МИНИСТЕРСТВО ВНУТРЕННИХ ДЕЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Главное управление вневедомственной охраны

УТВЕРЖДЕНО
Заместителем начальника
ГУВО МВД России
генерал-майором полиции
А.В. Грищенко
25 декабря 2014 г.

Методические рекомендации для инженерно-технических сотрудников и работников подразделений вневедомственной охраны по настройке антенно-фидерных устройств радиосистем

Р 78.36.041-2014

2014

gost.e-ecolog.ru

Методические рекомендации разработаны сотрудниками Федерального казённого учреждения «Научно-исследовательский центр «Охрана» Министерства внутренних дел Российской Федерации А.Р. Фамильновым, И.М. Нурмухаметовым, Ю.И. Дроновым, под руководством А.Г. Зайцева и утверждены Главным управлением вневедомственной охраны Министерства внутренних дел Российской Федерации.

Методические рекомендации для инженерно-технических сотрудников и работников подразделений вневедомственной охраны по настройке антенно-фидерных устройств радиосистем. - М.: НИЦ «Охрана», 2014. - 122 с.

В методических рекомендациях рассмотрены теоретические основы распространения радиоволн, основные характеристики, рекомендации по установке и методики для измерения параметров антенно-фидерных трактов.

Методические рекомендации предназначены для инженерно-технических специалистов вневедомственной охраны, занимающихся вопросами организации централизованной охраны объектов, квартир и мест хранения имущества граждан.

ФКУ НИЦ «Охрана» МВД России выражает признательность всем участвовавшим в данной работе специалистам подразделений вневедомственной охраны за предоставленный материал, участие в обсуждении документа, а также за высказанные замечания и предложения.

ВВЕДЕНЫ

С 1 января 2015 г.

© ФКУ НИЦ «Охрана» МВД России, 2015

Содержание

1. Введение 5
1.1 Назначение и роль антенно-фидерных устройств 5
1.2 Электромагнитные волны и радиоволны 7
2. Распространение радиоволн 9
2.1 Особенности распространения УКВ 9
2.2 Некоторые рекомендации 12
3. Основные характеристики антенн 17
3.1 Поляризационные свойства 17
3.2 Свойства направленности антенн 18
3.3 Диаграммы направленности антенн 18
3.4 Электрические параметры антенн 21
3.4.1 Параметры направленности 21
3.4.2 Входное сопротивление антенны 22
3.4.3 Коэффициент стоячей волны антенны 23
3.4.4 Коэффициент усиления антенны 25
3.4.5 Коэффициент направленного действия 25
3.5 Наиболее распространенные типы антенн, применяемые в радиоканальных системах передачи извещений 26
3.5.1 Антенны базовые коллинеарные с последовательным питанием ANLI A-1000MV1, A-300MV, A-300MU, A-200MU 26
3.5.2 Антенны объектовые ненаправленные GP 3-E, CX 164 U, CX-455 28
3.5.3 Антенны объектовые направленные Y3VHF, Y5VHF, Y4UHF(L,H), Y6UHF(L,H), ANT459Y, ANT460LY, SF7/453-468, SF10/440-470 30
4. Фидерная линия 34
4.1 Характеристики коаксиальных кабелей 37
5. Приборы для измерения параметров антенно-фидерных трактов и настройки антенн 42
6. Грозозащита антенно-фидерных трактов 44

7. Коаксиальные соединители, их основные параметры и способы соединения ... 49
7.1 Характеристики соединителей наиболее распространенных серий ... 50
7.2 Инструмент для разделки кабелей и монтажа соединителей ... 54
8. Примерный порядок действий при монтаже и настройке антенно-фидерных устройств ... 59
8.1 Выбор места для установки антенны ... 59
8.2 Выбор типа антенны ... 60
8.3 Выбор и монтаж элементов антенно-фидерной системы ... 61
8.4 Настройка элементов антенно-фидерной системы ... 62
9. Требования безопасности при установке антенно-фидерных устройств ... 63

Приложение 1 ... 64
Приложение 2 ... 66
Приложение 3 ... 74
Приложение 4 ... 81
Приложение 5 ... 95
Приложение 6 ... 103
Приложение 7 ... 104
Приложение 8 ... 111
Приложение 9 ... 113

1. Введение

1.1 Назначение и роль антенно-фидерных устройств

Связь между передатчиками и приемниками информации в любой радиосистеме осуществляется через специальные устройства-антенны посредством передачи и приема радиоволн (РВ), распространяющихся в окружающей среде.

Передающая антенна преобразует высокочастотный ток передатчика в электромагнитное поле, которое излучается антенной и распространяется от нее в виде радиоволн со скоростью, близкой к скорости света (около 300 тыс. км/с), а приемная антенна, которой достигают эти радиоволны, осуществляет обратное преобразование энергии электромагнитного поля в высокочастотный электрический ток приемника.

Большинство передающих и приемных антенн, в т.ч. все приемопередающие, являются *обратимыми* устройствами, в том смысле, что если антенна хорошо излучает, то она же может и хорошо принимать радиоволны, причем направления наилучшего приема и передачи у нее совпадают.

Обратимость антенн определяется одним из важных принципов, существующих в антенной технике - *принципом взаимности*.

Антенна одинаково эффективна при передаче и при приеме, ее свойства и параметры в обоих случаях остаются одними и теми же. Например, применительно к диаграмме направленности антенны можно утверждать, что она у антенны одна и та же, независимо от режима использования данной антенны. То есть и излучаемая антенной мощность, и принимаемая ею же из окружающего пространства одинаково зависят от углов ориентации этой антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Понятие о принципе взаимности и свойство обратимости антенны полезны и удобны при рассмотрении и изучении ее электрических характеристик и параметров, но, говоря об обратимости, следует иметь в виду, что некоторые конструктивные и электрические требования к приемным и передающим антеннам могут быть различными.

Подключение антенн к приемнику и передатчику или к приемо-передатчику может быть либо непосредственным (как, например, в портативной радиостанции), либо через специальные проводные линии связи - радиочастотные фидерные линии. В последнем случае антенну вместе с фидерной линией часто рассматривают как единое антенно-фидерное устройство (АФУ).

Кроме рассматриваемых в данных рекомендациях антенн, радиочастотных фидеров и соединителей, в состав антенно-фидерного оборудования радиосистем могут входить такие элементы, как полосовые, режекторные или полосно-режекторные фильтры, комбайнеры, изоляторы и циркуляторы, преселекторы, распредпанели, антенные усилители и др. устройства.

Роль антенных (антенно-фидерных) устройств в любой системе радиосвязи очень велика и очевидна. Без них радиосвязь невозможна, а от их правильного выбора, настройки и установки во многом зависят работоспособность системы и качество передачи информации.

При последующем рассмотрении АФУ (прежде всего с целью их правильного, осознанного выбора при заказах оборудования) понадобятся отдельные минимально необходимые сведения и понятия из общей теории электромагнитного поля и распространения радиоволн, а также некоторых других разделов радиотехники и электротехники.

1.2 Электромагнитные волны и радиоволны

Электромагнитная волна (ЭМВ) представляет собой распространяющееся в пространстве переменное электромагнитное поле. К ЭМВ относятся: радиоволны, инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские, гамма-лучи и видимый свет. Все эти ЭМВ отличаются друг от друга частотой колебаний (длиной волны) и способом их получения. Среди указанного множества ЭМВ различной природы для радиосвязи в основном используются *радиоволны* - ЭМВ с длинами волн от долей мм до приблизительно 100 км.

Электромагнитное поле радиоволны в каждой точке пространства в каждый момент времени характеризуется величинами и направлениями двух векторов - двух составляющих ЭМП - *вектора напряженности электрического поля* (Е) и *вектора напряженности магнитного поля* (Н), которые всегда взаимно перпендикулярны (ортогональны) и расположены в одной плоскости. Эта плоскость, в свою очередь, перпендикулярна направлению распространения РВ.

РВ могут иметь различные *плоскости поляризации* и различные формы поверхности *фронта волны*.

Плоскостью поляризации РВ называется плоскость, проходящая через направление распространения РВ и вектор Е. Основными видами поляризации РВ являются *линейная, круговая и эллиптическая*. При линейной поляризации РВ оба вектора синхронно изменяются по синусоидальному закону. В зависимости от того, в какой *плоскости пространства* (вертикальной или горизонтальной) лежит *плоскость поляризации РВ*, говорят о том, что данная линейно-поляризованная волна имеет *вертикальную* или *горизонтальную поляризацию*.

Фронтом волны называется поверхность, которая проходит через точки пространства, где фаза напряженности электрического (или магнитного) поля одна и та же. В зависимости от формы этой поверхности различают

плоские, сферические, цилиндрические и другие РВ. Передающую антенну можно считать точечным источником излучения, излучающим *сферические волны*, но на большом расстоянии от нее (в точке установки принимающей антенны) сравнительно небольшой участок поверхности сферы очень близок к плоскости, и поэтому принимаемую РВ следует считать *плоской*.

Спектр РВ в зависимости от длин волн (и соответствующих им частот колебаний) разделен на несколько диапазонов. В системах охранной сигнализации, как правило, используются диапазоны:

-метровые волны (МВ) - от 10м до 1 м, или очень высокие частоты (ОВЧ, VHF) - от 30 до 300 МГц;

-дециметровые волны (ДМВ) - от 1м до 1дм, или ультравысокие частоты (УВЧ,UHF) - от 300 МГц до 3 ГГц.

Примечание: Выраженная в метрах длина волны в свободном пространстве и частота, выраженная в мегагерцах, связаны простой зависимостью: λ[м] = 300/*f* [МГц]. В этой формуле число 300 представляет собой приближенное значение скорости света в пустоте (с≈300тысяч километров в секунду).

Необходимость разбиения радиоволн и их частотного спектра на диапазоны и поддиапазоны связана с двумя главными причинами: с характерными для каждого из них, специфическими методами построения всех основных элементов радиоканалов (передатчиков, приемников и антенно-фидерных устройств) и, во-вторых, с существенными различиями в способах и механизмах распространения РВ разных диапазонов и поддиапазонов в пространстве, хотя резкой границы между ними нет.

Связь в вышеуказанных диапазонах осуществляется *пространственными волнами*, распространяющимися на сравнительно небольшие расстояния в приземном слое атмосферы - в тропосфере.

2. Распространение радиоволн

2.1 Особенности распространения УКВ

Для всех УКВ радиоволн, в том числе для МВ (ОВЧ,VHF) и ДМВ (УВЧ, UHF), в полосах частот которых работают радиосистемы РСПИ и оперативной подвижной связи, ионосферу следует считать прозрачной. Хотя в отдельных случаях, при образовании неоднородностей, областей повышенной ионизации в тропосфере (например, при авариях на АЭС и т.п.) возможны кратковременные и даже длительные отражения, приводящие к сверхдальнему распространению УКВ. Основную роль в процессе распространения УКВ играют *пространственные волны*.

Дальность распространения пространственных РВ определяется двумя важными физическими явлениями - дифракцией и рефракцией.

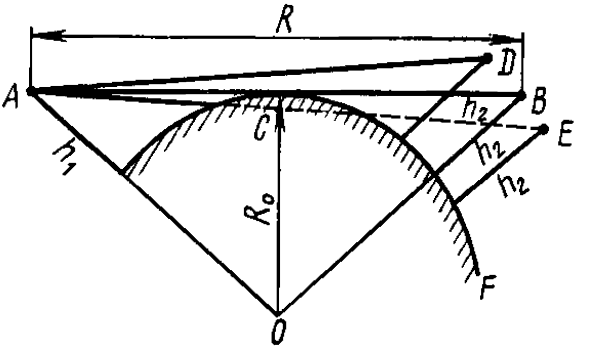
Дифракция - это явление огибания радиоволной препятствия (с размерами, меньшими, чем длина волны λ) и проникновения волны в область геометрической тени за этим препятствием, в частности - за линией горизонта.

Рефракция - явление постепенного искривления траектории распространения пространственной волны за счет ее преломления в тропосфере (вследствие постепенного изменения плотности слоев тропосферы и, следовательно, коэффициента преломления с высотой).

Дифракция свойственна РВ любой длины, но наиболее она выражена на ДВ и СВ, которые способны распространяться за линию горизонта (за пределы прямой видимости) на сотни километров. Способность КВ к огибанию земной поверхности за счет дифракции гораздо меньше, и еще меньше она для МВ и ДМВ, но все-таки она приводит к некоторому увеличению дальности передачи.

Более существенным фактором, определяющим способность МВ и ДМВ распространяться за пределы геометрической видимости, является рефракция радиоволн в тропосфере.

Определение расстояния прямой (геометрической) видимости между антеннами.



Как известно, линия видимого (геометрического) горизонта для точки наблюдения, расположенной на высоте **h** над *идеализированной* гладкой сферической поверхностью Земли, представляет собой окружность на этой поверхности с радиусом r[км]=3,57 $\sqrt{h[м]}$.

Следовательно, предельно возможное удаление, при котором еще сохраняется прямая оптическая видимость между двумя точками (в нашем случае - между фазовыми центрами антенн) с высотами h_1 и h_2, называемое *расстоянием геометрической видимости*, равно: R[км]= 3,57 ($\sqrt{h_1[м]} + \sqrt{h_2[м]}$).

***Примечание**: Коэффициент 3,57 представляет собой корень квадратный из удвоенного среднего радиуса Земли (R_0 =6370 км), выраженного в тысячах км:*

$$3{,}57 \approx \sqrt{2R_0} = \sqrt{2 \times 6.37} = \sqrt{12.74}\,.$$

При нормальном состоянии атмосферы (*нормальной рефракции*) вертикальное распределение коэффициента преломления в ней таково, что траектория распространения радиоволны представляет собой плавно изогнутую линию, которая обращена своей выпуклостью вверх и проходит выше линии геометрического горизонта.

При нормальной рефракции для «радиолуча» между антеннами как бы увеличивается радиус земного шара и, следовательно, уменьшается высота его выпуклости, перекрывающей «луч».

Примечание: *При периодически возникающих отклонениях от нормального распределения плотности в тропосфере проявляются другие виды тропосферной рефракции:*

- отрицательная («радиолуч» отклоняется вверх и на Землю не возвращается);

- положительная критическая (в отличие от положительной нормальной, когда кривизна «луча» незначительно превышает кривизну Земли, в данном случае его кривизна равна кривизне Земли, и «луч» проходит параллельно ее поверхности - сверхдальнее распространение);

- положительная сверхрефракция (радиус Земли как бы уменьшается, и «луч» замыкается на Землю еще до линии горизонта).

В первом и последнем случае дальность связи на УКВ резко уменьшается.

За счет *нормальной* рефракции дальность прямой *радиовидимости* между антеннами с теми же высотами подвеса приблизительно на 15% превышает геометрическую дальность и (при той же идеализации поверхности Земли) составляет:

$$R\ [км]=4{,}12\ (\sqrt{h_1\ [м]}+\sqrt{h_2\ [м]}\ )$$

Для иллюстрации сказанного в таблице приведены результаты расчетов зон для трех пар высот антенн h_1 и h_2 (над поверхностью Земли или над средним уровнем крыш (*) в городе).

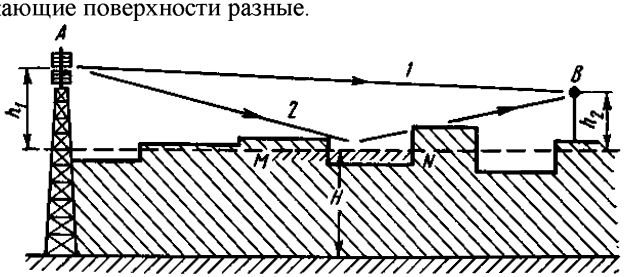
Высоты антенн, м		Расстояния между антеннами, км, без учета / с учетом нормальной рефракции					
h_1	h_2	$r_{1м}$	$r_{бл}$	0,2R	0,8R	R	1,2R
12*	2*	0,15	0,66	3,48/4,02	13,9/16,1	17,4/20,1	20,9/24,1
10	5	0,31	1,38	3,86/4,45	15,4/17,8	19,3/22,2	23,1/26,7
20	10	1,23	5,54	5,5/6,29	21,8/25,2	27,3/31,5	32,7/37,7

2.2 Некоторые рекомендации

Антенна ретранслятора, а при его отсутствии - антенна базовой станции (ПЦО) обычно устанавливается на такой высоте *над поверхностью земли*, чтобы для прохождения прямой волны не потребовалось бы дорогостоящее увеличение высоты всех или, по крайней мере, большинства объектовых антенн.

Перед установкой объектовой антенны необходимо по крупномасштабной топографической карте, а также при помощи полевого бинокля и путем обхода новой трассы определить расстояние между антеннами *r* и найти отражающую поверхность.

В городе с плотной застройкой отражающая поверхность - это, как правило, хотя и не всегда, поверхность крыш зданий вдоль трассы, и у разных радиотрасс отражающие поверхности разные.



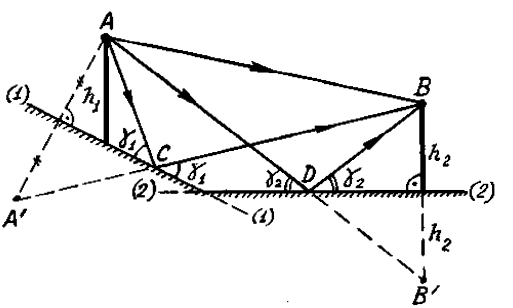
Распространение УКВ в городе при прямой видимости между антеннами

Характер, особенности и в общем виде параметры отражения вертикально поляризованных волн *от вертикальных поверхностей* рассматриваются ниже.

Многолучёвость. Отражения от вертикальных поверхностей зданий и сооружений в городе

Реальная поверхность Земли отличается от идеализированной ровной поверхности шара, которую на сравнительно небольшом расстоянии между антеннами $r_{пл}$ можно даже считать плоской, пренебрегая ее сферичностью. А на расстояниях, превышающих $r_{пл}$, когда не учитывать выпуклость сферы при расчетах уже нельзя (но по-прежнему в зоне прямой видимости),-вводя понятие о *приведенных высотах антенн* h_1' *и* h_2' , *вместо их реальных значений* h_1 *и* h_2 , можно по-прежнему считать , что волна отражается от участка плоскости вблизи одной определенной геометрической точки отражения.

Однако на реальных радиотрассах со сложным рельефом (например, при холмистой местности) могут существовать условия для отражения и интерференции в точке приема радиоволн не от одного, а от нескольких таких участков. И тогда говорят о *многолучевом распространении радиоволн*.



Пример многолучевого распространения радиоволн
(геометрическое построение)

На рисунке приводится простейший пример с отраженными волнами только от двух плоских участков поверхности: на склоне холма (1-1) и на горизонтальной поверхности (2-2), и показан один из нескольких возможных вариантов геометрического построения для нахождения точек отражения лучей (C и D) от этих двух участков.

По сравнению с ранее рассмотренным простым случаем интерференции прямой волны и волны, однократно отраженной от гладкой плоской поверхности, при многолучевом распространении радиоволн в реальных условиях результирующие напряженности поля в обеих точках приема могут изменяться в более широких пределах - от значений, очень близких к 0, до нескольких E. В зависимости от высот и расстояний между антеннами, от наличия, пространственной ориентации, размеров и гладкости отражающих поверхностей, пригодных для формирования эллипсов первой зоны Френеля, и, конечно, от длины волны.

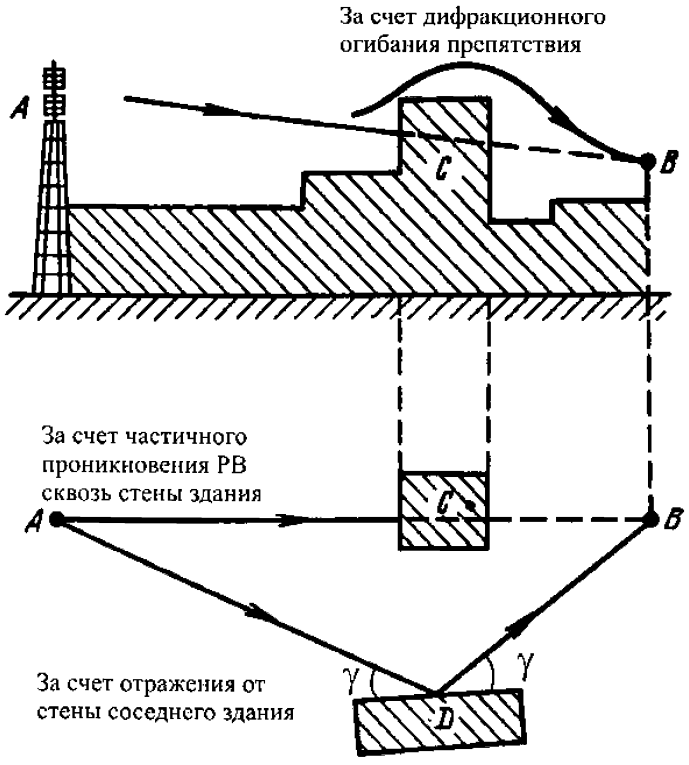
В частности, известны примеры, когда в условиях многолучевой интерференции у подножия гор, в радионаправлении диапазона 160 МГц, только путем перестройки в пределах 100 кГц удавалось получать прирост напряженности поля на 10 дБ либо уменьшать ее в пункте приема почти до нуля.

В населенных пунктах (особенно в городах и пригородах), где в основном и применяются рассматриваемые радиосистемы, обычно используемые ими вертикально поляризованные волны отражаются не только от горизонтальных поверхностей земли, парковых зон, водоемов, покрытий улиц и площадей, крыш зданий и сооружений.

В большей степени на распространение радиоволн в городах, как и в горных местностях, оказывают влияние *отражения вертикально поляризованных радиоволн от различных вертикальных поверхностей* (от стен зданий и сооружений).

Распространение УКВ в городе при наличии экранирующего препятствия

К тому же вертикальные отражающие поверхности в городе сравнительно однородны, а их электрические параметры (σ и ε) более стабильны при сезонных и погодных изменениях. Иначе говоря, отражения радиоволн от стен зданий более интенсивны и постоянны во времени, чем отражения от горизонтальных поверхностей. Очень часто такие радиоволны являются основными или даже единственными источниками, определяющими напряженность поля в точках приема.



«Усиление препятствием» или радиоприем за препятствием за счет дифракции радиоволн

Прием за препятствием, в области тени оказывается возможным, главным образом, за счет явления дифракции РВ.

Дифракционное ослабление (или, иначе, величина множителя ослабления препятствием поля свободного пространства) зависит от длины волны, от формы и размеров препятствия, от протяженности трассы и расположения препятствия относительно ее начала и конца, от электрических параметров поверхностей, угла дифракции и др. факторов.

Практически установлено, что наименьшее ослабление испытывают радиоволны, если на их пути находятся препятствия с остроконечными вершинами, которые по форме приближаются к клину и имеют эквивалентный радиус кривизны, меньший радиуса первой зоны Френеля в данной точке радиолинии.

Влияние отражающей поверхности на диаграмму направленности антенны

Понятие о направленных свойствах антенн и их диаграммы направленности рассматриваются в специальном разделе о технических характеристиках антенн.

Пока лишь следует отметить, что электромагнитное поле любого излучателя, поднятого над землей на некоторую высоту h, и даже поле некоторой гипотетической изотропной антенны, которая в свободном пространстве излучала бы равномерно во всех направлениях или (что то же самое) обладала бы строго круговой диаграммой направленности (ДН) в любой плоскости, *из-за близости к земной поверхности приобретают пространственную интерференционную структуру.*

При этом *ДН любой антенны в вертикальной плоскости становится многолепестковой.*

Многолепестковость диаграммы направленности любой антенны из-за интерференции при отражении не следует путать с многолепестковостью основной, собственной ДН сложной, многоэлементной реальной антенны (например, коллинеарной или направленной), которая определяется самой электродинамической схемой, самой конструкцией реальной антенны и не зависит от влияния отражающей поверхности. *В справочниках по антеннам всегда приводятся конфигурации собственных ДН антенн* при их работе в свободном пространстве, т.е. *без учета влияния Земли.*

Некоторые расчетные формулы теории распространения радиоволн приведены в Приложении 1.

3. Основные характеристики антенн

3.1 Поляризационные свойства

Прежде чем рассматривать другие электрические характеристики антенн, необходимо остановиться на одном из их свойств, которое не зависит от частоты передаваемого сигнала, а определяется только ориентацией элементов антенны в пространстве. Речь идет о способности антенн передавать и (согласно принципу обратимости) принимать вертикально - или горизонтально-поляризованные волны, т.е. о *поляризационных свойствах антенн*.

Частотно-независимым свойством антенн, которое определяется только пространственной ориентацией их элементов (вибраторов), является поляризация.

Вертикально-поляризованные волны излучаются и принимаются антеннами с вертикальным расположением вибраторов, а горизонтально – поляризованные -антеннами с горизонтальным расположением вибраторов.

3.2 Свойства направленности антенн

Другим основным свойством любой антенны является свойство направленности ее излучения и приема, а соответствующей этому свойству основной электрической характеристикой служит *диаграмма направленности антенны.*

Свойства направленности антенны удобнее рассматривать на примере ее работы в режиме приема (не забывая о принципе обратимости).

Следует сразу отметить, что всенаправленные или, что то же, абсолютно ненаправленные (*изотропные*) антенны, одинаково принимающие сигналы со всех направлений, в природе не существуют. Направленность свойственна любой реальной антенне, но в наименьшей степени она свойственна простейшей антенне - *симметричному вибратору (диполю)*, состоящему из двух прямолинейных проводников одинаковой длины, разделенных небольшим зазором.

Для приема вертикально-поляризованной волны вибратор (как уже указывалось в предыдущем разделе) должен располагаться вертикально. При этом откуда бы (под каким бы углом-азимутом) ни пришла РВ в горизонтальной (азимутальной) плоскости (называемой Н-плоскостью), ЭДС на зажимах принимающего диполя будет одной и той же.

То есть *вертикальный диполь в горизонтальной плоскости (Н-плоскости) направленными свойствами не обладает.* Только по этому признаку (по ненаправленности в Н-плоскости) вертикальный диполь называется *ненаправленной антенной.*

3.3 Диаграммы направленности антенн

Основной характеристикой направленных свойств антенны является ее диаграмма направленности.

Диаграммой направленности антенны (в данном случае *приемной*, с учетом сделанной оговорки об обратимости) называется наглядное (графическое) изображение зависимости измеряемой на выходе этой антенны ЭДС от угла прихода волны в рассматриваемой плоскости по отношению к максимальному измеренному в этой плоскости значению ЭДС, которое принимается за единицу.

Отсчет угла прихода РВ ведется при этом от направления приема максимальной ЭДС. Такая диаграмма направленности (ДН) носит название *нормированной ДН* по ЭДС (или по полю) в линейном масштабе.

В каталогах антенн приводятся только их нормированные ДН отдельно в горизонтальной плоскости (Н-плоскости) и отдельно в вертикальной плоскости (Е-плоскости), а для ненаправленных антенн - только в вертикальной плоскости, но иногда они изображаются на одном рисунке разными цветами или разными линиями (например, сплошными и пунктирными).

Те и другие ДН (в Н-плоскости и в Е-плоскости) могут изображаться (и практически одинаково часто) в полярной или в прямоугольной (декартовой) системе координат.

Например, вполне очевидно, что ДН упомянутого выше вертикального диполя в Н-плоскости в полярной системе координат будет изображаться в виде окружности радиуса r=1 с центром, совпадающим с серединой оси вибратора, а в прямоугольной системе координат, где азимутальные углы от 0° до 360° или 180° откладываются по горизонтальной оси - в виде прямой линии, проведенной параллельно этой оси, тоже на расстоянии a=1. А гипотетическая (идеальная) изотропная (всенаправленная) антенна точно такие же, причем, совершенно одинаковые «полярные» и «прямоугольные» нормированные ДН имела бы в обеих плоскостях (Е и Н).

Очевидно также, что нормированные ДН реальных антенн, которые обладают направленностью только в той или иной плоскости (или одновременно в обеих плоскостях Е и Н), всегда будут иметь по крайней мере один радиус-вектор длиной r=1 (при полярном изображении ДН) или по крайней мере одно расстояние a=1 (при ее декартовом изображении), соответствующие направлениям (углам места или азимутальным углам) наилучшего приема.

По сравнению с симметричным вибратором, который, как уже отмечалось, в плоскости, перпендикулярной его оси, является ненаправленной антенной и иногда называется *антенной с круговой ДН*, гораздо более высокой направленностью, причем в обеих плоскостях Е и Н, обладают антенны типа «волновой канал». Эти антенны состоят из двух или большего числа симметричных вибраторов, расположенных в одной плоскости. Один из вибраторов (к которому подключается фидер антенны) является полуволновым для одной из частот рабочего диапазона антенны. Такие антенны хорошо принимают сигналы своего диапазона в пределах сравнительно небольшого пространственного угла и достаточно эффективно ослабляют ненужные отраженные сигналы, а также помехи, приходящие с других направлений, отличающихся от направления прихода основного полезного сигнала. А будучи передающими, такие антенны как бы концентрируют излучаемую энергию сигнала в пределах того же телесного угла в нужном направлении.

Диаграммы направленности таких антенн многолепестковые: кроме основного (главного) лепестка, они имеют несколько боковых и задних лепестков, в зависимости от числа вибраторов, и являются наиболее наглядными и удобными для иллюстрации и числовой оценки направленных свойств антенн.

3.4 Электрические параметры антенн

3.4.1 Параметры направленности

Для числовой оценки направленности служат понятия об *угле раствора главного лепестка ДН* (или о ширине ДН) и об *уровнях боковых и задних лепестков ДН*.

Углом раствора главного лепестка ДН называется угол, на границах которого ЭДС на выходе приемной антенны уменьшается до уровня (до относительного значения), равного 0,707 от максимальной величины, принятой за 1. Это относится к ДН по полю.

Угол раствора главного лепестка ДН по мощности - это такой угол, на границах которого мощность, выделяемая в согласованной нагрузке, подключенной к выходу антенны, уменьшается до уровня 0,5 по отношению к максимальной мощности, принятой за 1. То есть в данном случае мы определяем угол раствора главного лепестка ДН антенны по половинной мощности (при ослаблении на 3 дБ).

Углы раствора главных лепестков диаграмм направленности одной и той же антенны по полю и по мощности одинаковы. Поэтому, говоря об угле раствора главного лепестка ДН антенны, подразумевают один и тот же угол, в пределах (на границах) которого ЭДС на разомкнутых зажимах приемной антенны (или напряжение на ее согласованной нагрузке) снижается до уровня 0,707, а мощность в нагрузке-до уровня 0,5.

Примечание: Иногда под углом раствора ДН подразумевают другой угол, а именно тот, на границах которого главный лепесток ДН уменьшается до нуля. Такой параметр ДН антенны называется *углом раствора главного лепестка по «нулям»*. В нашем примере угол раствора по «нулям» равен 60^0.

Чем меньше углы в обеих плоскостях α_E и α_H, тем выше (лучше) направленные свойства антенн. Направленность (Н и Е) антенны «волновой канал» повышается не с увеличением числа ее пассивных вибраторов (директоров),

а с удлинением самой антенны. А ее длина от числа вибраторов зависит лишь косвенно.

Другими параметрами направленности антенны являются *уровни боковых и задних лепестков* ее ДН.

Эти уровни в процессе измерения (снятия) диаграммы направленности (которое всегда выполняется в лабораторных условиях, в специально оборудованном помещении) определяются как отношения максимального значения ЭДС соответствующего лепестка (бокового или заднего) к максимальному значению ЭДС главного лепестка антенны. А при уже имеющихся диаграммах они просто прочитываются по оцифрованным концентрическим окружностям ДН в полярной системе координат или по оцифрованным горизонталям ДН в прямоугольной системе координат в линейном или в логарифмическом масштабе.

В нашем случае эти уровни, например, в линейном масштабе следующие:

-двух первых боковых лепестков: 0,45-по полю и 0,2-по мощности;

-двух вторых боковых лепестков: 0,22-по полю и 0,05-по мощности;

-двух третьих боковых лепестков: 0,32-по полю и 0,1-по мощности;

-заднего лепестка: 0,38-по полю и 0,14-по мощности.

В таблицах технических данных соотношение между уровнями главного и заднего лепестков направленных антенн всегда выражается в децибелах и обычно называется «защитное отношение» или «отношение вперед/назад».

3.4.2 Входное сопротивление антенны

Следующим основным параметром антенны является ее *входное сопротивление (импеданс)*. Входное сопротивление ($Z_{вх}$)-это отношение напряжения к току на входе антенны. $Z_{вх}$ является комплексной величиной:

$$Z_{вх} = R_{вх} + iX_{вх},$$

где $R_{вх}$ - активная составляющая, а $X_{вх}$ - реактивная составляющая емкостного или индуктивного характера.

Отдача мощности из приемной антенны в нагрузку (например, в фидерную линию) зависит от соотношения между входным сопротивлением нагрузки и входным сопротивлением антенны, которое в данном случае рассматривается как внутреннее сопротивление источника сигнала.

При неизменных размерах антенны, например, симметричного вибратора, ее входное сопротивление зависит от частоты (длины волны), а при неизменной частоте (длине волны) -от размеров антенны.

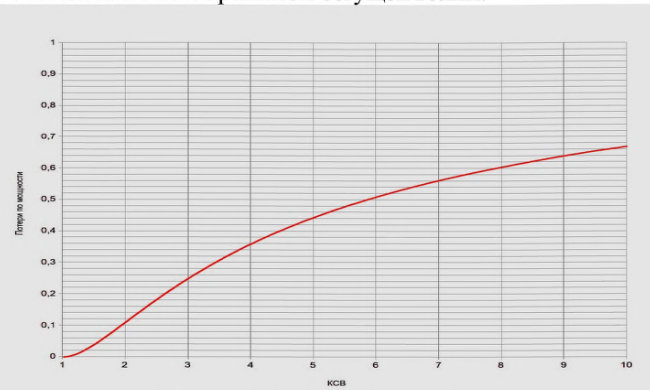
Наиболее часто применяемые антенны для радиосистем охранной сигнализации обладают, как правило, вертикальной поляризацией, входным сопротивлением 50 Ом, диапазоном рабочих частот в несколько десятков МГц.

3.4.3 Коэффициент стоячей волны антенны

Одним из основных параметров любой антенны, характеризующим качество ее согласования с нагрузкой (с фидерной линией) является КСВ, который обычно приводится в паспорте антенны. Иногда в паспортах указывается обратная величина, называемая коэффициентом бегущей волны. КБВ=1/КСВ. Эти коэффициенты определяют соотношение между входным сопротивлением антенны при резонансе и волновым сопротивлением фидерной линии.

По формуле КСВ определяется как отношение суммы напряжений прямой и отраженной волны к их разнице. Таким образом, в идеальном случае (т.е. при полном согласовании) КСВ=КБВ=1. Величина КСВ антенны всегда больше или равна единице и, соответственно, КБВ антенны всегда меньше или равен единице.

Иными словами, при КСВ=1 мощность, подведенная от передатчика к антенне, полностью была излучена в эфир. Режим полного согласования антенны с фидерной линией называется режимом бегущей волны.



При КСВ=1 потери сигнала составляют 0%, при КСВ=1,5 - 3%, при КСВ=2 - 11%, при КСВ=5 - 44%, при КСВ=10 - 70%.

Согласование антенны с фидером считается удовлетворительным, если КСВ < 2,0, и признается хорошим при КСВ<1,5.

Учет этого параметра важен не только при развертывании радиосистемы, но и при осуществлении контроля технического состояния антенно-фидерного устройства и проверки его исправности в процессе эксплуатации. В ряде случаев для того, чтобы убедиться в исправности антенно-фидерного устройства, не демонтируя антенно-мачтовое сооружение, достаточно измерить КСВ на нижнем конце фидера и сравнить его со значением этого коэффициента, измеренным в той же точке тракта еще при развертывании радиосистемы и зафиксированным в технической документации.

В тоже время необходимо учитывать, что при измерении КСВ на коаксиальных кабелях, обладающих высоким затуханием, могут возникать ситуации когда уровень отраженного сигнала достаточно сильно ослабевает из-за потерь в кабеле и используемый измерительный инструмент показывает КСВ, близкий к единице. В данном случае необходимо настройку антенно-фидерного устройства производить с измерениями на обоих концах кабеля.

3.4.4 Коэффициент усиления антенны

Усиление антенны связано со свойствами ее направленности, достигаемой ее конструктивными особенностями.

При выборе антенн следует обратить внимание на то, что коэффициент усиления антенны может приводиться в различных единицах: dBi (дБи) или в dBd (дБд).

В единицах dBi измеряется усиление антенны по отношению к изотропному излучателю, представляющему воображаемую идеальную точечную всенаправленную антенну с КПД равным 100%. Если в паспорте антенны единица измерения усиления антенны не оговорена специально, значит приведенный коэффициент усиления указан в этой системе измерений.

В единицах dBd измеряется усиление антенны по отношению к полуволновому вибратору, размещенному в свободном пространстве. Коэффициент направленного действия, измеряемый в dBd, всегда меньше коэффициента направленного действия, измеряемого в dBi, на фиксированную величину, равную 2,15 дБ.

3.4.5 Коэффициент направленного действия

В технической литературе направленные свойства антенн иногда характеризуют т. наз. *коэффициентом направленного действия (КНД)*.

КНД характеризует «теоретический» выигрыш в мощности сигнала на выходе реальной антенны только за счет ее направленных свойств, т.е. без учета потерь, причем по отношению не к диполю, а к изотропной антенне, и приводится в линейном масштабе (в «разах»).

3.5 Наиболее распространенные типы антенн, применяемые в радиоканальных системах передачи извещений

3.5.1 Антенны базовые коллинеарные с последовательным питанием ANLI A-1000MV1, A-300MV, A-300MU, A-200MU

Все вышеуказанные антенны состоят из нескольких излучающих элементов длиной по 5/8λ или по 5/8λ + 1/4λ.

Излучающие элементы соединяются между собой последовательно через фазосдвигающие дроссели, которые компенсируют «отрицательные» набеги фазы тока в антенне в 135^0 (3/8λ), но сами практически не излучают.

Благодаря этому все элементы каждой из таких антенн излучают синфазно, ширина ДН антенны в Е-плоскости (угол раствора главного лепестка) резко сужается, а угол возвышения максимума излучения над горизонтом, называемый в технических данных антенн *углом излучения*, уменьшается практически до 0°.

С целью снижения активных потерь в антенне все ее излучающие и фазирующие элементы изготовлены из высокопроводящей медной проволоки диаметром около 3 мм.

Несущей конструкцией антенны служит высокопрочный корпус (пенал) из многослойного фибергласа, состоящий из одной или нескольких секций, оснащенных соединительными муфтами. Корпус надежно защищает установленную антенну от атмосферных воздействий и ветровой нагрузки, а в разобранном виде его секции служат контейнерами для транспортировки.

Антенны поставляются настроенными на нижние частоты своих диапазонов, однако, их перестройка на более высокие частоты не требует специального оборудования, т.к. осуществляется простым укорочением всех излучающих элементов (кроме противовесов) в соответствии с прилагаемыми подробными инструкциями по настройке и сборке и карточками размеров.

В комплект поставки входят специальные ключи для соединения элементов антенны и секций корпуса, а также крепеж для установки антенны на мачту.

Данные антенны, или схожие с ними по характеристикам, рекомендуются для установки на пунктах централизованной охраны.

Сведения, необходимые для настройки вышеуказанных антенн, приведены в Приложении 2.

Технические характеристики базовых антенн

Тип антенны	**ANLI A-1000 MV1**	**ANLI A-300 MV**	**ANLI A-300 MU**	**ANLI A-200 MU**
Электродинамическая схема	Коллинеарная, GP	Коллинеарная, GP	Коллинеарная, GP	Коллинеарная, GP
Электрическая длина	(3>5/8) λ	(1/4+2>5/8) λ	(6>5/8) λ	(3>5/8) λ
Диапазон частот	150-174 МГц	150-174 МГц	405-500 МГц	405-500 МГц
Импеданс	50 Ом	50 Ом	50 Ом	50 Ом
ДН в Н-плоскости	Круговая	Круговая	Круговая	Круговая
Ширина ДН в Е-плоскости по уровню -3 dB	20^0	25^0	18^0	23^0

Тип антенны	ANLI A-1000 MV1	ANLI A-300 MV	ANLI A-300 MU	ANLI A-200 MU
Рабочая полоса частот при КСВ<1,5:1 при КСВ<1,3:1	4 МГц 2,7 МГц	4 МГц 2,7 МГц	13 МГц 8 МГц	13 МГц 8 МГц
Коэффициент усиления	8,5 dBi 6,35 dBd	6,5 dBi 4,35 dBd	10,0 dBi 7,85 dBd	7,8 dBi 5,65 dBd
Макс. мощность	200 Вт	200 Вт	200 Вт	200 Вт
Длина	5200 мм	3600 мм	3600 мм	1800 мм
Вес	2,6 кг	2,2 кг	2,2 кг	1,3 кг
Ветровая нагрузка	140 км/ч	150 км/ч	150 км/ч	160 км/ч
Разъём	SO-239	SO-239	SO-239	SO-239
Диаметр мачты	30-70 мм	30-70 мм	30-70 мм	30-70 мм

3.5.2 Антенны объектовые ненаправленные GP 3-E, CX 164 U, CX-455

Все предлагаемые модели антенн по их конструктивному исполнению рассчитаны на установку на вершинах антенных мачт и при этом обеспечивают круговые ДН при сравнительно небольших углах излучения в Е-плоскости и невысоких КУ. Это несколько ограничивает, хотя и не исключает, применение таких антенн и в качестве базовых.

Не исключаются и боковые крепления этих антенн к мачтам или стенам зданий при помощи специальных кронштейнов (в комплекты поставки не входят), если допустимы «провалы» ДН в плоскости Н (со стороны мачты или стены) на 2-3 или более децибел. Зато в «незакрытых» направлениях (мачтой или стеной) может быть получен выигрыш на 2-3 дБ за счет отражений.

Благодаря заземлению узлов питания и излучающих элементов антенн по постоянному току и при условии хорошо заземленных мачт обеспечивается защита АФТ от статического электричества и разрядов без специальных грозозащитных устройств.

Антенны CX164U и CX455 с встроенными в их корпуса гамма-согласователями являются «узкополосными» моделями двух широкополосных конструктивных рядов CX 2m и CX 70cm, настройка которых на их рабочие полосы частот производится на заводе.

Антенна GP3-E имеет телескопическую конструкцию и может настраиваться непосредственно пользователем в соответствии с прилагаемой инструкцией и карточками настройки. Частота настройки уточняется при помощи КСВ-метра (SWR-meter).

Сведения, необходимые для настройки вышеуказанных антенн, приведены в Приложении 3.

Технические характеристики объектовых ненаправленных антенн

Тип антенны	**GP 3-E**	**CX 164U**	**CX 455**
Электродинамическая схема	Ground Plane (GP)	Coaxial J-Pole	Coaxial J-Pole
Электрическая длина	5/8 λ	3/4 λ	3/4 λ
Диапазон частот	135-175 МГц (с настройкой)	164-168 МГц	455-470 МГц
Импеданс	50 Ом	50 Ом	50 Ом
ДН в Н-плоскости	Круговая	Круговая	Круговая
Ширина ДН в Е-плоскости по уровню -3 dB	67^0	68^0	60^0
Угол излучения	18^0	6^0	6^0
Рабочая полоса частот при КСВ<2,1:1	9,8 МГц при F_0 = 167 МГц	8,3 МГц 4,8 МГц	35 МГц 17 МГц

Тип антенны	GP 3-E	CX 164U	CX 455
при КСВ<1,5:1	и КСВ = 1,05		
Коэффициент усиления	3,65 dBi 1,5 dBd	4,15 dBi 2,0 dBd	4,15 dBi 2,0 dBd
Макс. мощность	200 Вт	250 Вт	200 Вт
Длина	1480 мм	1430 мм	580 мм
Вес	570 г	1,0 кг	450 г
Ветровая нагрузка	150 км/ч	180 км/ч	180 км/ч
Разъём	SO-239	SO-239	N-гнездо
Диаметр мачты	25-30 мм	35-42 мм	35-42 мм

3.5.3 Антенны объектовые направленные Y3VHF, Y5VHF, Y4UHF(L,H), Y6UHF(L,H), ANT459Y, ANT460LY, SF7/453-468, SF10/440-470

В качестве направленных антенн УКВ диапазона на стационарных объектах обычно применяются *укороченные* (т.е. имеющие длину $\ell < \lambda$) дипольные антенны типа «волновой канал», называемые, по именам изобретателей, антеннами Уда-Яги.

Реже, когда требуется более высокий КУ, используются *удлиненные* ($\ell > \lambda$) антенны «ВК», либо *антенные системы*, состоящие из двух или более «ВК», установленных на одной мачте и подключённых к фидеру через специальный сумматор, подобный суммирующим устройствам коллинеарных антенн с параллельным питанием.

Кроме того, находят применение удлиненные *логопериодические* антенны, отличающиеся от антенн «ВК» способом возбуждения, который обеспечивает более широкую рабочую полосу частот и более высокое защитное отношение «вперед-назад», а также так называемые *логодиректорные* антенны.

Последние являются *гибридными* антеннами, сочетающими в себе вибраторную логопериодическую структуру логопериодической антенны *в качестве возбудителя* и пассивные элементы, как у «ВК». Такие антенны обладают достоинствами антенн обоих типов.

Данные антенны, или схожие с ними по характеристикам, рекомендуются для установки на охраняемых объектах в случае необходимости увеличения дальности связи.

Диаграммы направленности и графики КСВ для вышеуказанных антенн приведены в Приложении 4.

Технические характеристики объектовых направленных антенн Y3VHF, Y5VHF, Y4UHF(L,H), Y6UHF(L,H)

Тип антенны	**Y3VHF**	**Y5VHF**	**Y4UHF(H)**	**Y6UHF(H)**
Электродинамическая схема	3-элементн. волновой канал	5-элементн. волновой канал	4-элементн. волновой канал	6-элементн. волновой канал
Диапазон частот	144-170 МГц	144-170 МГц	430-490 МГц	430-490 МГц
КСВ не хуже	1,5	1,5	1,5	1,5
КУ в середине диапазона	7,65 dBi 5,5 dBd	10,15 dBi 8,0 dBd	8,15 dBi 6,0 dBd	11,15 dBi 9,0 dBd
Защитное отнош. (вперед/назад)	14 dB	20 dB	14 dB	19 dB
Ширина ДН по уровню -3dB: - в Е-плоскости	50^0	40^0	63^0	53^0

Тип антенны	Y3VHF	Y5VHF	Y4UHF(H)	Y6UHF(H)
- в Н-плоскости	112^0	46^0	68^0	60^0
Поляризация	верт./гор.	верт./гор.	вертик.	вертик.
Максим. мощность	100 Вт	100 Вт	400 Вт	400 Вт
Габариты, мм	1050x1050 x83	1050x1050 x83	840x350x 120	100x350x12
Вес	1,35 кг	1,95 кг	1,45 кг	2,45 кг
Ветровая нагрузка, в т.ч. при гололёде 12 мм	45 м/с 28 м/с	45 м/с 28 м/с	45 м/с 28 м/с	45 м/с 28 м/с
Разъём	SO-239	SO-239	N-гнездо	N-гнездо
Диаметр мачты	25-55 мм	25-55 мм	25-55 мм	38-65 мм

Технические характеристики объектовых направленных антеннANT459Y, ANT460LY, SF7/453-468, SF10/440-470

Тип антенны	ANT459Y	ANT460LY	S7/453-468-03	SF10/440-470-03
Электродинамическая схема	Логопериодическая антенна	Логодиректорная антенна	7-элементн. волновой канал	10-элементн. волновой канал
Диапазон частот	450-470 МГц	450-480 МГц	453-468 МГц	440-470 МГц
Импеданс	50 Ом	50 Ом	50 Ом	50 Ом
КСВ в середине диапазона	<1,2	<1,2	<1,2	<1,2

Тип антенны	**ANT459Y**	**ANT460LY**	**S7/453-468-03**	**SF10/440-470-03**
КУ в середине диапазона	11,0 dBi 8,85 dBd	14,5 dBi 12,35 dBd	11,0 dBi 8,85 dBd	14,5 dBi 12,35 dBd
Отношение вперед/назад	30 dB	25 dB	25 dB	25 dB
Ширина ДН по уровню -3dB: - в Е-плоскости - в Н-плоскости	 42^0 56^0	 38^0 45^0	 44^0 50^0	 40^0 46^0
Поляризация	верт/гориз	верт/гориз	верт/гориз	верт/гориз
Максим. мощность	100 Вт	100 Вт	150 Вт	140 Вт
Габариты, мм	1030x340x60		1200	1750
Ветровая нагрузка	160 км/ч	140 км/ч	150 км/ч	140 км/ч
Разъём	SO-239	N-гнездо/SO-239	FME-гнездо с кабелем 10 м	FME-гнездо с кабелем 10 м
Диаметр мачты	25-55 мм	25-55 мм	25-55 мм	25-55 мм

4. Фидерная линия

Линия связи, которая соединяет антенну с оконечным устройством (передатчиком, приемником или приемопередатчиком), называется фидерной линией (или фидером) и является одним из важнейших элементов антенно-фидерного тракта.

Фидерная линия представляет собой электрическую цепь с распределенными параметрами, и поэтому она характеризуется своими удельными значениями сопротивления, индуктивности, емкости и проводимости изоляции, приходящимися на единицу длины линии. При прохождении сигнала по линии он испытывает ослабление, называемое затуханием, которое определяется по разнице амплитуды напряжения в начале линии до величины в конце. В качестве меры затухания линии принято выраженное в децибелах (дБ) отношение напряжений, токов или мощностей сигнала.

В отечественной и зарубежной справочной литературе параметры затухания (удельные затухания) линий часто приводятся в значениях дБ/100 м или dB/100 ft (в децибелах на 100 футов).

Длина волны и скорость ее распространения в линии связи меньше, чем в свободном пространстве (в воздухе или вакууме) и зависит только от эквивалентной относительной диэлектрической проницаемости ε_r изоляции между проводниками линии, т.е. от материала и конструкции диэлектрика.

Степень уменьшения скорости распространения и укорочения длины волны в фидере по отношению к скорости $c = 3.10^8$ м/сек (скорости света) и к длине волны λ_o в свободном пространстве (где длина волны вычисляется по известной формуле: λ_o [м] = 300 /f[МГц]) характеризуется коэффициентом замедления (или коэффициентом укорочения волны) $K=1/\sqrt{\varepsilon_r}$, который всегда меньше 1 и часто

показывается в %. Например, коэффициент К в коаксиальном кабеле со сплошным диэлектриком из полиэтилена (ε_r = 2,26) равен: $К = 1/\sqrt{2,26}$ = 0,665 или 66,5%. и длина волны на частоте 167,1 МГц, в свободном пространстве равная 1,795м, будет составлять в кабеле 1,194 м.

В качестве фидерных линий в системах охранной сигнализации чаще всего применяют коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом. Настоятельно рекомендуется не использовать коаксиальные кабели с неизвестными параметрами, а также кабели, находившиеся длительное время в эксплуатации или в условиях ненадлежащего хранения.

Существует **прямая зависимость между толщиной коаксиального кабеля и величиной затухания сигнала**. При уменьшении диаметра кабеля уровень затухание в нем возрастает. На очень тонких кабелях затухание сигнала на используемых частотах может достигать до 4 дБ на погонный метр. Для снижения потерь в протяженных фидерных линиях следует использовать при монтаже в качестве магистрали коаксиальные кабели с меньшим затуханием, а для подключения оборудования - более удобные при монтаже небольшие отрезки коаксиальных кабелей, подключенные к магистрали через специализированные переходники. В данном случае, конечно, возникают процессы, связанные с неоднородностью кабельных линий, однако, их влияние достаточно незначительно.

Наиболее **распространенными ошибками при монтаже** подобных фидерных линий являются **неправильные соединения отрезков коаксиального кабеля, его разгерметизация, бухтование и нарушение однородности кабеля на перегибах**.

В принципе, крайне желательно использовать целостный кабель, однако, иногда возникают ситуации, когда в процессе эксплуатации приходится объединять кабель

из отрезков. В данном случае, как указывалось ранее, рекомендуется объединение кусков кабеля с помощью стандартных разъемов - переходников. Такой способ, естественно, ухудшает качество линии, однако является меньшим из зол. При осуществлении пайки необходимо использовать методы соединения высокочастотных кабелей, описанные в специальной литературе.

Герметизация кабеля имеет одно из важных мест.

Зачастую возникает ситуация, когда на центральной станции достаточно четко не определено место установки приемного оборудования и при монтаже антенно-фидерного тракта оставляется запас коаксиального кабеля, свернутого в бухту. При этом необходимо учитывать, что бухтование приводит к изменению волнового сопротивления кабеля за счет внесения паразитных емкостных и индуктивных составляющих и, как следствие, к рассогласованию антенно-фидерного тракта.

При монтаже фидерных линий необходимо принимать во внимание, что коаксиальные кабели разделяются **по степени жесткости** (гибкие, полугибкие, полужесткие и жесткие). Показатель жесткости определяет, в частности, такие важные эксплуатационные параметры, как минимально допустимые радиусы однократного и многократного изгибов кабеля, которые недопустимо учитывать при монтаже соединителей, вводах в оконечные устройства, прокладке и эксплуатации кабеля на всех участках, во избежание ухудшения его электрических параметров из-за перегибов и смятий, вплоть до приведения фидерной линии в полную негодность. Если допустимый радиус изгиба кабеля неизвестен, следует следить, чтобы при монтаже он не оказался меньше 5-10 внешних диаметров кабеля. В противном случае антенный конец кабеля следует оснащать не прямым, а уголковым разъемом.

При различных способах монтажа разъемов на коаксиальные кабели все они должны обеспечивать надежное соединение обоих проводников кабеля с соответствующими частями разъема и исключать короткое замыкание между проводниками, в том числе при последующей эксплуатации фидера.

Для правильной разделки коаксиальных кабелей и монтажа разъемов необходимо использовать специализированный инструмент. Применение для этих целей неспециализированного инструмента малоэффективно, а при выполнении некоторых операций - недопустимо. Например, произвести качественную опрессовку центрального «пина» и втулки «crimp plug» любого обжимного разъема при помощи обычных слесарных плоскогубцев или другого кустарного приспособления практически невозможно. Для этого применяются сравнительно недорогие специальные устройства: стрипперы (инструмент для удаления изоляции или разделки кабелей) и кримперы (инструмент для соединения проводов и разъемов с помощью опрессовки).

4.1 Характеристики коаксиальных кабелей

В технике радиосвязи применяются различные типы фидерных линий, в зависимости от диапазонов передаваемых частот.

В диапазонах частот, используемых в радиоканальных системах охранной сигнализации, в качестве фидерных линий обычно применяются *коаксиальные кабели*, относящиеся к числу несимметричных линий.

В соответствии со своим названием, коаксиальный кабель состоит из двух цилиндрических проводников, имеющих общую ось (co-axia) и разделенных диэлектриком. Для защиты кабеля от механических повреждений и от

коррозии внешнего проводника служит наружная оболочка кабеля, выполняемая из изоляционного материала.

Благодаря такой конструкции, в которой прямой и обратный высокочастотные токи в основном протекают (из-за поверхностного эффекта) по внешней поверхности центрального проводника и по внутренней поверхности внешнего проводника, выполняющего роль экрана, почти вся энергия электромагнитной волны распространяется внутри коаксиального кабеля.

Удельное сопротивление коаксиальной линии (в Омах на метр) равно:

$R_i = 0{,}083 \sqrt{f}\ (k_1/d + k_2/D)$,

где f - частота, МГц; d - диаметр центральной жилы, мм; D - внутренний диаметр экрана, мм; k_1 и k_2 - коэффициенты, зависящие от конструкций центральной жилы и экрана.

При выполнении центральной жилы диаметра d из одиночного провода $k_1=1$. Если центральная жила для повышения эластичности кабеля выполняется в виде скрутки из нескольких тонких проводов, имеющей тот же внешний диаметр (d), то $k_1 > 1$. Например, при 7-проводной скрутке $k_1=1{,}1$.

Внешний проводник (экран) гибкого коаксиального кабеля обычно выполняется в виде оплетки из многих тонких проводов. В этом случае коэффициент $k_2=1{,}6\ldots2{,}7$ в зависимости от угла скрутки проводов оплетки. При сплошном (цельном) экране (у менее эластичных кабелей) $k_2=1$.

При монтаже фидерных линий необходимо иметь в виду, что по степени жесткости (эластичности) коаксиальные кабели разделяются на гибкие, полугибкие, полужесткие и жесткие.

Жесткость зависит не только от эластичности центральной жилы, но и от всех других элементов конструкции кабеля (диэлектрика, экрана, защитной оболочки).

Показатель жесткости определяет, в частности, такие важные эксплуатационные параметры, как *минимально допустимые радиусы однократного и многократного изгибов* кабеля, которые недопустимо занижать при монтаже соединителей, вводах в оконечные устройства, прокладке и эксплуатации кабеля на всех участках, во избежание ухудшения его электрических параметров из-за перегибов и смятий, вплоть до приведения фидерной линии в полную негодность.

Если допустимый радиус изгиба кабеля неизвестен (не указывается в справочнике), следует стремиться, чтобы при монтаже он не оказался меньше 5-10 внешних диаметров кабеля (по защитной оболочке).

С другой стороны, например, при подключении кабеля с низкими потерями (и, следовательно, со сравнительно большим диаметром) к узлу питания направленной антенны «волновой канал», у которой ось разъема гамма-согласователя перпендикулярна траверсе, образующаяся при подключении большая петля кабеля вблизи активного вибратора будет искажать диаграмму направленности антенны. Особенно у направленных антенн диапазона UHF. В таких случаях антенный конец кабеля следует оснащать не прямым, а уголковым разъемом, при котором изгиб кабеля не потребуется.

При выборе типа кабеля важнейшими из его параметров являются волновое сопротивление и удельные потери.

Волновое сопротивление кабеля Z_o зависит от отношения диаметров D/d и от ε_r. Удельные потери α минимальны при отношении $D/d \approx 3{,}6$, при воздушном диэлектрике ($\varepsilon_r = 1$) и при сплошных центральной жиле и экране. При одном и том же отношении D/d удельные потери снижаются с увеличением D (толщина кабеля) и возрастают с увеличением ε_r и частоты *f*.

Если в имеющейся справочной литературе ближайшая частота f_1 , для которой приведено значение коэффициента затухания выбранного типа кабеля α_{f1} , отличается от интересующей строителя фидерной линии рабочей частоты радиосистемы f_2 не более чем на 20-30%, то коэффициент затухания α_{f2} на частоте f_2 для расчета собственных потерь в фидере можно приближенно вычислить по формуле:

$$\alpha_{f2} = \alpha_{f1} \sqrt{f_2 / f_1} .$$

При выборе типа кабеля для фидерной линии следует учитывать ряд других важных соображений.

Плотность оплетки экрана, обычно приводимая в %, непосредственно влияет на эффективность экранирования коаксиальной линии - выраженное в децибелах отношение напряженностей магнитного поля вблизи внутренней и внешней поверхностей экрана: Sэ = 20 ℓg (H_i/H_e).

Параметр Sэ характеризует излучение (а следовательно, утечку и дополнительные потери) передаваемой по кабелю энергии сигнала в окружающее пространство и проникновение в кабель внешних помех.

Поэтому низкая эффективность экранирования коаксиального кабеля всегда вредна для фидерных линий, но особенно тогда, когда на общей антенной мачте устанавливаются несколько антенн различного назначения либо монтируется несколько элементов сложной антенной системы (решетки). Однако существует целый класс коаксиальных кабелей с малым коэффициентом Sэ (в том числе, с волновым сопротивлением Z_o=50 Ом, как у фидерной коаксиальной линии), отрезки которых, чередуясь с участками фидера, специально используются в качестве излучающих элементов, образуя антенную систему. Например, при организации подвижной связи в шахтах, в метро и других подземных сооружениях.

Повышение эффективности экранирования гибких и полугибких кабелей, используемых в качестве фидеров, обычно достигается применением многослойных экранов, состоящих из двух оплеток либо из оплетки и слоя алюминиевой или медной фольги.

У кабелей с одинарной оплеткой эффективность экранирования достигает значений 50-60 дБ, при двойной оплетке она увеличивается на 25-30 дБ, а у дорогостоящих полужестких и жестких кабелей со сплошным экраном составляет 100 дБ и более.

Некоторые типы коаксиальных кабелей изготовляются с посеребренными поверхностями медных проводов центральной жилы и оплетки. Серебрение, удорожая кабель, несущественно улучшает его электрические характеристики (например, собственные потери и потери на излучение кабеля), но зато позволяет многократно повысить стабильность этих параметров во времени, которые у кабеля без такого покрытия ухудшаются в процессе эксплуатации линии в значительно большей степени.

При выборе коаксиального кабеля для строительства фидерной линии следует иметь в виду, что, кроме кабелей с номинальными волновыми сопротивлениями 50 Ом и 75 Ом (последние в основном используются в телевизионной технике), промышленность выпускает также кабели с Z_o=100 Ом, 150 Ом и другими номиналами Z_o.

При выборе конкретной марки кабеля для фидерной линии, наряду с его волновым сопротивлением Z_o=50 Ом, прежде всего учитываются длина линии $\underline{l}$ и приводимый в справочнике (при необходимости пересчитываемый для конкретной рабочей частоты) коэффициент затухания α, которые и определяют собственные потери в кабеле:

$$A = \alpha l.$$

Собственные потери составляют основную часть *суммарных потерь* в фидерной линии. Потери на излучение, ничтожно малые по сравнению с А, оцениваются косвенно по конструктивным данным экрана кабеля, но обязательно принимаются во внимание в особых случаях (см. выше).

Характеристики некоторых коаксиальных кабелей приведены в Приложении 5.

5. Приборы для измерения параметров антенно-фидерных трактов и настройки антенн

Существует достаточно большой парк измерительных приборов, в том числе для измерений в диапазонах VHF и UHF.

Антенные анализаторы применяются для измерений КСВ, потерь в радиочастотных фидерных линиях (Z_o = 50 Ом) и для настройки антенн в интересующей полосе частот (первый - в диапазоне 125 - 525 МГц, второй - в трех поддиапазонах: 120-175, 200-225 и 400-475 МГц), для чего имеют собственные встроенные генераторы с синтезаторами частот.

Анализатор кабельных линий позволяет по времени распространения в линии зондирующего импульса, форме и полярности отраженных сигналов от конца и от имеющихся в линии неоднородностей определить характер повреждения (нарушение контакта, обрыв, замыкание, смятие, окисление) и точно установить место повреждения кабеля (расстояние от точки измерения), причем не только радиочастотного кабеля (коаксиального или симметричного), но и телефонного, сигнального, силового.

Данные приборы оснащены жидкокристаллическими дисплеями для наблюдения измеряемых характеристик в заданной полосе частот с заданной разрешающей способ-

ностью, функциональными и цифровыми клавиатурами, энергонезависимой памятью для сохранения результатов измерений и графиков. Все они являются переносными и работают автономно, но при необходимости могут подключаться к компьютеру через имеющиеся последовательные порты.

Наряду с дорогостоящим профессиональным оборудованием некоторые фирмы производят менее функциональные и сложные стрелочные приборы аналогичного назначения, относящиеся к классу полупрофессиональных (любительских).

Они значительно дешевле по стоимости, но вполне приемлемы по своим техническим возможностям и поэтому могут и должны найти повсеместное применение в подразделениях вневедомственной охраны.

Это измерители КСВ и мощности (SWR/PWR) SX-200 (1,8-200 МГц) и SX-400 (140-525 МГц), RSM-400 (140-525 МГц).





Эти приборы позволяют в своих диапазонах частот измерять мощности подключаемых (внешних) радиопередатчиков до 5, до 20 и до 200 Вт (а RS-400 - еще и до 400 Вт) при минимальных значениях мощностей у SX-200 - 1Вт, у SX-400 - 4Вт, у RSM-400 - 0,5Вт, а также измерять мощности отраженных волн и КСВ.

В отличие от ранее упомянутых профессиональных графических анализаторов, данные приборы встроенных генераторов не имеют. Поэтому в качестве таковых здесь следует применять штатные передатчики радиосистем в непрерывном режиме излучения либо другие источники сигналов.

Потери в приборах зависят от передаваемой частоты, но не превышают 0,2 дБ, а точность показаний, в зависимости от передаваемой мощности, не ниже 5 или 10%.

На передних панелях располагаются стрелочный индикатор, переключатели диапазонов мощности и режима работы (мощность, КСВ, калибровка), переключатели направления мощности и «средний уровень мощности/огибающая мощности», регулятор калибровки прибора.

Вместе с тем, следует отметить, что некоторые РСПИ, в частности РСПИ «Радиосеть», позволяют производить измерения характеристик антенно-фидерных устройств автоматизировано без использования дополнительного оборудования. Измерение КСВ и излучаемой мощности осуществляется объектовым устройством с передачей полученной информации на автоматизированное рабочее место ПЦО.

6. Грозозащита антенно-фидерных трактов

Дальность радиосвязи пространственной волной (основной вид распространения радиоволн в диапазонах VHF, UHF и выше) в большей степени, чем мощностью передатчиков, определяется высотами подъема антенн (точнее - произведением высот подъема передающей и принимающей антенн) над поверхностью земли.

Поэтому антенны (особенно - антенны базовых станций и ретрансляторов в городах, где из-за большого количества препятствий высок коэффициент ослабления радиоволн, а также антенны удаленных стационарных объектов) стремятся располагать (хотя и не всегда обоснованно) по возможности выше, используя для этого уже имеющиеся высотные сооружения (многоэтажные здания, заводские трубы и т.п.) либо специально возводимые антенные мачты различной конструкции.

Однако высоко расположенные объекты потенциально более подвержены опасности воздействия грозовых разрядов и поэтому, как правило, оборудуются молниезащитой.

Если высотное сооружение оборудовано молниеотводом с правильно смонтированной и регулярно контролируемой системой защитного заземления, то в определенной степени защищенными от воздействия грозовых разрядов принято считать те объекты (в том числе антенны), которые располагаются в некоторой зоне ниже молниеотвода. Эта зона ограничивается поверхностью конуса с вершиной в верхней точке молниеотвода и с образующей этого конуса, наклоненной под углом 45^0 к земле.

При этом верхний и нижний концы внешнего проводника (экрана) коаксиальной фидерной линии должны быть соединены с антенной мачтой и с шиной заземления сверху и снизу.

Кроме того, большинство современных ненаправленных антенн и практически все направленные антенны типа «волновой канал» диапазонов VHF и UHF с целью уменьшения вероятности накопления на них статических зарядов, а также для защиты антенно – фидерного тракта от последствий ударов молнии соединяются *по постоянному току* с металлическим телом мачты и с землей. В этом случае применение специальных устройств грозозащиты (грозоразрядников) обычно не требуется.

Особая важность последнего замечания о целесообразности заземления всех проводящих элементов самих антенн по постоянному току связана с тем, что основная часть энергии молнии передается в диапазоне частот от нуля (т.е. от постоянного тока) до, приблизительно, 1МГц, а далее резко убывает с частотой. И таким образом, при указанных конструкциях антенн ток разряда через мачту, шину и контур защитного заземления в основном замыкается на землю и лишь частично ответвляется в фидер и станционные устройства.

Если же заземление металлических элементов антенны по постоянному току отсутствует, а также на наиболее важных объектах (например, на базовых станциях, ретрансляторах и др.) и в случаях ранее имевших место прецедентов поражения молнией рекомендуется применение *специальных устройств грозозащиты (УГЗ) - грозоразрядников,* но обязательно в комбинации с хорошей системой заземления.

Сразу заметим, что никакие УГЗ не обеспечивают гарантированную защиту АФУ и оконечного оборудования от прямого (даже самого слабого) удара молнии в антенну.

Но опасность представляют и наводимые в антеннах импульсы тока при прямых разрядах на соседние с АФУ объекты. В таких случаях применение специальных УГЗ значительно более эффективно и оправданно.

Все такие устройства включаются в разрыв кабельных линий (но без разрыва их проводников) и поэтому выпускаются со стандартными импедансами 50 Ом (или 75 Ом) и с КСВ не выше 1,1.

По принципу действия грозоразрядники делятся на два основных класса: УГЗ, построенные на основе применения газоразрядных (плазменных) приборов (иногда называемых газоразрядниками), и УГЗ на основе применения четвертьволновых режекторных фильтров.

Работа газоразрядника основана на принципе газового разряда. При атмосферных аномалиях за очень короткое время сопротивление падает с МОм до мОм. Это вызывается ионизацией газа. При этом, идущий по линии импульс будет заземлен. В течение этого времени остаточное напряжение в устройстве составляет приблизительно 70 - 90 В при токе в несколько мА. Секунд через 30 защитное устройство снова готово к работе.

Существенным недостатком широкополосных газоразрядных УГЗ является их инерционность. За те несколько микросекунд, пока напряжение достигнет уровня срабатывания газоразрядной трубки, при котором центральный проводник разрядника закоротится на его заземленный корпус, некоторая часть энергии грозового разряда или наведенного им в антенне импульса успевает пройти через фидерную линию в аппаратуру, создавая определенную опасность ее вывода из строя. В связи с тем, что при пиковых значениях напряжений газоразрядные УГЗ перегорают, они обычно комплектуются сменными капсулами (вставками).

Из защитных приборов данного класса наиболее приемлемыми по параметрам для защиты антенно-фидерных трактов, эксплуатируемых подразделениями вневедомственной охраны, являются УГЗ СА-23 и СА-35. Их модификации несколько отличаются друг от друга по диапазону рабочих частот, по максимальной пропускаемой мощности (защищаемых передатчиков) и вносимым потерям, по типам коаксиальных разъемов и плавких вставок, а также по массогабаритным показателям.

УГЗ на основе *четвертьволновых режекторных фильтров*, образующие другой большой класс защитных приборов, относятся к устройствам со связью по постоянному току. Но в отличие от широкополосных газоразрядных приборов, настроенных на определенное напряжение срабатывания, эти приборы, обеспечивающие более

эффективную защиту аппаратуры, выпускаются на определенные частотные диапазоны, которые, к сожалению, не охватывают рабочие полосы частот 160 и 450 МГц.





Внешние виды рекомендуемых газоразрядных УГЗ

Параметры рекомендуемых УГЗ приведены в Приложении 6.

7. Коаксиальные соединители, их основные параметры и способы соединения

Коаксиальный кабель становится радиотехническим изделием после того как он оконцован разъемными соединителями.

На российском рынке в большинстве своем присутствуют резьбовые и обжимные коаксиальные разъёмы F-типа азиатских производителей на коаксиальный кабель RG6 и RG11. Резьбовые разъёмы имеют простейшую конструкцию, требующую при производстве минимальных трудозатрат и недорогих исходных материалов. Но, несмотря на примитивную конструкцию резьбовых разъёмов F-типа на коаксиальный кабель RG6/ RG11, при их монтаже и эксплуатации могут подстерегать «подводные камни».

Плохая запрессовка гайки коаксиального разъёма F-типа на его корпус, вызывает «надежное» отделение их друг от друга при монтаже, а экономия на высоте внутренней резьбы – слабую фиксацию коаксиального кабеля в корпусе разъёма. Преимущество этих разъёмов в универсальности подхода к определению их качества.

При различных способах монтажа разъемов на коаксиальные кабели все они должны обеспечивать надежное соединение обоих проводников кабеля с соответствующими частями разъема и исключать короткое замыкание между проводниками, в том числе при последующей эксплуатации фидера.

При этом основным способом соединения внутреннего проводника кабеля является пайка. Форма стержня электропаяльника и угол его заточки должны быть выбраны в зависимости от формы соединяемых поверхностей. Перед пайкой стержень паяльника должен быть очищен от нагара и облужен. Перед соединением

внутреннего проводника кабеля с трубкой штыря разъема конец этого проводника и место его припаивания к концу трубки также должны быть облужены. Если внутренний проводник кабеля многопроволочный, то перед облуживанием все его проволоки должны быть скручены между собой в направлении скрутки проводника и по возможности с тем же шагом.

В месте перехода от облуженного участка проводника к необлуженному деформация проводника, поры и наплывы припоя не допускаются.

При пайке соединителей должны быть приняты меры, исключающие попадание припоя и флюса на контактирующие поверхности штырей или гнезд. Поверхности паянных соединений следует очищать кистью или тампоном из безворсовой ткани, смоченными этиловым спиртом или спирто-бензиновой смесью.

Луженная и паянная поверхности должны быть блестящими или светло-матовыми.

В качестве основных марок припоев необходимо применять ПОС 61 или ПОС 61 М. Применение кислоты в качестве флюса категорически запрещается.

Время лужения и пайки, во избежание перегрева и деформации изоляции кабеля и разъема, не должно превышать 4 секунд.

7.1 Характеристики соединителей наиболее распространенных серий

Серия BNC



Импедансы: 50 Ом или 75 Ом (для данной и других серий с двумя значениями импеданса соответствующие им модели соединителей различны); максимальное напряжение: 500 В (действующее значение); диапазон частот: 0-4 ГГц.

Соединение с ответной частью: двухштырьковое байонетное сцепление.

Соединения с кабелем при монтаже: паечное, беспаечный зажим, обжим (опрессовка, гофрирование) и накрутка.

Серия UHF (PL259/SO239)



Импеданс: Non-constant (соединители с непостоянным сопротивлением. Из-за высокого значения КСВН не рекомендуется использовать их при частотах свыше 144 МГц); Максимальное напряжение: 500 В (амплитудное значение); диапазон частот: 0-500 МГц. (с вышеприведенной оговоркой).

Соединение с ответным соединителем: резьбовое

Соединения с кабелем при монтаже: зажим, обжим (опрессовка, гофрирование) и накрутка.

Серия Mini UHF

Импеданс: 50 Ом; максимальное напряжение 335В (амплитудное значение); диапазон частот: 0-2,5 ГГц.

Соединение с ответным соединителем: резьбовое.

Соединения с кабелем при монтаже: обжим (опрессовка, гофрирование), пайка и «проталкивание» (push-on).

Серия N

Импедансы: 50 Ом; максимальное напряжение 1000 В (амплитудное значение) или 75 Ом с максимальным напряжением 500 В (амплитудное значение); диапазон частот: 0-3 ГГц.

Соединение с ответной частью: резьбовое.

Соединения с кабелем при монтаже: зажим, пайка и обжим (опрессовка, гофрирование).

Серия F

Импеданс: Non-constant (соединители с непостоянным сопротивлением. Применяются в основном с 75-омными кабелями и нагрузками); максимальное напряжение: 250 В (действующее значение); диапазон частот: 0-1 ГГц.

Соединение с ответной частью: резьбовое.

Соединения с кабелем при монтаже: обжим (опрессовка, гофрирование), накрутка.

Серия TNC

Импедансы: 50 Ом или 75 Ом; максимальное напряжение: 500 В (действующее значение); диапазон частот: 0-3 ГГц.

Соединение с ответным соединителем: резьбовое

Соединения с кабелем при монтаже: зажим, пайка, обжим (опрессовка, гофрирование) и накрутка.

Серия SMA (сверхминиатюрные)

Импедансы: 50 Ом или 75 Ом; максимальное напряжение: 500 В (амплитудное значение); диапазон частот: 0-18 ГГц.

Соединение с ответной частью: резьбовое.

Соединения с кабелем при монтаже: зажим, обжим (опрессовка, гофрирование) и пайка.

***Примечание**: Не все способы соединений с кабелем, перечисленные для всей серии разъемов, допускается применять при монтаже любого конкретного типа разъема данной серии на любой конкретный тип коаксиального кабеля. Поэтому в каталоге обычно предусматривается однозначное соответствие соединяемых типов.*

Кроме своего основного назначения - оснащения коаксиальных кабелей и соединяемого с ними оборудования, коаксиальные разъемы (коннекторы) большинства серий применяются и для непосредственного (бескабельного)

подключения, например, к измерительному прибору, к корпусу портативной радиостанции или к основанию мобильной антенны (которые оснащены соответствующими ответными, как правило, гнездными разъемами), встроенной в разъем (как правило, штеккерный со специальным вводом) штыревой антенны, либо нагрузочного резистора с необходимым номиналом сопротивления и рассеиваемой мощностью, либо защитного колпачка для неиспользуемого выхода прибора или конца коаксиального кабеля.

В отдельную, не указанную выше серию «L» выделены некоторые типы разъемов, относящихся к сериям BNC, UHF, F и др, специально предназначенные для беспаечного (solderLess) соединения только с тонкими кабелями типов RG-58/U (50 Ом) и

RG-59/U (75 Ом).

Переходники (адапторы) в антенной технике используются, как правило, для образования временных соединений. Например, при подключениях коаксиальных кабелей к измерительным приборам, оснащенным разъемами другого типа. Для постоянных соединений желательно применять кабельные разъемы.

Но некоторые переходники, будучи включенными непосредственно между фидером и узлом питания антенны, могут использоваться для грозозащиты антенно-фидерного тракта. Например, адаптер серии UHF типа HC566 (PL259/SO239), который имеет винт для крепления тросика заземления к внешней трубке адаптора и, следовательно, соединяет экран кабеля с шиной заземления.



При построении антенно-фидерного тракта желательно обходиться минимально необходимым числом кабельных разъемов (одним для подключения фидера к антенне и одним - для его подключения к станционному оборудованию). Дополнительная пара разъемов может понадобиться, например, в случае необходимости перехода с жесткого или полужесткого коаксиального кабеля, имеющего низкие потери, но не допускающего малый радиус изгиба, на гибкий или полугибкий кабель, более удобный для подключения к аппаратуре, но только на коротком участке внутри аппаратной.

Инструкции по монтажу наиболее употребительных разъемов приведены в Приложении 7.

Расшифровка обозначений разъемов приведена в Приложении 8.

При заказе соединителей следует полно и точно указывать марку оснащаемого кабеля и дополнительно уточнять у поставщика пригодность заказываемого разъема (особенно-обжимного), ориентируясь на наличие в своем подразделении специализированного инструмента.

Рекомендуемые типы коаксиальных соединителей приведены в Приложении 9.

7.2 Инструмент для разделки кабелей и монтажа соединителей



Для правильной разделки коаксиальных кабелей и монтажа разъемов в эксплуатационных подразделениях необходимо иметь специализированный инструмент.

Применение для этих целей обычного монтерского инструмента малоэффективно, а при выполнении некоторых операций - недопустимо.

Например, произвести нормальную опрессовку центрального пина и втулки crimp plug любого обжимного разъема любой серии при помощи обычных слесарных плоскогубцев или другого кустарного приспособления практически невозможно.

Для этого применяются сравнительно недорогие специальные обжимные устройства нескольких типов (НТ-106, НТ-301 и НТ-306) и нескольких моделей каждого из этих типов, обозначаемых латинскими буквами. Модели различаются между собой наборами шестигранных калиброванных отверстий, которые соответствуют габаритным размерам обжимных разъемов, которые монтируются данным методом на кабели определенных марок (от 2 до 6 разных кабелей, согласно прилагаемой к каждому изделию таблице соответствия).

Пример таблицы соответствия обжимного устройства, прилагаемой к устройству типа СТ-301С.

Тип обжимного устройства

Размеры отверстий в дюймах и миллиметрах

Типы кабелей RG, оснащаемых обжимными разъемами

CT	⬡	⬡	⬡	○	○PIN	■ PIN	FOR CRIMPNG RG TYPE CABLE	GRIPS COLOR
301B	.319" 8.1		.213" 5.41	.187" 4.75			6, 55, 58, 141, 142, 223, 303, 400, 174, FIBER OPTIC	BLUE
301C	.319" 8.1	.256" 6.5	.213" 5.41		.068" 1.72		6, 59, 62, 140, 210, BELDEN 8579 55,58,141,142,223,303,400,FIBEROPTIC	RED
301G	.255" 6.48	.213" 5.41	.137" 3.5	.100" 2.45	.069" 1.75	.043" 1.09	59,62,8X140,210,BELDEN 8279.55. 58,141,174,223,303,400,FIBER OPTIC	GREEN
301J	.178" 4.25	.151" 3.84	.128" 3.25	.078" 1.98	.068" 1.72	.042" 1.07	122,174,179,180,187,188,195, FIBER OPTIC, 178, 316, BELDEN 8218	YELLOW
230A		.255" 6.48	.213" 5.41	.187" 4.75	.068" 1.72		55,58,59,62,140,141,142,210,223,174, 303,400,FIBEROPTIC,BELDEN 8279	BLUE

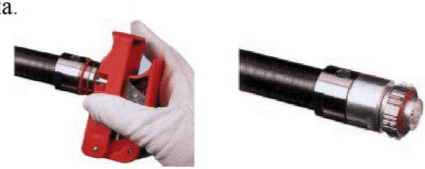
Специальный инструмент при монтажных работах желательно использовать также для обрезки и для разделки кабелей (например, ножницы НТ-206 и устройства для разделки кабелей НТ-312 и НТ-332 нескольких моделей). Специальные инструменты для разделки кабеля существенно упрощают монтаж разъемов на кабели.

На отечественном рынке имеются также универсальные наборы инструментов для обрезки кабелей и обжима разъемов, в том числе со сменными насадками (НТ-330 и др).

Например, разделку, заземление и герметизацию кабелей типа LCF 3/8, LCF1/2, LCF 7/8, LCF 1 5/8, проводят следующим образом:



Вставить кабель, повернуть специализированный инструмент до его закрытия и установить заднюю часть разъема.

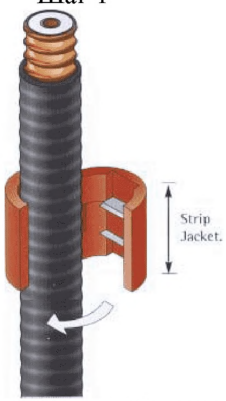


Снять заусенцы с внутреннего проводника, развальцевать внешний проводник и установить переднюю часть разъема.

Для заземления для кабелей используют комплект заземления, устойчивый ко всем воздействиям окружающей среды. Корпус заземления состоит из нержавеющей стали, которая покрыта этилено-пропиленовой резиной. Поверхность соприкосновения с проводником - луженая медная сетка. Выводной заземляющий провод крепится винтами из нержавеющей стали. Специальные шайбы предотвращают винты от раскручивания.

Процесс установки состоит из трех шагов. Сначала очищают кабель от изоляции. Для чего следует использовать специальный инструмент. Вторая операция заключается в установке корпуса заземлителя на кабель. И в конце монтажа - затяжка винтов.

Шаг 1



Зачистка оболочки кабеля.

Шаг 2



Установка корпуса заземлителя.

Шаг 3



Затяжка комплекта заземления двумя винтами.



Для надежной защиты разъемов от воздействия окружающей среды, применяется герметик.

При решении проблемы гидроизоляции необходимо различать два случая. В первом случае, это поперечное проникновение влаги, когда она проникает извне коаксиальной системы. Второй случай - проникновение влаги вдоль длины кабеля, например, через поврежденную антенну.

Благодаря установленному на заводе герметизирующему кольцу в соединение разъема все его компоненты защищены от проникновения воды. Гидроизоляция соединительной гайки, оболочки кабеля и внешнего проводника может быть осуществлена двумя способами.



Первый способ - заполнение полости разъема специальным герметизирующим компонентом, известным как Plast 2000. Застывание герметика происходит после контакта с воздухом, при этом сохраняется его пластичность. Заполнение проводится после монтажа разъема на кабель.

Второй способ - Установка специальных герметизирующих колец, которые препятствуют проникновению влаги в соединение разъема с кабелем.

Кроме того, при эксплуатации разъема в тяжелых климатических условиях вместе с кольцом необходима герметизация разъема термоусадочной трубкой либо комплектом холодной герметизации.

Продольная гидроизоляция разъемов достигается при помощи специально разработанных диэлектрических гранул (dielectric beads). Таким образом, предотвращается проникновение влаги вдоль оси кабеля.

Для герметизации стыков между соединителями любых типов рекомендуется использовать термоусадочную трубку либо специализированные комплекты.

8. Примерный порядок действий при монтаже и настройке антенно-фидерных устройств

8.1 Выбор места для установки антенны

При выборе места для установки антенны целесообразно руководствоваться следующим:

1). Для оценки предполагаемой зоны действия радиосистемы, определения мест размещения ретрансляционного и пультового оборудования, а также для последующего анализа и поиска неисправностей при эксплуатации системы настоятельно рекомендуется использование географических карт.

Помимо бумажных карт с указанием рельефа местности можно порекомендовать использование бесплатных интернет-сервисов по проверке профилей трасс, например, LinkTest (gost.e-ecolog.ru) или аналогичных, позволяющих оценить возможность организации радиосвязи между двумя точками с учетом кривизны земли и рельефа местности. Данные сервисы облегчают работу по анализу наличия препятствий на пути распространения радиоволн, помогают подобрать высоту установки антенн для обеспе-

чения прямой видимости между ними, выбрать места установки дополнительных ретрансляторов и т.п.

2). Для увеличения зоны прямой видимости антенну желательно устанавливать в местах, наиболее свободных от массивных конструкций, и как можно выше.

3). Для уменьшения влияния подстилающей поверхности при установке антенны расстояние от крыши до ее основания должно составлять не менее нескольких длин волны.

4). Вблизи антенны не должно быть металлических предметов и конструкций таких, как другие антенны, металлические трубы, молниеотводы, провода и т.д. Источниками помех могут оказаться и совершенно безобидные, на первый взгляд, предметы. Например – ржавый кусок арматуры, прислоненный к металлической ограде, мачте или оттяжке. Секции мачты, имеющие плохой электрический контакт, оттяжки, выполненные без промежуточных изоляторов, некачественно пропаянные (особенно по экрану) разъемы.

При наличии поблизости от планируемого места установки антенны других антенн, необходимо осуществить их пространственный разнос (от 25 метров по горизонтали или от 3 метров по вертикали)

8.2 Выбор типа антенны

1) При установке антенны на ПЦО, в общем случае, рекомендуются к использованию базовые коллинеарные антенны с последовательным питанием с длиной излучающих элементов $5/8\lambda$. Данные антенны обладают круговой диаграммой направленности в горизонтальной плоскости и наиболее вытянутыми лепестками диаграммы направленности в вертикальной плоскости, максимумы излучения которых располагаются параллельно земле.

В условиях городской застройки выполнение этого условия снижает вероятность возникновения «мертвых»

зон в близлежащей к ПЦО зоне и увеличивает мощность сигнала в дальней.

2) При установке антенны на объектах в условиях слабого прохождения сигнала рекомендуются к использованию направленные антенны.

8.3 Выбор и монтаж элементов антенно-фидерной системы

1) При выборе коаксиального кабеля следует учитывать потери в нем на используемой частоте. Для разных типов кабелей величина затухания может существенно различаться, при этом наблюдается общая тенденция: чем меньше потери, тем больше диаметр кабеля. Для расчета потерь уровня сигнала используются данные, приведенные в приложении 5 или в паспорте.

2) В случае, когда «толстые» кабели не обладают достаточной гибкостью для монтажа с перегибами под острыми углами, рекомендуются комбинированные линии с использованием соответствующих разъемов и адаптеров, приведенные в приложении 6 или аналогичных. Перегибы под острыми углами приводят к нарушению целостности кабеля и неисправностям антенно-фидерной системы.

3) Целесообразно, когда это возможно, производить замену радиочастотного кабеля на низкочастотные линии связи. Например, в ситуации, когда необходимо установить антенну на крыше высотного здания и провести сигнал к оборудованию ПЦН на первом этаже. В этом случае, если позволяет оборудование используемой системы, было бы эффективнее установить радиочастотную часть оборудования системы в защищенные чердачные помещения, а передачу информации на ПЦН вниз осуществлять по витой паре с использованием преобразователей интерфейсов типа RS-232/RS-485. При данной реализации снижаются потери в фидерной линии, длинна низкочастотной линии

связи может достигать до 1200 м, кроме того, следует отметить, что прокладка подобных низкочастотных линий связи с достаточным резервом заложена на этапе строительства новых зданий.

4) В соответствии с ранее изложенным необходимо осуществить мероприятия по заземлению и грозозащите.

5) При монтаже антенно-фидерной системы требуется надежное крепление всех ее элементов. Не рекомендуется свободное подвешивание больших участков кабеля, провисающего под собственным весом. Согласно правилам пожарной безопасности, не разрешается осуществлять крепление каких бы то ни было устройств на вентиляционные выходы, дымоходы, вытяжки газа.

8.4 Настройка элементов антенно-фидерной системы

1) Настройка антенн осуществляется, как правило, путем изменения размеров ее элементов или подстройкой емкостных и индуктивных элементов в соответствии с паспортом на антенну.

2) Необходимо учитывать, что при измерении КСВ на коаксиальных кабелях, обладающих высоким затуханием, могут возникать ситуации когда уровень отраженного сигнала достаточно сильно ослабевает из-за потерь в кабеле и используемый измерительный инструмент показывает КСВ, близкий к единице. В данном случае необходимо настройку антенно-фидерного устройства производить раздельно. Сначала проводятся измерения параметров антенны, а затем параметры кабеля с подключенной антенной.

3) По окончании всех работ соединительные элементы системы должны быть загерметизированы.

9. Требования безопасности при установке антенно-фидерных устройств

Настройку и сборку антенны перед ее установкой на мачте следует производить непосредственно на земле или на другой достаточно просторной и ровной площадке.

Не допускается собирать и монтировать антенну, если от места ее сборки и установки не обеспечивается достаточное расстояние до любых линий электропередачи, а также устанавливать антенну в дождливую или ветреную погоду.

Для защиты от грозовых разрядов мачта антенны должна быть надежно заземлена. Установка антенн на мачте, не имеющей заземления, недопустима.

Во избежание несчастных случаев не следует устанавливать антенну только собственными силами, без помощи и подстраховки другими лицами. В случае падения антенны или каких-либо ее частей не пытайтесь удерживать их от падения. Если при падении антенны, антенной мачты или элементов их конструкций они случайно коснутся провода электрической сети, не прикасайтесь к этим предметам и срочно вызовите на место происшествия представителя организации, обслуживающей данную электрическую сеть.

Место установки мачты должно выбираться на таком удалении от проводов электросети, чтобы это расстояние превышало (не менее чем вдвое) общую высоту мачты с установленной на ней антенной.

При установке короткой односекционной мачты из стальной водопроводной трубы не следует применять трубу диаметром более 3 см. Если мачта составная, а также во всех случаях, когда ее высота превышает 5 метров, необходимо использовать растяжки.

Не пытайтесь монтировать и устанавливать антенну сами, если у Вас нет достаточных навыков и опыта в монтаже и установке подобных устройств. Привлекайте для этих целей более опытных лиц или специалистов-инженеров. Привлечение специалистов обязательно, если высота используемой башни, трубы или телескопической мачты для установки антенны превышает 10 метров.

Приложение 1

Некоторые формулы для расчетов

Амплитудное значение напряженности электрического поля радиоволны в свободном пространстве, создаваемого антенной с коэффициентом направленного действия D_1, к которой от передатчика подводится мощность P_1, в точке приема, удаленной на расстояние r от антенны, равно:

$$E_m = 254\sqrt{P_1 [\text{кВт}] D_1} / r\ [\text{км}],\ \text{мВ/м}$$

Действующее значение равно: $E_д = \sqrt{2}E_m$.

Примечание:

1. Коэффициентом направленного действия направленной антенны (D_1) называются множитель, показывающий, во сколько раз следует увеличить мощность (P_1) , подаваемую к изотропной антенне (равномерно излучающей во всех направлениях), чтобы в пункте приема она создавала бы такую же напряженность поля E_m, как направленная антенна (при рассмотрении электрических характеристик антенн дается несколько иное определение *КНД*);

2. Коэффициент D_1 очень незначительно отличается от *коэффициента усиления* антенны G_1, учитывающего активные потери в антенне. Поэтому $D_1 \approx G_1$ (т.к. *КПД* антенны $\eta \approx 100\%$);

3. Произведение $P_1 D_1 \approx P_1 G_1$ принято называть *эффективной мощностью излучения.*

Мощность на выходе в (нагрузке) приемной антенны с коэффициентом направленного действия D_1 равна:

$P_2 = P_1 \lambda^2 D_1 D_2 / (4\pi r)^2 / D_1 D_2$, *Вт.*

Потери энергии радиоволн при их распространении в свободном пространстве вычисляются как:

$L_{св} = P_1 / P_2 = (4\pi r/\lambda)^2 / D_1 D_2$,

а при изотропных передающих и приемных антеннах, т.е. при $D_1 = D_2 = 1$ (т.наз. *основные потери*):

$L_{0\,св}=(4\pi r/\lambda)^2$.

Те же значения, выраженные в логарифмических единицах (в децибелах):

$L_{св}[дБ]=10\ell g\, L_{св}=20\ell g\,(4\pi r)-20\ell g\lambda - D_1[дБ]-D_2[дБ]$;

$L_{0\,св}[дБ]=10\ell g\, L_{0\,св}=20\ell g\,(4\pi r)-20\ell g\lambda$.

Изменение напряженности электрического поля в реальных условиях по сравнению со свободным пространством характеризуется *множителем ослабления F.*

С учетом множителя ослабления формулы *потерь при распространении радиоволн (в реальных условиях)* принимают вид:

$L= P_1/P_2= L_{св}/F^2=(4\pi r/\lambda F)^2/ D_1 D_2$;

$L_0= L_{0\,св}/F^2=(4\pi r/\lambda F)^2$;

$L[дБ]=10\ell g \quad L=L_{св}[дБ]-20\ell g \quad F=20\ell g(4\pi r)-20\ell g\lambda-F[дБ]-D_1[дБ]-D_2[дБ]$;

$L_0[дБ]=10\ell g\, L_0=L_{0\,св}[дБ]-20\ell g\, F=20\ell g(4\pi r)-20\ell g\lambda-F[дБ]$.

Из формулы потерь в реальных условиях следует, что $P_1D_1D_2=(4\pi r/\lambda F)^2P_2$.

Тогда, если условиться о том, чтобы выражать мощности P_1 *и* P_2 не в ваттах, а в децибелах по отношению к одному ватту, то есть в децибел-ваттах [дБВт]:

P_1[дБВт]$=10\ell g\, P_1$[Вт] и P_2[дБВт]$=10\ell g\, P_2$[Вт],

то последняя формула приобретает вид, очень удобной для расчета линий радиосвязи:

P_1[дБВт]$+D_1[дБ] \quad +D_2[дБ]= \quad P_2$[дБВт]$+20\ell g(4\pi r)-20\ell g\lambda-F[дБ]$.

Удельная емкость коаксиальной линии, ее *удельная индуктивность* и *волновое сопротивление* вычисляются по следующим формулам:

$C_i = 2{,}41\ \varepsilon_r \times 10^{-4}$ /lg (D/d) Ф/м;

$L_i = [0{,}48 \lg (D/d) +13{,}33\ (1/d +1/D) / \sqrt{f}\ ] \times 10^{-6}$ Гн/м;

$Z_o = R_o = 138 \lg (D/d)/ \sqrt{\varepsilon_r}$ Ом

Удельное затухание выражается формулой:

$\alpha = [2{,}62\ \sqrt{f}\ (1+D/d)/ D\lg (D/d) +9{,}1\ f\ \mathrm{tg}\delta] \times \sqrt{\varepsilon_r}\ 10^{-3}$ дБ/м.

Приложение 2

Сведения для настройки базовых антенн



Размеры элементов для A-1000 MV1				
Fo [MHz]	A1 [mm]	A2 [mm]	A3 [mm]	A4 [mm]
149	603	957	957	1037
150	590	948	948	1028
151	580	939	939	1019
152	570	930	930	1010
153	561	921	921	1001
154	552	912	912	992
155	543	903	903	983
156	534	894	894	974
157	525	885	885	965
158	516	876	876	956
159	508	867	867	947
160	498	858	858	938
161	490	849	849	929
162	478	840	840	920
163	467	835	835	915
164	455	829	829	910
165	445	824	824	905
166	435	818	818	900
167	425	813	813	895
168	414	807	807	890
169	404	802	802	885
170	392	796	796	880
171	383	791	791	875
172	371	785	785	870
173	361	780	780	865
174	350	774	774	860

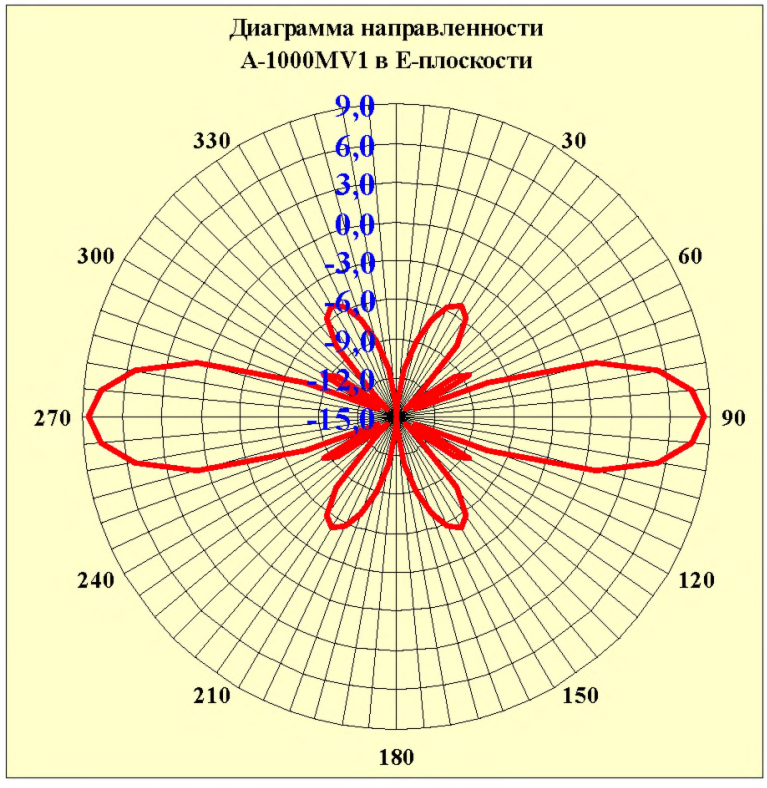
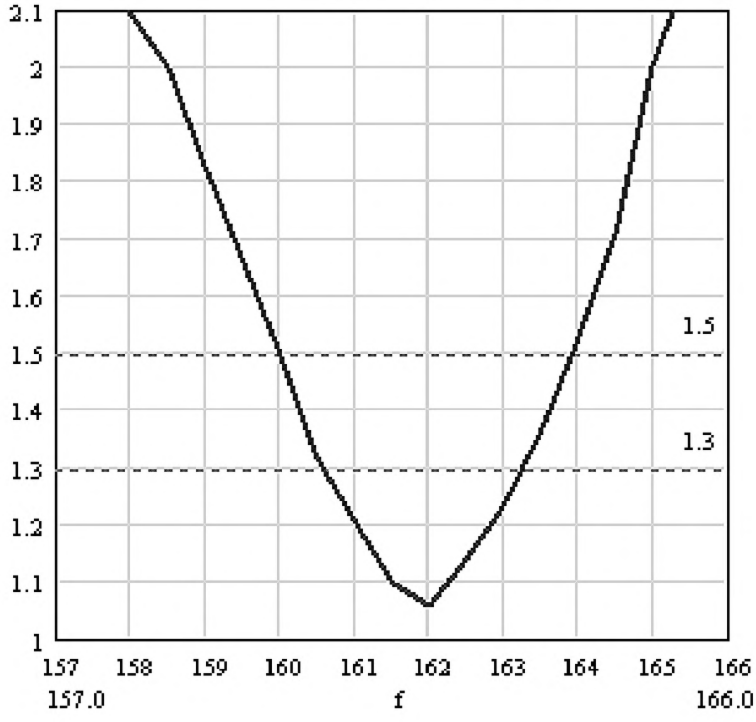
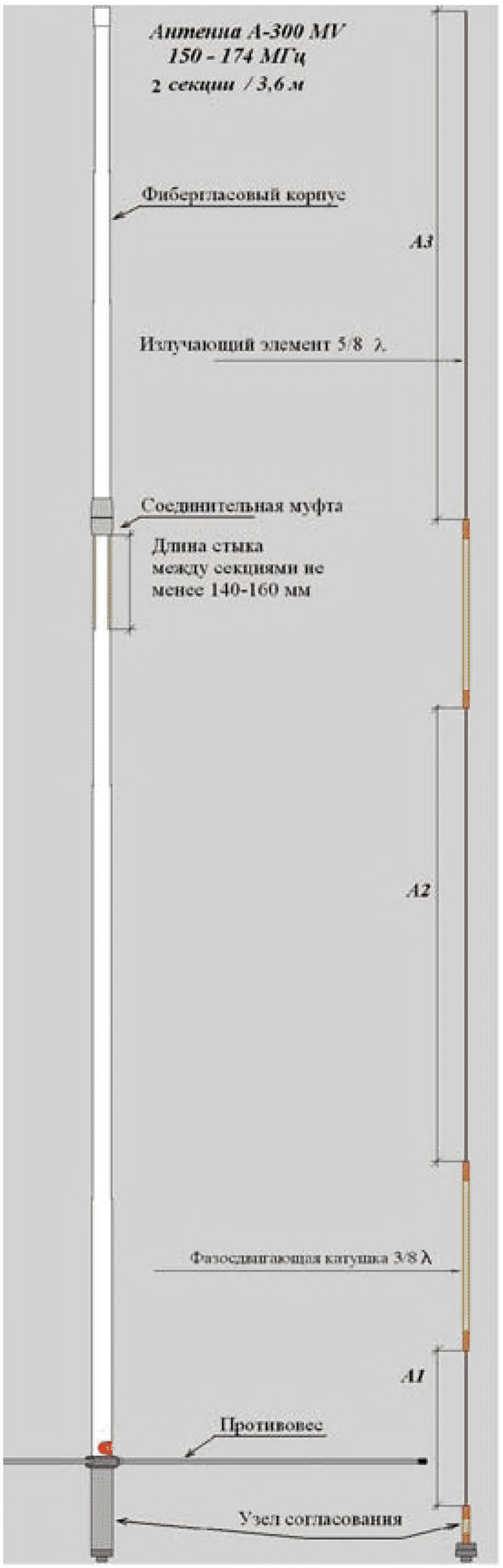


График КСВ A-1000 MV1

(F_0=162МГц)





Размеры элементов для A-300 MV			
Fo [MHz]	A1 [mm]	A2 [mm]	A3 [mm]
149	599	957	1037
150	589	948	1028
151	580	939	1019
152	570	930	1010
153	561	921	1001
154	551	912	992
155	542	903	983
156	532	894	974
157	523	885	965
158	513	876	956
159	504	867	947
160	494	858	938
161	485	849	929
162	475	840	920
163	465	835	915
164	455	829	910
165	445	824	905
166	435	818	900
167	425	813	895
168	415	807	890
169	405	802	885
170	395	796	880
171	385	791	875
172	375	785	870
173	365	780	865
174	355	774	860

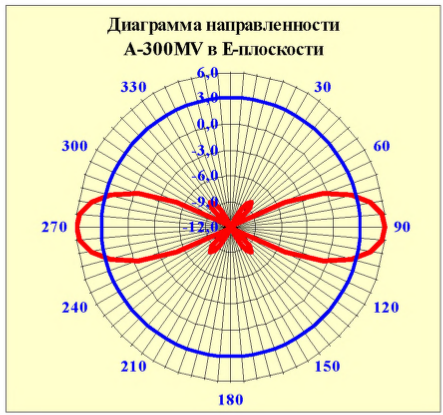
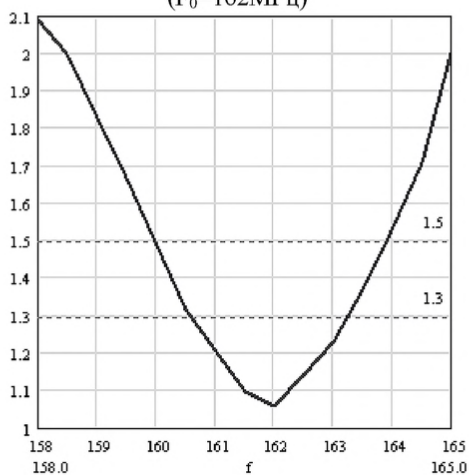
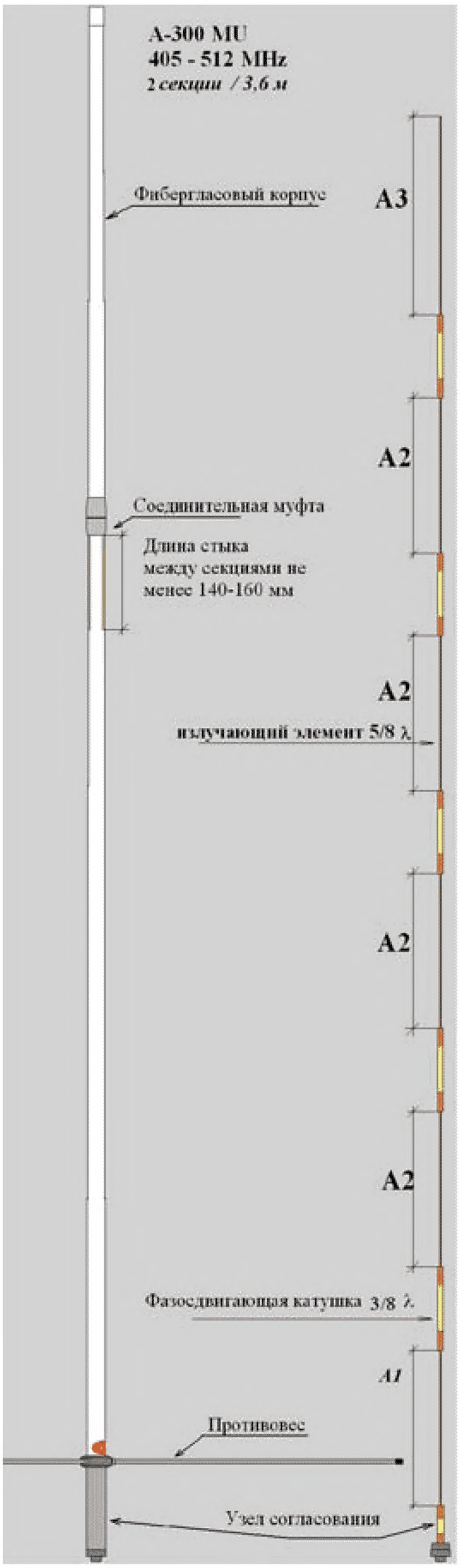


График КСВ А-300 MV

(F_0=162МГц)





Размеры элементов для A-300MU			
Fo[MHz]	A1[mm]	A2[mm]	A3[mm]
400	511	387	417
405	499	376	406
410	491	365	395
415	481	354	384
420	472	343	373
425	463	332	362
430	453	324	354
435	446	316	346
440	436	308	338
445	425	301	331
450	419	294	324
455	411	288	318
460	400	281	311
465	390	274	304
470	383	267	297
475	373	260	290
480	366	253	283
485	355	247	277
490	346	240	270
495	337	233	263
500	328	226	256

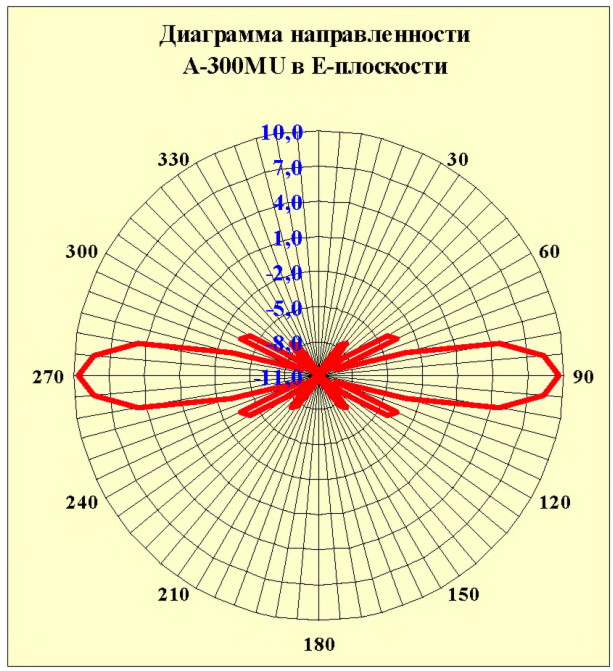
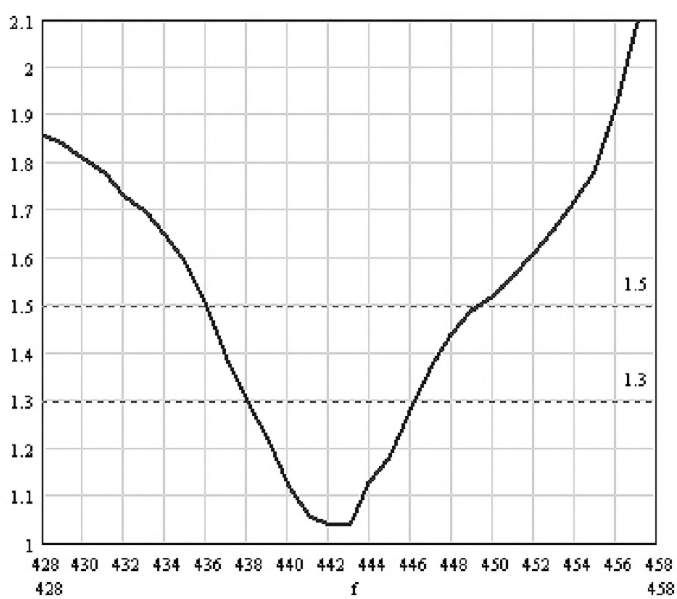
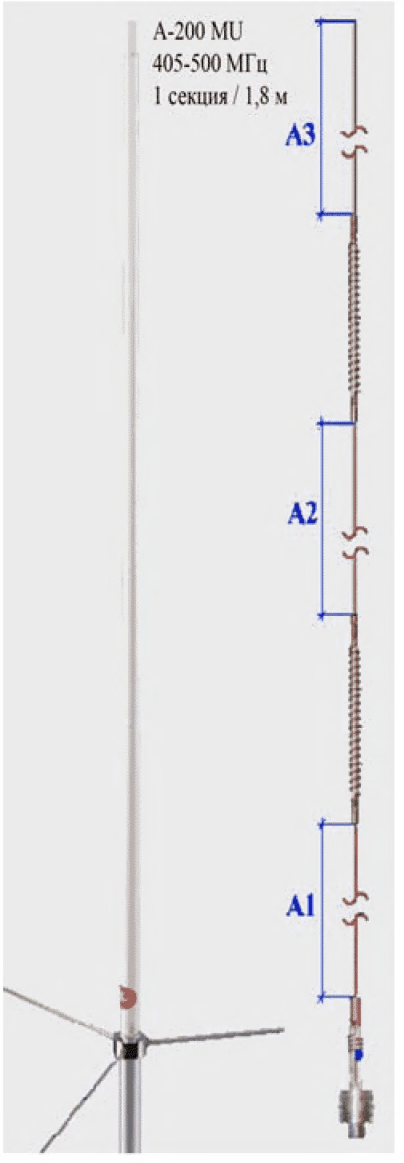


График КСВ A-300 MU

(F_0=442 МГц)





Размеры элементов для A-200MU			
Fo[MHz]	A1[mm]	A2[mm]	A3[mm]
400.0	511	387.0	417.0
405.0	499	376.0	406.0
410.0	491	365.0	395.0
415.0	481	354.0	384.0
420.0	472	343.0	373.0
425.0	463	332.0	362.0
430.0	453	324.0	354.0
435.0	446	316.0	346.0
440.0	436	308.0	338.0
445.0	425	301.2	331.2
450.0	419	294.3	324.3
455.0	411	287.5	317.5
460.0	400	280.7	310.7
465.0	390	273.8	303.8
470.0	383	267.0	297.0
475.0	373	260.2	290.2
480.0	366	253.3	283.3
485.0	355	246.5	276.5
490.0	346	239.7	269.7
495.0	337	232.8	262.8
500.0	328	226.0	256.0

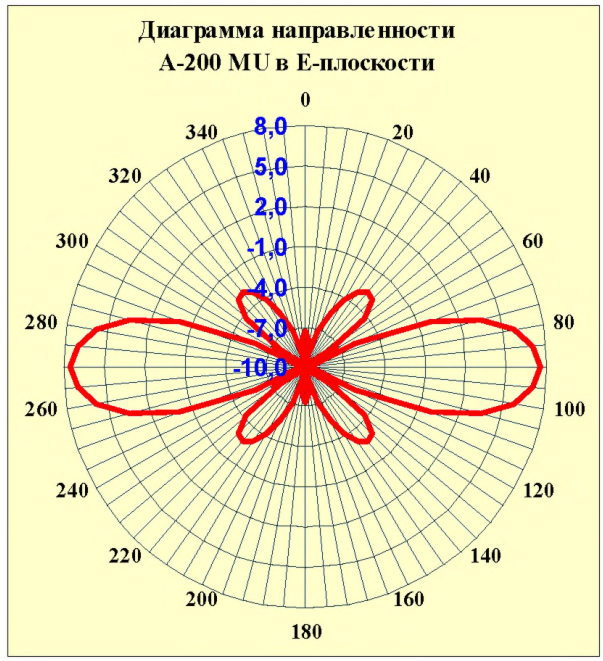
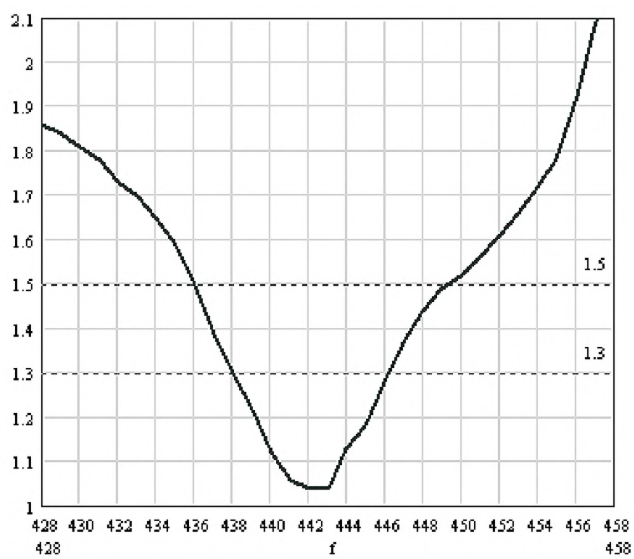


График КСВ A-200 MU

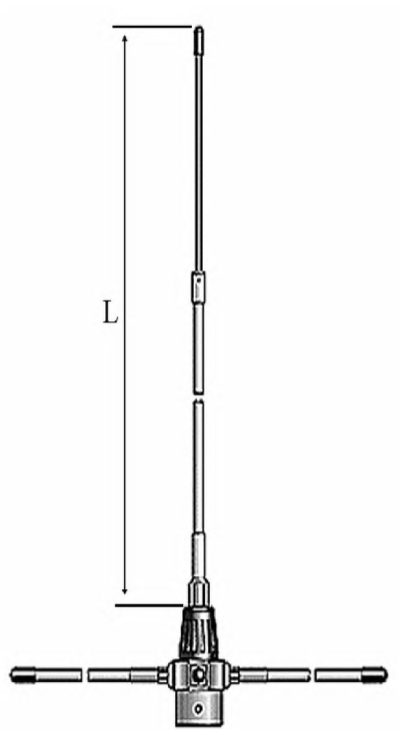
(F_0=442 МГц)



Приложение 3

Сведения для настройки объектовых ненаправленных антенн

GP 3-E 5/8



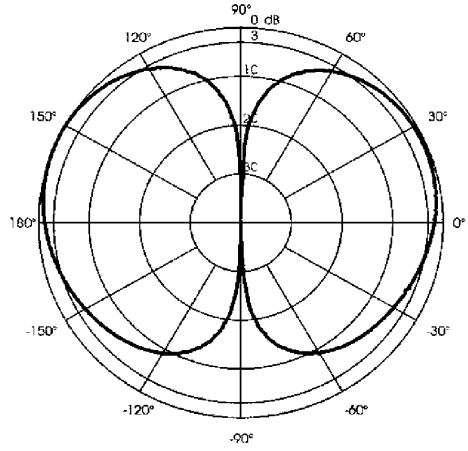


Диаграмма направленности GP 3-E 5/8 в E-плоскости

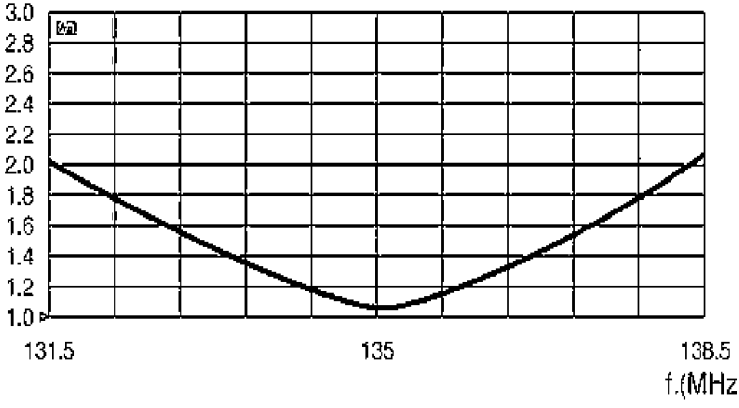
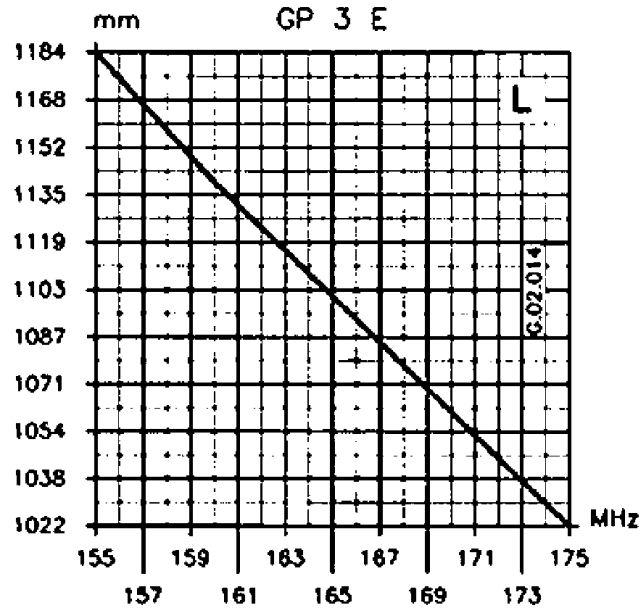
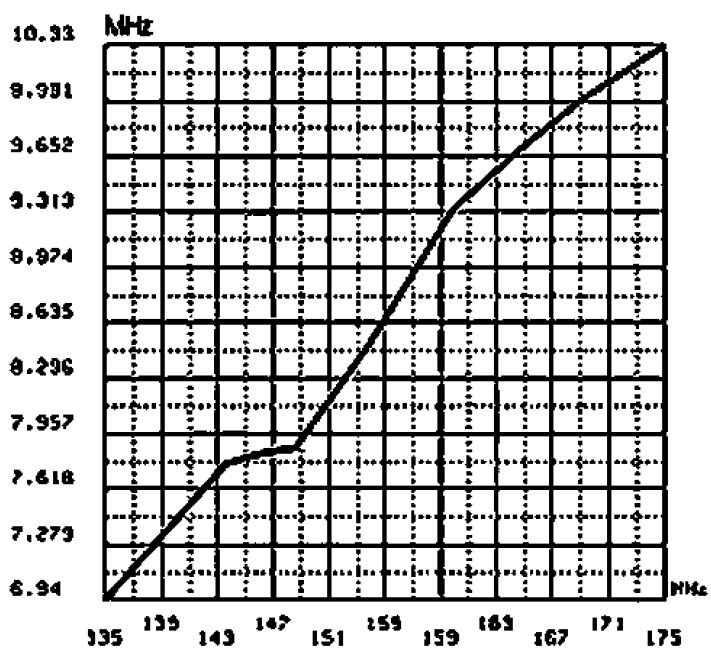


График КСВ GP 3-E 5/8 (F_0=135 МГц)

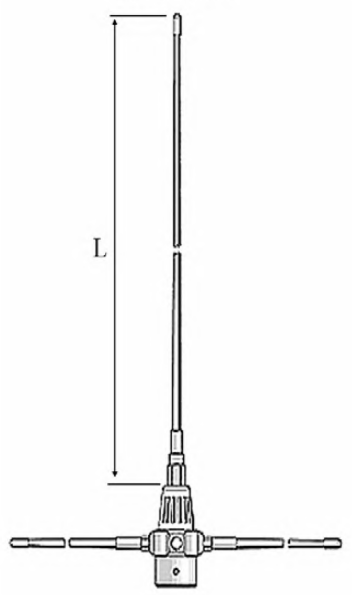


Размер элемента L



Рабочая полоса частот GP 3-E в зависимости от F_0 при КСВ=2

GP 3-F 5/8



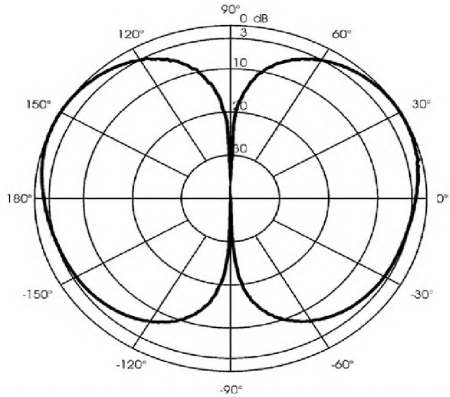


Диаграмма направленности GP 3 F 5/8 в E-плоскости

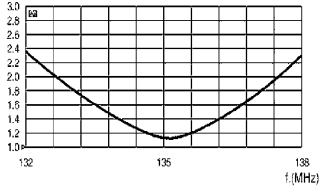
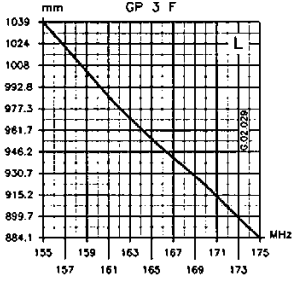
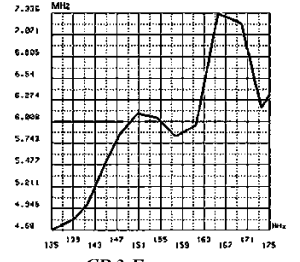


График КСВ GP 3-F 5/8 (F_0=135 МГц)



Размер элемента L



Рабочая полоса частот GP 3-F в зависимости от F_0 при КСВ=2

CX455 ¾



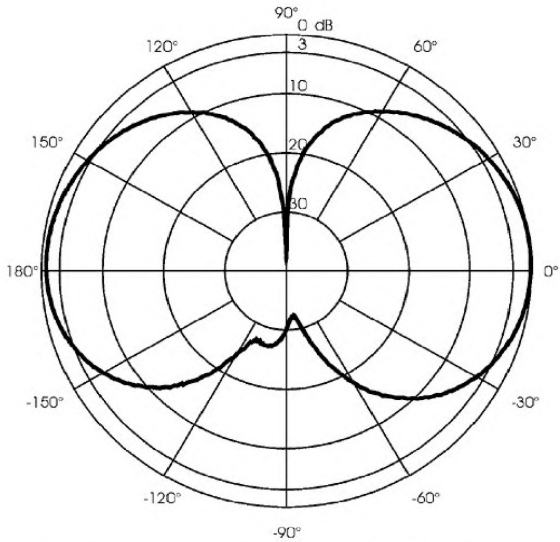


Диаграмма направленности CX455 3/4 в E-плоскости

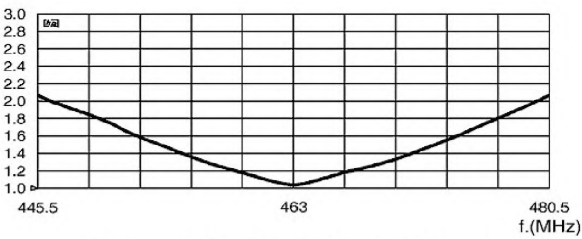


График КСВ CX455 ¾ (F_0=463 МГц)

CX164U ¾



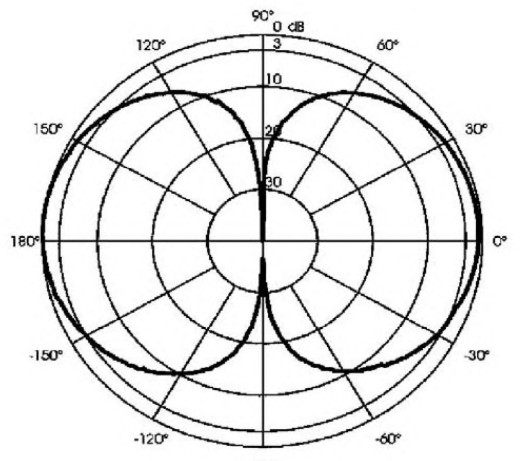


Диаграмма направленности CX164U 3/4 в E-плоскости

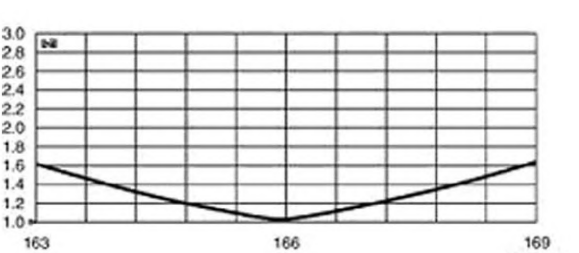


График КСВ CX164U 3/4 (F_0=166 МГц)

Конструкция, ДН и графики КСВ направленных антенн

Y3 VHFγ



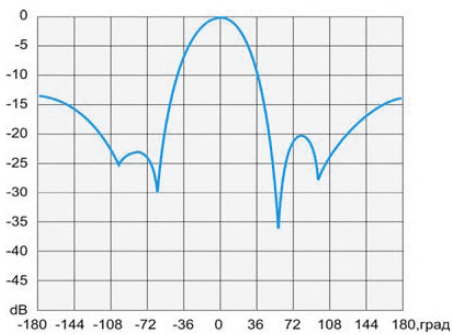


Диаграмма направленности антенны Y3 VHFγ в Е-плоскости

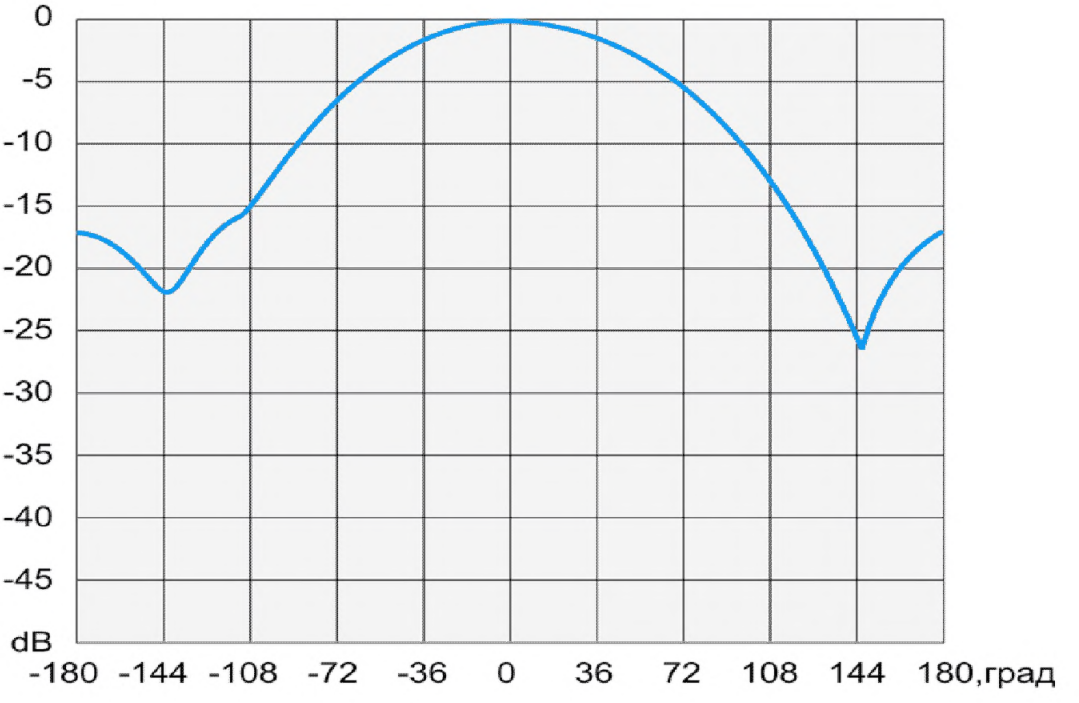
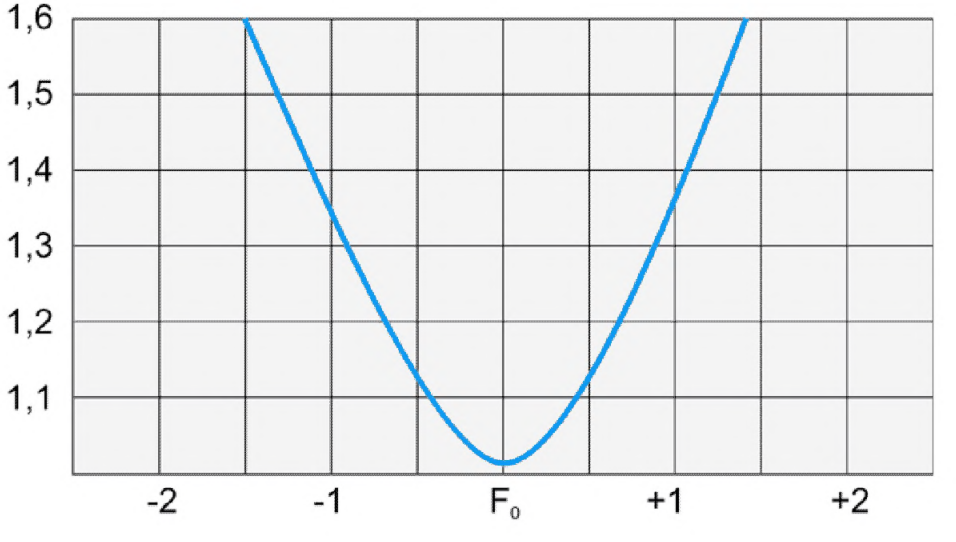
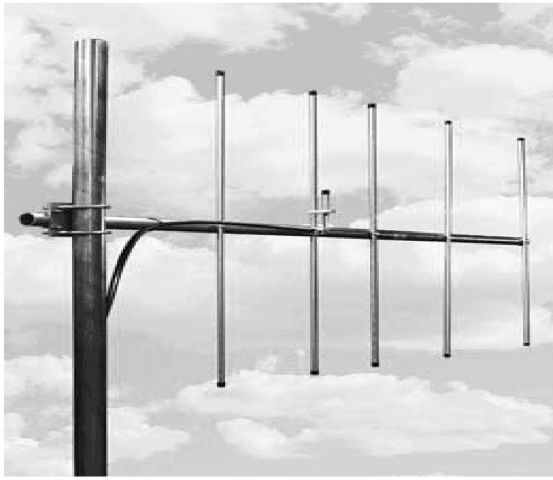


Диаграмма направленности антенны Y3 VHFγ
в Н-плоскости



Графики КСВ антенн Y3 VHFγ

Y5 VHFγ



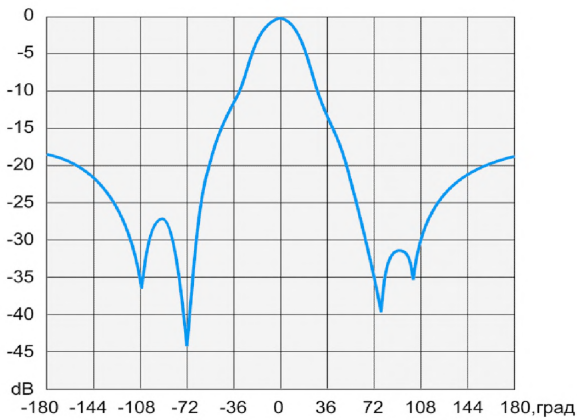


Диаграмма направленности антенны Y5 VHFγ в E-плоскости

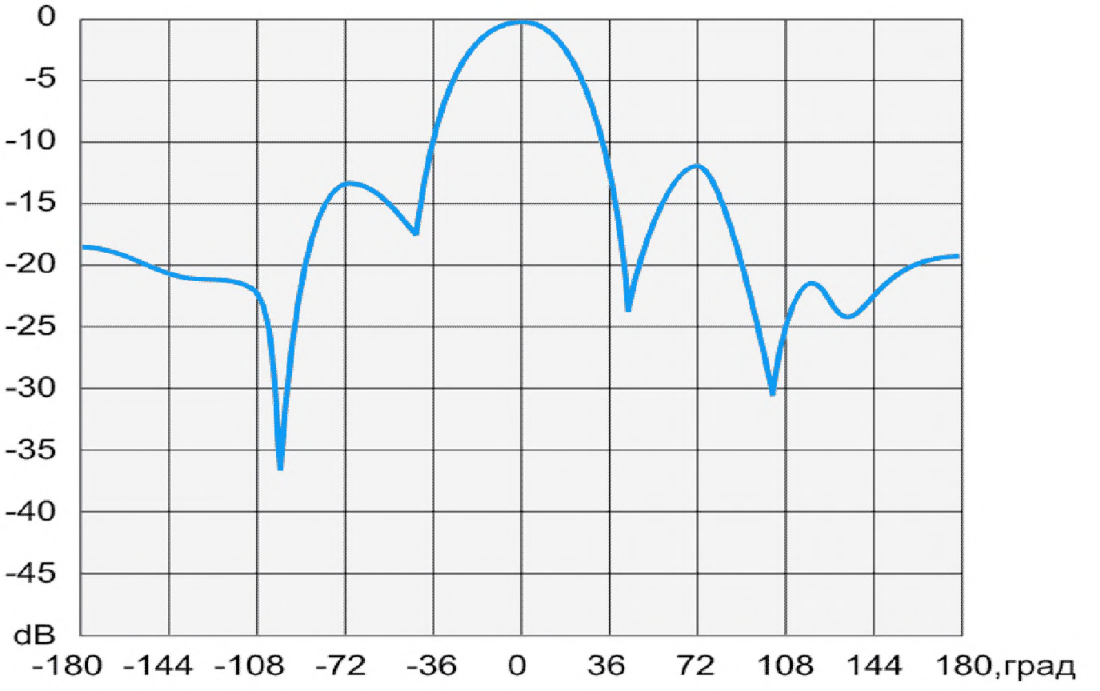


Диаграмма направленности антенны
Y5 VHFγ в Н-плоскости

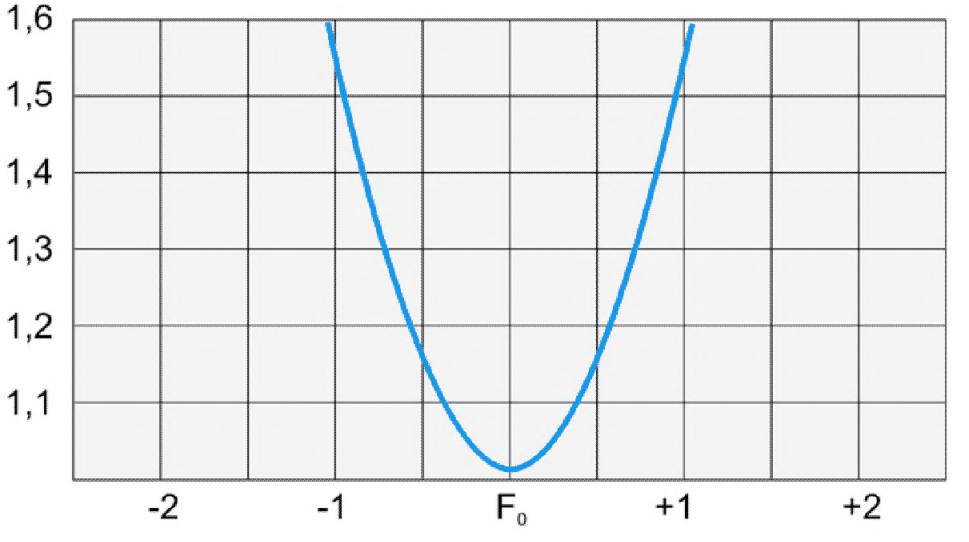


График КСВ антенны Y5 VHFγ

Y4 UHF (L, H)



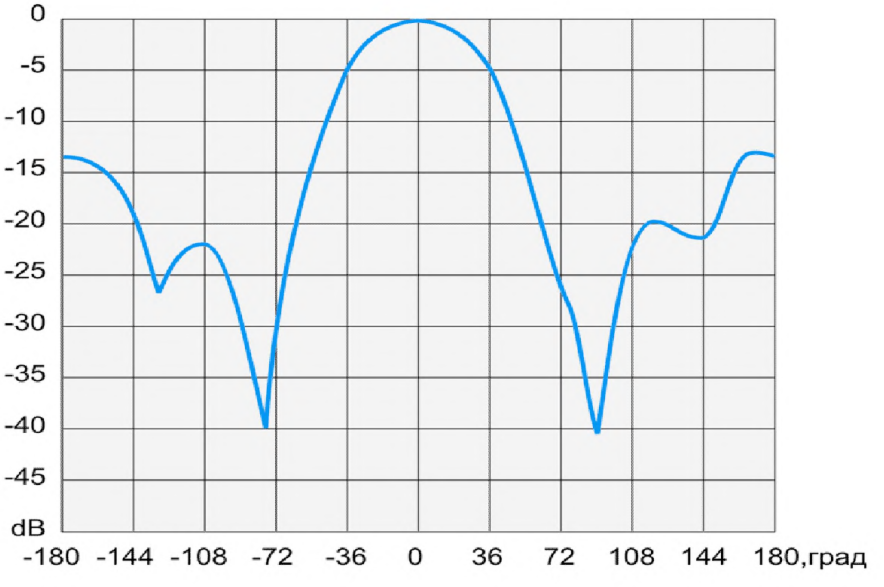


Диаграмма направленности антенны Y4 UHF в Е-плоскости

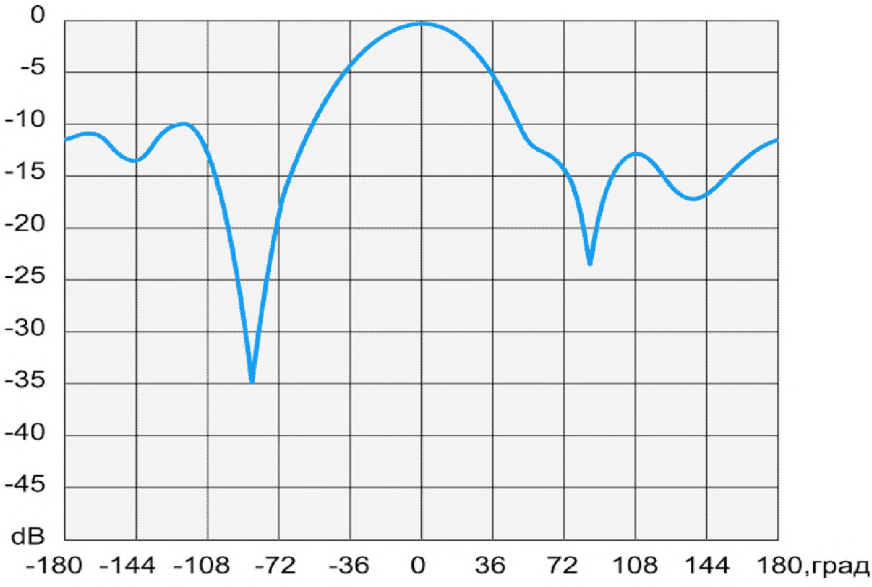
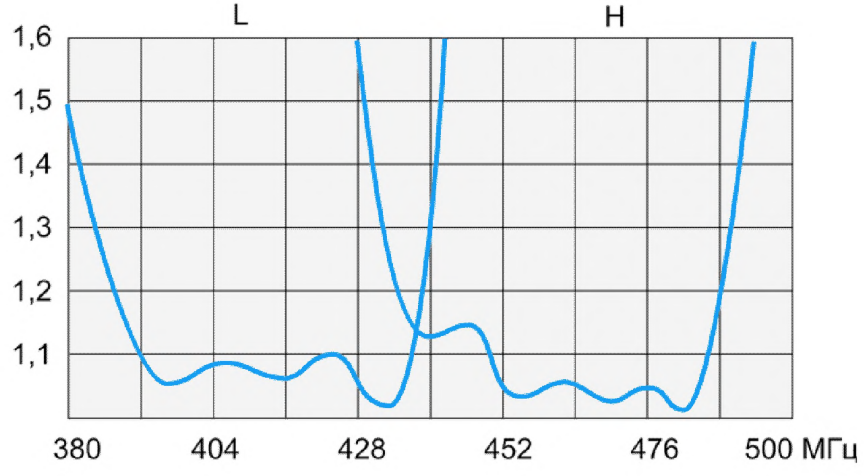
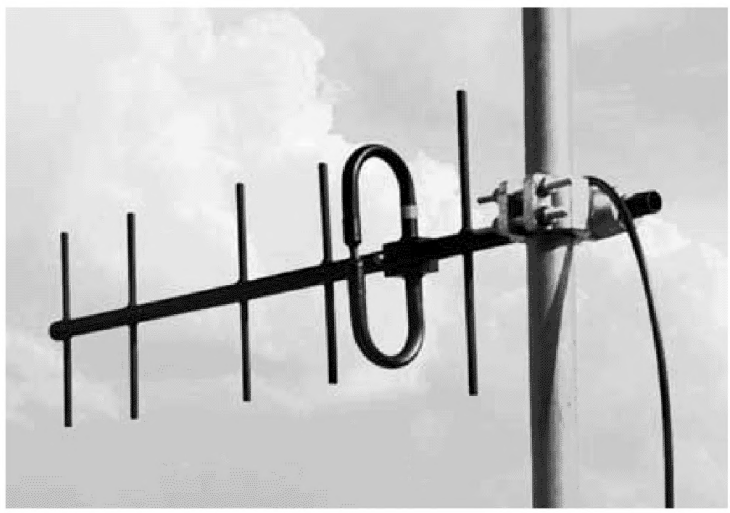


Диаграмма направленности антенны Y4 UHF в H-плоскости



Графики КСВ антенн Y4 UHF (L, H)

Y6 UHF (L, H)



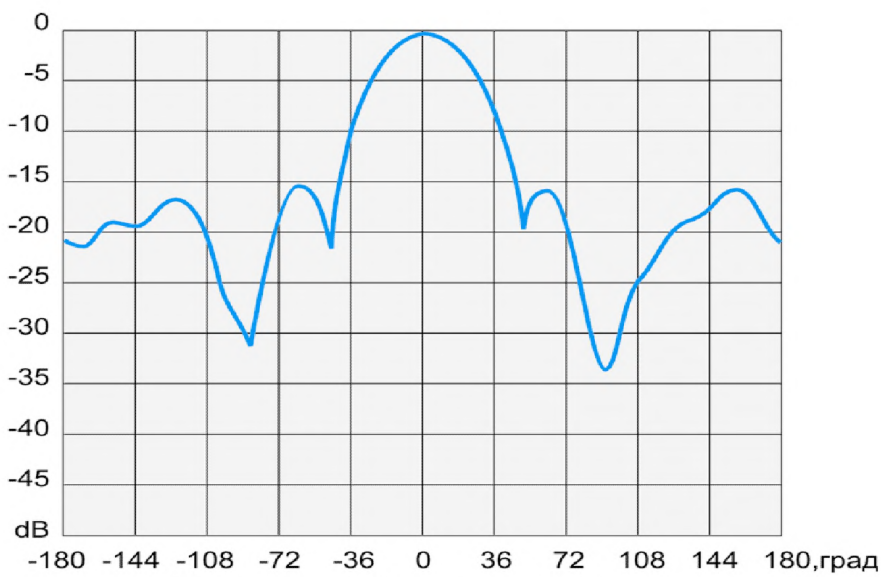


Диаграмма направленности антенны Y6 UHF в Е-плоскости

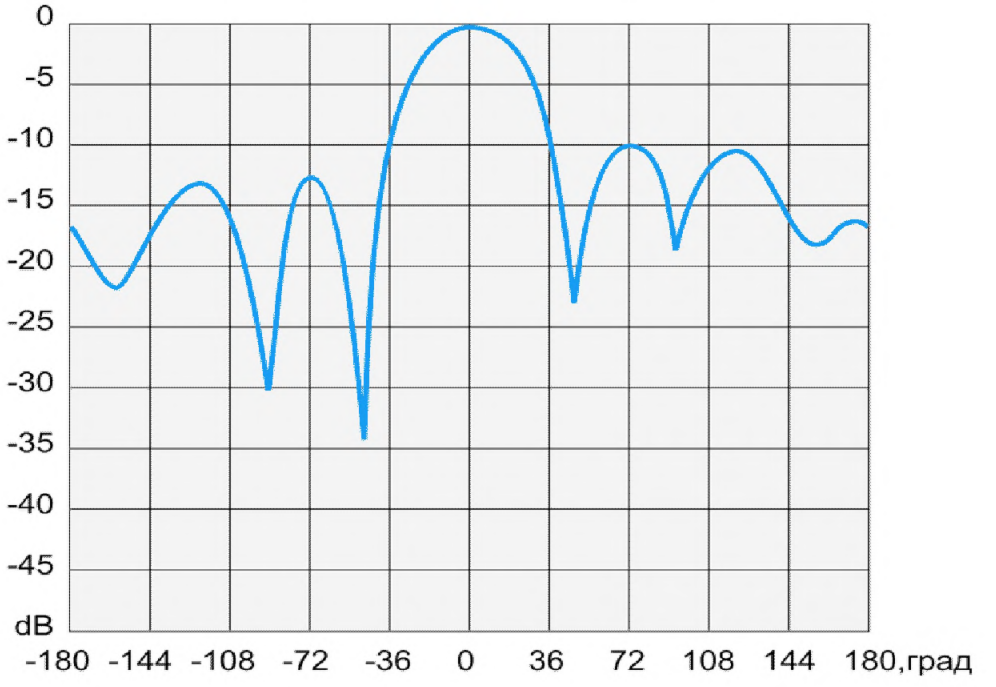
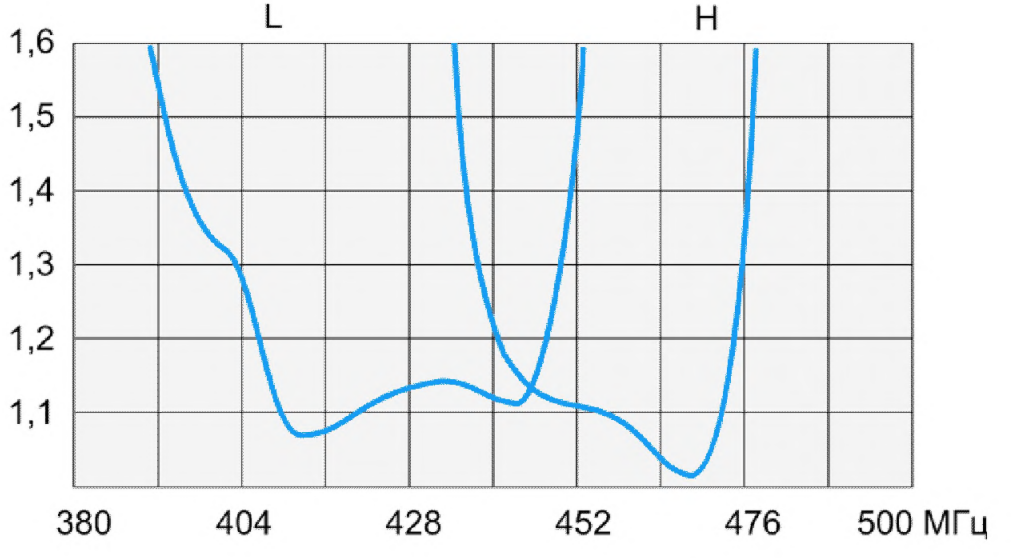


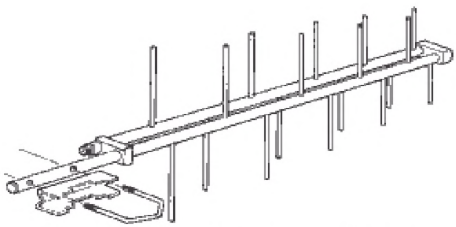
Диаграмма направленности антенны Y6 UHF в H-плоскости



Графики КСВ антенн Y6 UHF (L, H)

ANT 459Y





Конструкция антенны ANT 459Y

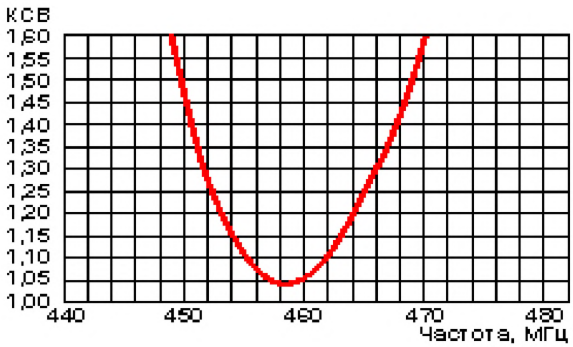
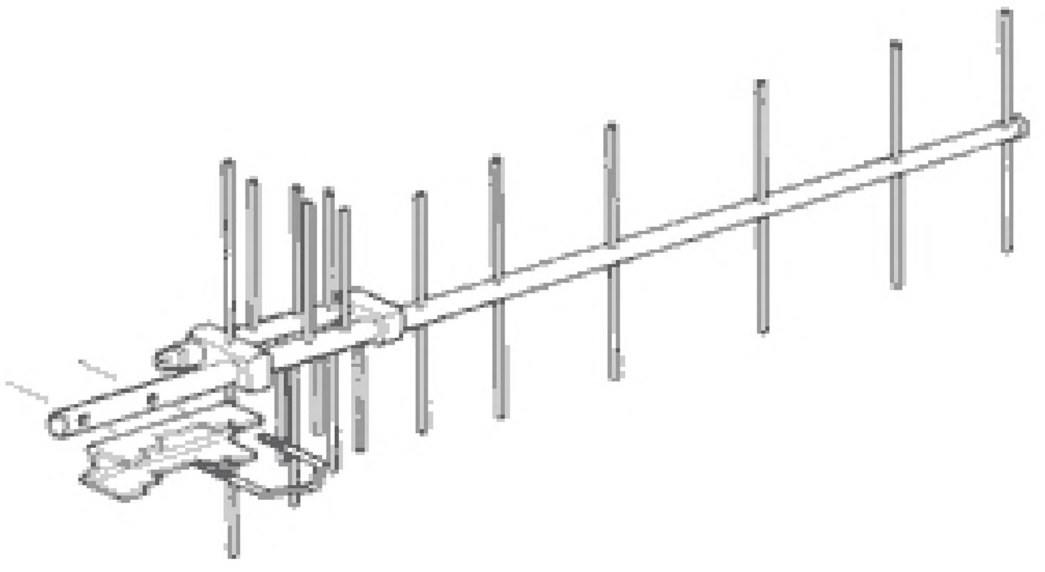


График КСВ антенны ANT 459Y

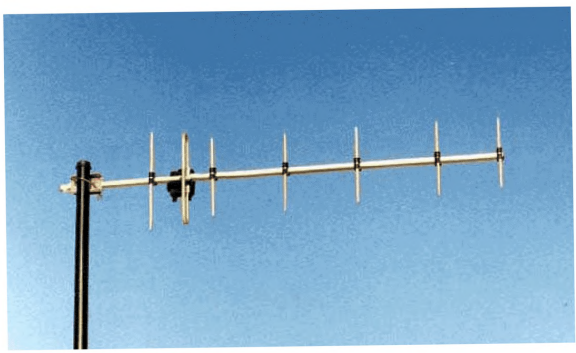
ANT 460LY

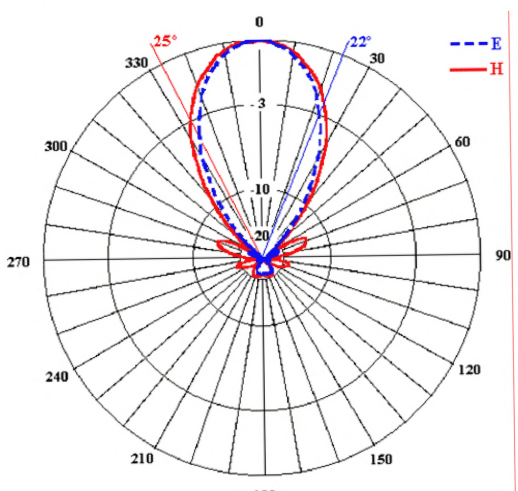




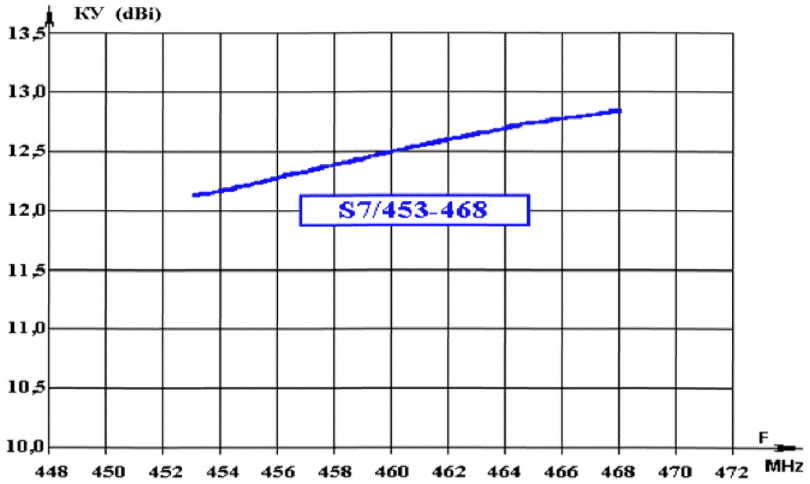
Конструкция антенны ANT 460LY

S7/453-468-03





Диаграммы направленности антенны S7/453-468 в E- и H-плоскостях



Частотная зависимость КУ антенны S7/453-468

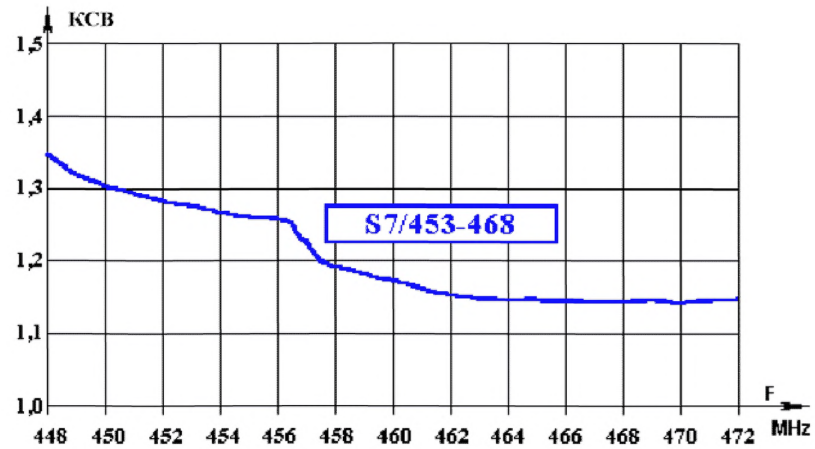
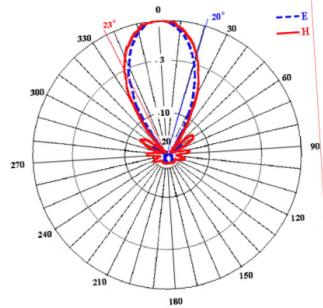


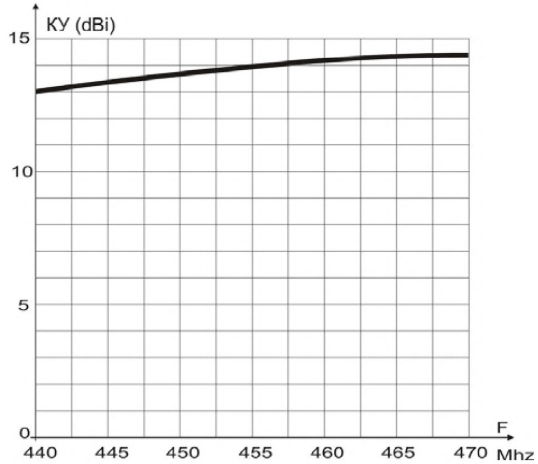
График КСВ антенны S7/453-468

SF10/440-470-03





Диаграммы направленности антенны SF10/440-470 в E- и H-плоскостях



Частотная зависимость КУ антенны SF10/440-470

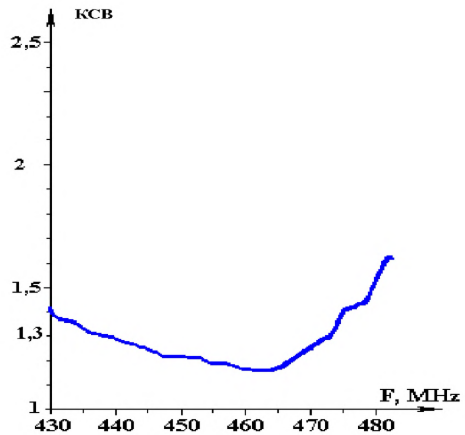


График КСВ антенны SF10/440-470

Приложение 5

Характеристики различных коаксиальных кабелей

RG-58 CU

Характеристики



Внутренний проводник:	
- материал	луженая медь
- диаметр (мм)	19x0,18
Диэлектрик:	
- материал	полиэтилен
- наружный диаметр (мм)	2,95
Экран:	
- покрытие	95% (оплетка)
- материал	луженая медь
Изоляция:	
- материал	ПВХ без примеси
- наружный диаметр (мм)	5,0
Волновое сопротивление (Ом)	50
Погонная емкость (пФ/м)	100
Коэффициент затухания, дБ/100м, не более:	
- 50 МГц	9,7
- 100 МГц	14
- 200 МГц	20,5
- 400 МГц	30
- 860 МГц	47
- 1000 МГц	51,6

RG-58 U

Характеристики



Внутренний проводник:	
- материал	медь
- диаметр (мм)	0,80
Диэлектрик:	
- материал	полиэтилен
- наружный диаметр (мм)	2,95
Экран:	
- покрытие	95% (оплетка)
- материал	луженая медь
Изоляция:	
- материал	ПВХ
- наружный диаметр (мм)	5,0
Волновое сопротивление (Ом)	53,5
Погонная емкость (пФ/м):	94
Коэффициент затухания, дБ/100м, не более	
- 50 МГц	9,4
- 100 МГц	13,7
- 200 МГц	19,7
- 400 МГц	29,2
- 860 МГц	45,3
- 1000 МГц	49,6

KX-15-DB



Характеристики

Внутренний проводник:	
- материал	луженая медь
- диаметр (мм)	19x0.18
Диэлектрик:	
- материал	полиэтилен
- наружный диаметр (мм)	2.95
Экран:	
I - покрытие	100% (оплетка)
- материал	алюминиево-полиэстерная фольга
II - покрытие	93% (оплетка)
- материал	луженая медь
Изоляция:	
- материал	ПВХ
- наружный диаметр (мм)	5.5
Волновое сопротивление (Ом)	50
Погонная емкость (пФ/м)	100
Коэффициент затухания, дБ/100м, не более	
- 50 МГц	9.6
- 200 МГц	18.3
- 470 МГц	29.5
- 860 МГц	42
- 1000 МГц	45.6

KX-15 GREY (RG 8X-95)

Характеристики



Внутренний проводник:	
- материал	луженая медь
- диаметр (мм)	19x0.18
Диэлектрик:	
- материал	вспененный поли-этилен
Экран:	
- покрытие	85% (оплетка)
- материал	медь
Изоляция:	
- материал	серый ПВХ без примесей
- наружный диаметр (мм)	5.9
Волновое сопротивление (Ом)	50
Погонная емкость (пФ/м)	95
Коэффициент затухания, дБ/100м, не более	
- 10 МГц	8
- 100 МГц	12
- 400 МГц	22
- 900 МГц	30

RF-58 LL

Характеристики



Внутренний проводник:	
- материал	медь
- диаметр (мм)	7x0,5
Диэлектрик:	
- материал	вспененный полиэтилен
- наружный диаметр (мм)	3,8
Экран:	
- покрытие	94% (оплетка)
- материал	медь
Изоляция:	
- материал	ПВХ
- наружный диаметр (мм)	5,4
Волновое сопротивление (Ом)	50
Коэффициент укорачивания (%)	80
Погонная емкость (пФ/м)	80
Коэффициент затухания, дБ/100м, не более	
- 50 МГц	7
- 100 МГц	10,2
- 200 МГц	14,7
- 400 МГц	21,3
- 860 МГц	32,4
- 1000 МГц	35,2

RF 240 LTA



Характеристики

Внутренний проводник:	
- материал	медь
- диаметр (мм)	1.40
Диэлектрик:	
- материал	вспененный полиэтилен
- наружный диаметр (мм)	3.8
Экран:	
I - покрытие	100% (фольга)
- материал	алюминиево-полиэстерная лента
II - покрытие	80% (оплетка)
- материал	луженая медь
Изоляция:	
- материал	ПВХ
- наружный диаметр (мм)	6.10
Волновое сопротивление (Ом)	50
Коэффициент укорачивания (%)	84
Погонная емкость (пФ/м)	80

Коэффициент затухания, дБ/100м, не более	
- 30 МГц	4.4
- 50 МГц	5.7
- 100 МГц	7.8
- 150 МГц	9.6
- 200 МГц	11.1
- 400 МГц	16.2
- 450 МГц	17.2
- 600 МГц	20
- 860 МГц	24.2
- 900 МГц	24.8
- 1000 МГц	26

RF 400 LTA



Характеристики

Внутренний проводник:	
- материал	медь
- диаметр (мм)	2.62
Диэлектрик:	
- материал	вспененный полиэтилен (физического вспенивания)
- наружный диаметр (мм)	7.2
Экран:	
I - покрытие	
- материал	100% (фольга) алюминиево-полиэстерная лента
II - покрытие	70% (оплетка)
- материал	луженая медь
III - покрытие	несмещающаяся пленка
Изоляция:	
- материал	полиэтилен низкого давления
- наружный диаметр (мм)	10.3
Волновое сопротивление (Ом)	50
Коэффициент укорачивания (%)	84
Погонная емкость (пФ/м)	80
Коэффициент затухания, дБ/100м, не более	
- 30 МГц	2.1
- 50 МГц	2.5
- 100 МГц	3.6
- 150 МГц	4.4
- 200 МГц	5.3
- 400 МГц	7.9
- 450 МГц	8.4
- 600 МГц	10
- 900 МГц	12.4
- 1000 МГц	13.2

RG-8 LRP

Характеристики



Внутренний проводник:	
- материал	медь
- диаметр (мм)	7x0,72
Диэлектрик:	
- материал	полиэтилен низкого давления
- наружный диаметр (мм)	7,25
Экран:	
I - покрытие	100% (фольга)
- материал	медь+полиэстерная пленка
II - покрытие	57% (оплетка)
- материал	медь
Изоляция:	
- материал	ПВХ
- наружный диаметр (мм)	10,4
Волновое сопротивление (Ом)	50
Коэффициент укорачивания (%)	66
Погонная емкость (пФ/м)	97
Коэффициент затухания, дБ/100м, не более	
- 50 МГц	3,8
- 100 МГц	5,7
- 200 МГц	8,4
- 400 МГц	12,8
- 860 МГц	19,7
- 1000 МГц	21,6

Приложение 6

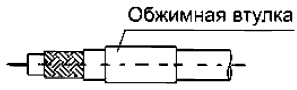
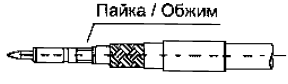
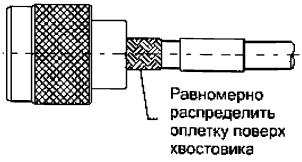
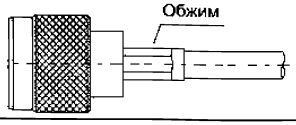
Параметры устройств грозозащиты

Тип УГЗ	**CA-23RP**	**CA-23RS**	**CA-23RW** водоне-прони-цаемые	**CA-35RPW** водоне-прони-цаемые	**CA-35RS**
Рабоч. диапа-зон частот, МГц	0-2500	0-2500	0-2500	0-1000	0-1000
Импеданс, Ом	50	50	50	50	50
КСВ, не выше	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Макс. мощн., Вт	400	200	200	200	400
Вносимые потери, дБ	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
Разъемы	N-гнездо и N-штеккер	2N-гнезда	2N-гнезда	SO-239 и PL-259	2SO-239
Габариты, мм	77x41x21	78x41x20	78x55x26	68x43x20	66x41x20
Вес, г	114	113	150	80	78
Тип плавкой вставки	T08-230A	T08-230A	T08-230A	T08-350A	T08-350A

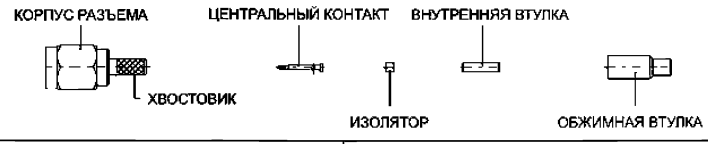
Приложение 7

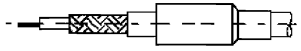
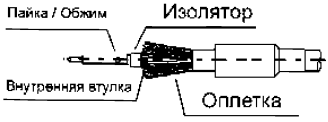
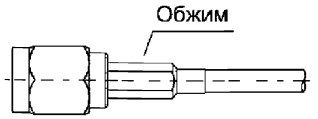
Инструкции по монтажу разъемов

Обжимные разъемы

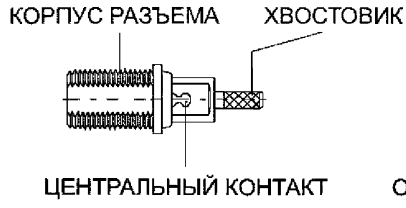
<table>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>
</td><td>Подготовка кабеля
Наденьте ОБЖИМНУЮ ВТУЛКУ на кабель.
Разделайте кабель до необходимых размеров.</td></tr>
<tr><td>
</td><td>Монтаж центрального контакта
Наденьте пин на жилу кабеля таким образом, чтобы он достиг соприкосновения с диэлектриком кабеля.
Обожмите или припаяйте ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОНТАКТ.</td></tr>
<tr><td>
</td><td>Монтаж кабеля на разъем
Вставьте кабель в РАЗЪЕМ. Равномерно распределите оплетку поверх ХВОСТОВОЙ части разъема. Дожмите кабель в разъем до того момента, когда ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОНТАКТ встанет на свое место в диэлектрике.</td></tr>
<tr><td>
</td><td>Окончательная сборка
Наденьте ОБЖИМНУЮ ВТУЛКУ на хвостовик с оплеткой и обожмите кримпующим инструментом.</td></tr>
</table>

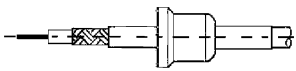
Обжимные разъемы



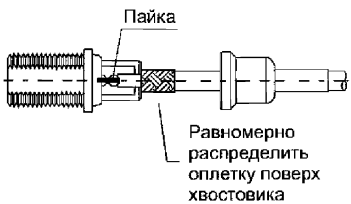
	**Подготовка кабеля** Наденьте ОБЖИМНУЮ ВТУЛКУ на кабель. Разделайте кабель до необходимых размеров.
	**Монтаж центрального контакта** Распушите немного конец оплетки для более удобного монтажа на ХВОСТОВИК разъема. Наденьте ВНУТРЕННЮЮ ВТУЛКУ и ИЗОЛЯТОР на диэлектрик кабеля. Обожмите или припаяйте ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОНТАКТ.
	**Монтаж кабеля на разъем** Вставьте кабель в РАЗЪЕМ. Равномерно распределите оплетку поверх ХВОСТОВОЙ части разъема. Дожмите кабель в разъем до того момента, когда ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОНТАКТ встанет на свое место в диэлектрике.
	**Окончательная сборка** (Наденьте ОБЖИМНУЮ ВТУЛКУ на хвостовик с оплеткой и обожмите кримпующим инструментом.

Обжимные разъемы

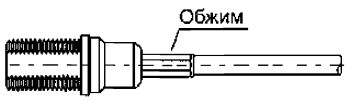




Подготовка кабеля
Наденьте ОБЖИМНУЮ ВТУЛКУ на кабель. Разделайте кабель до необходимых размеров.



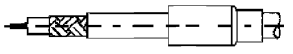
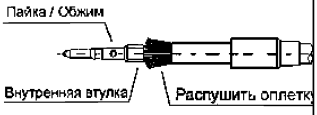
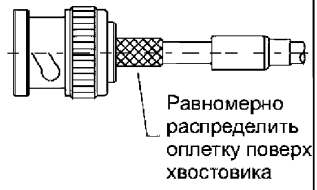
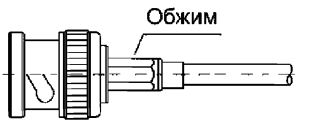
Монтаж центрального контакта
Вставьте кабель в КОРПУС РАЗЪЕМА. Кабельная жила должна оказаться в слоте для пайки. Равномерно распределите оплетку поверх ХВОСТОВОЙ части разъема. Припаяйте ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОНТАКТ.



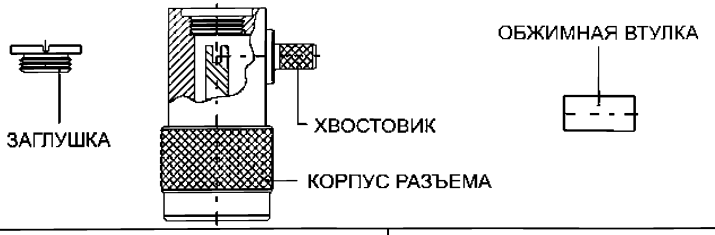
Окончательная сборка
Наденьте ОБЖИМНУЮ ВТУЛКУ на хвостовик с оплеткой и обожмите кримпующим инструментом.

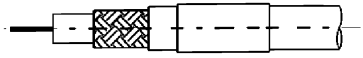
Обжимные разъемы



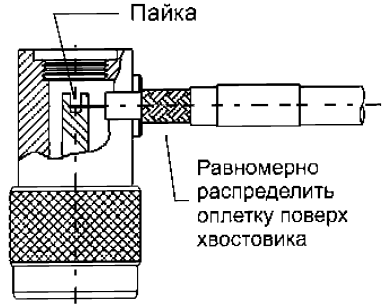
	**Подготовка кабеля** Наденьте ОБЖИМНУЮ ВТУЛКУ на кабель. Разделайте кабель до необходимых размеров.
	**Монтаж центрального контакта** Распушите немного конец оплетки для более удобного монтажа на ХВОСТОВИК разъема. Наденьте ВНУТРЕННЮЮ ВТУЛКУ и ИЗОЛЯТОР на диэлектрик кабеля. Обожмите или припаяйте ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОНТАКТ.
	**Монтаж кабеля на разъем** Вставьте кабель в РАЗЪЕМ. Равномерно распределите оплетку поверх ХВОСТОВОЙ части разъема. Дожмите кабель в разъем до того момента, когда ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОНТАКТ встанет на свое место в диэлектрике.
	**Окончательная сборка** Наденьте ОБЖИМНУЮ ВТУЛКУ на хвостовик с оплеткой и обожмите кримпующим инструментом.

Угловые обжимные разъемы

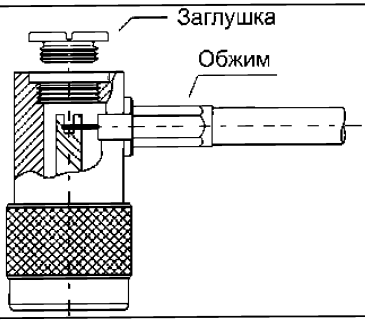




Подготовка кабеля
Наденьте ОБЖИМНУЮ ВТУЛКУ на кабель.
Разделайте кабель до необходимых размеров.

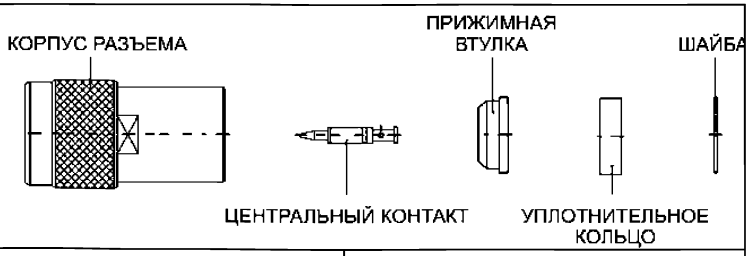


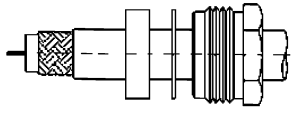
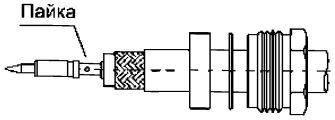
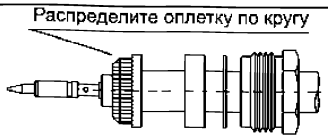
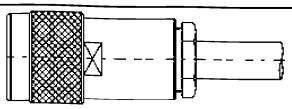
Монтаж центрального контакта
Вставьте кабель в КОРПУС РАЗЪЕМА. Кабельная жила должна оказаться в слоте для пайки. Равномерно распределите оплетку поверх ХВОСТОВОЙ части разъема.
Припаяйте жилу кабеля к центральному контакту.



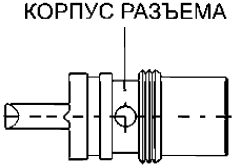
Окончательная сборка
Наденьте ОБЖИМНУЮ ВТУЛКУ на хвостовик с оплеткой и обожмите кримпующим инструментом.
Вставьте и закрутите ЗАГЛУШКУ.

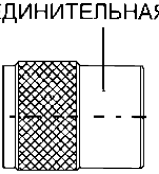
Прижимные разъемы

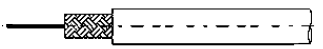


	**Подготовьте кабель** Наденьте гайку, шайбу и уплотнительное кольцо на кабель. Разделайте кабель до необходимых размеров.
	**Припаяйте центральный пин к жиле кабеля** Наденьте пин на жилу кабеля таким образом, чтобы он достиг соприкосновения с диэлектриком кабеля. Припаяйте центральный контакт.
	**Установите прижимную втулку** Наденьте прижимную втулку на кабель и распределите оплетку с наружной части втулку по кругу. Острыми ножницами обрежьте лишнюю оплетку.
	**Окончательная сборка** Получившуюся конструкцию вставьте в корпус разъема до упора. С помощью двух ключей, затяните гайку, одновременно придерживая вторым ключом корпус разъема.

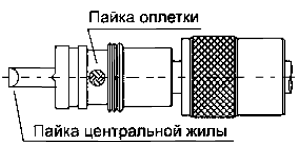
Накручивающиеся разъемы



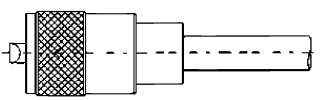




Подготовка кабеля
Наденьте СОЕДИНИТЕЛЬНУЮ ГАЙКУ на кабель.
Разделайте кабель до необходимых размеров.



Припаяйте центральный пин и жилу кабеля
Вставьте кабель в корпус разъема.
Припаяйте жилу кабеля к центральному пину.
Пропаяйте оплетку через отверстие в корпусе разъема.

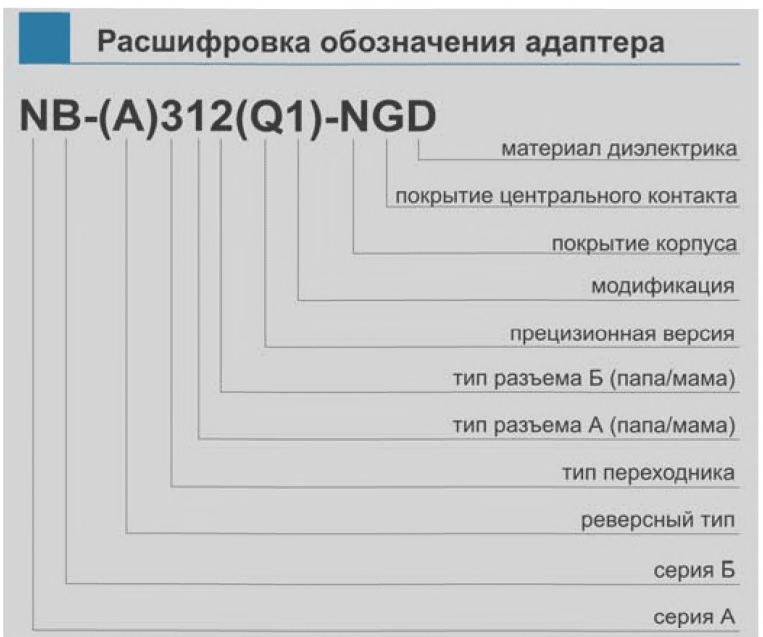


Окончательная сборка
Вверните и затяните соединительную гайку.

Приложение 8

Расшифровка обозначений разъемов и адаптеров





Серия разъема B: BNC серия F: F серия M: Mini UHF серия N: N серия N1: Nipple серия (FME) P: Phone серия R: RCA серия S: SMA серия S1: SMB серия S2: SMC серия S3: SMP серия T: TNC серия U: UHF серия 11: MCX серия 12: 1.6/5.6 серия 13: MMCX серия 14: SMZ серия (SMB 75 Ом) 15: 1.0/2.3 серия 17: MC-CARD серия 19: SSMA серия 20: SSMB серия 25: 7/16 серия	**Конструкция разъема** 0: Цанговый 1: Прямой 2: Угловой 3: Приборный под гайку 4: Приборный фланец 5: Приборный под гайку (угловой) 6: Приборный фланец (угловой)	**Кабельная группа** **B:** RG-8, RG-213, РК 50-7-11, РК 50-7-35, РК 50-7-311, RG-165, RG-393 **C:** (28mm pin) DX-1000, DX-10A, B9913 **F:** RG-58, RG-141, RG-303, B7806A, B8240, B8259, LMR-195, РК 50-2-215, РК 50-3-14, РК 50-3-15 **G:** RG-59, RG-59A/B, RG-62, RG-62A/B/C, RG-210 **L:** RG-174, RG-188, RG-316, B7805A, B8216, B84316, LMR-100A, РК 50-1.5-12 **M:** RG-178, RG-178A/B, RG-196, RG-196A **N:** RG-179, RG-187A **P:** RG-55A, RG-223 **X:** RG-8/X, B9258, B7808A, LMR-240 **5D:** РК 50-4.8-35, LMR-300 **8D:** 8D-FB **10D:** 10D-FB
Тип разъема 1: Вилка (папа) 2: Розетка (мама) 3: Переходник (прямой) 4: Переходник (угловой) 5: Тройник (T-type) 6: Терминатор 7: Грозоразрядник	**Монтаж оплетки** 1: Обжимной 2: Прижимной 3: Накручивающийся 4: Замковый 5: Пайка	
	Покрытие B: Черный хром C: Хром G: Золото N: Никель S: Серебро T: Олово W: Белая бронза Y: Желтый хром	
	Материал диэлектрика B: Бакелит D: Дельрин T: Тефлон	

Приложение 9

Рекомендуемые типы коаксиальных соединителей

Соединители серии BNC

	Разъемы блочные:	
1	BNC-гнездо, блочный с гайкой	B-235
2	BNC-гнездо, блочный с фланцем	31502 (UG290U)
3	BNC-штекер, блочный с гайкой	B-135

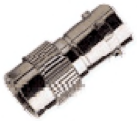

1


2


3

	Разъемы кабельные:	
1	BNC-гнездо обжимной для RG-58	B-211F
2	BNC-гнездо прижимной для RG-58	(UG89U) 31510
3	BNC-штеккер, обжимной для RG-58	B-111F, B-111F/3pcs
4	BNC-штеккер, прижимной для RG-58	B-112F
5	BNC-штеккер, прижимной для RG-213	B-112B
6	BNC-штеккер, прижимной для RG-8X	B-112X
7	BNC-штеккер, прижимной для RH-100	B-112 B-2,8
8	BNC-штеккер, с накруткой для RG-58	B-113F, B-1130


1


2


3


4


5


6


7


8

	Адаптеры:	
1	BNC-штеккер/UHF-гнездо (SO239)	BU-312
2	BNC-штеккер/Mini-UHF-гнездо	BM-312
3	BNC-штеккер/TNC-гнездо	BT-312



1



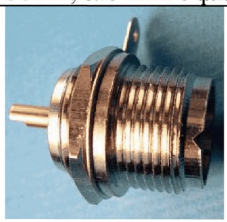
2



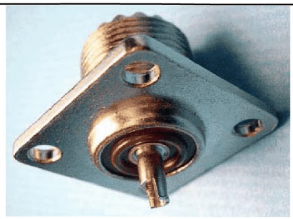
3

Соединители серии UHF

	Разъемы блочные:	
1	SO239, блочный с гайкой	U-235,U-235T
2	SO239, блочный с фланцем	U-245



1



2

	Разъемы кабельные:	
1	SO239, обжимной для RG-58	U-211F
2	SO239, обжимной для RG-213	U-211B
3	SO239, прижимной для RG-213	U-212B
4	PL259, обжимной для RG-58	U-111F
5	PL259, обжимной для RG-213	U-111B
6	PL259, с накруткой для RG-58	U-S113-F
7	PL259, с накруткой для RG-213	U-113B
8	PL259, с накруткой для RG-8X	U-113X
9	PL259, прижимной для RG-213	U-112B


1

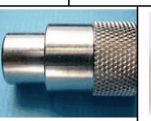

2


3


4


5


6


7


8


9

	Адаптеры:	
1	PL259/BNC-гнездо	UB-312
2	PL259/Mini-UHF-гнездо	UM-312
3	PL259/N-гнездо	UN-312
4	PL259/TNC-гнездо	UT-312


1


2


3


4

Соединители серии Mini-UHF

	Разъемы кабельные:	
1	Mini UHF-гнездо, обжимной для RG-58	M-211 F
2	Mini UHF-штеккер, обжимной для RF-58LL	M-111LL
3	Mini UHF-штеккер, обжимной для RG-58	M-111F
4	Mini UHF-штеккер, обжимной для RF-213	M-111B
5	Mini UHF-штеккер, обжимной для RG-8X	M-111X


1


2


3

 4	 5

Адаптеры:		
1	Mini UHF-штеккер / BNC-гнездо	MB-312
2	Mini UHF-штеккер / SO239	MU-312
3	Mini UHF-штеккер / N-гнездо	MN-312

 1	 2	 3

Соединители серии N

Разъемы блочные:		
1	N-гнездо, блочный с гайкой	N-235
2	N-гнездо, блочный с фланцем	N245B, N-245T

 1	 2

Разъемы блочно-кабельные:		
1	N-гнездо, блочный с гайкой, обжимной для RG-174	N-231LT
2	N-гнездо, блочный с гайкой, обжимной для RG-58	N-231F
3	N-гнездо, блочный с гайкой, прижимной для RG-213	N-232 B, N-232BT
4	N-гнездо, блочный с фланцем, обжимной для RG-213	N-241B
5	N-гнездо, блочный с фланцем, прижимной для RG-213	N-242B



1



2



3



4



5

Разъемы кабельные:		
1	N-гнездо, обжимной для RG-58	N-211F
2	N-гнездо, прижимной для RG-58	N-212F
3	N-гнездо, обжимной для RG-213	N-211B
4	N-гнездо, прижимной для RG-213	N-212B-2.4, N-212B-2.8
5	N-гнездо, прижимной для RG-8X	N-212X
6	N-штеккер, обжимной для RG-58	N-111F, N-111FT
7	N-штеккер, прижимной для RG-58	N-112F, N-112FT
8	N-штеккер, обжимной для RG-213	N-111B, N-111BT
9	N-штеккер, прижимной для RG-213	N-112B, N-112BT-2,4
10	N-штеккер, прижимной для RG-8X	N-112X
11	N-штеккер, прижимной для RH-100	N-112B-2,8



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11

Адаптеры:		
1	N-штеккер / BNC-гнездо	NB-312
2	N-штеккер / SO239	NU-312
3	N-штеккер / TNC-гнездо	NT-312



1



2



3

Соединители серии TNC

Разъемы блочные:		
1	TNC-гнездо, блочный с гайкой	T-235, T-235 TGT
2	TNC-гнездо, блочный с фланцем	T-245



1



2

Разъемы блочно-кабельные:		
1	TNC-гнездо, блочный с гайкой, обжимной для RG-174	T-231LT
2	TNC-гнездо, блочный с гайкой, обжимной для RG-58	T-231F, T-231FT
3	TNC-гнездо, блочный с гайкой, прижимной для RG-213	T-232B, T232BT



1



2



3

	Разъемы кабельные:	
1	TNC-гнездо, обжимной для RG-58	T-211F
2	TNC-гнездо, прижимной для RG-58	T-212F
3	TNC-гнездо, с накруткой для RG-58	T-213F
4	TNC-гнездо, прижимной для RG-213	T-212B
5	TNC-гнездо, с пайкой для RG-213	T-213B
6	TNC-гнездо, прижимной для RG-8X	T-212X
7	TNC-штеккер, обжимной для RG-58	T-111F, T-111FT
8	TNC-штеккер, прижимной для RG-58	T-112F
9	TNC-штеккер, с накруткой для RG-58	T-113F
10	TNC-штеккер, обжимной для RG-213	T-111B, T-111BT
11	TNC-штеккер, прижимной для RG-213	T-112B-2.4
12	TNC-штеккер, с пайкой для RG-213	T-113B
13	TNC-штеккер, прижимной для RG-8X	T-112X
14	TNC-штеккер, прижимной для RH-100	T-112B-2.8


1


2


3


4


5


6


7


8


9


10


11


12


13


14

Адаптеры:		
1	TNC-штеккер/BNC-гнездо	ТВ-312
2	TNC-штеккер/SO239	TU-312
3	TNC-штеккер/PL259	TU-311
4	TNC-штеккер/N-гнездо	TN-312


1

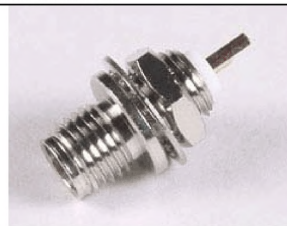

2


3

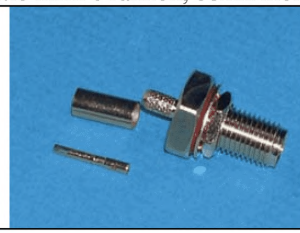

4

Соединители серии SMA

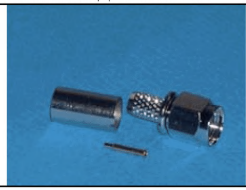
Разъемы блочные:	
SMA-гнездо, блочный с пайкой	S-235, S-235T



Разъемы блочно-кабельные:		
1	SMA-гнездо, блочный с гайкой, обжимной для RG-174	S-231L
2	SMA-гнездо, блочный с гайкой, обжимной для RG-58	S-231F



Разъемы кабельные:		
1	SMA-гнездо, обжимной для RG-174	S-211L
2	SMA-гнездо, обжимной для RG-58	S-211F
3	SMA-штеккер, обжимной для RG-174	S-111L
4	SMA-штеккер, обжимной для RG-58	S-111F, S-111FT
5	SMA-штеккер, прижимной для RG-8X	S-112XT



Соединители серии FME

Разъемы кабельные:		
1	FME-гнездо, обжимной для RG-174	N1-211L
2	FME-гнездо, обжимной для RG-58	N1-211F
3	FME-гнездо, обжимной для RF-58LL	N1-211LL
4	FME-гнездо, обжимной для RG-8X	N1-211X
5	FME-штеккер, обжимной для RG-58	N1-111F
6	FME-штеккер, обжимной для RF-58LL	N1-111LL
7	FME-штеккер, обжимной для RG-8X	N1-111X



1



2



3



4



5



6



7

Разъемы блочно-кабельные:
FME-штеккер, блочный с гайкой, обжимной для RG-174 N1-131L



Адаптеры:		
1	FME-штеккер/BNC-штеккер	N1B-311
2	FME-штеккер/PL259	31531
3	FME-штеккер/MiniUHF-штеккер	31536
4	FME-штеккер/N-гнездо	N1N-312
5	FME-штеккер/N-штеккер	N1N-311
6	FME-штеккер/TNC-гнездо	N1T-312
7	FME-штеккер/TNC-штеккер	N1T-311
8	FME-штеккер/SMA-гнездо	N1S-312
9	FME-штеккер/SMA-штеккер	N1S-311



1



2



3



4



5



6



7



8

gost.e-ecolog.ru