

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ УКВ АНТЕННЫ К. ФЕХТЕЛ (UB5WN), г. Киев

Интенсивное освоение радиолюбителями УКВ диапазонов за последние два десятилетия привело к появлению множества разнообразных по своим конструкциям антенн. Особое распространение в последние годы получили антенны с удлинненной траверсой. Длина траверсы такой антенны составляет несколько длин волн, а число пассивных элементов достигает двух десятков и даже более. Именно их нередко используют ультракоротковолновики при проведении дальних и сверхдальних связей на УКВ через "аврору", метеорные потоки, ИСЗ и лунную поверхность.

Интерес к антеннам с удлинненной траверсой можно объяснить тем, что, во-первых, при практически таких же затратах материалов, что и на постройку обычного "волнового канала", усиление у них заметно больше; во-вторых, конструкция таких антенн несложная, так как все элементы крепятся на одной несущей траверсе; в-третьих, подкупает относительная простота согласования антенны с фидером, ибо ВЧ энергия подводится только к одному активному элементу. Но этим антеннам свойственны и некоторые недостатки: малое подавление излучения назад и значительное сужение рабочей полосы при увеличении числа элементов.

Ряд интересных конструкций УКВ антенн с удлинненной траверсой разработал известный французский ультракоротковолновик Ф. Тонна (F9FT). Антенны F9FT имеют достаточно высокий КПД, сравнительно небольшие размеры и массу, в них нет согласующих элементов. Но пожалуй, их *главное достоинство - легкая повторяемость*, получение идентичных параметров каждой отдельной антенны (при строгом соблюдении всех размеров элементов). Последнее позволяет путем компоновки нескольких однотипных антенн создавать сложную антенную систему с большим коэффициентом усиления.

Основные параметры антенны F9FT приведены в таблице. Приведенные значения усиления антенн даны относительно полуволнового диполя.

На рис. 1, а приведен чертеж 16-элементной антенны для 2-метрового диапазона. Ее траверсу выполняют из проката квадратного профиля со стороной 20 мм, толщина стенки - 1,5...2 мм, или трубы диаметром 20 мм. Часть траверсы, где укрепляют рефлекторы и активный вибратор, имеет вид "ласточкина хвоста" (рис.1,б). Пассивные элементы изготавливают из алюминиевой проволоки диаметром 4 мм. Применение других материалов (меди, латуни, сплавов алюминия, биметалла) не вызывает заметного ухудшения параметров антенны, за исключением ее массы. Один из возможных вариантов крепления рефлекторов и директоров показан на рис. 1.в.

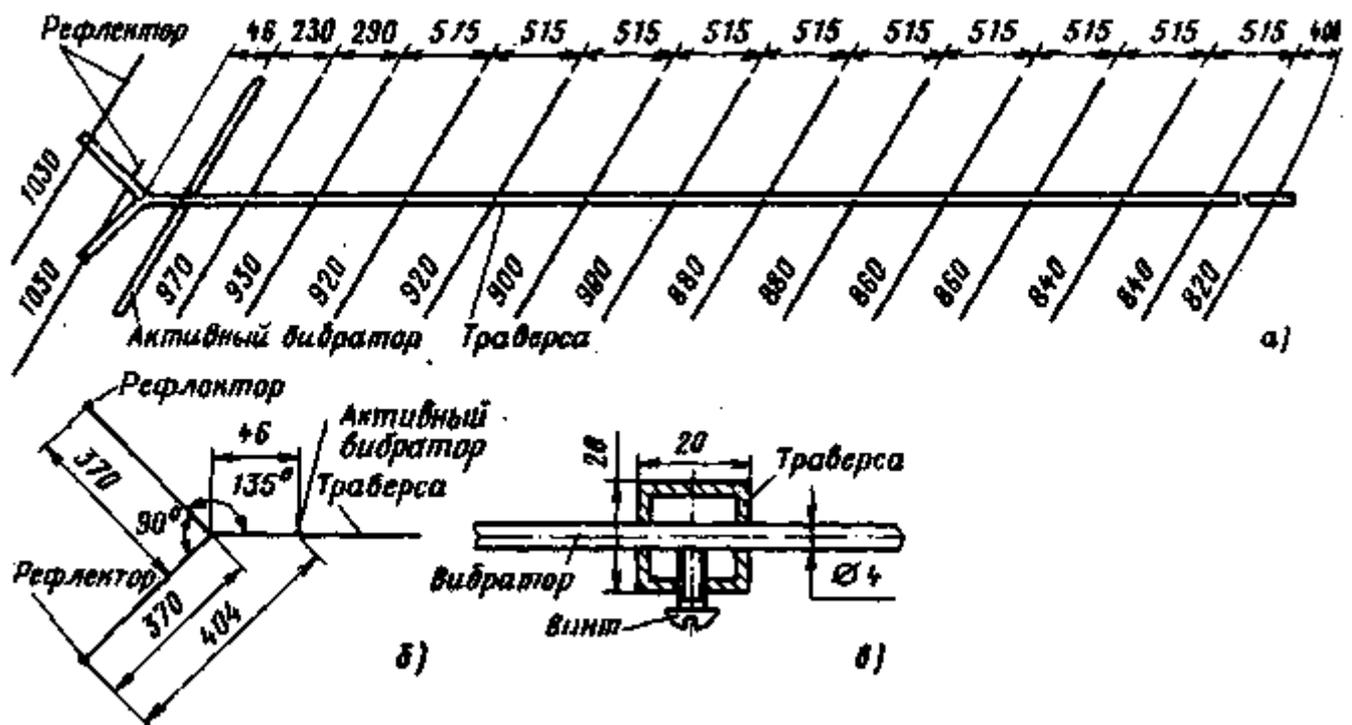


Рис.1

Активный вибратор с волновым сопротивлением 75 Ом (рис.2,а) выполняют из алюминиевой проволоки диаметром 5 мм, а с волновым сопротивлением 50 Ом (рис.2, б) - из двух алюминиевых трубок диаметров 12 мм, соединенных алюминиевой дужкой-согласователем из проволоки диаметром 5 мм.

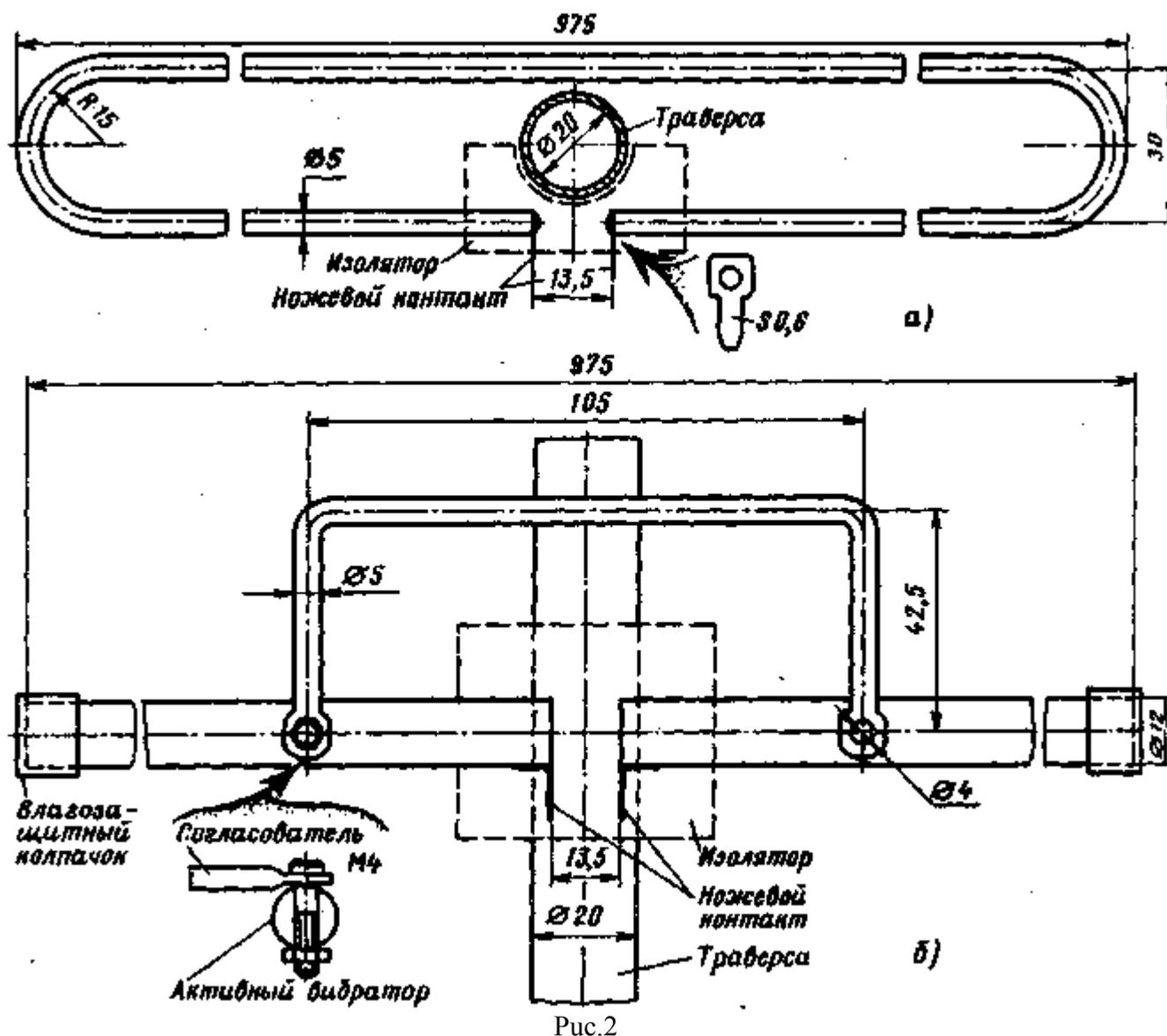


Рис.2

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АНТЕНН

Параметр	9- элементная	13- элементная	16- элементная	21- элементная
Диапазон частот, МГц	144...146	144... 146	144...146	432...435
Усиление, дБ	11,8	12,8	15,6	16,8
Горизонтальный угол раскрыва, градус	38	34	32	24
Вертикальный угол раскрыва, градус	46	38	34	26
Подавление заднего лепестка, дБ	15	20	22	23
Максимальное подавление боковых лепестков, дБ	50	50	60	40
КСВ	1,3	1,2	1,2	1,1
Длина антенны, м	3,3	4,0	6,4	4,6

Активный вибратор должен быть надежно изолирован от траверсы. В качестве изоляционного материала можно использовать стеклотекстолит, тефлон, органическое стекло и т. п.

На рис. 3,а и 3,б схематически изображены 9- и 13-элементная антенны для 2-метрового диапазона. Конструкция активных вибраторов с различным волновым сопротивлением для этих антенн показана на рис. 3,в (75 Ом) и 3,г (50 Ом).

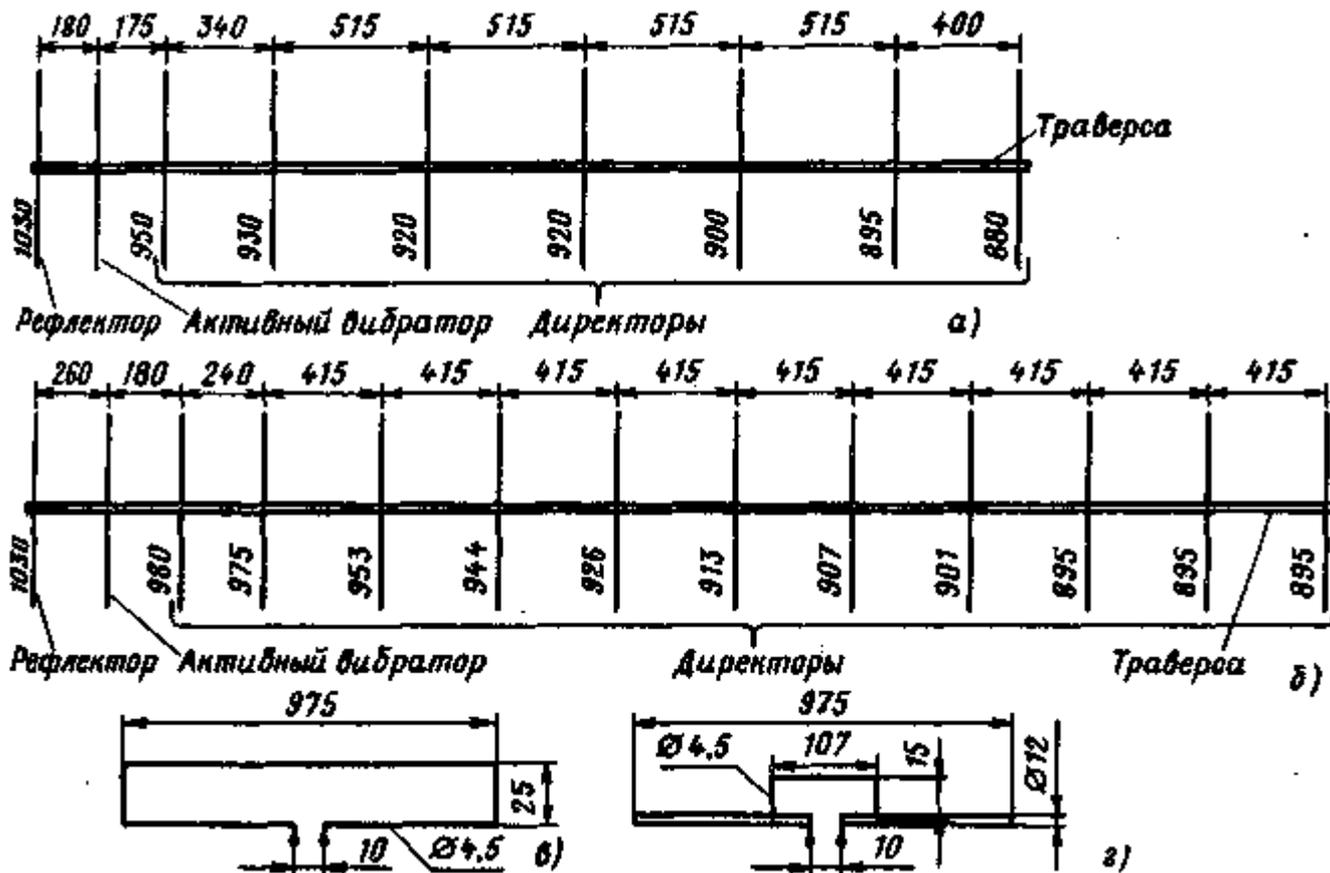


Рис.3

Некоторое различие в размерах данных активных вибраторов от тех, которые применяются в 16-элементной антенне, обусловлено стремлением лучше согласовать эти антенны с фидером. Сечение несущей траверсы для этих антенн такое же, как и для 16-элементной (20x20 мм). Конструктивно 9- и 13-элементную антенну выполняют так же, как и 16-элементную.

На рис.4,а приведен схематический чертеж 21-элементной антенны для диапазона 70 см. Расстояния между элементами, указанные на рисунке, относятся к случаю использования фидера с волновым сопротивлением 75 Ом. При питании антенны 50-омным кабелем расстояния должны быть следующими: рефлектор - активный вибратор - 139 мм, активный вибратор - директор 1 - 48 мм, директор 1 - директор 2 - 68 мм, директор 2 - директор 3 - 182 мм. Остальные директора располагают на расстоянии, указанном на рисунке. Для траверсы используют прокат квадратного профиля со стороной 16,5 мм (можно применить трубку диаметром 16...17 мм). Все пассивные элементы изготавливают из алюминиевой проволоки диаметром 4 мм и укрепляют непосредственно на траверсе (см. рис.1,в). Активный вибратор (рис.4,б), выполняют из алюминиевой проволоки диаметром 5 мм. В месте крепления к траверсе он должен быть изолирован от нее.

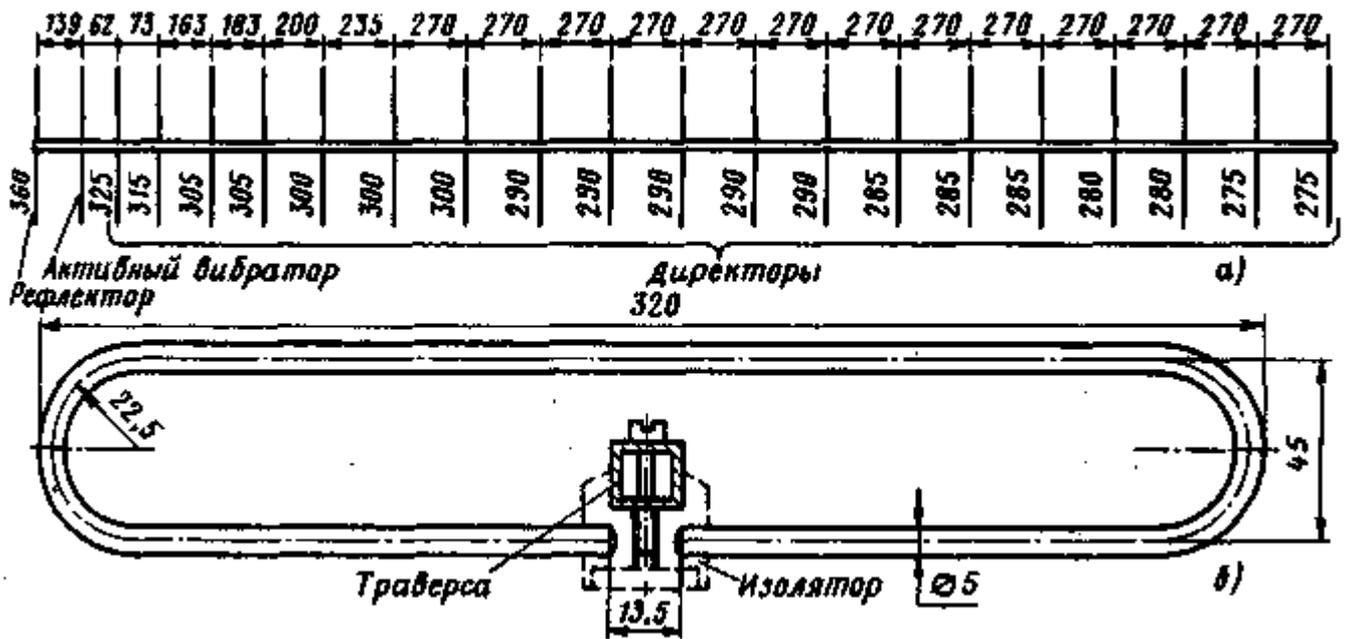


Рис.4

На первый взгляд может показаться, что непосредственное питание симметричного вибратора несимметричным коаксиальным кабелем не может дать хороших результатов, так как в этом случае отношение напряжений на его концах равно примерно 2:3. А это неизбежно приведет к формированию излучения с вертикальной поляризацией, тем самым ухудшается коэффициент усиления антенны и ее диаграмма направленности. Однако эксперименты показывают, что питать антенну так можно, но входное сопротивление активного вибратора должно быть согласовано с волновым сопротивлением питающего фидера, а активный элемент надежно изолирован от траверсы. При этом практически вся подводимая ВЧ энергия излучается активным вибратором в окружающее пространство, а большое число пассивных элементов достаточно хорошо формирует главный лепесток диаграммы излучения антенны строго по ее оси. На рис. 5 и 6 изображены диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях 16-элементной антенны F9FT для 2-метрового диапазона.

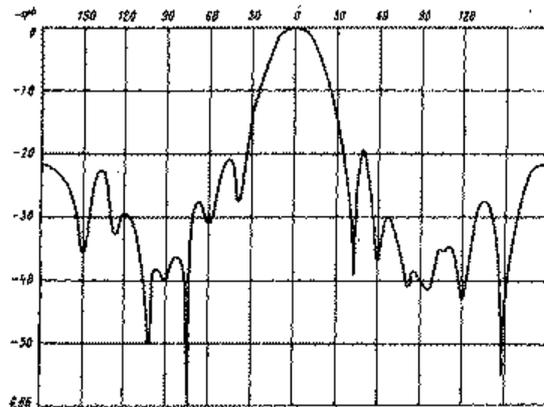


Рис.5

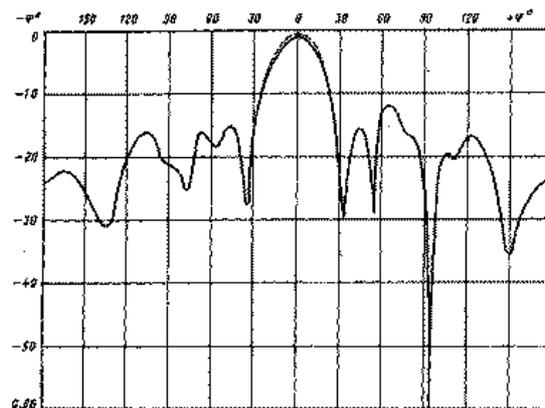


Рис.6

Чтобы получить большее усиление, однотипные антенны объединяют в систему. При удвоении числа однотипных антенн коэффициент усиления системы может возрасти на 2.5 дБ. Максимальное значение достигается только при условии оптимального расстояния между антеннами и строгой фазировки последних. Оптимальное расстояние для 16-элементных антенн 2-метрового диапазона и для 21-элементной антенны диапазона 70 см составляет 2λ . На рис.7 приведены варианты компоновки антенных систем.

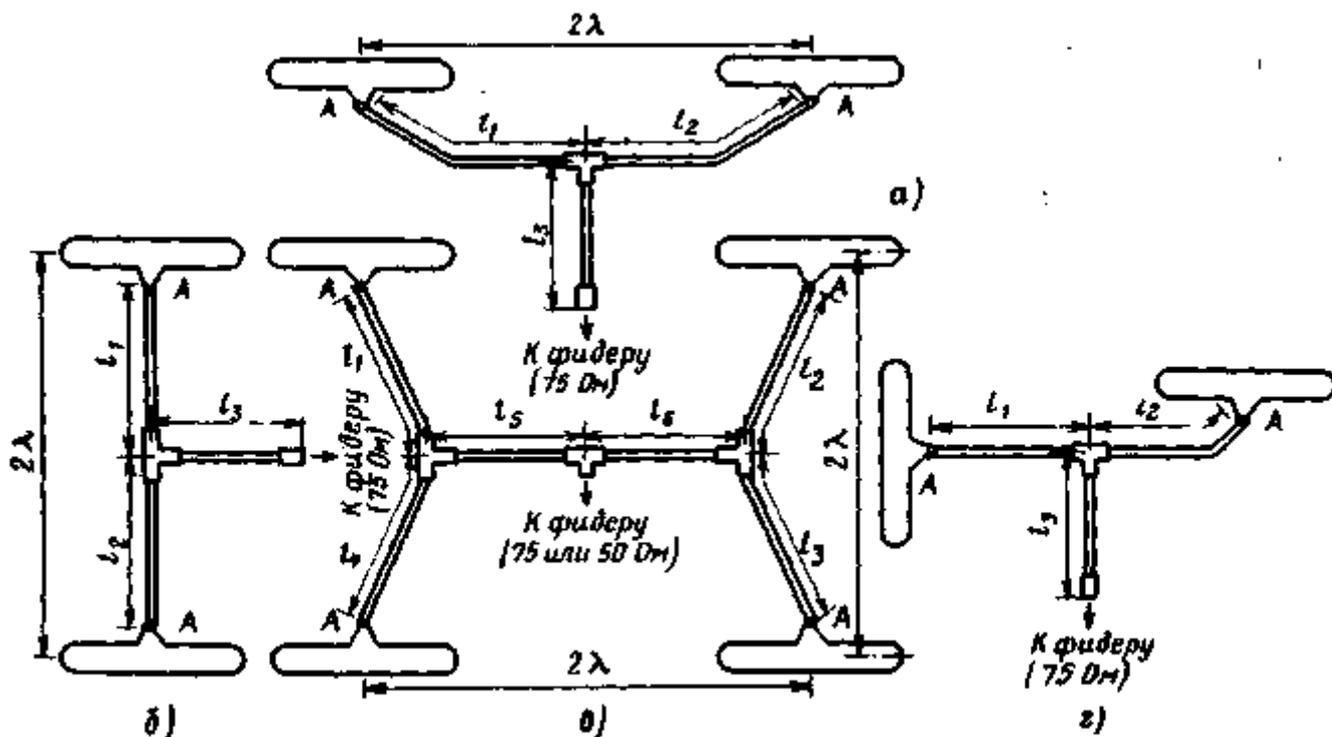


Рис.7

Если, например, требуется согласовать с питающим фидером, имеющим волновое сопротивление 75 Ом, антенную систему из двух антенн с активным элементом, у которого волновое сопротивление 75 Ом, необходимо сделать следующее. Вибраторы обеих антенн соединяют тройником отрезками коаксиального кабеля (их волновое сопротивление 75 Ом) длиной, кратной $\lambda/2$ ($l_1=l_2=c\pi\lambda/2$, где $\pi=1,2,3, \dots$ с - коэффициент укорочения кабеля), с четвертьволновым трансформатором. Последний изготавливают из коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом длиной $c\lambda/4$.

Для правильной фазировки антенной системы центральные проводники отрезков коаксиального кабеля подключают к точке А (см. рис.7).

Очень просто согласовать четыре однотипные антенны (см. рис.7,в). В этом случае используются отрезки кабелей с одинаковым волновым сопротивлением (50 или 75 Ом) длиной $l_1=l_2=l_3=l_4=c\pi\lambda/2$, $l_5=l_6=c\lambda/4$.

На рис.7,г показан вариант объединения двух антенн, при котором получается диаграмма направленности с круговой поляризацией. Такие системы целесообразно использовать при работе через радиоловительские спутники Земли, а также при приеме сигналов, отраженных от лунной поверхности. Обе антенны монтируют взаимно перпендикулярно на одной траверсе, одноименные вибраторы укрепляют как можно ближе друг к другу.

Для согласования используют отрезки коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом ($l_1=c\pi\lambda/4$, $l_2=c\pi\lambda/2$, где $\pi=1, 3, 5, \dots$; $\pi=1,2, 3, \dots$; $l_2-l_1=\lambda/4$) и 50 Ом ($l_3=c\lambda/4$).

Данная антенная система с круговой поляризацией имеет коэффициент усиления такой же, что и одиночная антенна.

В заключение несколько практических советов. Для удобства и быстрой сборки антенных систем рекомендуется отрезки кабелей согласования снабжать высокочастотными разъемами типов СР-75 и СР-50, а для их соединения использовать ВЧ тройники. Такие узлы нетрудно защитить от влияния атмосферных осадков. Если указанных разъемов нет, отрезки кабелей можно аккуратно спаять, а места соединения покрыть полистиролом или эпоксидной смолой. Все крепежные винты желательно ставить с нижней стороны траверсы и закрашивать их. Трубки элементов с концов закрывают капроновыми колпачками или резиновыми пробками. Места подключения кабелей к вибраторам желательно помещать в капроновые стаканы. Чтобы длинные траверсы не прогибались, их можно обычным способом подпереть диагональными штангами. Последние должны быть одинаковой длины для всех антенн, скомпонованных в систему.