QTC от него. Подробнее с правилами этой игры можно ознакомиться на этой страничке: <http://qrp.ru/contest/justasalexu/724-justas-3>

Накануне новогодних праздников от президента QRP ARCI Кена Эванса W4DU, было получено приглашение на посещение представителями RU-QRP Клуба международного QRP слёта FDIM-2013. На основании этого приглашения была сформирована делегация в составе: Владислава Евстратова RX3ALL, Вячеслава Силаева RW3XS, Вячеслава Синдеева UA3LMR и Дмитрия Гороха UR4MCK.

По не зависящим от нас причинам, посетить слёт сможет только Вячеслав Синдеев UA3LMR. Будучи в курсе данной проблемы, Вице-президент QRP ARCI Стив Флетчер G4GXL (RU-QRP #326), высказал желание совместно с Вячеславом представлять RU-QRP Клуб на слёте FDIM-2013. В настоящий момент подготовка к поездке вступила в завершающую фазу. В Совете Клуба подготовлены вопросы для обсуждения с представителями QRP ARCI и G-QRP. Также подготовлены презентация и раздаточный материал, которые будут представлены участникам FDIM-2013.

Не за горами проведение традиционного Слёта нашего Клуба. В самое ближайшее время инициативная группа приступит к подготовке этого мероприятия. О дате и месте проведения Слёта будет объявлено после окончательного утверждения места его проведения.

В заключение, позвольте поздравить вас, уважаемые читатели, с Днём Радиолюбителя, наступающими Первомаем, Днём Радио и Днём Победы!

Председатель Совета Клуба Владислав П. Евстратов RX3ALL

О глобальном распространении КВ

Владимир Поляков *РАЗААЕ*

Мечта почти каждого коротковолновика – проводить как можно более дальние радиосвязи, и погоня за DX – увлекательнейшее занятие. Но осуществление этой мечты во многом зависит от капризов прохождения радиоволн. Проводя часы за своими трансиверами, мы набираем громадный практический опыт, и именно его наличие отличает «асса эфира» от новичка. Но опыт можно и нужно обобщать, отсюда и возникла наука о распространении радиоволн. Она во многом эмпирическая, т. е. строится на экспериментальных фактах. Любая хорошая теория должна объяснять (по возможности попроще) наблюдаемые явления, и предсказывать новые.

Первый важный экспериментальный факт, установленный еще Генрихом Герцем, состоит в прямолинейном распространении радиоволн, в отличие, например, от звуковых, имеющих совершенно другую (механическую) природу.

Научные теории обычно строятся на моделях, а модели часто выбирают упрощенные, учитывающие только главные факторы, влияющие на описываемое явление. Приняв модель прямолинейного распространения, легко получить формулы для ослабления сигнала в свободном пространстве при прохождении им некоторой дистанции D . Их иногда громко именуют «уравнением радиосвязи», и они вполне пригодны для расчета, например, космических радиотрасс. В формулах фигурирует эффективная излучаемая мощность (ЭИМ), равная произведению мощности передатчика P на выигрыш антенны G .

В этом месте просто необходимо сделать небольшое отступление. В нашей литературе (даже в учебниках) утвердился термин «усиление антенны», что совершенно неверно – антенна не усиливает сигнал! Это металлическая конструкция, не содержащая ни усилителей, ни источников их питания. Антенна только перераспределяет излучение, увеличивая его в главном направлении, и уменьшая в других направлениях, в соответствии с диаграммой направленности (ДН). В свое время наши ученые, основатели теории антенн, предложили правильный термин – коэффициент направленного действия, КНД. Для всенаправленной (изотропной) антенны КНД = 1, для направленной – больше 1.

Термин «усиление» произошел от неверного перевода английского gain и немецкого gewinn. Правильный перевод – выигрыш, G . Он учитывает еще и потери в антенне, поэтому $G = \text{КНД} \times \text{КПД}$. Антенны СВЧ (рупорные, зеркально-параболические) и многие другие с развитыми металлическими поверхностями имеют очень малые потери, их КПД практически равен единице и $G = \text{КНД}$. Можно привести и противоположный пример – ДВ и СВ пеленгаторные антенны. Их КНД явно больше единицы, хотя бы из-за наличия нулей и максимумов в ДН. Но их КПД крайне низок, а следовательно и выигрыш $G \ll 1$ (совсем странно говорить об усилении!). Поэтому они не годятся в качестве передающих антенн. При приеме малый выигрыш компенсируют усилением приемника.

Плотность потока мощности Π (вектор Пойнтинга) у приемной антенны в модели прямолинейного распространения легко найти, разделив ЭИМ PG на площадь сферы радиусом D :

$$\Pi = \frac{P \cdot G}{4\pi \cdot D^2}.$$

Как видим, она убывает обратно пропорционально квадрату расстояния. Напряженность поля при этом убывает обратно пропорционально расстоянию, как $1/D$. Мощность, поступающая на вход приемника, равна PS , где S – эффективная площадь приемной антенны. Какова же она у простой проволочной антенны, не имеющей направленности, $KНД = 1$? Есть простая формула, связывающая S и G :

$$G = \frac{4\pi \cdot S}{\lambda^2}.$$

В соответствии с ней, даже при $G = 1$ площадь получается немалой:

$S = \frac{\lambda^2}{4\pi} = 0.08 \cdot \lambda^2$. Это в том случае, если наша проволочка не имеет потерь. Если же потери есть, то $G < 1$ и эффективная площадь уменьшается пропорционально КПД:

$$S = \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot КПД.$$

Так что хорошие антенны и принимают лучше! Почему же тогда вообще возможен прием на малые, ненастроенные, заведомо плохие антенны? Все дело в большом шуме эфира, намного превосходящем собственные шумы приемника. Плохая антенна одинаково ослабляет и сигнал и шум эфира, и пока эта смесь остается выше собственных шумов приемника, прием возможен. Передача, конечно, нет.

Собственно, для чего я все это рассказывал? Мне хотелось посчитать дальность действия QRP аппаратуры. И тут мы уперлись в нерассчитываемый фактор – шум эфира. Опять нужны экспериментальные данные. Это поняли давно, начали измерять, и это привело к новым, совершенно неожиданным открытиям.

Где-то в 1920-х Карл Янский, простой радиоинженер, сидел на выделенном приемном пункте (почему-то вспоминается дощатая хибарка с приемником и антенной), подальше от промышленных помех, и измерял шум эфира на волнах порядка 15 метров. Ясно прослеживался суточный ход, но после нескольких месяцев измерений выяснилось, что максимум кривой сдвигается, и наступает каждый следующий день на 3 минуты раньше. Другими словами, оказалось, что период кривой шума совпадает не с земными (24 часа), а со звездными сутками (23 часа 57 минут). Отсюда следовал потрясающий воображение вывод, что источник шумового радиоизлучения находится не на Земле, и даже не в Солнечной системе, а где-то далеко за ее пределами, на просторах Галактики! Так возникла новая наука – радиоастрономия. Измерения с направленными антеннами указали на самые мощные источники шумового радиоизлучения – они находятся на Млечном пути, в созвездиях Кассиопеи и Лебедя.

Кроме галактического, есть еще шум, создаваемый грозowymi разрядами, радиоизлучением верхней атмосферы и прочими естественными источниками. Все это вместе называется ёмкой кодовой комбинацией QRN. Есть еще и искусственный шум и помехи – QRM. Здесь царит полный беспредел, даже говорить не хочется.... Вот почему любители при малейшей возможности стараются выехать на природу, подальше от источников промышленных и бытовых помех.... Допустим, это удалось. Ожидаемый уровень естественных помех можно оценить по справочникам. Автор больше доверяет написанному давным-давно справочнику: Х. Мейнке и Ф. Гундлах. Справочник по радиотехнике, т. 1, с.403 – М-Л.: ГЭИ, 1961. Если усреднить суточные и сезонные вариации, то для наших широт в КВ диапазоне получается что-то около 1 мкВ/м. Для

предельного слухового приема телеграфа такого же порядка должна быть и напряженность поля, создаваемого нашим радиопередатчиком.

Формулу радиосвязи нетрудно переписать для напряженности поля, учитывая, что $P = E \times H$ и $E/H = 120\pi$. У нас получится совсем простая формула:

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot P \cdot G}}{D}$$

Все величины здесь в системе СИ (Вт, В, м). Возьмем походный QRP передатчик с излучаемой мощностью 0,5 Вт и ненаправленной антенной (на удочке) $G = 1$. Формула еще упростится: $E = 4/D$, и для расстояния 100 км мы получим $E = 40$ мкВ/м. Для 200 км – 20 мкВ/м. Отличная связь, сигнал 599, но... для ее реализации придется залезть на гору высотой с полкилометра – Земля то круглая! Иначе корреспондент окажется в зоне тени и рискует вас вообще не услышать. Дальность прямой видимости с горы высотой h легко рассчитать, нарисовав круглую Землю радиусом R и применив теорему Пифагора: $D = 3600 \cdot \sqrt{h}$.

Но все-таки, на каком же максимальном расстоянии можно услышать сигнал нашего QRP передатчика, если верить формуле радиосвязи, основанной на прямолинейном распространении радиоволн? Подставим $E = 1$ мкВ/м и получим ответ: $D = 4/E = 4000$ км. На этом месте многие читатели засмеются: мы проводили более дальние связи и с меньшей мощностью! Значит, на таких расстояниях уже нельзя пользоваться формулой радиосвязи – она даёт заниженные результаты. А на каких можно? Ответ очевиден – на расстояниях порядка высоты ионосферы, т.е. около 100...200 км. Далее надо учитывать отраженный от ионосферы сигнал, распространение радиоволн отличается от прямолинейного, и нужна другая теория (другая модель).

Второй важный экспериментальный факт, установленный радиолюбителями ещё в 20-е годы, уже почти век назад – на КВ возможны дальние и сверхдальние связи малой мощностью, причем высота антенн по большей части не имеет решающего значения. Конечно, она влияет на ДН антенны, но связи из низины проводятся так же успешно, как и с вершины горы. Это говорит о пространственном распространении волн, обусловленном, как мы теперь хорошо знаем, отражением, а точнее, преломлением их в ионосфере. Кажется, мы уже

достаточно убедились, что модель прямолинейного распространения, а следовательно, и формула радиосвязи не дают нам результатов, совпадающих с экспериментом, потому непригодны. Меня до сих пор удивляет, почему многие авторы берут эту модель за основу, и стараются уточнить и подкорректировать формулы дополнительными коэффициентами, опять же зависящими от расстояния, и чрезвычайно усложняющими расчет.

Когда автор много лет назад попытался нарисовать Землю и её ионосферу в масштабе, стало ясно, что в тоненьком зазоре (**рис. 1**) и говорить нечего о прямолинейном распространении! Скорее это сферический волновод. Попытка просчитать другую модель

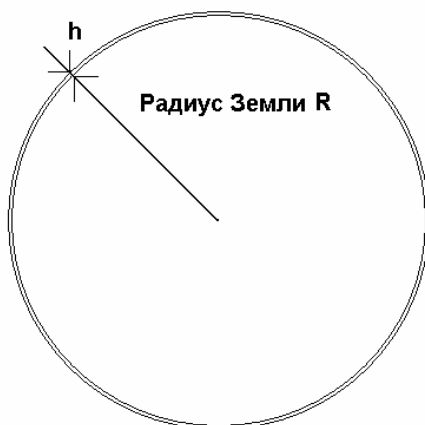


Рис. 1. Реальная толщина зазора Земля-ионосфера.

оказалась успешной. Но «ничего нет нового под Луной» – в одной очень старой (и очень хорошей) книжке – В. Н. Кессених. Распространение радиоволн. – М.: ГИТТЛ, 1952, я нашел описание этой модели, почему-то не получившей широкого развития.

В соответствии с этой моделью мощность передатчика распределяется не по сфере, а в сферической полости внутри нарисованного нами зазора. При этом и поверхность Земли, и нижнюю поверхность ионосферы будем в первом приближении считать идеально отражающими.

Теперь мощность нашего QRP передатчика распределяется уже не по очень большой поверхности сферы, как в формуле радиосвязи, а по площади узкого кольца, перпендикулярного направлению от передатчика, и расположенного внутри зазора. Все точки кольца равноудалены от передатчика на расстояние D .

Посчитаем площадь кольца. Его ширина равна h , а длина окружности $2\pi r$, где r – расстояние до радиуса, соединяющего центр Земли с передатчиком, $r = R \sin \varphi$. Здесь φ – центральный угол, опирающийся на дистанцию D (рис 2). Второй рисунок сделан уже не в масштабе, иначе было бы непонятно. Площадь кольца $2\pi r h = 2\pi R h \sin \varphi$. Теперь легко найти вектор Пойнтинга Π и напряженность поля E :

$$\Pi = \frac{P \cdot G}{2\pi \cdot R \cdot h \cdot \sin \varphi}; \quad E = \sqrt{\frac{60 \cdot P \cdot G}{R \cdot h \cdot \sin \varphi}}$$

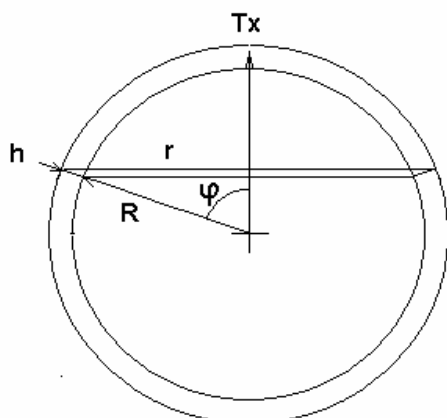


Рис. 2. К вычислению вектора Пойнтинга

Зависимости получены не от дальности D , а от центрального угла φ , но в таком виде формулы выглядят проще. Впрочем, если φ выразить не в привычных градусах, а в радианах, то $\varphi = D/R$. Минимальная напряженность поля E_{\min} получается на расстоянии порядка 10 000 км, соответствующем четверти окружности Земного Шара. На этом расстоянии $\varphi = \pi/2$ (90°), а $\sin \varphi = 1$. Подставив $R = 6400$ км и приняв h порядка 150...160 км, для нашего передатчика с ЭИМ = 0,5 Вт находим

$$E_{\min} = \sqrt{\frac{30}{6.4 \cdot 10^6 \cdot 1.55 \cdot 10^5}} \approx 5 \cdot 10^{-6} \text{ В/м или } 5 \text{ мкВ/м.}$$

В данной модели мы получили прекрасный и вполне реальный результат, напряженность поля в 5 раз превзошла уровень атмосферных помех! Отличная связь на достойном расстоянии.

А что будет на еще более дальних расстояниях? Тут начинается самое интересное! Функция $\sin \varphi$ проходит через максимум (равный единице) и начинает уменьшаться. Но она в знаменателе, следовательно, напряженность поля растет!!! Физически это означает концентрацию энергии (фокусировку) по мере приближения к точке антипода (нижняя точка поверхности Земли на рис. 2).

Но до каких же значений возрастет напряженность поля в антипode? Не до бесконечности же, как дает выведенная формула для упрощенной модели (сферическая идеально проводящая ионосфера) при $\varphi = \pi$ (180°), и $\sin \varphi = 0$? Конечно, нет. Мы уже сосчитали, что на расстояниях 100...200 км от передатчика напряженность поля равна 20...40 мкВ/м, и именно начиная с этих расстояний можно пользоваться моделью сферического волновода. Следует ожидать, что таких же размеров окажется и область фокусировки волн в антипode, и таких же

значений достигнет напряженность поля. В реальности из-за неоднородностей ионосферы и поглощения область фокусировки «размоется» на многие сотни километров, а напряженность поля будет меньше.

«Эффект антипода» хорошо известен, и упомянут даже в Википедии: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Радио>. Там же приведены два знаменитых примера: связь Эрнста Кренкеля RPX с Земли Франца-Иосифа с американской станцией в Антарктиде WFA 12 января 1930 г. и связь плота «Кон-Тики» Тура Хейердала с радиолюбителем в столице Норвегии Осло в 1947 г. Плот находился в южной экваториальной части Тихого океана (прим. 6° ю. ш. и 60° з. д.). Мощность лампового батарейного передатчика была менее 6 Вт.

В сети часто встречается картинка, заимствованная, по-моему, из учебников М. П. Долуханова «Распространение радиоволн» (рис. 3). Штриховой линией показана теоретическая зависимость напряженности поля E от расстояния D (напомню, что четверть окружности Земли составляет 10 000 км, а половина, т. е. расстояние по поверхности до антипода – 20 000 км). Сплошная линия – реальные значения.

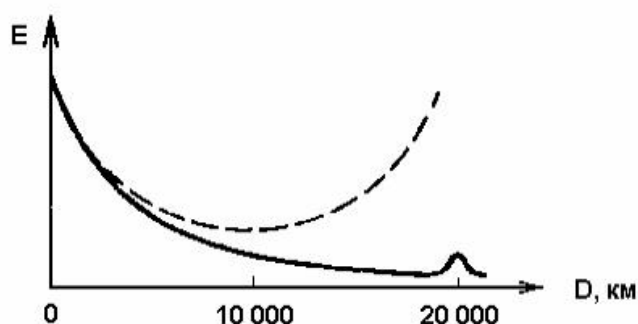


Рис. 3. Напряженность поля на СДВ

Однако, сведения из учебников относятся чаще всего к диапазону СДВ. Там созданы все условия, ведь Земля на низких частотах ведет себя подобно проводнику (токи проводимости намного больше токов смещения), а для отражения СДВ от ионосферы достаточно даже незначительной электронной концентрации.

По этой причине волна не заходит глубоко в ионосферу, а отражается от её нижней границы. Потери при распространении оказываются очень малыми. Гораздо интереснее посмотреть экспериментальный график зависимости E(D), который удалось найти в сети (рис. 4) <http://www.oifn.ru/notation/estestvennost/147/>. Где и кем проводились измерения, не знаю, хотя работа выполнена огромная – ведь надо совершить половину кругосветного путешествия, не считая обратного пути! Вполне возможно, измерения проводили в два этапа, судя по измененной частоте передатчика.

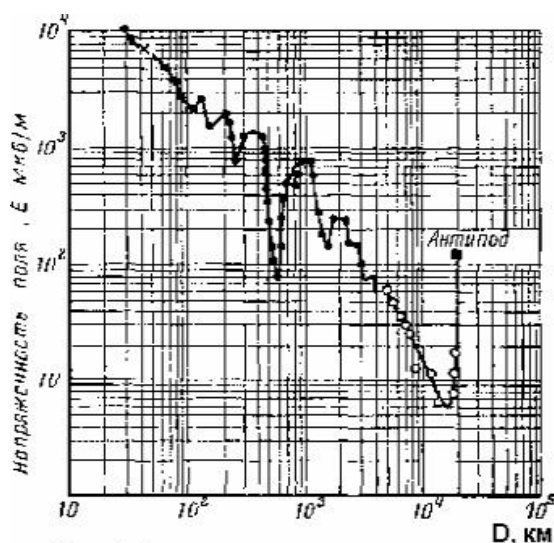


Рис. 4. Экспериментально снятая зависимость E от D. Точки 16,7 кГц, кружки 17,0 кГц.

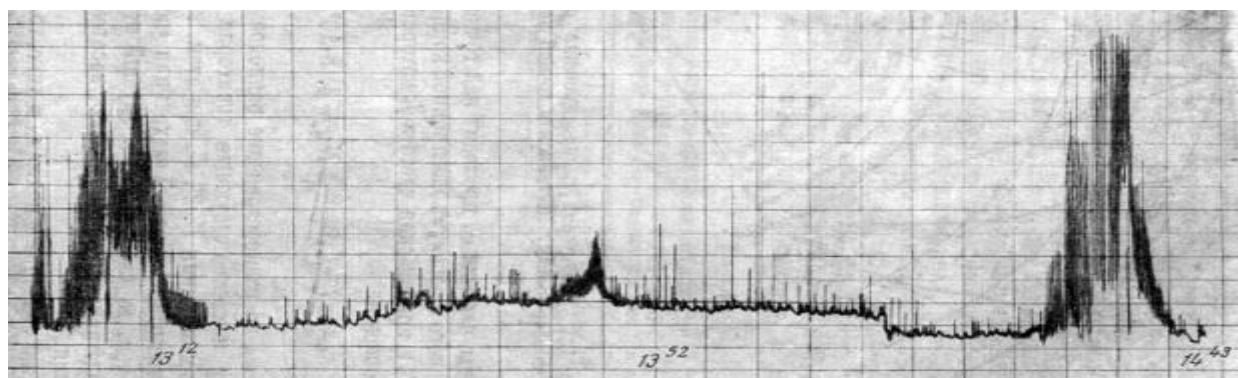
Обратите также внимание на логарифмический масштаб D – вся дальняя четверть окружности Земли уместилась в одном делении от 10^4 км до $2 \cdot 10^4$ км. А еще более далеких расстояний на Земном Шаре просто не бывает. Эффект антипода виден очень ясно – напряженность поля возросла более, чем в 10 раз по сравнению с минимальной! Еще один интересный эффект – сильные колебания уровня сигнала – виден на расстояниях от 10^2 до $3 \cdot 10^3$ км (от 100 до 3000). Это интерференция поверхностной волны, огибающей Землю за счет дифракции, с ионосферной волной, проходящей более длинный путь. Но про СДВ – в следующей

статье, а пока посмотрим, наблюдается ли эффект на КВ?

Многие коротковолновики отвечают положительно, другие сомневаются. По-видимому, все зависит от условий прохождения: если волна приходит к антиподу только по одному пути, то эффекта ожидать не приходится. Если же по нескольким, то вполне возможно сложение мощностей приходящих волн. Именно мощностей, а не амплитуд, как при обычной интерференции. Дело в том, что отдельные волны, проделавшие столь длинный путь, и подверженные случайным фазовым флуктуациям, вполне можно считать статистически независимыми, и складываются они по законам шумовых сигналов.

Для доказательства существования эффекта антипода на КВ приведу уникальную запись сигнала на частоте 20 МГц первого советского спутника, сделанную в 1957 году в поселке Мирный, в Антарктиде, <http://www.ussr.live.org/?p=717&page=4>. Напомню, что передатчик спутника на двух стержневых лампах имел мощность менее одного ватта – QRPP!

Длительность записи около двух часов. Большие всплески сигнала в начале (13⁰⁰) и в конце (14⁴⁰) записи соответствуют пролету спутника «над головой».



В середине записи (примерно 13⁴⁸) виден довольно большой всплеск сигнала. Спутник при этом находился в северном полушарии, в антипode относительно пос. Мирный. Еще любопытный момент: сигнал из северного полушария был громче, чем по соседству, из южного, и это хорошо видно на записи. Минимумы сигнала наблюдались перед пролетом спутника и сразу после него. Возможно, это соответствует обширной мертвой зоне, характерной для частот, близких к МПЧ.

Теперь мы убедились, что волноводная модель работает, и даже удовлетворительно описывает наблюдаемые явления, кроме самого главного: почему, включив трансивер, мы чаще всего не можем провести связь с Южной Америкой или Австралией, а хотелось бы... Нет, мы понимаем, что такое МПЧ, и диапазон выбираем правильно. Волны-то должны отражаться ионосферой!

Третий и самый важный экспериментальный факт, очевидный не только для радиолюбителей, но и для профессиональных радистов, и просто для слушателей дальних радиостанций на ДВ, СВ и КВ. Хорошее прохождение бывает далеко не всегда, и не везде, и отнюдь не на всех желаемых частотах. А, казалось бы, в нашей модели сферического волновода с идеально отражающими стенками, мы должны слышать все радиостанции мира, на всех частотах, на которых они только работают! И иметь возможность провести с ними 2-way QRP QSO! Этого нет, и надо искать не учтенные нами факторы, с которым приходится сталкиваться повседневно. Их, по крайней мере, два: это неидеальность стенок волновода (потери при отражении) и затухание (поглощение) волн в среде распространения.

Поглощение бывает очень большим. Пример – средние волны (СВ) или диапазоны 160 и 80 метров. Днем там дальних станций не слышно, и это объясняется сильным поглощением в слое D. Он существует только днем на высоте порядка 70 км, и его критическая частота мала, он не отражает ДВ и СВ. Но им приходится дважды пройти через этот слой, чтобы отразиться слоем E и вернуться на Землю.

Таковыми же эффектами поглощения в слоях D и E объясняется и существование НПЧ – наименьшей применимой частоты для связи на КВ. Для дальних связей остается не такой уж и широкий участок между НПЧ, зависящей от поглощения, и МПЧ – максимально применимой частотой, выше которой ионосфера вообще не отражает, и радиоволны уходят в Космос. Обе эти частоты сильно зависят от электронной концентрации N – числа электронов в кубометре пространства. Критическая частота, например, определяется по простой формуле: $f_{кр} = 9N^{1/2}$.

Что касается тропосферы и стратосферы, то там поглощение обычно мало. Действительно, воздух – хороший диэлектрик очень малой плотности. Относительная диэлектрическая проницаемость воздуха у поверхности Земли всего 1,0006, и с высотой быстро падает, проводимость мала, и потерям взяться неоткуда. Затухание начинается на волнах, соизмеримых с каплями дождя, тумана, а затем и с размерами молекул, т. е. на самых коротких сантиметровых, на миллиметровых, и в ИК диапазоне. Конечно, бывают исключения, и автору самому приходилось наблюдать сильное поглощение на ДВ и СВ в плотном, соленом, и, возможно, ионизированном морском тумане, но такие случаи редки.

Земля является хорошим отражателем только на СДВ – там она по электрическим параметрам близка к проводнику, а «шероховатости» малы по сравнению с длиной волны. На КВ уже начинают сказываться как рассеяние на неровностях (горы, холмы, деревья, морские волны), так и неполное отражение – часть энергии преломляется в среду и там поглощается.

Однако, потери при отражении от Земли и рассеяние на ее неровностях – не такой уж значительный, и хоть с трудом, но учитываемый фактор. Главный же фактор таков: по крайней мере, часть пути радиоволны проходят в ионосфере. Если говорить строго, то ионосфера не отражает, а преломляет радиоволны, искривляя и «заворачивая» их траекторию обратно к поверхности Земли. Для того чтобы «отразиться», волне необходимо пройти некоторый путь в ионосфере, а на этом пути неизбежно поглощение, иногда небольшое, иногда громадное.

Поглощение энергии, точнее переход ее из упорядоченной формы в хаотическую тепловую – один из самых фундаментальных законов Природы. Поэтому не грех уделить несколько строк выводу этого закона. Пусть откуда-то излучается поток радиоволн с напряженностью поля E_0 , как показано на **рис. 6** (ниже). Среда распространения поглощает, и на расстоянии x напряженность поля будет уже $E < E_0$. Пройдя следующий небольшой участок dx поле убавится еще на dE . Очевидно, что уменьшение поля пропорционально самой напряженности поля, коэффициенту поглощения δ и толщине участка dx . $dE = -E \cdot \delta \cdot dx$. Относительное уменьшение потока:

$$\frac{dE}{E} = -\delta \cdot dx.$$

Решить это дифференциальное уравнение с уже разделёнными переменными очень просто – интегрированием:

$$\ln \frac{E}{E_0} = -\delta \cdot x, \text{ потенцируя, получаем } E = E_0 \cdot e^{-\delta x}.$$

Подобный же экспоненциальный закон справедлив для громадного числа природных явлений: так же затухает звук, так же уменьшается амплитуда колебаний маятника, напряжения в колебательном контуре, давление воздуха с высотой (лишь вместо E надо подставить соответствующее обозначение, а вместо x – t или h). Так же затухают и волны в коаксиальном кабеле, двухпроводной линии, или любых других линиях передачи.

С затуханием сигналов столкнулись сразу же после прокладки первых телеграфных, потом телефонных линий полтора века назад. Рассчитывать затухание «в разгах», по формуле $L = e^{-\delta x}$ оказалось очень неудобно. Зато логарифм затухания прямо пропорционален коэффициенту поглощения δ и расстоянию x . Поэтому затухание стали считать в неперах, а δ – в неперах на метр или километр. Но мы привыкли к десятичным логарифмам, и тогда ввели новую единицу Бел (в честь изобретателя телефона Александра Белла). Она оказалась довольно крупной, и чаще используют её десятую часть – децибел.

Итак: $L(\text{Нен}) = \ln \frac{E}{E_0} = -\delta(\text{Нен}/\text{км}) \cdot x(\text{км})$ или $L(\text{дБ}) = 20 \lg \frac{E}{E_0} = -\delta(\text{дБ}/\text{км}) \cdot x(\text{км})$.

Коэффициент перевода неперов в децибелы очень прост: $1 \text{ Н} = 8,7 \text{ дБ}$.

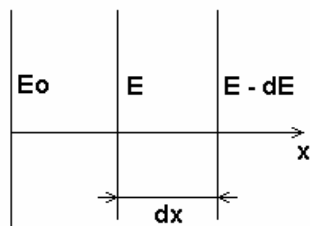


Рис. 6

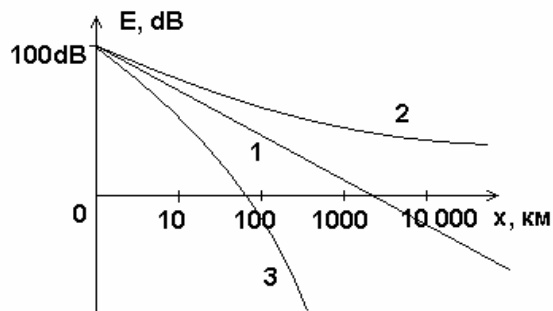


Рис. 7

Экспоненциальный закон затухания гораздо «сильнее», чем выведенный выше закон ослабления волн в волноводе Земля – ионосфера, и даже сильнее закона ослабления в свободном пространстве. Судите сами: даже при мизерном затухании $0,1 \text{ дБ/км}$ потери составят 10 дБ на 100 км и 100 дБ на 1000 км , при том, что максимальное суммарное затухание, которое может перекрыть наша QRP станция, составляет около 120 дБ (разница между напряжением 5 В на антенне передатчика и 5 мкВ на входе приемника).

Для иллюстрации на рис. 7 представлены ориентировочные графики ослабления сигнала в зависимости от расстояния (в логарифмическом масштабе) для свободного пространства (прямая 1), для волновода Земля – ионосфера (кривая 2), и для учета затухания по закону $L \text{ дБ} = -\delta x$ без учета других факторов (кривая 3), причем δ положено чуть больше 1 дБ/км . Полное ослабление сигнала в реальности получается суммированием затуханий, определяемых кривыми 2 и 3.

Теперь мы убедились, что затухание в ионосфере – главный фактор, мешающий глобальной связи на КВ. Затухание мало при двух обстоятельствах: либо мал путь

х, проходимый волной в толще ионосферы, либо мал коэффициент поглощения δ . Первый случай реализуется на СДВ, второй требует более подробного анализа.

В падающей на ионосферу волне вектор напряженности поля E колеблется по синусоидальному закону $E = A \cos \omega t$ с частотой передатчика. Электроны ионосферы испытывают силу $F = eE$ и приходят в колебательное движение с ускорением, пропорциональным E . Скорость электронов пропорциональна интегралу от ускорения, т. е. A/ω , а путь, проходимый ими, интегралу от скорости, т. е. A/ω^2 . Потери энергии происходят при столкновениях легких электронов с тяжелыми ионами или нейтральными атомами. Вероятность таких столкновений тем больше, чем больший путь проходят электроны под действием поля падающей волны. Таким образом, мы приходим к выводу, что коэффициент поглощения в ионосфере обратно пропорционален квадрату частоты:

$$\delta \approx \frac{1}{\omega^2} \approx \frac{1}{f^2}.$$

Чем выше частота, тем меньше поглощение! Причем зависимость сильная.

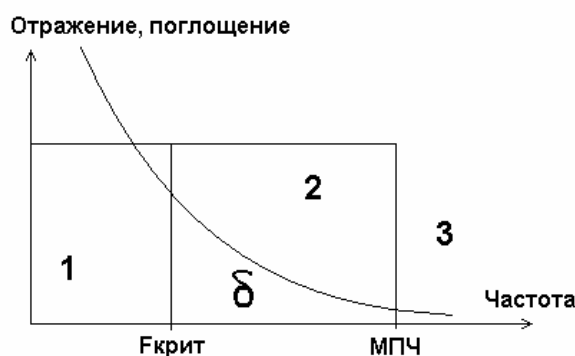


Рис. 8

Главные особенности ионосферного распространения радиоволн схематически попытаемся отобразить **рис. 8**. Прямыми линиями ограничены частотные области, где существует отражение от ионосферы. В области 1, на частотах ниже критической частоты слоя $F_{\text{крит}}$, отражаются все волны, падающие на ионосферу под любым углом. Мертвой зоны нет, но поглощение в ионосфере значительно. Для местных NVIS связей (при близком к вертикальному падению лучей на ионосферу) выгодны частоты чуть ниже критической — там коэффициент поглощения минимален. Однако путь волны в слое не мал — половина его толщины, потому что волны с $F_{\text{крит}}$ отражаются от места в слое с максимальной электронной концентрацией N_{max} . Теория доказывает, что $F_{\text{крит}} = 9 \cdot \sqrt{N_{\text{max}}}$.

Уровень отраженного сигнала тем больше, чем резче выражена нижняя граница слоя. Для «толстых» и «рыхлых» слоев затухание может возрасти вплоть до полного пропадания сигнала.

В области 2 (рис. 8) отражаются только наклонные лучи, вертикально посланные лучи пронизывают ионосферу и уходят в Космос. Существует мертвая зона, она тем шире, чем выше частота. На частотах, близких к МПЧ, отражаются только лучи, касательные к горизонту, а поглощение минимально. Именно эти частоты лучше всего подходят для дальних связей.

Наконец, в области 3 ионосфера вообще не отражает, и все без исключения лучи уходят в Космос. Это характерно для УКВ, дециметровых, сантиметровых и еще

более коротких волн. Они беспрепятственно проходят ионосферу, практически не испытывая поглощения, на этот факт указывает вид кривой коэффициента поглощения $\delta \approx 1/f^2$. Наблюдается лишь вращение плоскости поляризации.

В ионосфере существует своя «погода», не менее, а скорее более изменчивая, чем на Земле. Ведь ионосфера является «форпостом» Земли, принимая на себя удары солнечных бурь, потоков космических частиц, и обеспечивая на поверхности Земли довольно комфортные условия существования. **CQ-QRP # 41**

Некоторые особенности распространения радиоволн диапазона 136 кГц.

Александр Кудрявцев RN3AUS

Любительский диапазон ДВ 136 кГц стал доступен радиолюбителям более 10 лет назад. Накопленный опыт зарубежных и российских любителей ДВ, а также некоторые собственные исследования автора дают основание полагать, что и здесь, подобно 160 м, не все так просто, как это представляется на первый взгляд.

Обычно считается, что распространение радиоволн диапазона ДВ устойчивое и предсказуемое, почти «скучное»; для связи на большие расстояния нужны мощные передатчики с огромными антеннами.

Радиолюбители имеют значительно более скромные возможности, излучаемая мощность часто меньше 1 Ватта (QRPP!), тем не менее, были успешно проведены QSO/SWL на дальности многих тысяч километров, в том числе и между антиподами [1].

Рассмотрим кратко основные механизмы, оказывающие влияние на распространение ДВ и те кратковременные эффекты, нехарактерные для обычных условий, использование которых может позволить установить радиосвязь на дальних и сверхдальних дистанциях.

Поверхностные волны. В отличие от высоких частот, на ДВ земная волна не испытывает значительного поглощения, поэтому отсутствует "мертвая зона", за исключением случая, когда передатчик имеет очень малую мощность. Земная волна обнаруживается на расстоянии до 2000 км.

Пространственные волны. В дневное время отражение ДВ от ионосферы происходит на высотах около 50 км, что соответствует нижней границе слоя D. Ночью отражающая граница располагается уже на высоте 100 км (слой E). Расстояние одного ионосферного скачка для волны, распространяющейся по касательной к земной поверхности, днем равняется примерно 1000 км, ночью 2000 км. Путь, проходимый радиоволной в плазме, невелик и эффект Фарадея практически не наблюдается. Пространственные волны начинают обнаруживаться, начиная с расстояния немного меньше 300 км. На расстоянии около 700 км ионосферная и земная волны имеют примерно равную амплитуду. В результате их интерференции возникают медленные замирания. На больших расстояниях преобладает пространственная волна.

Значительное влияние на силу сигнала на дальних трассах оказывают свойства «подстилающей» поверхности. Волна, распространяющаяся под малым углом к горизонту, не столько «отражается» от земной поверхности, сколько «скользит» вдоль нее. Поэтому холмистая или гористая местность в точке «касания»

вызывает ослабление сигнала примерно в два раза большее, чем ровная поверхность. Конечно же, наилучшее распространение имеет место над океаном.

ДВ радиотрасса может состоять из нескольких ионосферных скачков. Сигнал VO1NA достигает Москвы (5900 км) за три скачка. Сигнал DK7FC был принят в Австралии VK1SV и в Тасмании VK2DDI 15-16 марта 2012 г, дистанция свыше 16500 км (8 или 9 скачков). При этом длительность периода, когда прием был возможен, составляла около часа.

Следить за прохождением можно, наблюдая сигналы мощных служебных ДВ радиостанций, работающих на частотах, вплотную прилегающих к любительскому ДВ диапазону. Это DCF39 (138830,4 Гц, Германия, Магдебург, 40 кВт) и HGA22 (135430,0 Гц, Венгрия, Lakihegy, 200 кВт). Они передают сигналы в телетайпном режиме (200 бод, разнос 340 Гц), при этом большую часть времени излучается несущая. С помощью программы [Spectrum Lab](#) можно вести запись графиков силы сигналов этих станций в течение длительного времени [2]. Ночью DCF39 и HGA22 принимаются на слух не только в Европейской части России (где они слышны и днем), но даже и на удалении до 6000 км, как это было во время “LF-DX-peditions” RN3AUS в Уганде и Монголии [3] и DF6NM в Южной Индии.

Суточный цикл. В дневное время дальность связи ограничена примерно 2000 км (два дневных скачка), вследствие значительного поглощения ионосферной волны при каждом отражении в слое D. В утренние часы летом нередко складываются благоприятные условия для проведения местных, до нескольких сотен километров, телеграфных связей (CW), так как дальнейшее прохождение отсутствует, и уровень шумов и тресков от далеких гроз снижается.

После захода Солнца уровень сигналов существенно возрастает, нередко на 30 дБ. Пик прохождения приходится на предрассветные часы, когда сигнал может дополнительно возрасти на 5-10 дБ. Наилучшие результаты достигаются на трассах, целиком находящихся на неосвещенной части земной поверхности. На восходе и закате бывают короткие, порядка 5...10 минут, но глубокие минимумы принимаемого сигнала. На **рис. 1** показан пример суточного хода сигнала.

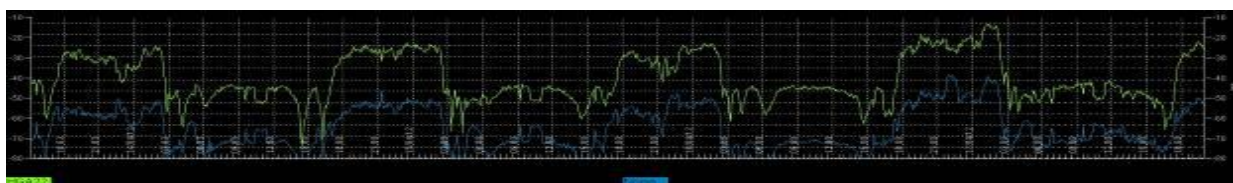


Рис. 1

На сверхдальних трассах (более 5000 км) в течение ночи также обычно наблюдаются медленные глубокие замирания с узкими минимумами, следующими с периодом 1...3 часа. Так как на таких дальностях земной волны уже нет, интерференция может происходить между волнами, совершившими различное число скачков.

Пока что остается открытым вопрос о роли «сумеречного пояса» в распространении ДВ. Тем не менее, VO1NA был мною впервые принят, когда оба конца радиотрассы находились в зоне «серой линии».

Годичный цикл. Наилучшие условия на ДВ складываются в период от осеннего до весеннего равноденствия (осень-зима-весна). Именно в это время удаются самые дальние QSO/SWL, эфир кристально чист и прозрачен. Зимней ночью удается принимать CW на слух на дальности более 2 тысяч км. Применение QRSS позволяет проводить и межконтинентальные связи.

Весной и осенью в дни равноденствия возможно сверхдальнее прохождение между северным и южным полушариями.

Наблюдения показали, что и летом присутствует вполне приличное ночное прохождение, мною были успешно приняты QRSS сигналы любительских радиостанций (DK7FC, DF6NM, PA0A, UA4WPF), удаленных от 900 до 2200 км от места приема, то есть всех, кто был в эфире в это время. Уровень дневного сигнала летом лучше, чем зимой, так как Солнце создает более высокую ионизацию слоя D и пространственная волна выражена сильнее. Конечно, продолжительность темного времени суток летом меньше и некоторые трассы не могут целиком находиться на неосвещенной стороне Земли, особенно в месяцы летнего солнцестояния (июнь-июль). Летом ночью высок уровень «статики», то есть помех от частых грозных разрядов. Это затрудняет слуховой прием, но QRSS и цифровые режимы могут с успехом использоваться, если разряды не идут «сплошной стеной».

11-летний солнечный цикл. Замечено, что во время «мертвого» солнечного затишья прохождение на ДВ не самое лучшее. Ночные сигналы во время длительного отсутствия геомагнитных возмущений в минимуме цикла оказываются ниже ожидаемого уровня, что может быть связано с настолько малой ионизацией слоя E, что он становится частично прозрачным для 136 кГц и часть мощности сигнала «вытекает наружу». В этих условиях после небольшого геомагнитного возмущения, соответствующего $K_p = 4$, может резко улучшиться прохождение и будут достигнуты рекордные уровни сигналов на дальних трассах.

В годы активного солнца высокий уровень потока солнечного излучения в дневное время способствует возникновению сильной пространственной волны на трассах порядка 1000 км, уровень сигнала на 10 дБ превосходит уровень, обычно достигаемый в годы минимума.

Пик геомагнитных событий приходится, по-видимому, на год или два после максимума 11-летнего цикла. Магнитные бури случаются и в спокойные годы, но интервал между ними длиннее, так что прохождение ДВ успевает прийти в обычное состояние.

Рассмотрим теперь влияние различных проявлений солнечной активности на распространение ДВ.

Солнечные вспышки (Flares). Они нередко происходят в максимуме солнечного цикла, когда за короткое время значительно увеличивается интенсивность рентгеновского и ультрафиолетового излучения, излучаемого Солнцем. Вспышка оказывает немедленное влияние только на освещенную в этот момент сторону земного шара. Сильные вспышки нарушают КВ-радиосвязь, но для ДВ эффект обычно противоположный. Интенсивное излучение увеличивает ионизацию настолько, что «переводит» слой D из состояния поглощения, обычного в нормальных условиях, в состояние, когда он начинает хорошо отражать ДВ радиоволны. В результате возникает пик прохождения длительностью единицы-десятки минут, сила сигнала возрастает примерно на 10 дБ. Когда вспышка ослабевает, поглощение возвращается.

Возмущения магнитного поля Солнца, порожденные вспышкой, приводят к выбросу огромных облаков ионизированного газа (плазмы), получивших название **CME (coronal mass ejection)**. Через 36-56 часов плазма достигает окрестностей Земли. Плазма несет с собой магнитное поле, которое вступает во взаимодействие с магнитным полем Земли, начинается геомагнитная буря.

Геомагнитной бурей называются кратковременные интенсивные вариации магнитного поля Земли, на основании измерений которых вычисляется планетарный индекс Кр, принимающий значения от 0 до 9. При Кр = 0...3 состояние геомагнитного поля считается спокойным, при Кр = 4...5 – слабовозмущенным, а при Кр = 6 и выше возмущения считаются сильными. Текущее значение индекса Кр можно узнать в Интернете [4].

Заряженные частицы могут вторгаться в атмосферу Земли в районе магнитных полюсов, вызывая **полярное сияние**. Если радиотрасса проходит через эту зону, будет наблюдаться сильное поглощение ДВ-радиосигнала (до 50 дБ).

Большая же часть плазменного облака «обтекает» магнитосферу и сметается мимо Земли, где затем, преодолев нескольких миллионов километров, втягивается в так называемый нейтральный слой в длинном «хвосте» магнитосферы с противоположной Солнцу стороны Земли. Происходит захват частиц геомагнитным полем и формирование радиационных поясов, где эти частицы под действием силы Лоренца совершают сложное колебательное движение от полюса к полюсу по спиральным траекториям, «закрученным» вдоль силовых линий магнитного поля. Кроме того, эффект Холла вызывает постепенный дрейф частиц параллельно магнитному экватору, при этом электроны дрейфуют в восточном направлении, ионы - в западном.

Вместе эти кольца циркулирующих зарядов создают так называемый **экваториальный кольцевой ток**, представляющий собой своего рода «резервуар» для заряженных частиц, который истекает в ионосферу на дневной стороне, где магнитосфера деформирована под давлением солнечного ветра. Поэтому последствия геомагнитной бури будут ощущаться до тех пор, пока кольцевой ток не «истощится» (от нескольких до 28 дней). Количество заряженных частиц в экваториальном кольцевом токе можно определить путем измерения генерируемого им магнитного поля. Результаты этих измерений выражают с помощью индекса Dst (Disturbance Storm Time) [5].

Облака плазмы также возникают вследствие магнитных возмущений в атмосфере Солнца, получивших название «корональных дыр». В то время как события, связанные со вспышками, преобладают в годы максимума солнечной активности, корональные дыры возникают на протяжении всего солнечного цикла, включая периоды, когда на поверхности Солнца полностью отсутствуют пятна.

Прибытие облаков плазмы предшествует началу периода плохого прохождения на КВ вследствие их повышенного поглощения в слое D; любительские диапазоны пустеют. На ДВ эффект несколько отличается. Дневные сигналы на расстоянии до 2000 км могут возрасти на 10-12 дБ относительно нормального уровня. В ночное время, наоборот, уровень сигнала может уменьшиться на 10-20 дБ.

Прогнозирование. Пока что удается более или менее уверенно предсказывать, наблюдая за индексами Кр и Dst, только ухудшение ночного прохождения ДВ.

Начало магнитной бури соответствует резкому возрастанию индекса Кр от значений 0...3 до 4...9. Спустя несколько часов индекс Кр возвращается к «спокойному» состоянию. Эффект от бури может не ощущаться на ДВ примерно 2 дня в средних широтах, несмотря на случающиеся авроры в день столкновения.

Малое значение индекса Кр не является индикатором хорошего прохождения на ДВ, так как опустошение «электронного резервуара» экваториального кольцевого тока будет происходить еще несколько дней после окончания бури, когда Кр уже давно вернулся к «спокойному» состоянию. Здесь удобнее использовать индекс

Dst, который отображает степень наполненности этого «резервуара». Индекс Dst меняется в диапазоне от 20...40 нТ в спокойных условиях до 100...400 нТ после интенсивного шторма. Его возврат к малым значениям означает «истощение» экваториального тока и восстановление обычных условий прохождения.

Пока что не выявлено признаков, позволяющих уверенно предсказывать улучшение прохождения ДВ относительно нормального уровня. Существует некоторая, не очень сильная, взаимосвязь между небольшими вариациями невозмущенного индекса Kp (0...2) и возникающими спустя двое суток случаями сверхдальнего прохождения. По-видимому, этот эффект выражен только на многоскачковых трассах в зимнее время. Такие колебания индекса Kp соответствуют слабым пульсациям спокойной магнитосферы, что приводит к постепенному осаждению и на вторые-третьи сутки выпадению электронов кольцевого тока в ионосферу. В спокойное время частиц в нем немного и их выпадение не приводит к увеличению поглощения радиоволн, наоборот, может улучшиться отражение от слоя E. Такие благоприятные обстоятельства складываются, однако, не всегда, а в одном-двух случаях из трех [6].

К сожалению, отсутствуют сведения о прохождении ДВ на антарктических трассах, так как никогда еще на этом континенте не был включен любительский ДВ-приемник. Не заинтересуется ли кто-то из радиолюбителей-полярников экспериментами на ДВ?

Многие материалы взяты с сайта Alan Melia G3NYK [7]. Более подробно о процессах в магнитосфере можно узнать в [8, 9].

Послесловие.

Таким образом, в целом механизм воздействия возмущений магнитосферы на ДВ-прохождение с научной точки зрения понятен. Но как только дело касается практической работы на ДВ, сразу ощущается нехватка прогностических возможностей существующей модели. Так, например, интересный эффект наблюдался в моей недавней монгольской экспедиции. Сигналы любительских станций, преодолевшие два-три скачка, принимались в течение нескольких ночных часов и не непрерывно, а лишь короткими «всплесками» длительностью порядка нескольких минут. В другие ночи эти станции пробиться не смогли, несмотря на отсутствие каких-либо отличий в состоянии геомагнитной активности.

Интересен был и сам прием, и поиск на спектрограммах следов таких «сигналов-призраков». Было похоже, что здесь положительную роль сыграл многолучевой характер распространения ДВ на этих трассах. Видимо, сигналы были настолько слабы, что непосредственно не могли быть зафиксированы, даже с использованием самых изощренных DSP-технологий.

Но, случайное сложение интерферирующих многолучевых компонент (отмечалось наличие двух лучей примерно равной амплитуды и третьего более слабого луча) в какой-то момент времени увеличивало силу сигнала на несколько децибел, которых «не хватало», чтобы он вдруг появился в виде слабой черточки на спектрограмме [10]. Тем не менее, почему одна из станций (RN3AGC) пробилась, а другая, с не меньшей энергетикой и расположенная всего в трехстах километрах от нее (RA3YO), не зафиксирована, объяснить трудно.

Также совершенно не исследовано влияние погодных и грозových процессов на распространение ДВ. Есть основание полагать, что такое влияние есть – вспомним ряд наблюдений «длинноволновиков» двадцатых годов прошлого века.

Механизм такого влияния может быть связан с малоизученными «спрайтами» и «джетами» грозовых разрядов, которые могут затрагивать и локально возмущать ионосферу. А ведь для ДВ отмечена большая чувствительность к малейшим ионосферным вариациям, особенно при малой ее средней концентрации (солнечный минимум, зима).

Нужно продолжать работать и наблюдать на этом интереснейшем диапазоне, пусть количество QSO получается небольшим, зато их ценность, в том числе и научная, весьма значительна.

Не так давно мне довелось пообщаться с крупным специалистом ИЗМИРАН, профессором Резниковым А.Е. Он в целом подтвердил правильность имеющихся представлений о распространении ДВ, отметив несколько интересных моментов.

Оказывается, длинноволновое радиоизлучение, падающее по нормали на ионосферу (вертикально вверх), может глубоко проникать в нее и даже выходить в космическое пространство! Благоприятные условия для этого возникают, когда нижняя граница ионосферы достаточно резкая, и градиент электронной концентрации большой. В этом случае ДВ излучение, благодаря большой длине волны, способно как бы «перепрыгнуть» эту границу, не испытав отражения.

Второй факт – для частот любительского ДВ диапазона (136 кГц) должен отсутствовать эффект захвата волны геомагнитным полем (нет эффекта распространения в магнитосопряженную точку).

В третьих, чрезвычайно сильное влияние оказывают свойства подстилающей поверхности. Как известно, ДВ-радиоволны проникают в толщу грунта на многие десятки метров. Грунт – сложная многослойная структура с меняющейся проводимостью и диэлектрической проницаемостью. Учесть в расчетах удается только некоторые усредненные крупномасштабные его характеристики. (Помните, в 50-х годах с помощью радиолюбителей составлялась всесоюзная карта проводимости почв?)

И последнее – по словам этого крупного ученого, какие либо исследования в этой области в нашей стране не проводятся уже лет двадцать, и недавно умер последний специалист по распространению ДВ...

Литература:

1. http://136.73.ru/h_qso/index.htm
2. http://rn3aus.narod.ru/Plotter_SpecLab.rar
3. <http://rn3aus.narod.ru/uganda>
4. Индекс Kp http://www.thesis.lebedev.ru/magnetic_storms.html
5. Индекс Dst http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/presentmonth/index.html
6. Форум: «Прохождение на ДВ» <http://136.su/forum/index.php?topic=80.0>
7. <http://www.alan.melia.btinternet.co.uk>
8. Бочкарев Н.Г. «Магнитные поля в космосе». Изд. 2-е, доп. - М.: Книжный дом «Либроком», 2011. - 216 с.
9. Земной магнетизм: Учебное пособие/ Л.В.Тарасов – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012.-184 с.
<http://rn3aus.narod.ru/mongolia/index.htm>

Простая Feld Hell приставка к CW передатчику

Александр Кравец RZ6HAP

Радиолюбители, работающие QRP или QRPP, часто используют простейшие телеграфные передатчики. Некоторые из них состоят всего из одного транзистора, работающего в схеме кварцевого генератора. Казалось бы, такие аппараты не пригодны для цифровой связи, но на самом деле практически любой из них можно использовать в связке с компьютером. Причем к CW конструкции надо добавить всего 8 деталей! Это, без преувеличения, простейший вариант цифровой передачи.

Называется он **Hellschreiber**. Есть несколько разновидностей. Самая популярная мода – **Feld Hell**. Она представляет собой передачу символов, состоящих из определенных «точек». Принцип прост: Если есть радиосигнал — отображается черный пиксель; нет сигнала — белый. Или наоборот, в зависимости от настройки программы... Каждый символ, как правило, передается матрицей размером 7 на 14 точек, где 7 «пикселей» по ширине, и 14 по высоте. Каждый символ передается снизу-вверх, начиная с левой первой колонки, и так далее, до правой седьмой.

Манипулируя телеграфный передатчик в соответствии с описанным алгоритмом, можно получить на выходе цифровой сигнал. Таким образом, задача состоит в том, чтобы параллельно разъему CW-ключа подключить схему, работающую в качестве электронного ключа по алгоритму, зависящему от передаваемого символа.

Для приема и передачи сигналов Feld Hell используют специальные компьютерные программы. В режиме передачи они формируют низкочастотный сигнал, который предназначен для подачи на микрофонный вход SSB передатчика (трансивера). Но, если этот звуковой сигнал снять со звуковой карты компьютера с выхода «Speaker» (где сигнал относительно сильный), выпрямить его, и подать на базу составного транзистора, то получится тот самый заветный ключ, манипулирующий CW TX.

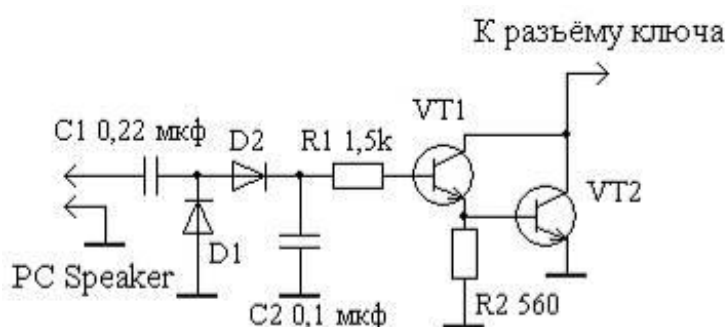


Рис. 1

Рабочая схема такой приставки к телеграфному передатчику приведена на **рис. 1**.

Диоды – КД521, но годятся любые похожие. Транзисторы VT1, VT2 – КТ315. На месте VT2 можно использовать КТ503. Если приставка будет коммутировать большой ток (но не более, предельного тока коллектора VT2), то в цепи коллектора VT1 желательно

поставить резистор в 100-200 Ом. Емкость конденсатора C1 – от 0,22 до 1 мкф. Пожалуй, единственный критичный элемент – конденсатор C2. Его емкость подбиралась с помощью осциллографа. При малой емкости C2 звуковая частота после выпрямления не будет достаточно сглажена (вершина импульса не будет горизонтальной), а при большой емкости фронт и спад будут слишком пологие. При конденсаторе 0,1 мкФ достигнут оптимум.

Следует отметить, что CW передатчик должен иметь сглаживающую RC-цепочку, которая устраняет жесткую манипуляцию. Для этой цели удобно применять схему телеграфной манипуляции, выполненную так, как в популярном CW TX "ONER".

Для визуального наблюдения за цифровой манипуляцией желательно использовать цепочку из светодиода и резистора, подключенных параллельно цепи питания манипулируемого каскада. Светодиод будет мерцать, указывая на достаточный уровень управляющего сигнала.

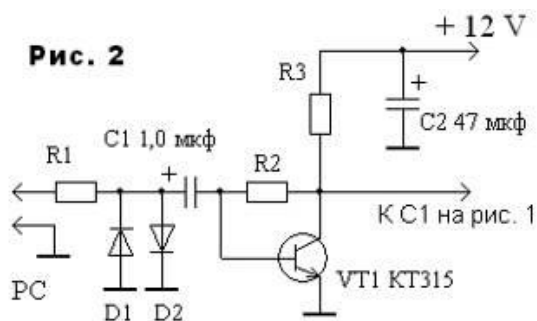


Рис. 2

R1 - 1 К
R2 - 560 К
R3 - 6,8 К
D1, D2 - КД521

Чтобы вместо выхода «Speaker» использовать линейный выход звуковой карты, необходим дополнительный усилитель на одном транзисторе. Полезно использовать на входе ограничитель на встречно-параллельных кремниевых диодах (рис. 2). В этом случае Feld Hell приставка будет менее чувствительна к изменению уровня входного сигнала.

Уровень звукового сигнала на линейном выходе звуковой карты выставляется в настройках компьютера. На фото ниже показано собранное устройство с предусилителем.

Для проверки работы приставки удобно использовать mp3-плеер. На него предварительно записывается файл со звуковым сигналом Feld Hell. Подключив к плееру вместо наушников соединительный шнур и выбрав оптимальную громкость в плеере, можно излучать цифровой сигнал. Принимать его следует, разумеется, с помощью приемника и компьютера с соответствующей программой. Автор использовал удобную, простую, бесплатную программу «Hellschreiber» от IZ8BLY.



Учитывая простоту конструкции данный режим можно рекомендовать для радиокружков с целью быстрого практического ознакомления с цифровой связью. По субъективному мнению, Feld Hell должен бы стать любимым цифровым режимом для любителей простых конструкций. Ведь добавив небольшую плату, можно получить простейший цифровой передатчик (трансивер). И ваш CW QRP TX в глазах окружающих будет выглядеть еще более значимым!..

Подробную информацию про Feld Hell можно получить на сайтах:

<http://www.qsl.net/zl1bpu/HELL/Feld.htm>

<https://sites.google.com/site/feldhellclub/Home/feld-hell-faq>

Посмотреть видео можно на Youtube:

<http://www.youtube.com/watch?v=BcReJD2uqg>

<http://www.youtube.com/watch?v=yR-EmyEBVqA>

http://www.youtube.com/watch?v=D1oZKto_tqk

<http://www.youtube.com/watch?v=N3p9kTPIRHE>

CQ-QRP # 41

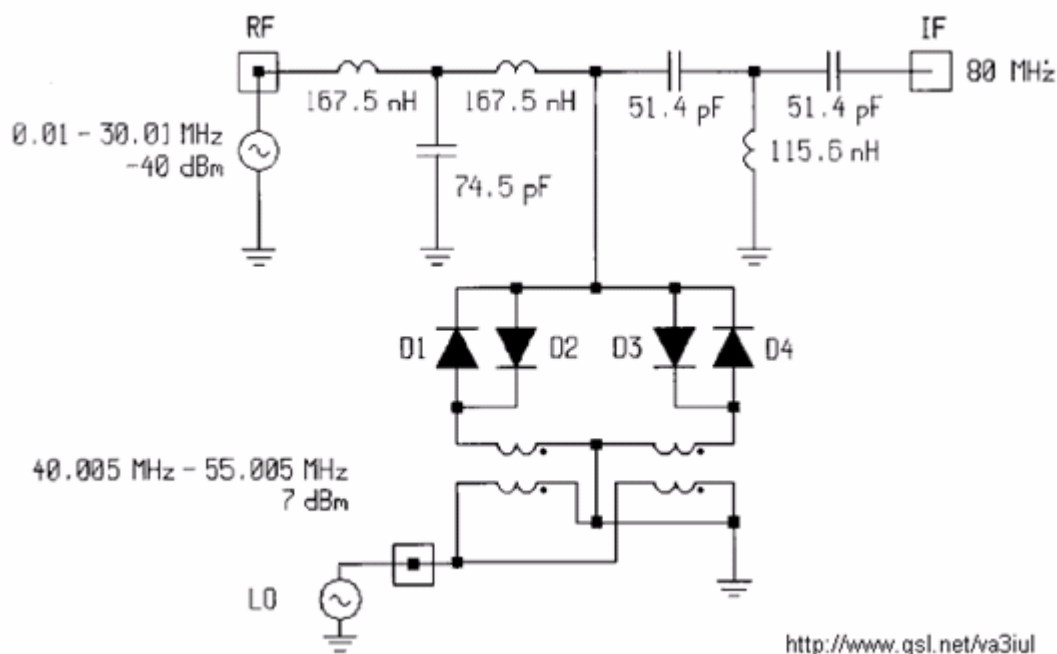
ВЧ смеситель на ВПД

Julian Rosu VA3IUL

Смеситель предназначен для широкополосного приемника с высокой первой ПЧ (80 МГц). Применение встречно-параллельных диодов (ВПД) позволило вдвое понизить частоту гетеродина. В результате диапазон перестройки гетеродина оказался выше максимальной принимаемой частоты, но ниже первой ПЧ. В то же время гармоники гетеродина не попадают в полосу пропускания ФПЧ1.

Схема смесителя опубликована на сайте автора безо всякого сопроводительного текста, поэтому главный редактор счел возможным написать этот текст, тем более, что имеет некоторое отношение к изобретению данного смесителя (hi).

http://www.qsl.net/va3iul/Homebrew_RF_Circuit_Design_Ideas/HF_Subharmonic_Mixer.gif



Как видим, на выходе смесителя выделяется разностная частота $IF = 2F_{гет} - F_c = 80$ МГц. Это и позволяет проектировать гетеродин или синтезатор (LO) на сравнительно низкие частоты 40,005 – 55 МГц. Диапазон частот сигнала при этом получается от 10 кГц до 30 МГц.

Смеситель выполнен по параллельной схеме, т. е. по сути, замыкает цепь сигнала на землю дважды за период гетеродинного напряжения, на пиках положительной и отрицательной полуволн. Требуемая мощность гетеродина не более 5 мВт. Он дважды балансный благодаря ВПД и симметрирующему трансформатору в цепи гетеродина. Трансформатор выполняется по обычной широкополосной ВЧ технологии на ферритовом колечке или «бинокле».

По цепи сигнала смеситель согласован Т-образными ФНЧ на входе и ФВЧ на выходе ПЧ. Очевидно, судя по точности номиналов элементов, они рассчитаны в MathCad или подобной программе, позволяющей проектировать фильтры.

Остальные элементы приемника – преселектор, тракты первой и последующих ПЧ, гетеродин или синтезатор могут быть, разумеется, любыми.

CQ-QRP # 41

Нестабильности транзисторных усилителей – некоторые советы

Doug DeMaw W1FB

Однажды мой знакомый, опытный экспериментатор, заметил: «Кажется, что мои усилители всегда возбуждаются, а мои генераторы отказываются это делать». Я подтверждаю, что и в моих схемах часто происходит то же самое, и наладка требует немало терпения. Поведение генераторов, которые не возбуждаются, и усилителей, которые генерируют, зависит от коэффициента обратной связи (ОС) в устройстве. Слишком малая ОС не позволяет генератору самовозбудиться, в то время, как слишком большая паразитная ОС заставляет возбуждаться усилители.

Излишняя ОС в генераторе тоже нарушает его нормальную работу, вызывая прерывистое возбуждение и генерацию побочных частот. Проблемы генераторов решаются проще, поскольку в них имеются средства для регулирования ОС, чтобы получить желаемые характеристики. Здесь мы подробнее разберем проблемы стабилизации транзисторных усилителей мощности.

Что вызывает нестабильность?

Идеальный РЧ усилитель должен быть абсолютно стабильным и не самовозбуждаться при номинальной нагрузке, при разомкнутом или замкнутом накоротко выходе, и при любых других промежуточных импедансах нагрузки. Такой усилитель трудно спроектировать, особенно, если он должен работать в широком диапазоне частот, таком как 1,8 – 30 МГц. Тяжелее всего это сделать в многочастотном узкополосном усилителе на биполярных транзисторах, поскольку их усиление значительно растет при понижении частоты. Подобные усилители могут давать усиление 10 дБ на 30 МГц, и более 20 дБ на 3,5 МГц.

Чем больше усиление, тем труднее добиться стабильности, поскольку увеличивается положительная паразитная ОС с выхода на вход, которая и может вызвать самовозбуждение. При положительной обратной связи (ПОС) сигнал имеет одинаковую фазу на обоих портах усилителя. Отрицательная обратная связь (ООС), когда сигналы на входе и выходе противофазные, не вызывает самовозбуждения и используется в некоторых усилителях для предотвращения нестабильности. ПОС увеличивает усиление, тогда как ООС уменьшает усиление пропорционально той части выходной мощности, которая отводится в цепь ООС. Большинство широкополосных усилителей используют ООС в том или ином виде, поэтому их эффективность меньше, чем у усилителей без ОС.

Обычные пути для паразитной ОС.

Имея внутренние емкости и сопротивления (например, с коллектора на базу) биполярный транзистор неизбежно передает часть выходной мощности во входную (базовую) цепь. В низкоимпедансных схемах это вряд ли может создать проблемы, поскольку амплитуда напряжения обратной связи на малом сопротивлении оказывается минимальной. Но если усилитель неправильно нагружен, или по каким то причинам спроектирован так, чтобы возбуждаться от высокоимпедансной цепи, чёткий самовозбуждения выскакивает с большой вероятностью. Легко можно заключить, что ОС с коллектора на базу допустима, поскольку на этих выводах транзистора сигналы должны быть противофазными. К несчастью внутреннее полное сопротивление (импеданс) транзистора может дать достаточный фазовый сдвиг, чтобы превратить внутреннюю ОС в положительную

(фазовый сдвиг в цепи ОС сильно зависит также и от импедансов цепей, подключенных к этим выводам транзистора – *прим. ред.*). Проблема с меньшей вероятностью проявляется при использовании полевых транзисторов, поскольку они имеют меньшее внутреннее сопротивление, чем их биполярные собратья. Внутренняя емкость у них тоже меньше.

Цепь ПОС может замкнуться также по внешним путям, и это обычная причина самовозбуждения. Паразитная емкостная связь между входным и выходным портами усилителя должна быть минимизирована для достижения стабильности. Нежелательный ВЧ ток ОС может течь по земляным дорожкам печатной платы, или по шине питания. ПОС может охватывать не только один каскад, но может включать два или три усилителя в одном конструктивном блоке. Например, данный усилитель может быть абсолютно стабильным сам по себе, но эта стабильность исчезает при подключении предоконечного каскада (драйвера). Происходит это потому, что сигнал ОС может наводиться с одного каскада на предыдущий, или даже на каскад, стоящий еще раньше, если только каскады не развязаны хорошо по цепи питания, как на **рис. 1**.

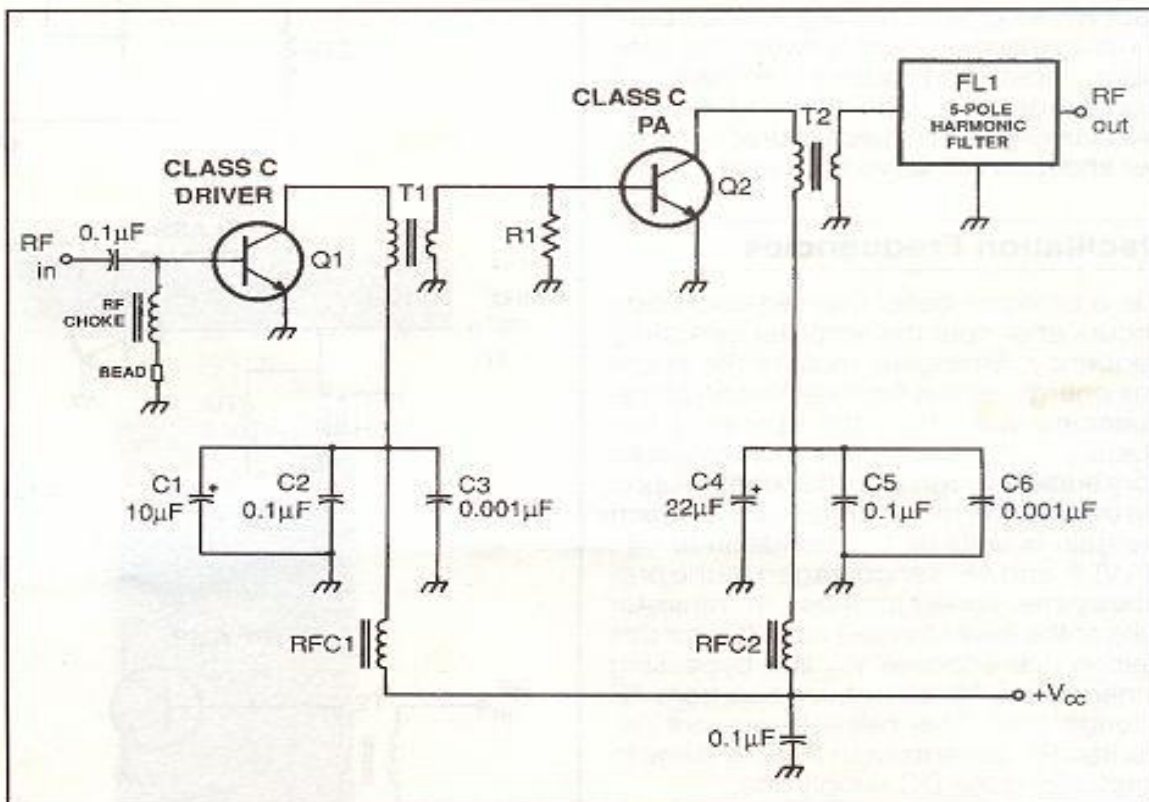


Fig. 1— Example of a two-stage RF amplifier that uses decoupling capacitors and RF chokes in the DC supply line. C1–C6 and RFC1, RFC2 are the decoupling components that prevent RF currents from flowing along the Vcc bus between the stages. The ferrite bead below the RF choke at Q1 lowers the choke Q to aid stability. R1 at Q2 serves the same purpose by reducing the T1 secondary Q.

Размещение входных и выходных деталей усилителя имеет также самое прямое отношение к возникновению ПОС, поскольку паразитная индуктивная и емкостная связь вероятно возникнет, если эти элементы расположены слишком близко друг к другу. В компактном ВЧ усилителе имеет смысл поместить экран между входными и выходными цепями, чтобы устранить эту паразитную связь. Подойдет тонкая пластинка из меди, латуни или фольгированного материала.

Частоты генерации.

Обычно полагают, что самовозбуждение должно происходить на рабочей, или близкой к ней частоте. Как ни странно, но наибольшие неприятности и побочные излучения происходят от генерации на частотах, далеких от рабочей. Частоты самовозбуждения простираются от звуковых до СВЧ, в зависимости от предельной частоты транзистора f_t – частоты, на которой усиление становится равным единице. Генерация на средних, низких и звуковых частотах обусловлена упомянутым ростом усиления транзистора с понижением частоты. По этой причине эффективная развязка шины питания необходима на всех частотах, от звуковых до СВЧ. Это поможет предотвратить нежелательные ВЧ токи от каскада к каскаду по цепям питания.

Превентивные меры.

В дополнение к устранению паразитных ВЧ токов по шине питания на печатной плате, необходимо минимизировать добротность Q в некоторых частях усилителя. Это называется старым термином «демпфирование», и достигается подключением сопротивлений или емкостей параллельно определенным элементам схемы. Эта мера обычно ухудшает общую эффективность усилителя, потому что некоторая часть мощности рассеивается в демпфирующих цепочках. В худшем случае они также изменяют импеданс основных цепей усилителя.

Рис. 2 показывает использование ферритовых бусинок (bead) и резисторов в качестве демпферов, уменьшающих Q . Одна или две маленькие бусинки (трубочки), надетые на выводы ВЧ дросселя, существенно уменьшают его добротность. По моим измерениям дросселя индуктивностью 500 мкГн его добротность даже с одной бусинкой $\mu = 850$ понизилась с 60 до 10.

Резистор можно включить параллельно ВЧ дросселю, чтобы снизить его добротность, но в этом случае целесообразно выбирать сопротивление резистора по крайней мере вчетверо больше характеристического импеданса цепи в этом месте. Следовательно, если входное сопротивление транзистора, скажем, 10 Ом, то параллельный резистор должен быть 40 Ом, или больше. Низкие значения сопротивления будут уменьшать мощность, возбуждающую транзистор и нарушат согласование в этом месте усилителя. Резисторы обычно ставят параллельно вторичным обмоткам широкополосных трансформаторов, для уменьшения их Q . Это показано на рис. 1, трансформатор Т1. Правило «учетверения» здесь также применимо.

От СВЧ генерации избавляются включением 10-омного резистора последовательно в сигнальную цепь на входе усилителя (цепь базы), или надевая на провод ферритовую бусинку вместо резистора. Это показано на **рис. 3**, который также демонстрирует использование коллекторного блокировочного конденсатора для подавления УКВ и СВЧ самовозбуждения. Опять же, важно использовать минимальную емкость достаточную для устранения генерации, но не изменяющую существенно импеданс цепи на рабочей частоте из-за внесения слишком низкого емкостного сопротивления X_c . Оно должно быть, по крайней мере, вчетверо выше, чем импеданс коллекторной цепи на рабочей частоте. Следовательно, если мы имеем коллекторный импеданс 100 Ом на 7 МГц, коллекторный блокировочный конденсатор С1 должен быть не более, чем 56 пФ.

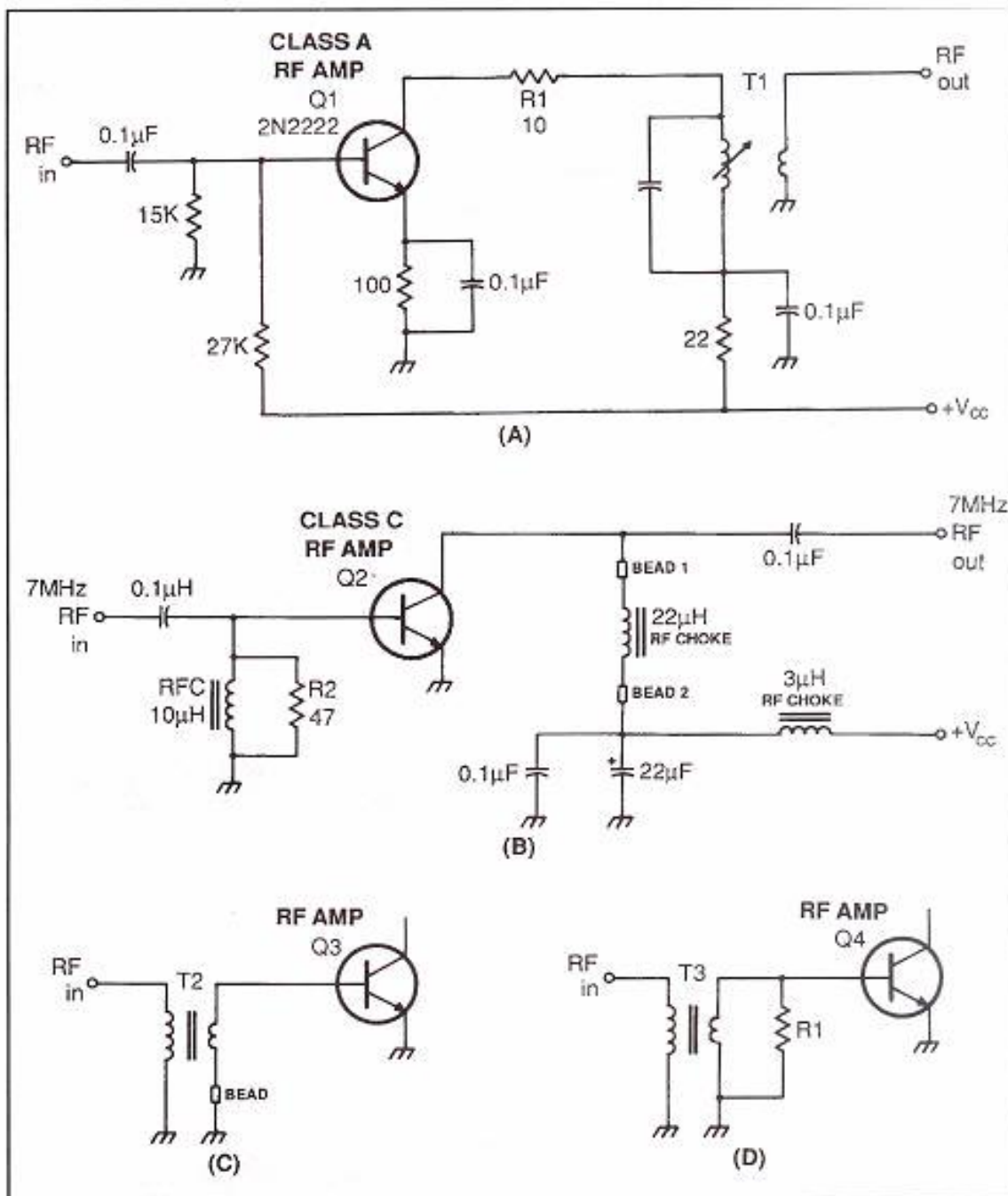


Fig. 2— Examples of methods for curing amplifier instability. R1 at A prevents VHF self-oscillations. Circuit B shows R2 across the RF choke as a means to lower the Q in that part of the circuit. Beads 1 and 2 at B reduce the Q of the collector RF choke. A single bead is used at C to reduce the Q of the T2 secondary winding. The same task is performed at D by means of R1 (see text for values).

Этот самый конденсатор будет иметь X_c около 19 Ом на 150 МГц, если генерация случится на этой частоте. 19-омный шунтирующий импеданс обеспечит довольно эффективное замыкание на землю для УВЧ токов. Конечно, в идеальном случае желательно, чтобы C1 имел нулевое реактивное сопротивление.

Двусторонние печатные платы.

Стабильность может быть еще увеличена путем использования печатной платы, фольгированной с двух сторон. Медная фольга со стороны деталей служит заземленной плоскостью. Она соединяется с земляными проводниками на

гравированной стороне платы в нескольких точках. Соединения двух земляных проводников лучше всего сделать через металлизированные отверстия, но это мало доступно для большинства радиолюбителей, изготавливающих печатные платы своей собственной конструкции.

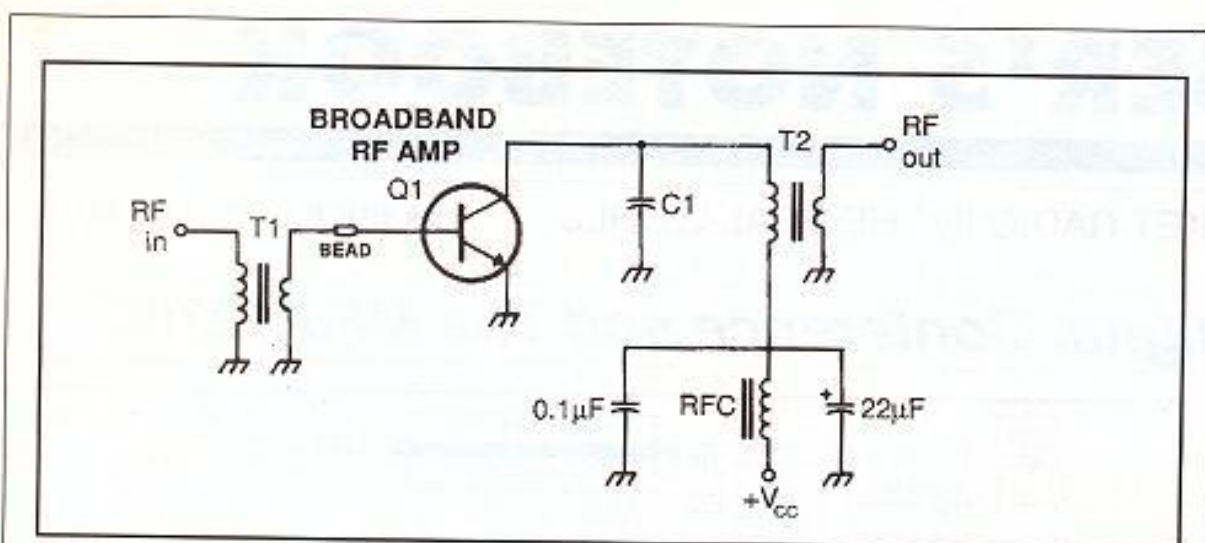


Fig. 3— VHF self-oscillations may be prevented by using a ferrite bead at the amplifier input. C1 can be added or used without the bead to damp VHF oscillations at the Q1 collector. The C1 X_c must be greater than four times the collector impedance in order to prevent power loss and impedance mismatching at the chosen operating frequency (see text).

Альтернативная техника состоит в сверлении отверстий в нужных точках платы и распайке в них коротких медных проводников, соединяющих «земли» на двух сторонах платы. Отверстия под выводы деталей, не имеющих контакта с землей, раззенковывают в сплошной плоскости земляной фольги на стороне деталей, чтобы устранить возможное замыкание на землю.

Такая технология заставляет ВЧ токи, циркулирующие по земляным печатным проводникам, распределяться по большой поверхности общей земли. Главная цель использования двусторонней земли состоит в уменьшении индуктивного сопротивления земляных проводников, и в результате ВЧ токи текут в нужном направлении, без затекания в те области, где они могут вызвать проблемы.

Понизить добротность земляных шин на односторонне фольгированных платах удастся путем разрезания земляной фольги и впайвания в разрез коротких перемычек с надетыми на них ферритовыми бусинками. Такой способ часто полезен, когда токи обратной связи текут по земляным проводникам печатной платы, несмотря на тщательное соединение их с главным шасси прибора.

Выбор транзистора.

Старайтесь избегать использования СВЧ и УВЧ транзисторов в усилителях мощности ВЧ диапазона. Они имеют очень высокое значение граничной частоты f_t , что приводит к огромному усилению на ВЧ, а большое усиление, в свою очередь, ведет к нестабильности. Лучше выбрать мощный транзистор с f_t не выше, чем упятеренная рабочая частота. Следовательно, если максимальная рабочая частота усилителя 29 МГц, используйте транзистор с f_t порядка 150 МГц. Высокая f_t не имеет такого решающего значения в широкополосных усилителях,

имеющих шунтирующие цепи отрицательной обратной связи, потому что эти цепи эффективно выравнивают усиление каскада в широком диапазоне частот.

В заключение.

Нечего и говорить о том, что короткие, прямые проводники – главный фактор обеспечения стабильности. Широкие печатные проводники на печатной плате рекомендуются для уменьшения паразитных индуктивностей. Эффективное механическое соединение между земляными проводниками платы и шасси устройства абсолютно необходимо в интересах предотвращения нежелательных блуждающих ВЧ токов. Все детали должны быть тесно прижаты к печатной плате перед их распайкой.

Каждый ВЧ усилитель, который мы строим, вероятно, имеет свои собственные проблемы с нестабильностью, и каждый должен налаживаться индивидуально. Редко необходимы все превентивные меры, описанные в статье. Попробуйте найти сомнительное место перед попыткой устранения проблемы, это лучшее, что я могу предложить. Это экономит время в нахождении нужных средств. Лучшее превентивное средство, я полагаю, это тщательно проектировать схему и раскладывать печатный монтаж, так, чтобы шансы для нестабильностей были минимальными. Последующие попытки их устранить, когда монтаж уже сделан, могут быть трудными, а то и невозможными в реализации.

CQ, May 1994, p. 95...97

Письма читателей

Владимир Тимофеевич!

После телефонного общения с Вами понял необходимость краткого изложения уже известных фактов из жизни NiMh аккумуляторов. В частности малоизвестного режима глубокой регенерации. Что, собственно, и было сделано по горячим следам. Но в силу охвативших меня сомнений я не стал спешить с отсылкой Вам этих материалов. И тут статья "QRP питание" Д. Гороха и В. Евстратова из последнего номера **CQ-QRP**, однозначно свидетельствующая о неприменимости NiMh систем QRP. Можно было бы и остановиться на констатации этого факта. Однако имеющийся опыт заставляет сделать некоторые замечания (изложенные в так и не отосланном Вам письме).

1. Авторы пишут о методе заряда LiPol аккумуляторов постоянным напряжением с критерием заряда по снижению зарядного тока до нулевого (на самом деле очень малого) значения, забывая добавить, что LiPol аккумуляторы, во всяком случае, мобильных телефонных аппаратов имеют встроенный микропроцессор, управляющий заряд-разрядом.
2. Авторы ничего не сообщают о наличии или отсутствии спада – dV напряжения аккумуляторов Li-Pol систем. Между тем, это, скорее всего, общее свойство литиевых (и не только литиевых) систем.
3. Авторы, в своих суждениях о деградации LiPol аккумуляторов, скорее всего, опираются на рекламу производителя. Однако, практика эксплуатации Lilon и LiPol аккумуляторов указывает, что спад ёмкости первых за год эксплуатации составляет до 30% (в моём случае и все 40-50%%), у вторых он заметно меньше, что-то около 10%, но эта цифра не столь надёжна как первая.

4. Авторы справедливо замечают, что реальная ёмкость LiPoL батарей может существенно отличаться от заявленной производителем, но это касается не только аккумуляторов LiPoL систем. В этом свете реальные свойства упоминаемых авторами других электрохимических систем (на основе лития) могут разительно отличаться от заявленных в рекламе.
5. Технологическая воспроизводимость и стабильность аккумуляторов высокой ёмкости существенно зависит от чистоты используемых материалов и культуры производства, т.е. от производителя. Очень часто малоизвестный производитель, например, китайский «Космос» поставляет весьма и весьма сносные изделия (хотя и не с экстремальными заявляемыми параметрами) по сравнительно приемлемой цене.

Мне кажется, что в **CQ-QRP** недостаточно освещена тематика приёмных и передающих устройств, радиоизмерений. Боюсь, что это не случайно, при обилии промышленных предложений.

Ваша программная статья, затрагивающая проблемы и природу ионосферных возмущений, кажется, неполна, т. к. прямым их источником может быть так и не воспринимаемый сегодня всерьёз "эфирный ветер", как мне кажется, фундаментальное понятие новой физики.

С уважением, **Василий Текин**.

Возвращаясь к напечатанному...

Очевидно, вопросы качественных, легких и доступных источников питания для радиоэлектронной аппаратуры интересуют многих наших читателей. Доказательством тому служат письма в редакцию журнала. Мы обратились к авторам статьи «QRP питание» с просьбой дать разъяснения по некоторым присланным в редакцию вопросам.

В опубликованной нами статье («CQ-QRP» №40, стр. 21-29) мы постарались обратить внимание читателей на перспективный во всех отношениях источник питания – литий-полимерные батареи. Как показала практика, они еще недостаточно хорошо знакомы радиолюбителям. С другой стороны, авиа- авто-судомоделисты взяли на вооружение этот источник энергии достаточно давно.

Основным выводом нашей статьи является утверждение, что на данный момент с литиевыми батареями всех классов не могут соперничать ни никель-кадмиевые, ни никель-металл-гидридные, ни, тем более, свинцовые аккумуляторы. Как по плотности энергии, так и по цене. Высокие темпы технологического развития промышленности Китая только подтверждают эту тенденцию из года в год.

Тема эксплуатации других типов аккумуляторных батарей широко освещена в литературе и потому не затронута в нашей статье. Тем не менее, мы не делали категоричного утверждения о неприменимости NiMH (или любых других) аккумуляторов для целей QRP, в чем нас упрекает читатель В. Текин. Напротив, разные батареи хороши по-своему. И, как следует из нашей статьи, литиевые батареи (особенно изготовленные для модельной техники) обладают бóльшим количеством преимуществ перед остальными.

Внимательный читатель заметит, что в статье «QRP питание» речь ведется на примере аккумуляторов именно для модельной техники, и именно их мы рекомендуем радиолюбителям применять в своих целях. Эти батареи не содержат в своем составе никаких встроенных микропроцессоров. Только некоторые виды батарей для мобильных телефонов, о которых говорит наш читатель, содержат схему контроля и ограничения заряда/разряда. Но в большинстве своем такие батареи имеют только терморезистор для контроля температуры ячейки, а процессом заряда управляет программа самого телефона. Также следует упомянуть, что батареи для мобильных телефонов из-за своих ограничений по емкости и мощности малопригодны для питания передающей аппаратуры на протяжении нескольких часов. (Исключение – очень экономичные QRP/QRPP трансиверы).

Метод определения окончания заряда «dV», о котором говорит наш читатель, применим для NiMH аккумуляторов, но не используется для литиевых. Если фазу «СС» (см. график заряда на стр. 24 в статье) продолжить (не уменьшая ток), то напряжение на батарее станет превышать максимально допустимые 4.2 В, батарея начнет греться, разбухнет и, в конце-концов, взорвется. Фотография горячей батарейки на стр. 22 сделана именно так!

В своих суждениях о правильных способах эксплуатации и о старении литий-полимерных батарей авторы опираются на собственный радиолюбительский и авиамодельный опыт. Этот аспект достаточно подробно описан в главе «Батареи от Avionix или практический опыт с дешевым литием». «Хорошая» реклама от производителя или чье-то «авторитетное» мнение не сможет сбить с толку вдумчивого покупателя. В нынешнее время почти все такие батареи поступают в наши магазины из Китая. Дабы снизить риск купить брак, авторы рекомендуют приобретать батареи непосредственно в Китае у производителей или их авторизованных дилеров. Переход от количества к качеству – уже стало признаком электронной промышленности Поднебесной. Общим правилам использования и старению литий-полимерных батарей посвящена глава «Эксплуатация» в нашей статье.

Мы благодарны читателям за их интерес к этой теме и надеемся в будущем на страницах «CQ-QRP» поделиться с Вами новыми разработками по теме QRP питания.

Д. Горох UR4MCK, В. Евстратов RX3ALL



Юмор наших друзей

DX – экспедиция в Северную Канаду.



QTH — ледяная прорубь!



На этом фото запечатлена, может быть, первая в мировой истории радиосвязь из зимней проруби, которую провели где-то в самом конце 1990-х наш автор и одноклубник Виктор Беседин — UA9LAQ/p (его QTH — ледяная прорубь) и UA9LFJ (находившийся на берегу и в тепле).

CQ-QRP # 41