

Экспериментальная антенна на 432 МГц

Экспериментальная антенна, описанная в [Л], успешно использовалась автором во многих конфигурациях от 5 до 13 элементов в диапазоне 144-146 МГц. Принцип построения такой антенны магнитного типа можно использовать в более широком диапазоне частот, если учитывать некоторые особенности. Во-первых, для обеспечения минимальной расстройки активного вибратора, при размерах элементов и расстояний между ними, полученных в результате расчёта, антенна должна содержать не менее 5 элементов: рефлектор, активный вибратор и три директора. Добавление пассивных директоров сверх указанного их числа (вплоть до получения, в конце-концов, - пирамиды, Hi!) приводит лишь к модификации диаграммы направленности антенны, увеличивая концентрацию энергии в направлении излучения. Преимущества рамочных антенн перед дипольными известны давно: это и пониженная реакция на искровые помехи, большее усиление в расчёте на элемент, меньшая чувствительность к окружающей обстановке, отсюда и возможность установки на меньшей высоте, причём, чем большее количество элементов содержит антенна, тем на меньшей высоте она может быть установлена. В указанной в [Л] статье приводится расчёт элементов антенны с текстом программы на Бейсике. Идёт время и такой расчёт ныне выглядит архаично, поэтому автор решил перенести его в среду Excel, тем более, что этот расчёт “работает” во всём диапазоне УКВ 50...1500 МГц и может быть применён для расчёта не только радиолюбительских антенн, но и антенн для приёма телевидения и радио, использоваться для расчёта антенн в УКВ профессиональной связи. С уменьшением расчётной частоты антенны (на КВ), ошибка в приводимом расчёте увеличивается за счёт уменьшения полосы пропускания антенны и требуется обязательное применение измерительной аппаратуры для небольшой коррекции длин элементов и их взаимного расположения для более точной настройки, согласования. С увеличением частоты, полоса пропускания антенн становится шире и ошибка расчёта уменьшается, что приводит к удовлетворительным результатам, при изготовлении антенны только по расчёту, без применения измерительной аппаратуры, применение которой, однако, приветствуется. Поскольку, с увеличением частоты, усиление антенн падает, приходится увеличивать количество элементов в них, поэтому автором в расчёт было добавлено количество пассивных вибраторов (директоров), конструктор сам ограничит число элементов антенны, согласно своим потребностям, хотя расчёт выполняется полностью для 30-элементной антенны. В расчёт вводится лишь резонансная частота антенны и количество элементов (от 5 до 30, включительно) – последнее вводное влияет лишь на подсчёт длины траверсы антенны. В конце расчёта имеется строка, в которую следует ввести периметр последнего из директоров в выбранной конфигурации антенны, например, в двадцатиэлементном варианте - это будет периметр 18-го директора. После ввода и клика левой клавишей мыши на любую другую ячейку, в нижеследующей строке получим результат – длину необходимого для изготовления антенны провода в метрах для выбранного количества элементов. Программка в среде Excel очень проста и поэтому не имеет, так называемой “защиты от дурака”, следует быть внимательными: ввод расчётной частоты (обязательно в килогерцах) ниже 50 МГц и выше 1500 МГц приведёт лишь к получению примерных размеров антенны, требующих уточнения на практике. Ввод количества элементов менее 5 и свыше 30 не имеет смысла, так как, в первом случае, придётся уточнять все размеры по приборам, а во втором – будет выход за пределы расчёта. Строка с вводом периметра последнего из применяемых в выбранной конфигурации директора специально поставлена в конец расчёта, ввод значений здесь влияет только на подсчёт количества провода, необходимого для изготовления антенны, если этот параметр не нужен, его можно и не вводить, не обращая внимания на результат в последней строке.

Приводимое здесь описание антенны восходит своими корнями к [Л] и все возникающие вопросы могут быть отнесены туда же, размеры элементов антенны взяты из расчёта, вытекающего из конфигурации данного типа антенны, проверенного на практике.

Антенна предназначена для работы в начальном участке 70-сантиметрового диапазона, где расположены DX окна, участки для работы CW и SSB, входные частоты старых ИСЗ, например, АО-7, однако, антенна достаточно широкополосна (ещё одно преимущество рамочной антенны перед дипольной при большом количестве элементов) и позволяет, с тем или иным успехом, работать и в участке диапазона, отведённом для проведения QSO через ИСЗ (435-436 МГц). Конечно, для получения более значимых результатов в каком-либо участке диапазона лучше сделать резонансной частоту в его центре (скорректировать все размеры антенны), а остальные частоты диапазона – второстепенными. Для этого и приводится расчётная таблица, которая, я надеюсь, будет доступна для скачивания с сайта журнала.

КСВ антенны не превышает 2 в полосе 4 МГц. Элементы антенны выполнены из жил силового 3-х фазного кабеля диаметром 2...3 мм, лучше медных (можно и алюминиевых). Изоляция с проводов не снимается и служит цветовым ориентиром при сборке антенны, разница в размерах директоров через два становится более заметной и расцветка может повторяться. Конструкция антенны может повторять конструкцию, описанную в [Л] – на рыболовных лесках, но может быть и жёсткой. Для этого на траверсе устанавливают диэлектрические “элементы”, как, например, это делается во многоэлементных дипольных антеннах Yagi, только длина диэлектрических “элементов” будет вдвое короче дипольных, и крепят к торцам диэлектрика элементы антенны в средней их части, например, бандажом. Настройку антенны можно производить по максимуму сигнала маячка диапазона 70 сантиметров, расположенного на расстоянии не менее 10 длин волн резонансной частоты антенны, в центральной части основного лепестка диаграммы направленности антенны. Для настройки требуется небольшое перемещение лишь рефлектора и первого директора относительно активного вибратора. В большинстве случаев достаточно переместить первый директор по минимуму КСВ.

Пользоваться прилагаемой таблицей просто: устанавливаем рамочный курсор на клетку с указанием резонансной частоты антенны и вводим её значение в килогерцах, например, 432200, переводим курсор через строчку для указания количества элементов антенны, например, 20, затем курсор убираем на любую клетку, например, G3. Расчёт оказывается выполненным полностью для 30-ти элементной версии рамочной антенны разработки UA9LAQ; берём размеры только для введённого количества элементов, остальные – опускаем, в конце таблицы указывается длина траверсы антенны для введённых: резонансной частоты и количества элементов (между центрами рефлектора и последнего директора). Дополнительно в таблице приведена длина волны для введённой частоты и длины сторон элементов (периметры элементов и расстояния между ними – основные данные). Расстояния между всеми директорами одинаковые и определяются расчётным путём через длину волны введённой резонансной частоты антенны. При необходимости оптимизации антенны под какую-то конкретную частоту или диапазон частот, следует произвести расчёт, пользуясь прилагаемой таблицей, расположенной в среде Excel, затем данные вставить в эмулятор, например, MMANA и производить дальнейшую оптимизацию антенны до тонкостей. Антенна относится к рамочным с удлинённой траверсой, её усиление составляет порядка 16 дБ (к диполю), ширина лепестка в горизонтальной и вертикальной плоскостях - не более 30 градусов, подавление заднего лепестка 25...30 дБ. Антенна может использоваться как при вертикальной, так и горизонтальной поляризации, для этого достаточно лишь поворачивать активный вибратор в его плоскости на 90 градусов. Входной импеданс антенны близок к 50 Ом на резонансной частоте (чуть ниже) и устанавливается по наименьшему значению КСВ, путём перемещения первого директора относительно активного вибратора (в основном),

перемещение остальных директоров влияет тем меньше, чем дальше находится директор от активного вибратора. Влияет на согласование и положение рефлектора, но его желательно установить по максимуму принимаемого сигнала от маячка, а уж затем, не трогая рефлектор, двигать первый директор для наилучшего согласования.

При непосредственном подключении несимметричного кабеля к симметричному вибратору антенны, её диаграмма направленности несколько “косит”, т.е., линия, проходящая через центр основного лепестка диаграммы направленности, не совпадает с физической осью антенны в продольном направлении, как правило, на это мало обращают внимания, ведь антенна работает, а занимаясь симметрированием можно потерять значительную мощность, израсходовать дополнительно материалы и средства на их приобретение...Простой способ симметрирования можно осуществить, расположив в месте подключения фидера к антенне бухточку из того же кабеля, которым питается антенна, навить её на оправке диаметром 70...100 мм, количество витков 5...9, бухточку стянуть стяжками из диэлектрика, например, кабельными. У самого места подключения, можно надеть на кабель кольцо (несколько колец) проницаемостью не выше 50, что позволит снизить излучение оплётки кабеля, что приведёт к уменьшению помех соседствующей радиоприёмной аппаратуре (на передачу) и снижению уровня локальных помех (на приём)- второе кольцо, с аналогичным назначением, можно надеть на кабель в месте подключения к приёмопередатчику. При описании антенн, авторы мало внимания уделяют допустимым мощностям, подаваемым в фидеры, антенны, в результате – плавится изоляция кабеля, ухудшаются контакты в местах паяк, в результате – изменяется волновое сопротивление фидера, что ведёт к рассогласованию их с антеннами, возникают искровые промежутки на оплавленных частях кабеля между центральной жилой и оплёткой, которые “работают” на создание TVI и VCI (помех телевидению и радиовещанию), таким же образом, помогают и оплавленные пайки. Посчитаем: при КСВ=1 имеет место активное сопротивление нагрузки на резонансной частоте антенны, поэтому можно производить простые расчёты как на постоянном токе (по аналогии), имея в виду действующее напряжение, ток и мощность ВЧ энергии, и, не забывая об их импульсных (амплитудных) значениях. Итак: допустим, входное сопротивление антенны (импеданс) равно 50 Ом, т. е., отношение между напряжением и током, согласно закону Ома, будет равно 50, что, при подводимой к антенне мощности в 1 кВА, даст напряжение всего 20 В, при токе 50 А...Для эксперимента, можно взять два автомобильных 130...180 А*час заряженных аккумулятора, соединить их последовательно и подключить к ним центральную жилу коаксиального кабеля (один конец к плюсу, другой – к минусу), которым Вы намереваетесь запитать антенну, рассчитанную на работу в паре с выходным каскадом РА 1 кВт. Очевидно, что жила тонкого кабеля, просто расплавится, а это значит, что тонкий кабель здесь не годится, и диаметр центрального проводника коаксиального кабеля должен быть более 1 мм. Кроме того, у толстого проводника меньше омическое сопротивление, а значит и затухание РЧ энергии в коаксиальной системе кабеля. На высоких частотах, начинает сказываться и увеличение потерь в диэлектрике кабеля, отсюда, необходимо использовать для питания антенны кабель минимальной длины, что скажется и на кошельке, поскольку хороший толстый 50-омный кабель стоит немалых денег. Поведение самих проводников, из которых состоит активный вибратор антенны, можно также предсказать, взяв, например, по аналогии мощную осветительную лампочку. Что светит?! Раскаляется?! Если изготовить, например, элементы антенны из провода диаметром меньше 1 мм, для обеспечения теоретически малой полосы пропускания (для увеличения усиления антенны), то, при подаче значительной мощности на активный вибратор такой антенны, можно получить, как минимум, - уход резонансной частоты вибратора вниз, из-за нагрева и рассогласование антенны, как максимум, - плавление вибратора, со всеми вытекающими отсюда последствиями, как для антенны, РА и для Вас, как владельца РЧ установки. Поэтому элементы антенны, несмотря на расширение полосы пропускания, увеличение массы антенны, изготавливают из

проводников, обладающих не только достаточной механической прочностью, но и способностью противостоять большим деформациям при нагреве, служить радиатором не только РЧ колебаний, но и теплового излучения. Все пайки к активному вибратору (да и соединения во всех замкнутых рамочных элементах антенны) должны быть идеальными, обеспечивающими минимальное сопротивление и защищёнными от внешних погодных воздействий. Небольшой пример: источником помех телевидению оказался последний 11 директор антенны на 145 МГц, свёрнутый в рамку: он был замкнут простым сворачиванием плохо зачищенных в спешке концов рамки - искровой передатчик поработал на славу...

После расчёта антенны с необходимым количеством элементов в прилагаемой Excel таблице, необходимую информацию можно “отсечь” при печати: нажав на левую клавишу “мыши”, протягиваем курсор слева-сверху направо-вниз (по диагонали), отмечая необходимую информацию. Затем, при печати, выбираем “напечатать выделенный диапазон”. При полной печати таблицы потребуется два листа формата А4. В таблице Excel справа приведён графический пример рассчитанной 13-элементной рамочной антенны на частоту 145500 кГц из [Л]. Отдельного рисунка антенны, описанной в данной статье не приводится, так как, он мало что добавит к тому, о чём написано и здесь и в [Л], а лишь займёт место в журнале – элементов много – рисунок получится вытянутым. В таблице Excel вычисления обладают точностью большей, чем необходимо на практике, цифры оставлены без округления, которое предоставлено сделать ЭВМ по её возможностям, что позволит конструктору сделать вывод: увеличивать длину проводника элемента на 1 мм по последующей значащей цифре (если она, например, 8), или оставить как есть (если следующая цифра, например, 1).

Размеры (с точностью до 1 мм) 20-элементной антенны с резонансной частотой 432200 кГц приведены ниже.

№№ элем.	Периметр, мм	Сторона, мм	Расстояние до предыдущего элемента, мм
1	R - 773	R - 193	-
2	A - 705	A - 176	RA - 138
3	1D - 667	1D - 167	A1D - 104
4	2D - 660	2D - 165	1D2D - 172
5	3D - 653	3D - 163	2D3D - 172
6	4D - 646	4D - 162	3D4D - 172
7	5D - 640	5D - 160	4D5D - 172
8	6D - 633	6D - 158	5D6D - 172
9	7D - 626	7D - 156	6D7D - 172
10	8D - 619	8D - 155	7D8D - 172
11	9D - 613	9D - 153	8D9D - 172
12	10D - 606	10D - 151	9D10D - 172
13	11D - 599	11D - 150	10D11D - 172
14	12D - 592	12D - 148	11D12D - 172
15	13D - 586	13D - 146	12D13D - 172
16	14D - 579	14D - 145	13D14D - 172
17	15D - 572	15D - 143	14D15D - 172
18	16D - 565	16D - 141	15D16D - 172
19	17D - 559	17D - 140	16D17D - 172
20	18D - 552	18D - 138	17D18D - 172
Длина траверсы по центрам крайних элементов (рефлектор – 18 директор)– 3166 мм			

Примечание: R-рефлектор, A-активный вибратор, D-директор с его порядковым номером

Литература:

1. Беседин В. Экспериментальная антенна на 145 МГц. КВ журнал, 1998, № 3, стр. 22...30
2. Беседин В. Экспериментальная антенна на 145 МГц. Радиолобитель. КВ и УКВ., 1998, № 5, стр. 31.
3. Беседин В. Экспериментальная антенна на 145 МГц. http://cqham.ru/ant_e1.htm

Виктор Беседин (UA9LAQ)