Никитин В. А., Соколов Б. Б., Щербаков В. В.,
Жомов Ю. В., Виноградов Ю. А.

Антенны стутниковые, КВ, УКВ, Си-Би, ТВ, РВ

ДМК Пресс
издательство
Москва

УДК 65.017.2+3
ББК 65.290-2

Никитин В. А. и др.
Антенны спутниковые, КВ, УКВ, Си-Би, ТВ, РВ. – М.: ДМК Пресс. – 319 с.: ил.

ISBN 5-93700-010-2

Описаны конструкции спутниковых, ТВ, РВ, Си-Би, КВ, УКВ антенн, требования к антенным системам и фидерам; приведены методы расчета, настройки и оптимального применения. Книга включает информацию, взятую из каталогов ведущих технических фирм: технические данные, внешние виды и назначение дециметровых, метровых и всеволновых ТВ антенн, антенн для при ема телевизионных программ через ИСЗ, базовых, автомобильных Си-Би антенн, КВ и УКВ антенн для профессиональной и любительской связи. Публикуется иллюстрированный обзор описаний антенн по книге К. Ротхаммеля, а так же по отечественным и зарубежным журналам.

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельца авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно остается, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможный ущерб любого вида, связанный с применением содержащихся здесь сведений.

Все торговые знаки, упомянутые в настоящем издании, зарегистрированы. Случайное неправильное использование или пропуск торгового знака или названия его законного владельца не должно рассматриваться как нарушение прав собственности.

ISBN 5-93700-010-2

© Никитин В. А., Соколов Б. Б., Щербаков В. В.,
Жомов Ю. В., Виноградов Ю. А.
© Оформление, издание ДМК Пресс

ОТ ИЗДАТЕЛЯ

Это уже четвертая книга "Символ-Р" по антеннам. Антенны, казалось бы, самый простой по конструкции и вместе с тем самый сложный по выполнению и применению элемент любого передающего и приемного эфирного устройства. Может быть именно поэтому они так разнообразны по своему типу, виду, назначению, габаритам, техническим параметрам, частотным характеристикам, размерам. От многометровых парабол земных станций космической связи до миниатюрных штыревых антенн карманного телефона, от телевизионного "волнового канала" до многоэтажных, многоэлементных остронаправленных УКВ конструкций. А если попытаться перечислить их по назначению: спутниковые, телевизионные, радиовещательные, связных радиостанций, Си-Би, любительские антенны коротковолновиков и ультракоротковолновиков. Антенны можно также разделить на серийно выпускаемые фирмами-производителями и индивидуально разрабатываемые и изготавливаемые в единичных экземплярах в КБ или НИИ по заказам связистов.

Антенные системы - предмет извечного приложения любительского творчества. Здесь тон задают коротковолновики и ультракоротковолновики, так как принять слабые сигналы дальних DX-станций, редкий позывной сквозь шум эфира и помех без хорошей, грамотно рассчитанной и настроенной антенны вряд ли удастся.

Каждый ни раз убеждался на своем опыте, что без хорошей телевизионной антенны получить четкое, контрастное, насыщенное цветное изображение на экране телевизора просто невозможно. Отсюда неустанный поиск оптимальных решений разного типа телевизионных антенн: "волновой канал", бегущая волна, зигзагообразные, логопериодические, синфазные решеткн, а также активные с антенными усилителями.

Быстро развивается вместе с расширением технических и географических границ сравнительно молодое направление в массовой телекоммуникации - Гражданская связь в диапазоне 27 МГц - Си-Би. Во многом успеху ее прогресса способствует создание фирмами большой линейки антенн. Удачный творческий поиск в этой отрасли ведут и энтузиасты Си-Би связи, разрабатывая, экспериментируя и каждодневно совершенствуя антенны базовых, портативных, автомобильных станций.

В названии предлагаемой читателю книги включены, пожалуй, все перечисленные выше типы антенн. И это не случайно. Рассказы об их особенностях, технических данных, изготовлении (если это самодельные антенны), о настройке, установке, о рациональном использовании приведены в соответствующих главах этого справочного, по своему характеру прикладного издания. Одна из особенностей книги заключается в том, что читатель не только может по приведенным описаниям построить, настроить и установить нужную конструкцию, но по помещенным приложениям, составленным по каталогам ведущих фирм, ознакомиться с лучшими образцами промышленных антенн. Если он остановит свой выбор на одном из изделий, то, пользуясь почтовым адресом, адресом в Интернет или по телефону, факсу, которые он

найдет в рекламе фирм на обложках книги, желающий может заказать и приобрести нужную антенну. В приложениях впервые публикуются выдержки из каталогов телвизионных и спутниковых антенн фирмы "Белка", Си-Би антенн фирмы Sirio Antenne S.r.l (поставщик "УМД-проект") и фирм Алан СТЕ International, КВ и УКВ антенн фирмы "Компас-Р".

Для того, чтобы существенно расширить информационные возможности книги, в нее включены объемный иллюстрированный обзор описаний антенн из отечественных и зарубежных публикаций, включая книгу К. Ротхаммеля, а также иллюстрированный аннотированный указатель журнальных статей о конструкциях в журналах "Радио", "Радиолюбитель" и "КВ-журнал".

В создании книги принимали участие В. А. Никитин (главы 1-9 и 13); Б. Б. Соколов и В. В. Щербаков (глава 10), Ю. В. Жомов (глава 11), Ю. А. Виноградов (глава 12).

Отзывы и пожелания просим направлять в издательство "Символ-Р" по адресу: 125015, Москва, Б. Новодмитровская, 23 А; тел. и факс (095) 285-18-41.

1. АНТЕННЫ НАЗЕМНОГО, СПУТНИКОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ И РАДИОВЕЩАНИЯ

1.1. СОСТАВ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

Телевидение в нашей стране прошло ряд этапов развития. Первые опытные телевизионные передачи были осуществлены 29 апреля и 2 мая 1931 г., а с 1 октября этого же года начались регулярные передачи с разложением изображения на 30 строк и 12,5 кадров. С 1937 г. начались передачи сравнительно высококачественного изображения с разложением на 343 строки и 25 кадров. В 1948 г. наша страна впервые в мире освоила телевизионный стандарт с разложением на 625 строк и 50 полей. С 1967 г. начались регулярные передачи цветного телевидения. В настоящее время повсеместно все программы телевидения передаются в цветном изображении.

Наряду с развитием передающей телевизионной сети развивалась и приемная сеть. Если в 1940 году отечественная промышленность выпустила всего 300 телевизионных приемников, в 1950 г. - 11 900, то к концу 1990 г. их выпуск превысил 10 млн., в том числе более 6 млн. цветных. Количество телевизоров у населения к началу 1991 г. превысило 100 млн. Практически каждая семья имеет телевизор, а многие - два и более. Этим объясняется большой интерес к телевизионной технике в самых различных слоях населения.

Изображение любых предметов, в принципе, передать можно сразу все, но для этого потребовалось бы огромное количество каналов связи, равное количеству элементов изображения, а для высокого качества размеры этих элементов должны быть достаточно малы. Поэтому в телевидении используется принцип поочередной передачи сигнала, подобный чтению текста: по строкам, слева направо, немного вниз, снова слева направо и так до конца, пока не будет считано все изображение. Такой процесс передачи изображения называется разверткой изображения по времени.

Для преобразования изображения в электрический сигнал и осуществления развертки служит передающая телевизионная трубка, входящая в состав передающей камеры. Камера похожа на фотоаппарат и содержит объектив, которым передаваемое изображение проецируется целиком на мишень передающей трубки. Мишень покрыта светочувствительным веществом в виде мельчайших зерен, заряжаемых под воздействием света. Сильно освещенные зерна заряжаются сильнее, а те, на которые не падает свет, не заряжаются.

Для развертки на мишень направляется электронный луч, который отклоняющей системой перемещается по мишени слева направо (по строкам) и сверху вниз (по кадру). Эти направления разверток называются прямым ходом. Кадровая развертка значительно медленнее строчной. Поэтому каждая последующая строка располагается немного ниже предыдущей. После прямого хода строчной развертки следует ее обратный ход.

– луч быстро возвращается к левому краю мишени и начинается прямой ход следующей строки. Когда под воздействием прямого хода кадровой развертки будет пройдена последняя нижняя строка, возникнет обратный ход кадровой развертки, луч быстро переместится вверх и начнется развертка следующего кадра.

Для получения хорошей разрешающей способности (различимости мелких деталей изображения) за время передачи полного кадра строчная развертка обходит 625 строк. Во избежание мельканий при передаче движущихся изображений смена кадров производится достаточно быстро – 50 раз в секунду. Такая развертка называется прогрессивной, или построчной. Однако прогрессивная развертка по ряду причин оказалась неудобной. Поэтому вместо 50 кадров в секунду передается 50 полей, причем каждое поле содержит вместо 625 строк вдвое меньше – 312,5, а строки в полях расположены через одну. Таким образом, в течение одного поля передаются лишь нечетные строки – 1, 3, 5 и т. д., а в течение следующего поля – четные – 2, 4, 6 и т. д. Такая развертка называется чересстрочной.

Электронный луч, обегая мишень передающей трубки, разряжает накопленные на ней заряды. Ток луча изменяется в соответствии с зарядами в каждой точке мишени, т. е. в соответствии с изображением, которое было на нее спроецировано. В результате на сопротивлении резистора, по которому протекает ток луча, образуется напряжение видеосигнала. Для получения точно такого же изображения на экране телевизора, как на мишени передающей трубки, электронный луч приемной трубки (кинескопа) должен обходить экран в том же порядке, в котором обходил мишень луч передающей трубки. Для этого к сигналу изображения подмешиваются строчные и кадровые синхронизирующие импульсы.

Во время обратного хода луча кинескопа по строкам и по кадрам он должен быть погашен. Для этого к сигналу изображения также подмешиваются специальные гасящие импульсы в конце каждой строки и в конце каждого поля. Синхроимпульсы размещаются на гасящих импульсах, как на пьедестале. Таким образом, гашение луча кинескопа начинается еще до начала обратного хода и заканчивается после его завершения. Чтобы генератор строчной развертки телевизора не вышел из синхронизма во время кадрового синхроимпульса, в него вводятся строчные синхроимпульсы в виде врезок. Кроме того, перед кадровым синхроимпульсом и после него вводится по шесть так называемых уравнивающих импульсов.

Смесь сигнала изображения и полного синхросигнала образует полный телевизионный сигнал, который подается на модулятор передатчика изображения. При цветном телевидении полный телевизионный сигнал содержит еще сигналы цветности и опознавания цветной передачи. Эти сигналы воспринимаются только цветными телевизорами.

Звуковое сопровождение телевизионной передачи ведется при частотной модуляции несущей частоты. Разнос между несущими частотами изображения и звука в странах СНГ принят равным 6,5 МГц. Для передачи звукового сопровождения используется отдельный передатчик. Передатчики изображения и звукового сопровождения работают на общую широкополосную антенну – многоэтажную, турникетного типа. Такая антенна в горизонтальной плоскости имеет ненаправленную круговую диаграмму направленности, а в вертикальной создает узкий лепесток диаграммы,

прижатый к поверхности земли, что увеличивает поток мощности в этом направлении и препятствует излучению под большими углами к горизонту, которое бесполезно.

1.2. СТАНДАРТЫ И СИСТЕМЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Система преобразования изображения и звукового сопровождения телевизионной передачи в электрический сигнал на передающей стороне и обратного преобразования на приемной устанавливается телевизионным стандартом. Разные страны мира используют разные стандарты, сложившиеся исторически, которые различаются числом строк в полном кадре, частотой полей, разносом между несущими частотами сигналов изображения и звукового сопровождения, видом модуляции несущей сигналом звукового сопровождения и другими параметрами.

В большинстве стран мира их стандартами предусмотрено разложение изображения на 625 строк и 50 полей при чересстрочной развертке. В странах же Америки, Японии и некоторых других частота полей составляет 60 Гц, а число строк в полном кадре – 525. У нас и в странах Восточной Европы разнос между несущими частотами изображения и звукового сопровождения принят равным 6,5 МГц, а в большинстве других стран мира – 5,5 МГц. Кое-где используется амплитудная модуляция несущей частоты сигналом звука вместо общепринятой частотной модуляции. Имеются и другие различия. Каждому телевизионному стандарту присвоена определенная буква латинского алфавита, которая позволяет определить все его характеристики.

Помимо разных телевизионных стандартов существуют три разные системы цветного телевидения – СЕКАМ, ПАЛ и НТСЦ, каждая из которых характеризуется определенным способом формирования сигнала, содержащего информацию о цвете элементов изображения.

Различия в стандартах мешают использовать телевизор, рассчитанный на один стандарт, для приема передачи по другому. Такие рассогласования обычно происходят при использовании импортных телевизоров, когда из-за разницы в стандартах оказывается невозможно принять звуковое сопровождение телевизионных передач или при цветной передаче изображение на экране телевизора оказывается черно-белым. В таких случаях неизбежна переделка телевизора, порой достаточно сложная. Поэтому в последние годы многие зарубежные производители стали выпускать телевизоры, оснащенные микропроцессором, который автоматически способен распознать стандарт принятого телевизионного сигнала и систему цветного телевидения, использованную в этом сигнале. Процессор производит необходимые переключения в схеме телевизора, которые обеспечивают нормальный прием изображения и звука, освобождая владельцев такого телевизора от забот.

Для многопрограммного телевизионного вещания сигналы одной программы отличаются от сигналов другой, чтобы на приемной стороне можно было бы выбрать нужную программу. Это обеспечивается, как и в радиовещании, тем, что разные программы передаются на разных частотах. Для телевидения выделены три диапазона частот в области метровых волн и два диапазона в области дециметровых. Для каждой программы выделяется один канал шириной 8 МГц, а каждому каналу присваивается постоянный

порядковый номер. Первый и второй частотные каналы относятся к диапазону I, с третьего по пятый – к диапазону II, с шестого по двенадцатый – к диапазону III, с 21-го по 39-й – к диапазону IV, а с 40-го по 80-й – к диапазону V. В табл. 1.1 и 1.2 приведены основные параметры телевизионных частотных каналов в области метровых и дециметровых волн: $f_и$ – несущая частота канала изображения; $f_з$ – несущая частота канала звука; $f_с$ – средняя несущая частота; $\lambda_и$ – длина волны канала изображения; $\lambda_з$ – длина волны канала звука; $\lambda_с$ – средняя длина волны. При изготовлении телевизионной антенны нужно знать номер частотного канала, по которому идет передача, но не путать его с номером программы.

Таблица 1.1

Основные параметры частотных каналов метровых волн

Номер канала	$f_и$, МГц	$f_з$, МГц	$f_с$, МГц	$\lambda_и$, мм	$\lambda_з$, мм	$\lambda_с$, мм
1	49,75	56,25	52,900	6030	5333	5671
2	59,25	65,75	62,415	5063	4563	4807
3	77,25	83,75	80,434	3883	3582	3730
4	85,25	91,75	88,440	3519	3270	3392
5	93,25	99,75	96,445	3217	3008	3111
6	175,25	181,75	178,470	1712	1651	1681
7	183,25	189,75	186,472	1637	1581	1609
8	191,25	197,75	194,473	1569	1517	1543
9	199,25	205,75	202,474	1506	1458	1482
10	207,25	213,75	210,475	1448	1404	1425
11	215,25	221,75	218,476	1394	1353	1373
12	223,25	229,75	226,477	1344	1306	1325

Таблица 1.2

Основные параметры каналов дециметровых волн

Номер канала	$f_и$, МГц	$f_з$, МГц	$f_с$, МГц	$\lambda_и$, мм	$\lambda_з$, мм	$\lambda_с$, мм
21	471,25	477,75	474,489	637	628	632
22	479,25	485,75	482,489	626	618	622
23	487,25	493,75	490,489	616	608	612
24	495,25	501,75	498,489	606	598	602
25	503,25	509,75	506,490	596	589	592
26	511,25	517,75	514,490	587	579	583
27	519,25	525,75	522,490	578	571	574
28	527,25	533,75	530,490	569	562	566
29	535,25	541,75	538,490	560	554	557
30	543,25	549,75	546,490	552	546	549
31	551,25	557,75	554,490	544	538	541
32	559,25	565,75	562,491	536	530	533
33	567,25	573,75	570,491	529	523	526
34	575,25	581,75	578,491	522	516	519
35	583,25	589,75	586,491	514	509	512
36	591,25	597,75	594,491	507	502	505

Окончание табл. 1.2

Номер канала	$f_и$, МГц	$f_з$, МГц	$f_с$, МГц	$\lambda_и$, мм	$\lambda_з$, мм	$\lambda_с$, мм
37	599,25	605,75	602,491	501	495	498
38	607,25	613,75	610,491	494	489	491
39	615,25	621,75	618,491	488	482	485
40	623,25	629,75	626,492	481	476	479
41	631,25	637,75	634,492	475	470	473
42	639,25	645,75	642,492	469	465	467
43	647,25	653,75	650,492	464	459	461
44	655,25	661,75	658,492	458	453	456
45	663,25	669,75	666,492	452	448	450
46	671,25	677,75	674,492	447	443	445
47	679,25	685,75	682,492	442	438	440
48	687,25	693,75	690,492	437	432	435
49	695,25	701,75	698,492	432	428	430
50	703,25	709,75	706,493	427	423	425
51	711,75	717,75	714,493	422	418	420
52	719,25	725,75	722,493	417	413	415
53	727,25	733,75	730,493	412	409	411
54	735,25	741,75	738,493	408	404	406
55	743,25	749,75	746,493	404	400	402
56	751,75	757,75	754,493	399	396	398
57	759,25	765,75	762,493	395	392	393
58	767,25	773,75	770,493	391	388	389
59	775,25	781,75	778,493	387	384	385
60	783,25	789,75	786,493	383	380	381
61	791,25	797,75	794,493	379,1	376,1	377,6
62	799,25	805,75	802,493	375,4	372,3	373,8
63	807,25	813,75	810,493	371,6	368,7	370,1
64	815,25	821,75	818,494	368,0	365,1	366,6
65	823,25	829,75	826,494	364,4	361,6	363,0
66	831,25	837,75	834,494	360,9	358,1	359,5
67	839,25	845,75	842,494	357,5	354,7	356,1
68	847,25	853,75	850,494	354,1	351,4	352,8
69	855,25	861,75	858,494	350,8	348,1	349,4
70	863,25	869,75	866,494	347,5	344,9	346,2
71	871,25	877,75	874,494	344,3	341,8	343,1
72	879,25	885,75	882,494	341,2	338,7	339,9
73	887,25	893,75	890,494	338,1	335,7	336,9
74	895,25	901,75	898,494	335,1	332,7	333,9
75	903,25	909,75	906,494	332,1	329,8	330,9
76	911,25	917,75	914,494	329,2	326,9	328,1
77	919,25	925,75	922,494	326,4	324,1	325,2
78	927,25	933,75	930,494	323,6	321,3	322,4
79	935,25	941,75	938,494	320,8	318,6	319,7
80	943,25	949,75	946,494	318,0	315,9	317,0

1.3. ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН И ЗОНА УВЕРЕННОГО ПРИЕМА

Уверенным приемом называют такие условия приема передач, когда независимо от погоды, состояния солнечной активности, времени суток и года, температуры и влажности воздуха, а также других факторов обеспечивается прием программ заранее выбранного телевизионного передатчика.

Официальная зона уверенного приема определяется расстоянием прямой видимости передающей антенны до точки установки приемной антенны. При этом исходят из того, что ультракороткие волны (УКВ), на которых ведутся телевизионные передачи, распространяются прямолинейно, подобно свету, не огибают земную поверхность и не отражаются ионосферой в противоположность волнам коротковолнового диапазона. В связи с тем, что поверхность Земли шарообразна с радиусом сферы около 6370 км, можно вывести следующую формулу для определения максимальной дальности, соответствующей прямой видимости:

$$D = 3{,}57\ (\sqrt{H} + \sqrt{h}),$$

где D - максимальная дальность прямой видимости, км; H - высота передающей антенны, м; h - высота приемной антенны, м.

Формула не учитывает фактического рельефа местности и предполагает, что антенны установлены на идеально ровной сферической поверхности Земли. Кроме того, при распространении радиоволн УКВ диапазона все-таки имеют место и дифракция, и рефракция радиоволн. Дифракцией радиоволн называют явления, возникающие при встрече радиоволн с препятствиями, когда они огибают препятствие и проникают в область тени, отклоняясь от прямолинейного пути. Когда передающая и приемная антенны разделены выпуклостью земного шара, дифракция радиоволн является одной из причин приема сигналов за пределами прямой видимости. Эффект дифракционного проникновения радиоволны в область тени зависит от соотношения между размером препятствия и длиной волны и выражен тем сильнее, чем больше длина волны. Поэтому в диапазоне УКВ, где длина волны сравнительно мала, эффект дифракции не так велик, как в диапазоне длинных или средних волн, но все-таки имеет место.

Распространению радиоволн за пределы прямой видимости также способствует явление, называемое нормальной тропосферной рефракцией (преломлением). Показатель преломления зависит от давления и температуры воздуха, которые убывают с высотой. Это приводит к увеличению максимальной дальности возможного уверенного приема телевизионных передач по сравнению с максимальной дальностью, ограниченной условиями прямой видимости.

Помимо явлений дифракции и нормальной рефракции дальнему распространению радиоволн способствует их рассеяние различными наземными металлическими предметами в виде железобетонных масс зданий, мостов, мачт, а также неоднородностями в верхних слоях атмосферы. В результате рассеяния возникают вторичные излучения сигнала, которые, конечно, значительно слабее по мощности основного. Однако при наличии