A photograph showing a radio antenna system. The antenna consists of a vertical metal pole with a cylindrical antenna element at the top, mounted on a wooden tripod. The setup is located in a grassy area next to a house with light-colored siding and a window. The sky is overcast.

Валерий Марценюк

Радиоловительские
антенны:
авторские конструкции

Валерий Марценюк

Радиоловительские антенны:

*авторские конструкции из газеты
«Радиоинформ»*

Винница, 2019 год

Под редакцией к.т.н. Валерия Марценюка
Радиоловительские антенны: авторские
конструкции из газеты «Радиоинформ» за 2002 – 2017
год. — Винница.: Радиоинформ — 2019 — 210 с.

ISBN 098-966-2375-05-3

Последнее время радиоловители стран СНГ предпочитают применять на своих радиостанциях современные импортные трансиверы. В то же время, приобрести и установить на своих участках (домах) импортные антенны многим еще не по карману. Вследствие этого, чаще всего, радиоловители используют антенное оборудование из разряда «home made», т.е. изготовленное своими руками. Иногда это диктуется дороговизной искомых устройств, но чаще всего здесь преобладает желание собрать что-то своими собственными руками. Основное внимание в книге уделено оригинальным решениям, посвященным построению антенных конструкций, предназначенных для работы в повседневном радиоловительском эфире. Рассмотрены практические описания и схемы антенных устройств различной степени сложности, даны практические советы, как в части изготовления конструкций, так и по их настройке. В книге систематизированы наиболее интересные разработки на антенную тематику, опубликованные различными авторами в газете «Радиоинформ» за период с 2002 по 2017 год.

ББК 84 Укр6

ISBN 978-966-2375-05-3

© Марценюк В.П.

© Изд. «Радиоинформ»

Содержание

Глава 1. О распространении радиоволн

- 1.1. Особенности распространения радиоволн.....5
- 1.2. Атмосфера и распространение радиоволн.....8

Глава 2. Из теории классических антенн

- 2.1. Классификация радиолюбительских антенн...11
- 2.2. Основные параметры КВ антенн.....14
- 2.3. Классические линейные антенны
 - 2.3.1. Полуволновый вибратор (диполь).....19
 - 2.3.2. Петлевой вибратор.....23
 - 2.3.3. Волновой вибратор.....25
- 2.4. Линии передачи и питание антенн.....26.

Глава 3. Антенны коротковолновых диапазонов

- 3.1. Основные принципы выбора КВ антенн.....31
- 3.2. Классические антенны для КВ диапазонов
 - 3.2.1. Антенна «Long Wire».....32
 - 3.2.2. Простые дипольные антенны.....35
 - 3.2.3. Антенна «перевернутое V».....37
 - 3.2.4. Антенна "Инвертед V " на 160 метров.....39
- 3.3. Вертикальные антенны
 - 3.3.1. Антенна «Ground Plane».....41
 - 3.3.2. Антенна ON4UN и ее модификации.....42
 - 3.3.3. Вертикал без радиалов.....49
 - 3.3.4. Вторая жизнь антенны Куликова.....57
 - 3.3.5. Вертикальная низкошумовая антенна.....61
 - 3.3.6. Антенный опорный изолятор.....63
- 3.4. Антенны типа «Виндом»
 - 3.4.1. Классическая антенна типа «Виндом».....70
 - 3.4.2. Антенна «Windom» на 160 метрів.....72
- 3.5. Антенны типа «дельта»
 - 3.5.1. «Дельта» - это совсем просто.....74
 - 3.5.2. Антенна «дельта» – это не совсем просто...76
 - 3.5.3. Антенны «Дельта» от UT0VV.....77

3.5.4. Об антенне „замкнутая дельта“.....	87
3.6. Антенны рамочного типа	
3.6.1. Антенны из «квадратного ромба».....	89
3.6.2. Антенны типа «двойной прямоугольника»....	92
3.6.3. Зигзагообразная антенна внутри квадрата...	94
3.6.4. Антенна «Швейцарский двойной квадрат»...	97
3.7. Антенны типа «базука»	
3.7.1. Об антенне «двойная базука».....	102
3.7.2. Еще раз об антенне «базука».....	111
3.7. Спиральные антенны	
3.8.1. Об антенне «удочка» и вокруг нее.....	114
3.8.2. Многодиапазонная спиральная антенна.....	121
3.8.3. Спиральная антенна на 160 метров.....	123

Глава 4. Антенны для УКВ диапазонов

4.1. Радиолюбителям об антенне Уда – Яги.....	125
4.2. Рамочные радиолюбительские УКВ антенны.	135
4.3. Петлевые УКВ антенны.....	152
4.4. Антенна на 144 мГц.....	162
4.5. Антенна на 430 мГц.....	166

Глава 5. О согласовании и настройке антенн

5.1. Антенный тюнер для спиральных антенн.....	173
5.2. Проверка состояния петлевых антенн.....	174
5.3. О настройке фазированных «дельт».....	177
5.4. Простой способ настройки повторителей.....	179
5.5. О высокочастотном заземлении.....	181

Глава 6. Из практики применения антенн

6.1. Почему замолкают антенны?.....	186
6.2. Радиосвязь через ионосферное зеркало.....	196
6.3. Техногенное влияние на дальность связей.....	198
6.4. О рациональном выборе антенны.....	204

Глава 1. О распространении радиоволн

1.1. Особенности распространения радиоволн

В работе [1] указано, что энергия, излучаемая передающей антенной, распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн. Электромагнитные волны описываются следующими характеристиками.

1. Длина волны (λ) — кратчайшее расстояние между двумя точками в пространстве, на котором фаза электромагнитной волны меняется на 360 градусов.

2. Частота (f) – число полных периодов изменения напряженности поля в единицу времени.

3. Скорость распространения волны (V) — скорость распространения последовательности волн от источника энергии.

Частота электромагнитных волн, скорость распространения и длина волны связаны соотношениям:

$$C = V / f$$

Скорость распространения электромагнитных волн в вакууме C равняется 300 тысяч километров за секунду. Подставляя значение скорости распространения в формулу для длины волны . в метрах, получаем:

$$L = C / f = 300000000 / 3600000$$

где f — частота в Гц, например, при $f = 3\,600\,000$ Гц, длина волны составит 83,333 метра.

Радиосвязь между двумя пунктами, расположенными на поверхности Земли, осуществляется пространственными или поверхностными волнами. Дальность распространения поверхностных волн любительского передатчика средней мощности лежит в пределах от 10 км до 100 км. В то же время в

радиолобительской практике поверхностные волны для связи практически не применяются, потому что они распространяются вдоль земной поверхности и в коротковолновом диапазоне имеют сильное поглощение. Связь с помощью таких волн на большие расстояния при малых мощностях передатчиков практически невозможна.

Такая связь становится возможной благодаря пространственным волнам, которые отражаются от ионосферы. При наличии заряженных частиц верхние пласты атмосферы имеют свойство отражать радиоволны. Область атмосферы, в которой происходит ионизация, называется ионосферой.

Существует два четко выраженных максимума ионизации: первый на высоте от 90 до 170 км (так называемый пласт D), и второй в пласте F, который начинается на высоте 200 км и распространяется до высоты 500 км. Выше ионосферы находится так называемая экзосфера, являющаяся переходом к космическому пространству. Экзосфера еще сравнительно слабо исследована, и только обработка измерений, сделанных с помощью искусственных спутников Земли, позволила предположить, что концентрация электронов в экзосфере значительно выше, чем предполагалось до сих пор.

Строение ионосферы непрерывно меняется, и потому не следует ее понимать как неподвижную систему, расположенных один над другим пластов. Различают изменения строения ионосферы, которые имеют суточную, годовую периодичность, а также изменения, связанные с периодом солнечной активности. Максимум солнечной активности совпадает с возникновением на Солнце факелов и протуберанцев и имеет период, равный приблизительно 11 годам. Вследствие увеличения солнечной активности увеличивается интенсивность коротковолнового излучения и происходит более интенсивная ионизация верхней атмосферы.

Изменение концентрации электронов в свою очередь приводит к изменению преломляющей способности ионизированных пластов. Годовое и ежедневное изменения состояния ионосферы становятся понятными, если учесть, что в зимние месяцы влияние солнечного излучения на ионосферу менее длинное и интенсивное, чем в летные. Таким же образом сказывается влияние недостаточного ультрафиолетового излучения в ночные часы.

Пласт D, который находится в относительно плотных слоях атмосферы, имеет максимальную концентрацию в дневные часы, а с закатом Солнца электронная концентрация быстро уменьшается к нулевому значению. В пласте D сильное ослабление ощущают радиоволны средневолнового диапазона, а также длинноволновой части коротковолнового диапазона.

Уменьшение дальности распространения в диапазонах 160 и 80 м, а также ухудшение приема средневолновых станций в дневные часы в основном объясняется поглощением этих волн в пласте D. В зимние месяцы, когда пласт D ионизирован слабее, наблюдается увеличения дальности распространения таких волн в дневные часы.

Прослойка E, что находится выше пласта D, в ночные часы исчезает частично. Волна длиной 80 метров частично поглощается в пласте E. А волна длиной 40 метров при достаточной электронной концентрации – отбивается от него. Большое значение для распространения электромагнитных волн имеет пласт F, потому что благодаря ему увеличивается дальность связи на коротких волнах.

Волны, излучаемые антенной и проникающие в ионосферу, достигнув определенной высоты, на которой электронная концентрация довольно большая, отбиваются назад к Земле. Чем выше частота волны, тем большая должна быть электронная концентрация, необходимая для

отражения. Отражения происходят с потерями энергии, причем волны, которые имеют низкие частоты, имеют большее поглощение, чем волны, которые имеют высокие частоты. Так, волны частотой ниже 2 МГц днем вообще не отражаются. И только при уменьшении электронной концентрации в ночные часы отражение волн этих частот становится возможным.

Сверхвысокочастотные волны не отражаются и днем, а, пройдя пласты ионосферы, идут в космическое пространство.

1.2. Атмосфера и распространение радиоволн

Поводом для написания статьи, опубликованной в работе [2], послужило многолетние наблюдения автора за поведением радиоволн (прохождением), влияние на этот процесс человеческой (техногенной) деятельности и процессов происходящих в природе. Замечали ли вы, как изменяется распространение радиоволн, особенно в ночное время? Если можно такоехождение прогнозировать, то на чем основывать прогноз?!

По наблюдениям автора работы [2] (и не только), вечернеехождение можно условно разделить на три типа. **Первый тип прохождения, его можно назвать «слайдовым»**, отличается тем, что в определенный промежуток времени (иногда очень быстро) происходит фронтальное затухание сигналов станций одного региона с одновременным ростом силы сигнала станций другого региона (подобно замене слайдов в режиме «слайд шоу»). В регионе наблюдения это затухание сигналов станций Украины, России, Белоруссии, иногда Турции и появлением вместо них сначала станций Польши, Германии и стран, расположенных далее на запад. Причем Польша может как «пролететь», так и остаться на диапазоне. В другом варианте «слайдового» прохождения отмечается затухание сигналов тех же станций и

появление вместо них сигналов станций Турции, Франции, Швейцарии и (или) Италии. Здесь в варианте Польши выступает Италия, она либо уходит с диапазона, либо остается. В отличие от станций Польши большинство итальянских станций ведет себя довольно беспардонно, не обращая ни на кого внимания, беспрестанно тараторя на своем языке и оперируя, при этом зачастую, киловаттами.

Второй тип прохождения можно назвать «миксовым», при котором сигналы станций пребывающих на диапазоне в большей части не затухают, но к ним дополнительно добавляются сигналы станций из государств, перечисленных выше (только как пример). В этом случае итальянцы начинают «доставать» всех подряд (тех, у кого слабее нервы).

При третьем типе прохождения, которое можно назвать «калейдоскоп», в отличие от двух вышеупомянутых, предугадать или спрогнозировать прохождение сигналов не представляется возможным. Но это зачастую и есть самое интересное прохождение. Если в первых двух типах прохождения станции стоят по силе сигнала, так сказать, стационарно, то при третьем типе прохождения станция (причем самой непредвиденной страны) может выскочить как чертик из табакерки с сигналом 5.9+, но так же внезапно может и исчезнуть.

Были попытки привязать вид прохождения к каким-то природным явлениям и в первую очередь к солнечной активности. Получалось это не всегда, или почти всегда не получалось. По солнцу должно быть прохождение, а на самом деле его нет и наоборот. Видимо, на прохождение сигналов напрямую влияет состояние атмосферы, а стало быть и погода. Тогда все стало на свое место.

При нормальной спокойной погоде (на большей части континента) и атмосфера спокойная, потоки воздуха движутся ламинарно и ионизация атмосферы в основном расположена послойно. А это обуславливает прохождение

первого типа (угол отражения от ионосферы более или менее стабилен).

Когда над какой-то частью континента происходят природные аномалии в виде необычных для данных мест осадков в виде дождя, снега, нехарактерные ветра и их скорости, то такие факторы, как правило, обуславливают прохождение второго типа. В данном случае возмущение атмосферы более сильное и воздушные течения меняются от ламинарных в сторону турбулентных. А это, в свою очередь, тянет перераспределение слоев ионизации атмосферы в сравнении с обычным, искривления и деформации в ионосфере, и, как следствие, появление нескольких зон отражения с разными углами.

При наличии затяжных сильных ветров, ураганов, охлаждений или нагревов больших поверхностей, землетрясений, извержений вулканов - скорее всего будет преобладать прохождение третьего вида. В этом случае воздушные потоки имеют ярко выраженную турбулентную структуру, слой ионизации из сплошных переходят в разрозненные с разными площадями и уровнями, объемными конфигурациями. Из-за интенсивного движения атмосферы слои имеют тенденцию к смещениям и перемещениям, обуславливая наличие разных, порой самых невообразимых углов отражения, и переотражения как в атмосфере, так и на земле.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что если вы хотите сделать свой прогноз прохождения радиоволн, а следовательно и спланировать работу, то предварительно посмотрите прогноз погоды в мире. Затем сопоставьте его с обычным для вашей местности прохождением и получите искомый результат.

Литература к Главе 1:

1.Марценюк В.П., Антенны для начинающих радиолюбителей, газета «Радиоинформ» №№12,13 за 2015 год.

2. А.И.Бобров, Атмосфера и
распространение радиоволн, газета «Радиоинформ»
№№10-12 за 2012 год.

Глава 2. Из теории классических антенн

2.1. Классификация радиолобительских антенн

При идеальных условиях распространения на линиях радиосвязи в диапазоне коротких волн (КХ) довольно удовлетворительный прием может быть обеспечен с помощью куска провода длиной в несколько метров. В этих условиях качество приема определяется свойствами приемника (его селективностью, стабильностью и другими характеристиками). В реальных условиях, в которых работают радиолобители (слабый уровень сигнала, наличие помех и др.), необходимо применять направленные антенны, такие, которыми пользуются на передающих станциях.

В работе [1] отмечено, что в теории антенн известна теорема взаимности, из которой вытекает, что характеристики излучения передающей антенны и характеристики той же самой антенны, которая работает в приемном режиме, идентичны. Поэтому для анализа антенн довольно познакомиться со свойствами антенн в режиме передачи, чтобы иметь полную информацию о характеристиках антенн в режиме приема.

Наиболее рационально применять одну и ту же антенну, как для приема, так и для передачи. В этом случае максимально используются ее направленные свойства. Однако для этого нужны переключающие устройства, которые осуществляют коммутацию антенны то с передатчиком, то с приемником. В случае использования двух антенн, разнесенных на достаточное расстояние друг от друга, тяжело добиться идентичности характеристик излучения обеих антенн и оптимальной работы станции в целом.

В другом случае, когда приемная и передающая антенны находятся вблизи одна от другой и имеют одинаковое построение, между ними возникает сильное взаимодействие, благодаря чему на выходе приемной

антенны, то есть на входе приемника, возникают сильные помехи.

Радиоловитель, намеревающийся сконструировать свою станцию, которая должна иметь высокие показатели работы, всегда оказывается перед решением вопроса: какую именно антенну выбрать? Обращение к литературным источникам создает, как правило, впечатление, что существует огромное число разных типов антенн, среди которых он должен сделать единственно правильный выбор. И чаще всего радиоловитель выбирает ту или иную антенну на основании информации, полученной от своих коллег-радиоловителей, которые в силу разных личных причин широко рекламируют какую-нибудь одну из антенн (как правило, ту, которой они пользуются) и очень неодобрительно высказываются о других типах антенн.

Для того чтобы радиоловитель мог сознательно выбрать тип антенны, необходимо, знать хотя бы в минимальном объеме основные сведения, как из теории антенн, так и из теории распространения радиоволн. Ознакомившись с этими вопросами, радиоловитель найдет нужную схему антенны среди схем, описанных в этой книге, или в других источниках.

Начинающий радиоловитель должен отдавать себе полный отчет в том, что антенна не является устройством неограниченных возможностей. Возможности получения высоких качественных показателей работы антенн и, в первую очередь, антенн для радиоловительских станций - ограничены. Однако правильный выбор антенны позволяет радиоловителю наилучшим образом использовать передатчик станции, получить самый большой уровень сигнала, а в ряде случаев — самый большой уровень отношения сигнал/помеха на входе приемника.

Для того чтобы читатель мог легче ориентироваться среди более чем двухсот известных типов любительских

антенн, проведено распределение любительских антенн на основные типы. Это распределение большей частью совпадает с распределением, принятом для профессиональных антенн.

Антенна является устройством, которое принимает участие в процессе передачи электромагнитной энергии из линии питания в свободное пространство, и наоборот. Каждая антенна имеет активный элемент, а также может содержать один или более пассивных элементов. Активный элемент антенны называется вибратором и, как правило, он непосредственно соединен с линией питания. Появление переменного напряжения на вибраторе связано как с распространением волны в линии питания, так и с возникновением электромагнитного поля вокруг вибратора.

Пассивные элементы, называемые рефлекторами, в конструкции антенны выполняют следующие функции:

- формируют электромагнитное поле определенной структуры, которая обеспечивает необходимые направленные свойства антенны;
- обеспечивают взаимное согласование сопротивлений системы “свободное пространство — антенна — линия питания”.

По образу излучения все антенны можно разделить на три основные группы: линейные антенны, апертурные антенны, антенны поверхностной волны.

Линейная антенна. Эта антенна имеет один провод, или систему проводов, длина которых значительно превышает их поперечный размер. Обычно для линейных антенн отношения длины волны к диаметру провода превышает 1000. Характеристики излучения линейной антенны определяются распределением токов на проводах и их взаимной ориентации. К этой группе антенн относятся вибраторно-дипольные антенны, ромбические антенны и некоторые другие.

Апертурная антенна. Эта антенна характеризуется наличием поверхности (апертуры), на которой происходит трансформация энергии, которая распространяется в линии питания, в энергию излучения. Размеры апертуры обычно значительно превышают длину волны. Характеристики излучения апертурной антенны в основном определяются структурой электромагнитного поля на апертуре. Типичным представителем этой группы антенн есть зеркальная параболическая антенна.

Антенна поверхностной волны. В механизме излучения этих антенн основную роль играет, так называемая, поверхностная волна. Эта волна распространяется вдоль антенны и одновременно принимает участие в процессе излучения. Длина антенн поверхностных волн, как правило, больше длины волны. Характеристики излучения этой антенны определяются как условиями распространения волны вдоль антенны, так и образом ее соединения с линией питания. Типичными представителями этой группы антенн есть диэлектрические антенны, антенны Уда — Яги и другие. В этих антеннах возможности формирования разных характеристик излучения, как правило, довольно ограничены.

Чаще всего в диапазоне коротких волн используются линейные антенны, на которых мы и остановим дальнейшее рассмотрение.

2.2. Основные параметры КВ антенн

В числе факторов, от которых зависит КПД излучающей радилюбительской антенны, на первом месте стоят ее размеры. Прообразом такой антенны может служить разомкнутая на конце двухпроводная линия передачи сигналов вдоль всей длины, в которой в определенных координатах возникают узлы (амплитуда сигнала равняется нулю) и пучности (амплитуда сигнала

максимальная) тока (напряжения) — так называемая стоячая волна [1].

В этом случае в пространстве между проводами линии возникает электромагнитное поле. Если же мы разведем провода линии в противоположные стороны, то это электромагнитное поле станет распространяться не по длине линии, а в пространстве, то есть будет происходить излучение электромагнитной энергии. Для эффективного излучения энергии общая длина обеих проводов линии (антенны) должна быть не менее половины длины волны излучения. Например, если длина волны в диапазоне 3.5 Мгц равняется приблизительно 80 метров, то это значит, что антенна никак не может быть короче 40 метров. Для справки, такая антенна называется полуволновым вибратором или диполем (название “диполь” используется потому, что в антенне есть два провода).

Часто появляются попытки уменьшить геометрические размеры антенны путем включения в ее проводники элементы с сосредоточенными постоянными (емкостями и индуктивностями). Размеры антенны, действительно, уменьшаются, но одновременно, как правило, падает ее эффективность. Дополнительно возникают трудности с налаживанием, и антенна становится узкополосной. Поэтому укороченные антенны не получили надлежащего распространения, тем более среди начинающих коротковолновиков.

Следует учитывать, что если вблизи антенны находятся любые металлические предметы, то заметная часть энергии будет тратиться на наведение у них токов и превращаться в тепловые потери. Поэтому передающую антенну нужно поднять как можно выше над землей, и по возможности отдалить ее от проводов линий электропередачи, элементов строительных конструкций и деревьев.

Существенным параметром передающей коротковолновой антенны есть ее направленность —

свойство, которое характеризует способность не рассеивать энергию во все стороны (что в большинстве случаев является попросту напрасным и даже вредным с точки зрения создания помех другим станциям), а передавать ее в нужном направлении. Число, которое показывает, во сколько раз отличаются величины энергии в обоих случаях, будет равняется коэффициенту направленного действия антенны — КНД.

Известно, что полуволновый диполь излучает максимум энергии под углом 90 градусов к своей оси и практически не излучает вдоль нее. Такой диполь есть довольно популярным среди радиолюбителей. Его применяют и как самостоятельную антенну, и как элемент более сложных антенных систем. Если такую антенну подвесить параллельно земли, то диаграмма ее направленности в горизонтальной плоскости будет представлять собой восьмерку. В вертикальной плоскости диаграмма будет формироваться как излучением самой антенны, так и отражением этого излучения от поверхности земли, поэтому для разных высот подвеса H (выраженных в частицах длины волны) диаграммы окажутся разными. С полуволновым диполем сравнивают другие, более сложные антенны. Число, которое показывает, во сколько раз надо уменьшить мощность передатчика при замене такого диполя на другую антенну для обеспечения той же напряженности поля в месте приема, называется коэффициентом усиления антенны. Он прямо пропорционален ее КПД и КНД.

Как правило, антенну размещают на некотором удалении от передатчика, поэтому для передачи к ней энергии (питание антенны) приходится применять фидер – линию передачи сигнала, которая должна передавать энергию с минимальными потерями и без излучения. Чаще всего фидер работает в режиме бегущей волны – без наличия пучностей тока и напряжения в конкретных точках линии. Для этого волновое сопротивление фидера должно

быть близким к волновому сопротивлению антенны. Равенства этих сопротивлений добиваются подбором типа фидера и применением разных согласующих элементов. Волновое сопротивление антенны зависит от места подключения фидера к антенне, например, точно в середине полуволнового диполя оно составляет приблизительно 75 Ом.

Фидер с бегущей волной может быть произвольной длины, потери в нем относительно небольшие, он не требует настройки при изменении частоты. Однако в некоторых случаях может оказаться более удобным использовать фидер со стоячей волной, которая не требует тщательного согласования волновых сопротивлений. Фидер со стоячей волной можно считать частью самой антенны, выполненной в виде двух параллельных проводов. В этом случае поля, которые создаются обеими проводами, компенсируют друг друга, и фидер не излучает. Однако применение подобного фидера обычно заметно усложняет его согласование с передатчиком. Следует учитывать, что практическая длина антенны для фидера со стоячей волной, измеренная в частицах длины волны, оказывается немного меньшей ее теоретической длины, полученной согласно расчетам (например, по резонансной частоте).

Это различие в длинах характеризует так называемый коэффициент укорочения. Физическое содержание укорочения состоит в следующем. Длину волны мы определяем как частное от деления скорости распространения электромагнитной энергии в свободном пространстве на частоту. А вдоль проводов фидера радиоволна распространяется немного медленнее. Кроме того, существует емкость между полотном антенны и землей, которая возбуждает распределение тока в антенне (через наличие емкости ток на концах провода не равняется нулю).

Учесть степень влияния этих факторов теоретически невозможно, поэтому точную длину антенны обычно определяют экспериментально. Ориентировочно же принимают длину полуволнового диполя из одиночного провода (такой более всего часто встречается в любительской практике) равной 0,475 расчетной длины волны.

Для того чтобы сравнивать между собой разные антенны используют понятие сопротивления излучения, которое относится к величине тока в узле пучности. Сопротивлением излучения антенны называется активное эквивалентное сопротивление, на котором рассеивается мощность, равная мощности излучения антенны при равенстве токов в антенне и в сопротивлении. С помощью сопротивления излучения определяется потребление мощности антенной. В случае резонанса сопротивление излучения настроенной антенны и сопротивление ее потерь в сумме составляют активное входное сопротивление антенны. На практике сопротивление потерь значительно меньше сопротивления излучения. В то же время сопротивление излучения зависит от расположения антенны относительно Земли и окружающих предметов, а также от ее геометрических размеров.

При известной мощности излучения Ризл и максимальном значении тока I_{max} сопротивление излучения антенны может быть рассчитано по формуле:

$$\mathbf{R_{изл} = P_{изл} / I_{max}^2}$$

Для получения самой большой дальности связи в коротковолновом диапазоне нужно указывать оптимальные углы излучения антенны. Эти углы зависят от рабочей частоты передатчика, а также от высоты и электронной концентрации преломляющего пласта ионосферы. Если угол излучения большой, то основное

излучение антенны, попав в пласт F и отразившись от него, возвращается на Землю на сравнительно небольшом расстоянии от передатчика. Работа с такой антенной дает уверенную связь на небольших расстояниях, но не дает возможности проводить дальние связи.

Антенна с немного более пологим углом излучения обеспечивает значительно большее расстояние связи. Очевидно, что для дальних связей оптимальным есть очень пологий угол. Излучение коротковолновых антенн всегда занимает широкий вертикальный сектор, в пределах которого есть один или большее число лепестков диаграммы направленности. Конечно, невозможно построить антенну в любительском коротковолновом диапазоне, которая излучала бы электромагнитные волны в резко ограниченном направлении. Насколько антенна пригодна для дальних связей, можно определить исходя из того, насколько прижаты к земле основные лепестки диаграммы направленности этой антенны. Вертикальный угол наклона диаграммы направленности сильно зависит от высоты подвеса антенны и проводимости земли. Учитывая, что ионосфера подвергается постоянным изменениям, то и оптимальные углы для каждого диапазона меняются.

2.3. Классические линейные антенны

2.3.1. Полуволновый вибратор (диполь)

Общий вид симметричного полуволнового вибратора (диполя), описаного в работе [1], приведен на рис.2.1. Он представляет собой прямолинейный цилиндрический проводник, который питается генератором высокой частоты (передатчиком). Его длина равняется половине длины волны излучаемых им электромагнитных волн.

Почти все антенны коротковолновых диапазонов представляют собой комбинации из полуволновых

вибраторов. Поэтому, чтобы лучше понять принцип действия и выучить их свойства, необходимо подробнее ознакомиться с работой полуволнового вибратора.

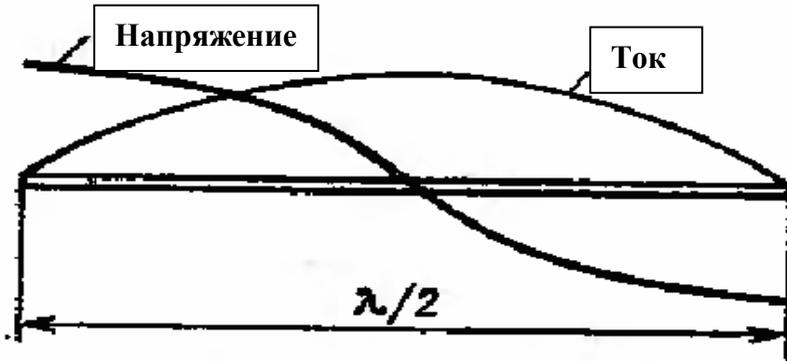


Рис.2.1. Полуволновой вибратор

Под влиянием ЭДС генератора, подключенного к входу вибратора, в нем возбуждаются токи и заряды, которые создают электромагнитное поле вокруг вибратора. Можно считать, что ток и заряды вдоль провода распределяются в виде стоячих волн, причем на концах вибратора устанавливаются узлы тока и пучности заряда (напряжения), как это показано на рисунке 2.1. В центре полуволнового вибратора находится узел напряжения, в котором оно настолько мало, что там можно сделать заземление, не опасаясь значительных потерь.

Зная распределение тока и напряжения по вибратору, можно определить его сопротивление согласно закону Ома, как напряжение, деленное на ток. Теоретически можно определить сопротивление в любом сечении вибратора, если там известен ток и напряжение. Известно, что на концах вибратора присутствует высокое напряжение при малом токе, то есть там большое полное сопротивление. В середине полуволнового вибратора

присутствует небольшое напряжение при большом токе, то есть присутствует малое сопротивление.

Каждый проводник имеет собственную индуктивность и емкость. У прямолинейного проводника, в виде которого может быть представлен каждый вибратор, индуктивность и емкость распределены равномерно по всей длине. Полуволновый вибратор представляет собой проводник, который можно рассматривать как «открытый колебательный контур». Его резонансная частота определяется индуктивностью и емкостью вибратора, которые зависят от его геометрических размеров.

Качество колебательного контура в основном определяется отношением L/C . При большом отношении (большая самоиндукция при малой емкости) мы имеем узкополосный контур с острым резонансом (смотри рис.2.2.). При малом отношении (небольшая самоиндукция при большой емкости) — широкополосный контур с менее резко выраженным резонансом.

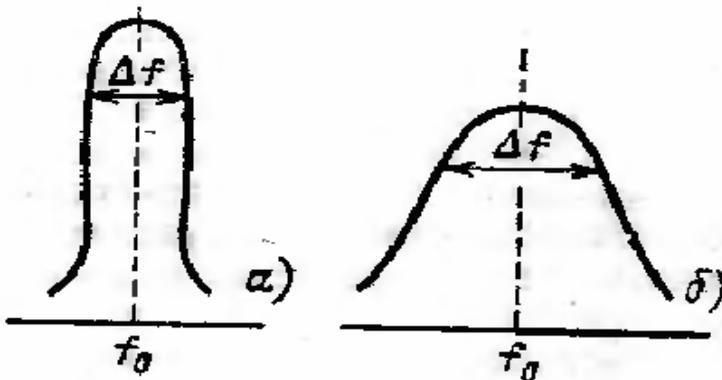


Рис.2.2. Полоса пропускания вибратора

Таким образом, ширина полосы пропускания полуволнового вибратора определяется отношением L/C , которое в свою очередь зависит от отношения длины волны к диаметру проводника. Например, при одинаковой длине вибратора с проводником большего диаметра имеет

большую емкость, потому что его поверхность больше и следовательно меньшее отношение L/C , чем у вибратора с меньшим диаметром проводника. Вибратор большего диаметра имеет и большую полосу пропускания. В коротковолновом диапазоне отношение длины волны к диаметру практически не имеет значения, потому что у обычных проволочных антенн оно равняется 5000 и больше.

Фактически электрическая и геометрическая длины вибратора равны только в том случае, когда проводник становится бесконечно тонким. Скорость распространения (отделения) электромагнитных волн от проводника немного меньше, чем скорость распространения света. В связи с этим, особенно на концах антенны, возникает емкостный ток, который эквивалентен увеличению длины антенны. Поэтому действительная длина вибратора (геометрическая длина) должна быть немного уменьшена (укорочена) относительно его электрической длины. В действительности коэффициент укорочения тяжело точно определить, потому что на него влияет высота подвеса антенны, и окружающие предметы (здания, деревья) и тому подобное.

Так как питание полуволновых вибраторов осуществляется в узле пучности тока (геометрическом центре антенны), то входное сопротивление такой антенны равняется сопротивлению излучения. Входное сопротивление полуволнового вибратора теоретически равняется 73 Ом, но это значение определено в предположении, что проводник бесконечно тонкий и антенна расположена бесконечно высоко над Землей.

Электромагнитные волны распространяются от вибратора со скоростью света, но распределение излучения по всем направлениям происходит неравномерно. У всех антенн в определенных направлениях есть максимумы, а у других — минимумы излучения. Для того чтобы целиком изобразить диаграмму

направленности излучения, ее необходимо построить в трехмерном пространстве.

В общем случае можно сделать вывод, на какой высоте нужно располагать полуволновый вибратор (половина длины волны от поверхности Земли). Вибратор, подвешенный на высоте меньшей (например, четверть длины волны), имеет значительную интенсивность излучения под большими углами и дает плохие результаты при связях на большие расстояния.

Из диаграммы направленности можно определять и другие важные параметры, которые характеризуют антенну. В первую очередь нас интересует ширина диаграммы направленности. Под шириной диаграммы направленности понимают угол, внутри которого напряженность поля превосходит определенный уровень. Ширину диаграммы направленности можно также определить как угол, внутри которого мощность превосходит половину максимальной мощности, излучаемой в основном направлении.

2.3.2. Петлевой вибратор

Описанные выше простые полуволновые вибраторы могут быть соединены между собой в виде шлейфа, при этом образуется петлевой вибратор (смотри рис.2.3.).

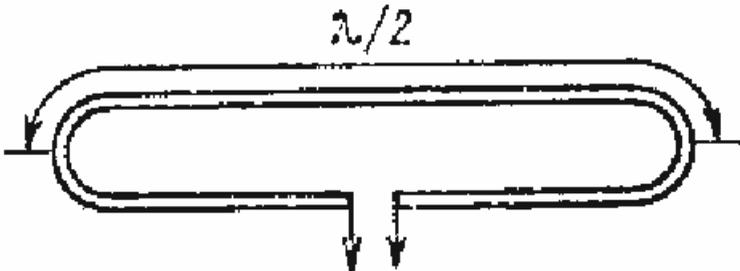


Рис.2.3. Петлевой вибратор

Диаграмма направленности петлевого полуволнового вибратора почти ничем не отличается от диаграммы направленности простого полуволнового вибратора. При параллельном соединении двух простых вибраторов общая индуктивность уменьшается, а емкость добавляется. Ведь отношение L/C в петлевого вибратора меньше, а полоса пропускания больше, чем у простого вибратора.

При параллельном соединении двух одинаковых полуволновых вибраторов, которые образуют петлевой вибратор, антенный ток, протекая по двум ветвям, разделяется на две части. Таким образом, при той же мощности излучения антенный ток петлевого вибратора равняется половине антенного тока простого вибратора. В обоих случаях, излучаемая мощность одинаковая, и можно из ранее приведенной формулы

$$R_{изл} = R_{изл} / I^2 \max$$

сделать вывод, что сопротивление излучения петлевого вибратора будет в 4 раза больше сопротивления излучения простого вибратора и лежит в пределах 240 — 280 Ом.

Разновидностью простого петлевого вибратора есть двойной петлевой вибратор (смотри рис.2.4). В этом случае, когда диаметры всех проводников одинаковые, антенный ток в каждом вибраторе равняется одной трети общего антенного тока. А потому входное сопротивление двойного петлевого вибратора при этом в 9 раз больше входного сопротивления простого вибратора (около 540 — 630 Ом).

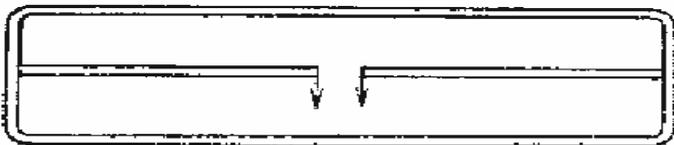


Рис.2.4. Двойной петлевой вибратор

Часто для изменения входного сопротивления на входе антенны выбирают разные диаметры вибраторов. Выбирая диаметр центрального проводника меньшим, чем диаметры верхнего и нижнего проводников, можно изменить входное сопротивление двойного петлевого вибратора пропорционально в сторону его уменьшения.

2.3.3. Волновой вибратор

Вибратор, электрическая длина которого равняется длине волны, называется волновым вибратором (смотри рис.2.5.). Обе половины вибратора в этом случае синфазно возбуждаются в пучности напряжения. На входе волнового вибратора высокому напряжению отвечает небольшой ток и его полное входное сопротивление относительно высокое.



Рис.2.5. Волновой вибратор

Иногда волновой вибратор называют вибратором с питанием по напряжению. Входное сопротивление и ширина полосы пропускания волнового вибратора в большей мере зависят от отношения длины волны к диаметру λ/d , чем у полуволнового вибратора.

Кроме того, полоса пропускания такого вибратора всегда больше, чем у полуволнового вибратора при том же самом отношении λ/d .

Входное сопротивление волнового вибратора зависит также от расстояния между правой и левой частями

вибратора, причем расчетное значение отвечает расстоянию, равному диаметру проводника вибратора.

У волнового вибратора также другой коэффициент укорочения. Вследствие своей большей длины волновой вибратор несколько более эффективен, чем полуволновый, и имеет усиление 1,8 дБ.

2.4. Линии передачи и питание антенн

Исходя из того, что радиолюбители по обыкновению хотят повесить антенну как можно выше и подальше от окружающих предметов, то только в некоторых случаях возможно непосредственное подключение антенны к приемнику или передатчику. Во всех других случаях такое подключение осуществляется с помощью специальной линии передачи сигнала, которую называют фидером [1]. Если не учитывать потерь в линии передачи (фидере), то ее волновое сопротивление Z определяется по формуле:

$$Z = \sqrt{L/C}$$

где Z — действительное число и волновое сопротивление не зависит от частоты и длины линии.

Большая индуктивность и меньшая емкость приводят к более высокому волновому сопротивлению. Практически это означает, что линия из тонких проводников (большое L) при значительном расстоянии между проводниками (небольшое d) имеет большее волновое сопротивление, чем линия из проводников большого диаметра с меньшим расстоянием между ними. Высокочастотные линии, которые имеют волновое сопротивление от 30 до 300 Ом, изготавливаются промышленностью в виде ленточных и коаксиальных кабелей. К кабелям обычно добавляется паспорт, в котором указываются его параметры.

Неизвестное волновое сопротивление фидерной линии может быть измерено с помощью измерительного моста LC. Для этого измеряют емкость разомкнутой на конце линии, например, между центральной жилой и внешним проводником кабеля. Потом противоположный конец кабеля закорачивается и измеряется индуктивность линии. Значение емкости и индуктивности подставляют в формулу для определения Z . Для уменьшения погрешности измерений длину линии ограничивают ее частью от одного до пяти метров.

Для примера волновое сопротивление большинства экранированных микрофонных шнуров лежит в пределах 40-70 Ом, сетевых шнуров питания в пределах 30-60 Ом, телефонных пар в пределах 70-100 Ом.

Различают в основном два типа питания антенн — с помощью настроенных на рабочую частоту сигнала линий передачи и с помощью не настроенных (однако согласованных по волновому сопротивлению) линий передачи. Оба вида линий передачи при правильно избранных размерах служат для передачи энергии без потерь на излучение.

Настроенная линия передачи является разомкнутой двухпроводной линией, которая имеет электрическую длину ($\lambda/2$ или $n(\lambda/2)$), в которой при нарушении этой длины возникают стоячие волны. Распределение напряжения и тока в линии указывает на то, что при небольшом расстоянии между проводами линии (в сравнении с длиной волны) электромагнитные поля обеих проводников компенсируют друг друга, и настроенная линия передачи совсем не излучает, или ее излучение небольшое.

С помощью настроенной линии передачи можно питать любой резонансный вибратор и одновременно делать трансформацию полного сопротивления. Если тот же вибратор возбуждать с удвоенной частотой, то полуволновый вибратор становится волновым и линия

питания также имеет электрическую длину, равную λ , а потому их волновые сопротивления одинаковые.

Можно возбуждать $\lambda/2$ вибратор любой высшей гармоникой и при этом входное полное сопротивление вибратора будет трансформироваться в соотношении 1:1 к входу линии передачи. При питании антенны по линии передачи длиной $\lambda/4$ равной кратному числу четвертей используемой длины волны происходит трансформация входного сопротивления, связанная с тем, что соотношение между напряжением и током на конце линии передачи меняется на обратное соотношение в начале линии.

При выборе расстояния между проводниками линии передачи необходимо найти компромиссное решение. С одной стороны, расстояние между проводниками фидера необходимо выбирать возможно меньшим, чтобы линия передачи не излучала. С другой стороны, слишком близкое расположение проводников приводит к увеличению потерь в коротких изоляционных распорках. На практике целесообразно в диапазонах 80 и 40 м брать расстояние между проводниками, равное 15-20 см, а в диапазонах 20, 15 и 10 метров - 10 см. Для всеволновой антенны следует выбирать расстояние между проводниками 10-15 см.

В настроенных линиях передачи возникают стоячие волны. В пучностях тока увеличиваются омические потери, а высокое напряжение делает необходимым применение хороших изоляторов. Поэтому для изготовления настроенных линий передачи применяют толстый провод и хорошие изоляционные распорки. При малой мощности передатчика можно применять ленточные кабели, но при этом следует принимать во внимание их коэффициент укорочения (около 0,8). Потери у ленточных кабелей немного выше, чем у линий передачи с воздушной изоляцией.

Для согласования выходных каскадов передатчика с настроенной линией передачи на входе этой линии целесообразно предусмотреть включение подстроечного элемента в виде конденсатора переменной емкости.

Ненастроенные линии передачи называют линиями, согласованными по волновому сопротивлению. Такие фидерные линии передачи имеют волновое сопротивление, которое равно волновому сопротивлению антенны. Как правило, волновое сопротивление линии представляет собой омическое сопротивление и не зависит от частоты и длины линии. Если входное сопротивление антенны точно равняется волновому сопротивлению линии, которая в свою очередь согласована с выходом передатчика, то энергия высокой частоты без потерь на излучение поступает в антенну по линии питания любой длины. Согласованная линия передачи работает в режиме бегущей волны, что отличается от «стоячей» волны сохранением по всей длине линии постоянных значений тока и напряжения.

Таким образом, в линии отсутствуют узлы и пучности тока и напряжения, которые имеют место в режиме стоячей волны. Линия передачи в режиме бегущей волны (ненастроенная линия питания) имеет меньшие потери, чем линия, которая работает в режиме «стоячей» волны (настроенная линия питания). Этот факт объясняется тем, что в режиме стоячей волны в пучностях тока увеличиваются омические потери, а в пучностях напряжения — диэлектрические потери. В линии с бегущей волной, эти потери вследствие отсутствия пучностей тока и напряжения значительно ниже.

Потери в согласованной линии передачи в основном обусловлены продольным сопротивлением линии и потерями в применяемом изолирующем материале. Точное согласование входного сопротивления антенны с волновым сопротивлением линии передачи имеет

решающее значение для передачи высокочастотной энергии по линии питания без потерь. При отсутствии согласования в линии возникают отраженные волны, которые взаимодействуют с падающими, создают более или менее сильно выраженные стоячие волны.

Появление стоячих волн приводит к увеличению потерь в линии на излучение. Неважно согласованная линия, таким образом, уже не подводит всей высокочастотной энергии передатчика к антенне и уменьшает КПД выходной ступени передатчика.

В качестве меры согласования между ненастроенной линией питания и нагрузкой принимается коэффициент стоячей волны (КСВ). Под этим коэффициентом понимают отношение самого большого значения напряжения (тока) к его наименьшему значению. Это означает, что в случае бегущей волны, КСВ равняется единице. То есть ток и напряжение имеют одинаковое значение по всей длине линии. В радиолюбительской практике значения КСВ не должно превышать значение величины равной двум.

Литература к Главе 2:

1.Марценюк В.П., Антенны для начинающих радиолюбителей, газета «Радиоинформ» №№14,15, 16, 17 за 2015 год.

Глава 3. Антенны коротковолновых диапазонов

3.1. Основные принципы выбора КВ антенн

Когда вы приступаете к изготовлению своей КВ антенны, то прежде всего, должны составить четкий план будущего антенного хозяйства: выбрать тип антенны (или несколько типов, если есть такая возможность), разработать ее конструкцию и вариант крепления, сориентировать антенну в пространстве [1]. Предварительно полезно сделать чертеж антенного поля. Проще всего это удастся при установке антенны на земле. Но такая «роскошь» доступна лишь радиолюбителям, которые проживают в сельской местности. Для тех же, кто живет в городе, антенным полем обычно служит крыша дома. Поэтому чертеж надо выполнить на бумаге (удобнее за все использовать миллиметровку), отметив на ней положение элементов конструкции дома — труб, окон, лифтовых будок, а также телеантенн, радиотрансляционных и телефонных линий.

Намечают возможные точки подвеса антенны на крыше своего дома. Ориентируют чертеж относительно сторон света. Намечают возможные точки подвеса антенны вне крыши своего дома на других домах, высоких деревьях, и т.п.

Наличие на чертеже свободного места подскажет, какой тип антенны можно применить. Требование соответствия линейных размеров антенны длине волны также накладывает отпечаток на выбор. Лучше всего использовать для каждого из диапазонов, на которых предполагается работа, свою антенну. Это позволит хорошо настроить ее и получить оптимальные параметры. Если же окружающие условия этого не позволяют, придется идти на компромисс и, примирившись с возможным ухудшением эффективности, применить

антенну, которая работает на нескольких частотных диапазонах.

Для некоторых типов антенн нужно применить хорошее заземление (или противовесы). От их сопротивления существенно образом зависят КПД антенны (при уменьшении сопротивления КПД повышается), наличие помех радио и телеприему. Можно сказать, что хорошее заземление обеспечивает основную часть эффективности такой антенны.

К сожалению, в любительских условиях (особенно в городе) выполнить хорошее заземление практически невозможно. Иногда, в качестве электрического заземления может быть использована система отопления, или водопровода. Однако к их использованию, как заземления, надо подходить очень осторожно, вследствие возможности нарушения изоляции сети питания.

Если для размещения направленной антенны нет условий, лучше всего применить ненаправленную антенну с приблизительно круговым излучением в горизонтальной плоскости и прижатой к горизонту диаграммой направленности — в вертикальной плоскости. Такая антенна довольно хороша для связей на средние и далекие расстояния.

Литература к разделу 3.1.

1. И.Казанский, Антенна радиостанции, Радиоинформ №18 за 2015 год.

3.2. Классические антенны для КВ диапазонов

3.2.1. Антенна «Long Wire»

Простейшей горизонтальной антенной может служить антенна типа «Long Wire» — «длинный провод», подключенный без фидера непосредственно к выходу передатчика [1,2]. Эта антенна имеет заметную направленность — тем большую, чем выше частота диапазона. Причем на низкочастотных диапазонах она

излучает максимум энергии приблизительно под прямым углом к своей оси, а на высокочастотных — вдоль оси. Модификация «Long Wire» — «наклонный луч».

Такая антенна может быть и многодиапазонной — для этого длина на каждом из избранных диапазонов должна составлять целое число четвертей длин волн (с учетом укорочения). Самое большое распространение получила антенна длиной 41 метр, которая работает практически на всех любительских диапазонах.

Антенна, у которой одна точка подвеса (безразлично которая) находится выше другой, называется антенной «наклонный луч». При этом заметная направленность будет в сторону наклона. Антенны «Long Wire» и «наклонный луч» требуют применения хорошего заземления (противовесов), иначе их эффективность будет невысокой. Антенна состоит из провода и двух изоляторов и имеет две точки подвеса, например, дерево, печная труба и др. (смотри рис.3.1.).

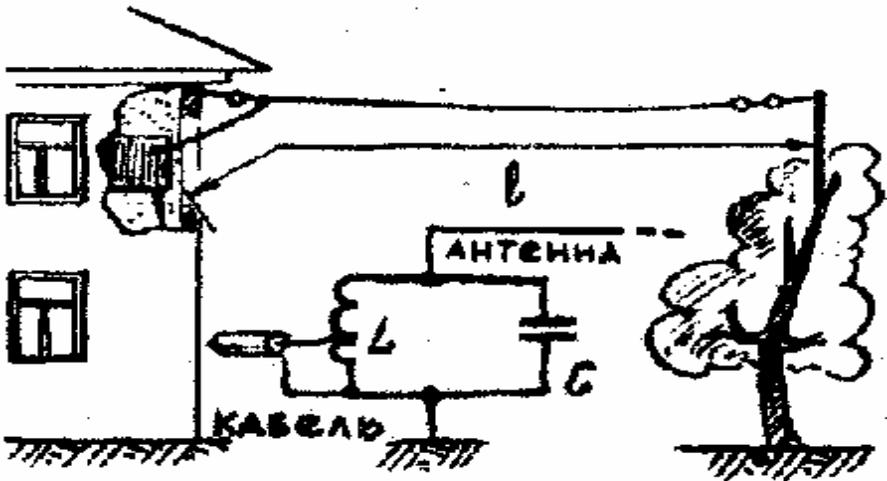


Рис.3.1. Антенна типа «Long Wire»

Полная длина антенны LW-типа определяется расстоянием от антенных клемм передатчика к изолятору на другом конце антенны. В диапазоне 80 м длина

антенны равняется половине длины волны, в диапазоне 40 м — длине волны, диапазонах 20, 15 и 10 м соответственно 2, 3 и 4 длины волны. Эти данные являются приближенными.

Более точные данные показывают, что для разных частот необходимая разная физическая длина антенны, чтобы достичь резонанса. Если полуволновую антенну изготовить точно для диапазона 3,5 МГц, то окажется, что в других диапазонах она будет менее короткой, чем нужно для резонанса. Это обстоятельство не очень мешает работе, когда антенна используется как приемная, но если она используется как передающая, то могут возникнуть трудности через несогласование.

Учитывая сказанное, для антенн данного типа следует выбирать компромиссную длину: 41,83 метра, или 83 метра, или 157 метров. В простейшем случае антенна может быть подключена прямо к выходному резонансному контуру передатчика через разделительный конденсатор, емкость которого численно равняется длине волны (например, для диапазона 20 метров $C=20$ пФ).

Недостатком такого решения есть возможность свободного проникновения гармоник передатчика в антенну. Исправить данную ситуацию можно путем применения в передатчике обычного П-контура, который не только ослабляет высшие гармоники, но и компенсирует реактивное входное сопротивление антенны, которая находится немного не в резонансе.

Ток передатчика попадает в антенну через систему фильтров П-типа. Одновременно (согласно закону Кирхгофа) через заземление ток сигнала протекает в землю. На проводе заземления (противовесы) образуется стоячая волна, а в месте подключения передатчика к антенне может появиться пучность напряжения. Может возникнуть парадоксальная ситуация, когда неоновая лампочка, преподнесенная к корпусу передатчика, светится сильнее, чем на входе антенны.

Для изготовления проволочных антенн типа «Long Wire» (а также диполей, «Inverted V» и т.д.) можно применять медный или биметаллический провод, либо канатик диаметром 1,5...4 мм.

Литература к разделу 3.2.1.

1. И.Казанский, Антенна радиостанции, Радиоинформ, №№18,19 за 2015 год.
2. К.Ротхамель, Антенны, изд 4-е дополненное, М.: Энергия, 1988 г.

3.2.2. Простые дипольные антенны

Кроме антенны «Long Wire» довольно простыми в реализации являются вибраторные антенны типа диполей (полуволновых и волновых вибраторов) [2]. Если есть возможность, лучше всего использовать для каждого диапазона отдельный диполь со своим фидером, в качестве последнего может служить 75-омный коаксиальный кабель (входное сопротивление в центре полуволнового диполя близко к этой величине).

Однако коаксиальный кабель является несимметричным фидером, а диполь имеет симметричный вход. Поэтому в результате может быть немного искажена диаграмма направленности такой антенны. Лучшие результаты получаются, если выход фидера симметричен. Конструктивно простейшей симметричной конструкцией является ферритовое кольцо (30ВЧ, 50ВЧ и т.д.), сквозь которое пропущено не менее чем 4-5 витков коаксиального кабеля. Кольцо должно иметь довольно большой диаметр, чтобы в нем поместились витки кабеля. Если найти такого кольца не удастся, а применять другие устройства не позволяют условия, можно подключить кабель непосредственно, примирившись с некоторым искажением диаграммы направленности антенны.

Общая длина обеих плеч диполя равняется 0,475 от средней длины волны диапазона. Чтобы уменьшить взаимное влияние, которое ухудшает общую

эффективность, антенны разных диапазонов следует разносить как можно дальше и стараться размещать их под углом (лучше всего 90°) одна от другой. Вообще, почти всегда справедливое правило - однодиапазонная антенна более эффективна, чем многодиапазонная. Идти на применение многодиапазонных антенн можно лишь не от доброй жизни, например, когда другой возможности просто нет.

В простейшем случае полуволновой вибратор (диполь), входное сопротивление которого, как известно, близко до 73 Ом , может возбуждаться в режиме бегущей волны с помощью коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом любой длины (смотри рис.3.2.).

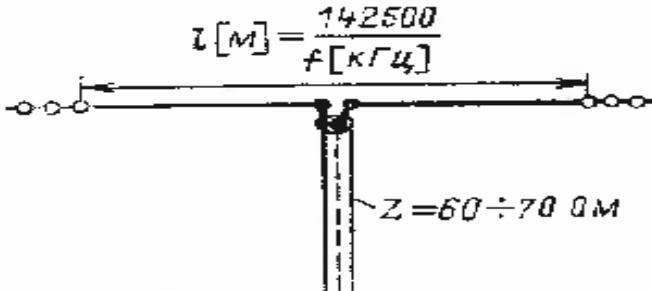


Рис.3.2. Простейшая дипольная антенна

Питание симметричной антенны с помощью несимметричного кабеля, как показывает практика, в коротковолновом диапазоне не вызывает значительных нежелательных эффектов.

На рис.3.3. изображена многодиапазонная вибраторная (дипольная) антенна с кабельной линией передачи. В антенне для каждого диапазона используется отдельный вибратор. Преимуществом такой антенны есть то, что питание для всех диапазонов ведется по одному коаксиальному кабелю произвольной длины и сама антенна занимает относительно мало места. Длины проводников, в метрах для отдельных диапазонов рассчитываются по формуле:

$$L=142,500/f,$$

где f — средняя частота диапазона в кгц. Для диапазона 160 метров длина полуволнового вибратора составит приблизительно 75 метров. Как и для всех других многодиапазонных антенн, следует обратить особое внимание на фильтрацию высших гармоник с помощью П-контура.

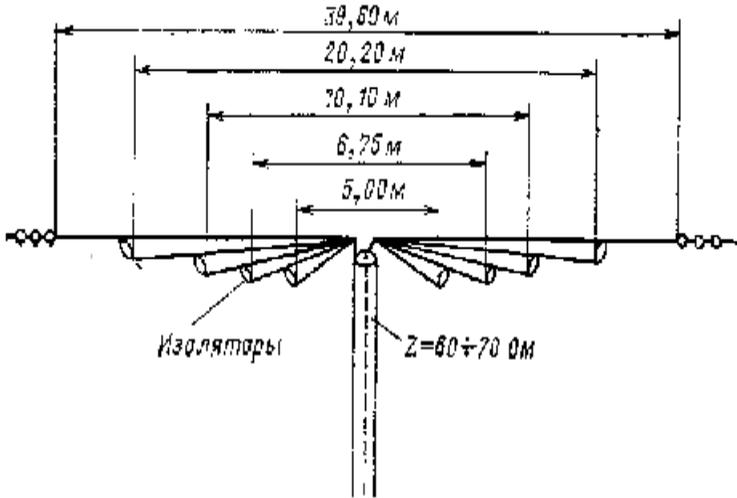


Рис.3.3. Многодиапазонная дипольная антенна
Литература к разделу 3.2.1.

1. И.Казанский, Антенна радиостанции, Радиоинформ, №№18,19 за 2015 год.
2. К.Ротхамель, Антенны, изд 4-е дополненное, М.: Энергия, 1988 г.

3.2.3. Антенна «перевернутое V»

Удовлетворительные характеристики — практически круговую диаграмму направленности в горизонтальной плоскости и прижатый к земле лепесток излучения в вертикальной — имеет антенна названная «Inverted V» (перевернутое V) — такое название она получила за свою форму) [1]. Такая антенна представляет собой

полуволновой диполь, согнутый приблизительно под углом 90° в вертикальной плоскости.

Питается «Inverted V» фидером с 50-омного коаксиального кабеля любой длины, внешний проводник которого подключают к одному плечу диполя, а центральный провод к другому. Для диапазона 3,5 МГц длина каждого плеча антенны составляет 19,36 метров при высоте мачты $H = 14$ м, для диапазона 7 МГц — соответственно 10,26 метра высота мачты 7,3 метра.

Удобен в использовании двухдиапазонный вариант «Inverted V»: диполи диапазонов 3,5 и 7 МГц укреплены на общей мачте под углом 90 градусов один к другому. Питание осуществляется отдельными кабелями (в этом случае каждую антенну можно настраивать отдельно — изменением длины обеих плеч) либо общим кабелем (тогда диполи в верхних своих точках соединяют параллельно).

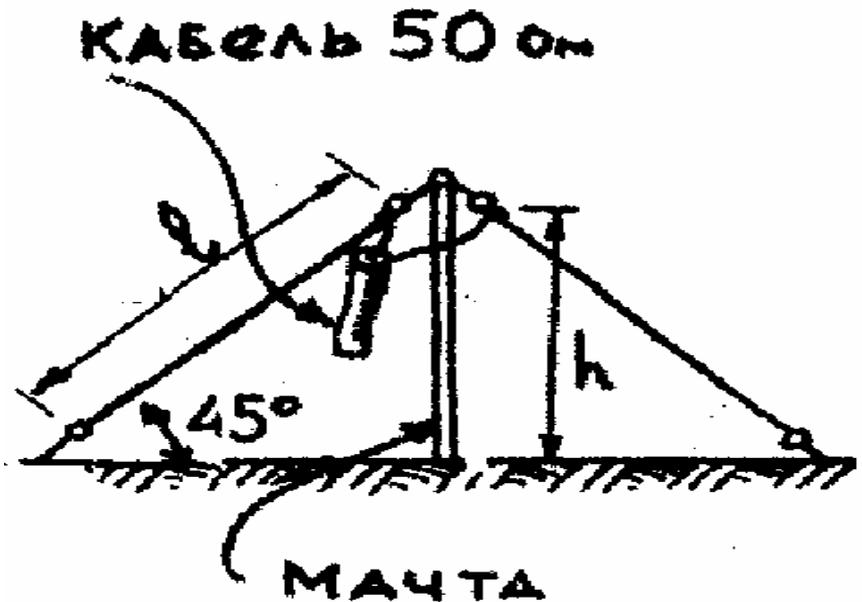


Рис.3.4. Дипольная антенна типа «Inverted V»

Конструктивным достоинством антенны «Inverted V» является возможность применения всего одной мачты, а в многодиапазонном варианте дополнительно обеспечивается еще экономия растяжек (их роль выполняют сами провода антенны).

Литература к разделу 3.2.3

1. И.Казанский, Антенна радиостанции, Радиоинформ, №№19,20 за 2015 год.
2. К.Ротхамель, Антенны, изд 4-е дополненное, М.: Энергия, 1988 г.

3.2.4. Антенна "Инвертед V" на 160 метров

Для организации работы антенны "Инвертед-V" в диапазоне 160 метров необходимо определить длину ее плеч.

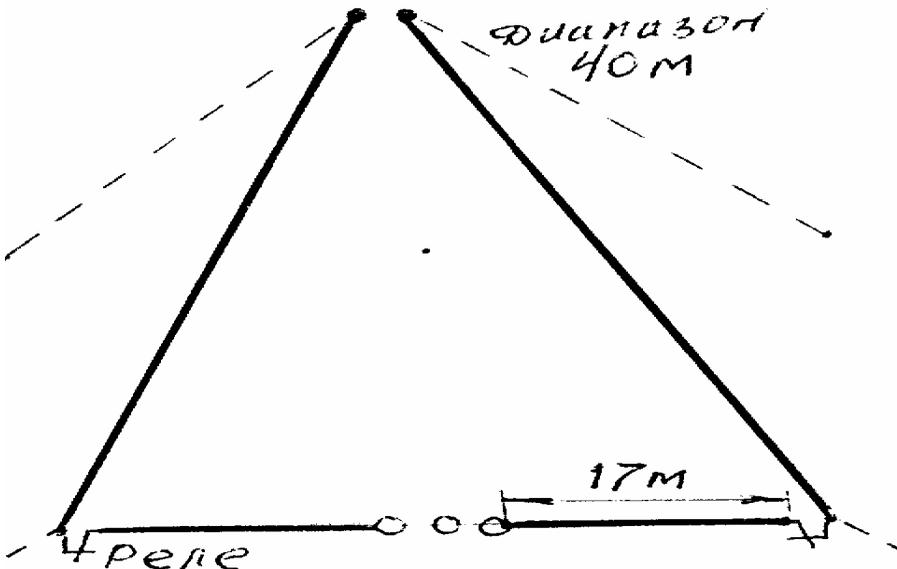


Рис.3.5 Антенна типа «Inverted V» на 160 метров

Можно сначала определить длину полуволнового диполя, а потом его необходимо укоротить на 5 ... 10%.

Расчеты выполняются по следующей формуле:

$$L = 0,46 \times 300/f$$

где L - длина полотна антенны, f - частота в мегагерцах. Например, для частоты 1,9 МГц длина полотна антенны составит:

$$L = 300 \times 0,46 / 1,9 = 72 \text{ метра}$$

Если у вас имеется антенна диапазона 80 м и ее длина равна 38 метров, то определим недостающую часть длины для диапазона 160 метров:

$$72 - 38 = 34\text{м} \quad 34 / 2 = 17\text{м}$$

Значит, для работы антенны в диапазоне 160 м необходимо нижние концы плеч антенны на диапазон 80 метров удлинить на 17 метров и завернуть их в сторону мачты. Желательно, чтобы загнутые части плеч становили менее 1/3 длины плеч. Определим эту часть: $72 / 2 - 3 = 12 \text{ м}$

Излучает в основном средняя часть антенны, где самый большой ток. На концах антенны ток приближается к нулю, поэтому 1/3 их длины можно заворачивать без заметного ухудшения работы антенны. Для выполнения этого условия, плечи антенны 80 м необходимо удлинить на 5 метров, если позволяет площадь и высота мачты. Если это сделать невозможно и удлинители плеч не помещаются под антенной, то можно концы удлинителей отвести в сторону от мачты, согнуть их "зигзагом" или завернуть.

Коммутация производится при помощи реле. Реле желательно применить вакуумные или другие, выдерживающие большое ВЧ напряжение. Можно соединять проводами с подпаянными зажимами типа "крокодил". На концах проводов управления должны быть ВЧ дроссели. Провода прокладывают по кабелю РК-50.

Литература к разделу 3.2.4:

1. В.Овчаренко, Радиоинформ, №12 за 2006 год.

3.3. Вертикальные антенны

3.3.1. Антенна «Ground Plane»

Среди антенн с обязательным заземлением наиболее эффективной есть антенна типа «штырь» с заземленной основой, которая носит название «Ground Plane» («заземленная основа») [1]. Как следует из названия, такой антенне необходимо хорошее заземление. Чаще всего для обустройства такого заземления применяют противовесы.

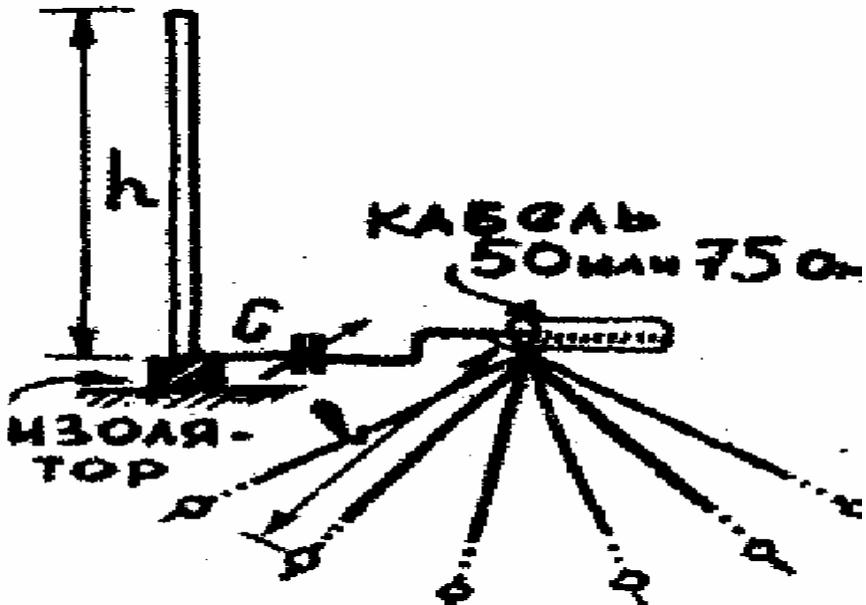


Рис.3.6. Вертикальная антенна типа «Ground Plane»

Питается такая антенна фидером бегущей волны с 50 или 75-омного коаксиального кабеля. Штырь можно выполнить из дюралюминиевой трубы диаметром 30..40 мм, а для противовесов используется медный провод диаметром 2...3 мм. Для диапазона 3,5 мГц высота штыря должна быть равной приблизительно 24 метра, для диапазона 7 мГц — 12 метров, длина противовесов — соответственно 21 и 10,5 метра, максимальная емкость

конденсатора для налаживания — 1000 и 600 пф. Конечно, выполнить такую конструкцию на диапазон 3,5 МГц довольно тяжело (особенно в городских условиях), поэтому намного большее распространение получили антенны «Ground Plane» на более высокочастотные диапазоны.

На диапазоне 28 МГц антенна «Ground Plane» имеет длину штыря 2,88 м при использовании фидера из 50-омного коаксиального кабеля. Если используется 75-омный фидер, то высота штыря составляет 3,18 метра. При этом длина противовесов будет 2,62 метра в обоих случаях. Максимальная емкость конденсатора налаживания — 100 пф.

Литература к разделу 3.3.1:

1. Марценюк В.П., Антенны для начинающих коротковолновиков, Радиоинформ, №18 за 2015 год.

3.3.2. Антенна ON4UN и ее модификации

Антенна с последовательной линейной нагрузкой (linear loading line) в основании вертикала, описанная в работе [1], предложена Дж. Девоулдером, ON4UN, [2], для любительских диапазонов 80/160 м. Ее схема изображена на рис.3.7.

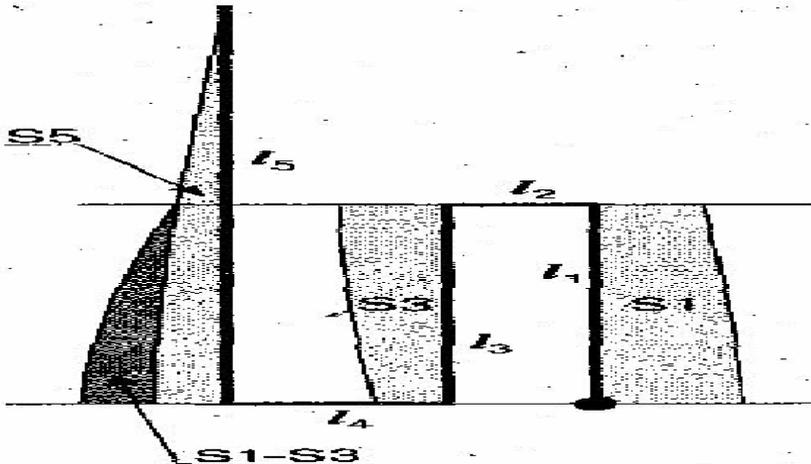


Рис.3.7. Вертикальная антенна ON4UN

Идея, заложенная в основу этой антенны, с успехом используется в конструкциях коммерческих и любительских антенн, в т.ч. диполей для других диапазонов. Она же стала объектом обобщения способов физического укорочения КВ-антенн в ряде любительских публикаций [2-4] и примером яркого любительского творчества. Новация заключается только в параллельности «последовательной нагрузки» излучателю (остальное - известно). Идея основана на принципе дискретной деформации линейного антенного тела, т.е. вынесения за пределы его физической длины L_{ϕ} (проекция на доминирующую ось) укорачивающих дискретов (сегментов, фрагментов) с сохранением геометрической L_r (сумма линейных отрезков) и электрической $L_o(\lambda_0/4)$ длины. Этот принцип может быть осмыслен как более широкое **понятие «дискретизации» длины L и операций с дискретами**, развит и с успехом применен для дальнейшего пополнения арсенала укороченных антенных конструкций.

Принцип дискретного укорочения

Рассмотрим вариант четвертьволнового вертикала, для которого «все три длины» L_o , L_r , L_{ϕ} совпадают (L) и подвергнем дискретизации площадь S под кривой распределения тока стоячей волны, т.е. условно разобьем на n участков («дискретов») $S_j L_j$ по вертикали L горизонтальными «границами» (смотри рис.3.8.), при этом S остается суммой S_i и L - суммой L_i .

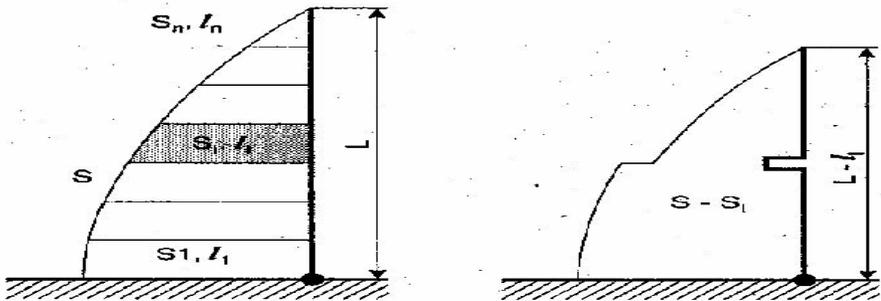


Рис.3.8. Вариант четвертьволнового вертикала

Нетрудно видеть, что укорочение физической длины $L_{\text{ф}}$, т.е. $L - l_i$, с изменением или сохранением L_0 , L_r , может быть достигнуто за счет вычленения перемещением отдельного элемента (группы) l_i за пределы линейного вибратора L и обязательного сближения промежуточных концов разрыва (деформации) его тела. Этот же прием может быть описан и как удлинение L_r L_0 с сохранением $L_{\text{ф}}$ путем «наращивания» недостающей суммы l_i в его разрыве, ибо парная связка «укорочение-удлинение» дуальна. В этом контексте дискрет выступает +/- корректором длины L . Кстати, традиционные реактивные L и C элементы можно трактовать как корректоры, но не дискреты.

Отличной моделью принципа дискретного укорочения является антенна Куликова, где дискреты представлены «вставками» разного диаметра. Очевидно, что промежуточные дискреты по форме и физической сути реализуется петлей или петлевой группой (в т.ч. у «Куликовки», где вставки - фигуры вращения «петель» тока за счет поверхностного эффекта), а концевые дискреты - изломом, изгибом.

Общий результат выведения дискретов за пределы основного вибратора ($S-S_j$) - падение излучаемой мощности по основной координате излучателя за счет вычитания встречных токов образующих их проводников и (или) ее перераспределения в неосновные координаты (горизонтальные составляющие). Такова «энергетическая расплата» за физическое укорочение ($L-1$), сопутствующий дискретизации негативный эффект.

Анализ влияния четырех изгибов, изломов тела антенны ON4UN [2, 3] показывает, что если пренебречь двумя горизонтальными дискретами l_2 , l_4 (рис.1), токи двух вертикальных фрагментов l_1 , l_3 вычитаются, приплюсовывая разность («довесок») площадей тока под кривой распределения ($S_1 - S_3$) к основной площади S_5

благодаря параллельности «линии» основному излучателю.

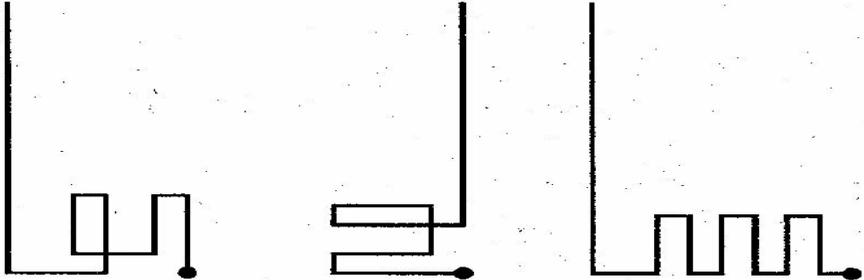
Это благодатно сказывается на некотором увеличении сопротивления излучения и, следовательно, эффективности (КПД) антенны. КПД растет и благодаря низким активным потерям в дискретах, ибо вносимые потери здесь значительно меньше, чем при использовании катушки индуктивности L-корректора. При этом подчеркнем, что сказанное справедливо для антенн, где отрезками l_2 , l_4 действительно можно пренебречь ввиду малости относительно размеров остальных отрезков, что имеет место для low-band антенны Дж. Деволдера.

Электрические параметры антенны ON4UN и особенности согласования с фидером описаны, и приводить их в очередной раз не имеет смысла. Существенные «минусы», органически присущие ее конструкции, «лежат на поверхности»: наличие дополнительных труб/стержней ощутимых размеров «линии» $l_1 - l_3$ с элементами крепления со всеми вытекающими последствиями и отсечение ею наиболее энергоемких участков S: за счет нижнего расположения дискретов, что влечет за собой существенное снижение излучаемой мощности.

Антенны с петлевыми корректорами (АПК)

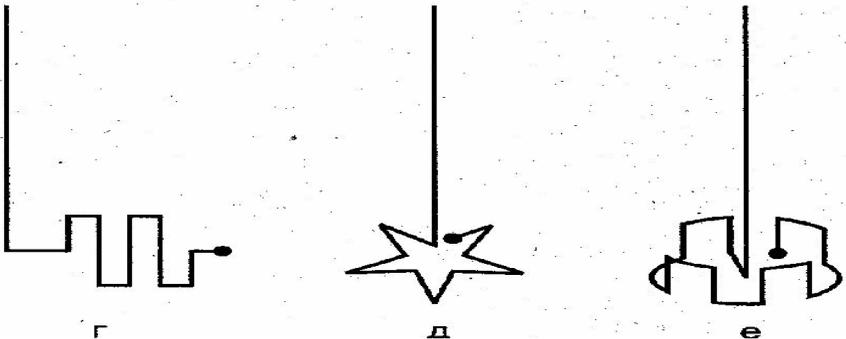
Несколько ослабить проблемные свойства антенны ON4UN предлагается разбиением (второй уровень дискретизации) уже самой «линии» (большой петли $l_1-l_2-l_3$) на участки вертикальным или горизонтальным сворачиванием (смотри рис.3.9.а, 3.9.б) или заменой на фрактальную последовательность малых петель (рис.3.9.в). Это может быть продольный моток-бухта мягкого провода в форме «змейки» (рис.3.9.г), бифилярных «скруток» с различной пространственной ориентацией, а в жестком варианте - радиальная звезда (рис.3.9.д), объемная тороидальная катушка, намотанная на каркасе из отрезка диэлектрической трубы вокруг центрального излучателя (рис.3.9.е), и другие самые разнообразные построения.

Это и есть АПК, модификации исходного прототипа. В конструкциях рис.3.9 накапливающаяся разность площадей S_i смежных дискретов (довесок) по-прежнему суммируется с площадью излучателя при вертикальной ориентации участков, а при горизонтальном размещении - в основном излучении не участвует.



а б в
Рис.3.9.1 Антенны с петлевыми корректорами

Напоминаем, что при дискретизации рис.3.8. совокупная геометрическая длина антенны L сохраняется с поправками электрической длины L_0 на внесенные реактивности, изоляцию проводов и емкости «на землю».



г д е
Рис.3.9.2 Антенны с петлевыми корректорами

В качестве интересной разновидности АПК предлагается также проверенный автором кабельный

вариант (рис.3.10.а, 3.10.б), где дискрет I_3 (второй проводник «линии») экранирован (рис.3.10.б) излучающей оплеткой I, коаксиала. В этом случае площади S_1 и S_5 под кривой распределения тока суммируются с отсечением S_3 в силу ее экранирования.

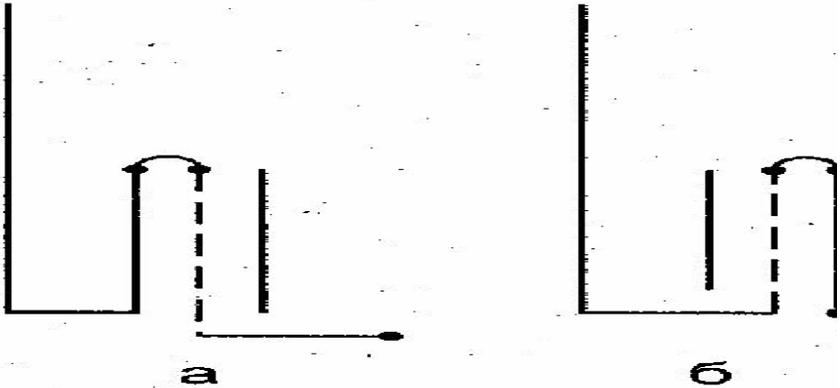


Рис.3.10. Антенны с кабельными АПК

Конструктивно замкнутый отрезок коаксиального кабеля или «змейку» можно непосредственно прикрепить, например, пластиковыми хомутами к стержню основного излучателя.

Варианты АПК со «змейкой» из провода или кабеля (рис.3.9.г, рис.3.10) весьма практичны в виде **компактного сменного модуля-корректора на разные диапазоны**, особенно при его промежуточном размещении на длине l_ϕ в сочетании с антенной емкостной нагрузкой сверху, рис.3.11.

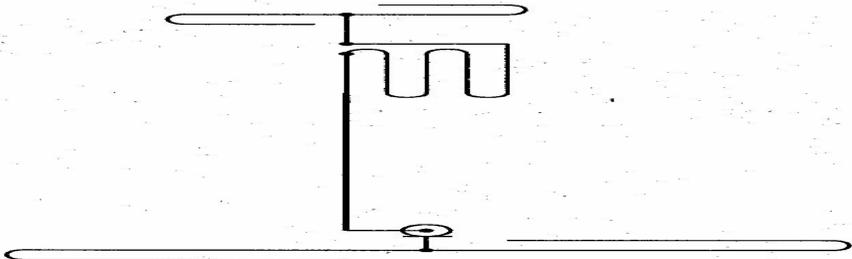


Рис.3.11. Антенны со сменным модулем АПК

Действительно, «змейку» провода, кабеля не сравнить с громоздкой конструкцией двухтрубной «линии». Место расположения сменного модульного корректора определяется с учетом роста оператора и удобства процедуры коммутации. Размер звена «змейки» не критичен и выбирается исходя из локальных возможностей и «вкуса» разработчика. Преимущества подобной конструкции очевидны - наиболее «энергоемкие» дискретности остаются в теле излучателя, противодействуя снижению эффективности системы. Просто вводится диапазонность - путем замены корректирующего модуля. Это и есть элементы нового опыта, которым автор делится с читателем, не «посягая» на внушительные наработки радиолюбителей по антенне W3DZZ и ее модификациям [4, 5].

Интересно заметить, что емкостная нагрузка также может выполняться в конфигурации изломов, изгибов и дискретных петель (третий уровень дискретизации). Четвертый уровень дискретизации может быть задействован при использовании системы, противовесов, что также отражено на схеме рис.3.11. Настройка такой антенны в резонанс осуществляется изменением суммарной длины провода (кабеля) сменного модуля по минимуму КСВ при нулевой реактивности по показаниям антенного анализатора в рабочей полосе частот. Остальные характеристики конструкции обеспечиваются стандартным подходом [4, 5], рекомендациями работы [3] и понятны из рис.3.11.

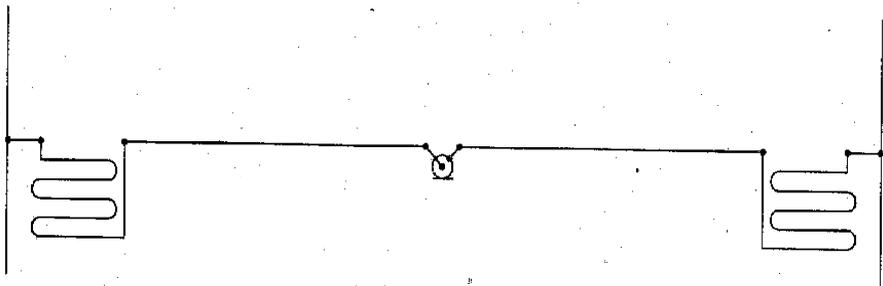


Рис.3.12. Вертикальные антенны с АПК-диполями

На основе рассмотренных предложений легко построить АПК-диполи (смотри рис.3.12), а также укороченные антенны со структурой $3/4$ и $5/8$ длины волны.

Возникает закономерный вопрос - какую часть электрической длины L_0 излучателя можно «загонять» в петлевой корректор с сохранением пристойных показателей эффективности? Ответ однозначен - чем меньше, тем лучше. ON4UN пишет: «Физическая длина устройства последовательной нагрузки, необходимая для приведения укороченной вертикальной антенны в резонанс, обычно на 10-20 % длиннее, чем отсутствующая электрическая длина антенны». Он работал на уровне около 0,3 от четверти волны [2]. В работах [3, 4] есть близкие рекомендации порядка 0.125 длины волны, при снижении эффективности на 3 дБ.

Резюмируя изложенное, подчеркнем перспективность АПК (рис.3.11 и рис.3.12) для условий **ограниченного** или достаточного, но недоступного, пространства, что в наши дни стало поистине форс-мажорным обстоятельством для многих радиолюбителей.

Литература к разделу 3.3.2.

1. В.Кирсей, UYOUA (SK), Антенна ON4UN и ее модификации, Радиоинформ №20, 21, 22 за 2010 год.
2. Дж. Деволдер. Low-band DXing. Радиоинформ. Винница, 2009.
3. И.В.Бекетов, И.Л. Зельдин, И.В Пыж. КВ антенны-3. Харьков, 1994.
4. И.В.Гончаренко. Антенны КВ и УКВ. Ч.1-4, Радиософт, Журнал "Радио". М., 2004-2007.
5. К. Ротхаммель. Антенны, т. 1, 2. Данвел, М., 2007.

3.3.3. Вертикал без радиалов

Автор работы [1] утверждает, что в публикациях по антенной тематике (например, [2, 3]) четвертьволновый вертикал "на позиции" отождествляется с половиной полуволнового диполя, образованного вещественным

вертикальным плечом и его мнимым "зеркальным" отображением в земле. Земля "разрезает" систему пополам, отсекая нижнюю несуществующую половину излучения. Отсюда — прижатая к горизонту диаграмма направленности, вдвое меньшее входное сопротивление и т.п. Далее "зеркальное" плечо обычно подвергается забвению, и все внимание уделяется отражению от плоской земли с ее относительно высокими потерями, откуда следует вывод, что ее заменитель, радиальные четвертьволновые противовесы (рис.3.6), являются "панaceей от всех бед".

В последние десятилетия многими радиолюбителями именно эта часть антенной системы *GP* (Ground Plane) неоднократно подвергалась более глубокому изучению и дерзновенным экспериментам в контексте "оптимизации" геометрии противовесов. Выводы энтузиастов и подвижников этих кропотливых, дорогих и громоздких исследований известны — чем больше радиальных противовесов длиной около четверти длины волны (на каждом диапазоне), тем лучше (есть и рекомендации по ограничению их количества).

Эти результаты, безусловно, полезны, ибо успешно используются теми, кто воспринимает их в качестве "канона" и кому они "по плечу". Так, и в наши дни некоторые рейтинговые DX- и констест-мены с нескрываемой гордостью используют километры проводов для радиальных противовесов даже при работе в эфире на берегу океана [3].

Но полезность не означает приемлемость, пригодность, доступность этих рекомендаций для большинства радиолюбителей, впрочем, и профессиональных служащих морской, наземной или воздушной радиосвязи. Одиозные рекомендации по "веерному" количеству и поистине "циклопической" длине противовесов на low-band прочно осели в сознании многих

радилюбителей в качестве устоявшегося стереотипа канвы мышления.

А в представлении других эти технические "чудовища Франкенштейна" воспринимаются, особенно для диапазонов 80 и 160 м, как излишества, подобные золотым аксессуарам сантехники. Поэтому практическая реализация противовесов остается в ряду острейших проблем, особенно для GP низкочастотной части КВ диапазона и вообще КВ антенн (например, балконного исполнения). Возникает закономерный вопрос — можно ли избавиться от антенных противовесов-"монстров"?

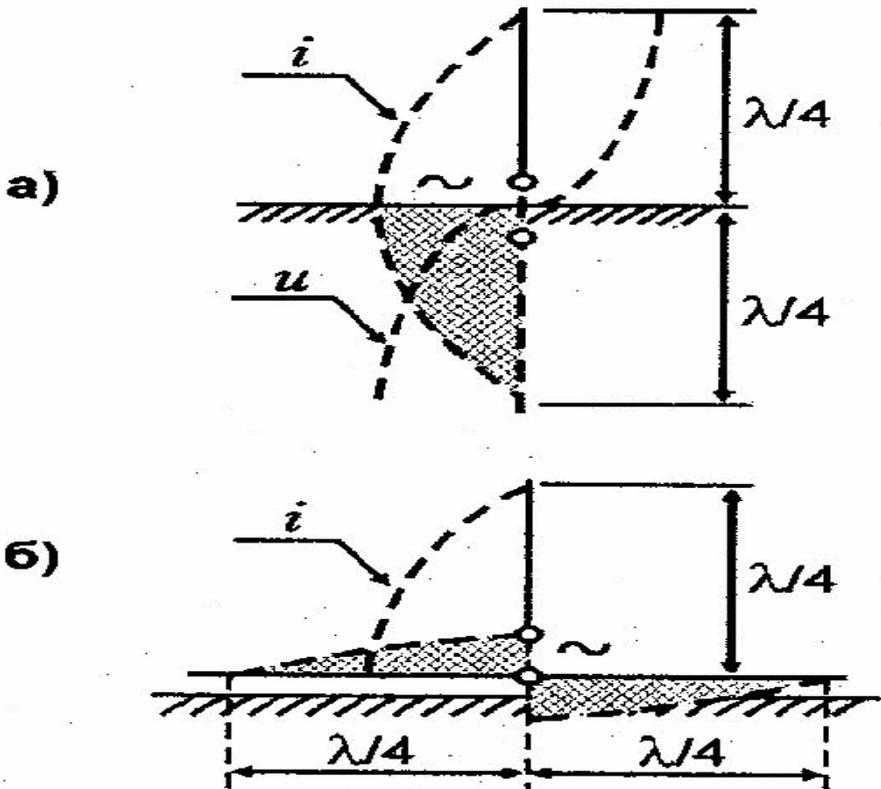


Рис.3.13. Вертикальный полуволновый диполь

Предпримем попытку утвердительного ответа. Перед этим заметим, что в профессиональной и любительской радиосвязи эта проблема часто решается внешними (по отношению к антенне) схемотехническими решениями.

Вернемся к вещественному и "зеркальному" плечам гипотетического вертикального полуволнового диполя (рис.3.13.а) и подвергнем его двум процедурам. Представим, что нижняя клемма источника сигнала, куда подключены противовесы (рис.3.13.б), снабжена шарнирным устройством, и начнем приподнимать вверх систему за вертикальную часть. При этом радиалы начнут "схлопываться", образуя над землей четвертьволновый проводник цилиндрической формы. Получаем полноценный реальный *полуволновый вертикальный диполь* (рис.3.14.а), приподнятый над землей, в котором нижнее плечо заменило противовесы. Для корректности замены необходимо сделать это плечо неизлучающим и опустить верхнее плечо на прежнюю высоту, т.е. выполнить вторую процедуру. Для этого применим, например, петлевое или двойное (бифилярное) спиральное сворачивание нижнего плеча (рис.3.14.б).

Подобный результат можно получить с другими моделями, например, представив "зеркальное плечо" вертикала "отсеченным" нижней "емкостной нагрузкой (ЕН) земли" (система горизонтальных противовесов — частный случай геометрии ЕН) до уровня второй питающей клеммы источника сигнала. Изменив геометрию ЕН на петлевую группу или бифилярную спираль, получаем такую же конструкцию. Показательно, что ряд авторов [1] отождествляет систему противовесов с "высокочастотным заземлением" с его не обязательно линейной формой.

Группа петель (спиралей) имеют конечные горизонтальные и вертикальные размеры, следовательно, излучают какую-то часть мощности. Однако в сравнении с противовесами - "монстрами" горизонтальные размеры

свернутого плеча могут быть выполнены в приемлемых пределах, а вертикальные — использованы для повышения эффективности излучения системы путем создания распределения тока стоячей волны типа "бочка" (рис.3.13.в). Для этого вводится верхняя ЕН (ЕНв), а нижняя ЕН (ЕНн) укорачивается (близкий к четверти длины волны размер вертикальной части сохраняется)

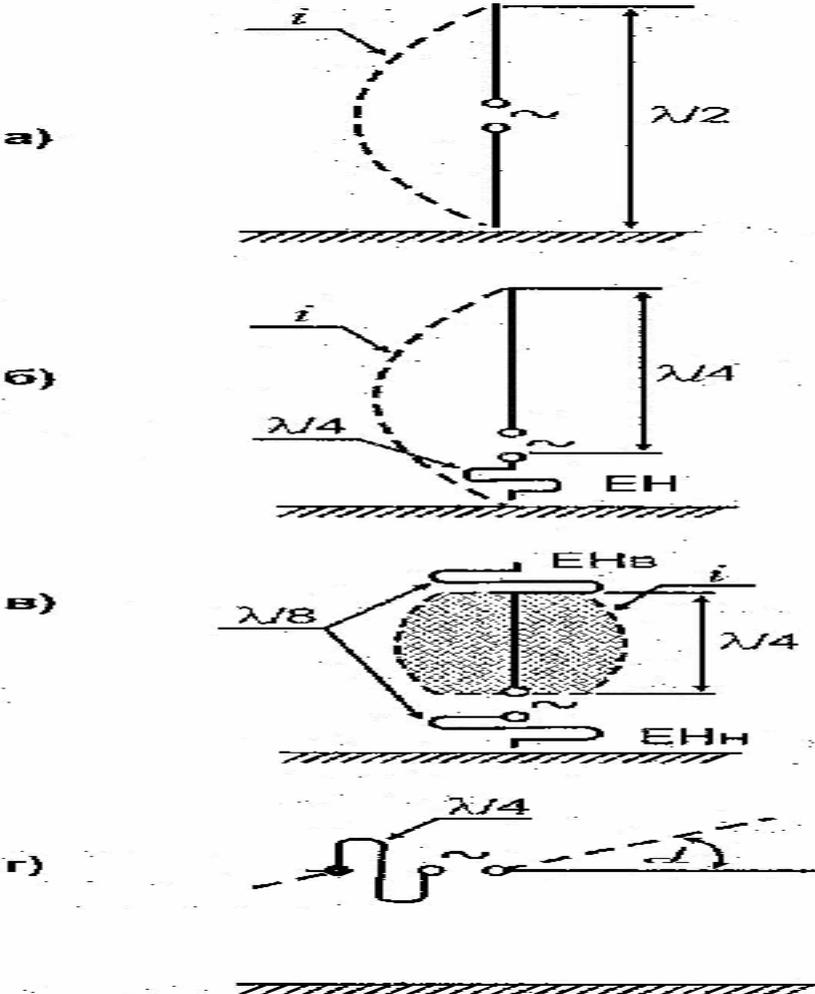


Рис.3.14. Модели вертикального полуволнового диполя

При симметрии обе нагрузки приобретают электрическую длину $X/8$. Нетрудно видеть, что результирующая конструкция может рассматриваться как *полуволновый вертикал с верхней и нижней ЕН* со смещением питания в сторону нижнего плеча [1]. При этом полезно сохранить оба "конца" антенны в виде коротких линейных отрезков, ибо известно, что фракталы на "краях" менее эффективны. Но это влечет за собой дополнительное введение в излучатель верхнего изолятора.

Свернутое плечо под вертикалом может быть представлено и группой сильно укороченных радиальных противовесов, соединенных не параллельно, а последовательно, в виде горизонтальной N-лучевой звезды, бифилярной спиралью Архимеда и т.п., т.е. плоской горизонтальной геометрической формой. По большому счету, форма ЕН может быть любой, незранированным *"черным ящиком"* со свернутым изолированным бифилярным проводом соответствующей длины, даже бухтой и сферическим "мотком" с минимальным "самоэкранированием". Здесь желательно, чтобы распределенные емкости "верхнее/нижнее плечи" формировались продольно, не через землю или экран. Конструкция в диапазонном исполнении может быть набором сменных модулей [4].

И, наконец, заметим, что, перевернув антенны, показанные на рис.3.13.б и 3.14.б, получаем аналоги Т-антенны с верхним питанием, т.е. продукт привычной пространственной манипуляции расположением антенн. А это еще раз подтверждает корректность наших аналитических рассуждений.

В реальных условиях для низкочастотных диапазонов редко удается установить вертикальный излучатель длиной $\lambda/4$, поэтому он укорачивается. Для наших конструкций это означает, что ЕН удлинятся на

недостающую высоту перераспределением размеров — со всеми вытекающими последствиями в виде известных недостатков укороченных антенн. Однако наша задача — сжать конструкцию по горизонтали без существенного растяжения по вертикали и выиграть в материале проводника даже ценой некоторой потери параметров.

Остается подчеркнуть, что влияние земли в контексте высоты установки (подвеса) любых антенн не исчезает и должно учитываться на основе разработанных методов [2]. Этими нехитрыми приемами мы избавляемся от противовесов-"монстров" антенны GP путем замены на реальное неизлучающее нижнее плечо результирующего полуволнового диполя. Такой диполь (рис.3.14.г) может работать не только в вертикальной, но и в горизонтальной ("веревка" — сплошная линия на рис.3.14.г) или наклонной ("удочка" — штриховая линия на рис.3.14.г) позиции в качестве монополя доступной длины.

Преимущества предложенного подхода на лицо, ибо очевидно, что он позволяет получить выигрыш в количестве противовесов и свернуть (в структуре *M4*) один оставшийся. Образовавшийся *вертикал без радиалов* уже не относится к канонической GP, но это несущественно. Тем самым снимается жесточайшее давление навязчивых представлений о противовесах и расширяется сектор поиска альтернативных решений.

Так правы ли исследователи противовесов GP в своих практических рекомендациях? Да, их результаты сомнению не подлежат, если действовать в горизонтальной плоскости линейными построениями. Здесь же предлагается творить в узком ограниченном объеме между вертикалом и землей, манипулируя свернутыми фрактальными образованиями емкостных нагрузок небольшой высоты (сотые доли L). Иногда удается использовать трубы диаметром 50 мм и менее, включая разнообразные стандартные пластиковые разветвители.

Изготовление (намотку) фрагментов ЕН предпочтительно выполнять в бифилярно-петлевом варианте, например, для каждого "луча" конструкции, с последующим последовательным соединением при монтаже.

На рис.3.15 приведены примеры реализации ЕН и ЕНв, а также некоторые варианты антенных конструкций, избавленных от "экзотической паутины" противовесов. Во всех примерах (кроме кабельного — рис.3.14.а) совмещаются функции изолятора излучателя и каркаса ЕН для сворачивания (намотки) провода.

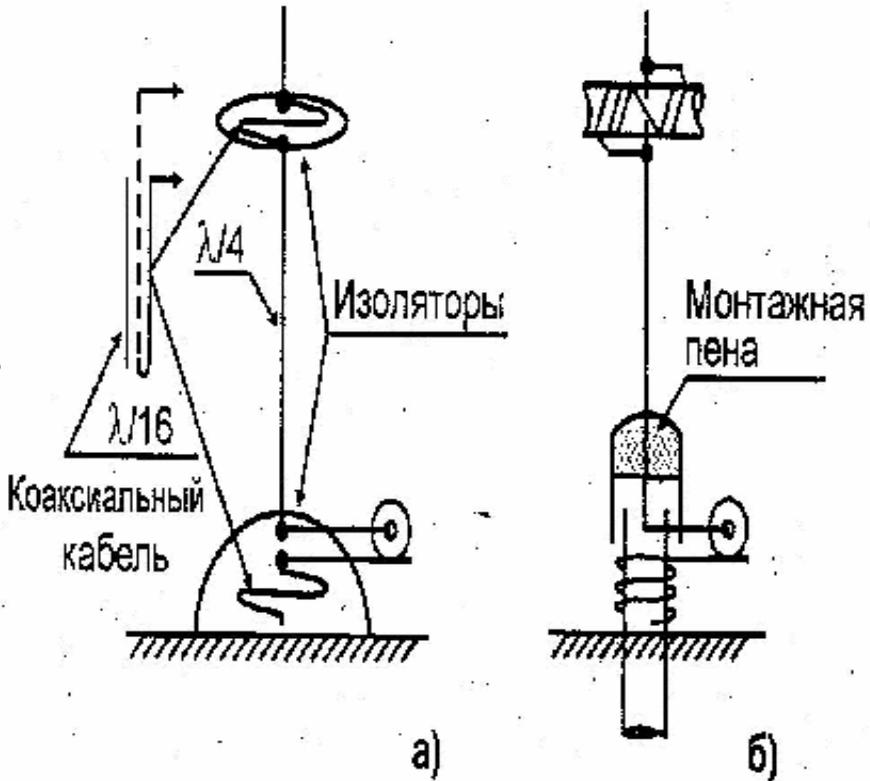


Рис.3.15. Примеры антенных конструкций

Антенна, показанная на рис.3.15.б, интересна и тем, что в качестве верхнего изолятора использована конструкция "летающая тарелка", т.е. действительно два подходящих предмета прочной пластиковой посуды, скрепленных вогнутыми поверхностями встречно винтами через резьбовые внутренние втулки. В образовавшуюся полость удобно поместить проводник или кабель ЕНв в виде небольшой бифилярной бухты.

Литература к разделу 3.3.3:

1. В.Я.Кирсей, UY0UA (SK), Вертикал без радиалов, Радиоинформ, №№5,6,7 за 2011 год.
2. И.В.Гончаренко. Антенны КВ и УКВ. 4.2, 3. — М.: Радиософт, 2007.
3. Дж.Деволдер, ON4UN. Low-band DXing. — Винница, Радиоинформ, 2009:
4. В.Я.Кирсей. Антенна ON4UN и ее модификации. — Радиоинформ, №№20-22, 2010.

3.3.4. Вторая жизнь антенны Куликова

Вызывая в работе [1] к памяти антенны Куликова, мы, прежде всего, сталкиваемся с ассоциациями прочности, упругости и гибкости, простоты съема и установки надежного «специзделия», что особенно важно для мобильных УКВ-радиостанций в полевых и боевых условиях. «Гофр-тело» антенны является набором фигурных «позвонков», нанизанных на гибкий натянутый пружиной стальной трос, т.е. дискретов с переменным «шагом» по диаметру. В этом плане она является отличной моделью принципа дискретного укорочения, где дискретные укорачивающие элементы (симметричные цилиндрические и петлевые образования в разрезе) представлены «бусинками» разного диаметра с током по наружной поверхности.

Нетрудно видеть, что «позвонковая» структура «Куликовки» обеспечивает не только указанные

механические свойства, но и функцию электрического укорочения длины за счет перераспределения ее в «набег» горизонтальных составляющих на вставках, обусловленный поверхностным эффектом и процессом формирования стоячей волны. И это полезнейшее свойство обращает на себя внимание при конструировании внутренних антенн малоразмерного жилья, например, балконных антенн, где подобных уникальных механических свойств не требуется, но механическое укорочение «жизненно» необходимо.

«Вторую жизнь» антенны Куликова на КВ для стационарного балконного варианта (смотри рис.3.16) можно обеспечить, видоизменив конструкцию стержня и дискретов на основе применения **резьбовых метизов**.

В качестве центральной основы конструкции используем изделие «Стержень резьбовой метрический оцинкованный М8» и набор «сопутствующих» элементов, имеющих для продажи в супермаркетах строительных материалов. Стержни-шпильки 5 выпускаются разной длины, начиная от 2 м и менее. Для соединения стержней производителем предусмотрены шестигранные (под ключ 13) соединители 4 длиной 25мм с соответствующей внутренней резьбой. Само антенное тело 5 с резьбой уже само по себе является фрактальным, с переменным диаметром и удлиняет геометрическую и электрическую длину излучателя. Так, в моих экспериментах по «балконкам» на «двадцатку» удавалось увеличить электрическую длину четвертьволнового излучателя на десятки сантиметров только за счет резьбы (тот же принцип петлевой дискретизации [2]). В случаях, когда одной резьбы недостаточно, следует навинтить на стержень нужное количество гаек 1 с избранным «шагом». Это уже прямой аналог «Куликовки».

Еще большего эффекта электрического удлинения получаем, если в качестве дискретов использовать широкие шайбы 9 и втулки 12 (последние нарезаются

самостоятельно из отрезков медных или силуминовых труб подходящего диаметра). «Гирлянду» дискретов с избранным «шагом» следует зафиксировать гайками М8 через определенные промежутки длины. Можно подобрать соответствующие изделия с резьбой М10, М12 в зависимости от резьбы шпильки опорного керамического изолятора 3, с которым предстоит сочленение вибратора соответствующим шестигранником 4. Конструкция допускает множество вариантов реализации на выбор и возможности радиолюбителя и ввиду простоты не нуждается в детализации.

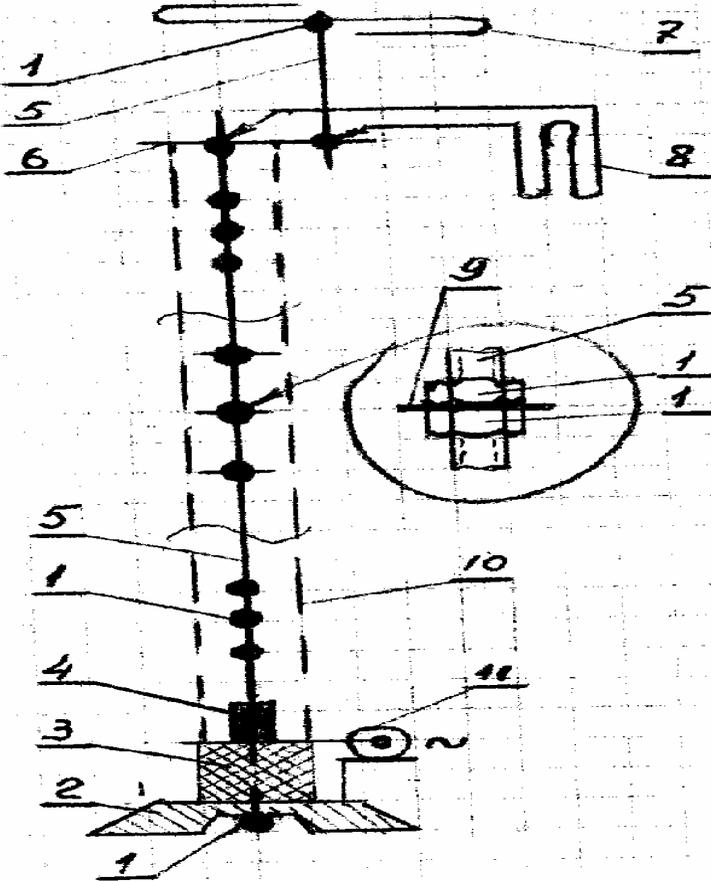


Рис.3.16. Аналог антенны Куликова

Для создания диапазонной Куликовки следует воспользоваться **идеей модульных диапазонных петлевых вставок 8**, описанной в нижеприведенном источнике.

Изоляторы конструкции могут быть самыми разнообразными. В действующем образце применен стандартный керамический опорный изолятор 3 со шпильками М8, привинченный гайкой 1 к основанию 2 (литая чугунная трехлучевая «звезда»/основание от старого торшера). В качестве верхнего изолятора 6 - толстая (до 15-20 мм) текстолитовая пластинка, сквозь оба отверстия которой пропущены резьбовые стержни 5, концы которых с гайками 1 являются клеммами диапазонных вставок 8 типа «змейка» или «коаксиальный удлинитель» (замкнутый отрезок кабеля). Нижняя часть антенны «одета» в отрезок диэлектрической трубы 10 для повышения механической и климатической прочности и устойчивости.

Станина-основание 2 может быть использована от отслуживших торшеров, лабораторных и медицинских штативов или кресел на «роликах» и т.п. с противовесами в виде «свернутых» 5-метровых проводов в качестве «приемника тока». Антенная нагрузка 7 - изогнутый отрезок биметалла $\Phi 2,0-2,5$ мм около метра суммарной длины. На станине желательно закрепить коаксиальный разъем 11 для подключения фидера и антенного анализатора при настройке. Настройка четвертьволнового варианта - стандартна, главный механизм - оптимизация размеров смещением крепежных гаек верхнего изолятора 6 и подбора длины вставок 8.

Не исключено, что собранная по предложенному «образу и подобию», антенна будет нуждаться в механической фиксации поперечной штангой из диэлектрика или страховочному подвесу к потолку бечевкой. Ибо расположенный относительно высоко центр

тяжести конструкции способен вызвать ее механическую неустойчивость и деформацию, что провоцирует и недостаточная твердость (упругость) реально примененной марки стали резьбовых стержней 5 одного из восточных производителей. Однако в нашем случае этого не потребовалось благодаря диэлектрической трубе 10. Антенна успешно работает в полосе от 10 до 40 метров путем замены упомянутых диапазонных модульных вставок- удлинителей.

Изложенная идея может быть реализована и в дипольном горизонтальном варианте, который прекрасно монтируется в пределах 6-метровой длины стандартного балкона, в т.ч. для диапазона 80м.

Литература к разделу 3.3.4.

1.В.Я. Кирсей, *цy0ua (SK)*, Вторая жизнь антенны Куликова, Радиоинформ, №19 за 2010 год.

2.В.Я. Кирсей. Антенна ON4UN и ее модификации. Ж. «Радиолюбби», № 2, 2010.

3.3.5. Вертикальная низкошумовая антенна

В свое время к разным промышленным помехам неожиданно добавились радиопомехи от бытовых устройств, так называемого, „японского" производства, которые стали массово применяться в QTH US0QG [1]. Поэтому радиоприем в диапазоне 80 метров на антенну „диполь" стал практически невозможным.

Значительно улучшить прием радилюбительских станций удалось только после установления полуволновой петлевой антенны с вертикальной поляризацией. Такая антенна получила среди радилюбителей название „чешка" за национальностью ее автора. Другие называют ее в общении между собой, как „свечка", „городской вертикал", и т.п (см. рис 3.17).

Эта антенна конструктивно устанавливается на диэлектрической мачте высотой 15 метров. Антенна питается полуволновым кабельным повторителем,

выполненным из кабеля с волновым сопротивлением 75 ом длиной приблизительно 28 метров.

Для того чтобы обеспечить работу этой антенны и в диапазоне 40 метров схема питания автором была несколько изменена. Длина кабеля на этом диапазоне выбирается равной 14 метрам (полуволновый повторитель). Для одновременной работы на 80 метровом диапазоне недостающую часть кабеля (14 метров) заменено автором на эквивалент C1, L1, C2.

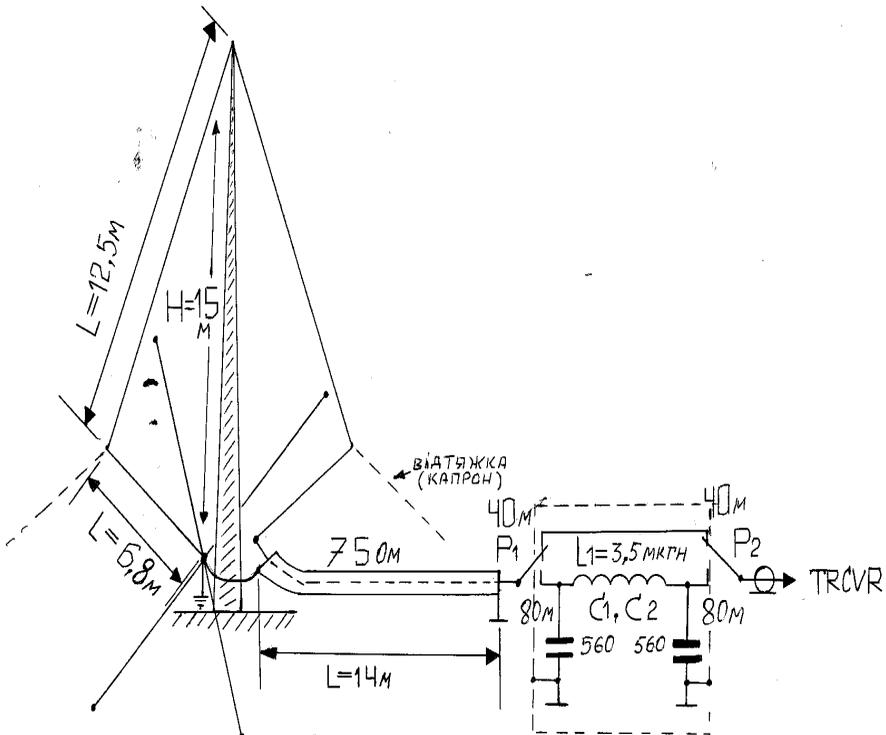


Рис.3.17. Вертикальная низкошумовая антенна

Для эффективной работы такой антенны нужно хорошее заземление и система противовесов четверть длины волны. Чем больше противовесов используется, тем условия работы антенны улучшаются. В то же время, радиолучитель UA0QGQ, используя лишь два

противовеса, получал с 5-го района рапорта 56-58 при мощности передатчика лишь 100 ватт. При переходе на антенну „диполь“ рапорта теми же корреспондентами уменьшались к уровню 55 и меньше.

Литература к разделу 3.3.5:

1. А.Демяненко, Вертикальная низкошумовая антенна, Радиоинформ, №8 за 2011 год.

3.3.6. Антенный опорный изолятор

Известные проблемы подбора и приобретения опорных изоляторов с нужными техническими характеристиками для вертикальных антенн всегда преодолевались радиолюбительской смекалкой. Однако известные радиолюбительские решения не всегда устраивают. Подобные использованию стеклянной бутылки и других «суррогатов», из-за трудностей крепления и налета «несерьезности», «хлипкости» вместо «дебелости». Поэтому приходится «творить» еще и на nive изоляторов. И, как оказалось, не без сомнений в безупречной «серьезности». Не исключено, что опыт автора, описанный в работе [1], повторяет «изобретение велосипеда», но, тем не менее, особенно в стиле «физики шутят»....

Для начала о промышленных опорных изоляторах. Никаких сведений о них не обнаружено в «настоельных» учебниках, справочниках, а также в пособиях для радиолюбителей и радиоинженеров. За более чем 50-летнюю деятельность в радио, таких книг (читаемых!) скопилось у меня достаточно. Возможно, это не классическая стандартная продукция типа болтов-гаек, а изделия «под заказ», хотя сомнительно.

Даже массовая «Куликовка» (авторитетное изделие ВПК) выполнена на основе нестандартного проходного изолятора, но не факт.... Проводить широкий «инфопоиск» не стал, памятуя о том, что приобрести изоляторы все равно негде. Позже поискал через Google и в

специализированных супермаркетах, не без успеха, но скромного. Видимо, нестандартные решения оказались конкурентнее устаревших стандартных, особенно с появлением новых материалов. Такие случаи не редки в технике, пример – лавина и «триумф» крепежных конструкций на основе саморезов, степлерных скоб и «защелок»

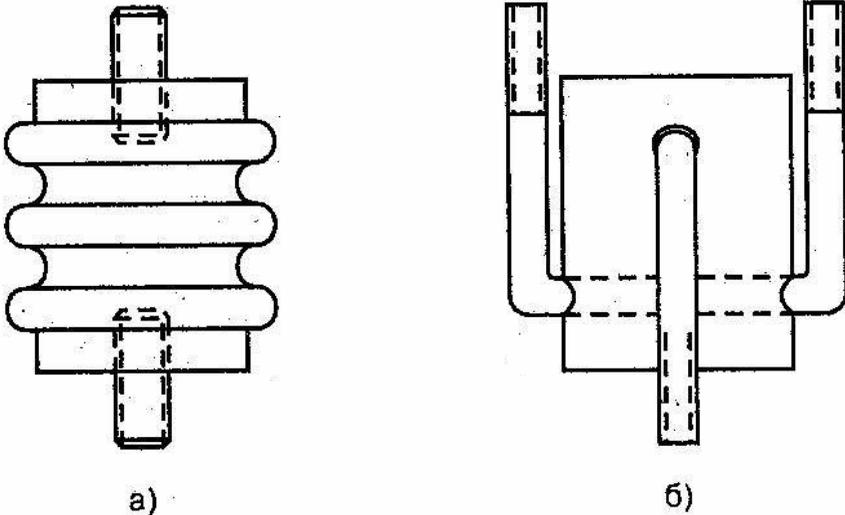


Рис. 3.18 Варианты промышленных изоляторов

Слабым местом промышленных опорных изоляторов, применяемых радиолюбителями (рис.3.18.а), является относительно рыхлая, непрочная «замазка» на стыках керамики – стальная шпилька, что не позволяет использовать их в качестве опор многометровых вертикалов при боковых (ветровых) нагрузках. Шпильку просто «срывает» из гнезда, нередко на стадии монтажа конструкции.

Приходится штырь на такой опоре осторожно «юстировать» и фиксировать растяжками, а это дополнительные проблемы, иногда непреодолимые. Попытался заменить замазку на заливку эпоксидом,

свинцом, клеим «жидкие гвозди», но те же нагрузки сгибают шпильки или «ломают» уже тело керамики. Эти изоляторы, бесспорно, рассчитаны только на встречную, «центростремительную» нагрузку, соосную со шпильками.

Вот здесь и вспоминается схема «параллельного соединения» изоляторов, как ни экстравагантно это звучит. Возьмем две круглые (не обязательно) пластины из листа стали толщиной 3-4мм подходящего диаметра и соединим их «бутербродом» опорными изоляторами, симметрично расположив по промежуточной окружности, через отверстия для шпилек гайками, рис.3.19.

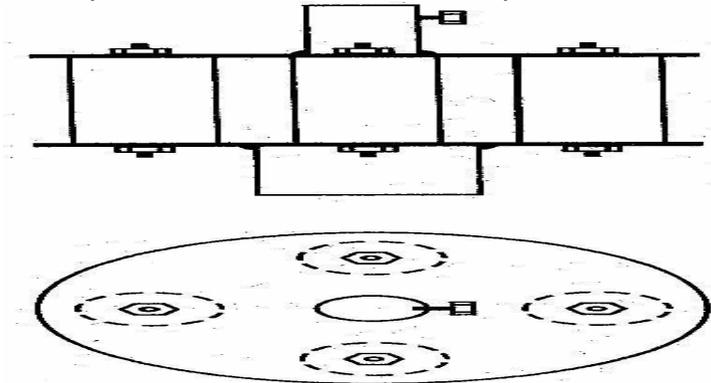


Рис.3.19. Конструкция опорного изолятора

К верхней пластине по центру предварительно приваривается патрубок для крепления штыря (мачты), а к нижней – элементы крепления к опоре в земле (есть варианты) из 3-5 изоляторов (достаточно). Но это гипотетически, не проверял, ибо такого количества одноразмерных «стандартных» изоляторов в моем распоряжении не оказалось.

Удалось приобрести цилиндрические изоляторы с двумя непересекающимися канавками для двухстороннего независимого обхвата, без отверстий, используемые в городском коммунальном хозяйстве для подвеса трамвайно-троллейбусных силовых линий, осветительных

композиций и рекламы. Но это не опорные и не проходные, а «цепочечные» изоляторы по типу орешковых, но более крупные. И тут опять выручила смекалка – пластины рис.3.19 через эти изоляторы были стянуты по канавкам U-образными шпильками-скобами, изготовленными самостоятельно. Разумеется, шпильки не должны замыкать верхнюю и нижнюю пластины; они находятся, не пересекаясь, в разных плоскостях и уровнях.

Даже при трех изоляторах результат оказался великолепным – искусственная боковая нагрузка на более чем 5-метровый вертикал (без растяжек) со значительным усилием вызвала изгиб самой мачты (стальная труба в медной оплетке), да и несколько лет всепогодной эксплуатации «на природе» это подтвердило. Единственный «минус» этой конструкции – емкость «на землю», но она компенсируется размером вертикала. Ее можно убрать диэлектрическим материалом пластин, но появляются проблемы с креплениями штыря и к опоре.

Мне удалось «раздобыть» нечто похожее на групповой изолятор от какой-то армейской техники, использовать обе штампованные пластины, и после доработки сотворить окончательный вариант. Верхняя медная пластина с отгибочной юбкой вниз (для стока и защиты от осадков) и латунным патрубком мне представлялась особенно удачной, но выполнение самой изоляции не выдерживало никакой критики. Поэтому «начинка бутерброда» была реализована по вышеизложенной схеме. В народе такую форму пластины называют старинным словом «ночвы» (мелкий таз), ближе к нашему времени – «шляпой»....

Форма результирующего группового изолятора однозначно ассоциируется с конфигурацией **«летающей тарелки»** на посадочной площадке. Ведь народная «филология» отслеживает технический прогресс с незапамятных времен. Кстати, не напоминает ли популярное нынче **«антенное столпотворение»**

вавилонское? Имею в виду выше всяких похвал известный «финский мамонт» и его более скромных собратьев.

Чем дальше в лес ..., а почему обязательно керамика? Нарезем несколько отрезков подходящей диэлектрической трубы, «кругляка» (предпочтительнее - фторопласт) и просверлим отверстия для аналогично расположенных П-образных шпилек, но уже без канавок. Что-то наподобие скоб современных степлеров. Проще простого, потому-то и нет остроты проблемы в наши дни.

По мере дальнейших раздумий окрепла мысль использовать конструкцию «труба в трубе» с изоляцией - уплотнением монтажной пеной (цилиндрическая емкость), и «уфология» на какое-то время уступила передний план сражения за лучший изолятор. Советую использовать пену для профессиональных работ (полиуретан), иначе Вы рискуете получить гигроскопичную мочалку. Правда, ее поверхность можно защитить слоем силикона (ПВХ+акрил), но снизу, от земли, сделать это намного сложнее. В ходе освоения этих технологий придется потрудиться, поэкспериментировать на подходящих макетах, определяя «дозу», приемы и защищая тело, одежду, рабочее место.

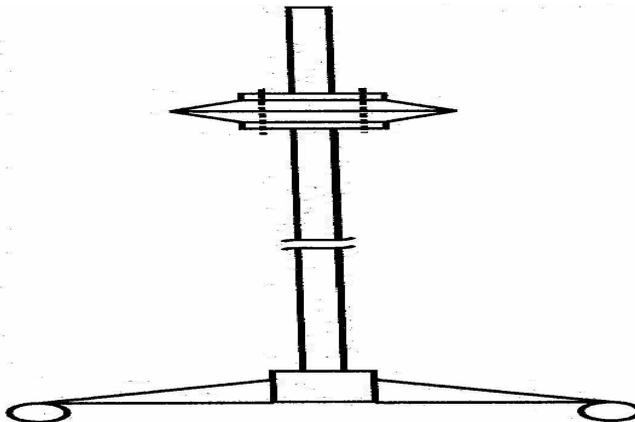


Рис. 3.20. Конструкция вертикала с опорными изоляторами

И нежелательную емкость, если обе трубы из металла, легко убрать; поэтому трубу опоры полезно выбрать керамической, асбоцементной, но проще - пластиковой, из прочного полимера. Благо, при этом разрешается еще одна (не однозначная) проблема изоляции противовесов от земли. К сожалению, подобные неразборные конструкции не всегда удобны, а попытки сделать их «полуразборными» приводят к конструктивным усложнениям.

Вот здесь уже конструкция опорного изолятора **«летающая тарелка»** весьма положительно проявила себя в полной мере, но для этого пришлось поменять местами, **«инвертировать»**, материалы. В качестве непосредственно изолятора используются две прочные полимерные посудные тарелки (миски), лучше не равных, но близких диаметров.

Тарелки скреплены встречно вогнутыми поверхностями «навстречу» винтами через резьбовые внутренние втулки (или теми же шпильками). Конструкция закрепляется ортогонально к телу механически разорванного излучателя (резьбовой оцинкованный стержень) гайками по центру. Верхняя петлевая группа провода или кабеля +корректора размещается внутри образовавшейся полости в виде бухты. Паразитная емкость такого изолятора минимальна. А нижний изолятор рискнем выполнить на основе пластиковой опоры-подставки отслужившего кабинетного кресла. Нижняя петлевая группа провода, кабеля +корректора закрепляется на лучах-ногах подставки намоткой или обвязкой. В результате вся антенна приобретает экзотический вид **НЛО в полете** с лучом «света» вниз (мачта с опорой) или привычную для глаз форму телевышки, кому как нравится (см. рис.3.20). И может перемещаться по балкону, комнате на роликах.

Горизонтальный симметричный укороченный диполь (рис.3.21) или монополь в таком исполнении, а также

размещение «трапов» антенны W3DZZ, «балуна» или усилителя (например, TV-сигнала) внутри изоляторов «летающая тарелка» напоминают уже «полет» двух-трех НЛО в групповой связке, не оставляя никаких шансов для отказа от «запредельной» терминологии. Если соединение столовых или других «сосудов» выполнить с силиконовым уплотнением, конструкция становится всепогодной и пригодной к наружной установке, подвесу.

Эта схема для горизонтальных антенн уже использовалась радиолюбителями для другой задачи - герметизации балуна, трапов, симметрирующего ферритового кольца коаксиального фидера в варианте использования упаковочных коробок стиральных и моющих средств бытхимии и пластиковых бутылок, а также промышленностью с ее богатейшими возможностями. И потому выпадает за рамки нашей темы и здесь не развивается.

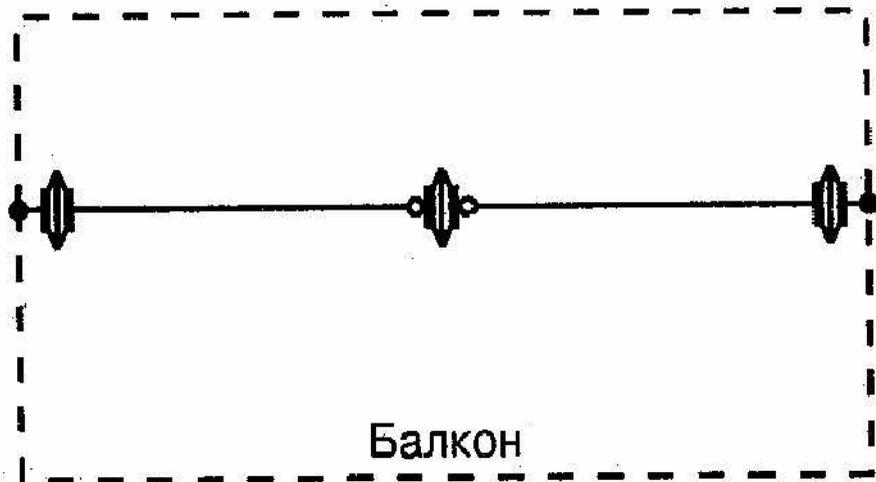


Рис.3.21. Горизонтальный укороченный диполь

А далее коллекция моих конструкций изоляторов и антенных исполнений тут же пополнилась другими известными формами НЛО в виде сигары, креста,

треугольника, на основе «тарелок», отрезков пластиковых труб и «стандартных» трубных разветвителей.

Меня до сих пор не покидают «подсознание» допущения уфологов о суперкоммуникационной роли загадочных египетских пирамид, так напоминающих композицию «изолятор – вертикал». Но это, последнее, в порядке крамольного юмора и последующих размышлений не полностью «заземленного» читателя.

Вот так и возникла шуточная авторская «смычка» радиолюбительства и уфологии, способствуя появлению свежих решений в узкой и скромной, но ответственной сфере антенных изоляторов.

Литература к разделу 3.3.6:

1. В.Я.Кирсей, *уу0иа (SK)*, Антенный опорный изолятор, Радиоинформ №23, 24 за 2010 год.

3.4. Антенны типа «Виндом»

3.4.1. Классическая антенна типа «Виндом»

Характерным для антенны известной под названием «виндом» есть то, что ее питание происходит по однопроводной линии любой длины [1]. Волновое сопротивление этой линии в первую очередь зависит от диаметра провода, а также до некоторой степени определяется окружающей обстановкой (здания, деревья и т.д.).

При использовании провода диаметром около 1,5 - 2 мм волновое сопротивление линии равняется приблизительно 500 Ом. Необходимо подключить линию передачи к вибратору таким образом, чтобы она оказалась согласованной с входным сопротивлением антенны. Точка подключения линии передачи, где входное сопротивление антенны приблизительно равно 500 Ом, находится на расстоянии $1/6-1/7$ длины антенны от ее конца и опытными

радиолюбителями может уточняться экспериментально. Простейшее определение точки подключения линии передачи к антенне состоит в том, что линия передачи делается длиннее, чем это необходимо, по крайней мере, на $1/4$, и этот отрезок линии располагается таким образом, чтобы вдоль него удобно было делать измерение высокочастотного тока, который протекает по нему.

Перемещая соответствующим образом точку подключения, добиваются того, чтобы высокочастотный ток имел одинаковое значение во всех точках измерения. Антенна «виндом» может быть связана с колебательным контуром оконечной ступени передатчика через емкость, присоединенную к отводу от катушки индуктивности, но при таком виде связи происходит существенное излучение высших гармоник. Поэтому рекомендуется применять для связи антенны с контуром оконечной ступени П-контур. Путем подстраивания П-контура добиваются значительного уменьшения уровня излучения гармоник.

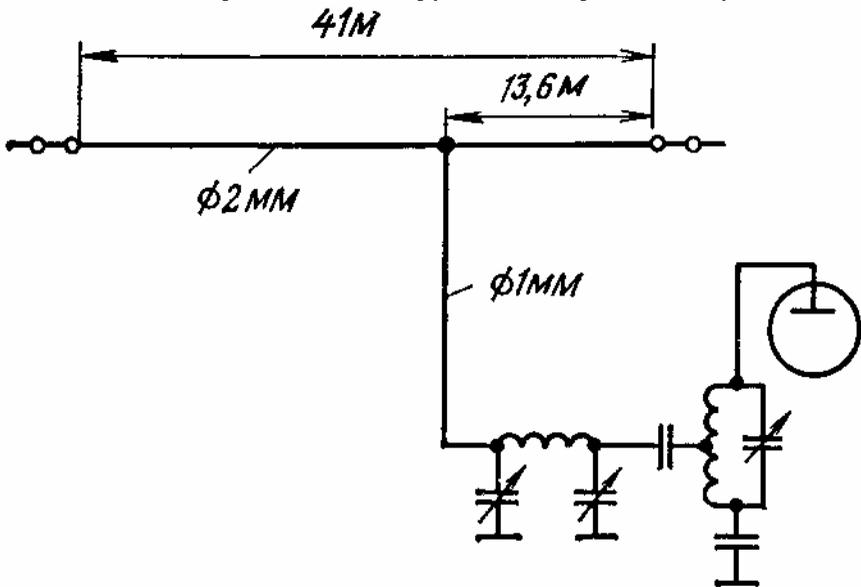


Рис.3.22. Классическая антенна типа «Виндом»

Антенна «виндом» в основном применяется как однодиапазонная, но одним из радиолюбителей была предложена многодиапазонная антенна "виндом". Диаметр провода такой антенны меньше диаметра провода линии передачи. Например, если провод, из которого сделана антенна, имеет диаметр 2 мм, то линия передачи — 1 мм (отношение диаметров 2:1). На рис.3.22 изображена такая компромиссная антенна «виндом» со всеми необходимыми размерами. Эта антенна может применяться во всех любительских диапазонах, но следует учитывать некоторую неточность согласования.

Многодиапазонная антенна «виндом» в диапазоне 80 метров работает как полуволновой вибратор, в диапазоне 40 метров — как волновой вибратор. В диапазоне 20 метров по длине вибратора вмещается 2 длины волны, в диапазоне 15 м — 3 длины волны и в диапазоне 10 м — 4 длины волны. При этом диаграмма направленности меняется соответственно. Связь антенны с оконечным каскадом передатчика осуществляется через П-контур (см.рисунок 3.22).

П-контур дает возможность получить резонанс на рабочей частоте. В диапазоне 80 м такая антенна имеет приблизительно круговую диаграмму направленности в горизонтальной плоскости. В диапазоне 40 метров в горизонтальной плоскости антенна имеет диаграмму направленности в виде восьмерки, как и полуволновая антенна «виндом».

Литература к разделу 3.4.1:

1. Марценюк В.П., Антенны для начинающих коротковолнщиков, Радиоинформ №20 за 2015 год.

3.4.2. Антенна «Windom» на 160 метров

Для работы на 160 метровом диапазоне автор работы [1] использует антенну "Windom" (рис.3.23). Это низко висящая горизонтальная антенная с вертикальной

поляризацией. Центральная мачта антенны имеет высоту 10 метров, а стороны по 7 метров. Антенна изготовлена из медного провода диаметром 2.5 мм.

Неэкранированный наклонный фидер А-Д при его длине в четверть волны излучает до 30% мощности под малыми углами к горизонту. То есть в общей диаграмме излучения присутствующая вертикальная составляющая, что довольно важно для проведения дальних связей на 160 метров. Связь антенны с передатчиком обеспечивается с помощью П-контура. Для такой антенны нужно хорошее заземление, но это является необходимым элементом любой любительской радиостанции.

Волновое сопротивление антенны „Виндом“ зависит от диаметра провода, а также от наличия окружающих предметов (дома, дерева, и т.п.). При использовании провода диаметром 1,5 - 2,5 мм волновое сопротивление линии приблизительно равняется 500 ом. Основное условие налаживания заключается в том, что необходимо подключить линию питания (фидер) к вибратору антенны таким образом, чтобы их входные сопротивления были равными.

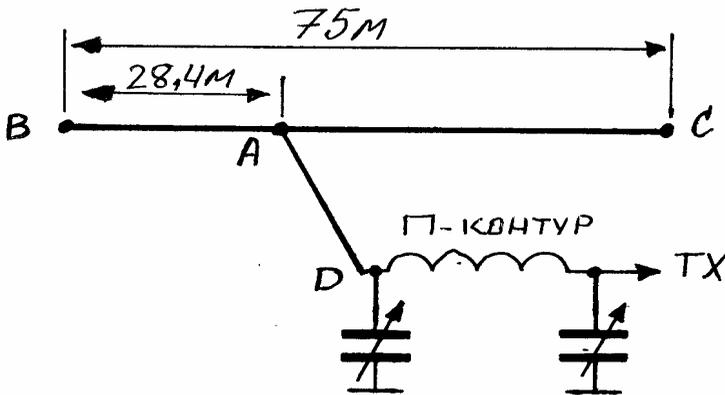


Рис.3.23. Антенная "Виндом" на 160 метров

Ориентировочно точка подключения фидера, где волновое сопротивление антенны равняется 500 ом, находится на расстоянии от одной шестой до одной седьмой длины волны.

Настраивают антенну „виндом" перемещением точки подключения А к горизонтальному полотну антенны В-С. Для этого линию питания (фидер) берут длиннее на четверть волновой отрезок и размещают его таким образом, чтобы было удобно проводить там измерение ВЧ тока. Перемещая точку А по полотну антенны достигают того, чтобы ВЧ ток был одинаков во всех выбранных точках измерения по дополнительному отрезку линии питания (фидера). После проведения такого налаживания дополнительный отрезок фидера отключают. Если же точка А есть труднодоступной, то налаживание антенны можно проводить путем укорочения отрезка А-В с одновременным увеличением на такую же величину отрезка А-С (или наоборот).

За все время эксплуатации такая антенна оказалась более эффективной за антенны типа „диполь" и „треугольник", установленные на той же высоте. Увеличение эффективности было заметно при проведении как дальних, так и ближних связей. К тому же при построении такой антенны не нужен коаксиальный кабель, что значительно улучшает экономичность ее изготовления.

Более детально с работой и налаживанием антенны „Виндом" можно ознакомиться в книге Карла Ротхамеля „Антенны" (стр.50 в 3-м издании).

Литература к разделу 3.4.2:

1.А.Демяненко, US0QG, Антенна «Window» на 160 метров, Радиоинформ №1 за 2013 год.

3.5. Антенны типа «дельта»

3.5.1. «Дельта» - это совсем просто

Автор работы [1] обращает внимание, что много лет радиолюбителей привлекают антенны замкнутого типа. Их преимущество над открытыми антеннами доказаны и не нуждаются в доводах. Те, кто выполнял антенну "Дельта" говорят, что с ней нужно на "вы". И действительно, недостаточно рассчитать периметр антенны согласно формулы, подсоединить кабель и поднять ее на определенную высоту. Существует очень много факторов, которые влияют на работу антенны: форма и толщина провода, наличие окружающих предметов, влияние проводимости земли, влияние осадков и тому подобное. Наладить такую антенну совсем не просто. Предлагаю, на мой взгляд, простое и эффективное решение этой проблемы. Речь пойдет об "Дельте" 80-ти метрового диапазона, периметр которой составляет 83 метра. Закреплена она на мачте высотой 20 метров под углом 45° , питание проведено отрезком кабеля РК-50 длиной 28 метров через согласительный трансформатор.

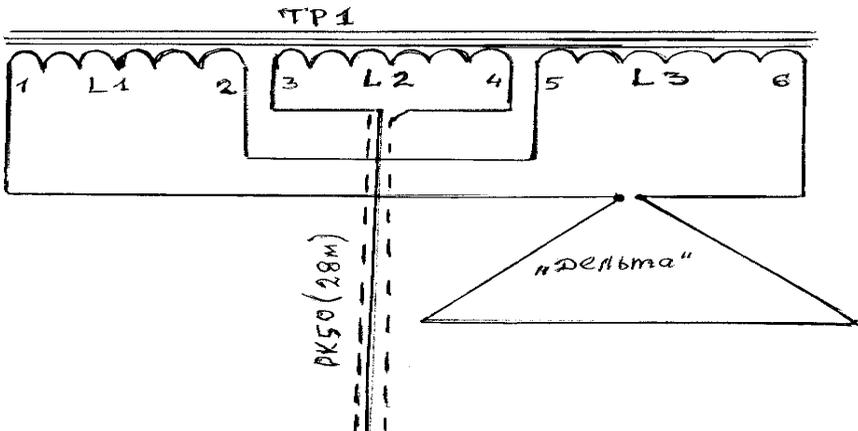


Рис.3.24. Схема согласующего трансформатора

Такая антенна не нуждается в налаживании и имеет удовлетворительную широкополосность во всем диапазоне 80 метров. КСВ антенны не превышает 1,3. На других диапазонах испытаний не проводилось, но думаю, что, как компромиссная, эта антенна будет работать включительно до диапазона 10 метров с КСВ не больше 1,8.

Согласующий трансформатор (рис.3.24) конструктивно выполнен на ферритовом кольце отклоняющей системы от телевизора проницаемостью 600 НН и имеет 9 витков намотанных равномерно в три провода диаметром 1,5 - 2 мм. Работа такой "Дельты" превысила все ожидания автора.

Литература к разделу 3.5.1:

1.В.Романовский, US4LD, «Дельта» - это совсем просто, Радиоинформ №14 за 2007 год.

3.5.2. Антенна «дельта» – это не совсем просто

«Дельта» – это совсем просто!». Так называлась заметка US4LD, опубликованная на стр.5 газеты «Радиоинформ» №14 за 2007 год. Автор описал антенну «дельта» периметром 83 метра, которая имеет КСВ не более 1,3 на всем 80 метровом диапазоне. Не произведя никаких измерений, он, тем не менее, выразил уверенность, что эта антенна будет работать на всех радилюбительских диапазонах, вплоть до 10 метров. Он даже указал максимально ожидаемый КСВ – не более 1,8. Чтобы подтвердить правильность этого заявления автор работы [1] привел, для сравнения, другую антенну. Это горизонтальная «дельта» и ее автор польский коротковолновик SP7LA.

Периметр антенны составляет 82,84 метра, что близко к 83 метра у предыдущей антенны. Основание предложенной «дельты» – 35,1 метра. Боковые стороны по 23,87 метра каждая. Использован провод полотно антенны диаметром 2,5 мм. Антенна запитывается в угол,

который составляют две боковые стороны «дельты». Запитка осуществляется 50-омным коаксиальным кабелем через балун с трансформацией $\frac{1}{4}$. Балун намотан на ферритовом кольце диаметром около 50 мм и содержит 2x10 витков провода в фторопластовой изоляции диаметром 1,5-2,0 мм. Высота подвеса антенны составляет 13 метров.

Радиолюбитель SP7LA заявил следующие характеристики предложенной антенны (см. таблицу 3.1):

Таблица 3.1.

Резонансная частота антенны, мгц	KCB
3,7	1,3
7,050	1,2
14,27	1,3
18,1	1,5
21,27	1,5
24,9	1,7
28,5	1,3

Литература к разделу 3.5.2:

1.А.Хрипунов, UT5UA, Антенна «дельта» – это не совсем просто, Радиоинформ №17 за 2005 год.

3.5.3. Антенны «Дельта» от UT0VV

Свое видение вопросов построения антенн «дельта» один из авторов изложил в работе [1].

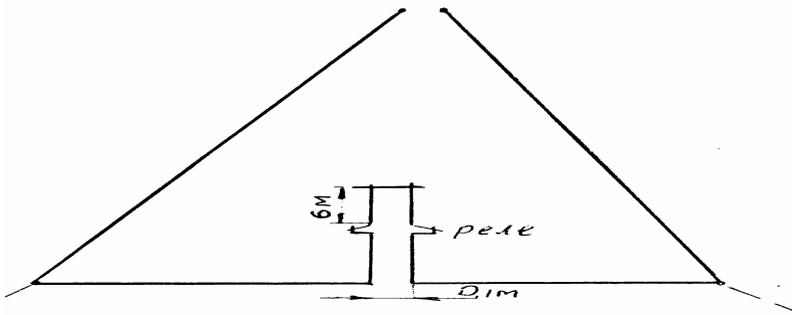


Рис.3.25. Дельта на 80 метров из "Инвертед V"

Соединив удлиненные плечи антенны «инвертированное V», описанной в подразделе 3.2.4 (см. №13 газеты «Радиоинформ» за 2006 год), можно построить антенну типа «Дельта» на 80 метров (рис.3.25).

По сравнению с «инвертедом» эта «дельта» будет иметь на 2-2,5 децибела большее усиление и будет более широкополосна. Настройка такой «дельты» производится перемещением перемычки антенны 160 метров относительно точек установки реле. «Дельта» будет иметь волновое сопротивление выше сопротивления питающего кабеля. Для согласования можно применить кабельный повторитель, выбрав длину кабеля равной:

$$L = 0.66 n (300/2f),$$

где L - длина кабеля, f - частота в мГц, 0.66 – коэффициент укорочения, n - кратное число.

Для построения такой «дельты» без применения реле можно использовать принцип работы антенны W3DZZ с удлиняющими катушками. При этом удлиняющие контура антенны должны быть настроены на рабочую частоту антенны 80 метров.

Антенну "дельту" диапазона 80 метров можно модернизировать с целью ее использования на диапазоне 160 метров (см.рис. 3.26).

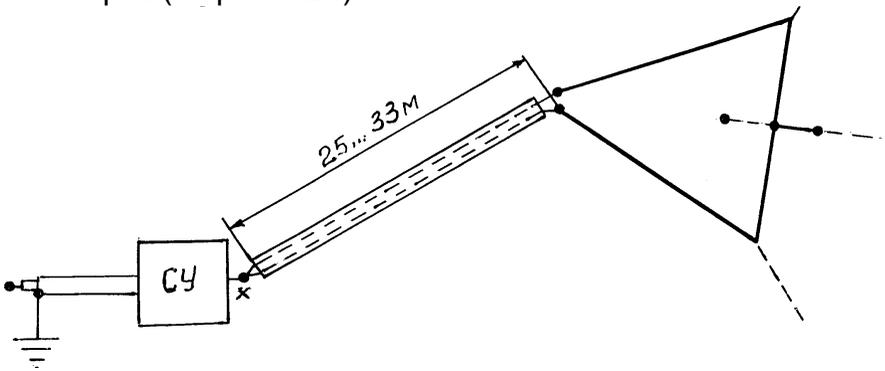


Рис.3.26. Дельта на 160 метров

В этом случае верхний угол «дельты» находится на высоте 14 метров, а два нижних на высоте 6 метров от земли. В качестве линии питания применяется симметричная линия (телефонный провод) длиной около 25 метров. Провода линии питания со стороны трансивера закорочены и подключены к универсальному согласующему устройству СУ.

Попытки работать на «дельте» 80 метрового диапазона, которые Анатолий делал ранее, не увенчались успехом, а после такого включения ему начали давать рапорта 59 по Украине, а в третьем и шестом районах РФ - 58. На выходе передатчика при этом использовалась лампа 6П45С. Если у вас нет согласующего устройства, то антенну можно настроить на нужную частоту, подключив к «дельте» провод длиной в несколько метров. Длину этого провода нужно подобрать по условиям согласования. Этот провод мало излучает, так как на нём ток приближается к нулю.

Антенна "дельта" имеет большое выходное сопротивление, поэтому для ее согласования с трансивером и работы на нескольких диапазонах необходимо применить любой из описанных в литературе способов. Например, включить антенну через четырёхполюсник или применить систему согласования, которую предложил Сергей RX3AKT (рис.3.27).

Схема согласования.

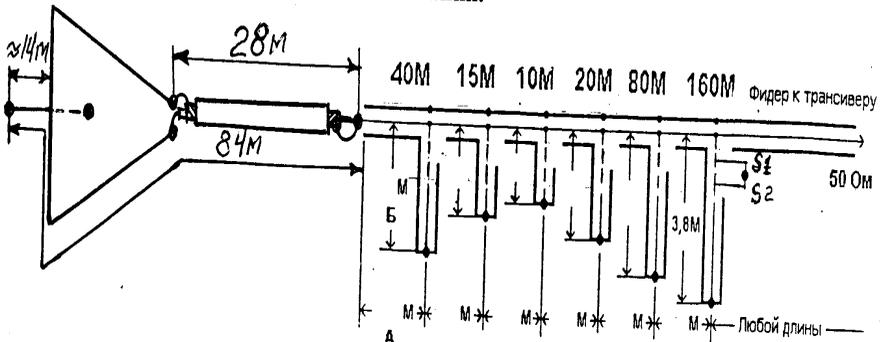


Рис.3.27. Переключаемая «дельта»

Сергей РАЗАКТ одним из вариантов переключения предложил галетный переключатель, количество секций которого равно количеству диапазонов. Движущие контакты переключателей соединяют между собой, контакты S1 соединяют с центральной жилой кабеля, а S2 с центральной жилой шлейфов Б.

В любом положении переключателя только один шлейф Б должен соединяться с кабелем А. На схеме переключатель показан в положении диапазона 160м. При следующем переключении система согласования будет переключена на диапазон 80м. Размеры шлейфов можно найти в журнале «Радио» №2 за 2002 год. При применении этой системы можно работать на всех диапазонах. Такой кабельный согласователь размещают в виде бухты в ящике и сверху на нем устанавливают галетный переключатель.

Для улучшения работы антенны «дельта» автором предложено применить принцип работы антенны «двойной прямоугольник» (рис.3.28). Частично материал был опубликован в одном из «Спецвыпусков» газеты «Радиоинформ», но многие радиолюбители «Спецвыпуск» не получали, однако желают иметь соответствующую информацию. Поэтому вкратце повторю принцип работы «двойного прямоугольника», для которого стороны квадрата определяются из формулы

$$L = 91,5/f \text{ где } f \text{ частота в мГц.}$$

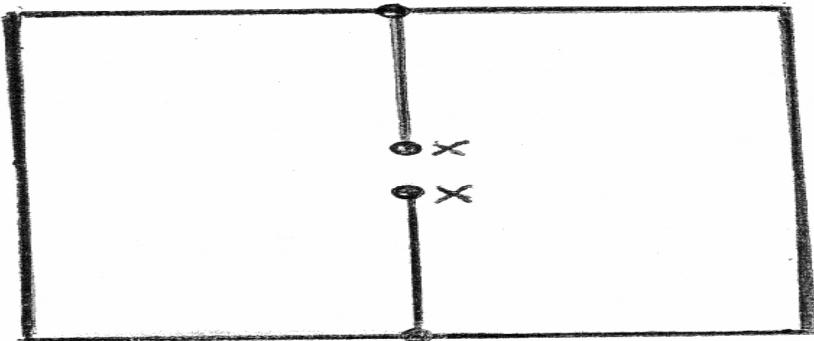


Рис.3.28 Антенна «Дельта» из «двойного прямоугольника»

Теоретически эту антенну рассматривают как три излучателя А, Б и В разнесенные в пространстве (смотри ис 3.29). Такая антенна должна иметь большое усиление за счет сложения диаграмм направленности вибраторов.

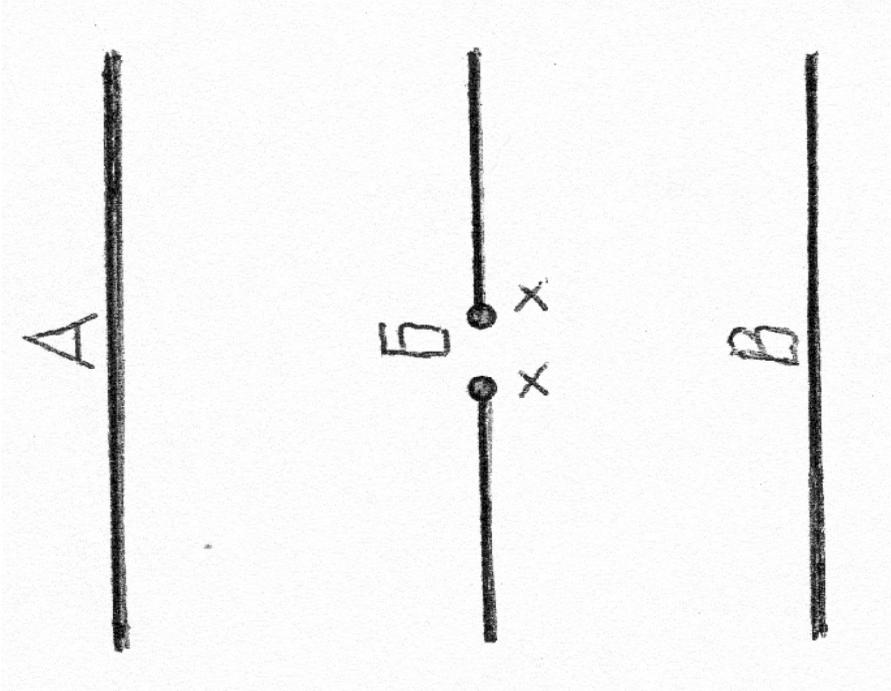


Рис. 3.29. Излучатели антенны «дельта»

На практике при исследовании «двойного прямоугольника» на высоких частотах автор обнаружил, что при установке директора и рефлектора около излучателя Б на расчетных расстояниях антенна не работала как направленная. Она начинала работать при установке пассивных элементов на некотором другом расстоянии от элемента Б. Это происходит потому, что на элементе Б протекает суммарный ток рамок и этот элемент является основным излучателем антенны. Исходя из этого, можно изготовить антенну с другой формой

рамок и получить хорошие параметры по усилению и широкополосности за счет суммирования токов рамок на среднем проводе.

Рассмотрим порядок улучшения «дельты». Для этого линию питания надо отсоединить, соединить точки питания между собой, а в середину «дельты» впаять дополнительный провод (см. рис.3.30). Периметры рамок А и Б при этом будут равны:

$$L = 300:f \times 0,915$$

Где L - периметр в метрах, f частота МГц.

Чтобы не менять размеры имеющийся «дельты» необходимо недостающую часть периметров добавить удлинением среднего провода путем установки двух полушлейфов (для диапазона 80 м длина шлейфов составит примерно 2,4 метра). Между проводами расстояние 0,1м.

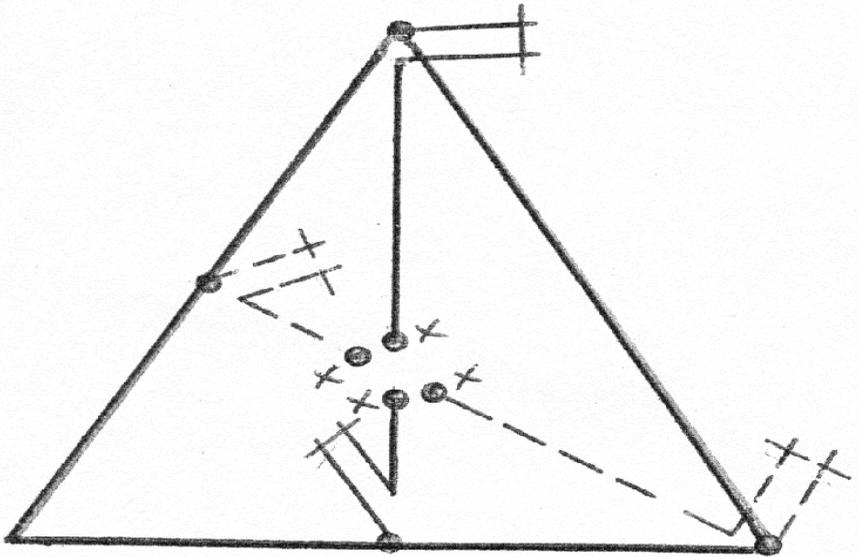


Рис.3.30. Улучшенная «дельта»

Для того чтобы не применять полушлейфы можно немного увеличить сторону «дельты» до значения, определяемого из формулы:

$$L=113,9 / f$$

При этом сторона «дельты» увеличится примерно на 3 метра.

Можно параллельно среднему проводу разместить пассивный элемент, который может работать как директор или рефлектор. При установке дополнительного провода можно антенну переключать по направлениям, правда не через 90 градусов, как на «двойном прямоугольнике».

Антенна испытана в третьем районе России при горизонтальном подвесе и в городе Торез Донецкой области при вертикальном подвесе. В этом случае средним проводом была мачта и запитка была в начале мачты, чтобы не разрывать ее на середине. Антенны показали лучшие результаты по сравнению с ординарными рамками. Антенна хорошо работает на малых высотах подвеса до нескольких метров параллельно к земле и имеет близкое сопротивление к волновому сопротивлению кабелей РК50 и РК75. При увеличении высоты подвеса она имеет большее волновое сопротивление по сравнению с ординарной рамкой.

Многие коротковолновики используют «дельту» без линии питания. Одна из вершин «дельты» при этом находится в радиорубке и имеет разрыв и в этих точках происходит питание антенны. Желательно чтобы угол «дельты» находился на трансивере или усилителе.

Часто начало и конец «дельты» находится на окне, а с трансивером они соединяются куском кабеля РК или симметричной линией. Несмотря на малую длину, линия и кабель обладают своим волновым сопротивлением, которое часто не совпадает с волновым сопротивлением самой антенны «дельта». Желательно в окне подобрать

такое расстояния между отверстиями, чтобы не нарушалась форма угла «дельты», а её угол был на трансивере.

Часто такая «дельта подвешивается между двумя многоэтажными домами и её эффективность будет под вопросом. Дело в том, что излучающие части «дельты» находятся рядом с домами, которые затеняют антенну. Можно ли управлять диаграммой таких «дельт»? В небольших пределах можно, если менять местами начало и конец «дельты».

Многие мечтают переключать «дельту» так, чтобы поменять её направление излучения на 90 градусов. На мой взгляд, это можно сделать если добавить средний провод (смотри рис. 3.31). Этот провод делит рамку на два треугольника. Такая антенна более широкополосна и имеет большее усиление за счёт включения двух одинаковых антенн и за счёт того, что основным излучателем антенны является средний провод, где протекает суммарный ток рамок. Периметры таких рамок можно вычислить по формуле:

$L = 300/f \times 0,915$, где L — периметр в метрах, f — частота в МГц.

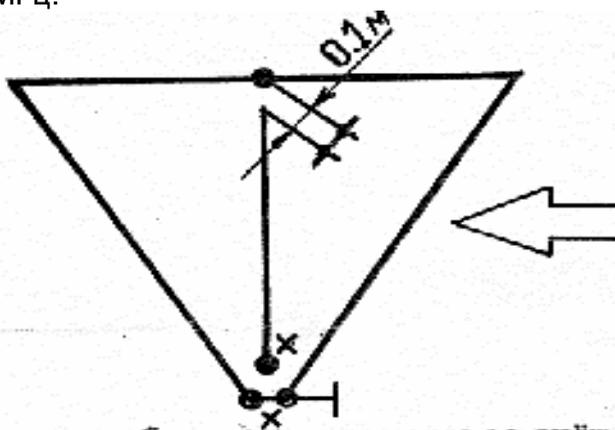


Рис.3.31 «Дельта» с переключаемой диаграммой направленности

Если в «дельту» впаивается средний провод, то мы получим рамки с меньшей длиной периметров. Недостающие метры нужно вернуть шлейфом. Его длина для диапазона 80 метров примерно 4,5 метра, то есть периметры рамок он удлиняют на 9 метров. Шлейф можно повесить к любому проводу «дельты» используя изоляторы, чтобы его не обламывало ветром.

Если в результате включения среднего провода частота антенны сместилась вниз, то ее можно подкорректировать, меняя длину наружной рамки. Переключить антенну по направлению на 90 градусов, и сделать грубую настройку можно перемещая переключку шлейфа, а более точная настройка получается изменением длины среднего провода в радиорубке. Для увеличения частоты провод нужно укоротить, а для понижения удлинить. Меняя длину провода антенну можно сделать ее перестраиваемой по диапазону.

Если дополнительно ввести один или два элемента типа директора и рефлектора, то такая антенна уже легко превращается в направленную (рис.3.32)

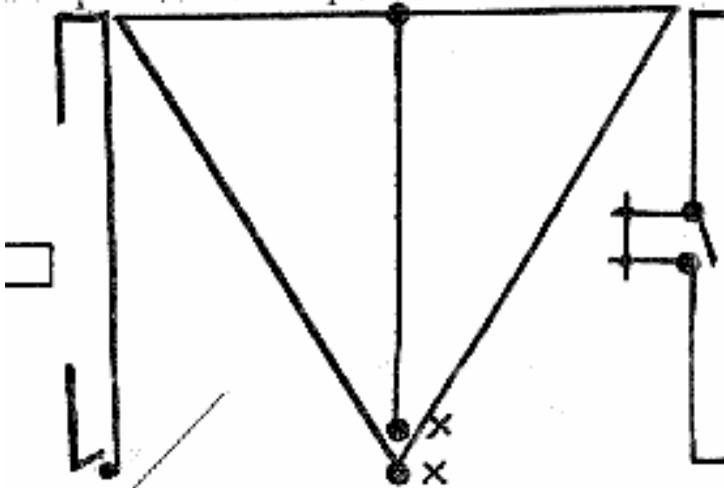


Рис. 3.32. Направленная антенна «Дельта»

При этом, если антенна изготавливается впервые, то желательно размеры рамки увеличить чтобы не применять шлейф. Длина наружной рамки определяется как:

$L = 113,9/f$, где L - сторона наружной рамки в метрах, а частота f в МГц. Пассивные элементы устанавливаются на расстоянии $0,15$ длины волны от среднего провода. Размер директора:

$L_d = 300 / f \times 0,46$, где L_d — длина директора в метрах, f — частота, в МГц.

Если дальний конец элемента не помещается между зданиями, то его заворачивают назад и закрепляют.

Длина рефлектора определяется как:

$L_r = 300/f \times 0,52$, где L_r — длина рефлектора, f — частота в МГц.

Реле коммутации должны выдерживать большие ВЧ напряжения. При их отсутствии коммутацию можно делать на середине элементов. Антенну можно питать кабелем, сделав разрыв среднего провода на его середине. Начало этого провода необходимо соединить с вершиной рамки.

По сравнению с обычными антеннами типа «волновой канал» эти антенны имеют большее усиление за счет суммирования токов на среднем проводе и являются более широкополосными. У них ярко выражены боковые минимумы. Антенны имеют минимальную парусность, дешевы в изготовлении, обеспечивают мгновенную смену направления излучения (отсутствует дорогостоящее поворотное устройство и следящая система). Антенна имеет несколько хуже подавление заднего лепестка.

Обращаю внимание радиолюбителей на то, что попытки отдельных радиолюбителей просчитать эти антенны с помощью компьютерных программ приводили к

резкому ухудшению работы антенны. Наверное, в базе программ отсутствует нужная информация полученная мною за несколько лет практической работы.

Литература к разделу 3.5.3:

1.В.Овчаренко UTOVV, Антенны «Дельта» от UTOVV, Радиоинформ №№12-13 за 2006 год и №№3, 8, 13, 21 за 2008 год.

3.5.4. Об антенне „замкнутая дельта“

Жданюк В.К., UR3LOI

К интересному выводу почти одновременно и независимо один от другого пришли UR3LCB и UR5LBZ. Этот вывод заключается в том, что антенна „дельта“ замкнутая в кольцо работает лучше, чем „дельта“ с классическим питанием (рис.3.33).

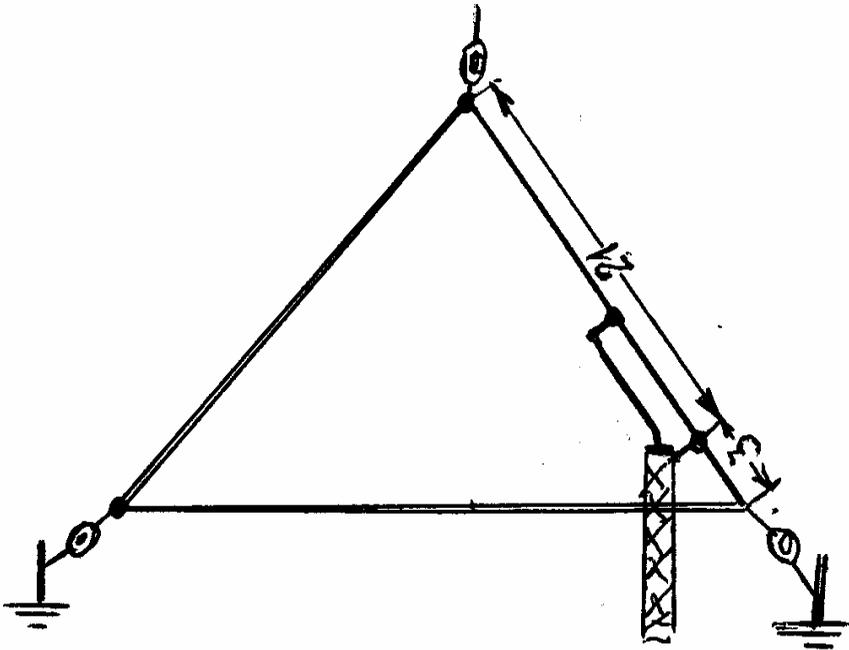


Рис.3.33. Антенна «замкнутая дельта»

Для „дельты“ замкнутой в кольцо и наклоненной к земле под углом 45 градусов UR3LCB представил питание через согласующее колено (периметр дельты 82 метра при сторонах 24+24+34 метра). Колено размещается на расстоянии от полотна 0,5 метра, имеет форму кочерги и длину 3,6 метра. Это колено короткой стороной (0,5 метра) подключается в точке 17,4 метра от вершины „дельты“.

Центральная жила 50-омного кабеля подключается до конца колена, а его экран подключается к полотну „дельты“ в точке 21 метр от вершины и 3 метра от нижнего угла. На вспомогательной опоре крепится запирающий дроссель, изготовленный из кабеля питания. Дроссель намотан на кольце диаметром 150 мм при количества витков 16.

Похожее питание использует UR5LBZ для соединенного в кольцо горизонтального квадрата с периметром 78 метров. Для питания используется эквипотенциальная линия длиной 13 метров. Расстояние между проводами линии вверху составляет 10 метров, а внизу 10 сантиметров. Эти провода образуют петлю питания периметром 36 метров (десять из которых являются одновременно полотном антенны), подсоединенные непосредственно к полотну антенны, которое подвешено на высоте 13 метров от земли. Питание антенны симметричное. Свою антенну Валерий назвал „кобра“.

Не анализируя детально принципы такого согласования можно только сделать предположение, что электронам наверное проще бегать по замкнутому кругу, как в синхрофазотроне, чем по кругу разомкнутому неоднородностью кабеля питания. А возможно в замкнутом проводнике увеличивается добротность колебательного контура антенны, которая увеличивает ток его резонанса (от квадрата которого зависит мощность излучения).

Соединив удлиненные плечи антенны «инвертированное V», описанной в подразделе 3.2.4 (см. №13 газеты «Радиоинформ» за 2006 год), можно построить антенну типа «Дельта» на 80 метров (рис.3.25).

Литература к разделу 3.6:

1.Жданюк В.К., UR3LOI, Об антенне „замкнутая дельта, Радиоинформ №11 за 2009 год.

3.6. Антенны рамочного типа

3.6.1. Антенны из «квадратного ромба»

Для построения антенны типа «двойная полурамка» автором было предложено делить «квадратный ромб» диагональным проводом на две рамки (дельты). При незначительном увеличении ромба мы вместо одной рамки имеем две, которые питаются через средний диагональный провод, на котором происходит суммирование токов обеих рамок. Антенна более широкополосна и имеет большее усиление. Профиль такой антенны показан на рис.3.34.

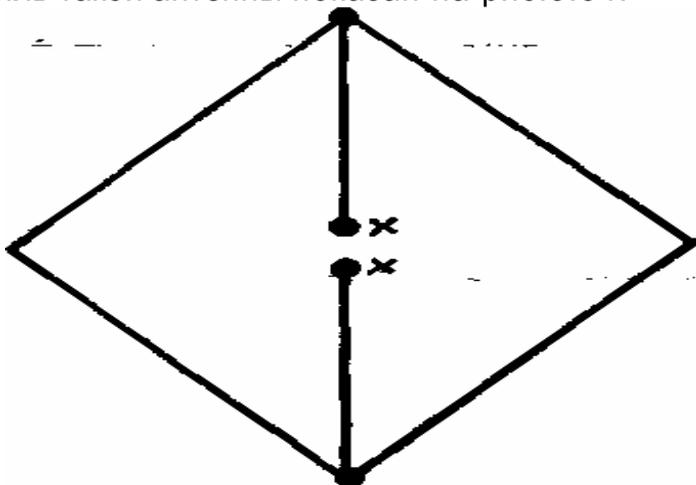


Рис.3.34. Профиль антенны типа «квадратный ромб»

Сторону «квадратного ромба» L можно рассчитать по простой формуле

$L = \lambda / f$ где L сторона ромба в метрах, $\lambda=80.5$ длина волны в метрах, а f - частота в МГц. Например, сторона ромба для частоты 3.65 МГц. будет равна

$$L = 80.5 / 3,65 = 22.05 \text{ метра}$$

Формула не учитывает диаметра провода и наличие на нем изоляции, высоту подвеса, способ подвеса и проводимость почвы. При горизонтальном подвесе антенна хорошо работает с ближними станциями. Но многие коротковолновики хотят работать с более дальними станциями. Для этого нужно рамку подвесить вертикально для получения вертикальной поляризации. Применяя теорему Пифагора можно легко вычислить, что диагональ ромба, то есть высота мачты, равна примерно 31 метр, при условии, что две боковые вершины ромба будут находиться на мачтах высотой 15.5 м. Если применить две растяжки, то нужен участок длиной более 60 метров. Высокая мачта и длинный участок, которые недоступны для многих коротковолновиков, делают эту антенну трудно выполнимой.

Очень просто решил эту проблему **UR5ZKB**. Используя принцип выше описанной антенны, Василий изготовил «двойную полурамку», которая показана на рис.3.35.

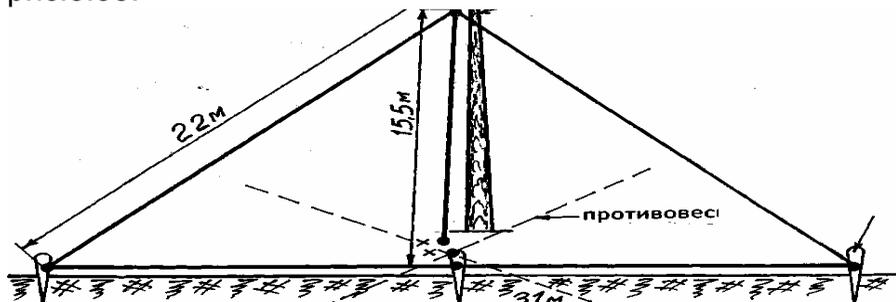


Рис.3.35. Антенна типа «двойная полурамка»,

Для диапазона 80м. использована мачта высотой 16 метров. Чтобы мачта не влияла на работу антенны, **UR5ZKB** использовал деревянный столб, а к нему прикрепил трубу. В землю были забиты три заземляющих электрода, которые соединены между собой проводом. Провод может находиться на поверхности земли или в земле на небольшой глубине. КПД антенны улучшается, если натянуть «звездочкой» противовесы от среднего электрода или проложить их по земле (или в земле).

Существует ошибочное мнение многих радиолюбителей, что для хорошего заземления необходим контакт заземляющих электродов с водоносным слоем. Действительно это будет хорошая грозозащита антенны и заземление по технике безопасности. Но «вертикал» будет работать плохо, так как его токи протекают по поверхности земли.

Волновое сопротивление такой антенны было около 200 Ом. **UR5ZKB** применил питание антенны через широкополосный трансформатор. Антенна в отличие, от других рамок, была более широкополосна, имела большее усиление и хорошо работала с более далекими станциями.

Часто можно слышать от коротковолновиков, что они не могут сделать более сложную антенну, так как не имеют для этого условий. На мой взгляд, главное для этого желание и смекалка. Примером может быть **UR5ZKB**. Такую антенну легко выполнить на базе антенны «инвертированное V», которую имеют многие радиолюбители. Длина полотен и высота мачты этой антенны близка к «двойной полурамке». В качестве среднего провода можно использовать мачту, установив её на опорный изолятор.

Внимание! Мачту можно использовать только тогда, когда её части будут иметь надежный контакт.

Если это невозможно - нужно по трубам мачты проложить провод. Если невозможно применить опорный изолятор, то средний провод немного отводят от мачты, чтобы она его не затеняла. Обращаю внимание, что провода нужно соединять пайкой или сваркой - никаких скруток! Высоту мачты можно уменьшить, удлиняя боковые стороны рамок.

Если места недостаточно - можно применить удлиняющие шлейфы. Их удобно впаивать в точке пайки вертикального провода к вершине рамки и на нижних вершинах рамок. Периметры полурамок можно вычислить по формуле:

$$L = 193.45 / f$$

где f частота в МГц, а периметр в метрах. Если от периметра отнять высоту мачты, то мы получим сумму сторон (боковая и нижняя) полурамок. Антенну легко рассчитать и на другие диапазоны.

При настройке такой антенны нужно, перемещая концы наклонных проводов рамок по горизонтальному проводу на одинаковую величину, найти резонансную частоту. Настройку можно выполнить, меняя длину среднего провода. Замерить волновое сопротивление и решить вопрос питания антенны. После этого измерить КСВ, и если значение КСВ близко к 1.0, вы с задачей справились. После этого остается только пожелать Вам ДХ связей!

Литература к разделу 3.6.1:

1. В. Овчаренко, UTOVV, Антенны из «квадратного ромба», Радиоинформ №5 за 2009 год.

3.6.2. Антенны типа «двойной прямоугольника»

В. Овчаренко, UTOVV

Часто радиолюбители задают вопрос – можно ли улучшить антенну типа «прямоугольник»? Можно - если применить принцип «двойного прямоугольника». Такие

рамки были опубликованы в журнале «Радио» еще 40 лет назад, но не получили широкого применения из-за больших размеров. Мною эти антенны сделаны более компактными, что дало возможность их применения на КВ диапазонах, Был вычислен коэффициент укорочения равный 0.915, разработаны антенны с переключением диаграммы излучения по направлению и для смены поляризации. Доказано, что главным излучателем антенны является средний провод (на нем суммируются токи двух рамок). Пассивные элементы необходимо устанавливать на нужном расстоянии от этого провода. При горизонтальном подвесе мы получим компактную направленную антенну (см.рис.3.36).

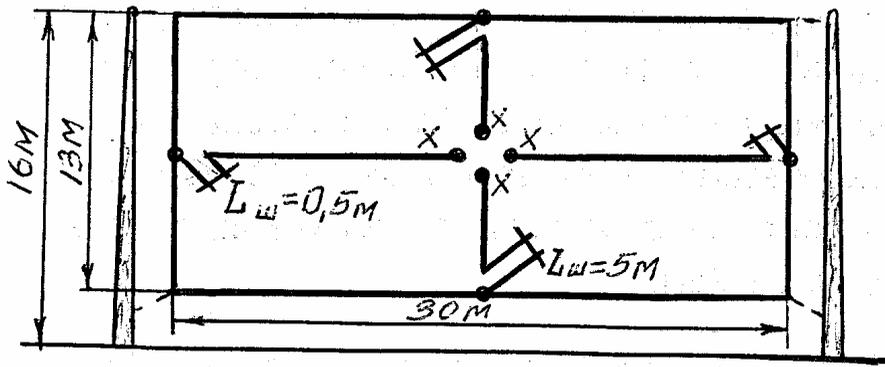


Рис.3.36. Антенна «двойной прямоугольник»

На все это ушло несколько лет экспериментов. Я получил большее усиление за счет увеличения количества излучателей. При переключении линии питания антенна будет хорошо работать с ближними и дальними станциями. Десятки радиолюбителей применяют горизонтальный подвес и такие антенны очень широкополосны.

И всё таки, остается вопрос - одна рамка лучше или две? Споры на эту тему продолжаются. Длительное время мы этот вопрос выясняли с одним местным

радиолюбителем. Я показывал литературу, рисовал чертежи, но восприятие отсутствовало. Ну а затем налил «стопарик» водки, поставил возле чертежа и сказал, что это одна рамка. Налил второй, поставил рядом - это две рамки. Спросил - понял? Ответ был «Понял!». После этого этот радиолюбитель успешно повторил конструкцию и получил хорошие результаты. Возможно, некоторым тоже необходимо проделать такой эксперимент.

Литература к разделу 3.6.2:

1. В.Овчаренко, UT0VV, Антенны типа «двойной прямоугольника», Радиоинформ №11 за 2009 год.

3.6.3. Зигзагообразная антенна внутри квадрата

В работе [1] утверждается, что зигзагообразная антенна внутри квадрата тоже является рамочной антенной, однако имеет большее усиление и более широкополосная по сравнению с простой рамочной антенной (см. рис.3.37).

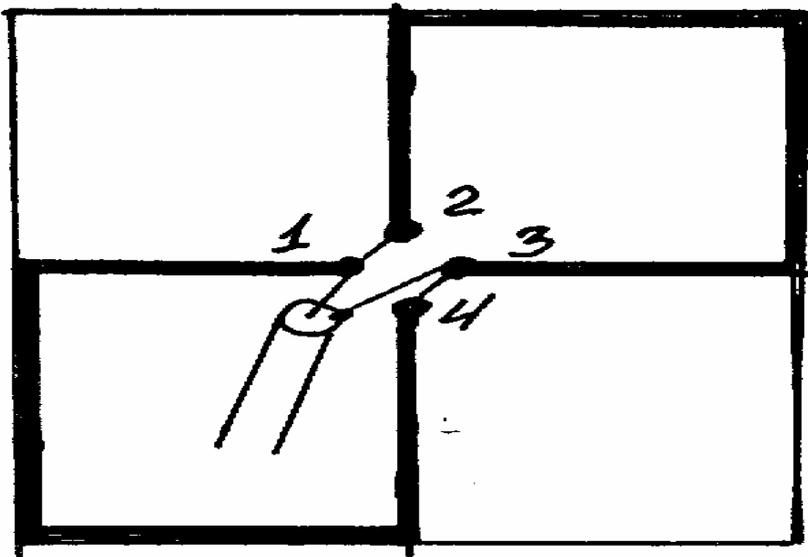


Рис.3.37. Зигзагообразная антенна внутри квадрата

В то же время она не получила широкого распространения среди радиолюбителей по причине сложности подвеса на КВ диапазонах. На мой взгляд, эта проблема легко решается, если "зигзаг" поместить внутри "квадрата". Стороны квадрата должны быть рассчитаны на частоту в два раза ниже "зигзага". При горизонтальном подвесе, на этой антенне легко "поворачивать" диаграмму излучения на 90 градусов. Эффективность поворота может доходить до 20 dB.

При вертикальном подвесе, меняется поляризация. С вертикальной поляризацией антенна эффективна для дальних связей, а с горизонтальной - для ближних. Антенна может быть установлена на одной мачте под наклоном или вертикально (рис.3.38). Потери в земле можно уменьшить, установив под антенной рефлектор и натянув отрезки его проводов над землей.

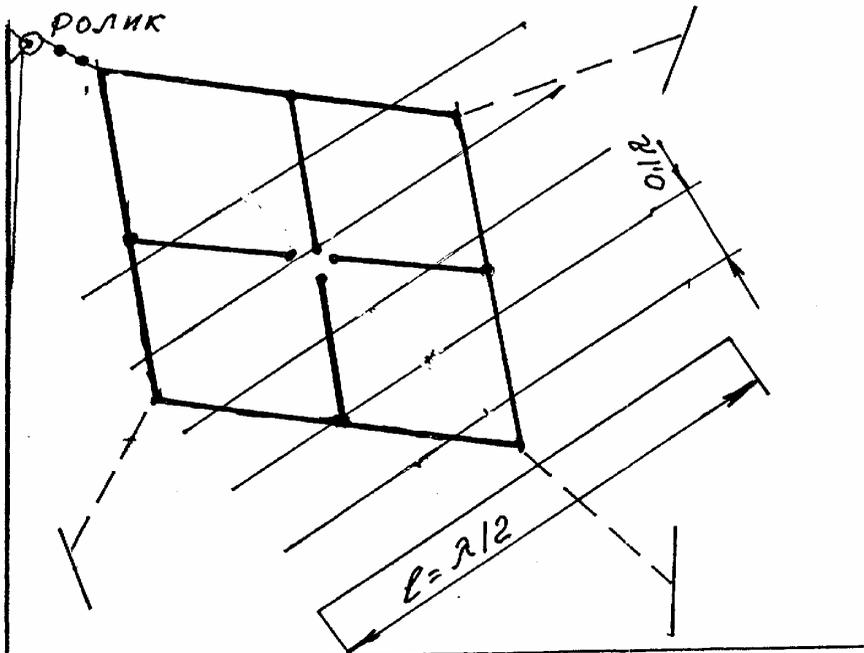


Рис.3.38. Схема подвеса зигзагообразной антенны

На рис.3.39 приведена схема коммутации антенны. Реле применяются низкочастотные с двумя группами контактов на переключение. Питание антенны производится кабельным повторителем, можно применить симметричную линию. Желательно применить симметрирование, намотав кабель на ферритовое кольцо возле точек питания. При таком питании антенна хорошо работает на гармониках в более высокочастотных диапазонах.

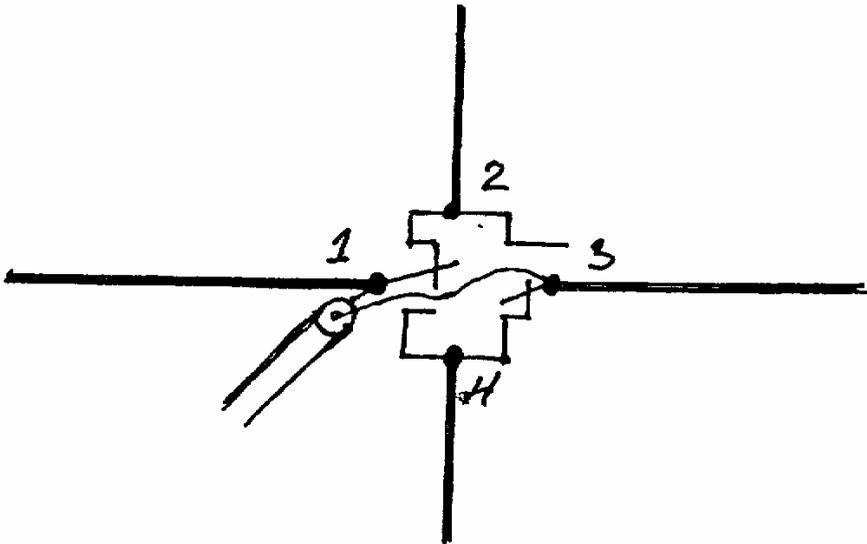


Рис.3.39 Схема коммутации антенны.

Для настройки можно применить простое согласующее устройство. Тогда применяя дополнительные реле, можно использовать и наружный "квадрат" для более низкочастотного диапазона. Например, внутри "квадрата" на 80 метров поместится "зигзаг" 40 метрового диапазона. Боковые провода создают дополнительную распределительную емкость и немного понижают частоту. Если нет согласующего устройства, необходимо уменьшить размеры

"квадрата".

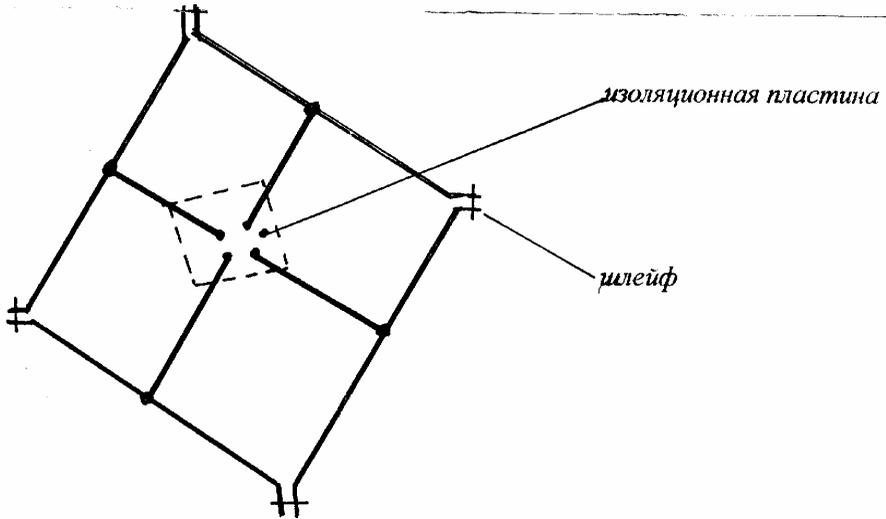


Рис.3.40. Антенна со шлейфами для настройки

Удобно встраивать антенну шлейфами (см.рис.3.40). Такая рамка может использоваться для создания более эффективной многорамочной антенны.

Литература к разделу 3.6.3:

1. Зигзагообразная антенна внутри квадрата, В.П.Овчаренко UT0VV, Радиоинформ №№15-17 за 2006 год.

2. К.Харченко, "Антенны в практике радиолюбителя".

3.6.4. Антенна «Швейцарский двойной квадрат»

Антенна «Швейцарский двойной квадрат» не получила среди радиолюбителей широкого применения. Однако, на мой взгляд, она имеет целый ряд преимуществ по сравнению с обычными «квадратами». Антенна компактная – расстояние между рамками $0,1\lambda$. Горизонтальные части рамок являются одновременно несущими и половиной периметра антенны. Антенна

обладает малой парусностью и выдерживает большие ветровые нагрузки (см.рис.3.41).

Для согласования с кабелем антенна имеет омега-трансформатор. Он же решает проблему симметрирования. Обе рамки активны – они запитаны со сдвигом по фазе. Это дает возможность хорошо «подавить» задний и боковые лепестки. Для удобства установки антенны предлагают поместить металлические кольца в местах соединений с несущей трубой, изготовив их на токарном станке и соединив с ними электросваркой трубки.

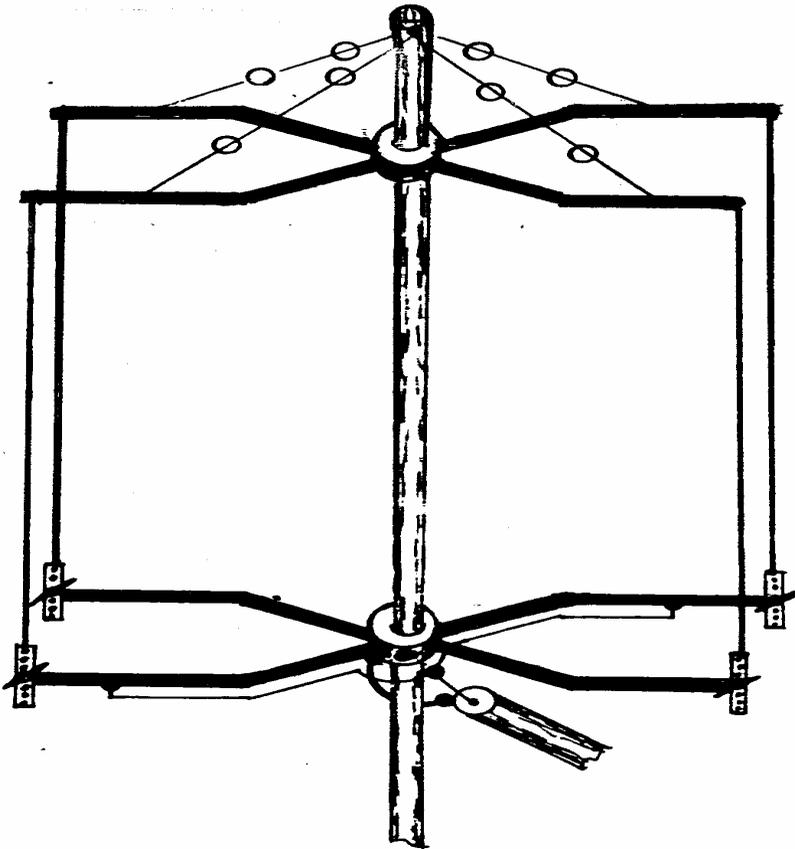


Рис.3.41.Антенна «Швейцарский двойной квадрат»

Если трубки стальные, то в них необходимо залить небольшое количество машинного масла, концы трубок расклепать и повернуть несколько раз горизонтальные части антенны так, чтобы трубки находились в вертикальном положении. Масло равномерно покрывает внутренние части трубок и защитит их от коррозии. В кольцах нужно просверлить отверстия и нарезать резьбу М8 для болтов, которыми горизонтальные части фиксируются на несущей трубе. На концах трубок тоже сверлят отверстия. В отверстия нижней части вставляют болты М5 или М6 и припаивают головки болтов к трубкам.

Из медной шины шириной 10мм нарезают 4 полоски длиной 200мм и сверлят в них отверстия через 10мм по диаметру болтов. Шину можно взять с обмотки стартера. Полоски припаивают к канатикам, которые укорачивают на 100мм и одевают средними отверстиями на болты, накладывают шайбами и зажимают гайками «барашек».

Передвигая полоски по отверстиям, можно менять размеры рамок и быстро настроить антенну. При изменении периметров, нужно соблюдать симметричность рамок по отношению к несущей трубе. То есть полоски переставлять нужно обе, на одинаковое количество отверстий. Когда настройка закончена, места контакта полосок и трубок пропаивают. Для устранения провисания трубок, верхние необходимо подогнуть вверх, а нижние - вниз. Можно верхнюю часть разместить ниже конца трубы и применить поддерживающие провода, разбитые изоляторами. При использовании колец, антенну можно установить на телескопическую мачту в сложенном виде, зафиксировав только верхнюю часть. При подъеме трубы, антенна набирает свою форму.

При настройке можно использовать индикатор напряженности поля. Изменяя периметры рамок, нужно добиться одинаковых показаний прибора при измерении заднего и бокового лепестков, поворачивая антенну на 45°. В зависимости от размеров рамок задний лепесток

может быть больше боковых или боковые больше заднего – антенна не настроена! При настройке следить за резонансной частотой. Минимум КСВ получают омега-трансформатором.

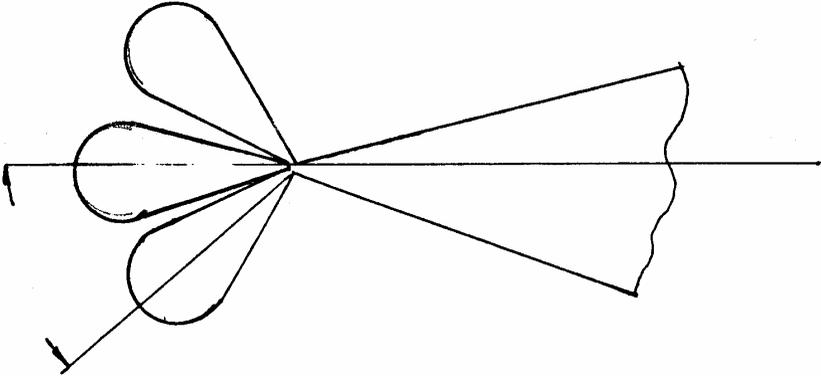


Рис.3.42. Диаграмма направленности антенны

Размеры антенны для ВЧ диапазонов приведены в таблице 3.2.

Таблица №3.2

Средняя частота, Мгц	28,5	21,2	14,15	7.05
Высота h, м	2,95	3,96	5,94	11.94
Ширина	3,08	4,17	6.25	12.52
Ширина	2,97	3,76	5,64	11.20
Расстояние	1,05	1,40	2,10	4,26
Расстояние	10	14	16	20

При изготовлении горизонтальных частей на ровной площадке (на асфальте) необходимо сделать чертеж. К кольцам приварить прямые отрезки трубок. Наложить трубки на чертёж и согнуть их в нужных местах. Если применяют медные, латунные или трубки из сплава алюминия, то к кольцам приваривают четыре стальных стержня по

внутреннему диаметру трубок. На них одевают трубки и фиксируют их заклёпками или болтами М3 или М4.

В зависимости от материала трубок на них возле колец накладывают провод из того же материала и места соединения пропаивают. Дополнительную накладку согласования изготавливают из провода 2...3 мм. И размещают ее на нужном расстоянии при помощи металлических или изоляционных полосок в зависимости от того имеет ли провод изоляцию.

Для нормальной работы трансформатора необходимо выдержать соотношения диаметра провода и трубки. Если не удастся получить КСВ близкое к единице, то необходимо изменить диаметр провода. При настройке трансформатора нужно обратить внимание на то, что прямые участки трубок директора и рефлектора имеют разные размеры. Для сохранения симметричности их нужно разбить метками на ровные участки. Например, поделить на 10 и потом пронумеровать, Концы провода подсоединить к меткам «5», а при необходимости подсоединять в точках с одинаковыми цифрами на трубке директора и рефлектора.

Вертикальная несущая труба крепилась к основной трубе мачты при помощи шарнира. Центр тяжести немного смещён и за счет этого антенна имела горизонтальную поляризацию. К верхней части антенны крепилась миллиметровая леска. Если за неё потянуть, то антенна поворачивается на 90° и имеет вертикальную поляризацию.

С вертикальной поляризации, я уверенно работал прямой поверхностной волной до 200 км. До её изготовления я применял штырь с гамма-согласованием на 10 метров. С такой антенной я гонялся за DX станциями и для меня был праздник, если удавалось провести с ними одно QSO.

При применении «швейцарского двойного квадрата» я поворачивал антенну в нужном направлении применял горизонтальную поляризацию и только успевал отвечать дальним станциям, которые подходили на мою частоту и выстраивались в очередь. Некоторые американцы не

верили, что я работаю 40-ка ваттами (на выходе АМ передатчика была ГУ-29) и говорили «Хи-Хи», мол, что ты заливаешь в отношении мощности. Считаю, что на эту антенну коротковолновики должны посмотреть более внимательно и их не должно пугать некоторое усложнение конструкции антенны по сравнению с обычными «квадратами». Эти затраты окупятся хорошей работой антенны.

Литература к разделу 3.6.4 :

1. В.П. Овчаренко UT0VV, Антенна «Швейцарский двойной квадрат», Радиоинформ №10 и 24 за 2007 год.

3.7. Антенны типа «базука»

3.7.1. Об антенне «двойная базука»

Автор работы [1] утверждает, что в наши насыщенные информацией времена антенна болгарского радиолюбителя LZ2ZK «Двойная базука» [2] получила широкое распространение и популярность благодаря простоте, удобствам в изготовлении и хорошим параметрам. Слушающие радиоэфир и проводящие любительские связи на КВ-диапазонах операторы, знают, что и получаса не проходит, как очередной радиолюбитель сообщает, что работает на «базуке» (далее кавычки опускаются) и очень доволен ее работой. Не меньшее внимание базеке уделяют радиолюбительские информационные ресурсы, объем соответствующих авторских материалов в Интернете давно зашкаливает [www.google.com.ua/.../]. И эти симпатии не есть дань «моде». Спора нет, антенна действительно обладает полезными особенностями и свойствами, что не расходится с отзывами владельцев и их корреспондентов.

Удивляет разницей в трактовке радиолюбителями классификационного вида антенны, что напрямую связано с пониманием ее работы и правильным конструированием.

Одни считают ее разновидностью петлевого вибратора Пистолькорса (ПВП) [3], другие – полноразмерным (укороченным) полуволновым диполем (с емкостными нагрузками на концах) [4], третьи, ... – изошренным вариантом коаксиального «шнурка» с устройством симметрирования [QRZ.ru] и прочее. Бросается в глаза и на слух еще одно устойчивое мнение – добровольные эксперты категорически отвергают сам факт новизны и отрицают наличие признаков изобретения у этой антенной конструкции, считая ее, как, например, А.Мойсеенко (us5ia), известной со времен Второй мировой войны, описанной еще К.Ротхаммелем [5] и З.Беньковским, Э.Липинским [6]. Многим операторам подобные словопрения (по-восточному - «буза») вокруг «базукиады» вообще не характерны и не интересны, лишь бы антенна работала и работала «хорошо». Все это и побуждает объективно разобраться в корнях, попытаться внести ясность по спорным вопросам и снять накопившиеся недоразумения.

Существует несколько вариантов базуки, рассмотрение которых логично и целесообразно начать с наглядной схемы «двойная базука» (double bazooka) болгарского хэма LZ2ZK (рис.3.43)

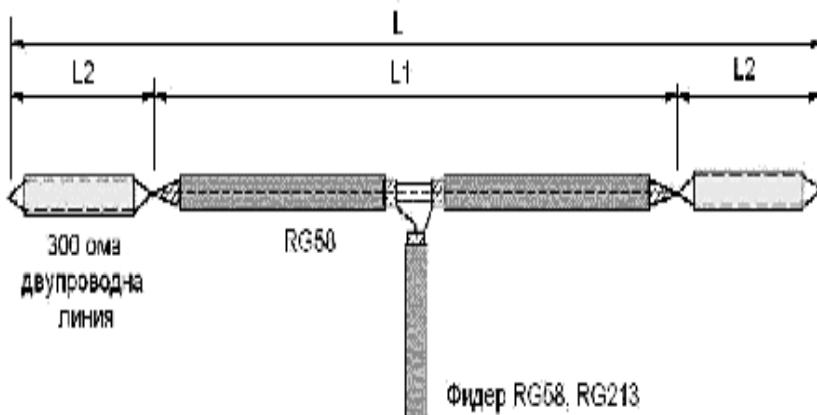


Рис.3.43. Антенна «двойная базука»

Сразу же внесем ясность в понимание концевых короткозамкнутых с двух сторон отрезков L2, выполненных автором из фрагментов двухпроводной 300-омной линии. Это не совсем удачная попытка увеличения диаметра проводника излучателя L вблизи узлов тока для получения широкополосности, т.е. в местах, где подобная мера может иметь шансы на успех при диаметре «концевиков» антенны не менее 50 см (в диапазоне 80 метров) [4]. Именно поэтому отрезки L2 многими радиолюбителями заменяются обычным проводом, канатиком, стержнями или замкнутыми с обеих сторон участками коаксиала. Ряд авторов, например [3], ошибочно считают отрезки L2 «емкостными нагрузками», забывая, что емкостные удлинители обязательно выполняются под углом к основному полотну L1 антенны. В разбираемом случае (рис.3.43) эти отрезки суть соосное продолжение ее тела до резонансного размера.

Далее рассмотрим основу бауки – коаксиальный фрагмент L1. Для удобства анализа несколько видоизменим полную схему до варианта 9A4ZZ, рис.3.44.

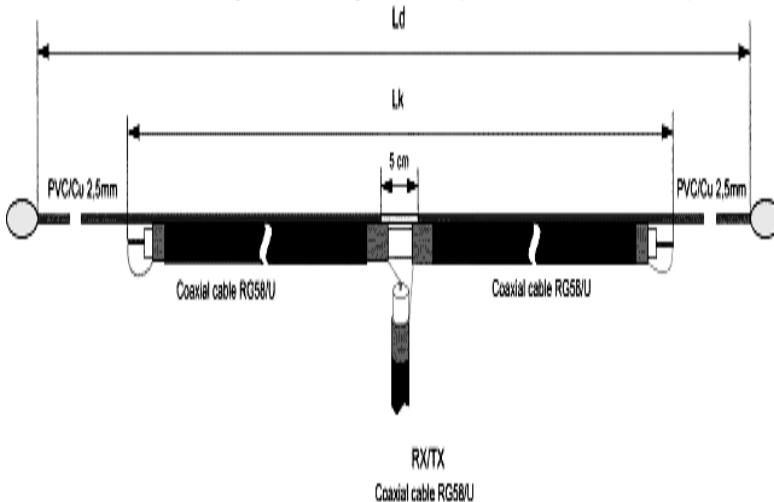


Рис.3.44. Вариант исполнения антенны от 9A4ZZ

Совершенно очевидно, что двойная базука представляет собой диполь L_d , средняя часть которого совмещена с оплеткой кабельной части L_k , разрезанной в середине для подачи сигнала через коаксиальный фидер.

Поскольку коаксиальная часть замкнута на концах, а центральная жила не разрезана, возникает иллюзия присутствия «кабельного» ПВП. Но это явное заблуждение по следующим причинам:

- в ПВП оба вибратора равной резонансной и геометрической длины включаются параллельно, в нашем случае длины L_d и L_k различны, но остаются резонансными в силу разных коэффициентов укорочения из-за разных диэлектриков и геометрии;

- в ПВП оба вибратора электромагнитно взаимодействуют между собой, создавая суммарное излучение и увеличивая входное сопротивление до 300 Ом, в нашем случае излучение внутренней жилы отсутствует по причине экранирования оплеткой, входное сопротивление остается в пределах, характерных для диполя (около 50 Ом);

- в ПВП расстояние между вибраторами составляет десятки (УКВ) и сотни (КВ) мм, в нашем случае оно равно скромному размеру радиуса каждой половинки-плеча кабеля. Последнее создает ощутимые цилиндрические емкости, казалось бы, замыкающие оплетку с жилой по ВЧ. Но этого не происходит, ибо обе половинки, как замкнутые встречные четвертьволновые отрезки выполняют функции «металлических изоляторов» в средней точке жилы.

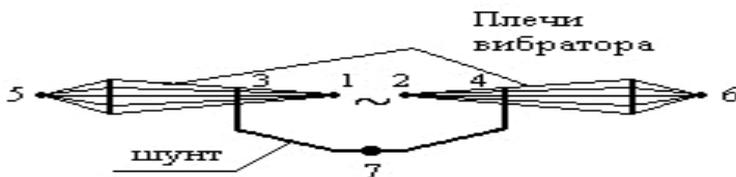


Рис.3.45. Шунтовой вибратор Айзенберга

Функционально подобная антенная система известна, как диполь-шунтовой вибратор Айзенберга [5-7], рис.3.45 (не путать с шунтовым питанием неразрезного диполя). «Точки 1,3,5 и 2,4,6 принадлежат плечам вибратора (открытая ветвь), а точки 1,3,7,4,2 - шунту (закрытая ветвь).

В достаточно широком диапазоне, вблизи резонансов этих частей антенны, реактивная составляющая входного сопротивления вибратора ($x_{ex} < 0$) компенсируется реактивной составляющей шунта ($x_{ex} > 0$). Вибратор изображенный на рис.3.45 лишен осевой симметрии, он практически «плоский». Поэтому Е-плоскостей поляризации у него две: плоскость, в которой лежат все проводники шунтового вибратора, и плоскость, ей перпендикулярная и проходящая через обе половины вибратора.

Особенностью базуки является заключение шунта (внутренней жилы) в «рукава-муфты» экрана оплетки, что не препятствует шунтирующему механизму и не создает две Е-плоскости поляризации. Эти физические соображения позволяют сделать известные и мало известные выводы:

- как замкнутая, экранированная система двойная базука слабовосприимчива к внешнему окружению, что позволяет крепить ее на стенах, крышах зданий и сооружений, вблизи линий энергоснабжения, вещания, кабельного ТВ и Интернета (Рис.3.46);

- базука совершенно не подвержена статике, безразлична к конфигурации в пространстве, работает практически на любой высоте;

- по параметрам направленности, усиления, входному сопротивлению двойная базука близка к параметрам классического диполя, но отличается большей широкополосностью;

- плечи кабельной части антенны могут выполняться из резонансных коаксиалов разных типов, размеров и параметров с учетом индивидуальных коэффициентов укорочения, соединение их центральных жил в точках 1, 2, 7 (см. рис.3.45) может выполняться пайкой или через ВЧ-разъемы и специального бокса;
- предпочтительно применять качественные коаксиальные кабели с плотным медным чулком-оплеткой;
- расчет размеров соответствующих частей антенны производится по классическим формулам, а настройка по известным правилам, приведенным, например, В.Кеденко, ut4en, [4].

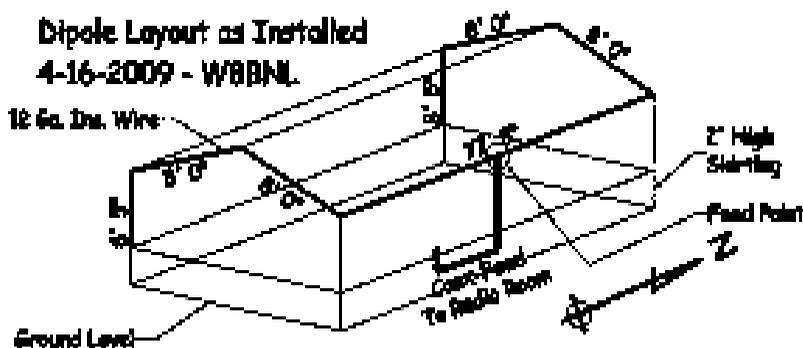


Рис.3.46. Вариант крепления «двойной базуки»

Резюмируя изложенное, подчеркнем, что антенну «двойная базука» следует отнести к диполям-шунтовым вибраторам Г.З.Айзенберга и на этом положить конец всем имеющим место недоразумениям в понимании физики ее работы. Остается прокомментировать некоторые разновидности схемно-конструктивных решений базуки.

Нетрудно заметить, что в дополнение к традиционной схеме подачи сигнала в разрез оболочки кабельной части

базуки может быть предложена схема шунтового питания. Такое питание включается в разрыв жилы шунта при цельной оболочке (см. рис.3.47) и несколько схем с разрывом и оболочки, и жилы в совокупности с симметрирующими устройствами на кабельных отрезках (см., например, рис. 3.13 источника [6]). Монтаж соединений удобно выполнить на разъемах в специальном боксе-коробке.

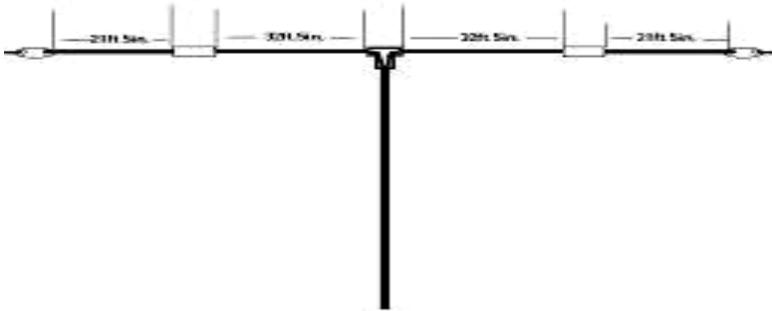


Рис.3.47. Вариант питания «двойной базуки»

В литературе и на IT-площадках можно встретить разнообразные модификации антенны двойная базука в виде *inv V*, «наклонный луч», несимметричного диполя, трэповых диполей, круговой рамки, треугольника, фракталов, и даже Яги и решетки, в том числе, с различными укорачивающими корректорами. Подходы к конструированию подобных вариантов не отличаются от общеизвестных, поэтому в нашем обзоре опускаются.

В заключение остановимся на схеме вертикальной четвертьволновой шунтовой коаксиальной антенны, которая может быть названа одинарной базукой (см. рис.3.48), по внешнему сходству с половинкой двойной базуки. Она образована отвесно расположенным коаксиальным кабелем с произвольным волновым сопротивлением. Нижний конец центральной жилы кабеля

заземлен, а ее верхний конец соединен с экраном. Энергия радиоволны излучается только экраном кабеля, но вследствие малого отношения l/d его коэффициент укорочения близок к 0,95, и потому он слишком короток для четвертьволнового резонанса, вот почему требуется l_1 нарастить отрезком L_2 до резонансной длины $\lambda/4$.

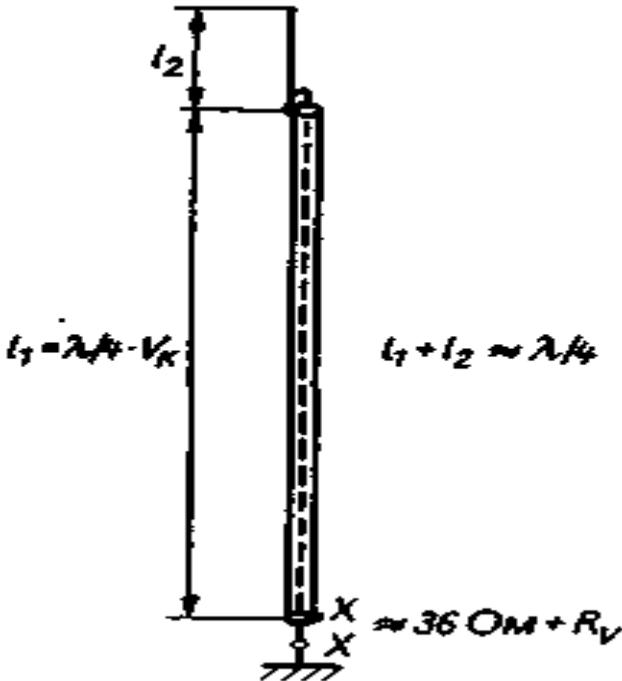


Рис.3.48. Вертикальная четвертьволновая шунтовая коаксиальная антенна,

При резонансе входное сопротивление четвертьволнового кабельного участка велико (металлический изолятор). При повышении частоты сигнала отрезок $L_1 + L_2$ окажется слишком длинным (индуктивная реактивная составляющая). Одновременно станет чрезмерно длинной и короткозамкнутый четвертьволновый коаксиальный участок. Линия, превышающая четверть длины волны, оказывает емкостное действие. В результате индуктивная

составляющая отрезка излучателя и емкостная реактивность четвертьволнового коаксиала взаимно компенсируются, а сопротивление излучения возрастает.

С понижением частоты происходит обратное: отрезок излучателя становится емкостным, а коаксиального шунта - индуктивным, что также приводит к взаимной компенсации реактивных составляющих. Благодаря такой особенности системы рабочая полоса частот антенны расширяется. Сверху ее ограничивают нежелательные изменения диаграммы направленности, а снизу - резкое падение сопротивления излучения. Вследствие подобной широкополосности, длину элементов антенны не следует стремиться выдерживать особенно точно. Как и для остальных вертикальных антенн, добротная «земля» - предпосылка высокого КПД.

Входное сопротивление остается активным в широкой области частот, а его величина изменяется вместе с сопротивлением излучения, требуя согласования. Согласование с волновым сопротивлением фидера обычно осуществляется с помощью известного омега-согласующего звена или корректно спроектированного «балуна». Как и в случае двойной баузки существуют варианты схемно-конструкторских решений и одинарной баузки, а также схем ее питания и симметрирования.

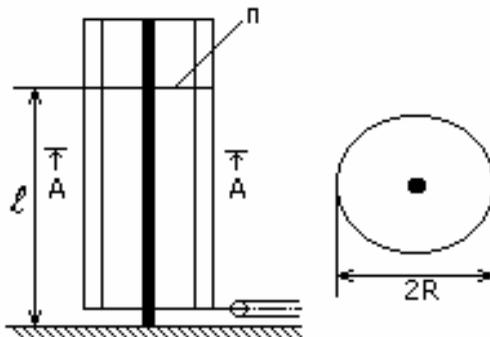


Рис.3.49. Излучающие трубные муфты

В антеннах стационарных передающих центров издавна используются излучающие трубные муфты с неизлучающими шунтовыми стержнями, рис.3.49, функциональное назначение которых описано выше, что проявляет исторические корни конструктива базуки, подтверждает справедливость ее отмеченных рабочих и теоретических азов.

Автор работы [1] надеется, что описанная физика работы антенны базука с несколько новых позиций сослужит добрую службу радиолюбителям, способствуя правильному пониманию и построению ее многочисленных реализаций, и с благодарностью примет замечания и предложения по совершенствованию проделанной работы.

Литература к разделу 3.6.

1. В.Я.Кирсей, Об антенне «Двойная базука», Радиоинформ №5,6,7 за 2014 год.

2. Kiril Drandarov, lz2zk. Домашняя страница: <http://www.lz2zk.com>

3. А. Аксенов, ur5eur. Анатомия базуки. «Радон». 06.02.2014.

4. В. Кеденко, ut4en. Страдания по базуке. «Радон». 10.02.2014.

5. К. Ротхаммель. Антенны. М. «Энергия». 1969.

6. З. Беньковский, Э. Липинский. Любительские антенны коротких и ультракоротких волн. М. «Радио и связь». 1983.

7. В.В. Никольский. Антенны. М. «Связь». 1966.

3.7.2. Еще раз об антенне «базука»

В работе [1] утверждается, что уже около двадцати лет пропагандирует эту антенну построенную на диапазон 80 метров Юрий из Днепропетровской области. Он изготовил ее по рекомендациям книги Ротхамеля и утверждает, что в его QTH невозможно работать ни на какую другую антенну из-за большого уровня

промышленных помех. Еще один из радиолюбителей использующих антенну «базука» (из Краснодарского края) подтвердил, что после установки этой антенны у него уровень промышленных помех снизился на целых три балла. В то же время, многие из других опрошенных радиолюбителей не заметили существенных изменений условий приема.

Видимо, следует предположить, что все дело в классе трансивера. Если трансивер имеет в преселекторе на своем входе мало контуров, то кабель «базуки» работает как дополнительные контура, улучшая защиту по зеркальному и соседнему каналу. Кабель также улучшает резонансную характеристику антенны при работе, как на прием, так и на передачу, уменьшая тем самым уровень помех телевидению.

Для создания эквивалента «базуки» можно к обычному диполю в точках его питания подключить экранами два куса коаксиального кабеля с резонансной длиной в четверть волны (рис.3.50). Центральные жилы этих кусков соединяются между собой, а на дальних концах соединяются вместе центральная жила и экран. В результате получим два параллельных контура, соединенных последовательно и подключенных к точкам питания диполя. Эти короткозамкнутые отрезки кабелей работают как обычные контура, однако имеют более высокую добротность.

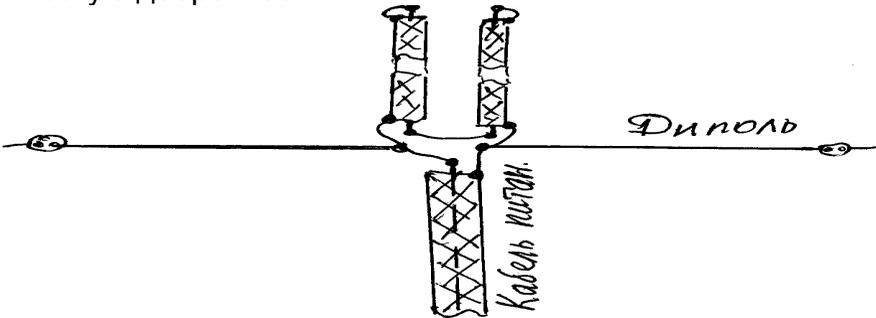


Рис.3.50. Дипольный эквивалент «базуки»

Подключив один, или два куска такого кабеля к любой антенне можно превратить ее в «базуку», однако сами эти кабеля придется смотать в бухточки с тем, чтобы не нарушить резонанс базовой антенны. Интересен вариант «базукоштыря», если вертикально подвесить замкнутый вверху отрезок кабеля.

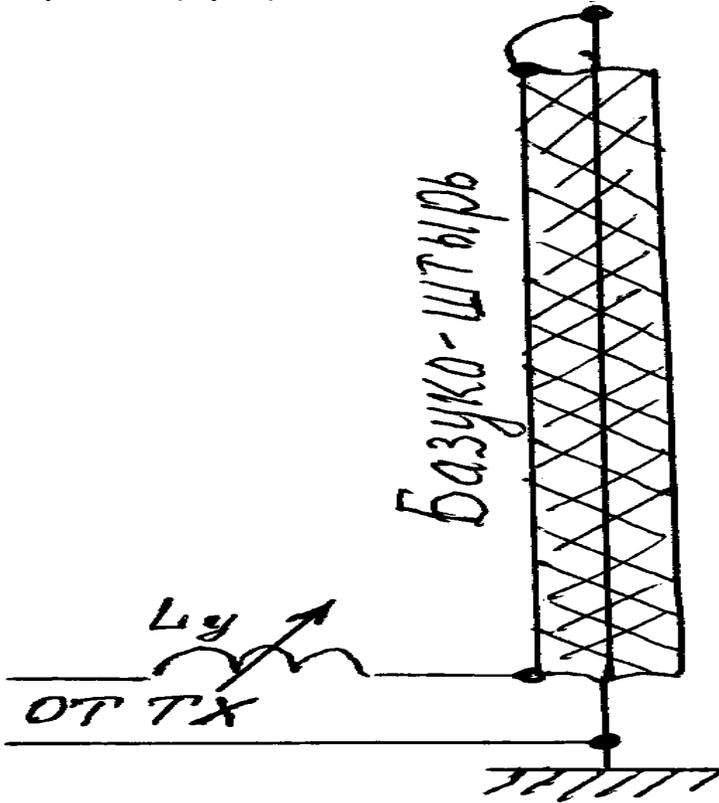


Рис.3.51. Антенна типа «базукоштырь»

Центральная жила, при этом, соединяется с землей, а на оплетку (через удлиняющую катушку) подается выход передатчика.

«Базуку» легко превратить в «петлевой вибратор» (треугольник, квадрат) если подключить на ее концы дополнительный провод длиной полволны, растянутый

соответственно конфигурации антенны, в пространстве. Чтобы не нарушилось согласование, питающий кабель должен иметь резонансную длину равную полуволне.

Литература к разделу 3.7.2:

1. Жданюк В.К., UR3LOI, Радиороинформ №20 за 2011 год.

3.8. Спиральные антенны

3.8.1. Об антенне «удочка» и вокруг нее

Автор работы [1] утверждает, что в практике эфирной работы радиолюбителя бывают ситуации, когда по разным причинам используются сделанные «на скорую руку» заменители строгих антенных конструкций. Нередко они становятся основными и единственными в условиях конкретного использования, обретая статус «городских» антенн «за окном», на балконе жилого здания или «походных» антенн.

Среди таких сооружений в последнее время весьма популярны антенны, выполненные на основе гибких и прочных пластиковых удилиц, цельных или телескопических. Склонные к юмору радиолюбители называют их «удочками», подразумевая замену ее атрибутов (леска, крючок с наживкой, грузило, поплавков) гибким медным проводом излучателя, а сам процесс поиска партнеров по эфиру подобием рыбной ловли. Обычно проводник «удочки» (далее «кавычки» опустим) для уменьшения физической длины сворачивается в спираль, а удилице закрепляется под углом к плоскости стены дома и наклонно по отношению к земле, реже – перпендикулярно к стене. Иногда удочки снабжаются емкостными нагрузками. Вариант без опоры-удилица называют «веревкой» в том случае, если имеется возможность «зацепить» через изолятор внешний конец излучателя за подходящую опору, например, дерево. В

последнем случае геометрия излучателя, как правило, линейна, без сворачивания в спираль.

Смысл применения антенных удочек – в закреплении сооружения в «одной точке», жестко привязанной к жилью, «шэку», с вынесением за его пределы физически укороченного антенного полотна. В «электрической» интерпретации удочку иногда можно считать «вертикалом» на отвесной земле (стена здания, обрыв ущелья, крутой склон горы). Конечно, используются и другие варианты «привязки» например, кромка крыши дома, иллюминатор или борт судна, автомобиль на стоянке туриста и т.п. И покров палатки к стене дома не отнесешь.... Отсюда схемы и размеры удочек, свойства и особенности, присущие семейству проволочных антенн. В этом плане важнейшим фактором «грамотного» построения и применения удочки является определение ***ее электрической диспозиции*** по отношению к земле.

Несколько слов о физическом укорочении излучателя удочки. Сворачивание его полотна в спираль не означает замену антенной «линии» сосредоточенной индуктивностью. Достаточно выполнить антенное полотно на двух (четной группе) «встречных» спиралях (индуктивности вычитаются) или в виде петлевой группы «дискретов» при одинаковой физической длине системы, чтобы убедиться в близком подобии этих вариантов с позиций классической теории. Изрезанные «провалами» эпюры тока стоячей волны во всех трех схемах практически одинаковы, что говорит о тождественных поперечных излучениях. Здесь уместно напомнить, что сворачивание в спираль или петлевую группу провода вибратора целесообразно выполнять в его «низкоэнергетической зоне», т.е. в верхних участках вертикала и ближе к концам диполя. Но еще лучшего эффекта можно добиться, выполнив свернутое полотно по известному принципу антенны $5/8\lambda$ с «верхней» и «нижней» емкостными нагрузками. Не забываем, что под

верхом и низом здесь понимается дальний открытый конец и сторона питания излучателя.

Сворачивание части провода в спирали имеет естественный недостаток – «витки» (петли) для удержания формы необходимо чем-то фиксировать, для чего предложены те или иные способы, не всегда доступные и удобные в «полевых» условиях. Могу предложить нетрадиционное решение – применить **жгутовую обвязку** удилица гибким изолированным проводом излучателя с жесткой **узловой** самофиксацией. Такая технология позволяет удобно реализовать и исследовать излучатель с произвольной петлевой и витковой структурой, в том числе «безиндуктивной» намоткой Шаперона. Здесь мы подходим к границе, где «ясность» ... начинается тускнеть.

Для понимания многих проблем, например, **последствий** «отвесно-боковой» установки антенн типа удочек, включая полуволновые монополи, желательно сознавать следующее. В настоящее время специалистов в области антенн можно разделить «на два непримиримых, почти враждебных лагеря» [2] – «традиционалистов», исповедующих классическую теорию антенн, и «непримиримых», обнажающих ошибки этой «ретротеории». Идеи новой трактовки электродинамики основаны на части теоретического фундамента, заложенного плеядой великих предшественников «традиционалистов» (Ш.Кулон, М.Фарадей, Э.Ленц, Г.Лоренц и др.), и работ «бунтарей», особенно К.П.Харченко [2], авторитетного ученого, инженера и разработчика антенной техники наших дней. В основе многоплановых исследований, изысканий и разработок К.П.Харченко содержатся новые аргументированные подходы к понятию радиоволны, как к «лучистой энергии», отвергающие «радиоволну Максвелла, Пойнтинга, Герца». Эти работы вызвали **глобальный интерес**, и нам, радиолюбителям, созерцать это научное противоборство в

позе стороннего наблюдателя недопустимо. Ведь объект столкновения – не только сфера большой науки, но и **«наша территория»**, пусть «на вторичной основе».

Приведу примеры. В работе [2] на стр. 34 размещено фото антенны для рабочего диапазона 415–430 МГц в виде цилиндра диаметром 137мм с уникальной высотой 39мм, не имеющей аналогов. На стр. 235 приведены данные малогабаритной антенны на фиксированную частоту в диапазоне 150 – 1500 КГц длиной около 2км и с КСВ = 1,3. Обе антенны маскируются оболочками сопутствующих конструктивов, видимо, в коммерческих целях. Согласимся с автором, что эти результаты «запредельны для радиотехники по Максвеллу, Пойнтингу, Герцу». Любой радиолюбитель был бы в состоянии шоковой эйфории, построив подобные антенны для «двойки» и low-band's. Исключено, что здесь мы сталкиваемся с «рекламной лапшой», в чем априори убеждает нас один из авторов публикаций в области радиолюбительских антенн И.В.Гончаренко, dl2kq [3], тем не менее, оставляя люфт для будущих «чудес». Что касается «традиционалистов», давно не просматривается свежих плодотворных идей в материалах «схваченных ими» солидных журналов и фундаментальных изданий, куда доступ «непримиримым» закрыт.

Еще один момент, связанный с нашей темой. Вертикал, удочка, «веревка», диполь, установленные или подвешенные перпендикулярно к стене железобетонного (худший случай) здания «торцом» антенного полотна, излучают и принимают радиосигналы в сторону и со стороны этой стены. Это экспериментально установленный факт, так или иначе конфликтующий с классической теорией. Каковы механизмы прохождения сигнала? К.П.Харченко обнаружил, что разница в ослаблении уровня потоков лучистой энергии различной структуры при преодолении подобных сред может

достигать трех порядков (1000 раз). Подобное наблюдал и В.И.Коробейников, исследуя ЕН-антенну в среде воды [4] и указав на принципиальную необходимость наличия «встречных» спиралей в ее составе.

Почему неизвестный механизм проникновения лучистой энергии в плотную среду важен даже за пределами гипотетической возможности «новой» радиосвязи? К.П.Харченко утверждает, что в составе излучения классического диполя присутствует помимо поперечной ***продольная составляющая*** излучения; он ее целенаправленно выделял, наблюдал, установил факт проникновения через латунную стенку «клетки Фарадея» и получил патент РФ на соответствующий способ. Своим началом она восходит к теории волноводов, но как объект излучения проводника за пределы абстрактных рассуждений «не простиралась». Допускается, что эта составляющая, встречающаяся в литературе под названием «продольной электромагнитной волны», может быть весьма опасной. Надеюсь, намек понят: ведь удочка с ее торцами – возможная стрела и неожиданный бумеранг в руках радиолобителя. (В Интернете можно встретить совсем уж необузданные легенды-утки по «продольной» теме, «разоблачающие тайны» якобы созданного и испытанного «волнового оружия»).

С другой стороны, давно известен так называемый торцевой эффект, вынуждающий укорачивать излучатель вследствие излучения торца проводника излучателя. На этом основано применение концевых емкостных нагрузок вертикала или горизонтального диполя – концевая емкость искусственно увеличивается наращиванием площади торца. При этом растет составляющая излучения, совпадающая по направлению с «продольной составляющей» К.П.Харченко. Возникает вопрос, не являются ли они тождественными? Возможна ли их суперпозиция? И далее, проводниковые емкостные

нагрузки, в свою очередь, имеют длину и торцы, как обычный излучатель. Следовательно, тоже должны излучать все эти составляющие, при этом «продольные излучения» емкостных нагрузок совпадают по направлениям с излучением основного излучателя. Возможна ли и их суперпозиция? Псевдотожественность торцевого излучения и «продольной составляющей» можно было бы считать установленной, если бы не проникновение последней сквозь плотные среды, включая цветные металлы. А потому вполне вероятно, что «продольная составляющая» действительно существует в виде излучения другой энергетической структуры. Каковы соотношения их мощностей? Как соотносятся классические параметры антенны, например, КПД, КСВ с этой составляющей? Действительно ли «волновые размеры антенны» утрачивают смысл при ее учете? А крах (?) понятий «ближняя зона», «поляризация»... И бездна других вопросов, отрешиться от которых просто невозможно. Но после того как **факт неоспоримо установлен**, домыслы отодвигаются в сторону, и **феномен исследуется!**

Ясно одно, центральным моментом антенной техники «не по Герцу» является действительно новое понимание и видение тока смещения [2], образующего стоячую волну (стоячие волны?) на проводнике в качестве обратной волны совместно с током проводимости прямой волны, а также целенаправленное формирование емкостного пути этого тока. Ясно и другое, у радиолюбителей есть решающее преимущество перед остальными исследователями, позволяющее «немедленно» проверить на практике и оценить любые отклонения от «накатанного пути» эфирными связями на любые расстояния. Такой готовой легитимной «метрологией», имеющейся в нашем распоряжении «по определению», грешно не воспользоваться.

Впрочем, цивилизация неожиданно подарила возможность стартовых исследований любому желающему, даже школьнику – опустим активированный мобильный телефон (СВ-рацию) в котелок или ведро для уха, закрыв все щели, – и «установка» готова к первому эксперименту. Далее – вариация антенн, а после герметизации «мобильника» полиэтиленовым пакетом, – среда воды с помощью настоящей удочки... За рубежом даже построили установку и испытали струю морской воды в качестве антенного излучателя, тем самым создав уже саму удочку «из воды». В подобных опытах мы получаем дополнительный, уже социальный, эффект – увлекательный алгоритм привлечения детей и подростков к радиолобительству и большой науке...

Скромная, «суррогатная» удочка, зацепившая мифологического левиафана Максвелла, Пойнтинга, Герца с радиолобителем в его чреве... Повседневно увлекаясь нередко рутинными занятиями под вывеской любительской радиосвязи, мы приносим в жертву исследовательский характер радиолобительства, его **ядро**. Самое время, читатель, учиться строить антенны «не по Герцу», исследовать и развивать их! Нас ожидает неизведанный путь по тонкому льду на фоне ситуации «дежавю»: совсем недавно мы учились «не по Гегелю»... Но не исключено, что антенные удочки вызовут к жизни обильный творческий радиолобительский «улов» по другому, пушкинскому, сюжету о рыбаке и рыбке с поправкой на исключение «разбитого корыта» в финале.

Литература к разделу 3.8.1.

1. В.Я. Кирсей, u0ua (SK), Об антенне «удочка» и вокруг нее, Радиоинформ №10,11 за 2011 год.

2. К.П.Харченко. Лучистая энергия – потоки различной структуры из реальных фотонов – «радиоволны». М. Радиософт. 2009.

3. И.В. Гончаренко. Антенны КВ и УКВ, ч.2. М. Радиософт, Радио. 2007.

4. В.И. Коробейников. Правда и вымысел ЕН-антенн.
www.qrz.ru.

3.8.2. Многодиапазонная спиральная антенна

В работе [1] предлагается конструкцию очень простой, но достаточно эффективной антенны. Ее автор радиолобитель из города Углич Ярославской области - RX3MS. Автор статьи изготавливал эту антенну и сравнивал ее с антенной типа "двойной цеппелин" на диапазон 40 метров. Рапорта были 50% на 50% в сторону каждой антенны.

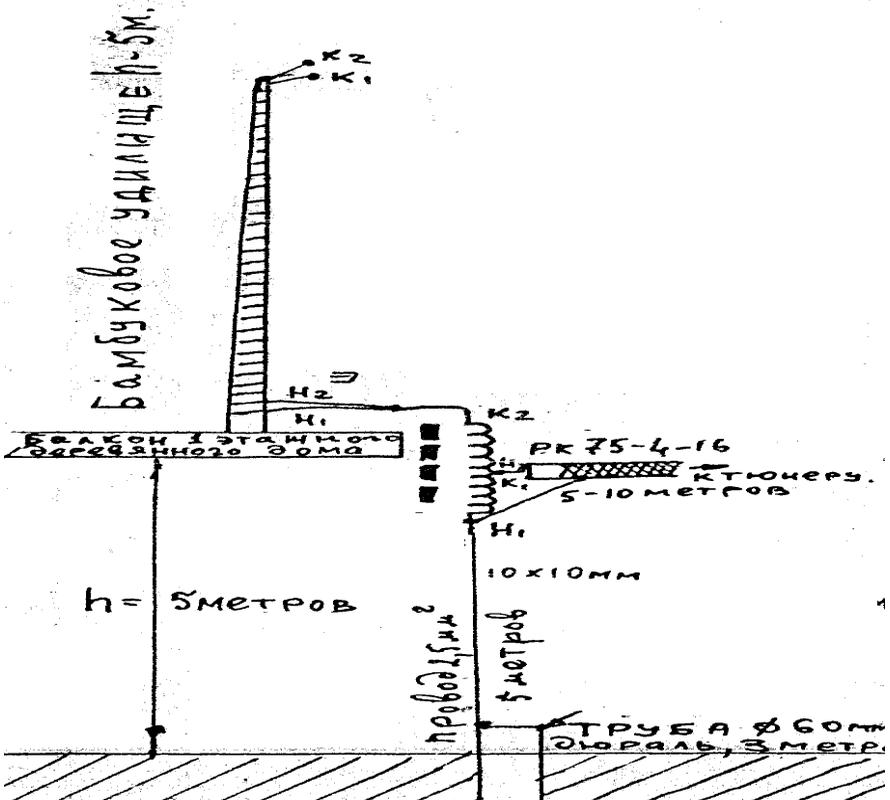


Рис.3.52. Многодиапазонная спиральная антенна

По рекомендации RX3MS сделал вывод, что самое главное, что нужно сделать перед изготовлением антенны - это уделить самое пристальное внимание выбору провода для спиральной намотки. Этот провод должен быть в высококачественной изоляции (у меня был КАТВ-300). Спиральная антенна, вид которой приведен на рис.3.52 была установлена над гаражом на пятиметровой высоте. Такую антенну можно рекомендовать радиолюбителям, которые любят проводить отпуск на природе, на даче, в лесу вследствие простоты ее изготовления.

Для изготовления антенны на диапазоны 3,5 - 30 МГц симметричный двухпроводный незранированный УКВ кабель типа КАТВ-300 длиной 33 метра наматывается спиралью на удилице из стеклопластика. Ширина кабеля около 14 мм, намотка производится виток к витку. Можно использовать кабель ШВВП 2x0,75 с многожильными проводниками в двойной качественной изоляции с намоткой шагом 5-6 мм. Внизу намотки оба проводника кабеля соединяются вместе и подключены к согласующему автотрансформатору. На верхней части проводники разведены в стороны, закреплены и загерметизированы воском.

Согласующий трансформатор намотан на ВЧ ферритовом кольце Ф60 10x10 мм скрученным вдвое медным многожильным проводом сечением 0,75 мм (два раза по 8 витков) во фторопластовой изоляции. ВЧ кольца обмотаны в три слоя фторопластовой тонкой лентой (можно обмотать синей изоляцией).

RX3MS также разработал конструкцию спиральной антенны длиной 7 метров на диапазоны 1,8 - 30 МГц, которая установлена на мачте высотой 15 метров. Общая высота антенны - 22 метра. Для этой антенны длина кабеля составляет 50 метров, из них 40 метров намотаны на стеклопластиковом удилице длиной 7 метров и 10 метров идет снижение к согласующему трансформатору.

Литература к разделу 3.8.2:

1. А.Швыдкий, US5EOI Многодиапазонная спиральная антенна, Радиоинформ №7 за 2008 год.

3.8.3. Спиральная антенна на 160 метров

В работе [1] утверждается, что укороченные спиральные антенны неоднократно описывались в Интернете и в литературе. Например, в журнале „Радио“ за 1979 год и в газете „Радиоінформ“ в №№7 и 9 за 2008 год. Эти антенны имеют довольно неплохие параметры, особенно для тех случаев, когда радиоловитель ограничен в площади их размещения. Предложенная автором антенна занимает немного места, проста в изготовлении и налаживании, чем может поощрить наших радиоловителей к выходу в эфир на, забытому Богом и людьми, диапазоне 160 метров.

Конструкция антенны приведена на рис.3.53 и представляет собой пластмассовую трубу, диаметром 80 мм на которой намотано 80 метров медного провода диаметром 1,5 мм. Верхняя часть спирали заканчивается емкостной нагрузкой в виде трех лучей длиной по 0,8 метра, которые крепятся растяжками верхнего яруса крепления мачты антенны.

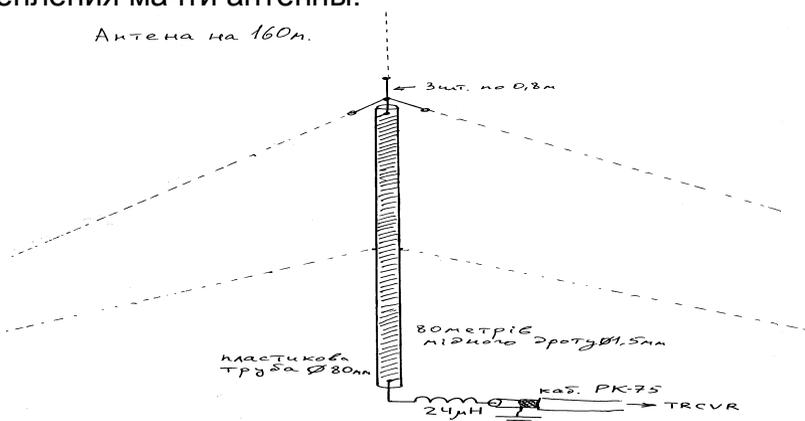


Рис.3.53. Спиральная антенна на 160 метров

Нижняя часть спирали подключена через удлиняющую катушку к центральной жиле коаксиального кабеля, который служит в качестве фидера. Оплетка кабеля присоединена к металлическим заземленным конструкциям гаража, на котором и установленная антенна.

Налаживания сводится к подбору индуктивности удлиняющей катушки. Это можно сделать двумя путями:

- по максимуму сигнала излучения антенны, с помощью индикатора поля;

- или по максимуму шум эфира (желательно в дневное время, когда нет прохождения на диапазоне).

При выходной мощности около 500 Ватт иногда мне удавались проводить связи с Японией, США и некоторыми другими DX-ами. В сравнении с диполем, подвешенным на высоте 10 метров, на восходе Солнца, когда сигналы еще тонут в шумах, на данную антенну я уже четко принимаю станции с востока России (4, 6, 9- и районы). И, наоборот, на заходе Солнца, когда диполь уже начинает шуметь, то на эту антенну я еще слышу Западную Европу. Ночью особого различия между антеннами не заметно. А днем, при проведении местных связей эта антенна выигрывает по отношению к диполю, как на прием, так и на передачу.

Литература к разделу 3.8.3:

1.Н.Федчук, UR3KKСпиральная антенна на 160 метров, Радиоинформ №10 за 2016 год.

Глава 4. Антенны для УКВ диапазонов

4.1. Радиоловителям об антенне Уда – Яги

В работе [1] утверждается, что антенна Уда-Яги («волновой канал») получила широкое распространение среди радиоловителей. Привлекает она, прежде всего, простотой конструкции. При небольшом расходе конструкционных материалов, после тщательной настройки, антенна обеспечивает неплохие коэффициенты направленного и защитного действий. Антенны типа «волновой канал» обычно применяются в диапазонах метровых и дециметровых волн.

Однако, часто при изготовлении таких антенн, по описаниям, радиоловители часто не достигают ожидаемых результатов, даже при условии, что были выдержаны размеры, приведенные в описании. Причин такого явления может быть несколько. Иногда авторы стремятся заявить о создании антенны, но при этом не заинтересованы в массовом ее повторении. Также нужно иметь в виду, что антенны «волновой канал» узкополосны и их направленность в значительной мере определяется фазовыми соотношениями, зависящими от частоты и количества элементов. Чем больше элементов в антенне, тем труднее обеспечить более выгодные фазовые сдвиги между токами в вибраторах.

Для более четкого понимания работы антенны типа «Уда-Яги» рассмотрим краткий толковый словарь терминов. Антенна Уда-Яги является антенной направленного действия (АНД) в виде нескольких параллельных друг другу вибраторов, длиной около половины длины рабочей волны. Вибраторы размещаются в одной плоскости, вдоль линии, которая совпадает с направлением максимального излучения (приема).

Фаза колебания - величина, характеризующая состояние колебательного процесса в данный момент времени.

Смещение (сдвиг) фаз – отставание или опережение во времени одного периодического процесса от другого. Отставание обозначается со знаком минус, опережение со знаком плюс.

Вибратор – в радиотехнике, отрезок проводника, излучающий электромагнитную волну (ЭМВ) в результате прохождения через него переменного тока.

Активный вибратор - вибратор АНД, соединенный непосредственно или через линию передачи с выходом передатчика или входом приемника.

Пассивный вибратор - вибратор АНД, формирующий совместно с активным вибратором направленные свойства антенны (рефлектор, директоры).

Проводимость – величина обратная удельному сопротивлению проводника $\sigma = 1/\rho$. Чем больше проводимость, тем с меньшими потерями по нему проходит электрический ток.

Траверса - горизонтальная балка, что опирается на вертикальную стойку.

Египетский треугольник - прямоугольный треугольник, катеты которого равны 3 и 4 единицам, а гипотенуза пяти. Применяется для проверки прямоугольности сторон сооружений.

КНД – коэффициент направленного действия антенны. Показывает во сколько раз необходимо увеличить мощность, излучаемую равнонаправленным (изотропным) излучателем, по сравнению с мощностью, излучаемой АНД в главном направлении, чтобы получить равную напряженность ЭМВ в контрольной точке.

КУ - коэффициент усиления антенны равен произведению величины КНД на величину КПД антенны. О величине КУ можно говорить, имея в виду конкретно изготовленную или серийно повторяемую, антенну. В

остальных случаях желательно заявлять величину КНД, указывая ее относительно какого-то излучателя (обычно всенаправленного или полуволнового вибратора).

Плоская электромагнитная волна - ЭМВ, фазы колебаний которой в плоскости, перпендикулярной направлению ее распространения – одинаковы.

Диэлектрическая проницаемость - величина, показывающая, во сколько раз сила взаимодействия двух свободных зарядов в диэлектрике меньше, чем в вакууме.

Диаграмма направленности антенны (ДНА) - графическое отображение величины напряженности ЭМВ, излучаемой антенной на равных расстояниях от неё ($5 \dots 10\lambda$), как правило, в полярных координатах.

Принципиальной основой работы антенны «волновой канал» является интерференция радиоволн (ИРВ). Для более детального ознакомления с этим явлением можно почитать мои статьи «Интерференция», «Поверхностный (скин) эффект», «LC - контур» ранее опубликованные в газете «Радиоинформ». ИРВ - сложение или вычитание величин амплитуд РВ в пространстве в зависимости от сдвига их фаз. Результирующая величина амплитуды может иметь значение от разности до суммы величин амплитуд. Так если происходит интерференция двух ЭМВ с амплитудами A_1 , A_2 и фазами ω_1 и ω_2 , то результирующее ЭМВ будет иметь ту же частоту и суммарную амплитуду:

$$A_p = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 \cdot A_2 \cdot \cos(\omega_1 - \omega_2)}$$

Если на некотором расстоянии расположить параллельно, в одной плоскости, два вибратора и подать на них ВЧ переменные токи равных частот, то каждый вибратор будет излучать РВ. В разных точках пространства сдвиг фаз этих РВ будут зависеть от первоначального сдвига фаз ВЧ токов в вибраторах; от расстояния между вибраторами; от расстояния и угла между точкой на линии вибратора и направлением на

точку наблюдения; от диэлектрической проницаемости среды.

В результате ИРВ значение суммарной напряженности ЭМВ на равных расстояниях и углах относительно поперечной оси вибраторов т.е. диаграмма направленности (ДНА), будут иметь определенные, только для данного случая, значения. Изменяя фазы токов в вибраторах, расстояние между ними или длину, можно получить большое число форм ДНА.

Элементарная антенна «волновой канал» состоит из активного (АВ) и пассивного (ПВ) вибраторов. ПВ (рефлектор или директор), которые располагаются на расстоянии $0,05 \dots 0,45$ длины рабочей волны от АВ и между директорами. Физическая длина рефлектора на 2-10% (обычно 2...5%) больше, а директора на столько же меньше длины активного вибратора. Рефлектор располагают сзади АВ, директор спереди. Максимальное излучение антенны (прием) происходит в направлении от рефлектора к директору. Число рефлекторов чаще всего один иногда 2...3, расположенных в одной плоскости. Увеличение числа директоров способствует увеличению КНД антенны. Обычно оптимальное число директоров в антенне не превышает 10, так как приращение КНД при большем количестве директоров не идет ни в какое сравнение с трудностями, которые при этом возникают.

При прохождении ВЧ тока по АВ, вокруг него возникает электромагнитное поле (ЭМП), которое индуцирует в ПВ ЭДС такой же частоты, которая вызовет в ПВ ВЧ ток. Ток обусловит появление вокруг ПВ ЭМП. В дальней зоне антенны, в результате ИРВ, излучаемых АВ и ПВ, формируется ДНА.

Коэффициент направленного действия (КНД), вид диаграммы направленности (ДН) вибраторных антенн определяется углом сдвига фаз между током в активном вибраторе (АВ) и токами в пассивных вибраторах (ПВ). Угол сдвига фаз

$$\beta = \beta + \beta,$$

где β - угол сдвига фазы напряжения, наводимого в ПВ, относительно фазы тока в АВ. Величина угла β - зависит от расстояния между вибраторами и диэлектрической проницаемости среды между ними.

При движении радиоволны (РВ) в пространстве ее фаза непрерывно меняется. Величина, что показывает, на какой угол изменится фаза РВ, при прохождении ею расстояния в один метр, называется волновым числом или коэффициентом фазы: $k = 360 / \lambda$ град. или $2\pi / \lambda$ рад. Если РВ проходит расстояния $0,01\lambda$ то угол $\beta = 360 \cdot 0,01\lambda = 3,6$; $0,05\lambda - 18$; $0,1\lambda - 36$; $0,25\lambda - 90^\circ$ и т. д.

При распространении РВ в среде, имеющей диэлектрическую проницаемость ϵ , отличную от единицы, длина волны изменится $\lambda_{\square} = K \cdot \lambda$, где $K = 1/\epsilon$, например во время сильного дождя или тумана, изменятся и параметры антенны. Диэлектрическая проницаемость вакуума и сухого воздуха $\epsilon = 1$, воды $\epsilon_1 = 80$. β_{\square} - угол сдвига фазы тока в ПВ относительно фазы напряжения, наводимого в этом ПВ. Величина угла β - зависит в общем случае от степени отклонения резонансной частоты ПВ от величины резонансной частоты АВ.

Резонансная (собственная) частота линейного вибратора:

$$f_{рез.} = k \cdot c / 2\ell$$

где $f_{рез}$ - частота МГц; c - скорость распространения радиоволны в вакууме; k - зависит в данном случае от ℓ/d , величина $k = 0,88 - 0,98$; ℓ - физическая длина вибратора; d - диаметр проводника вибратора. При резонансной частоте ПВ выше, чем у АВ (его длина меньше резонансной длины АВ), ток в ПВ опережает по фазе напряжение. Если ниже - ток в нем отстает по фазе от напряжения.

Физическая длина вибратора на УКВ часто не совпадает с его токопроводящей длиной. Глубина наружного, токопроводящего слоя вибратора на ВЧ

уменьшается до 0,03 – 0,05 мм. по причине поверхностного (скин) эффекта. Токи ВЧ, проходя по поверхности вибратора, огибают микронеровности на его поверхности, увеличивая токопроводящую длину вибратора. Удлинение будет тем больше, чем больше частота тока, выше проводимость материала вибратора, больше его диаметр и ниже класс чистоты поверхности. Способы борьбы с этим явлением: тщательная шлифовка и полировка поверхности вибратора и покрытие тонким слоем металлов платиновой группы; противокоррозионная защита, в т.ч. и качественная оцинковка; выбор оптимального диаметра вибратора.

При изготовлении вибратора из другого материала, чем рекомендуется, необходимо учитывать изменение токопроводящей длины вибратора. При механической замене меди на алюминий КУ антенны может уменьшиться в 1,5 – 2,0 раза. Особенно это касается элементов возбуждающей части антенны: АВ, рефлектора и первого директора.

Анализируя уравнение $\beta = \beta_1 + \beta_2$ легко понять, почему существует бесчисленное количество вариантов вибраторных АНД, в т.ч. и антенн «волновой канал». Вывод: настроенная работа антенны «волновой канал» зависит не только от длины вибраторов, но и от расстояния между ними, при прежних их размерах; от материала вибраторов, диаметра и чистоты поверхности.

Обычно конструкция антенны Яги крепятся серединой несущей траверсы к металлической мачте электрически короткозамкнутыми скобами. Скобы и мачта частично отражают бегущую волну и тем самым искажают фронт волны и фазовые соотношения. Диэлектрические крепежные изделия незначительно изменяют фазу ЭМК.

Траверса антенны должна обладать достаточной жесткостью и быть строго прямой. Хорошие траверсы (для диапазонов 144 и 430 МГц) получаются из дюралюминиевых труб диаметром 22 мм, что ранее

применялись для штор и еще имеются на пунктах металлолома, или трубы из дюралюминия Д16, наружным диаметром 20мм. и внутренним 16...17 и др.

Такие же требования предъявляются и к вибраторам. Чем больше элементов в антенне, тем более строго должны выполняться эти требования. Вибраторы крепятся перпендикулярно линии траверсы, а узел крепления должен обеспечивать временную надежность. Перпендикулярность можно проверить при помощи «египетского треугольника» или инструментального угольника большого размера. Подобным образом проверяем и с другой стороны. Несоблюдение этого требования приводит к уменьшению суммарной ЭДС в вибраторах и к искажению фазовых соотношений между ними. Расстояние между центрами и краями соседних вибраторов, с обеих сторон, должно быть одинаковым.

Если вибратор перпендикулярен траверсе, то падающая на него плоская ЭМВ достигает его точек О (середина вибратора) и А и В (на концах вибратора) одновременно и наводит во всех токах ЭДС с одинаковой фазой. Общая ЭДС вибратора при этом будет равна алгебраической сумме ЭДС отдельных участков вибратора.

Если же вибратор не перпендикулярен траверсе, то точки А ЭМВ достигнет раньше точки О и наведет в ней ЭДС, которая будет опережать ЭДС в точке О на угол ψ . А в точке В ЭДС будет отставать на угол ψ от точки О. Таким образом сдвиг фаз между точками А и В равен 2ψ . Угол сдвига $\psi = 90^\circ \cdot \cos\alpha$ (α – угол между продольными осями вибратора и траверсы. Суммарная ЭДС вибратора будет уменьшаться по мере уменьшения угла α и соответственно увеличению угла сдвига ψ).

Если вибраторы расположены хаотично, то и результат будет трудно предсказуемым. Автор статьи проверил несколько, в общем-то, «хорошо» изготовленных многоэлементных антенн на 144 и 432 МГц.

Большинство вибраторов, в этих антеннах имели перекося более 5 - 10° и никакой рихтовке не поддавались. При инструментальной проверке работы таких антенн их электрические параметры были значительно хуже расчетных.

Применение пластмассовых водопроводных клипс, для изолированного крепления ПВ к металлической траверсе упрощает разные проблемы. В нижней части клипс сверлятся отверстия, в которые с натягом устанавливаются вибраторы. Отверстия в клипсах, по направлению вибратора, необходимо выполнять с высочайшей точностью, чтобы вибраторы были перпендикулярны оси траверсы и находились в одной горизонтальной плоскости.

Такая трудность существует и при креплении вибраторов в отверстиях, выполненных диэлектрических или металлических траверсах. Необходимо отметить, что применение водопроводных клипс оправдано для спортивных антенн, которые используются сезонно или несколько суток в году.

Выбирая для линии питания антенны коаксиальный кабель, радиолюбители в основном интересуются его волновым сопротивлением. Однако, не менее важными параметрами кабеля являются погонное затухание на данной частоте дБ/м и эффективность экранирования (ЭЭ), которые зависят не только от материалов и конструкции кабеля, но и от сроков его хранения и особенно нахождения в эксплуатации. ЭЭ - отношение энергии, передаваемой внутри кабеля, к энергии, которая просачивается во внешнее пространство и искажает ДНА. Например, после 2...3 лет эксплуатации медного кабеля затухание в нем возрастает в 1,5...2 раза, а ЭЭ уменьшается в десятки раз.

Решающее влияние оказывает состояние поверхности экрана. ЭЭ новых коаксиальных кабелей составляет 60...100 дБ (1000...10 000 раз), затухание от

0,003 до 0,4 дБ/м. При повышении рабочей частоты затухание увеличивается, так при увеличении частоты от 100 до 1000 МГц (1 ГГц) затухание большинства кабелей увеличивается в 2...3 раза, при этом изменяется и волновое сопротивление кабеля.

При питании симметричных антенн коаксиальным кабелем из половины АВ, соединенной с центральной жилой кабеля, на его наружную оплетку ответвляется часть ВЧ тока (ток асимметрии). Этот ток, проходя по наружной поверхности оплетки, вызывает излучение ЭМВ, которая искажает ДНА. В этом случае на корпусе радиостанции, даже при наличии заземления, возникает ВЧ напряжение.

Для компенсации тока асимметрии применяются симметрирующие устройства, которые необходимо тщательно, гальванически, соединять с токопроводящей оболочкой кабеля. Применение горячей пайки приводит к деформации диэлектрика кабеля и искажению его волнового сопротивления и др. Радиолюбители освоили применение в качестве симметрирующего стакана отрезка токопроводящей оболочки кабеля. В этом случае также требуется гальваническое соединение «стакана» и оплетки. Если тщательно зачистить соединяемые поверхности, то надежный контакт, без деформации кабеля, получается прижатием и фиксацией контакта скотчем или изолянтной, с последующей влагозащитой, например термоусадочной трубкой.

Расположение по вертикали двух и более антенн «волновой канал» в антенных решетках, приводит к сужению вертикального лепестка ДНА. В точку приема радиоволны приходят под разными углами, при отсутствии элеватора (устройство для поворота антенны в вертикальной плоскости), прием многих сигналов будет просто невозможным. Кроме того, нижняя и верхняя антенна относительно земли будут находиться в разных условиях, что приведет к сдвигу фаз и уменьшению

усиления. Расположение антенн в горизонтальной плоскости приводит к сужению только горизонтального лепестка, относительно проводящей поверхности (земли) антенны находятся примерно в одинаковых условиях.

При использовании для антенной решетки 4, 6, 8... антенн обычно их размещают в несколько рядов и этажей. Каждое удвоение количества антенн в решетке теоретически должно давать прирост усиления на 3 дБ (в 2 раза). Практически прирост составляет около 2,5 дБ (1,78 раза). Так, например если антенная решетка, состоящая из 4 антенн «волновой канал» каждая, из которых имеет усиление, по мощности 12 дБ (16 раз), то теоретически ее усиление могло быть $12 + 3 + 3 = 18$ дБ (63 раза). Практически оно будет в окрестности 17 дБ (50 раз). Такое расхождение объясняется различием размещения относительно земли, неточностями фазировки питания, несоосностью траверс отдельных антенн в пространстве и др

Увеличение числа вибраторов антенны, при неизменной её длине, не дает заметного увеличения КНД, несколько увеличивается полоса пропускания. КНД антенны Уда-Яги ориентировочно можно определить по формуле:

$$\text{КНД} = 10L/\lambda,$$

где КНД в размах, L – длина антенны, λ - длина волны.

Эта формула наиболее точна при $3\lambda < L < 8\lambda$. Эти правила позволяют ориентировочно проверить достоверность заявленных в описании КНД и КУ антенных решеток, в том числе и «сенсационных».

Большинство положений, касающихся работы антенны «волновой канал» справедливы и для многовибраторных петлевых антенн («квадрат», «круг», «треугольник»).

Литература к разделу 4.1:

1. В.Швыдкий, UT8HT, Радиолюбителям об антенне Уда – Яги, Радиоинформ №№, 17, 18, 19 за 2013 год.

4.2. Рамочные радилюбительские УКВ антенны

Идея создания этой антенны родилась еще в начале 80-х годов прошлого века, когда автор работы [1] имел очень туманные представления об антеннах и только лишь мечтал о получении радилюбительского позывного. Теперь, имея многолетний радилюбительской стаж и немалый опыт работы связанной с разработкой и испытанием УКВ антенн в частной фирме, а также израсходовав много месяцев на компьютерное моделирование, проведя технические эксперименты, построив и испытав несколько экземпляров антенны и получив при этом положительные практические результаты, можно с уверенностью сказать, что антенна, описанная здесь, имеет право на жизнь.

Следует отметить, что появление этой статьи во многом стала возможной, благодаря знакомству автора работы [1] с Юрием Банковским (UR5YBU) - истинным энтузиастом в области УКВ антенна строительства. Он поделился с Юрием идеей построения таких антенн и попросил взять на себя практическую сторону реализации этого проекта. Это диктовала постоянная занятость, возраст, и ухудшение состояния здоровья, которое не позволяло автору последние лет 15-20 сдвинуть дело из мертвой точки.

Юрий согласился, за что ему большая благодарность. Имея относительно небольшой радилюбительской стаж, он владеет качествами необходимыми каждому антенщику для достижения хороших результатов: терпение, любознательность и стремления довести дело до конца, получив, при этом, максимально возможный результат. Для этого он не пожалел средств для приобретения необходимых приборов. Все это дало ему возможность за пару последних лет стать истинным "гуру" любительского УКВ антенностроения.

Как и большинство из нас, Юрий занимается любимым хобби совсем не в лаборатории, а в гараже, расположенном в гаражном кооперативе. В таких условиях тяжело полноценно провести испытание готового изделия, тем более, что рядом с гаражом расположены несколько высоковольтных линий электропередачи. Это линия 10 кВ - к ней 6 метров, линия 110 кВ - 12 метров и линия 220 кВ - 30 метров. Кроме того, на расстоянии всего 30 метров находится и РЭС.

Известно, что коллинеарные вертикалы и волновые каналы (ВК) в этих условиях принимают настолько много помех, особенно в мокрую погоду, что работать полноценно в эфире практически невозможно. Первый же трехэлементный "конверт", впрочем, как и все другие многоэлементные антенны этого типа, показал хорошую стойкость к таким помехам даже в сырую погоду и в дождь, позволяя успешно работать в эфире.

Свои эксперименты с УКВ антеннами Юрий, как и большинство радиолюбителей, начал с построения антенн типа „волновой канал" с числом элементов от 3 до 6. Он собирал из них стеки, но после испытания первой, еще "сырой" трехэлементной антенны "конверт" сделал заявление, что больше к волновым каналам уже не вернется. Обосновал он это заявление тем, что его очень поразило различие в работе этих двух типов антенн. Так всего трехэлементный конверт на высоте всего одного метра от земли работал намного лучше 4-х элементного ВК, установленного на 4-х метровой высоте.

Почти все корреспонденты отметили прирост сигнала станции UR5YBU, а на прием буквально все станции было слышать значительно лучше. Станция с QRB 70 км, которую на „волновой канал" было едва слышно в шумах, на "конверт" принималась на 59+. За последний год Юрий изготовил несколько антенн "конверт" с числом элементов от 3-х до 9-ти. При этом все затраты на приобретение материалов для них он взял на себя. Последняя 9-ти

элементная антенна с длиной траверсы около 6 метров, поднятая на метр от земли, показала наилучший результат. Тот же корреспондент с QRБ 70км слышал UR5YBU на 59+ при мощности передатчика Юрия всего 100 мВт в отсутствии прохождения. При этом от нижнего угла конверта к поверхности земли было всего 35см! С подъемом антенны над землей ее налаживания почти не меняется.

УКВ антенны с рамочными элементами не пользуются большой популярностью у радиолюбителей. Связано это, очевидно, с усложнением конструкции антенны и с тем, что прирост усиления в многоэлементной антенне, при этом, не настолько уже и значительный. Кроме того в "классических" квадратах так и не найден простой метод изменения поляризации. Для крепления рамочных элементов к траверсе нужен хороший, электрически и механически стойкий изолятор и т.д.

Тем временем существует техническое решение, которое позволяет обойти все эти недостатки. Это решение известно уже много лет и оно почему-то не привлекло внимания ни любителей, ни профессионалов. Справедливости ради, здесь следует вспомнить публикации в [2], [3] и [4] где речь шла об антеннах, которые построены на базе рамочного элемента, который стал прототипом элемента типа „конверт“. Автор работы [1] взял на себя смелость назвать такой элемент "конвертом" поскольку его внешний вид напоминает оборотную сторону заклеенного почтового конверта.

Автор упомянутых выше публикаций попробовал объяснить работу антенн на базе такого элемента, и это ему в значительной мере удалось. Однако, на мой взгляд, он не довел дело до конца. К тому же он забыл дать ссылки на первоисточник. Как говорится, новое - это шорошо забытое старое... И этим старым было две публикации в работах [5] и [6], которые появились одна за другой в далеком 1977 году!

С тех пор автор работы [1] потерял покой и все время думал о том, как воплотить это на УКВ и ждал, что кто-то предложит такую УКВ антенну. Однако этого так и не произошло. Поэтому ему пришлось взяться за это самому. Сначала в небольшой заметке со ссылкой на английский журнал [5] было рассказано об этом элементе. Потом два месяца спустя в [6] уже шла речь о реально построенной КВ антенне на 7 и 14 мГц. Там так и отмечалось, что усиление двухэлементного "конверта" превосходило усиление трехэлементного "квадрата" обычной конструкции на 2-3 дБ. Попутно заметим, что 3 дБ это в 2 раза больше по мощности.

Дальше приводим цитату из работы [6]: "Известно, что добавление второго этажа антенны приводит к эффективному увеличению ее усиления. Квадрат, выполненный из двухэтажных синфазных рамок (рис 1 а) путем несложных перестроек (рис.4.1 б, в) можно превратить в двухэтажную антенну с треугольными рамками (при сохранении периметра каждого треугольника близким к длине волны).

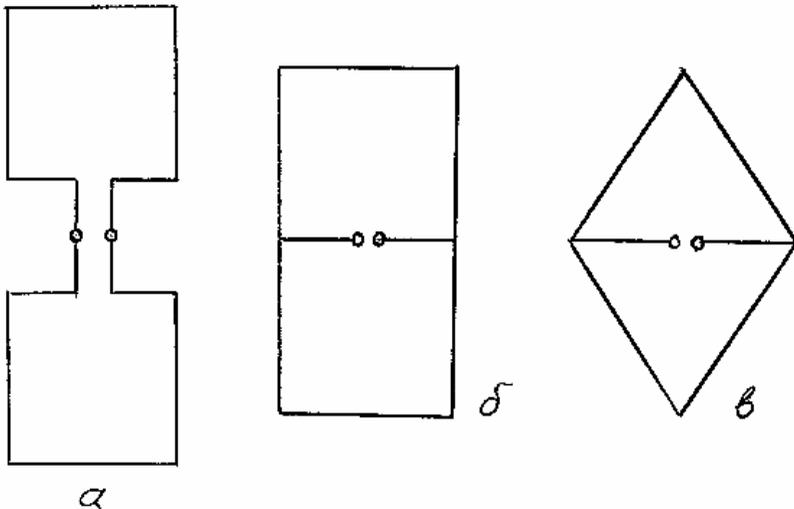


Рис.4.1. Варианты построения рамочных антенн

Конструктивно такая рамка имеет преимущество - она может быть выполнена всего на двух металлических распорках. Эти распорки не нужно специально электрически разрывать с помощью изолирующих вставок, как это делается в обычных "квадратах".

При вертикальной поляризации вертикальная распорка служит действующим элементом, а горизонтальная, при этом, электрически развязана с рамкой. Это проиллюстрировано на рис 4.2, где буквой "а" показана рамка, которая имеет горизонтальную поляризацию, а буквой "б" - вертикальную. Пунктиром здесь обозначены электрически развязанные распорки, которые, в сущности, тоже металлические, как и основной действующий элемент. Для упрощения эти распорки в совокупности были названы крестовиной, а проволочная часть, которая крепится на концах этой крестовины и имеет с ней электрический контакт, названа рамкой.

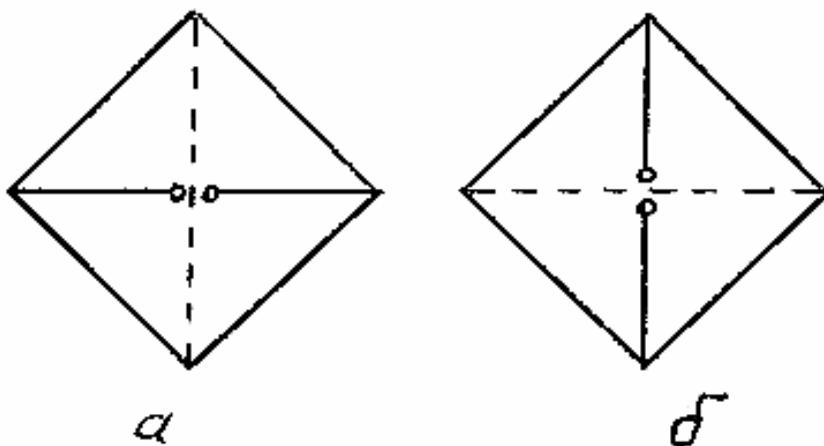


Рис. 4.2. Рамки с разной поляризацией

Чтобы сохранить распорки целыми, питать такой элемент можно через гамма-согласующее устройство

согласно рис.4.3а - для горизонтальной поляризации, и рис.4.3б - для вертикальной. Или же нужно иметь два разных гамма-согласования одновременно, для каждой из поляризаций.

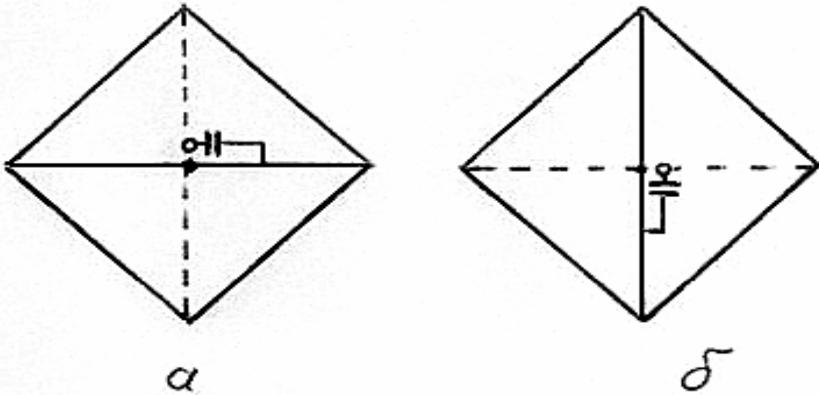


Рис.4.3. Варианты гамма-согласований

Выбор, нужной для проведения радиосвязи, поляризации можно осуществить, переключая кабель с помощью реле (рис 4.4).

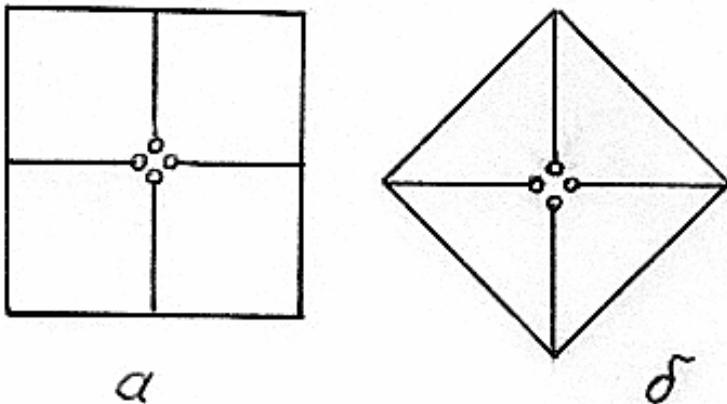


Рис.4.4. Подача питания на рамки

Можно применить и другой вид питания такого элемента, как это показано в работе [5]. То есть каждую из распорок можно "разбить" посередине на две одинаковые части и подавать питание в точки разрыва. В этом случае длинных труб для распорок не нужно и они будут в два раза короче, но зато их будет уже не две, а четыре.

Если вам интересна лишь одна поляризация, то одну из распорок оставляют целой, без разрыва или заменяют ее, например, на деревянную или даже совсем удаляют. Это видно из рис 4.6а или 4.6б, где оба элемента имеют горизонтальную поляризацию, и вертикальная распорка "конверта" нужна лишь для удержания провода рамки, а вертикальный провод двойного прямоугольника можно просто не устанавливать.

В работе [5] активный элемент антенны имеет вид, показанный на рис 4.4а. Однако такой элемент технологически неудобен из-за того, что углы рамки остаются не закрепленными и могут выгибаться, например, от ветра. Чтобы устранить этот недостаток, пришлось бы применить дополнительные распорки из изолятора, которые поддерживают рамку в ее углах, а это усложняет и удорожает антенну.

Поэтому было решено использовать в антенне технологически более совершенный элемент "конверт" (рис 4.4б), хотя, как показывает компьютерное моделирование в программе MMANA [13], он немного уступает в усилении. В работе [5], в которой описан элемент черт 4.4а, предлагается использовать его, как широкополосный для работы в нескольких КВ диапазонах. При этом авторы отмечают, что "на расчетной "резонансной" (f_0) частоте активное сопротивление равняется 320 Ом, а реактивное - 200 Ом". Слово "резонансной" в этой публикации взято у кавычки, и не без оснований, поскольку на резонансе реактивности быть не должно. Какую частоту авторы имели в виду, назвав ее "расчетной резонансной" сказать тяжело, поскольку ее, как

и размеры антенны, надо выбирать в пределах от 0,8 до 2,5 f_0 . А f_0 это и есть "расчетная резонансная" - здесь круг замкнулся...

Утверждение авторов работы [5] можно проверить с помощью компьютерного моделирования, однако на время написания работы (почти 40 лет тому), эти слова, очевидно, сбили бы с толку не одного антенностроителя, как, наверное, и идея многодиапазонности. Ведь в те времена персональный компьютер еще не был изобретен, да и приборы для антенных измерений были не настолько совершенны и доступны как теперь.

Так, например, в работе [7], где эта антенна названа "шунтовой рамкой", утверждается, что такой элемент ведет себя почти как диполь, имеет приблизительно такой же коэффициент усиления. Отмечается, что заземлять его в никакой точке нельзя, что он не является резонансным и потому его нельзя использовать в качестве пассивного элемента.

Однако эти утверждения, мягко говоря, не соответствуют действительности. Особенно вызывает удивление утверждения о том, что рамка не является резонансной. Наверное, автор тоже неправильно понял фразу "расчетная резонансная" данную в кавычках в публикации [5], иначе не переименовал бы ее в "квазирезонансную". Или, может, старался заставить работать "шунтовую рамку" как пассивный элемент в том виде, в котором она дана в работе [5]. Точно так же, как это видно на рисунках из работ [8] и [9]. Там крестовины рефлекторных элементов разомкнуты.

Для использования рамочного элемента, описанного в работах [5], [8], [9], в качестве пассивного элемента антенны, необходимо соединить коротко замкнутыми (КЗ) перемычками вертикальные и горизонтальные пары проводников в центре элемента, чтобы обеспечить такой же путь тока, как и в активном элементе (смотри рис.4.7а,б в центре пунктиром). Такой элемент имеет резонанс,

причем даже не один, и его можно использовать в качестве пассивного. В таком качестве он и задействован в многоэлементной антенне типа „конверт“.

Теперь о названии "шунтовая рамка". Такое название для данной рамки есть неточным. Такую рамку можно назвать иначе, например, «двойная рамка», поскольку она состоит из двух одинаковых проводниковых геометрических фигур, запитанных в середину общей, для этих фигур, распорки. Здесь нужно согласиться с автором работы [2], который верно понимал работу этой антенны и потому назвал подобную рамку „двойным прямоугольником“.

Но, думаю, что название „двойная рамка" есть более общим. Под этим названием можно понимать и „двойной прямоугольник", и „двойной треугольник", «двойной многоугольник" и даже „двойной полукруг". В работе [14] (стр.108) есть раздел под названием "Сложные рамки", где такие рамки автор называет «сложными» и «составными». Оба этих названия еще более общие.

Таблица 4.1.

Парам.	Диполь	Треугольник	Квадр.	Конверт	Двойн. прямоу гольн.
Ra	70,6	176,4	131	384	371
Gh	- 0.05	0.51	1.2	1.19	1.28
Полоса					
1,5 мц	9	9.6	8.66	29.3	40.1

В сравнительной таблице 4.1 приводятся основные параметры рамочных антенн по сравнению с диполем. Параметры рассчитаны программой MMANA для частоты 145 МГц в свободном пространстве. Как видно из таблицы ожидаемой значительной прибавки усиления в двойных рамках получить не удастся. Это происходит через из-за пересечения площадей раскрыва элементов, из которых они составляются. Также нужно обратить внимание на высокий R_a и большую широкополосность двойных рамок. (кнопка 10 мГц в MMANA) Все же применение этих элементов в однодиапазонной многоэлементной антенне, как показывает практика, дает прибавку усиления, в сравнении с элементами обычной конфигурации.

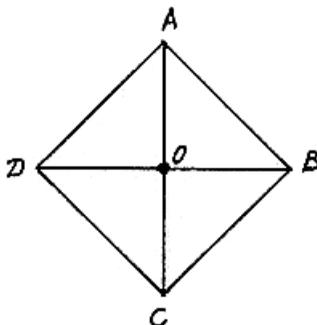


Рис.4.5. Рамка с нулевой точкой в ее центре

Так как же работает элемент "двойная рамка" на своей резонансной частоте, то есть на частоте, где реактивная составляющая входного сопротивления равняется нулю? Для этого рассмотрим распределение тока в проводах такой рамки для случая горизонтальной поляризации. На рис 4.6а и 4.6.б показаны рамочные элементы и распределение токов у них, где а - это элемент с [5] и б - "конверт" для случая, когда периметр верхней и нижней половин антенны близкий к длине волны. При этом характер распределения токов

одинаковый в обеих рамках (пунктирная линия - амплитуда, стрелка - направление).

Как видно из того же рис.4.6а токи в левом и правом вертикальным проводам рамки одинаковые по амплитуде, но противоположные по знаку. Поэтому эти провода в излучении рамки участия не берут. Зато есть три горизонтальных, фазированных, разнесенных в пространстве проводника с током максимальной амплитуды. Такое распределение токов увеличивает апертуру, повышает усиление и уменьшает угол излучения в вертикальной плоскости.

Для сравнения - на том же рис.4.6в, в том же масштабе показан классический квадрат и распределение тока в нем (смотри в работе ([10] на стр.85-86 и в работе [11] на стр.347). Там наглядно видно различие рассмотренных здесь элементов в формировании апертуры. Хотя эта апертура и не настолько значительная через взаимное сечение апертур элементов, которые образуют двойную рамку. Следует заметить, что размер стороны рамки типа "конверт" всего лишь в 1,25 раза больше чем у классического квадрата (см. рис 4.6).

Внимательный читатель заметит, что распределение токов по амплитуде и фазе в верхнем и нижнем проводниках обеих рамок, где расположенные пучности тока, идентичные. Поэтому середины этих проводников, то есть точки с максимальным током, можно соединить между собой вертикальной проволочной распоркой. Ток по этой распорке не потечет, принимая во внимание отсутствие различия потенциалов. Поэтому на работу антенны это не повлияет. Впрочем, об этом уже упоминалось выше в цитате из работы [6]. Более того, как показала практика и компьютерное моделирование в MMANA, амплитуда токов в верхнем и нижнем проводниках рассмотренных элементов мало отличается от тока в центральном

сечении.

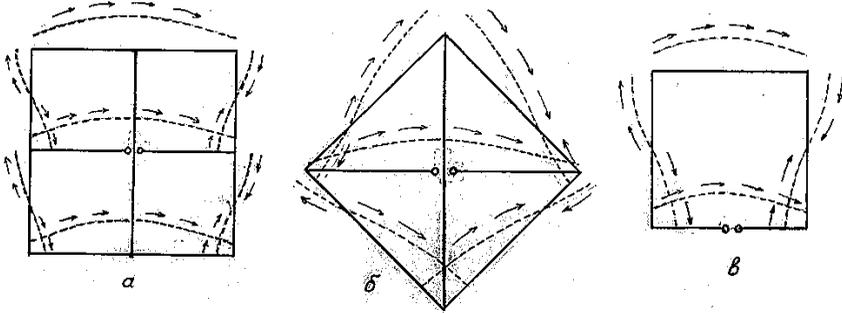


Рис.4.6. Рамочные элементы и распределение токов

Очевидно, это происходит потому, что кроме основного тока равного половине тока центральной распорки, в этих проводниках течет и приведенный ток от этой же распорки, поскольку она и части рамки находятся непосредственно в ее ближнем поле. Поэтому вертикальную перепонку можно соединить электрически в точке ее нуля с нулем горизонтальной перепонки (смотри рис 4.5). На работу пассивного элемента такое соединение существенного влияния не оказывает так же, как и на работу активного элемента. Это подтверждено компьютерным моделированием. И все это реализуется в одном элементе для обеих поляризации одновременно. При этом в большинстве случаев симметрирование активного элемента не понадобится (смотри работу [14] на стр. 91-92) и коаксиальный кабель можно подсоединять к активному элементу непосредственно.

Таким образом, получен пассивный элемент антенны, в котором все проводники в точках сечения имеют между собой электрический контакт. Такой элемент не нуждается в диэлектрических деталях в своей конструкции и может изготавливаться цельнометаллическим. В этом и состоит новизна. Особенно это актуально для антенн, работающих

на частотах, которые превышают 2000 МГц. Пассивные элементы для таких антенн в промышленности могут быть изготовлены из листового металла методом штампования, плазменного резания, и т.п.

Еще лучше должен работать описанный ранее элемент, если его выполнить в форме круга. В точке сечения вертикального и горизонтального проводников крестовины (точка 0) пассивный элемент может иметь электрический контакт с траверсой, на которой он установлен. А траверса, в свою очередь, может быть установлена на заземленной мачте. Таким образом, точка нуля является точкой, где элемент может быть заземлен. Также как и в антеннах Уда-Яги, рассмотренные здесь пассивные рамочные элементы могут иметь электрический контакт с траверсой, а могут быть и изолированными от нее. Многоэлементные антенны из таких пассивных элементах, как и антенны Уда-Яги, можно проектировать на максимальное усиление, максимальное ослабление назад или получить какой-либо промежуточный результат.

Интересно, что в одной из антенн реализована идея получить два минимума КСВ - для каждой из поляризаций свое. То есть для горизонтальной поляризации КСВ 1.02 может быть получено на частоте 144.3 (для режима SSB), а для вертикальной - КСВ 1.05 - на частоте 145.5 (для режима ЧМ).

Очень помогает определить возможные параметры будущей антенны компьютерное моделирование в программе MMANA. Однако, по моему мнению, уже не частотах двухметрового диапазона повторения антенны по его результатам требует от радиолюбителя точного соблюдения всех размеров и выполнения всех технологических нюансов. Иначе возможны расхождения компьютерной модели и реальной антенны. Кроме того, есть подозрение, что эта программа занижает усиление в случае наличия в антенне проводников, которые имеют угол около 45 * по отношению к плоскости поляризации,

которая имеет место в элементах типа "конверт". Это происходит потому, что все четыре провода, которые образуют рамку, имеют такой угол для каждой с двух поляризации. Таким образом, без приборов не обойтись. Нужно приложить усилия, чтобы верно настроить антенну и получить хороший результат. Впрочем, эти слова касаются любой антенны.

Итак, следует подчеркнуть, что антенна на элементах "конверт" имеет преимущества перед антеннами Уда-Яги и квадрат. Эти преимущества состоят в следующем:

1. Больше усиление;
2. Меньше шумит;
3. Более помехоустойчивая;
4. Имеет большую стабильность параметров;
5. Имеет меньший угол излучения в вертикальной плоскости;
6. Работает на малой высоте подвеса;
7. Может иметь одновременно горизонтальную, вертикальную или круговую поляризацию;
8. Имеет возможность налаживания на малой высоте;
9. Имеет большую широкополосность, а потому проще в налаживании;
10. Имеет повышенную механическую прочность в плоскости элемента, поскольку составляется из треугольников, а треугольник фигура жесткая;
11. Имеет сниженные требования к узлу крепления на основе предыдущего пункта;
12. Имеет возможность крепления к траверсе, как через изолятор, так и непосредственно;
13. Не требует диэлектрических распорок;
14. Не нужно гнуть элементы при изготовлении (кроме провода рамки);
15. Габариты в горизонтальной и вертикальной плоскости не превышают габариты антенны Уда-Яги в кроссполяризации;

16. Есть возможность применения материала для крестовины половинной длины но, при этом, двойного числа.

17. Имеет одну траверсу

16. Полностью отвечает требованиям к диаграмме направленности УКВ антенн изложенным в [12] стр. 40.

Имеющиеся недостатки:

А. Большая сложность изготовления;

Б. Повышенная затрата материалов;

В. Повышенный вес;

Г. Повышенная парусность.

С повышенными весом и парусностью можно бороться применив материалы меньшего сечения на основе пункта 10. Затраты материалов увеличивается лишь за счет добавления в конструкцию провода рамки, а размеры крестовины даже меньше чем размеры элементов антенн Уда- Яги, изготовленных для работы в обеих поляризациях. Ну, а сложность изготовления - пункт компромиссный. Часто лучшие параметры требуют больших затрат. От простого к сложному - не в этом ли путь к прогрессу?

С 2001 года, с появлением в работе [19] серии публикаций о программе MMANA, разработаны десятки компьютерных моделей антенн на элементах типа "конверт". Тогда компьютер автора работы [1] имел тактовую частоту процессора всего 500 МГц то MMANA сильно "тормозила", тем не менее, на ней были рассчитаны модели с числом элементов от 2 до 9 и длиной траверсы свыше 7 метров. А в следующие годы и много других интересных моделей.

Лучше понимать работу антенн помогает литература. Полезными сегодня есть книги И.В.Гончаренко [13] [14] [15] [16] [17] [18]. А наилучшей из них по многим вопросам любительской связи на УКВ, хотя и немного устаревшей, считается работа [12].

Теперь можно предложить несколько моделей рамочных антенн типа "конверт" с числом элементов 3, 5, 7, 9, 11 и 14 и длиной траверсы от 0,72 до 10,175 г. Их основные параметры приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Количество элементов	Частота, МГц	Gh, dBd	F/B, dB	L бума, м
3	145.5	7.62	19.44	0.72
5	145.5	10.5	21.7	2.41
5	144.3	10.49	21.94	2.41
7	145	12.14	19.43	4.162
9	145.5	12.84	20.7	5.49
11	144.1	14.2	21.11	7.165
14	144.1	15.2	27.36	10.17

Все антенны имеют Ra 50 Ом. Для крестовин 3-х, 5-и и 9-ти элементных антенн использованные алюминиевые трубки диаметром 8 мм, а для рамок медный провод 1,6 мм, бум металлический диаметром 30мм. Все антенны разработаны автором с помощью программы MMANA, а 3, 5 и 9 элементные воплощены в "железе" Юрием (UR5YBU). При этом ему пришлось несколько корректировать их размеры (см. таблицу 4.3)

Таблица 4.3.

Кількість елементів в антені	Рефлектор	Активний елемент								
			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
3	944	895	855.6							
5 горизонт.	956	892	872	856	804					
5 вертикал.	945	858	848	834	772					
7	931.6	894.5	859.8	840	833	812.5	793.4			
9	938	886	858	834	826	806	792	772	768	

Пятиэлементная антенна для каждой из поляризацій имеет свой резонанс, о чем упоминалось выше. Потому размеры крестовины этой антенны по вертикалу и горизонтали несколько отличаются. Несколько трехэлементных "конвертов" сейчас успешно работают в полевых условиях.

Литература к разделу 4.2:

1. В.Андрієвський, UR5NAN, Рамочные радиолюбительские УКВ антенны, Радиоинформ №№1-5 за 2017 рік. Адрес автора: ur5nan@ukr.net
2. Владислав Овчаренко (UT0VV), Направленная антенна с переключаемой диаграммой направленности на основе двойного прямоугольника, Радиолюбитель №2, 2007г. стр. 35.
3. Владислав Овчаренко (UT0VV), Улучшение антенн «квадрат» и «квадратный ромб», Радиолюбитель №1, 2009г. стр. 40.
4. Владислав Овчаренко (UT0VV), Простая DX антенна, Радиолюбитель №4, 2008г. стр.35.
5. Новый активный элемент для «двойного квадрата». Радио №4 1977г. стр.61.
6. В.Писанов(UA9OS), Г.Юдин (UA9PP), Эксперименты с рамочными антеннами. Радио №6, 1977г. стр. 20.
7. Андрей Дякив, Богдан Дякив, Шунтовая рамка, КВ антенны 2 том, стр. 609.
8. Колчев Г.И., УКВ антенна с управляемой поляризацией поля. Радиоаматор №4, 2005г. стр 47.
9. Колчев Г.И. (UR5QGC), УКВ антенна с круговой поляризацией, Радиоаматор №8, 2005г. стр 47.
10. Карл Ротхаммель. Антенны. Москва, «Энергия», 1979г.
11. Беньковский, Э.Липинский. Любительские антенны коротких и ультракоротких волн. Москва, «Радио и связь», 1983г.
12. Mgr inż. Zdzisław Bienkowski. Poradnik Ultra Rrotko Falowca. Warszawa 1988.

13.И.В.Гончаренко, Антенны КВ и УКВ. Часть первая. Компьютерное моделирование.

14.И.В.Гончаренко, Антенны КВ и УКВ. Часть вторая. Основы и практика.

15.И.В.Гончаренко, Антенны КВ и УКВ. Часть третья. Простые КВ антенны.

16.И.В.Гончаренко, Антенны КВ и УКВ. Часть четвёртая. Направленные КВ антенны: синфазные и продольного излучения.

17.И.В. Гончаренко, Антенны КВ и УКВ. Часть пятая. Направленные КВ антенны: укороченные, фазированные, многодиапазонные.

18.И.В.Гончаренко, Антенны КВ и УКВ. Часть шестая. Антенны УКВ.

19.И.В.Гончаренко, Программа моделирования антенн MMANA. Радио 2001г. № 6,7,8,9.

4.3. Петлевые УКВ антенны

Учитывая возросший интерес радиолюбителей к треугольным антеннам и, принимая во внимание положительный опыт работы с такими антеннами в течение 25 лет, в работе [1] ее автор предлагает читателям особый тип под названием «Двойная треугольная антенна». В такой конструкции удачно объединены хорошие электрические параметры и механическая прочность, проверенная временем в нашей климатической зоне (вихри, ураганные ветры, гололед и другие природные явления).

За этот период времени автором работы [1] проведено много дальних связей разными видами прохождений, присущих УКВ связям, а также связям через искусственные спутники Земли (ИСЗ). Так как данный тип антенны мало изучен, то в предлагаемой статье сделан упор на преимущества предлагаемой конструкции перед другими типами антенн.

Кроме выше упомянутых преимуществ, антенна имеет прижатый лепесток диаграммы направленности в вертикальной плоскости, за счет расположения этажей один над другим. Антенна состоит из двух однотипных антенн в одной конструкции, что увеличивает энергетiku при DX связях. Антенна обеспечивает лучшую защиту от промышленных помех. Как и у всех замкнутых антенн, близко расположенные предметы мало влияют на антенну, что позволяет настраивать ее на небольшой высоте от земли. По сравнению с линейным полуволновым вибратором, двойной треугольный вибратор дает выигрыш на 4 дБ. Основное достоинство - вибратор антенны не требует дополнительных мер согласования, что увеличивает срок эксплуатации. Кабель питания волновым сопротивлением 50 Ом подсоединяется в точке соединения вершин треугольников. На рабочей частоте КСВ без труда достигается единицы в довольно широкой полосе частот.

На съемной рефлекторной решетке с обратной стороны выполнена конструкция антенны на более высокочастотный диапазон 432 МГц без малейшего влияния и ухудшения работы основной системы на 144 МГц; так как они излучают в противоположные стороны.

Возможны варианты расположения антенн данной конфигурации, учитывая механическую надежность несущей конструкции, на более высокочастотные диапазоны на нужном расстоянии, но это немного изменит параметры и усложнит настройку основной и дополнительных антенн.

Остановимся более подробно на рефлекторной решетке. Она дает выигрыш в усилении антенны по сравнению с линейными, рефлекторами на всю высоту между этажами на 3 дБ и ослабляет обратное излучение антенны. Кроме того, она используется как самостоятельная антенная система на более высокочастотный диапазон 432 МГц и, при

необходимости, легко отсоединяется от основной конструкции антенны и используется, как самостоятельная конструкция для выездных соревнований.

Конструкция решетки показана на рис.4.7 и представляет собой две горизонтальных и три вертикальных трубы. Центральная труба со вставками диаметром 32 мм, с вваренными тремя патрубками внутренним диаметром 36 мм, длиной 50 мм, для стыковки с основной несущей конструкцией, позволяет плавно изменять расстояние до вибратора при настройке. Ее можно закрепить на нужном расстоянии, руководствуясь показаниями измерительного прибора, по максимальному усилению вперед или максимальному ослаблению назад.

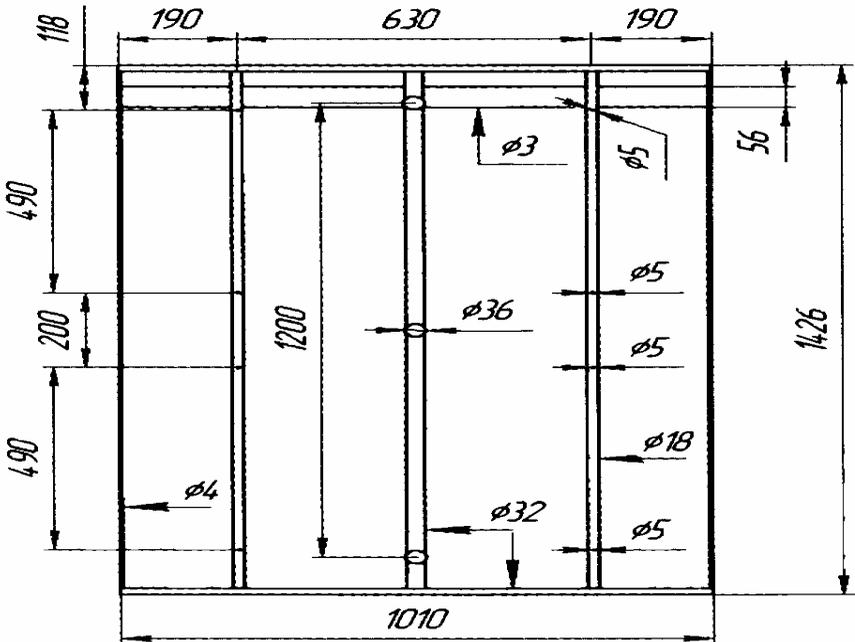


Рис.4.7. Конструкция рефлекторной решетки

По краям горизонтальных труб вертикально просверлены четыре отверстия диаметром 4,2 мм, в которые вставлены две вертикальные растяжки из биметалла 4 мм. На растяжках закреплены горизонтальные проводники методом пайки, диаметром от 1 до 4 мм медной проволоки на расстоянии 60 мм друг от друга снизу доверху, на всю высоту отражающей поверхности рефлектора. На одинаковом расстоянии по 315 мм от центра решетки вварены еще две вертикальных трубы диаметром 16 мм для установки вибраторов антенн диапазона 432 МГц.

Излучатель находится на обратной стороне решетки и состоит из четырех одинаковых вибраторов, объединенных в систему (решетку) несколько излучателей со сравнительно слабой направленностью. В качестве такого элемента использован зигзагообразный излучатель (вибратор Харченко), показанный на рис.4.8. Он выполнен из медного провода диаметром 4 мм. Верхний и нижний концы излучателя крепятся хомутами к опорным шпилькам из сварочных электродов нержавеющей стали диаметром 5 мм и нарезанной резьбой М5 на краях.

Один конец излучателя закручен в вертикальную стойку решетки, а на второй конец крепится хомут с вибратором двумя гайками М5. Средняя часть вибратора с просветом 10 мм является точкой питания. Туда припаяны отрезки кабеля одинаковой длины для объединения в систему (решетку). Простая конструкция вибратора допускает его многократное изготовление с высокой идентичностью. КСВ здесь слабо зависит от частоты и в рабочем участке почти не изменяется.

Таким образом, конструкция вибратора и его апериодические свойства удовлетворяют требованиям, предъявляемым к элементу антенной решетки, которая и расположена на расстоянии 185 мм от рефлектора. Для успешной работы решетки необходимо правильно

питать ее и согласовать ее элементы с основным фидером (рис.4.8.).

Длина распределительных фидеров от вибратора до согласующего устройства одинаковая. При этом желательно, чтобы система питания обеспечивала синфазность излучения элементов и равенство подводимых к ним мощностей. В качестве основного питающего фидера четверки излучателей используется коаксиальный кабель 50-омный через согласующее устройство.

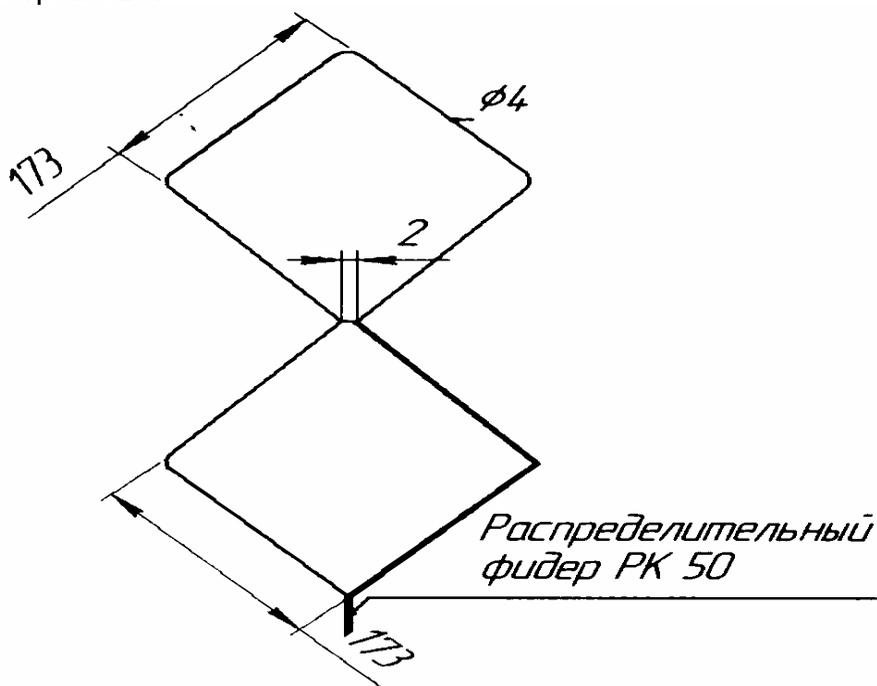


Рис.4.8. Зигзагообразный излучатель

Следует иметь в виду, что соединительные кабели должны быть возможно меньшей длины, а места спаек предельно аккуратными и удаленными от металлических частей отражающей поверхности рефлектора на 48 мм (рис.4.9). Монтаж кабелей питания требует особого вни-

мания, так как неправильное присоединение концов кабеля в каком-либо из узлов вызовет расфазирование всей антенной решетки. В этом случае передний лепесток диаграммы направленности раздвоится, а нужен - одинарный.

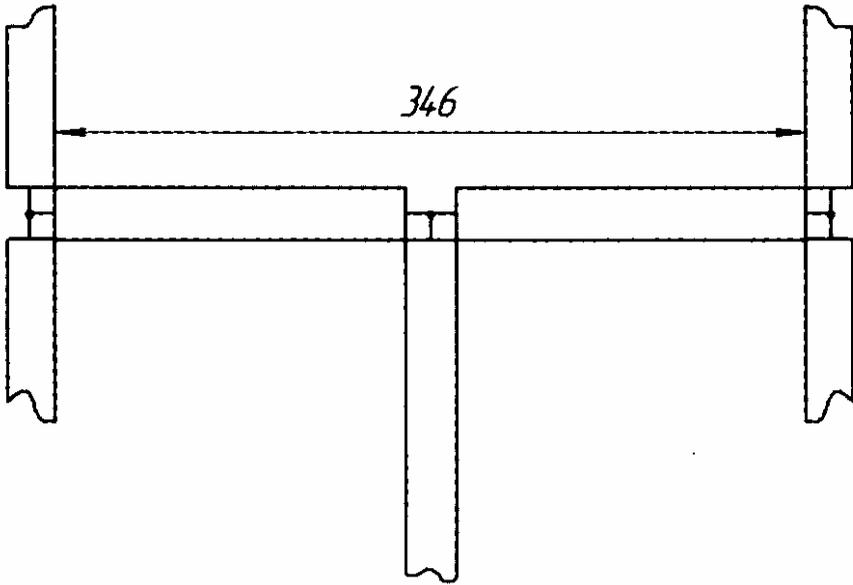


Рис.4.9. Согласование элементов с фидером

Основная несущая конструкция показана на рис.4.10 и состоит из двух горизонтальных труб диаметром 32 мм (два этажа), которые приварены к основной опорной вертикальной трубе, в которую внутрь вставлена труба меньшего диаметра для усиления механической прочности вертикали.

Нижняя горизонтальная несущая труба укреплена двумя укосинами из труб того же диаметра для усиления устойчивости антенны в горизонтальной плоскости. В рефлекторной части несущей конструкции вварена междуэтажная вертикальная труба с горизонтальным патрубком на середине, для

стыковки рефлекторной решетки с основной конструкцией и гашения ее осевых нагрузок.

В передней части несущей антенны между первым и вторым этажом установлены для жесткости две вертикальные стойки из механически прочного изолирующего материала. Нижняя часть основной вертикальной трубы вставлена в патрубок с промежуточной шайбой большего диаметра (гнездо посадочное), который через два радиальных подшипника крепится к ферме (мачте) и через штангу сверху вниз соединен фракцией с редуктором, который установлен внизу для поворота антенны в нужном направлении по горизонту. Фракция представляет собой два конических патрубка, один в другом, и позволяет при сильном ветре автономно устанавливать антенну в направлении наименьшей нагрузки. В несущей конструкции антенны применены трубы из нержавеющей стали, можно применить и другие прочные материалы.

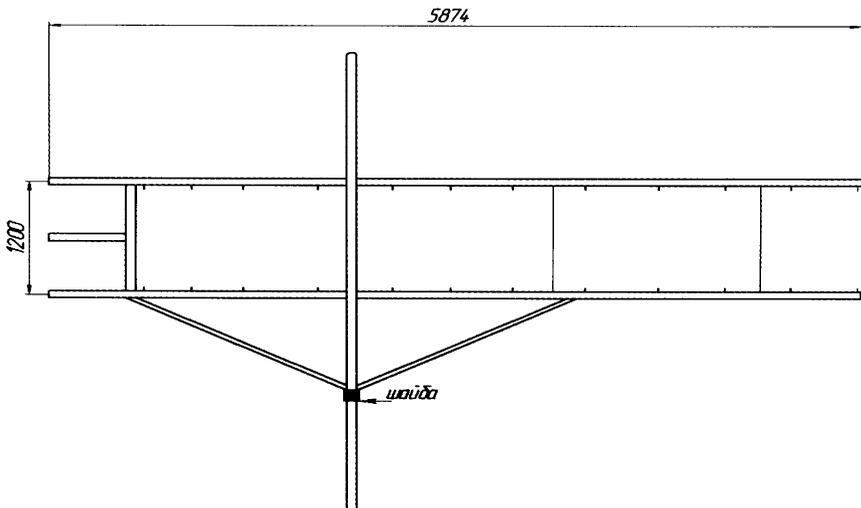


Рис.4.10. Основная несущая конструкция антенны

Двойной дельтообразный (рис.4.11) вибратор антенны выполнен из целого куска биметаллического провода диаметром 6 мм и длиной две волны (более 4 м). Он крепится верхней и нижней частью к несущей конструкции хомутами из шины и винтами М6. Вибратор изолирован электрически от несущей конструкции.

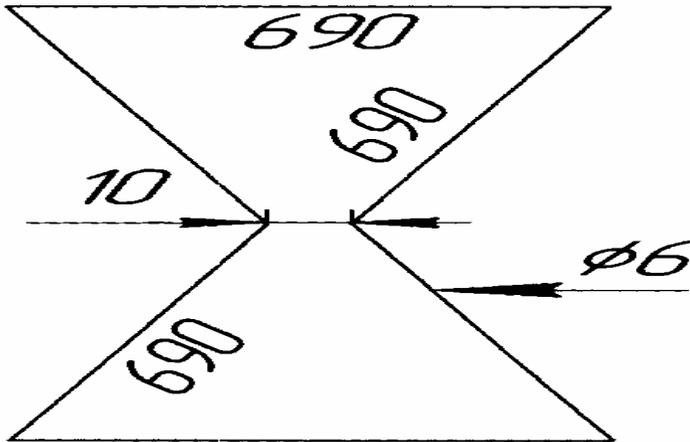


Рис.4.11. Двойной дельтообразный вибратор

Средняя часть вибратора крепится с просветом 10 мм, как было уже сказано выше, к изолирующей фторопластовой пластине толщиной 24 мм (точка питания антенны) Сама пластина крепится двумя винтами М4 к вертикальной стойке. Место стыковки срезается с противоположной стороны на 50% диаметра, на длину 30...40 мм. Накладывается бандаж проводом 0,8... 1,2 мм с шагом 3 мм и тщательно паяется.

Директора (пассивные элементы) - горизонтальные части, чуть прогнутые в обратную сторону от середины между этажами, выполнены также из биметалла диаметром 6 мм (верх низ) и закреплены в просверленных отверстиях несущих труб винтами М6 (рис.4.12). Верхний треугольный элемент соединен с нижним медным

проводом диаметром 1..3 мм. В точке пересечения (середина между этажами) обжимается одним витком такого же провода и тщательно пропаивается. Получаются два замкнутых элемента треугольной формы, состыкованных вершинами.

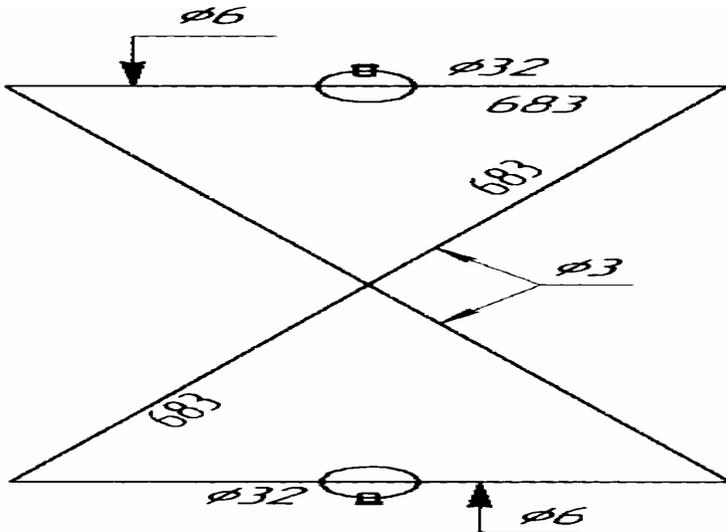


Рис.4.12. Размеры треугольной рамки директоров

Настройка на рабочую частоту треугольной рамки рис.4.11 производится накручиванием концов тонкого провода на горизонтальные части директоров из толстого провода, после чего концы тщательно пропаять. Крепятся горизонтальные части директоров к несущим трубам винтами М6, как показано на рис.4.12.

Для настройки антенны использовались самодельные приборы, индикатор поля с милливольтметром, коаксиальный рефлектометр, ГИР диапазонный (маячок) на расстоянии 1 км. Минимальная высота при настройке от земли 1,5...2м. При подаче ВЧ энергии применялся передатчик (генератор) мощностью 1 Вт. Антенна измерительного индикатора поля не ближе 20 м и не ниже 2 м от земли.

Для закрепления элементов антенны используются самодельные винты из биметалла диаметром 6 мм, потому что металлические со временем ржавеют, латунные или другие сплавы на морозе или жаре разрушаются. Если для несущей конструкции будут использоваться алюминиевые сплавы, в точках касания медные части лудить (покрывать оловом), места паек желательно покрыть расплавленным парафином. Дальнейшие увеличения длины антенны и количества элементов не оправдано, лучше изготовить две или четыре однотипные конструкции, согласовав их в группу на общий фидер питания, выполнив как антенну на 432 МГц. Замкнутые антенны можно располагать ближе друг к другу по отношению к обычным волновым каналам, что уменьшит габариты конструкции.

При исполнении данной конструкции антенны в «деревянном» или «бамбуковом» варианте, уменьшится механическая прочность и долговечность, лучше армированный стеклопластиковый вариант (диэлектрические штанги, шести для прыжков) с надежным покрытием для защиты от атмосферного влияния. В варианте для работы ЧМ станций в верхнем участке диапазона с вертикальной поляризацией излучения данную конструкцию нужно развернуть на 90° вертикальной плоскости. Но даже в горизонтальном варианте были проведены QSO через репитеры и напрямую до 450 км, при среднем «тропо» с корреспондентами, использующих вертикальную поляризацию антенн.

Данная конструкция антенны имеет неплохую диаграмму направленности, и при замерах по отношению к диполю показала усиление вперед более 18 дБ, ослабление назад 30 дБ на диапазоне 144 МГц. На диапазоне 432 МГц усиление 13 дБ на 27 дБ ослабление назад. С увеличением количества элементов, качество антенны увеличивается (показатели растут). Для работы на более высокочастотных диапазонах размеры уменьшаются пропорционально

При работе на 2-метровом диапазоне используют антенны как с вертикальной поляризацией (в основном для мобильной связи и при работе через репитеры) так и с горизонтальной. При этом, желательно, иметь антенну с круговой диаграммой направленности и в горизонтальной, и в вертикальной плоскостях. Последнее очень важно при работе через спутниковые (ИСЗ) ретрансляторы. Для этих целей, как правило, применяют несколько антенн, что снижает оперативность в работе при условии дальнего нестабильного прохождения на 2-метровом диапазоне.

Автору работы [1] удалось решить эту проблему, реализовав антенну практически со сферической диаграммой направленности. При этом антенна может излучать и, соответственно принимать электромагнитные волны, как с вертикальной, так и с горизонтальной поляризацией.

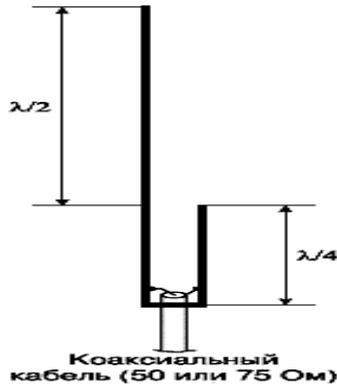


Рис.4.13. Авторская антенна на базе J-антенны

Основой конструкции является популярная J-антенна (рис.4.13). Она представляет собой вертикальный диполь, питаемый с нижнего конца с помощью короткозамкнутой четвертьволновой линии. Как известно [2], эта антенна работает только с вертикальной поляризацией и имеет круговую диаграмму в горизонтальной плоскости с глубоким минимумом в вертикальном направлении. Автор

предложил изменить форму вертикального излучателя этой антенны, изогнув диполь пополам под 90° . При этом горизонтальная часть диполя в первом варианте состояла из двух противоположных элементов длиной $\lambda/4$ каждый (рис.4.14).

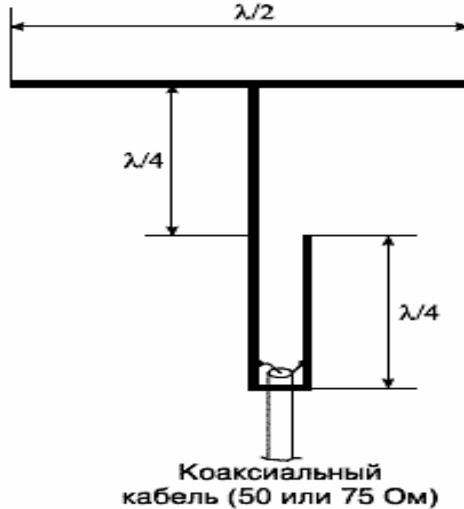


Рис.4.14. Первый вариант авторской антенны

В последней модификации предложено выполнить горизонтальную часть излучателя из 4 взаимно перпендикулярных отрезков длиной $\lambda/4$, имеющих электрический контакт с вертикальной частью излучателя (рис.4.15).

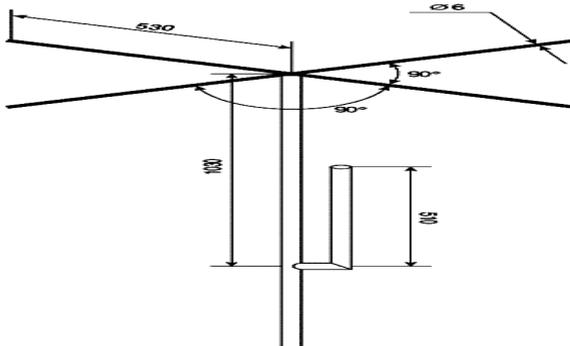


Рис.4.15. Последняя модификация антенны

Конструкция антенны проста в изготовлении и легко повторяема даже для начинающих радиолюбителей. Вертикальные части антенны выполнены из трубы диаметром 32 мм. Материал - бронза, латунь, медь, а также алюминиевые сплавы при условии обеспечения надежного электрического контакта всех частей антенны и согласующего устройства (пайка или сварка).

Горизонтальная крестовидная часть изготовлена из прутка или трубки 6 мм (материал - аналогичный с примененной трубой 32 мм). В этой конструкции сохраняется преимущество J-антенны, при котором нижний конец короткозамкнутой четвертьволновой линии может быть заземлен, например, электрически соединен с заземленной мачтой и в этом случае вся антенна может служить хорошим молниеотводом.

Настройка антенны заключается в подборе места подсоединения кабеля питания к согласующей линии (рис.4.16) по минимуму КСВ. Автор применил кабель РК-75, но можно использовать и фидер с волновым сопротивлением 50 Ом. При указанных на рис 4.15 и 4.16 размерах и 75-омном фидере КСВ близко к 1,0 на частоте 145,5 МГц.

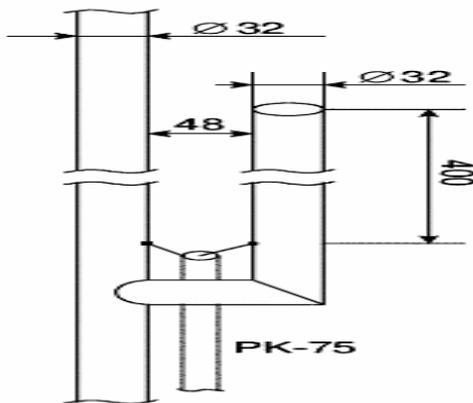


Рис.4.16. Подсоединения кабеля питания к согласующей линии

Антенна установлена на металлической заземленной мачте высотой 7 метров над землей. Но можно использовать мачту из любого материала и конструкции. Посторонние токопроводящие предметы должны быть удалены от горизонтальных элементов более чем на 2 метра. При соответствующем изменении геометрических размеров такую антенну можно построить и для других УКВ диапазонов.

Данная антенна работает с 1963 года и показала неплохие результаты при всех видах прохождения, а также при связи через любительские ИСЗ в зоне видимости и без провала сигнала «над головой». Во время «Полевого дня 2000» был проведен эксперимент, в ходе которого сигналы моего маяка, на котором использовалась описываемая антенна, принимали на антенны, как с вертикальной так и с горизонтальной поляризацией примерно с одинаковой громкостью.

На рис.4.13 и 4.16 показаны два варианта подключения кабеля к согласующей линии. В первом случае (рис.4.13) центральная жила подпаяна к проводнику линии, соединенному с излучателем, а в авторском варианте (рис.4.16) – наоборот. Оба варианта равнозначны, хотя в публикациях чаще встречается способ подключения кабеля изображенный на рис.4.13.

Литература к разделу 4.4:

1.А.Калашник (UT5VD), Антенна на 144 мГц, Радиоинформ №8 за 2014.

2. Беньковский З., Липинский Э., Любительские антенны коротких и ультракоротких волн, Перевод с польского. Под редакцией О.П.Фролова - Радио и связь, 1983 - 480 с.

4.5 Антенна на 430 мГц

В работе [1] ее автор указывает, что антенна «двойная дельта» занимает особое место по своим качествам при работе в диапазоне УКВ. Многолетний опыт работы автора в

диапазонах 2м, 70 см и телевизионных диапазонах дали отличные результаты при построении такой антенны. Описываемая в настоящей статье антенна, несмотря на ее довольно скромные размеры, имеет хорошую широкополосность, обусловленную сильной связью между элементами (рис.4.17).

Основными преимуществами антенны «двойная дельта» является то, что она занимает мало места, изготавливается из проводника любого диаметра от 3 до 6 мм. А вследствие того, что ее проводники располагаются друг над другом в вертикальной плоскости - антенна обладает дополнительным увеличением концентрации электромагнитного излучения в вертикальной плоскости, что важно при проведении дальних связей. Кроме того, в значительно меньшей мере эта антенна восприимчива к электромагнитным помехам, чем антенна типа «волновой канал».

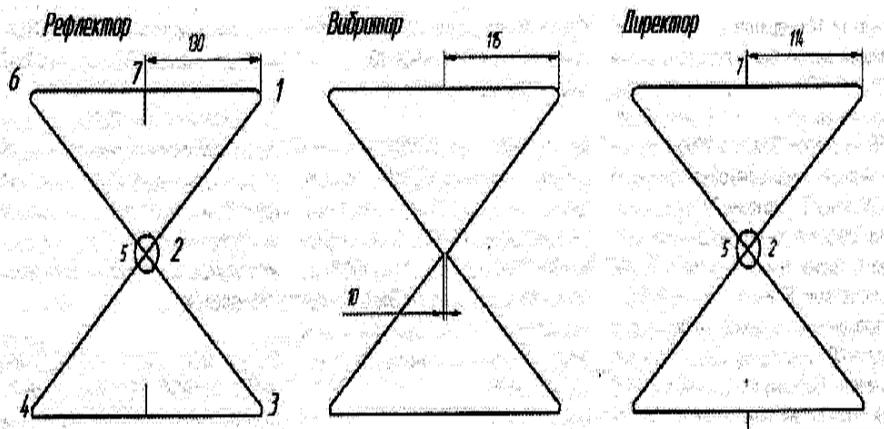


Рис.4.17. УКВ антенна «двойная дельта»

Излучатель (вибратор) антенны имеет входное сопротивление близкое к сопротивлению кабеля питания, что позволяет изготавливать антенну типа «двойная дельта» без дополнительных подстроечных шлейфов. А это, в свою очередь, увеличивает надежность и долговечность ее работы (антенна на диапазон 2 метра работает с 1987 года,

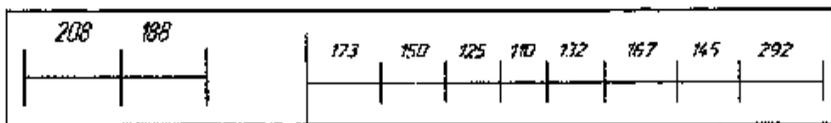
а антенна на диапазон 70 см с 1985 года), При налипании мокрого снега, гололеде, сильных порывах ветра антенна выдержала нагрузки на отлично.

Все элементы антенны выполнены в виде «двойной дельты» («бабочки», как говорят в народе). К несущей траверсе элементы антенны крепятся серединой в верхней и нижней части. В авторском варианте в качестве траверсы используется гимнастический обруч. В месте соединения он распиливается, выравнивается по длине, а потом делится на две одинаковые части.

В свободные от заполнителя части трубок вставляется 2 валика из стали длиной 32 мм по внутреннему диаметру несущих с нарезанной резьбой М6 по длине 12 мм. Для крепления к вертикальной стойке, используется прямоугольный профиль 43Х43, разрезанный на длину 500 мм. Для большей механической прочности в месте соединения трубки и валика просверлено отверстие диаметром 4,2мм для крепления рефлектора. К вертикальной стойке в нижней части двумя винтами М6 прикручен дюралевый переходник для установки в мачту. Но можно крепить и хомутом, тогда переходник не нужен.

Все директора антенны «двойная дельта» закреплены жестко на несущих по указанным в статье размерах (центры отверстий D4.2 мм по нижней ± 4 мм). Вибратор крепится на хомутах, что дает возможность его перемещения для точной подгонки КСВ (согласования). Рефлектор крепится с наружной части несущих. Все элементы антенны изготовлены из биметалла D4,0 мм. Последовательность изготовления антенны.

1. Расстояния между элементами:



2. Берется отрезок длиной 1,5 м, оба конца

изгибаются на оправке (хвостовик сверла 3.6 мм) длиной 8 мм (рис.4.18).

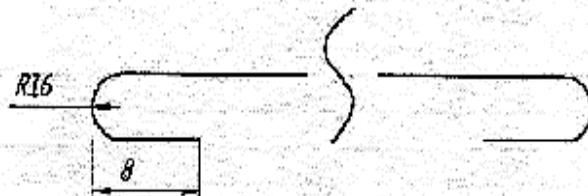


Рис.4.18. Изгибание отрезка на оправке

3. От центра изогнутого полукруга до следующего изгиба расстояние равно половине длины горизонтальной верхней части элемента. После 6 изгибов элемент приобретает свою форму. 7-й изгиб под 90° для директоров вверх, для рефлектора вниз, делается с расчета, что при соединении с полукольцом, верхняя длинна ровнялась нижней горизонтальной части (рис.4.19).

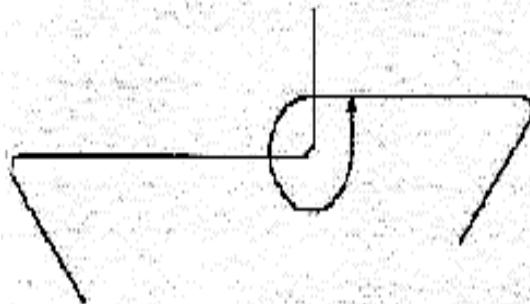


Рис.4.19. Формирование элементов антенны

4. После этого оставшаяся часть полукольца в тисках обжимается с проводником. Оставшаяся часть проводника с полукольцом отрезается на расстоянии 25 мм для крепления элемента к верхней несущей

части.

На рис.4.20. показано формирование элементов антенны.

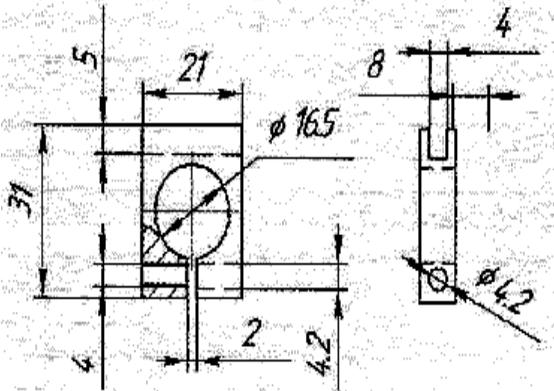


Рис.4.20. Формирование элементов антенны

5. Отрезанное второе полукольцо устанавливается посередине нижней горизонтальной части элемента, охватывая половину диаметра (рис.4.21).

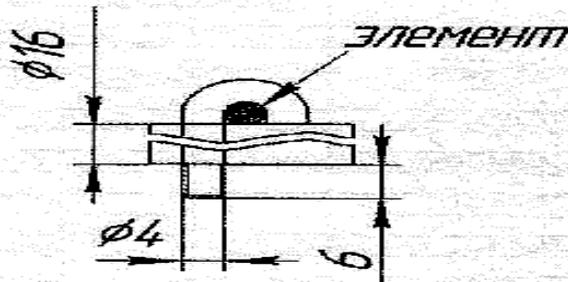


Рис.4.21. Формирование элементов антенны

Места соединения провода в элементе, а также нижние полукольца, опоры, в местах соединений тщательно пропаиваются. На длине 6мм которая выступает за несущую трубу нарезается резьба М4,

для жесткой фиксации элемента, через шайбу гайкой М4.

6. Срединные внутренние части треугольников директоров и рефлектора обматываются несколькими витками луженого провода и тщательно пропаиваются.

7. Вибратор выгибается также из цельного куска провода, в середине нижней части оба конца спиливаются на половину диаметра и паяются в пропиленном углублении нижнего хомута, а верхняя часть крепится также.

Сам хомут выполнен из бронзы в виде квадрата. В нем по центру сверлится отверстие на 0.5 мм больше несущих труб. В верхней части выпилена канавка, нижняя часть разрезана пополам. В левой стороне нарезана резьба М4, в правой отверстия для винта М4 диаметром 4.2 мм. В среднюю часть вибратора подсоединяется кабель питания 50ом. Места пайки оплавляются парафином для защиты от окисления.

Кабель горизонтально уходит за рефлектор и через отверстие чуть больше диаметра кабеля в вертикальной стойке несущих, а дальше спуск до радиостанции. Перед началом сверления отверстий, несущие обмотаны скотчем, для защиты от воздействий атмосферы.

Размеры элементов для 9-ти элементной антенны указаны в верхней части рисунков. Общие параметры антенны отражены в таблице 4.4.

Данная антенна используется как в стационарных условиях, так и в соревнованиях на выезде «Полевой день» и др. Можно использовать как 2 так и 4 антенны. На систему 4 по 7 элементов я принимал станции работающие в лунном тесте, а также провел много тропосферных связей по дальности больше 700 км. Через ИСЗ АО-13 работал со всем земным шаром. Согласование антенн в систему, стандартное и широко описано в радиолобительской литературе. Для работы с

вертикальной поляризацией антенну
нужно повернуть на 90° по оси излучения.

Таблица.4.4.

	9 эл.	3 эл.
Диапазон частот, МГц	432-435	432-435
Усиление, дБ	>16	10
Горизонтальный угол раскрыва	42°	56°
Вертикальный угол раскрыва	13°	30°
Подавление заднего лепестка дБ	>25	15
КСВ	1.2	1.1
Длина антенны, мм	1331	400
Высота антенны, мм	425	425

На работы на диапазоне 144 МГц размеры элементов предлагаемой антенны и расстояние между ними нужно увеличить, а 1296 МГц - уменьшить в 3 раза.

Литература к разделу 4.5:

1. А.Калашник, UT5VD, Антенна на 430 мГц, Радиоинформ №22, 23 за 2015 год.

Глава 5. О согласовании и настройке антенн

5.1. Антенный тюнер для спиральных антенн

В работе [1] для согласования спиральных антенн с импортными трансиверами радиолюбителем RX3MS используется антенный тюнер за схемой рис.5.1. В тюнере используется блок с трех сменных конденсаторов С1, С2, С3, который устанавливается на фторопластовую пластину толщиной 3-4 мм. Блок сменных конденсаторов изготовлен на базе блока конденсаторов из старых приемников на октальных лампах. В таком блоке конденсаторов секции прорезано на одну пластину. Сменный конденсатор С4 также установлен на фторопластовую пластину толщиной 3-4 мм. Зазор между пластинами этого конденсатора должен составлять не менее чем 2 мм.

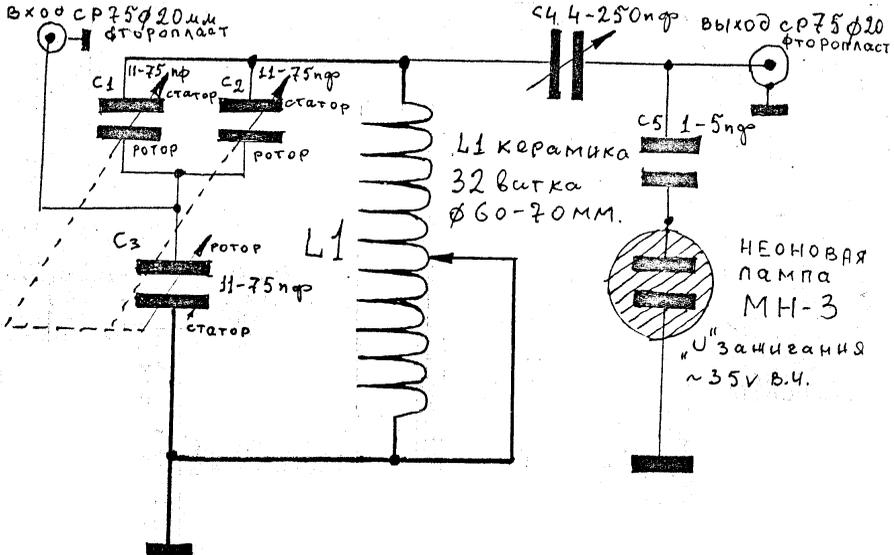


Рис.5.1. Принципиальная схема тюнера

В качестве катушки L1 используется катушка диаметром 60-70 мм из керамики на которой намотано 32

витка посеребренного провода диаметром 1,5 - 2 мм. По проводу на катушке перемещает ролик, совмещенный с приводом, аналогичным приводу в усилителе мощности от радиостанции 10РТ. С приводом совмещен механический счетчик от 0 до 256, что дает возможность фиксировать положение отвода катушки с точностью до 1/8 витка.

Налаживание антенной системы с помощью такого тюнера проводится по КСВ метру трансивера (в автора был ICOM-740). На все девять радиолобительских диапазонов составляется таблица положений всех трех ручек наладивания тюнера. При наладивании переход с диапазона на диапазон составляет около одной минуты. После установления всех трех ручек на нужный диапазон контролируется КСВ, которое должно быть равным единице. Желательно также изготовить измеритель напряженности поля, на котором регистрируется при работе на спиральную антенну, напряженность поля в несколько раз выше, чем при работе с рамочными или штыревыми антеннами.

Тюнер собран в корпусе 100x200x250 мм с дюралюминия. Корпус заземляется. Тюнер, как и вся антенная система, работает при выходной мощности трансивера от 1 до 100 Ватт.

Литература к разделу 5.1:

1. А.Швыдкий, US5EOI, Антенный тюнер для спиральных антенн, Радиоинформ №9 за 2008 год.

5.2. Проверка состояния петлевых антенн

Предлагаемый в работе [1] способ проверки можно применить, если линия питания включена напрямую в антенну (см. рис.5.2). Рассмотрим пример проверки состояния петлевой антенны типа "дельта". После изготовления и настройки антенны. кабель нужно отсоединить от радиостанции и замерить сопротивление кабеля омметром, подключив его между оплеткой и

центральной жилой. При хорошей пайке сопротивление будет от нескольких десятков Ом до нескольких Ом. Указанный диапазон значений зависит от диаметра провода, кабеля и оплетки, а также от длины антенного полотна и кабеля.

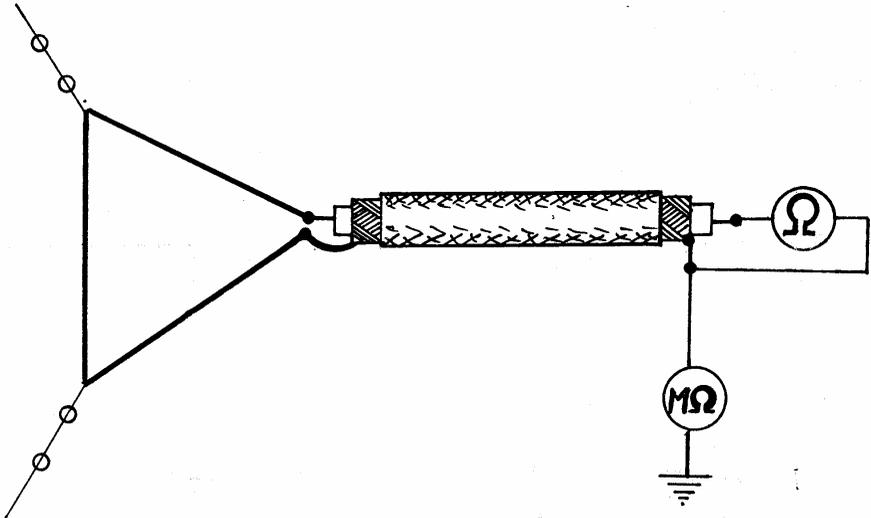


Рис.5.2. Схема измерения сопротивления

Дальше мегомметром измеряют общее сопротивление антенны и кабеля по отношению к "земле". Возьмем для примера, что сопротивление будет 1,5 Ом. Измерение необходимо проводить отдельно в сухую и сырую погоду. Полученные данные нужно записать. При контроле состояния антенны, измерения повторяют и сравнивают с контрольным. Если снова получим 1.5 Ома, то это значит что полотно и капель на месте (их не срезали "металлисты", или после урагана не произошел обрыв). Если сопротивление заметно увеличилось, значит нарушен контакт в местах соединений или начала разрушаться оплетка кабеля вследствие попадания на нее влаги. Иногда антенна меняет свое сопротивление под нагрузкой или от воздействия ветра.

Проверить антенну также можно, пропуская через нее и кабель питания постоянный ток. Нужно собрать схему измерения, как показано на рис.5.3, и измерить амперметром величину тока.

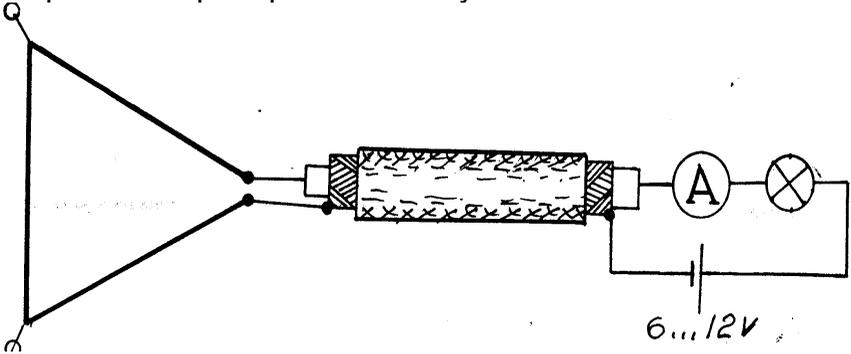


Рис 5.3. Схема измерения тока

В режиме контроля, не меняя источник питания и лампу, мы должны получить тот же ток. Если ток уменьшился или его величина меняется – значит появился плохой контакт в соединениях. Если сопротивление антенны по отношению к "земле" не изменилось, то можно не волноваться. Если же оно заметно уменьшилось – значит антенна коснулась какого-то объекта (например, крыши, других проводов, веток деревьев), либо внешняя изоляция кабеля дала трещины и в эти места затекла влага. Может быть также, что антенные изоляторы покрылись коррозией от стальных проводов или разрушились от порывов ветра. Предложенный способ удобен тем, что дает возможность оперативно контролировать состояние антенны, не выходя с радиорубки.

Используя несложное приспособление антенну можно защитить и от воров. Схема такой защиты приведена на рис.5.4. и состоит из ВЧ дросселя, блокировочной емкости, источника питания и реле, а также из сигнального устройства, питаемого от сети. Слаботочная цепь питания реле проходит через кабель и

полотно антенны. В случае обрыва этой цепи реле отпустит, и его контакты замкнут цепь питания сигнального устройства.

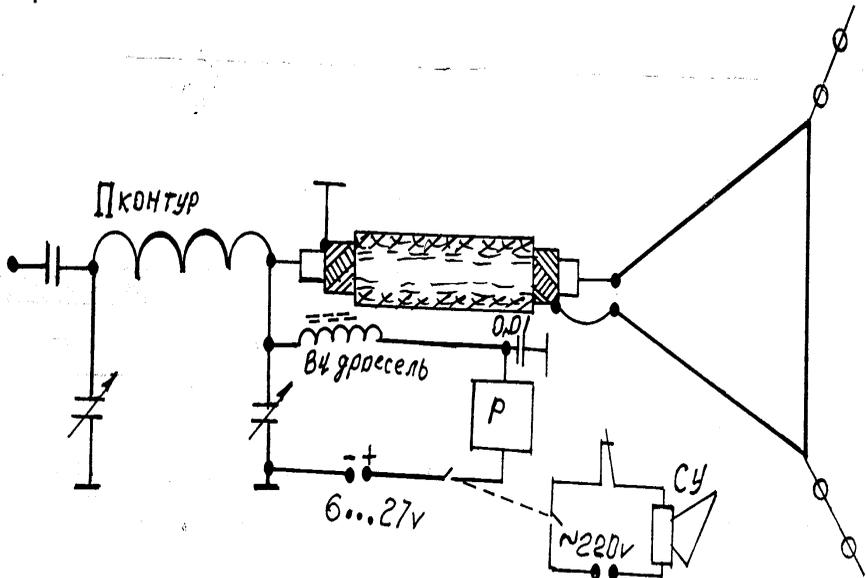


Рис.5.4. Схема защиты от воров

Скорость убегания воров зависит от громкости сирены. Хорошие результаты дает "ревун" с речного буксира.

Литература к разделу 5.2:

1. В.Овчаренко, УТОВВ, Проверка состояния петлевых антенн, Радиоинформ №9 за 2007 год.

5.3. О настройке фазированных «дельт»

В работе [1] подчеркивается, что поскольку полотна обеих сфазированных «дельт» рассчитываются на одну рабочую волну, то вследствие них взаимовлияния возникают проблемы с налаживанием такой антенны. Чтобы избежать этих проблем предложено настраивать полотна по одному, отдельно одно от другого.

Сначала нужно подвесить и приготовить первое полотно, настроив его выше рабочей частоты на 50 килогерц. Потом нужно опустить это полотно на землю, после чего поднять и приготовить другое полотно, тоже настроенное на 50 килогерц выше от рабочей частоты. После этого можно вернуть первое полотно на предыдущее место. При этом, рабочая частота обеих полотен уменьшится на 50 килогерц, а входное сопротивление составит 50 ом.

Оператор UT0LB из города Изюм использует несколько другую методику. Подвесив одновременно оба полотна, он подключает до одного из них кусок изолированного провода длиной около пятнадцати метров, который висит параллельно земли. Этим куском он отводит немного в сторону точку резонанса этого полотна, чтобы оно не мешало настраивать другое полотно.

Приготовив другое полотно, он подсоединяет этот кусок провода к этому, уже настроенному полотну, смещая тем самым его резонансную частоту. После этого настраивается на рабочую частоту первое полотно. В дальнейшем этот кусок провода снимается, и оба полотна антенны работают в рабочем диапазоне.

Конкретное налаживание полотен осуществляется путем изменения геометрической длины антенн в одном из нижних углов „дельта” на расстоянии около одного метра от углового изолятора. Горизонтальный участок полотна подтягивают к наклонному участку и закорачивают его несколькими витками медного провода. Смещая эту перемычку к угловому изолятору, тем самым снижают рабочую частоту. Смещение от изолятора частоту увеличивает. После налаживания полотна эту перемычку фиксируют, или пропаивают.

Такой метод позволяет довольно удобно настраивать подвешенные полотна с периметром 84 метра, например со стремянки, контролируя частоту резонанса через

кабель в радиорубке с помощью лампового вольтметра и генератора.

Литература к разделу 5.3:

1.В.Жданюк, UR3LOI, О настройке фазированных «дельт», Радиоинформ №19 за 2011 год.

5.4. Простой способ настройки повторителей

В работе [1] ее автор утверждает, что для проведения настройки кабельных повторителей необходимо подключить согласно рис.5.5 и подобрать две одинаковые электрические лампы на 220 вольт. Мощность каждой лампы должна соответствовать половине выходной мощности передатчика. Лампы надо включить параллельно к П-контуру передатчика и в режиме настройки на минимальную мощность убедиться, что лампы накаливаются одинаково. Если это не так, то одну из ламп надо заменить.

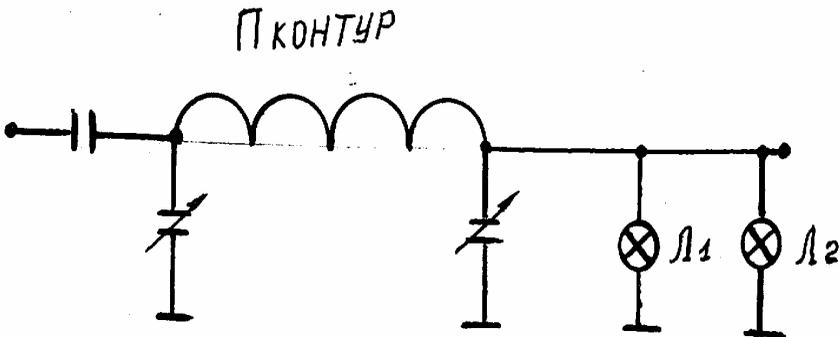


Рис.5.5. Первоначальная схема включения ламп

После этого лампу Л2 необходимо отсоединить и к П-контуру подключить кабель повторителя (смотри рис.5.6). После чего лампу Л2 требуется подключить между центральной жилой и оплеткой на конце кабеля. Передатчик устанавливается на ту частоту, на которую будет настраиваться антенна.

Если кабель работает повторителем - лампы светят одинаково. Это хорошо заметно на малой мощности передатчика,

когда нити ламп еле накаливаются. Если повторитель длиннее - лампа Л2 горит ярче, а если короче - ярче горит Л1. Для более точного контроля поочередно к лампам Л1 и Л2 можно подключать ВЧ вольтметр. Длину кабеля для повторителя рассчитывают по формуле:

$$L=150K/f,$$

где f - частота в мгц, K - коэффициент укорочения кабеля,. Обычно $K = 0,66$ для кабелей, которые имеют полиэтиленовую изоляцию, $K = 0,8$ для импортных телевизионных кабелей, $K = 0,82$ для симметричных линий типа "лапша", $K = 0,98$ для воздушных линий.

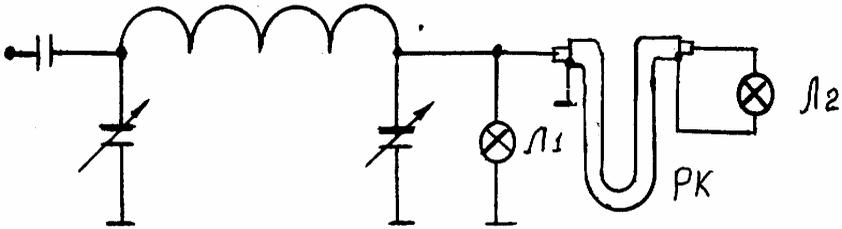


Рис.5.6. Схема подключения кабельного повторителя

Длину кабеля выбирают несколько больше расчетной, а потом укорачивают. Можно кабель укоротить сразу и подсоединить к антенному щитку, а настройку проводить отрезком кабеля между щитком и радиостанцией. В длину повторителя входят все отрезки кабеля от П-контура до антенны. Если подключить кусок кабеля, а потом последовательно с ним соединять отрезки кабеля для подключения антенных реле, согласующего устройства, усилителя мощности, то повторитель будет расстроен.

При малой мощности передатчика, лампы можно заменить на два одинаковых безиндукционных резистора и поочередно подключать к ним ВЧ-вольтметр. Вместо передатчика можно использовать ВЧ генератор.

Есть мнение, что антенна, линия питания и П-контур - это

звенья одной цепи, и они могут вносить реактивную составляющую или ее компенсировать. Желательно повторитель изготовить немного длиннее, а потом настраивать укорочением его длины по минимуму КСВ на резонансной частоте антенны.

После настройки повторителя, необходимо вначале изменить частоту передатчика на более высокую. А потом изменить ее на более низкую, до того момента, когда лампы начнут накаляться по-разному. Разность между частотами будет определять широкополосность повторителя.

Литература к разделу 5.4:

1. В.Овчаренко, UTOVV, Простой способ настройки повторителей, Радиоинформ №1 за 2007 год.

5.5. О высокочастотном заземлении

Автор работы [1] предупреждает, что речь в работе не будет идти об электротехническом и грозозащитном заземлениях. Он предлагает ограничиться только рассмотрением высокочастотного заземления, необходимого для нормальной работы радиоаппаратуры. Наиболее толково и понятно этот вопрос изложен в книге Гончаренко «Антенны КВ и УКВ» часть третья, в разделе 4.1.7.1 (стр. 38-43). Если вы имеете возможность и терпение его прочитать, дальше эту статью читать не обязательно. Для тех, кто такой возможности не имеет, попробуем изложить главное.

Обычно ВЧ заземление нужно только при использовании несимметричных антенн, таких как GP, LW (длинный провод), Windom и питаемых с конца диполей. Т.е. антенн, для которых необходим пресловутый «противовес» или приемник тока. Если вы используете симметричные антенны, о ВЧ заземлении вам можно не заботиться (не забывайте только об электротехническом заземлении аппаратуры).

При подключении к трансиверу несимметричной антенны (например, длинного провода) противовесом ей

будет служить корпус трансивера и все провода, к нему подключенные (см. рис.5.7).

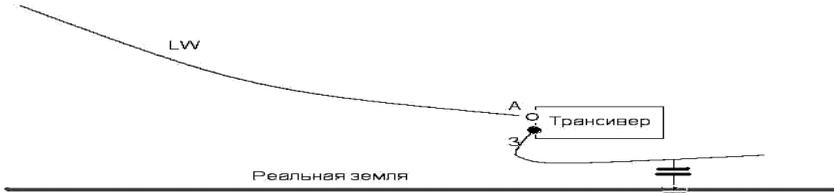


Рис.5.7. Антенна LW с плохим ВЧ заземлением

При работе на передачу на корпусе трансивера неминуемо будет ВЧ напряжение, иногда очень солидное. Микрофон и ключ будут «кусаться», компьютеры будут зависать, телефоны и прочая радиотехника в доме будет «разговаривать» вашим голосом. А сигнал, излучаемый в эфир, будет искаженным из-за ВЧ наводки на микрофонный провод. К тому же трансивер будет «видеть» плохое согласование и будет снижать выходную мощность, защищая выходные транзисторы.

Сопротивление потерь такого противовеса обычно очень велико и в эфир будет излучаться лишь малая часть мощности передатчика. Большая же часть пойдет на нагрев сопротивления потерь противовеса.

Вышесказанное поясняет рис.5.8.

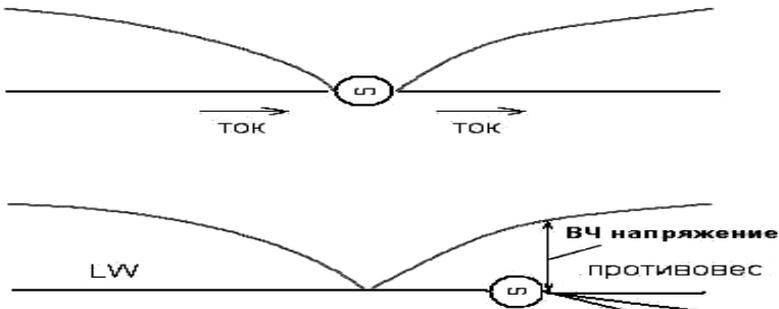


Рис.5.8. Эпюры напряжения на антеннах.

Генератор сигнала (трансивер) при симметричной антенне находится в нуле напряжения. При плохом ВЧ заземлении симметрия нарушена и на трансивере присутствует значительное ВЧ напряжение.

ВЧ заземление считается хорошим когда оно принимает весь ВЧ ток, отдаваемый передатчиком. Тогда цепь антенны будет замкнута, она излучает максимальную мощность, а на корпусе передатчика ВЧ напряжение равно нулю.

А как же его можно обеспечить? Далее приводим фрагменты из книги Гончаренко И.В. «В антенной технике заземление должно принимать токи на рабочей частоте антенны и при этом само не излучать (иначе это будет уже не заземление, а излучающая часть антенны)... Идеальным заземлением для токов любой частоты является поверхность идеальной земли. Туда может без потерь втечь ток любой частоты. ... Но идеальная земля хороша в теории. На практике приходится обходиться реальной землей. Для обеспечения контакта с ней провод заземления (или систему проводов) закапывают.»

Как обычно мы привыкли делать электротехническое заземление? Забиваем металлический штырь поглубже, ближе к водоносным слоям, или несколько штырей, соединяя их проводом. К сожалению, такое заземление не обязательно является хорошим ВЧ заземлением. ВЧ токи должны растекаться без больших потерь вдоль поверхности земли, поскольку ВЧ токи не проникают глубоко в почву. Для ВЧ заземления систему заземляющих проводов закапывают либо неглубоко, либо располагают прямо на поверхности земли». Глубина, при которой система проводов эффективна, зависит от частоты и проводимости почвы. В среднем, для частоты 1,8 МГц можно зарыть провода на глубину до 1 м, для 28 МГц - не глубже 10 см. Для того, чтобы такой токоприемник хорошо работал на всех диапазонах, длина проводов - радиалов

должна быть 5-10 м, число их - не менее 6-8 и, кроме того, они должны быть соединены между собой на концах и в середине их длины.

Как видим, классическое ВЧ заземление мало доступно для большинства радиолюбителей, как по потребной площади, так и по стоимости сооружения. Для городских жителей - оно вообще недоступно. Значит, остается использовать то заземление, какое имеем, но постараться получить от него максимум эффекта.

Поскольку однопроводная линия имеет коэффициент укорочения близкий к 1, а коаксиальный кабель, заполненный диэлектриком, - около 1,5, частоты, на которых они имеют низкий входной импеданс, отличаются: там, где одна линия имеет высокий импеданс, другая имеет низкий. Расчет показывает, что такая схема прекрасно работает на всех любительских диапазонах при любой длине линий. На рис. 5.9 приведен один из вариантов реализации схемы ВЧ заземления, предложенной N8SA.

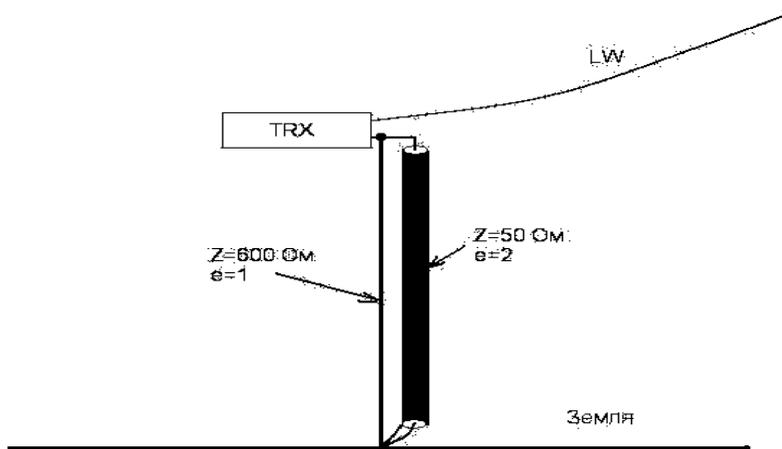


Рис.5.9. Практический вариант ВЧ заземления

В заключение, необходимо отметить, что, если к несимметричным проволочным антеннам трансивер

подключается через согласующее-симметрирующее устройство, точкой ВЧ заземления будет выходная клемма этого устройства. Трансивер к согласующему устройству при этом подключается коаксиальным кабелем. Кстати, хорошее симметрирующее устройство, установленное на выходе трансивера, уравнивает токи в плечах несимметричных антенн и тоже способно снизить ВЧ напряжения на корпусе трансивера, как при работе на симметричные антенны.

Литература к разделу 5.5:

1. В.Щербаков, RU3ARJ, О высокочастотном заземлении, Радиоинформ №№4, 5 за 2013 год.

Глава 6. Из практики применения антенн

6.1. Почему замолкают антенны?

Автор работы [1] утверждает, что при работе в эфире ему приходилось слушать жалобы радиолюбителей, рассказывавших своим коллегам о проблемах в процессе изготовления, настройки и эксплуатации антенн. Они сетовали на то, что построенная ими антенна через некоторое время начинала работать плохо или не работать вообще (речь шла не просто о работе антенны, а об ее эффективной работе). Эти жалобы и послужили толчком для написания данной статьи. Она ни в коем случае не претендует на закон или аксиому, в ней только заостряется внимание к факторам, приводящим в конечном результате к отказу от использования такой антенны.

Для начала следует отметить, что причина отказа антенны обычно закладывается изначально, еще в процессе проектирования. К большому сожалению, при наличии большого количества различных формул и расчетов, а также программ моделирования, невозможно учесть все параметры антенны. Для примера, перечисленные выше инструменты не имеют самой простой формулы для корректировки линейных размеров антенны с привязкой их к окружающей температуре. Скажете, что это не столь критичная величина, может быть и да, но только по отношению к антеннам УКВ диапазона. В отношении же коротковолновых антенн и в частности проволочных, особенно на низкочастотных диапазонах вопрос стоит совсем иначе.

К примеру, при разнице температуры в 50 градусов для проводника длиной 40 метров его линейная длина изменится в большую сторону более чем на 3 сантиметра. Эта цифра действительна для проводника находящегося в статическом состоянии, то есть лежащем на поверхности.

Нетрудно подсчитать, что для дельтаобразной антенны или квадратов эта величина увеличится пропорционально. Плюс температурное удлинение здесь будет увеличено за счет весового фактора. На проводник будут воздействовать масса самой меди полотна антенны, масса изоляторов и кабеля питания. При этом линейные размеры будут увеличиваться пропорционально общему весу. В принципе, эта величина не ахти какая, но совместно с другими факторами набегаёт достаточно большая разница обратимых и необратимых изменений размера антенны. А это приводит к значительному смещению резонансной частоты антенны, и следовательно к ухудшению ее работы.

Разница температур в средней части Украины может достигать 60 градусов Цельсия. А значит, пропорционально будут колебаться линейные размеры полотна антенны. Итак, антенну рассчитываем с учетом температурного коэффициента линейного расширения материалов, находим материал, после чего начинаем наземный монтаж полотна антенны подключение линий и кабелей передачи.

Немного остановимся на вопросе выбора материала антенны. Конечно, каждый радиолюбитель кое-что знает о электропроводности материалов, хотя бы в рамках школьного курса физики. Исходя из этих знаний, многие стараются применить для полотна антенны медный провод или канатик. В то же время, медь, наряду с положительными качествами, обладает и отрицательными, на которых мы остановимся более подробно.

В характеристике меди, приведенной в справочниках, указано, что медь малоактивный металл. Но это справедливо только при определенных условиях, которые никак не ассоциируются с открытой средой. Чистая медь, а именно она применяется в электрорадиотехнике достаточно активный материал. Под воздействием

внешних условий она может образовывать различные соединения с кислородом – оксиды, соединения с водой – гидроксиды. Все химические компоненты приводящие к разрушению меди путем химических реакций можно получить из выхлопных газов автомобилей. В них содержатся соединения азота, серы, углерода и много другой гадости. И это все без учета техногенного загрязнения среды, в которую тоже входят агрессивные компоненты.

Как пример, можно привести различные отбеливатели на основе хлора, инсектициды, пестициды, минеральные удобрения, бытовую химию, продукты жизнедеятельности животных и людей. В результате получается достаточно мощный «коктейль» разрушающий почти все, или изменяющий химическое и физическое состояние материала не в лучшую сторону. Наличие в окружающей среде воды, других примесей и солей делают эти изменения более быстрыми и радикальными.

Помимо воздействия кислорода и воды, на поверхность меди воздействует солнечный свет. Это очень хорошо видно на примере зачищенного до зеркального блеска куска стеклотекстолита, который даже под защитным слоем лака или смазки очень быстро темнеет. То есть происходят изменения структуры меди на атомарно – молекулярном уровне. Наилучшей иллюстрацией таких изменений послужит вид и прочность медного антенного канатика растянутого под крышей дома, где минимизировано воздействие воды, как основного разрушающего фактора. При проверке прочности такого канатика, оказалось, что медные волокна канатика, бывшие ранее эластичными, становятся хрупкими и больше похожими на истлевший шпагат, нежели на изделие из металла .

Еще одним недостатком меди мало упоминаемым в технической литературе, это ее «ползучесть» т.е изменение физических размеров изделия под

воздействием статической нагрузки. Из этого следует, что медный провод, подвешенный в пространстве даже без нагрузок под своим весом со временем растянется. Медная труба, поставленная вертикально «осядет». Дополнительно к этому, медь хорошо растягивается, что позволяет ту же самую медную проволоку волочить (растягивать с уменьшением диаметра).

Полотно антенны, подвешенное в пространстве подвержено постоянному действию ветра, рывки которого иногда превышают предел прочности материала. Но если антенна не рвется, то такая постоянная импульсная нагрузка приводит к растягиванию медного провода. И чем дольше она подвержена такой нагрузке, тем больше растягивается проводник. Аналогичный процесс с различной вариацией удлинения наблюдается и при обледенении, только в этом случае он может быть более заметен даже «на глаз». Теперь попробуем обобщить все имеющиеся у нас факторы, которые воздействуют на материал антенны.

Мы имеем следующие факторы: вес полотна антенны; вес кабеля питания; вес изоляторов; вес дополнительных элементов (контуров, реле, конденсаторы и т.д.); перепады температуры; ветровые нагрузки; обледенение; порывы ветра и др. Перечисленные выше нагрузки, способствуют увеличению длины полотна антенны и, как следствие, смещению ее резонансной частоты.

Следующий «слабый» участок антенны - монтаж. При сборке антенны, ее элементы и соединения чаще всего монтируются при помощи пайки. В большинстве случаев здесь применяются флюсы на основе кислот. Как бы мы ни старались и какими способами не убирали остатки флюса, сделать на все 100 процентов это не удастся. Флюс все же останется в виде химических соединений в составе материалов пайки и соединений меди. Со временем эти

соединения «законсервированные» в материале проявятся и начнут свою разрушительную работу.

Применяемые припои имеют многокомпонентную основу, чаще всего это олово, свинец, серебро, висмут, сурьма. Наиболее слабым компонентом данных припоев, как ни странно это прозвучит, является олово. По своим физическим свойствам олово подвержено разрушению в результате действия низких температур, как само по себе, так и в составе композиций. Подтверждением этому служит «оловянная чума» «раздевшая» армию Наполеона в 1812 году, когда пуговицы на обмундировании от сильных морозов превращались в серый порошок. А морозы у нас бывают достаточно суровые. Защита паяных соединений с помощью различных защитных составов, лаков, красок, обмазок и других материалов дает только отсрочку, не убирая саму проблему. Если Вы, все таки, выбрали пайку, как способ соединения, используйте для этого припой с высокой температурой плавления. Такое соединение будет более надежным и долговечным.

Исключить воздействие припоя можно, изменив способ соединения элементов. Для этой цели подходят газовая пайка или сварка, сварка при помощи постоянного тока (с использованием графитного электрода). Использование газовой сварки влечет за собой нагрев деталей до очень высоких температур и изменение химических и физических свойств свариваемых материалов. В свою очередь, это отрицательно скажется в последствии на прочности и долговечности антенны, увеличивая риск разрушения от коррозии. Поэтому больше подходит сварка с помощью постоянного тока, нагрев деталей здесь местный и незначительный, следовательно, разрушения будут минимальными. Хороший способ соединения при помощи точечной сварки, но мало у кого из радиолюбителей имеется аппарат точечной сварки.

Соединение с использованием болтов и гаек без специальных условий не подходит по нескольким причинам. Такими причинами могут быть создание гальванических пар медь–железо, медь–цинк, медь–цинк–железо и других в зависимости от применяемых метизов. Гальванические пары характеризуются повышенной скоростью разрушения, как самих соединений так и соединяемых элементов, а это нам совсем ни к чему.

Не верите? В качестве примера приведу случай, когда медная руда стала виновником аварии. Аварию потерпело норвежское грузовое судно "Анatina", трюмы которого были заполнены медным концентратом. Внезапно прозвучал сигнал тревоги – оказалось, что судно дало течь. Исследования показали, что медь, содержащаяся в концентрате, образовала со стальным корпусом "Анатины" гальваническую пару, а испарения морской воды послужили электролитом. Возникший гальванический ток разъел обшивку судна до такой степени, что в ней появились большие дыры, в котрые и хлынула океанская вода. Здесь надо учитывать, что толщина корпуса судна равна нескольким сантиметрам, а период реакции порядка недели.

На использовании принципа гальванических пар устроен механизм катодной или протекторной защиты. Для компенсации растягивающего усилия, которое в основном располагается ближе к точкам крепления, можно применить несколько вариантов. Первый вариант состоит в увеличении диаметра несущего провода по концам элементов с последующим переходом к более тонкому диаметру ближе к центру антенны. Также возможна установка компенсирующих устройств в местах крепления антенны к опорам (пружинные амортизаторы, шкивно–блоковые устройства с компенсирующими грузами, рычажные возвратные устройства и другое). Кроме того, применяется тросовая компенсирующая подвеска питающего кабеля, разгружающая полотно антенны.

В большинстве случаев, для исключения усложнения конструкции антенны (что и применяется в армейских, морских, авиационных устройствах связи) антенны изготавливают из биметаллических проводов достаточного сечения. При этом чаще всего используется пара медь–сталь. Нанесение меди производится «горячим» способом с последующей закалкой провода. Но так как такие материалы радиолюбителю доступны не всегда, то будем исходить из реалий жизни.

Отдельно хочется остановиться на герметизации коаксиального кабеля. По своему строению кабель подвержен воздействию влаги и иных факторов из-за неплотного прилегания внешнего слоя изоляции к оплетке и пластиковой изоляции центральной жилы. Так как оплетка кабеля (экран) в большинстве случаев имеет сетчатую структуру, то со временем в промежуток между изоляцией центральной жилы и внешней изоляцией (полость расположения оплетки) попадает влага со всеми присущими компонентами. Количество влаги зависит от длительности пребывания кабеля вне помещения и количества осадков. Иногда доходит до того, что вода во время дождя просачивается внутри кабеля прямо в помещение. Результатом такого «гидравлицирования» кабеля является повреждение или полное разрушение медных проводников оплетки и нарушение конструктивной целостности кабеля. Естественно, после этого ни о какой нормальной работе антенны не может быть и речи, хотя сама антенна может быть вполне исправной.

Наиболее простым способом предотвращения данного явления является заполнение начального отрезка кабеля вязким смазочным материалом с хорошей прилипаемостью, например, трансмиссионной смазкой типа ТАД-15, ТАД-17 или аналогичной. Хороший результат дает обмазка и пропитка оголенного участка кабеля смесью один к одному из дорожного битума и солидола. Пропитка ведется горячим способом. Заливка смазки

производится с помощью воронки изготовленной из обрезанной пластиковой бутылки, которая при помощи уплотнения надевается на кабель. После чего в воронку заливается смазка и оставляется на 2-3 дня.

При использовании нагретого масла эффективность его проникновения в среду кабеля увеличивается. Со временем на смазку осядет пыль, и она превратится в композит наподобие герметика, который надежно перекроет путь попадания влаги внутрь кабеля. Проверить кабель на пребывание воды очень просто. Зачищаем верхний слой изоляции и смотрим на оплетку, если медь чистая без черноты, голубого налета, белых выделений, слегка потемневшая или золотисто – красная, значит все нормально. При наличии перечисленных выше признаков в кабеле побывала жидкость.

Попробуем сделать выводы из всего вышеизложенного.

Первое - при проектировании антенны надо учитывать коэффициент линейного расширения используемого материала по формуле:

$$L = (1 + a(t - t_0)) \times L_0$$

где a - коэффициент линейного расширения, L_0 - длина проводника, t и t_0 пределы температур. Коэффициенты линейного расширения материалов можно найти в технических справочниках по металлам, металлообработке, литью и т.д. Нужно также учитывать нагрузку, которая воздействует на полотно антенны (изоляторы, кабель и т.д.).

Второе - следует использовать биметаллические материалы для изготовления полотна антенны, например, провода с несущим стальным основанием (как полевой телефонный кабель, в обиходе «полевка»). При их отсутствии сойдет медный провод достаточно большого

сечения (чем тоньше проводник, тем больше он растягивается).

Третье - при сборке и монтаже элементов антенны рекомендуется использовать материалы и комплектующие сводящие к минимуму возникновение гальванических пар. Например, желательно использование бронзовые и латунные элементы крепежа или опресовку соединений.

Четвертое - при соединении элементов с помощью термических методов (пайка, сварка) помните, что при значительном нагревании соединяемых материалов их химическая активность может возрасти почти вдвое. Старайтесь избегать пайки кабелей и элементов коммутации кислотосодержащими флюсами. Открытые соединения после процесса пайки необходимо хорошо защитить от воздействия атмосферы.

Пятое - старание натянуть антенну «как струна» приводит к преждевременному ее удлинению и в последующем к разрыву проводника (справедливо для проводника с малым и средним сечением). Это относится и к биметаллическим элементам сечением 2-3 мм. (законы физики никто не отменял - где тонко там и рвется).

Шестое - не поленитесь и установите хотя бы примитивные амортизаторы или компенсаторы. Особенно это относится к антеннам, смонтированным с использованием в качестве опоры деревьев, или гибких конструкций.

Седьмое - старайтесь не нагружать полотно антенны кабелем, особенно в середине (диполь). Не пожадничайте, найдите кусок стальной проволоки для тросовой подвески кабеля, желательно надежно закрепить его в верхней части.

Восьмое - монтируя антенное устройство, смоделируйте аварийную ситуацию с обрывом проводников как одного, так и всех сразу. Посмотрите - куда и как они могут упасть. Поверьте, такой прогноз может вас избавить от очень больших неприятностей.

Девятое - не ленитесь и, хотя бы иногда, слушайте прогноз погоды и очень серьезно относитесь к штормовым предупреждениям. Увы, мы живем в мире, который может в любой момент преподнести сюрприз, лучше опустить антенну (если такая возможность имеется) или дополнительно укрепить и перестраховаться, чем потом очень горько сожалеть. Лень свойство нормальное, но только до определенного предела.

Десятое - детали подлежащие соединению желательно проковать, процесс называется гартровкой. При этом структура металла изменится за счет уплотнения и в результате этого повысится стойкость соединения к внешним воздействиям как химического, так и механического плана. Не лишним будет напомнить о том, что чем меньше неровностей на поверхности металла, тем меньше он подвержен коррозии (уменьшается количество участков с микрошаговым напряжением). Полностью остановить коррозию, конечно же, не удастся, но задержку получить можно существенную. При объединении гартровки со шлифовкой и полировкой эффект увеличивается пропорционально.

Одиннадцатое - у вас есть соседи? Учтите варианты их воздействия на вашу антенную конструкцию! Для многоэтажек это обязательное условие!

Двенадцатое, последнее - небольшое приспособление для заземления антенн позволит использовать ее как эффективную грозозащиту и может спасти как ваше имущество, так и жизнь, и это без лишних затрат. Не верите? Почитайте статистику!

В заключение, хочу еще раз оговориться, что данный материал не претендует на панацею от всех бед, или статус нравоучения. Это просто небольшой анализ причин и следствий и подсказка всем интересующимся.

Литература к разделу 6.1:

1. А.Бобров, UR5ALU, Почему замолкают антенны? Радиоинформ №20-23 за 2012 год.

6.2. Радиосвязь через ионосферное зеркало

Автор работы [1] утверждает, что в период солнечной активности можно проводить дальние связи на диапазоне 21 МГц используя, так называемое, вечернее ионосферное зеркало. Возможность проведения таких связей зависит, как от степени ионизации ионосферы, так и от погодных условий. Эта ионизация обычно образуется в Атлантике, или Западной Европе, где формируется тень от поверхности океана, или Земли. Эта тень проецируется в ионосфере над всей Европой.

Хорошие погодные условия обуславливают резкую границу между светом и тьмой, которая обеспечивает полное отбивание радиоволн даже на такой высокой частоте. На низших диапазонах эффект зеркала тоже наблюдается, однако там он смазывается вследствие других видов прохождения и потерь в ионосфере и не является таким впечатляющим. Продолжительность далекой связи через ионосферное зеркало составляет всего лишь несколько минут и потому охоты на такие связи уже само по себе является интересной задачей. Тем более, что не очень часто радиолюбители работают на диапазоне 21 МГц после заката солнца. Да еще нужно, чтобы радиосигнал отразился именно в сторону корреспондента, а не в другое место.

Граница с нужным наклоном отражения возникает в ионосфере над радиостанцией через час полтора-два после заката солнца. Эта граница есть пригодной для связи в восточном направлении на расстоянии полторы-две тысячи километров. Зона связи здесь лежит в пределах 200 километров и движется по поверхности Земли. Как только радиостанция попадает в эту зону - сигнал корреспондента будет слышен чрезвычайно громко.

В западном направлении связь через ионосферное зеркало возможна через 3-5 часов после заката солнца. В

это время зона связи двигается на расстоянии 1,5-2 тысячи километров и ее ширина тоже около 200 километров. Вся другая территория западного направления находится в мертвой зоне.

Как правило, в вечернее время на диапазоне 21 мгц слышны лишь галактические шумы. Периодически сканируя участок диапазона нужно отыскать западноевропейскую станцию, которая вызывает станции Южной Америки с надеждой использовать остатки дневного прохождения над Атлантикой. В то время уже вся Европа находится в мертвой зоне по отношению к Украине и слабый сигнал европейской станции за счет попадания в зону ионосферного зеркала начинает неустанно роста к фантастическим величинам, не считаясь с тем, что ее антенна может быть развернута в противоположном направлении.

Теперь можно позвать западноевропейского оператора, и он будет тем вызовом несколько удивлен. Обычно он звал Южную Америку и имеет полное право не отвечать своему континенту. Но потому, что прежде таких случаев не встречалось, то тот оператор все же заинтересуется таким феноменом, тем более, что его антенна повернута в обратную сторону. Он, наверное, начнет разворачивать антенну, но отраженный сигнал, который приходит к нему принимается боковым лепестком антенны, то по своей силе он почти не изменится. Возникает впечатление, что сигнал поступает одновременно из всех сторон.

В этом случае уровень сигнала неустанно возрастает достигая ненормально высоких значений. Поэтому удивленный оператор, уже помимо воли, начинает думать о каком-то розыгрыше. Но достигнув пика сигнал исподволь начинает уменьшаться плавно падая от огромных плюсов к уровню шума за каких-то одну-две минуты. Иногда за это время не удается даже провести полноценную связь. После того как сигнал исчез,

корреспондент обычно поймет, что стал свидетелем необыкновенного прохождения. А потому, как правило, пришлет для подтверждения свою карточку.

Отличительной особенностью таких связей есть то, что для их проведение довольно QRP мощности в несколько ватт и простой антенны, потому что отражение очень интенсивное. Возможно даже сфокусированное - ведь лучи Солнца в атмосфере и ионосфере кое-где преломляются на всем пути распространения. Вследствие такого эффекта граница тень-свет приобретает некоторую кривизну. Потери в нижних пластах ионосферы в то время практически отсутствуют, потому что эти пласты существуют лишь днем и ничто не препятствует радиоволнам диапазона 21 мГц распространяться в пространстве и отбиваться в кривом зеркале границы.

Литература к разделу 6.2:

1. В.Жданюк, UR4LOI, Радиосвязь через ионосферное зеркало, Радиоинформ №11 за 2009 год.

6.3. Техногенное влияние на дальность связей

В работе [1] ее автор сделал попытку исследовать отдельные аспекты техногенного влияния деятельности человека на прохождение радиоволн. Началось это исследование для автора очень прозаично. Летом 2009 года около 21 часа вечера, как обычно, он включил трансивер и обнаружил, что на всем диапазоне 7 мегагерц стоит большой шум с уровнем 8-9 баллов. Уровень этого шума иногда доходил до +5 дБ (наблюдение проводилось в радиолюбительском участке диапазона). Станций в таком шуме было почти не слышно. Почему почти, ибо работала одна станция из 3-го района России. Это было понятно по диалогу с другим оператором, которого не было слышно. По информации оператора мощность слышимой станции была равна 4 киловаттам (?!!!), при этом она не намного поднималась над уровнем шума.

Что интересно, работа в режиме ОБП была похожа на работу в ЧМ режиме. Послушав немного этот диапазон, автор решил перейти на 3.5 мГц., в надежде лучших условий для связи. Картина в точности повторилась, только с той разницей, что на восьмидесятке станций вообще не было слышно ни одной. Предварительно настроившись услышать аналогичное «прохождение» прошелся по всем участкам от 1.8 до 28 мГц., и не разочаровался - услышал то, что и ожидал, кроме шума ничего. Такой феномен до этого случая никогда не встречался, начиная с 1989 года.

Поэтому стало очень интересно - в чем же причина. В голову приходили разные гипотезы и идеи. И о изменившейся активности солнца, о влиянии грозových фронтов и т.д. Можно заметить, что помещение шека (дом с радиостанцией) расположено вдали от линий электропередач, ближайшая с напряжением 220 вольт находится за 50 метров. Жилых строений в радиусе 300 метров нет, кабелей телевидения и Интернета соответственно тоже нет. Ввод электроэнергии в дом осуществлен при помощи бронированного кабеля проложенного под землей. Ближайшая подстанция находится на расстоянии 400 метров, от нее и запитан дом. Троллейбусных, трамвайных и иных линий нет. Соответственно ни о какой наводке или помехе индустриального типа не могла идти речь.

Вопрос так и оставался без ответа до программы новостей около 24 часов ночи того же дня. В новостях сообщалось, что с космодрома Капустин Яр Россией в 17.30 на орбиту земли был запущен спутник связи и система наземного позиционирования объектов. Думаю, что именно это и стало причиной наличия шума по всему диапазону. Гипотез существует несколько.

А) В результате «пробоя» озонового слоя носителем, поток заряженных частиц высокой энергии из космоса рванул в лежащие ниже слои атмосферы, неся с собой

радиошум на разных частотах. Так как плотность заряженных частиц довольно высока, то и мощность шума тоже оказалась приличной.

Б) В результате работы ускорителя ракеты носителя образовался тепловой «тоннель» по траектории движения носителя, где в результате высокой температуры газов двигателя и большого давления образовалась зона с уменьшенным количеством атмосферных газов. В верхних слоях атмосферы носитель открыл доступ космической энергии в «тепловую» трубу и энергия ринулась в направлении земли. В результате столкновения с поверхностью земли и молекулами атмосферных газов кислород, азот, углекислый газ возник разный по спектру тепловой радиошум.

В) При работе двигателей ускорителя в результате действия высокой температуры и давления произошла ионизация теплового следа ракеты – носителя повлекшая за собой радиопомехи и изменение отражающих особенностей атмосферы.

Г) При сгорании многокомпонентного топлива ускорителя образовался столб высокоактивных молекул продуктов сгорания топлива, которые своим движением до момента остывания и обуславливали генерацию радиочастот в большом спектре и мощности.

Д) При работе двигателей ракеты в результате дожигания топлива в атмосфере земли образовалась зона разрежения наподобие трубки лампы дневного света или рентгеновской установки, в которой как в генераторной лампе энергетические частицы создавали спектр радиочастот.

Е) Создание ракетой обширной озоновой «дыры» или аномальной зоны, где в пограничном слое атмосферы происходило столкновение частиц высокой энергии с атмосферными газами земли. Результатом таких столкновений мог стать радиочастотный поток, который с

верхней точки атмосферы был направлен в сторону земли по типу конуса.

Так это или нет с уверенностью сказать нельзя, однако спустя полтора суток все восстановилось до привычного уровня. То, что данное явление связано с запуском объектов в космос было подтверждено позже, во время следующего запуска спутника, только уже не с Капустина Яра, а с Байконура (который значительно дальше). Уровень шума при этом был несколько ниже и достигал 57-58. После этого последовал неудачный запуск - и в эфире ничего не изменилось.

Хотелось бы получить информацию на эту тему и от других радиолюбителей или специалистов. Нужна ли нам эта информация или тематика, думаю да, ведь космоагентства (как и Интернет-провайдеры) не согласовывают с радиолюбительскими организациями свои действия, поэтому нам как-то нужно приспособливаться к реалиям жизни.

Следующим аспектом данной статьи являются вопросы атмосферного электричества. Чаще всего мы вспоминаем о нем перед грозой или после нее, когда замолкает трансивер, и тогда мы выражаем свои эмоции в различных выражениях языка которым владеем. Небольшое количество радиолюбителей в этот момент вспоминает конструкцию грозоотметчика А.С.Попова, с мыслью «наверное машинка работала».

Автор работы [1] поделился своими впечатлениями от следующего уникального проявления атмосферного электричества. Произошли описываемые события летом 2010 года, в июле месяце. Стояла очень жаркая погода, о такой в народе говорят «парит на дождь», но барометр показывал аномально высокое давление 780 мм. ртутного столба. По барометру дождя не должно было быть, хотя на горизонте поднимались черные грозовые облака и кое где вспыхивали молнии, но без грома. Дабы не испытывать судьбу и радиоприборы автор отсоединил все

антенные разъемы от станций и вытащил шнуры питания из розеток. С чувством исполненного долга он вышел на улицу, и стал ожидать развития дальнейших событий. Ветер был юго-западный чуть больше умеренного, но грозовые тучи двигались не синхронно с ветром, а опережая его. Видимо, в верхних слоях атмосферы потоки воздуха двигались быстрее. Фронт грозы был достаточно далеко, и пока поводов беспокоиться не было.

По хозяйственным нуждам он зашел в помещение, где стояли трансиверы. Пока занимался хозяйством ничего не замечал, но стоило отвлечься, как услышал равномерное потрескивание. Сначала не понял его происхождения, но когда идентифицировал его с искровым разрядом и пробоем диэлектрика испугался и заинтересовался одновременно. По идее такого происходить не должно было бы, антенны – рабочие, вертикальная высотой 2 по 10 м, штыревая, «четвертушка» на 144, и 42 метровая с подвесом над землей на уровне 7 метров подключались при помощи стандартных 50 омных разъемов.

Каково же было удивление автора статьи, когда на разъеме 40 метровой антенны он увидел периодическое с равным промежутком проскакивание искры между центральным электродом и корпусом разъема (расстояние около 5 мм). Причем искра была не нитевидная, а довольно мощная толщиной где-то 0.5-0.6 мм. Зная напряжение на свече зажигания, где искровой промежуток 0,6-0,7 мм., он не рискнул его измерять, хотя киловольтметр был рядом, уж очень не хотелось повторить судьбу Рихмана. Разъемы вертикального штыря «вертикальный диполь» по 10 м., и ГПшки на 144 никаких признаков наличия высокого напряжения не подавали, и автор решил померить напряжение на них. Сначала подключил киловольтметр, но он ничего не показал, потом

тестер Ц43101, в режиме переменного напряжения уровень был порядка 12-15 вольт, на ГП 2,5-3 Вольта.

Аналогичные показания были при использовании китайского цифрового тестера и лампового вольтметра, между тем на разъеме 40 метровый антенны продолжал происходить пробой воздуха, причем о его наличии свидетельствовало появление запаха озона. Пока он возился с приборами, фронт грозы приблизился почти вплотную. В помещении потемнело, и разряды начали происходить реже с тенденцией к увеличению промежутка между искрами, пока не прекратились совсем. При этом грома и молнии, как таковых, в тот момент не наблюдалось. Через некоторое время грозовой фронт удалился, оставив исследователя в полном недоумении. Почему на одной антенне потенциал был в несколько тысяч вольт, а на рядом стоящих - всего единицы вольт.

Невольно напрашивается вывод о резонансном эффекте в атмосферном электричестве, ведь наблюдаемая антенна имела ярко выраженный резонанс на 40 метровом диапазоне. Вторым объяснением этого явления, наверное, может быть конденсаторный эффект антенны, которая расположена параллельно поверхности земли. Она могла попасть в слой с высокой напряженностью поля, который имел горизонтальную ориентацию, вследствие чего на большой длине антенны накапливался огромный заряд периодически, пробивавший воздушный промежуток. Вертикальная же антенна этот слой пересекала малой площадью и имела значительно меньший заряд.

Имеет право на существование и следующая гипотеза. Как установили недавно ученые, перед разрядом молнии на земле, синхронно с заряженной областью в небе, передвигается пятно с потенциалом высокого напряжения противоположной полярности. В момент превышения определенного порога напряжения с земли в атмосферу происходит «пробой» воздушного промежутка

и создание канала с большой ионизацией газа (так называемый «встречный лидер») куда и устремляется поток энергий, который мы наблюдаем в виде разряда молнии.

Возможна вероятность попадания подвешенной антенны в пятно с потенциалом для пробоя газа, который так и не произошел. Из всего этого напрашивается вывод, а так ли мы хорошо защищены от молнии? Для справки сообщу, что над всем хозяйством автора статьи, в том числе и подвешенной антенной, на высоте 27 метров в верхней точке и 6 в нижних находилась растянутая на четыре стороны заземленная антенна (два перекрещенных диполя), длиной по 41 метру в плече. Эта антенна смонтирована на стальной заземленной ферме в форме квадрата со сторонами 70 на 70 сантиметров, телескопической мачтой высотой 22 метра с 6 ярусами оттяжек.

Литература к разделу 6.3:

1.А.Бобров, UR5ALU, Техногенное влияние на дальность связей, Радиоинформ №№10-12 за 2012 год.

6.4. О рациональном выборе антенны

Автор работы [1] утверждает, что увеличивая мощность передатчика, мы поднимаем уровень сигнала над шумами эфира. В то же время, если сделать наоборот и снизить уровень шума, то мы достигнем такого же результата, но без повышения мощности. Одним из путей снижения шума ионосферы является рациональный выбор антенны.

Если антенна принимает ионосферный шум по кратчайшему пути из зенита, то он будет иметь максимальный уровень. А если прием производится под углом 30 градусов, то путь прохождения этого шума удлинится в два раза, а его уровень уменьшается в четыре раза. Это происходит вследствие того, что величина затухания электромагнитных волн обратно

пропорциональна квадрату расстояния между источником и приемником.

Угол приема в 45 градусов дает выигрыш по уменьшению шума несколько меньше, так как расстояние увеличивается только в 1,41 раза, а квадрат этого числа равен двум. То есть уровень шума ионосферы, приходящий к нам под углом 45 градусов будет в два раза меньше по сравнению шума, приходящего из зенита. Например, если уровень шума из зенита равен 7 балам (или 13 мкВ), то уровень шума приходящего под углом 45 градусов будет на один бал (в два раза или на 6 ДБ) меньше и составит 6,5 мкВ. А уровень шума приходящего под углом 30 градусов уменьшится уже на два бала (в четыре раза или 12 ДБ) и составит уже 3,25 мкВ, или 5 баллов.

Снижая ионосферный шум эфира путем выбора антенны, мы получаем возможность принимать более слабые сигналы дальних радиостанций, утопающие в шуме зенитных антенн. Причем каждый бал снижения шума эквивалентен снижению мощности передатчика корреспондента в четыре раза.

Следует учитывать, что антенна типа «вертикал» принимает шум ионосферы также под углом 45 градусов. Однако, имея круговую диаграмму направленности, эта антенна суммирует это шум со всех сторон и его уровень становится сравнимым с уровнем эфирного шума антенны зенитного приема. Поэтому напрашивается вывод, что для достижения необходимого эффекта нужно иметь антенну с односторонней диаграммой направленности. Одна из таких антенн носит название «Звездный Грааль» и она описана в многотомнике «КВ и УКВ антенны», автор Яцкив и др. Это по своей сути «двойная дельта» с активным питанием с помощью фазирующего отрезка кабеля.

Известно, что величина мощности сигнала извлекаемой из антенны зависит от ее размеров и КПД. Для примера, антенна Бевериджа имеет большие

размеры, но маленький КПД. В то же время фазированная «дельта» по уровню принимаемого сигнала почти на порядок превосходит диполь. Если диполь принимает шум из зенита с уровнем 7 баллов (или 13 мкВ), то нацелив дельту на зенит мы получим 9 баллов с плюсом (плюс 20 ДБ или около 130 мкВ).

В реальных условиях нужно нацелить фазированные «дельты» лепестком диаграммы направленности на горизонт в направлении ДХ-станции. Эту станцию владелец диполя, например, начнет еле-еле принимать среди уровня своих шумов (около 13 мкВ). В то же время, владелец «дельт» примет сигнал этой станции с уровнем 9 баллов с плюсом (около 130 мкВ), но при уровне шума около 7 баллов, т.е. четко и разборчиво. Это происходит потому, что четко выраженный однонаправленный лепесток диаграммы направленности «дельт» принимает ионосферный шум со значительно большего расстояния, чем диполь. К тому же обычно диполя, даже на 80 метров, подвешивают на высоте не более 10 метров от земли (а нужно на высоте не менее 0,25 длины волны). Поэтому такие антенны дополнительно усиливают зенитные шумы, используя землю как отражатель.

Чтобы еще больше прижать лепесток диаграммы направленности к земле нужно увеличить на два метра высоту задней мачты антенны «Звездный Грааль», ее полотнам придать наклон на северо-восток, отводя их внизу от мачт тоже метра на два. Плоскость каждой «дельты» должна быть перпендикулярной условной линии, соединяющей верхушки мачт. Следует иметь ввиду, что каждый градус прижатия лепестка это дополнительный выигрыш в уменьшении уровня шума. Отражение от земли для такой антенны мало влияет на уровень эфирного шума, так как при вертикальной поляризации это отражение значительно меньше, чем при горизонтальной, и сильно зависит от угла падения. У горизонта – максимально, при угле Брюстера – снижается до 10 %, а у

самой мачты снова оно возрастает до половины от максимума. Но под такими углами вертикальные антенны уже не излучают.

При работе на передачу антенн типа «диполь» и фазированных «дельта» получается прирост сигнала около 10 ДБ. Это указывает на то, что такие «дельты» превосходят диполь не только на прием, но и на передачу. Такой эффект равносильен включению хорошего усилителя мощности.

Общая эффективность пропагандируемой антенны зависит не только от ее размеров, но и от конструкции. В прошлом году Петр из Одессы, UT7FF, путем экспериментов установил, что наиболее эффективной фигурой с периметром 84 метра, оказалась «бабочка», причем она лучше простой «дельты» почти вдвое.

Ниша дальнобойщиков наиболее привлекательный вид радиолюбительства. Когда работает дальнобойщик, то большинство остальных радиолюбителей не слышат даже присутствия его корреспондентов. Раньше это их возмущало, теперь по привычке и возмущают их только плюсы, которые щедро раздают дальнобойщики нулевым районам.

Литература к разделу 6.4:

1. В.Жданюк, UR4LOI, О рациональном выборе антенны, Радиоинформ №№18 и 19 за 2010 год.

Техническое пособие для радиолюбителей

под редакцией к.т.н. Валерия Марценюка

*Радиолюбительские антенны:
авторские конструкции из
газеты «Радиоинформ»*

ПП „Радиоинформ”

Свидетельство Госкоминформа Украины

Серия ДК №3445 от 01.04.2009 года.

21014, м.Винница, а/я 13

Подписано к печати 08.07.2019 року.

Бумага офсетная. Гарнітура Arial.

Печать офсетная. Тираж 20 экз.