

Операторы низкочастотных диапазонов 160 и 80 метров постоянно стремятся улучшить прием на своих станциях. Проблема в том, что эффективные при передаче антенны (например, высокая вертикальная мачта) собирают при приеме слишком много помех. Эффективность приемной антенны не имеет решающего значения, поскольку уровень и сигналов, и помех на низкочастотных диапазонах весьма велик и к тому же не составляет особого труда применить маломощный транзисторный предварительный усилитель.

Ферритовая магнитная антенна не слишком хороша в этом отношении, хоть и обладает некоторой направленностью, имея два нуля в своей диаграмме направленности (ДН) в форме лемнискаты (похожей на "восьмерку"). Ферритовую антенну приходится располагать внутри помещения, где велик уровень помех. Вынесенная наружу рамочная антенна в этом отношении несколько лучше, но ее ДН такая же, и в лучшем случае позволяет лишь ослабить помехи от удаленного локализованного источника, направив на него ноль ДН.

По-настоящему направленной приемной антенной низкочастотных диапазонов является антенна бегущей волны (АБВ) Бевереджа, представляющая собой провод длиной в несколько длин волн, расположенный низко над землей. Однако немногие радиолюбители могут позволить себе роскошь соорудить несколько антенн длиной в полкилометра, протянутых в разных направлениях!

Вопросы создания антипомеховых направленных приемных антенн СДВ и ДВ диапазонов обсуждались еще в фундаментальной работе [1]. В частности, было показано, что комбинация рамочной и "статической" (вертикальной всенаправленной) антенн дает ДН в виде кардиоиды. Благодаря ослаблению приема с некоторых направлений отмечалось значительное снижение уровня помех.

EWE-антенна. В связи со сказанным огромный интерес вызвала публикация WA2WVL об антенне под названием EWE [2]. Имея небольшие размеры и высоту, она тем не менее имеет весьма неплохую ДН, близкую к кардиоиде. В течение примерно года антенну EWE построили многие коротковолновики, поступили хорошие отзывы, а WB2P предложил использовать четыре такие антенны, совмещенные в точке питания, для переключения ДН на разные направления. В следующей публикации [3] WA2WVL использовал эту идею, построив антенну, показанную на **рис. 1**.

Приемник подключают к антенне 50-омным коаксиальным кабелем через согласующий трансформатор Т1 с коэффициентом трансформации 3, следовательно, входное сопротивление фидера со стороны антенны повышается в 9 раз, до 450 Ом. С помощью четырех реле, нормально разомкнутые контакты которых показаны на рисунке, к трансформатору подключают одну из четырех антенн, ориентированную в нужном направлении.

Каждая из антенн представляет собой прямоугольник высотой 3 и длиной 15 м, к одной из вертикальных сторон которого подключен трансформатор, а к другой — резистор. Вторые выводы транс-

Направленные приемные антенны низкочастотных диапазонов

По материалам иностранной печати и Интернета

форматора и резистора заземлены. Конструкция очень напоминает уменьшенную копию антенны Бевереджа с той лишь разницей, что размеры антенны значительно меньше длины волны. Кроме того, максимум приема оказывается со стороны трансформатора, а не резистора.

Диаграмма направленности антенны, рассчитанная с учетом присутствия трех других отключенных антенн, показана на **рис. 2**: а — в вертикальной плоскости; б — в горизонтальной. Эта ДН типична для всех подобных антенн, в том числе и описанных ниже. Максимального подавления приема сзади, со стороны резистора, добиваются его точной подборкой. Сопротивление резистора может изменяться от 400 Ом до нескольких килоом. Антенна очень широкополосна, ее ДН и входное сопротивление сохраняются более чем в четырехкратной частотной полосе. На передачу антенна работает плохо из-за низкого КПД.

В авторском варианте антенна была установлена на пяти деревянных столбах, для заземлений служили металличе-

ские трубы, забитые в землю примерно на 1,2 м. Автор утверждает, что из-за высокого импеданса антенны сопротивление заземлений практически не влияют на ее работу. Трансформатор Т1 был намотан на кольце диаметром около 12,5 мм из феррита с магнитной проницаемостью 850. Обмотка содержала 11 витков сложного втрое провода. Три получившихся обмотки были соединены последовательно, как показано на **рис. 1**, и к первому из отводов был подключен коаксиальный разъем фидера XW1.

Несколько позже автор построил еще одну такую же антенную систему примерно в 60 метрах от первой и включал их как фазированную антенную решетку, получив еще больший коэффициент направленного действия (КНД) в диапазоне 160 метров. Подробнее об этом рассказано в [3].

Рамки K9AY. Экспериментируя с направленными приемными антеннами низкочастотных любительских диапазонов и моделируя антенны на компьютере, Gary Breed (K9AY) предложил очень компактную конструкцию из двух нагружен-

ных рамок, поднимаемых на одной мачте [4]. С помощью реле, установленных у основания мачты, удастся переключать кардиоидную ДН на четыре различных направления. Сравнительные размеры антенной системы из четырех EWE с длиной лучей по 12 м и рамок K9AY показаны на **рис. 3**. Сами рамки имеют дельтаобразную форму, причем, как сообщает автор, форма и размеры не слишком критичны. У основания мачты рамки заземлены, что обеспечивает грозозащиту и уменьшает уровень помех. Стержень заземлителя с успехом служит основанием мачты, саму же ее предпочтительнее выполнить из изоляционного материала.

Эскиз одной рамки приведен на **рис. 4**, высота верхней точки равна 7,5 м, боковые стороны оттянуты на 4,5 м, причем углы находятся на высоте 1,5 м. Можно, как показано на рисунке, обойтись и совсем без мачты, подвесив верхнюю точку антенной системы за ветку дерева, например, с помощью веревки. В углах рамки удобно использовать оreshkovye изоляторы с отверстиями. Нижние концы проводов рамок оттянуты к заземляющему стержню также с помощью оreshkovykh изоляторов, оставшиеся после привязки изоляторов концы проводов направлены в водонепроницаемую коробку с реле и согласующим трансформатором, подобным описанному выше.

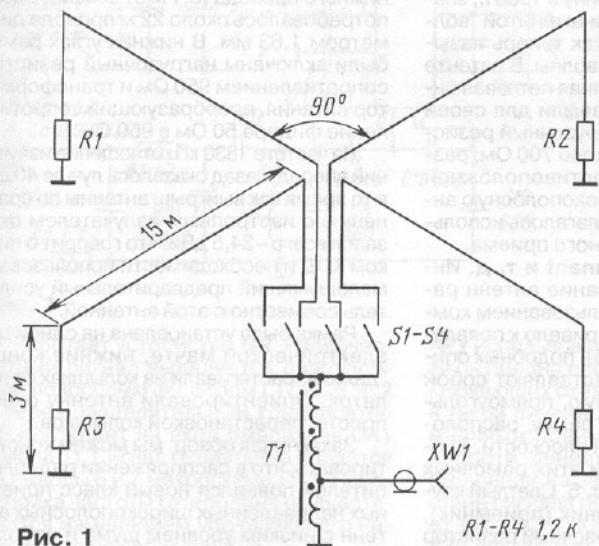


Рис. 1

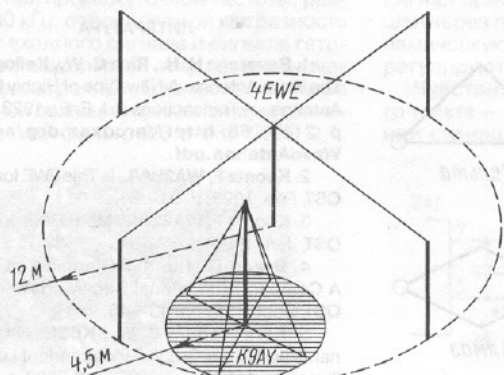


Рис. 3

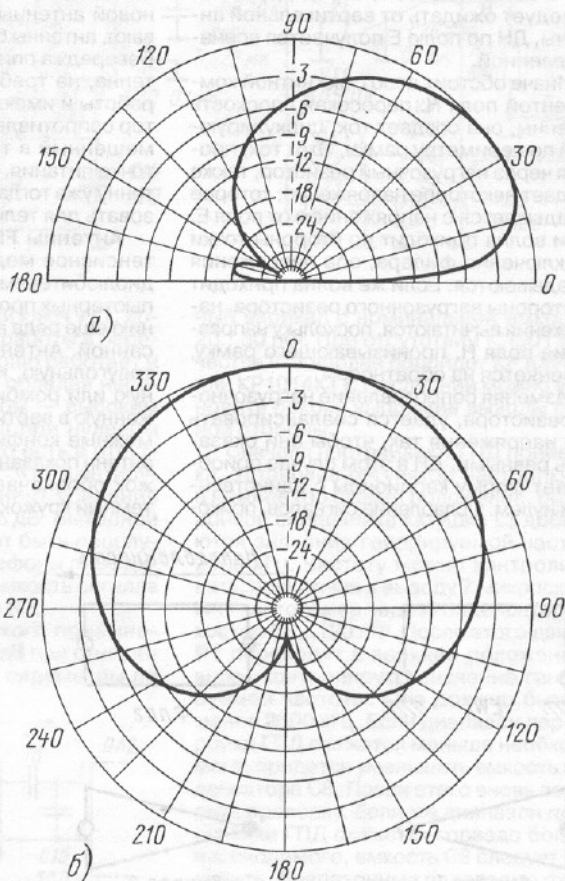


Рис. 2

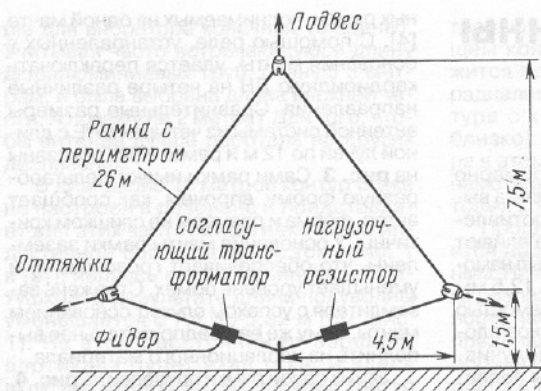


Рис. 4

Объясняя принцип действия антенны, автор отмечает ее сходство с направленными ответвителями, широко используемыми в технике ВЧ и СВЧ, в частности, в измерителях КСВ. Если EWE антенна представляет собой полурамку, обратным проводом которой служит земля, то петля K9AY является полной рамкой, но принцип действия их очень похож. Антенны реагируют как на электрическую E, так и на магнитную H компоненту приходящего электромагнитного поля.

Для электрической компоненты поля антенны ведут себя как короткие вертикальные, создавая некоторое напряжение в точке подключения фидера. Как и следует ожидать от вертикальной антенны, ДН по полю E получается всенаправленной.

Иначе обстоит дело с магнитной компонентой поля H: пересекая плоскость антенны, она создает ток, циркулирующий по периметру рамки. Этот ток, проходя через нагрузочный резистор, также создает некоторое напряжение, которое складывается с напряжением от поля E. Если волна приходит со стороны точки подключения фидера, оба напряжения складываются. Если же волна приходит со стороны нагрузочного резистора, напряжения вычитаются, поскольку направление поля H, пронизывающего рамку, изменяется на обратное.

Изменяя сопротивление нагрузочного резистора, удастся сбалансировать оба напряжения так, чтобы они оказались равными. ДН в этом случае приобретает форму кардиоиды с единственным нулем. Ослабление сигналов, при-

ходящих со стороны нагрузочного резистора, может превосходить 40 дБ, что составляет более 6 S-единиц по шкале силы сигнала!

Нуль ДН не находится в плоскости земли, а, как показывает компьютерное моделирование, приподнят на угол от 20 до 55° в зависимости от конфигурации антенны и свойств грунта. Короткая и высокая петля дает нуль ДН под углом возвышения 30...40°. Это способствует ослаблению QRM от местных станций.

Существенной и необходимой частью антенны K9AY является заземление. В за-

висимости от параметров грунта может потребоваться небольшая подстройка сопротивления нагрузочного резистора. Земля не обязательно должна обладать потерями, как в случае антенны Бевереджа. Рамка имеет направленность даже над идеально проводящей землей. Это означает, что антенна работает при практически любых параметрах почвы.

В комментариях, следовавших за опубликованием статьи [3], W6FA сообщил, что прародителем всех нагруженных петлевых антенн следует считать того же Гарольда Бевереджа, запатентовавшего подобную антенну в 1938 г., значительно позже своей знаменитой "волновой антенны", или, как теперь называют, антенны бегущей волны. В патенте Бевереджа описана полная петлевая антенна, не требующая земли для своей работы и имеющая нагрузочный резистор сопротивлением около 700 Ом, размещенный в точке, противоположной точке питания. Эту широкополосную антенну уже тогда предполагалось использовать для телевизионного приема.

Антенны Flag, Pennant и т. д. Интенсивное моделирование антенн радиолушителями с использованием компьютерных программ привело к появлению еще ряда антенн [5], подобных описанной. Антенны представляют собой треугольную, квадратную, прямоугольную или ромбическую рамку, расположенную в вертикальной плоскости. Возможные конфигурации этих рамочных антенн показаны на рис. 5. Светлый кружок обозначает источник (приемник), темный кружок — нагрузочный резистор

сопротивлением от 400 Ом и выше, обычно около 900 Ом. Примерно таким же получается и входное сопротивление антенны. Диаграмма направленности — кардиоиды, направление приема — со стороны источника.

Для работы в диапазоне 160 метров антенны типа Flag (Флаг), оба варианта Pennant (Вымпел) и Diamond (Алмаз) имеют размеры 4,3 в высоту и 8,8 м в длину. Антенна Delta (Дельта) имеет высоту 5,2 и длину 8,4 м.

По сравнению с EWE и петлей K9AY эти антенны обладают существенным отличием — они не требуют заземления, хотя располагаются сравнительно низко, на высоте около 2 м над поверхностью земли. Уменьшение высоты до 0,3 м практически мало сказывается на характеристиках антенн.

Антенны изготавливались в разных версиях и с различными размерами, например, JF1DMQ уменьшил размеры до 1×5 м. Антенны хорошо работают также и в диапазонах 80 и 40 метров. Особо радиолушителями отмечается малый уровень шума этих антенн.

Как пример, рассмотрим треугольную "дельту", использованную FO0AAA для приема в диапазоне 160 м [6]. Нижний горизонтальный провод имел длину 8,54 м и располагался на высоте 0,9 м над поверхностью земли. Высота треугольной рамки составила 5,2 м, считая от нижнего провода (6,1 м от земли). Всего потребовалось около 22 м провода диаметром 1,63 мм. В нижних углах рамки были включены нагрузочный резистор сопротивлением 950 Ом и трансформатор питания, преобразующий сопротивление фидера 50 Ом в 950 Ом.

На частоте 1830 кГц отношение излучений вперед/назад оказалось лучше 40 дБ, в то время как выигрыш антенны по сравнению с изотропным излучателем оказался всего -34,5 дБ, что говорит о низком КПД и необходимости использовать маломощный предварительный усилитель совместно с этой антенной.

Рамка была установлена на одной диэлектрической мачте, нижние концы "дельты" растягивали на кольцах от палаток. Ориентировали антенну очень просто: перестановкой кольщиков.

Заканчивая обзор, мы можем констатировать, что в распоряжении радиолушителей появился новый класс приемных направленных широкополосных антенн с низким уровнем шума и небольшими габаритами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beverage H. H., Rice C. W., Kellogg E. W. The Wave Antenna. A New Type of Highly Directive Antenna. — Transactions A. I. E. E., 1923, vol. 42, p. 215—266. <http://nrcdxas.org/articles/WaveAntenna.pdf>.
2. Koontz F, WA2WVL. Is This EWE for you? — QST, Feb. 1995, p. 31—33.
3. Koontz F, WA2WVL. More EWEs for you. — QST, Jan. 1996, p. 32—34.
4. Breed G. The K9AY Terminated Loop — A Compact, Directional Receiving Antenna. — QST, Sept. 1997, p. 43—46.
5. Kunningham E. W., K6SE. Flags, Pennants and Other Ground-Independent Low-Band Receiving Antennas. — QST, July 2000, p. 34—37.
6. <http://www.eham.net/articles/806>.

Редактор — В. Поляков, графика — Ю. Андреев

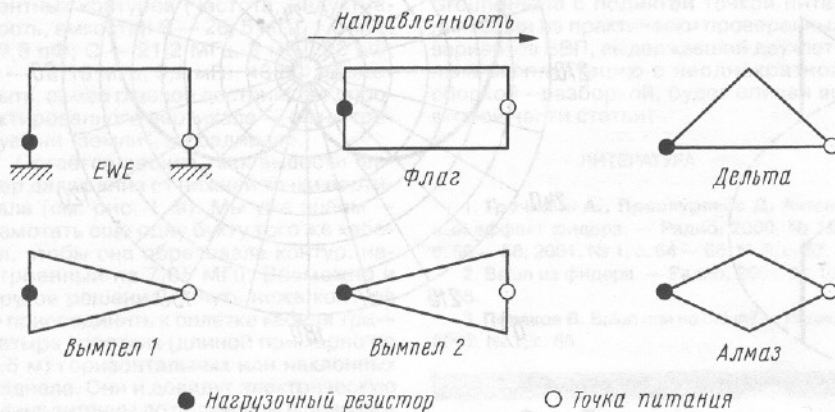


Рис. 5