

НАСТРОЙКА И ИСПЫТАНИЕ УКВ АНТЕНН

Радиус действия радиосвязи и качество ее работы зависит не только от правильного выбора типа антенны, но и от правильности их настройки. Особенно это относится к диапазону ультракоротких волн, где в основном применяются остроуправленные антенны, позволяющие существенно повысить дальность и помехоустойчивость радиоприема. Цель настоящей статьи — дать радиолюбителям необходимые сведения по настройке и испытанию УКВ антенн с помощью несложных приборов, изготовленных собственными силами. В одной статье невозможно рассмотреть все типы антенн, используемые любителями, поэтому мы постараемся рассказать только о вибраторных антеннах, налаживание которых имеет много общего с налаживанием антенн других типов.

Основные параметры антенн

В любительской практике при испытании антенно-фидерных систем достаточно снять диаграмму направленности антенны, измерить ее коэффициент усиления и проверить согласование фидера.

Диаграмма направленности антенны — это графическое изображение относительных значений мощности или напряженности поля, создаваемых антенной в различных направлениях и на одинаковых от нее расстояниях. Диаграммы направленности дают представление об общей картине излучения антенны.

На рис. 1 приведен пример построения в полярных координатах диаграммы направленности вибраторной антенны, состоящей из излучателя, директора и рефлектора. Диаграмма снята в горизонтальной плоскости горизонтально расположенной антенны.

Коэффициентом усиления антенны называется число, показывающее, во

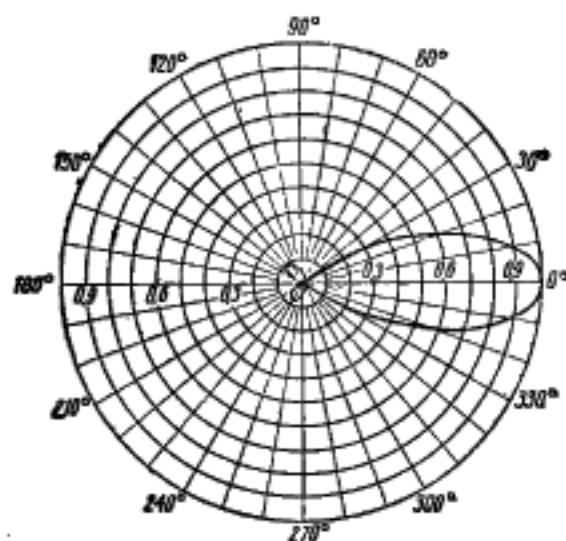


Рис. 1

ИНЖ. А. Шур

сколько раз излучаемая мощность данной антенны в направлении максимального излучения ($P_{\Sigma \text{ макс}}$) больше максимальной мощности излучаемой полуволновым вибратором ($P_{\Sigma \lambda}$) при

одинаковой в обоих случаях подводимой мощности

$$\epsilon = \frac{P_{\Sigma \text{ макс}}}{P_{\Sigma \frac{\lambda}{2}}} \quad (1)$$

При этом предполагается, что полуволновый вибратор находится в свободном пространстве и излучаемая им мощность равна подводимой.

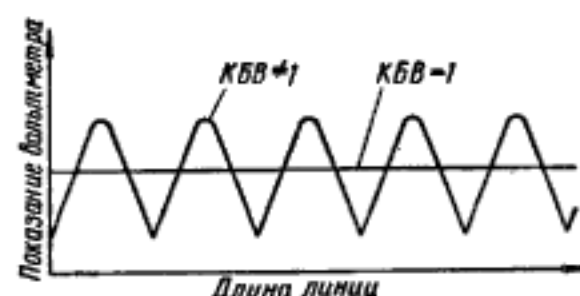


Рис. 2

Необходимым условием нормальной работы приемной или передающей антенны является равенство ее входного сопротивления волновому сопротивлению питающей линии и соответственно входному сопротивлению приемника или передатчика. Если волновое сопротивление линии не равно сопротивлению нагрузки (линия не согласована), то часть энергии отражается обратно от нагрузки, вызывая совместно с волной, «падающей» от передатчика к антенне, стоячую волну. Подключив к линии высокочастотный вольтметр и перемещая его вдоль линии, можно видеть, что показания прибора периодически меняют свою величину (рис. 2). Коэффициент бегущей волны КБВ линии определится в этом случае как отношение минимального показания прибора к максимальному:

$$КБВ = \frac{U_{\text{мин}}}{U_{\text{макс}}} \quad (2)$$

Величина этого коэффициента характеризует качество работы фидера. Если, например, нагрузка фидерной линии

замкнута на коротко или отключена КБВ равен нулю. При полном согласовании КБВ равен единице.

Измерительные приборы

Простейшими индикаторами напряжения и тока на фидере или антенне являются две лампы — накаливания и неоновая. Так лампочка от карманного фонаря на 3,5 в и неоновая МН-3 дают свечение при подводимой к ним мощности 3÷6 вт. Для повышения чувствительности лампочки индикатора напряжения к ее цоколю иногда подпаивают небольшой проводник.

Необходимое устройство для антенных измерений — индикатор поля. Он состоит из вибратора, в разрыв которого включается диод и прибор (рис. 3). Дроссели Dp_1 и Dp_2 намотаны на сопротивлениях ВС-2 (по 100 ом) и имеют по 30 витков провода ПЭ-0,5, намотанных с переменным шагом. Для частот 420—435 Мгц эти дроссели должны иметь по 5 витков. Если чувствительность прибора выбрана не меньше 200 мкв (сопротивление рамки — около 750 ом), а ручка потенциометра стоит на положении наименьшего шунтирования прибора, можно считать показания индикатора пропорциональными мощности поля. У правильно выполненного индикатора поля максимум приема совпадает с направлением, перпендикулярным к его середине. В процессе работы с индикатором поля расстояние между ним и исследуемой антенной устанавливается не менее (2,5—3) λ . Целесообразно настраиваемую антенну и индикатор расположить на открытой площадке свободной от строений, леса и т. п. (рис. 4). Если активный вибратор испытываемой антенны установлен горизонтально, антенна индикатора также должна быть горизонтальна, и наоборот, при вертикальном излуча-

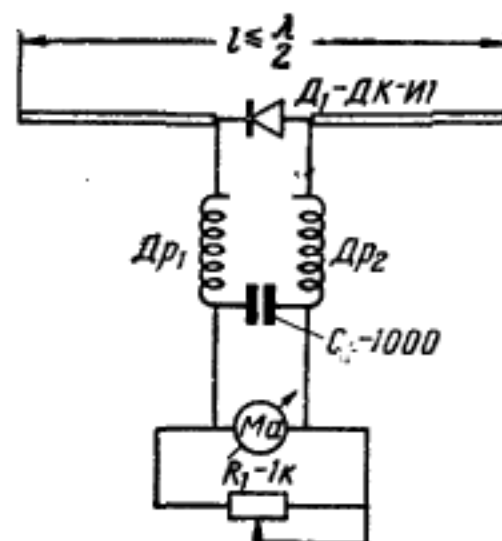


Рис. 3

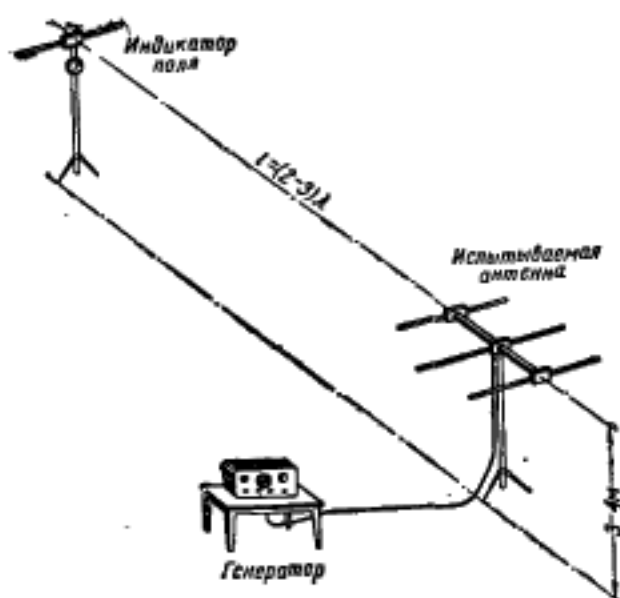


Рис. 4

теле антенны, антенна индикатора ставится вертикально.

Для измерения КБВ можно применить обычный мост. Измеряемая линия включается в одно из его плеч (рис. 5). Когда линия согласована, входное сопротивление линии равно сопротивлению R_3 , сопротивление R_1 и R_2 одинаковы, мост будет сбалансирован. Вольтметр моста покажет нуль. Однако, если линия не согласована, то баланс моста не будет. Шкала вольтметра при этом может быть проградуирована непосредственно в значениях коэффициента бегущей волны. Принципиальная схема моста приведена на рис. 6. Собственно мост здесь образуют сопротивления R_1 , R_2 , R_3 и входное сопротивление линии, которая включается к разъему «линия»¹. К разъему «вход» подводят напряжение высокой частоты. При включении вольтметра в гнезда «вход» измеряют подводимое напряжение, при включении в гнезда «линия» — напряжение в диагонали моста. Градуировка моста заключается в том, что при одном и том же подводимом к нему напряжении стрелка вольтметра должна отклоняться на всю шкалу, как при разомкнутом, так и при замкнутом разъеме «линия». Если это не получается, надо подобрать сопротивления R_1 и R_2 . Затем к разъему «линия» подключить активное сопротивление, равное сопротивлению R_3 . Нулевые показания вольтметра (независимо от частоты) будут свидетельствовать о нормальной работе прибора. С высокоомным вольтметром отсчет коэффициента бегущей волны будет соответствовать графику, приведенному на рис. 7. Мостовую схему можно использовать для измерения входного сопротивления согласованной линии или входного сопротивления антенны на ее резонансной частоте. Для этого сопротивление R_3 должно быть пере-

менным и иметь градуированную шкалу. Величина его берется до 680 ом, сопротивления R_1 и R_2 имеют по 240 ом. При балансе моста измеряемое сопротивление, очевидно, будет равно R_3 . При измерении входного сопротивления антенны, чтобы исключить влияние рук, необходимо мост подключить к антенне через отрезок кабеля длиной приблизительно в полволны.

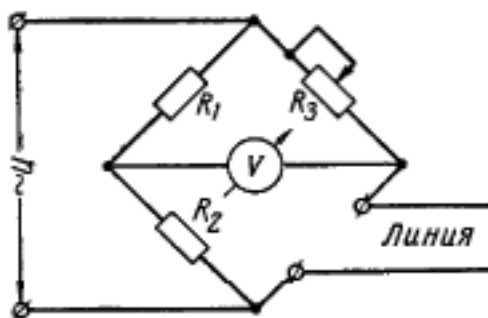


Рис. 5

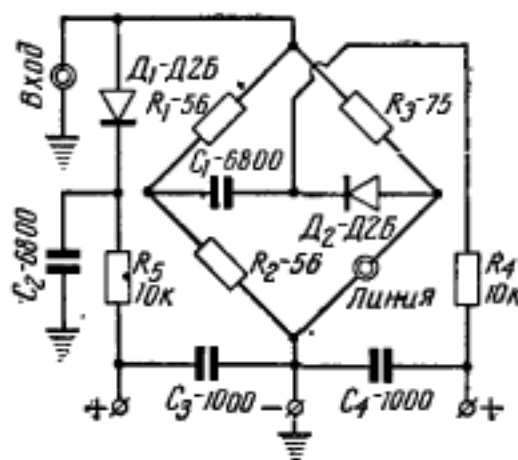


Рис. 6

Настройка антенны

Независимо от того, в каком режиме антенна будет эксплуатироваться, настройку и испытание ее можно производить как в режиме передачи, так и в режиме приема. На практике более удобно производить налаживание в режиме передачи. Если для этой цели к фидеру антенны вместо приемника подключить генератор, то для более правильного измерения величина его выходного сопротивления должна быть такой же, как входное сопротивление отключенного приемника. Если фидер настраиваемой антенны связан непосредственно с окончанием каскадом передатчика, то следует иметь в виду, что при сильной связи возможна расстройка передатчика и отдача мощности генератора в процессе настройки антенны будет неустойчивой. Во избежание этого нужно вести настройку по возможности при минимальной связи между антенной и генератором, который должен иметь надежную экранировку.

Антенна может хорошо работать, сохраняя свои характеристики только при правильной подаче к ней энергии от передатчика. Поэтому предвари-

тельно перед настройкой антенны, требующих симметричного питания, нужно определить симметрию цепей питания антенны. Это можно сделать путем подключения одинаковых лампочек накаливания к концам диполя. Неодинаковое свечение лампочек указывает на асимметрию, причиной которой обычно бывает неправильное выполнение симметрирующего устройства (четверть-волновый шлейф, «U — колено» и др.). Лампочки заранее выбираются так, чтобы при одном и том же напряжении свечение их было одинаково.

Полная симметрия характеризуется равенством напряжения и различной фазой (противоположностью знаков) в любом сечении проводов. После проверки симметрии и устранения асимметрии приступают к настройке.

Настройка антенны — полуволнового вибратора сводится к подгонке длины вибратора. При некоторой длине вибратора его собственная резонансная частота становится равной частоте передатчика, благодаря чему отдаваемая антенной мощность будет максимальна. С помощью индикатора поля, установленного в направлении наибольшего излучения вибратора (перпендикуляр к его середине), находят такую его длину, при которой показания прибора будут максимальны. Длину вибратора рекомендуется сделать короче расчетной на 10%, а при настройке более точно ее подогнать с помощью плотнодвигающихся одна в другую трубок или насадок. Если в конструкции виб-

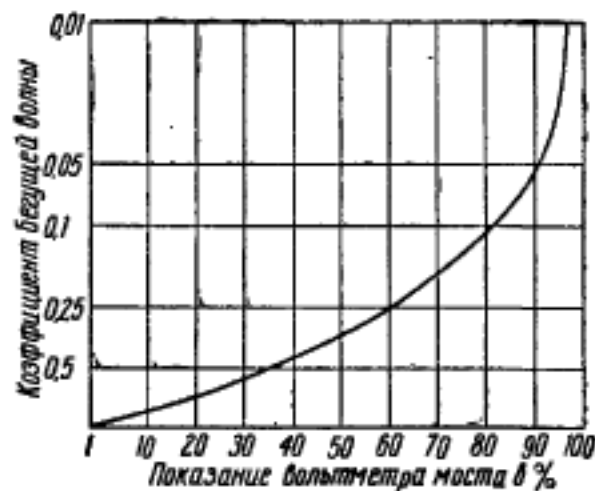


Рис. 7

ратора не предусмотрена регулировка, то желательно проверить его собственную частоту.

После настройки вибратора проверяют согласование фидера путем измерения коэффициента бегущей волны. Для этого к фидеру, на другом конце которого находится антенна, подключается мост. Величина КБВ для передающих антенн должна быть не менее 0,5, для приемных не менее 0,6÷0,8. В случае низкого КБВ можно, например, между кабелем и антенной включить согласующий трансформатор,

¹ «Радио», 1956., № 5, стр. 24

представляющий отрезок кабеля длиной около $\lambda/4$, где λ — длина рабочей волны. Волновое сопротивление этого отрезка $W_{тр}$ должно быть равно

$$W_{тр} = \sqrt{W \cdot R_A} \quad (3)$$

где: W — волновое сопротивление фидера.

R_A — входное сопротивление антенны.

После этого фидер подключают к приемнику (или к передатчику), вновь измеряют КБВ и, если нужно, производят согласование¹.

После настройки фидера вибратор, если нужно, вновь подстраивают.

Настройку двухвibratorной антенны с рефлектором (рис. 8, а) начинают с настройки излучателя. Во время настройки излучателя рефлектор должен быть снят. После того, как излучатель и фидер будут настроены (способ настройки описан выше), устанавливается и настраивается рефлектор. Для этого индикатор поля устанавливают сначала сзади антенны, против рефлектора. Перемещая рефлектор вдоль антенны или изменяя его длину (или то и другое вместе), добиваются наибольшего ослабления излучения в эту сторону (*назад*). Затем переносят индикатор в направлении главного излучения на такое же расстояние от центра антенны как в предыдущем случае и настраивают таким же образом рефлектор на максимум излучения (*вперед*). Повторяя эту операцию несколько раз, стремятся получить наибольшее излучение *вперед* по сравнению с излучением *назад*. Для антенн, которые будут работать и на передачу и на прием, рефлектор закрепляют в среднем положении между точками, соответствующими настройке на максимум излучения *вперед* и на минимум излучения *назад*. Для передающих антенн оставляют рефлектор в положении максимума излучения *вперед*, а для приемных минимума излучения *назад*. Опыт показывает, что эти положения отличаются незначительно. При настройке как *назад*, так и *вперед* показания индикатора могут упасть одновременно. Это значит, что излучаемая мощность уменьшилась вследствие сильного влияния рефлектора на излучатель, который при этом нарушает согласование фидера. Если подстроить согласование фидера нельзя, то следует найти такое положение рефлектора, при котором и диаграмма направленности еще остается удовлетворительной и падение излучаемой мощности не будет особенно ощутимо. Сочетание хорошего выигрыша по главному направлению с большим ослаблением обратного излучения достигается при расстоянии

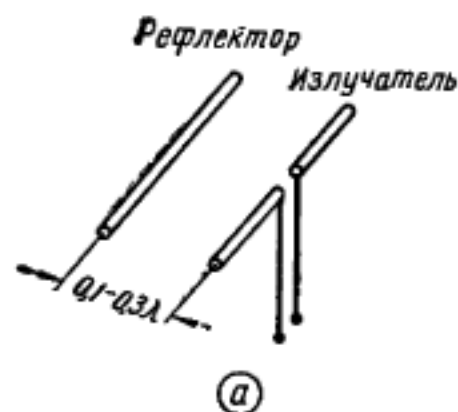


Рис. 8

между рефлектором и излучателем в пределах $0,1 \div 0,3 \lambda$.

Так как элементы антенны оказывают большое взаимное влияние, после настройки рефлектора нужно вновь подстроить излучатель и фидер.

Гораздо удобнее работать с двумя индикаторами поля. Установив один из них со стороны рефлектора, а другой — со стороны излучателя сразу же определяют отношение *вперед—назад* делением показаний индикаторов. Кроме того, это позволяет исключить влияние изменений мощности генератора в процессе измерений и быстро определить положение рефлектора.

При настройке трехэлементной антенны с рефлектором и директором (рис. 8, б), также вначале настраивают излучатель. Во время настройки его рефлектор и директор убираются или выключаются специальной перемычкой. После настройки излучателя и согласования фидера приступают к настройке директора, который, точно так же как и рефлектор, настраивают на максимум излучения *вперед* по сравнению с излучением *назад*. В противоположность рефлектору, длина которого при настройке увеличивается по сравнению с длиной излучателя, директор при настройке укорачивается. Настройку директора можно также производить и подбором расстояния между ним и излучателем. Это расстояние лежит в пределах $0,1 \div 0,2 \lambda$. Далее устанавливают и настраивают рефлектор.

При изготовлении антенн полезно предусмотреть приспособления для временного выключения рефлекторов и директоров. Для этого указанные элементы разрезаются в центре и снабжаются короткозамыкающими перемычками. Перемычки должны иметь винты для их закрепления по окончании настройки.

Настройка антенн с большим числом вибраторов (типа «волновой канал») сходна с настройкой трехэлементной антенны, описанной выше. После настройки излучателя настраивается расположенный возле него первый директор, затем — второй (не снимая первого), третий и так далее. Последним настраивается рефлектор, который при

настройке излучателя и директоров должен быть выключен или снят. В указанной последовательности эти операции повторяются несколько раз. Следует отметить, что настройка и регулировка систем со многими директорами (больше трех) сложна. Диаграмма направленности таких антенн очень критична к изменению расположения и длины каждого директора.

Настройка антенн в режиме приема выполняется с помощью вспомогательного генератора мощностью около 1 мвт. Генератор нагружается на вибратор, симметричное питание которого достигается выполнением генератора по двухтактной схеме или включением симметрирующего устройства. Приемник подключается к исследуемой антенне. Контроль сигнала в приемнике осуществляется с помощью микроамперметра, включенного последовательно в нагрузку детектора.

В процессе измерений усиление приемника не должно быть слишком большим. В противном случае амплитуда сигнала будет ограничиваться и максимум настройки не будет найден.

Сущность метода настройки в режиме приема не отличается от метода, изложенного выше. Те элементы антенны, которые настраиваются в режиме передачи на максимум излучения, в режиме приема настраиваются на максимум принимаемого сигнала. Настраивая рефлектор или директор на наиболее выгодное отношение *вперед—назад*, антенну генератора ставят поочередно сзади и спереди антенны на одинаковых расстояниях.

Снятие диаграмм направленности антенн

Далеко не всегда предоставляется возможным снять полную характеристику антенны в пределах от 0 до 360°. Суждение о правильности настройки может дать уже часть диаграммы в пределах 30÷40° в каждую сторону от главного луча. Диаграмма направленности в горизонтальной плоскости может быть снята путем вращения исследуемой антенны при неподвижном ин-

¹ Описание различных согласующих устройств можно найти в книге Линде Д. П. «Антенно-фидерные устройства» М.-Л., Госэнергиздат, 1953.

дикаторе поля или путем обхода антенны с индикатором. В последнем случае индикатор перемещают точно по окружности, в центре которой располагается настраиваемая антенна. Для удобства отсчета окружность разбивается кольцами через каждые 10° . Во время снятия диаграммы нужно следить за тем, чтобы мощность передатчика оставалась постоянной. Подобный контроль очень удобно вести с помощью второго индикатора поля, установленного в направлении максимума излучения. Показания неподвижного индикатора записывают одновременно с показаниями переносимого, а затем показания последнего (переносимого индикатора) делят на соответствующее показание первого (неподвижного) для каждого угла направления и по полученным данным строят диаграмму. Несовпадение максимума излучения с геометрической осью антенны указывает

на асимметрию, а заметное искажение диаграммы часто бывает из-за отражений от посторонних предметов. Для диаграммы направленности, характеризующей поле по мощности, ширина диаграммы отсчитывается (в градусах) по уровню 0,5 от максимального (рис. 1).

Измерение коэффициента усиления

Испытываемая антенна и индикатор поля располагаются так же, как в процессе настройки (рис. 4). Мощность передатчика устанавливается такой величины, чтобы стрелка индикатора поля отклонялась на всю шкалу α_{\max} . После этого передатчик выключается и на место измеряемой антенны ставится и подключается полуволновой вибратор. Затем снова включают передатчик и отмечают показание прибора α_{\min} . Рассчитывают коэффициент усиления в

антенны по формуле

$$\varepsilon = \frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\min}} \quad (4)$$

Более точные измерения можно произвести с помощью генератора, имеющего калиброванный выход. Подключая генератор поочередно к испытываемой антенне и вибратору, добиваются, чтобы индикатор в обоих случаях давал одно и то же показание.

Тогда

$$\varepsilon = \frac{P_{\max}}{P_{\min}} \quad (5)$$

где P_{\max} — мощность генератора, которая возбуждает полуволновой вибратор,

P_{\min} — мощность генератора, которая возбуждает измеряемую антенну.

Так, например, трехэлементная антенна с директором и рефлектором имеет $\varepsilon = 4 \div 6$.

(окончание, начало на стр. 47).

UO5PK (Тирасполь) сообщает, что в конце 1960 года по утрам в Южных районах страны на 14 Мгц можно было уверенно работать с любительскими радиостанциями Африки. Немного активизировались также такие Европейские DX, как SV — (о. Родос); 3A2 — (Монако); HE (Лихтенштейн). На 14 Мгц очень часто (по утрам) был слышен SV0WV (о. Родос). На 7 Мгц по утрам работал 3A2BA, мощность его передатчика — всего 10 Вт, но он довольно громко был слышен в Молдавии. На 14 Мгц телефоном часто работал 3A2CN; мощность его передатчика 50 Вт телефоном. Из герцогства Лихтенштейн можно было услышать HE9LAC и HB1UB/FL.

На о. Корсика активно работают в основном две любительские радио-

станции F2CB/FC и F9UC/FC, но последняя не регулярно шлет QSL.

Очень часто по утрам можно было слышать работу телефоном радиолюбителей Пакистана. Особенно активны: AP2MR, AP2AD и AP2C.

Иногда на 14 Мгц с большой громкостью прорывались довольно редкие DX, как KW6CV, VR3DK, KG6ANA. Это бывало в основном по утрам, когда работало мало любительских станций.

На Цейлоне активно работали 4S7MR, 4S7EC. Их можно было слышать по утрам (до 09.00 мск) и вечерами с 15.00 мск.

20 ноября 1960 года с 7.00 до 10.00 мск в с. Самгородок, Винницкой области был отмечен интересный и редкий случай прохождения радиоволн в диапазоне 14 Мгц. За два часа были приняты сигналы любительских радио-

станций 10 районов Союза, работавших телефоном. Среди них: UA0KAE, UA9AA, UA9MK, UA9AP, UA9WB, UJ8AE, UN8BI, UL7HB, UA6WB, UA6AT, UB5AB, UB5KCV, UO5PK, UB5KKA, UA4CH, UA4IF, UA3PZ, UA3WV, UA3MC, UA3QC, UA2AC, UA1AU, UA1FA, UA1BC. RSM всех станций был 585 или 595.

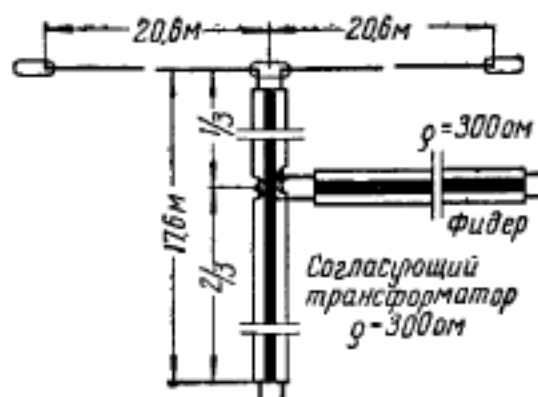
От редакции: При составлении опубликованного выше материала использовались заметки А. Сарксяна, В. Грозного, Э. Игнатова, Г. Поздерника, А. Савельева, В. Петренко.

Редакция обращается к радиолюбителям, занимающимся КВ и УКВ спортом, с просьбой присылать для опубликования в журнале свои корреспонденции об интересных радиосвязях, условиях прохождения радиоволн любительского диапазона, о работе радиотелефоном и на QRP.

Антенна финского радиолюбителя

Финский радиолюбитель Пекка Пюкко (OH1NE) из г. Турку прислал в редакцию описание своего многодиапазонного диполя, предназначенного для работы в диапазонах 3,5; 7; 14; 21 и 29 Мгц. Как утверждает автор письма, диполь дает хорошие результаты на 3,5; 7; 14 и 29 Мгц (при малом коэффициенте стоячей волны). Достаточно хорошие результаты и малый коэффициент стоячей волны получены на 21 Мгц.

Диполь радиолюбителя OH1NE схематически изображен на рис. 1. Дли-



на каждого из плеч равна четверти волны диапазона 3,5 Мгц (то есть $2 \cdot \lambda/4 = 2 \cdot 20,6$ м). Согласующий трансформатор выполняется из двухпроводной 300-омной линии и имеет длину 17,6 м в случае, если длина фидера превосходит длину согласующего трансформатора (фидер для данной антенны может быть любой длины). Нижний конец согласующего трансформатора, как показано на рисунке, разомкнут.

Шлейф согласующего трансформатора может быть оставлен свободно висящим, может быть подвешен под фидером (но не слишком близко) и, наконец, их можно свить вместе (но не слишком туго).