

## ЕЩЕ ОДИН ВАРИАНТ ВЕРТИКАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОЙ АНТЕННЫ

В предыдущей статье автора (В. Поляков. Вертикальная направленная антенна. "КВ журнал", № 5, 1998 г., с. 27—31) была подробно описана двухэлементная направленная антенна, состоящая из двух активных вертикальных вибраторов. В процессе экспериментов с ней был придуман и другой способ питания вертикальных вибраторов, без применения четвертьволновой двухпроводной линии. Может быть, это в какой-то мере возврат к старому и известному, тем не менее антенна заработала, легко настраивалась, показала неплохие результаты и была использо-

вана практически. Предлагаем эту конструкцию на суд читателям.

По идеологии эта антенна по-прежнему является ZL-бимом с двумя близко расположенными вертикальными полуволновыми вибраторами, питаемыми почти в противофазе (фазовый сдвиг токов в вибраторах около  $215^\circ$ ). Изменения касаются способа питания вибраторов. Обратимся к рис. 1, где показан неразрезной полуволновый вибратор и распределения тока  $I$  и напряжения  $U$  в нем. Графики этих распределений почти точно соответствуют отрезкам синусоид. В точке  $X$ , смещенной на некоторое расстояние от середины вибратора, его сопротивление, в полном соответствии с законом Ома, определяется отношением напряжения к току,  $R=U/I$ . Оно равно нулю в середине вибратора (поскольку здесь напряжение обращается в нуль) и возрастает пропорционально  $\operatorname{tg}(2\pi X/\lambda)$  при смещении точки питания на расстояние  $X$  от середины вибратора. Таким способом, кстати, осуществляется питание антенны Windom однопроводным фидером с сопротивлением около 600 Ом. Нам же понадобится сопротивление около 25 Ом, поэтому смещение точки питания от середины вибраторов будет очень незначительным.

Электрическая схема предлагаемой антенны с ориентировочными размерами, приведенными в длинах волн, показана на рис. 2. Кабель питания с волновым сопротивлением 50 Ом подключается к точкам Y-Y, обеспечивая их противофазное возбуждение. Эти точки

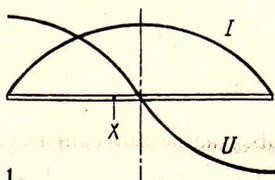


Рис. 1

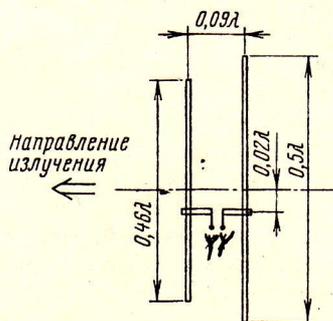


Рис. 2

2

соединяются короткими "толстыми" отрезками проводников с точками питания вибраторов Х-Х. "Толстые" проводники нужны здесь для понижения их индуктивного сопротивления, которое, впрочем, будет скомпенсировано при настройке антенны, и как выяснилось, существенного влияния не оказывает. Для питающего фидера входные сопротивления вибраторов включены последовательно, вот поэтому-то входное сопротивление вибраторов в точках Х-Х и должно быть около 25 Ом. С равным успехом антенну можно согласовать и с 75-омным кабелем, просто расстояние от середины вибраторов до точек Х-Х будет чуть-чуть больше.

Если бы вибраторы были одинаковыми, они возбуждись бы точно в противофазе и антенна излучала бы плохо, с диаграммой направленности из двух одинаковых лепестков вперед и назад. Для необходимой фазировки передний вибратор сделан несколько короче полуволны, а задний — несколько длиннее (как и полагается рефлектору). Электрические длины вибраторов на рис.2 приведены с учетом "естественного" укорочения вибраторов, имеющих конечную толщину. Укорочение переднего вибратора дает сдвиг фазы около  $16^\circ$  ( $0,045\lambda$ ) в сторону опережения, а удлинение заднего — такой же фазовый сдвиг в сторону отставания. Расстояние между вибраторами составляет  $0,09\lambda$ , поэтому волна, излученная передним вибратором назад, оказывается точно противофазной волне, излученной назад задним вибратором, и обе волны оказываются скомпенсированными. Поэтому излучение назад отсутствует. Разность фаз между волнами, излучаемыми обоими vibra-

торами вперед, составляет более  $60^\circ$ , и эти волны не компенсируются, образуя направленное излучение.

Описанная антенна была смоделирована в диапазоне 430 МГц следующим образом: на пластинке фольгированного стеклотекстолита размерами  $7 \times 80$  мм в середине фольга была прорезана и туда был припаян кабель (точки У-У), оплеткой в сторону рефлектора (так удобнее называть задний, более длинный вибратор). Вибраторы были изготовлены из медного провода диаметром 1,8 мм и крепились к стеклотекстолитовой планке пружинящими скобочками (точки Х-Х), так, чтобы вибраторы можно было передвигать по вертикали. Таким передвижением, или смещением точек Х-Х, удавалось достичь  $K_{СВ}=1$  на рабочей частоте. Подавление излучения назад достигалось подбором длин вибраторов. Вот что получилось после настройки: выигрыш антенны по сравнению с одиночным полуволновым вибратором составил 5 дБ. Диаграммы направленности в вертикальной и горизонтальной плоскостях показаны на рис.3. Они очень типичны для двухэлементной антенны и никаких особенностей не имеют. Угол раскрытия диаграммы по половинной мощности составляет  $110^\circ$  в горизонтальной плоскости (по азимуту) и  $90^\circ$  в вертикальной плоскости (по углу места). В последнем случае сказываются направленные свойства самих вибраторов, добавляющиеся к направленным свойствам системы излучателей. Оценка выигрыша по диаграмме направленности дает значение 6,5 дБ по отношению к изотропному излучателю, что достаточно хорошо соответствует приведенной выше цифре.



Получив эти результаты, было решено построить портативную разборную антенну для работы в полевых условиях на диапазоне 10 м. Ее эскиз приведен на рис.4. Антенна поднималась на телескопической мачте высотой 6,5 м, изготовленной из отрезков дюралюминиевых труб диаметром от 24 до 35 мм. Чтобы мачта не возбуждалась полем излучения антенны, ее длина не должна быть кратной четверти длины волны. Хотя это положение экспериментально и не проверялось, заметного влияния мачты указанной высоты на работу антенны отмечено не было. Можно использовать и диэлектрические мачты любой высоты. Мачта фиксировалась в вертикальном положении растяжками из полиамидного рыболовного шнура. На верхнем конце мачты была закреплена пластина из толстого (15 мм) органического стекла (изолятор), к которой болтами крепились горизонтальные части питающей линии. Они были изготовлены из дюралюминиевого П-образного профиля сечением 35x20 мм. Размеры профиля некритичны, лишь бы он обеспечивал достаточную механическую жесткость крепления вибраторов. Под болты крепления профиля к изолятору были подложены лепестки, к которым припаивался кабель. Для уменьшения затекания токов на оплетку кабеля, на него были надеты два ферритовых кольца. Электрического контакта с мачтой кабель не имел.

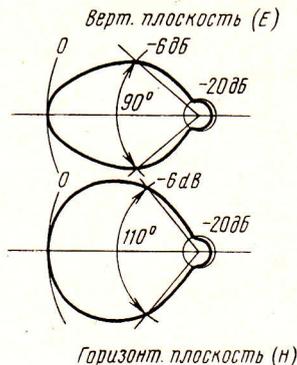


Рис. 3

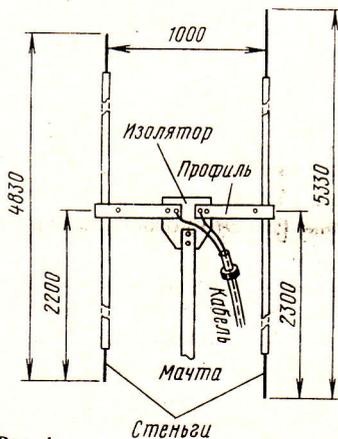


Рис. 4

Вибраторы были изготовлены из двух дюралюминиевых трубок диаметром 14 и длиной 3000 мм. С обоих концов вибраторы надставлялись стеньгами из более тонкой и очень легкой трубки. Стеньги можно было передви-

гать и фиксировать винтами, регулируя длину вибраторов. К концам профилей (в точках X-X) вибраторы крепились обжимками из мягкого дюралюминия и винтами с резьбовым отверстием в профиле. Пока винты не зажаты, вибраторы можно было передвигать по вертикали с некоторым усилием, держа за нижнюю стеньгу.

4

Настройка антенны свелась к подбору длин вибраторов выдвиганием и вдвиганием нижних стеньг. При этом контролировалась диаграмма направленности. Практически это удобно делать при приеме какой-либо радиостанции, сигнал от которой стабилен и приходит земной волной. Вращая мачту, наблюдают диаграмму направленности. Автор, экспериментируя на садовом участке в 60 км от Москвы, принимал радиостанцию московской "Службы спасения" в СВ диапазоне 27 МГц, и получил разницу при приеме "спереди" и "сзади" в 4...5 баллов (до 30 дБ). Затем размеры вибраторов были укорочены на 4% для перестройки на 28 МГц. Получив приемлемую диаграмму, передвигают вибраторы по вертикали до получения хорошего КСВ в питающем фидере. Вибраторы при этом расстраиваются мало, но все же операции по формированию диаграммы и согласованию лучше повторить последовательно несколько раз. Это можно делать в рабочем положении антенны, может быть приспустив мачту на одно колено, поскольку достать для регулировки надо только до нижних стеньг обоих вибраторов. Ни в коем случае нельзя дотрагиваться до стеньг при включенном передатчике, поскольку на концах вибраторов находятся пучности (максимумы) напряжения и можно получить высокочастотные ожоги. К тому же и антенна расстраивается даже при поднесении рук к концам вибраторов. После регулировки антенну опускают, затягивают все крепежные винты и поднимают снова в рабочее положение.

Размеры, приведенные на рис.4, получены уже после настройки антенны. Чтобы проверить повторяемость ре-

зультатов, другой раз антенна была собрана на земле по приведенным размерам и поднята без настройки. Отношение излучения вперед/назад получилось около 25 дБ, а КСВ менее 2. Потребовалась лишь небольшая подстройка КСВ перемещением вибраторов по вертикали в их креплениях.

С этой антенной был проведен эксперимент по приему сигналов скандинавских маяков в один из дней, когда прохождения на 10-метровом диапазоне и в помине не было. Настроив приемник на 28,268 МГц и направив антенну на северо-запад, автор полтора часа терпеливо слушал чистейший шум эфира. Надо сказать, что эксперимент проходил в достаточно "тихом" месте, где шум эфира, приведенный к 50-омному входу приемника, составил 0,08...0,1 мкВ в SSB полосе 2,4 кГц. Терпение было вознаграждено тремя, одной сильной и двумя более слабыми "вспышками" сигнала финского маяка ОН9ТЕН, излучающего 20 Вт вертикальной всенаправленной антенной. "Вспышки" длились от одной до четырех секунд, и никакого сомнения нет,

что это были отражения сигнала от спорадических метеорных следов. Последующие расчеты дали значения затухания метеорного сигнала на этой трассе порядка 170...180 дБ, т.е. величину, которую вполне можно перекрыть, используя излучаемую мощность в несколько десятков ватт, чувствительные приемники и простейшие направленные антенны, подобные описанной. Таким образом, метеорная связь на "десятке" вполне возможна!

**Владимир Поляков (RA3AAE)**

г. Москва.