

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время прикладные области радиотехники продолжают свое бурное развитие. Телевидение, радиовещание, Интернет, спутниковая, сотовая и беспроводная связь, спутниковая навигация, радиолокация, радиоуправления и другие применения глубоко вошли в быт практически каждого человека. В то же время ни одно из воплощений радиосвязи немыслимо без антенн. Можно даже сказать, что подобно тому как «театр начинается с вешалки»*, «радиосвязь начинается с антенны».

Задачи, решаемые специалистами в области антенно-фидерных устройств, условно можно разделить на две категории: задачи анализа и задачи синтеза. Задачи анализа сводятся к расчету основных характеристик антенны или антенно-фидерной системы в целом. Задачи синтеза — задачи проектирования устройств заключаются в выборе конструкции антенны, её геометрических размеров и схемы питания с тем, чтобы антенна имела заданные характеристики.

Значительная часть существующих в настоящее время изданий по тематике антенно-фидерных устройств в большей степени предназначена для менеджеров, работающих в области связи, и представляют собой скорее справочники с многочисленными вариантами технических решений и данными о параметрах конкретных узлов. В то же время для учащихся высших учебных заведений, выполняющих курсовые и дипломные работы по расчёту различных антенн, аспирантов, а также в какой-то степени и для разработчиков имеется необходимость в учебном пособии, предназначенном для использования при проектировании конкретных систем связи.

Настоящее учебное пособие является продолжением работ [1, 2] и посвящено методам, методикам и алгоритмам, используемым для проектирования антенн и антенно-фидерных систем. Предполагается, что затронутые в настоящей книге вопросы позволят применить предложенные приёмы для расчёта основных электрических характеристик технических решений в области антенн, описанных в означенных выше и других источниках.

Исходными данными для проектирования антенны или антенно-фидерной системы являются её характеристики, требования к кото-

* К.С. Станиславский.

Таблица В.1

Классификация диапазонов радиочастот

Номер диапазона	Название длин волн	Диапазон длин волн	Название диапазона частот	Диапазон частот
1		100000... 10000 км	Крайне низкие (КНЧ) Extremely Low (ELF)	3...30 Гц
2		10000... 1000 км	Сверхнизкие (СНЧ) Super Low (SLF)	30...300 Гц
3		1000... 100 км	Ультранизкие (УНЧ) Ultra Low (ULF)	300...3000 Гц
4	Мириаметровые Сверхдлинные (СДВ)	100...10 км	Очень низкие (ОНЧ) Very Low (VLF)	3...30 кГц
5	Километровые Длинные (ДВ)	10...1 км	Низкие (НЧ) Low (LF)	30...300 кГц
6	Гектометровые Средние (СВ)	1 км...100 м	Средние (СЧ) Medium (MF)	300 кГц... 3 МГц
7	Декаметровые Короткие (КВ)	100...10 м	Высокие (ВЧ) High (HF)	3...30 МГц
8	Метровые Ультракороткие (УКВ)	10...1 м	Очень высокие (ОВЧ) Very High (VHF)	30...300 МГц
9	Дециметровые	1 м...10 см	Ультравысокие (УВЧ) Ultra High (UHF)	300 МГц... 3 ГГц
10	Сантиметровые	10...1 см	Сверхвысокие (СВЧ) Super High (SHF)	3...30 ГГц
11	Миллиметровые	10...1 мм	Крайне высокие (КВЧ) Extremely High (EHF)	30...300 ГГц
12	Децимиллиметровые (субмиллиметровые) Оптические	1...0,1 мм < 0,1 мм	Гипервысокие (ГВЧ) Tremendously High (THF)	300 ГГц...3 ТГц >3 ТГц

рым задаются качественно и/или количественно. Во многих случаях требования предъявляются лишь к некоторым наиболее критическим характеристикам (диаграмме направленности, коэффициенту усиления, шумовой добротности).

Как и для любого радиотехнического устройства, важным параметром при проектировании антенны является её диапазон рабочих частот. Этот параметр задается всегда, так как он во многом определяет конкретную конструкцию антенны и её фидерного тракта.

Диапазоны частот [3], применяемые в радиотехнике, согласно их разделению по длинам волн, приведены в таблице В.1. Данная классификация частот рекомендована Международным союзом электросвязи (МСЭ) [4].

В табл. В.2 приведено другое разделение диапазонов частот, используемое для систем радиосвязи и радиовещания, где каждый диапазон обозначается одной или двумя латинскими буквами. При этом в системах спутниковой связи верхняя часть диапазона, как прави-

Таблица В.2

Классификация диапазонов частот, используемых для радиосвязи и радиовещания

Обозначение диапазона	Диапазоны частот	Поддиапазоны частот	Обозначение поддиапазона
<i>L</i>	1425...1550 МГц 1610...1710 МГц		
<i>S</i>	1930...2700 МГц		
<i>C</i>	3400...5250 МГц 5725...7075 МГц		
<i>X</i>	7250...8400 МГц		
<i>Ku</i>	10,70...12,75 ГГц 12,75...14,80 ГГц	10,7...11,8 ГГц 11,8...12,5 ГГц 12,5...12,75 ГГц	FSS DBS FSS
<i>K</i>	18,0...26,5 ГГц		
<i>Ka</i>	18,3...20,2 ГГц 27,5...31,0 ГГц	18,3...18,8 ГГц 19,7...20,2 ГГц	

Таблица В.3

Классификация диапазонов частот, используемых для радиолокационных систем

Обозначение диапазона	Диапазон частот	Обозначение диапазона	Диапазон частот
HF	3...30 МГц	<i>Ku</i>	12...18 ГГц
VHF	30...300 МГц	<i>K</i>	18...27 ГГц
UHF	300...1000 МГц	<i>Ka</i>	27...40 ГГц
<i>L</i>	1...2 ГГц	<i>V</i>	40...75 ГГц
<i>S</i>	2...4 ГГц	<i>W</i>	75...110 ГГц
<i>C</i>	4...8 ГГц	<i>D</i>	110...170 ГГц
<i>X</i>	8...12 ГГц		170...300 ГГц

Таблица В.4

Классификация диапазонов частот, используемая для систем радиоэлектронного противодействия

Обозначение диапазона	Диапазон частот	Обозначение диапазона	Диапазон частот
<i>A</i>	0...0,25 ГГц	<i>H</i>	6...8 ГГц
<i>B</i>	0,25...0,5 ГГц	<i>I</i>	8...10 ГГц
<i>C</i>	0,5...1,0 ГГц	<i>J</i>	10...20 ГГц
<i>D</i>	1...2 ГГц	<i>K</i>	20...40 ГГц
<i>E</i>	2...3 ГГц	<i>L</i>	40...60 ГГц
<i>F</i>	3...4 ГГц	<i>M</i>	60...100 ГГц
<i>G</i>	4...6 ГГц		

ло, используется на линии связи земная станция (ЗС) — искусственный спутник Земли (ИСЗ), нижняя часть — на линии связи ИСЗ — Земля.

Аналогичные буквенные обозначения применяются также для радиолокационных систем [5]. Однако в этом случае соответствующ-

Таблица В.5

Классификация диапазонов частот, используемых для телевизионного вещания

Номер ТВ канала	Диапазон частот канала, МГц	Номер ТВ канала	Диапазон частот канала, МГц
Метровые волны			
1	48,5... 56,5	7	182... 190
2	58... 66	8	190... 198
3	76... 84	9	198... 206
4	84... 92	10	206... 214
5	92... 100	11	214... 222
6	174... 182	12	222... 230
Дециметровые волны			
21	470... 478	46	670... 678
22	478... 486	47	678... 686
23	486... 494	48	686... 694
24	494... 502	49	694... 702
25	502... 510	50	702... 710
26	510... 518	51	710... 718
27	518... 526	52	718... 726
28	526... 534	53	726... 734
29	534... 542	54	734... 742
30	542... 550	55	742... 750
31	550... 558	56	750... 758
32	558... 566	57	758... 766
33	566... 574	58	766... 774
34	574... 582	59	774... 782
35	582... 590	60	782... 790
36	590... 598	61	790... 798
37	598... 606	62	798... 806
38	606... 614	63	806... 814
39	614... 622	64	814... 822
40	622... 630	65	822... 830
41	630... 638	66	830... 838
42	638... 646	67	838... 846
43	646... 654	68	846... 854
44	654... 662	69	854... 862
45	662... 670		

щие буквам диапазоны частот оказываются несколько другими (таблица В.3).

В таблице В.4 приведена классификация, используемая для обозначения диапазонов частот систем радиоэлектронного противодействия США, Канады, Европейского союза и НАТО [6].

Таблица В.5 содержит значения частот, применяемых для наземного телевизионного вещания (ТВ) на территории Российской Федерации.

Главы 1–3 предлагаемого учебного пособия посвящены рассмотрению проволочных антенн в зависимости от диапазона частот, на который они ориентированы. За основу при написании этих разделов принималась классификация МСЭ. В главе 4 рассмотрены

щелевые антенны и решетки на их основе. Главы 5–13 посвящены антеннам СВЧ диапазона, которые рассмотрены в зависимости от области их применения или конструктивных особенностей. Кроме этого, в пособии рассматриваются некоторые теоретические вопросы из области антенной техники, в частности, посвящённые методам расчёта проволочных антенн (глава 1), методам расчёта антенн СВЧ и вопросам расчёта шумовой температуры антенн и шумовой добротности земных станций спутниковой связи (глава 5).

Практически каждая глава учебного пособия снабжена приложением, в котором пошагово расписаны методики и алгоритмы расчёта некоторых конкретных типов антенн. Все приложения в виде текста с комментариями и программ на Mathcad доступны на сайте издательства http://www.techbook.ru/book.php?id_book=810.

Предлагаемое учебное пособие может оказаться полезным на этапе предварительного проектирования систем связи различного назначения, поскольку поможет связать параметры антенн с параметрами разрабатываемой системы. На основе выбранной расчётной модели антенны можно по имеющимся каталогам различных фирм изготовителей произвести выбор конкретной конструкции. Приведённые приёмы расчёта позволяют проводить сравнительный анализ, включая и экономические параметры, различных конструктивных оформлений антенн, а в конечном счёте и обосновывать выбор того или иного варианта.