

Неумирающая антенна Фукса

Борис СТЕПАНОВ (RU3AX), г. Москва

Когда коротковолновое радиолюбительство "еще ходило в детских ботинках", австрийский радиолюбитель Фукс (Fuchs) предложил возбуждать полуволновый излучатель через парал-

изготовлена, и для реальных значений этого параметра (например, полотно длиной 80 м из антенного канатика диаметром 3 мм) входное сопротивление может достигать нескольких килоом [4].

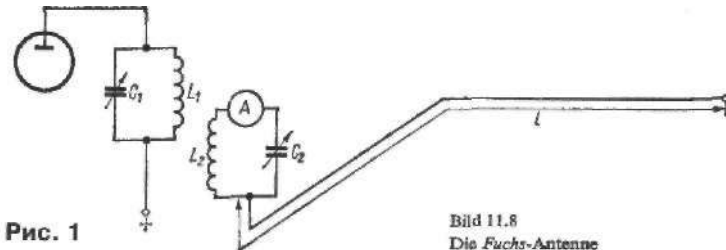


Рис. 1

Bild 11.8
Die Fuchs-Antenne

Bild 11.9
Die Fuchs-Antenne

лельный LC-контур (рис. 1). Произошло это 80 лет назад — в 1927 году. Антенна пользовалась популярностью в те годы и стала называться по его имени [1]. С развитием антенной техники и появлением новых конструкций интерес к этой простой антенне на долгие годы ослаб. Второе рождение у нее пришлось на 80-е годы. Появление транзисторных трансиверов, которые можно было питать непосредственно (без преобразователей) от автомобильного аккумулятора, привело к росту активности радиолюбителей в полевых условиях — при выездах на природу или в путешествиях. Одним из вариантов антенны для работы в таких условиях и стала антенна Фукса, которая для своей установки не требует мачт — один из ее концов можно просто забросить на высокое дерево.

Вернулся интерес к этой антенне и как к стационарной. В современных городских условиях установка радиолюбительских антенн связана с заметными трудностями. Далеко не везде легко получить разрешение на работы на крыше здания, да и не всем под силу работы, связанные с механикой для изготовления антенных систем даже средней сложности. Альтернатива в таких ситуациях — возбуждаемая с конца проволочная антенна, идущая из окна квартиры на ближайшее дерево или столб. Суперрезультатов с ней не покажешь, но для повседневной работы в эфире она вполне пригодна.

Проблемы установки антенн, о которых говорилось выше, есть практически в любой стране мира, поэтому в некоторых странах производят антенны Фукса [2, 3]. Например, в США такие антенны выпускает фирма Par Electronics. Они предназначены для работы только на одном диапазоне и не имеют элементов подстройки. Проверенная в лаборатории журнала "QST" модель EF-20 диапазона 20 метров имела вполне приемлемые характеристики — полосу пропускания около 300 кГц по уровню KCB = 2 и KCV в минимуме 1,2.

Входное сопротивление полуволнового излучателя, возбуждаемого с одного из его концов, высокое. Оно зависит от отношения длины полотна антенны к диаметру провода, из которого она

Именно это обстоятельство и позволило в свое время Фуксу запитать полуволновый излучатель с помощью параллельного LC-контура, настроенного на рабочую частоту.

Антенна Фукса не требует для своей работы нескольких больших по длине (примерно X/4) противовесов или иных вариантов "радиотехнической земли", чем выгодно отличается от получивших широкое распространение антенн типа GR. Ее нормальную работу обеспечивает короткий — длиной примерно 1 м — противовес, который подключают к свободной (верхней по рис. 1) стороне LC-контура. Более того, в первоначальном варианте даже такого противовеса антенна Фукса не имела, а его функции выполнял корпус передатчика, "подключенный" к антенному контуру через паразитную емкость.

В современной аппаратуре выходное сопротивление трансивера или передатчика обычно 50 Ом, поэтому антенну Фукса подключают к нему коаксиальным кабелем. Связь с согласующим LC-контуром осуществляют обычно через катушку связи (рис. 2, а). Конденсатор переменной емкости этого контура должен быть рассчитан на высокое напряжение. Зазор между его пластинами должен быть таким же, как в выходном каскаде лампового передатчика соответствующей мощности. Такие конденсаторы — дефицит, но при выходной мощности передатчика до 100 Вт есть простое решение. Здесь можно применить стандартный конденсатор КПЕ-2 от ламповых радиоприемников, каждая секция которого рассчитана на рабочее напряжение примерно 500 В. Его статорные секции включают последовательно, а роторные секции никуда не подключают. Получается высоковольтный КПЕ с рабочим напряжением примерно 1000 В и пределами изменения емкости от 6 до 250 пФ. Корпус КПЕ в таком варианте включения должен быть установлен на диэлектрической пластине, а роторные секции вращают через удлинитель ручки, выполненный из хорошего диэлектрика.

Разумеется, связь с коаксиальным кабелем можно осуществить и через отвод от катушки индуктивности контура (рис. 2, б).

Если в распоряжении радиолюбителя есть вариометр (лучше шаровой — без трущихся контактов), им тоже можно настраивать контур на рабочую частоту. Связь с коаксиальным кабелем в этом случае осуществляют через емкостный делитель (рис. 2, в).

Значения индуктивности катушки и емкости конденсатора согласующего LC-контура не критичны, лишь бы они обеспечивали резонанс на рабочей частоте антенны. Как исходные можно использовать следующие значения — 1 мкГн и 30 пФ для диапазона 10 метров. Для других диапазонов эти значения одновременно увеличивают пропорционально уменьшению рабочей частоты. Например, до 2 мкГн и 60 пФ для диапазона 20 метров и т. д.

Предварительно согласующий LC-контур и связь с ним можно подобрать очень просто. Для этого параллельно контуру вместо антенны подключают безындукционный резистор сопротивлением 2,5...3,5 кОм и высокочастотный вольтметр. ВЧ напряжение подают через резистивный мостовой измеритель KCB

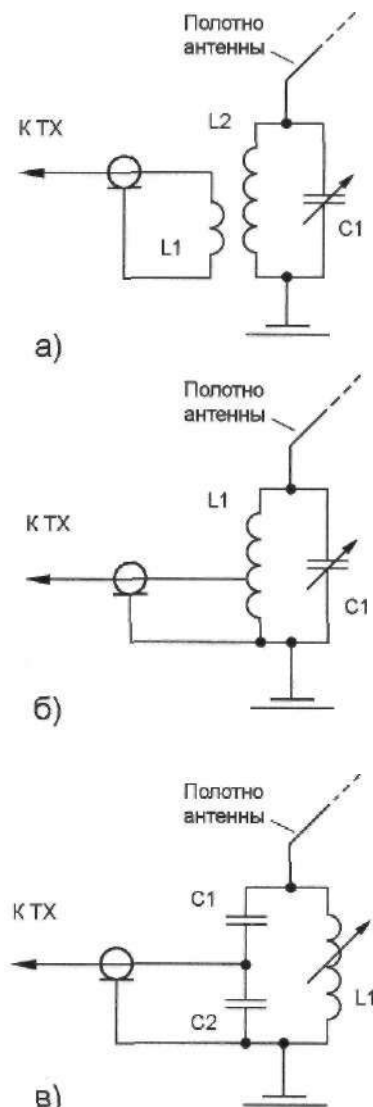


Рис. 2

(очень удобен для этой цели прибор MFJ-256). Настроив контур в резонанс по максимальным показаниям ВЧ вольтметра, изменением параметров элементов связи (числа витков катушки связи, места подключения отвода, емкости конденсаторов) добиваются КСВ = 1.

После этого отключают от согласующего LC-контура резистор и ВЧ вольтметр и подключают антенну. Конденсатором переменной емкости или вариометром настраивают контур в резонанс по минимуму КСВ. Если емкость КПЕ пришлось увеличить (по отношению к положению, полученному с резистором), реальные размеры антенны несколько меньше, чем половина длины волны. Если емкость КПЕ пришлось уменьшить, то антенна несколько длиннее. Здесь речь идет об электрической ее длине — с учетом влияния земли и окружающих антенну предметов. Изменить при этом размеры антенны вовсе не обязательно — отклонение рабочей частоты излучателя от расчетной в пределах 5 % компенсируется подстройкой согласующего контура [3].

После этого уточняют связь с антенной. Если КСВ в минимуме превышает значение 1,1...1,2, связь с антенной надо несколько изменить подбором параметров элементов связи.

Диапазон, М	Число полуволн	Длина, м
80	1	40,1
40	2	41,5
30	3	43,7
20	4	42,2
17	5	41,1
15	6	42,4
12	7	41,9
10	8	42,5

Важным достоинством полуволнового излучателя является то, что он будет также работать не только на основной частоте, но и на ее гармониках. Результаты расчета требуемой длины антенны для середины телеграфных участков любительских диапазонов 10—80 метров и число полуволн, которое будет укладываться на такой длине для данного диапазона, приведены в **таблице**. Поскольку антенна Фукса имеет элемент подстройки, то это дает возможность выбрать фиксированную длину полотна — 42 метра, а незначительные отклонения от оптимальной его длины на каждом диапазоне компенсировать подстройкой согласующего контура. Антенна с полотном длиной 84 м будет работать и на диапазоне 160 метров. Более короткая антенна длиной 21 м обеспечит работу на четырех любительских диапазонах — 10, 15, 20 и 40 метров. При такой длине полотна на диапазонах 12 и 17 метров на нем уже не будет укладываться целое число полуволн, и согласовать ее на этих диапазонах с помощью параллельного LC-контура не удастся.

Проблема создания многодиапазонной антенны Фукса упирается только в согласующий LC-контур, который должен иметь резонанс на частотах, соответствующих любительским диапазонам. Если конденсатор переменной емкости этого контура имеет максимальную емкость около 200 пФ, не меняя катушки ин-

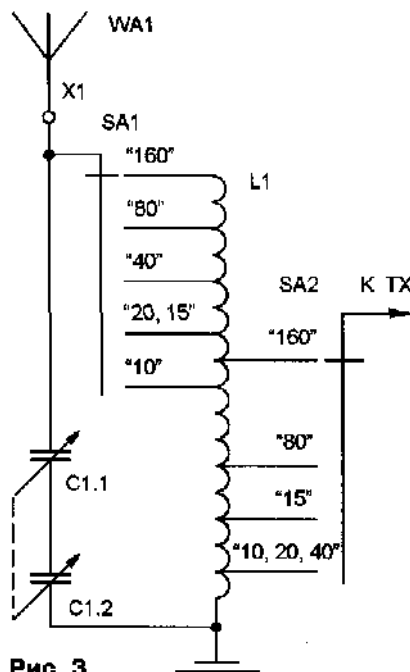


Рис. 3

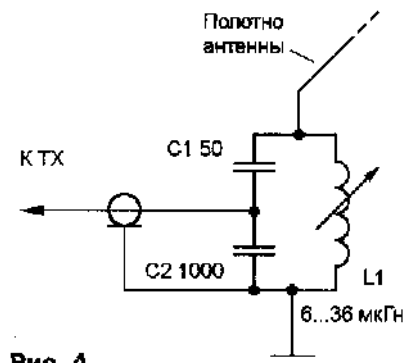


Рис. 4

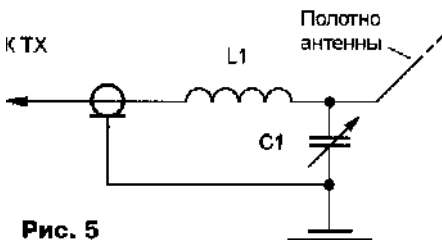


Рис. 5

дуктивности и не переключая у нее отводы, уже можно работать на пяти любительских диапазонах от 10 до 20 метров.

Один из вариантов многодиапазонной антенны Фукса, предложенный UT5JAM [5], приведен на **рис. 3**. Он использовал излучатель длиной 78 метров. Катушка индуктивности имела 80 витков провода диаметром 1,5 мм. В качестве каркаса диаметром 90 мм использовалась полиэтиленовая бутылка. Отводы сделаны от 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13 и 23-го витков, считая от заземленного конца катушки. Конденсатор переменной емкости — КПЕ-2 с последовательным включением секций. Переключатели SA1 и SA2 — галетные. Заземленный конец согласующего контура соединяют либо с противовесом, либо с арматурой здания. Следует также

заметить, что в этой антенне длина излучателя несколько меньше оптимальной. По этой причине, по-видимому, положение отвода для связи с фидером на диапазоне 15 метров не совпадает с положением отвода для диапазонов 10, 20 и 40 метров. Эта антенна была создана до выделения радиолюбителям WARC диапазонов, поэтому на рис. 3 упоминаются лишь "старые" любительские диапазоны. Но она, конечно, должна работать и на WARC диапазонах.

Двухдиапазонная антенна с настройкой вариометром (**рис. 4**) описана в [6]. Автор использовал шаровой вариометр от одной из радиостанций времен второй мировой войны. Пределы изменения его индуктивности — от 6 до 36 мкГн — позволили обеспечить работу на диапазонах 40 и 80 метров без каких-либо переключений. При выходной мощности передатчика 100 Вт конденсатор постоянной емкости C1 должен иметь рабочее напряжение не менее 1000 В.

Полуволновую антенну (в том числе и многодиапазонную) можно питать и через согласующую Г-образную цепь (**рис. 5**). Это, конечно, уже не классическая антенна Фукса, но аналогичная ей по сути дела. Параметры катушки индуктивности и емкости конденсатора рассчитывают по следующим приближенным формулам:

$$L1.60; \quad C1 = \frac{1}{F^2}$$

Здесь: L1 — индуктивность катушки, мкГн; C1 — емкость конденсатора, пФ; F — частота, МГц. Эти формулы справедливы для фидера с волновым сопротивлением 50 Ом и проволочных антенн (расчетное значение входного сопротивления — примерно 3 кОм).

В реальных конструкциях многодиапазонной антенны катушку индуктивности делают с переключаемыми отводами, а конденсатор переменной емкости должен быть рассчитан на высокое напряжение (как и в согласующем контуре антенны Фукса). Подобное согласование применено в двухдиапазонной антенне [7] на диапазоне 20 метров.

Хотя ВЧ токи по внешней стороне оплетки фидера и невелики, следует применять стандартные методы их устранения. Имеются в виду ферритовые кольца, которые надевают на него, или катушки индуктивности (с магнитопроводом или без него), которые изготавливают из самого фидера. Особенно это важно для вариантов питания антенны с гальванической связью оплетки кабеля с согласующим контуром.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rothammel K. Antennenbuch. — Berlin: Militarverlag, 1979.
2. Ford S. Par Electronics 20-Meter end-Fed Dipole Antenna. — QST, 2007, February, s. 58.
3. <<http://www.QRPproject.de>>.
4. Мейнке Х., Гундлах Ф. Радиотехнический справочник. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961.
5. Орлов В. Лучевая антенна. — КВ журнал, 1993, № 1, с. 43.
6. Berger J. Einmal ein anderer Fuchskreis. — CQDL.2006, № 10, S. 310—311.
7. Двухдиапазонная вертикальная КВ антенна. — Радио, 2006, № 11, с. 73.

Редактор — С. Некрасов, графика — автор