

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТЕННЫ

Антенну можно определить как проводник, используемый для излучения или улавливания электромагнитной энергии из пространства. Для передачи сигнала радиочастотные электрические импульсы передатчика с помощью антенны преобразуются в электромагнитную энергию, которая излучается в окружающее пространство. При получении сигнала энергия электромагнитных волн, поступающих на антенну, преобразуется в радиочастотные электрические импульсы, после чего подаётся на приёмник.

Как правило, при двусторонней связи одна и та же антенна используется как для приёма, так и для передачи сигнала. Такой подход возможен, потому что любая антенна с равной эффективностью поставляет энергию из окружающей среды к принимающим терминалам и от передающих терминалов в окружающую среду.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ АНТЕНН РАДИОСВЯЗИ

В настоящее время в России, как и во всем мире, наблюдается бурное развитие систем радиосвязи. Это в первую очередь сотовая связь стандартов GSM, DAMPS, CDMA, транкинговая связь, беспроводной абонентский доступ (WLL) на основе систем DECT, TANGARA, системы беспроводной передачи данных (WLN). Пока ещё сохраняет свои позиции и радиосвязь на основе домашних радиотелефонов. В Таблице 1 приведены диапазоны рабочих частот, основных используемых в России систем связи.

Таблица 1

| Наименование системы связи | Стандарт | Диапазон частот | |
|--|--|-----------------------------|------------------------------|
| | | Прямой канал (от базы), МГц | Обратный канал (к базе), МГц |
| Профессиональная радиосвязь | Транкинговые системы (SmarTrunk 11, MPT-1327, SMRLink) | 138-174 | |
| | | 815-821 | |
| | | 860-865 | |
| Радиотелефонные системы большой дальности (Senaо, Sanyо, Лес, Алтай) | | 250-385 | |
| Домашние радиотелефоны | СТ-1 | 904-905 | 814-815 |
| Сотовая связь | NMT-450 | 453-457,5 | 463-467,5 |
| | CDMA | 828-831 | 873-876 |
| | DAMPS | 869-894 | 824-849 |
| | GSM-900 | 935-960 | 890-915 |
| | GSM-1800 | 1805-1880 | 1710-1785 |
| Беспроводной абонентский доступ | СТ-2 (Tangara) | 864-868,2 | |
| | DECT | 1880-1900 | |
| Беспроводная передача данных | IEEE 802.11 | 2400-2483,5 | |
| | | 5150-5250 | |
| | | 5250-5350 | |
| | | 5725-5850 | |

Для функционирования всех без исключения систем радиосвязи необходимы те или иные антенно-фидерные устройства, от самых простых штыревых и низкопрофильных антенн, устанавливаемых в радиотелефонных трубках, до сложных антенных систем базовых станций и ретрансляторов. В отличие

от приёмных либо передающих радиовещательных и телевизионных антенных устройств, антенны для систем связи являются приёмопередающими.

Общая упрощённая классификация антенн для систем связи представлена на Рис.1.

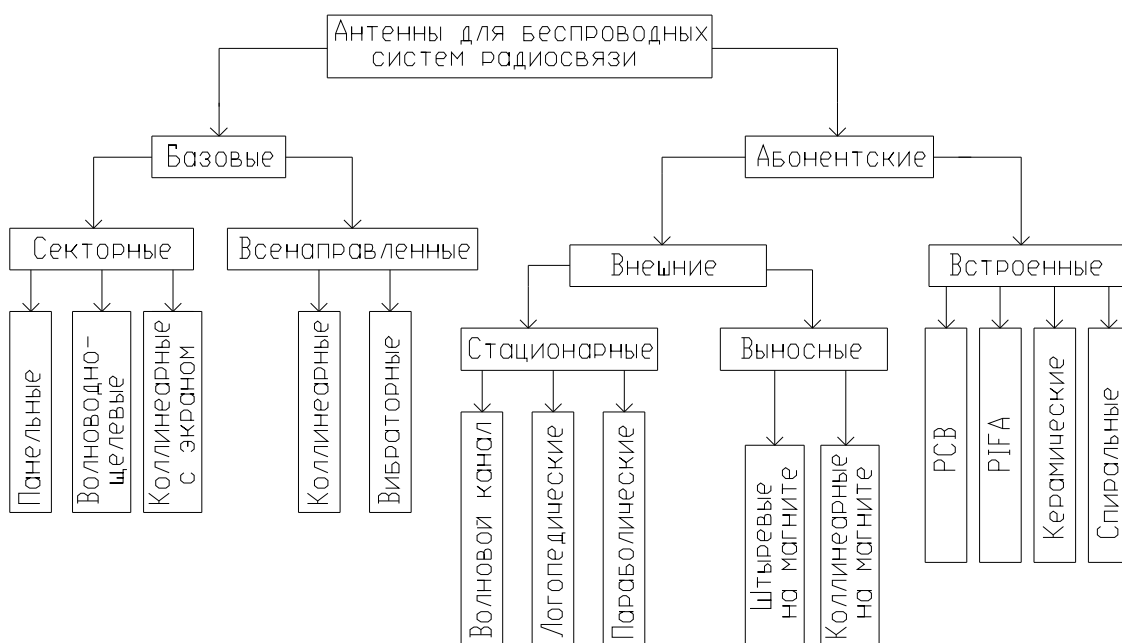


Рис.1

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНТЕНН

Антенной может быть все, что получает радиочастотный сигнал, генерируемый передатчиком и излучаемый им в радиозфир, или то, что принимает (захватывает) электромагнитные волны для приёмника. Обычно приёмные и передающие свойства эквивалентны; это означает, что такие параметры антенны, как коэффициент усиления, диаграмма направленности излучения, поляризация или частота, одинаковы.

При рассмотрении параметров антенн, как правило, не делается различия между передающими и приёмными антеннами. Однако более наглядно изучать параметры на примере антенн, работающих в передающем режиме.

3.1. Поляризационные параметры антенн

Антенны характеризуются ближней и дальней зонами излучения. Все параметры антенн относятся к дальней зоне излучения, где излучаемая антенной волна считается плоской волной с поперечными ортогональными составляющими электрического поля \vec{E} и магнитного поля \vec{H} .

Под поляризацией волны понимается ориентация в пространстве вектора электрического поля \vec{E} . В общем случае, если вектор \vec{E} (и, соответственно, вектор \vec{H}) при распространении волны остаётся параллельным самому себе, то поляризация поля линейна. В частном случае если вектор \vec{E} расположен горизонтально (параллельно земле см. Рис.2б), а вектор \vec{H} вертикально (перпендикулярно земле), то волна является горизонтально поляризованной. В случае, если вектор \vec{E} расположен вертикально (перпендикулярно земле см. Рис.2а), а вектор \vec{H} горизонтально, то волна является вертикально поляризованной.

Если вектора \vec{E} и \vec{H} при распространении волны движутся по окружности (см. Рис.2в), то поляризация волны круговая. Различают правое и левое направление вращения. При правом направлении, вращение, например, вектора \vec{E} для наблюдателя, смотрящего вслед волне, происходит по часовой стрелке, при левом направлении – против часовой стрелки. Полный оборот вектор \vec{E} осуществляет при распространении на расстояние равное длине волны в свободном пространстве.

Направление распространения электромагнитной волны

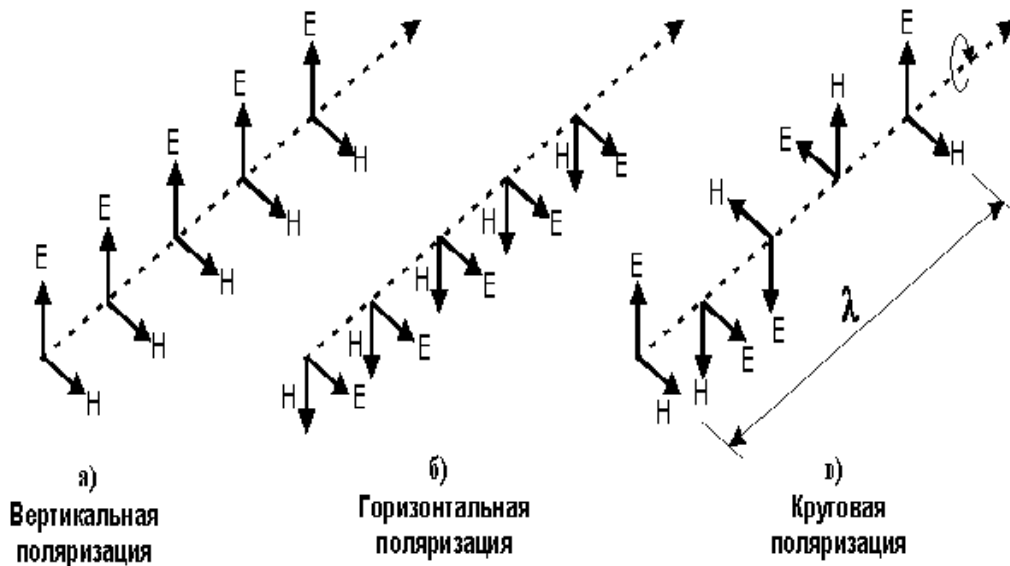


Рис.2

Вид поляризации электромагнитной волны, принимаемой или излучаемой антенной, определяется расположением и формой проводников антенны. Так, например, антенна в виде вертикально расположенных линейных проводников (см. Рис.3а) излучает (принимает) вертикально поляризованные волны. Соответственно антенна с горизонтально расположенными проводниками (см. Рис.3б) – горизонтально поляризованные волны.

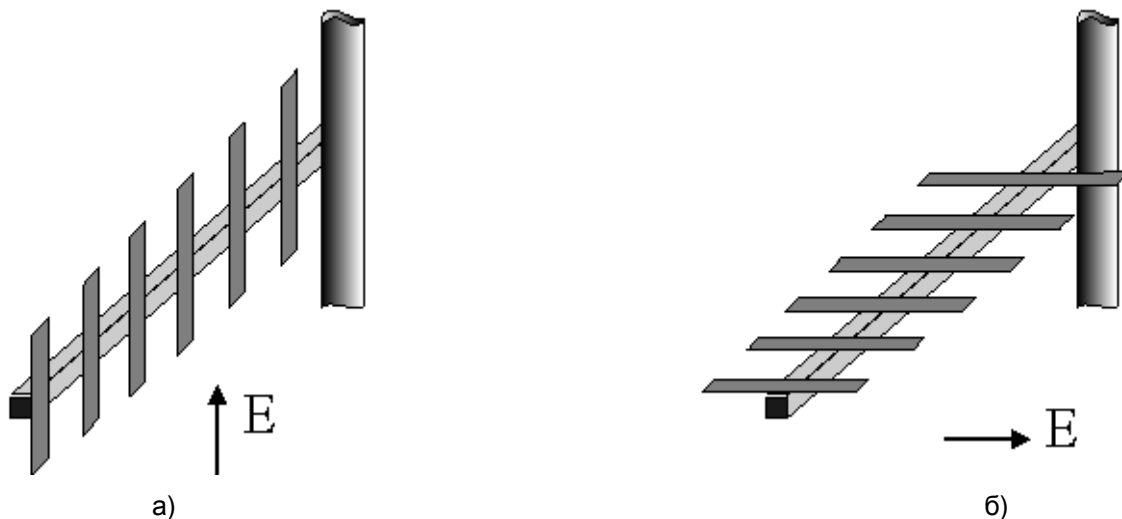


Рис.3

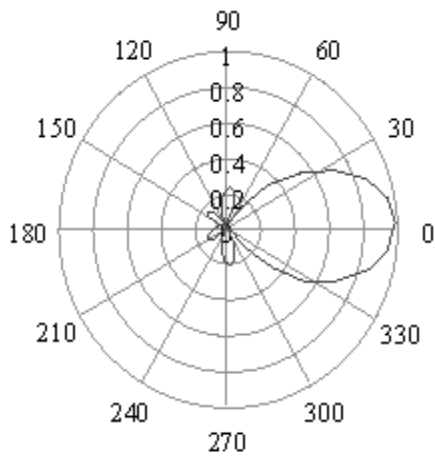
Использование антенн с различной поляризацией позволяет уменьшить взаимное влияние радиотехнических систем с близкими рабочими частотами на 10...20 дБ, что в ряде случаев может явиться единственным решением проблемы электромагнитной совместимости. На антеннах с поляризацией, на задней стороне есть указатель в виде стрелки, который и определяет необходимую поляризацию.

3.2. Диаграмма направленности

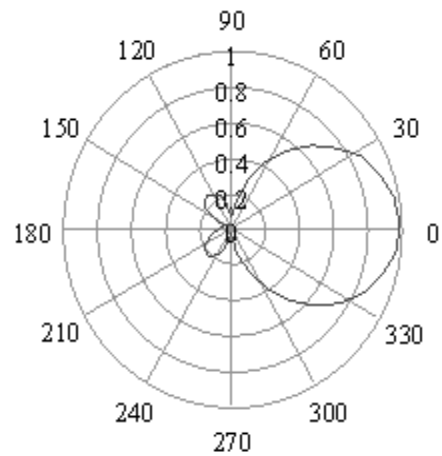
Антенны излучают энергию во всех направлениях. Однако, в большинстве случаев, эффективность передачи сигнала в различных направлениях неодинакова.

Одной из основных характеристик антенн является *диаграмма направленности* (ДН), характеризующая зависимость амплитуды излучаемого поля от угловых координат при неизменном расстоянии от антенны до точки наблюдения. Диаграммы направленности антенн представляются как двухмерное поперечное сечение трехмерной диаграммы.

Обычно ограничиваются построением ДН в двух взаимно перпендикулярных E и H плоскостях. Пример ДН показан на Рис.4 а, б. По радиусу отложено значение амплитуды излучаемого поля, нормированное к значению амплитуды в главном максимуме.



а) Е-плоскость



б) Н-плоскость

Рис.4

ДН характеризуется следующими параметрами:

- ширина главного лепестка в Е и Н плоскостях по уровню 3 дБ (в градусах);
- максимальный уровень боковых лепестков $A_{\text{бок}}$ (дБ);
- максимальный уровень заднего излучения $A_{\text{зд}}$ (дБ).

Наличие задних и боковых лепестков свидетельствует о том, что антенна излучает радиоволны не только в области главного лепестка, но и в иных направлениях, что может создавать помехи другим радиотехническим системам и снижает помехоустойчивость, если антенна работает на приём. Поэтому при проектировании антенн стремятся к уменьшению уровней бокового и заднего излучения.

Размер диаграммы направленности может быть произвольным. Важно лишь, чтобы в каждом направлении были соблюдены пропорции.

3.3. Коэффициент усиления

Антенна, являясь пассивным устройством, излучает в пространство несколько меньшую мощность $P_{\text{изл}}$, чем та, что поступает на вход антенны $P_{\text{вх}}$. Это связано с омическими потерями в элементах конструкции антенны. Существуют понятия, коэффициент полезного действия антенны η равный

$$\eta = P_{\text{изл}} / P_{\text{вх}}$$

и коэффициент направленного действия G , характеризующий способность антенны концентрировать излучённую мощность в определённом направлении. Коэффициент направленного действия G - есть отношение среднего (во времени) значения плотности потока мощности, излучаемого антенной в данном направлении (характеризуемом углами j_0, q_0 сферической системы координат), к плотности потока мощности изотропной антенны. При этом считается, что излучаемые мощности равны и точка наблюдения находится на одинаковом расстоянии от антенн.

Изотропная антенна - воображаемая антенна, у которой полностью отсутствуют направленные свойства, то есть пространственная диаграмма имеет вид сферы.

Из определения следует, что коэффициент направленного действия является функцией углов j_0, q_0 и обозначается $D(j, q)$, и не учитывает потерь мощности в антенне, поэтому вводится параметр G_A , учитывающий эти потери и называемый коэффициентом усиления антенны -

$$G_A = D(j, q) \cdot h$$

Коэффициент усиления есть отношение среднего (во времени) значения плотности потока мощности, излучаемого антенной в данном направлении (характеризуемом углами j_0, q_0 сферической системы координат) к плотности потока мощности изотропной антенны. При этом считается, что подводимые к

входам антенн мощности равны и точка наблюдения находится на одинаковом расстоянии от антенн. При этом предполагается, что G_A изотропной антенны равен 1 (единице).

Для практического использования коэффициент усиления обычно представляют графически в полярных координатах от углов j, q для E и H плоскостей. По радиусу диаграммы откладывают абсолютную величину коэффициента усиления в дБ, как показано на Рис.5а, б. В этом случае диаграмма несёт значительно бóльшую информацию, чем диаграмма Рис.3а, б. Окружность со значением 0 дБ представляет диаграмму направленности изотропного излучателя.

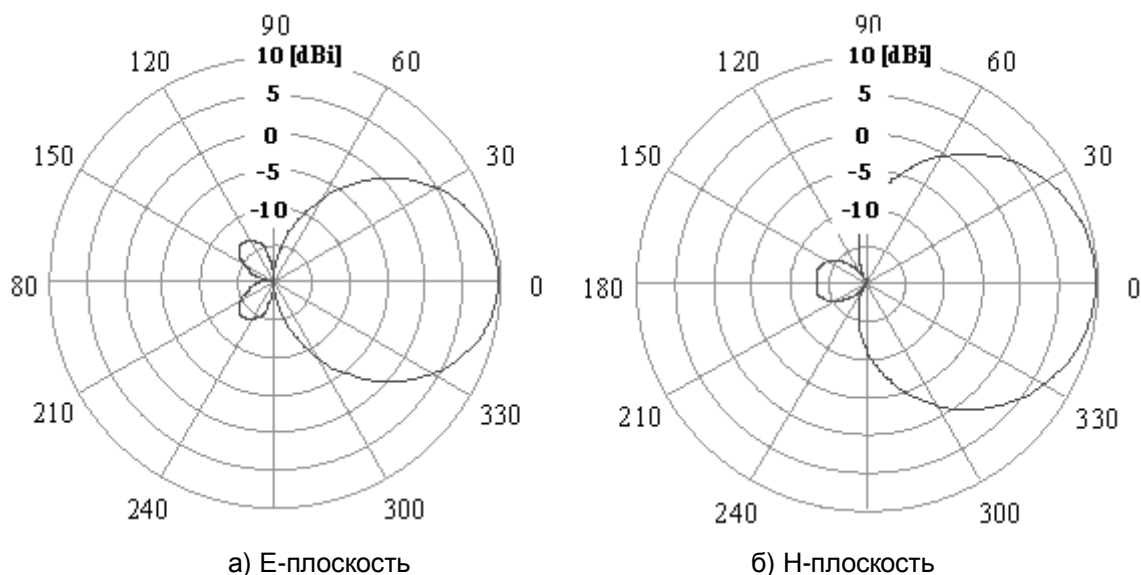


Рис.5

С помощью диаграммы Рис.5 просто определить усиление антенны в зависимости от направления излучения.

Коэффициент усиления - G_A антенны показывает, во сколько раз количественно мощность сигнала, принятого данной антенной, больше мощности сигнала, принятого простейшей антенной – полуволновым вибратором (*изотропным* излучателем), помещённым в ту же точку пространства. Коэффициент усиления является мерой направленности антенны.

Коэффициент усиления выражается в децибелах (dB или дБ). Единицы измерения для указания G_A - это dBi, то есть в децибелах по отношению к изотропной антенне, или dBd, то есть G_{Ad} в децибелах по отношению к антенне, называемой *полуволновая (симметричная) антенна* (или вибратор, иногда - диполь). Следует помнить, что при преобразовании одного значения в другое нужно добавить константу 2,2 к значению коэффициента усиления, выраженного в dBd, чтобы получить значение коэффициента усиления, выраженное в dBi. Важно знать это преобразование, поскольку, хотя многие поставщики указывают коэффициент усиления в dBi, некоторые все же указывают его в dBd.

Желательно иметь антенну с большим усилением, однако увеличение усиления требует, как правило, усложнения её конструкции и габаритов. Не бывает простых малогабаритных антенн с большим G_A .

3.4. Единица измерения - децибел

Единица измерения интенсивности сигнала децибел была названа так в честь Александра Грэма Бэлла. Значения в децибелах вычисляются по логарифмической шкале, что позволяет обеспечить спецификацию характеристик в широком диапазоне напряжений или мощностей -

$$Б = \text{Бел} = \log_{10} P_1/P_2 = 2 \cdot \log_{10} U_1/U_2$$

$$дБ = \text{децибел} = 10 \cdot \log_{10} P_1/P_2 = 20 \cdot \log_{10} U_1/U_2$$

где,

P_1 - измеренная мощность (Вт);

P_2 - эталонная мощность (Вт);

U_1 - измеренное напряжение (В);

U_2 - эталонное напряжение (В).

Пример А:

Если на входе линии передачи уровень мощности сигнала составляет 100 мВт, а на некотором расстоянии 50 мВт, то ослабление O сигнала можно выразить следующим образом:

$$O_{\text{дБ}} = \log_{10} 50/100 = 3 \text{ дБ.}$$

В децибелах выражается относительное, а не абсолютное отличие сигналов. Ослабление сигнала с 10 Вт на 5 Вт также является ослаблением на 3 дБ или в 2 раза.

В децибелах выражаются выигрыши и потери мощности сигнала на путях распространения радиоволн и в электрических цепях. Отношение двух мощностей задается следующим образом:

$$G [\text{дБ}] = 10 \cdot P_1/P_2$$

где, G - усиление или ослабление сигнала, P_1 и P_2 - мощность сигнала. Так как мощность в цепи определяется величиной напряжения или тока, возведенной в квадрат, логарифм отношения этих величин должен быть умножен на 20 (а не на 10):

$$G [\text{дБ}] = 20 \cdot U_1/U_2 \text{ или } G [\text{дБ}] = 20 \cdot I_1/I_2$$

Чтобы избежать недоразумений, необходимо понимать, что независимо от того, имеем ли мы дело с напряжением, током или мощностью, отношение 6 дБ всегда есть 6 дБ для любого из этих параметров. Однако, если это мощность, то отношение 6 дБ означает уменьшение или увеличение почти в 4 раза, если напряжение или ток - почти в 2 раза.

Пользуясь следующей Таблицей 2, можно с некоторым приближением переводить значения уровней децибел в числовые значения и наоборот. Например, для мощности 22 дБ = 20 дБ + 2 дБ = 100 * 1,585 = 158,5 раз.

Таблица 2

| дБ | Отношение тока или напряжения | Отношение мощности | дБ | Отношение тока или напряжения | Отношение мощности |
|------|-------------------------------|--------------------|-----|-------------------------------|--------------------|
| 0 | 1,000 | 1,000 | 0 | 1,000 | 1,000 |
| -0,1 | 0,989 | 0,977 | 0,1 | 1,012 | 1,023 |
| -0,2 | 0,977 | 0,955 | 0,2 | 1,023 | 1,047 |
| -0,3 | 0,966 | 0,933 | 0,3 | 1,035 | 1,072 |
| -0,4 | 0,955 | 0,912 | 0,4 | 1,047 | 1,096 |
| -0,5 | 0,944 | 0,891 | 0,5 | 1,059 | 1,122 |
| -0,6 | 0,933 | 0,871 | 0,6 | 1,072 | 1,148 |
| -0,8 | 0,912 | 0,832 | 0,8 | 1,096 | 1,202 |
| -1,0 | 0,891 | 0,794 | 1,0 | 1,122 | 1,259 |
| -1,5 | 0,841 | 0,708 | 1,5 | 1,189 | 1,413 |
| -2,0 | 0,794 | 0,631 | 2,0 | 1,259 | 1,585 |
| -2,5 | 0,750 | 0,562 | 2,5 | 1,334 | 1,778 |
| -3,0 | 0,708 | 0,501 | 3,0 | 1,413 | 1,995 |
| -3,5 | 0,668 | 0,447 | 3,5 | 1,496 | 2,239 |
| -4,0 | 0,631 | 0,398 | 4,0 | 1,585 | 2,512 |
| -4,5 | 0,596 | 0,355 | 4,5 | 1,679 | 2,818 |
| -5,0 | 0,562 | 0,316 | 5,0 | 1,778 | 3,162 |
| -6,0 | 0,501 | 0,251 | 6,0 | 1,995 | 3,981 |
| -7,0 | 0,447 | 0,200 | 7,0 | 2,239 | 5,012 |
| -8,0 | 0,398 | 0,159 | 8,0 | 2,512 | 6,310 |
| -9,0 | 0,355 | 0,126 | 9,0 | 2,818 | 7,943 |
| -10 | 0,316 | 0,100 | 10 | 3,162 | 10,000 |
| -11 | 0,282 | 0,0794 | 11 | 3,55 | 12,6 |
| -12 | 0,251 | 0,0631 | 12 | 3,98 | 15,9 |
| -13 | 0,224 | 0,0501 | 13 | 4,47 | 20,0 |
| -14 | 0,200 | 0,0398 | 14 | 5,01 | 25,1 |
| -15 | 0,178 | 0,0316 | 15 | 5,62 | 31,6 |
| -16 | 0,159 | 0,0251 | 16 | 6,31 | 39,8 |
| -18 | 0,126 | 0,0159 | 18 | 7,94 | 63,1 |
| -20 | 0,100 | 0,0100 | 20 | 10,0 | 100,0 |
| -30 | 0,0316 | 0,001 | 30 | 31,6 | 1000,0 |
| -40 | 0,01 | 0,0001 | 40 | 100,0 | 10 ⁴ |
| -50 | 0,00316 | 0,00001 | 50 | 316,0 | 10 ⁵ |
| -60 | 0,001 | 0,000001 | 60 | 10 ³ | 10 ⁶ |
| -70 | 0,000316 | 0,0000001 | 70 | 3160,0 | 10 ⁷ |
| -80 | 0,0001 | 0,00000001 | 80 | 10 ⁴ | 10 ⁸ |
| -90 | 0,0000316 | 0,000000001 | 90 | 3,16*10 ⁴ | 10 ⁹ |
| -100 | 0,00001 | 0,0000000001 | 100 | 10 ⁵ | 10 ¹⁰ |

Пример Б:

Использование децибелов полезно при определении усиления или снижения мощности, происходящего на последовательности передающих элементов.

Рассмотрим, например, последовательность элементов, на вход которой подаётся мощность 4 мВт, первый элемент является кабельной сборкой с затуханием $Y_1 = 12$ дБ, второй элемент - это усилитель с усилением $G_y = 35$ дБ, а третий - ещё одна кабельная сборка с затуханием $Y_2 = 10$ дБ.

Суммарное усиление тракта равно $Y_{\Sigma} = Y_1 + G_y + Y_2 = -12 + 35 - 10 = 13$ дБ

Вычисляем мощность на выходе:

$$O_{дБ} = 13 = 10 \cdot \lg 13$$
$$P_{\text{ВЫХ}} = 4 \cdot 10^{1,3} = 79,8 \text{ мВт}$$

Значения в децибелах связаны с относительными амплитудами или изменениями амплитуд, но никак не с абсолютными уровнями. Было бы удобно представить абсолютный уровень мощности также в децибелах, чтобы можно было легко вычислять усиление или снижение мощности по отношению к исходному сигналу. Поэтому в качестве эталонного уровня выбрана величина 1 Вт, а абсолютный уровень мощности в дБВт или dBW (децибелватт). Он определяется следующим образом:

$$[\text{Мощность, дБВт}] = 10 \cdot \lg [\text{мощность, Вт}]$$

Широко используется и другая производная единица - дБмВт (dBm) (децибел-милливатт). В этом случае за эталонный уровень мощности принимается 1 мВт.

$$[\text{Мощность, дБмВт}] = 10 \cdot \lg [\text{мощность, мВт}]$$

Увеличение мощности сигнала в одном направлении возможно лишь за счёт остальных направлений распространения. Другими словами, увеличение мощности сигнала в одном направлении влечёт за собой уменьшение мощности в других направлениях. Необходимо отметить, что коэффициент усиления характеризует направленность сигнала, а не увеличение выходной мощности по отношению ко входной (как может показаться из названия), поэтому данный параметр часто ещё называют коэффициентом направленного действия.

3.5. Импеданс

Антенны - имеют характеристику, получившую название импеданс, что означает отношение напряжения и тока на электрических выводах антенны. Если антенна соединяется с передатчиком посредством кабеля и её импеданс согласован с импедансами передатчика и линии передачи, то в антенну передаётся максимальная мощность. Однако, если импедансы не согласованы, часть энергии будет отражаться обратно к источнику, и лишь оставшаяся поступать на антенну.

3.6.Согласование антенны с фидерным трактом

Количественной характеристикой согласования антенны с фидерным трактом является величина модуля коэффициента отражения по напряжению $|\Gamma|$, численно равная отношению амплитуды напряжения отражённой волны $U_{\text{отр}}$ к амплитуде напряжения падающей волны $U_{\text{пад}}$:

$$|\Gamma| = U_{\text{отр}} / U_{\text{пад}}$$

$|\Gamma|$ - изменяется в пределах от 0 до 1. При $|\Gamma| = 0$ тракт идеально согласован (нет отражённой волны). Вследствие наложения падающих и отражённых волн в фидерном тракте устанавливается некоторое распределение напряжения. Характер этого распределения повторяется по длине кабеля L с периодом $\lambda_{\text{к}}/2$ (см. Рис.6), $\lambda_{\text{к}}$ - длина волны в кабеле.

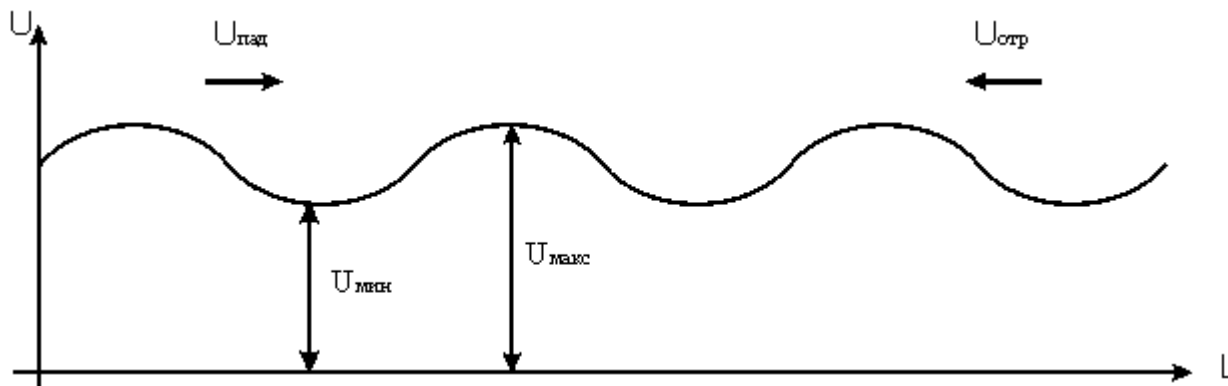


Рис.6
7 из 43

Отношение U_{\max}/U_{\min} (см. Рис.6) называется коэффициентом стоячей волны (КСВ) - полный аналог SWR (Standing Wave Ratio). КСВ и $|\Gamma|$ связаны между собой простым соотношением -

$$КСВ = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

Отражения энергии в антенно-фидерном тракте характеризует коэффициент стоячей волны (**КСВ, SWR**).

КСВ характеризует степень согласования антенны и фидера (также говорят о согласовании выхода передатчика и фидера). На что влияет рассогласование антенны с фидерным трактом?

На практике всегда часть передаваемой *энергии* отражается и возвращается в передатчик. Отражённая энергия ухудшает работу передатчика и может его повредить. В идеальном случае КСВ = 1, это означает, что отражённая волна отсутствует. При появлении отражённой волны КСВ возрастает в прямой зависимости от степени рассогласования тракта и нагрузки. КСВ измеряется или рассчитывается в конкретном диапазоне длин волн.

КСВ зависит от многих условий, например:

- волновое сопротивление ВЧ кабелей;
- неоднородности, спайки в кабелях;
- качество разделки кабеля в ВЧ-соединителе (разъём);
- наличие переходных соединителей;
- сопротивление антенны в точке подключения кабеля;
- качество изготовления и настройки источника сигнала и потребителя (антенны и др.).

В реальности чаще используется **КСВН** (*коэффициент стоячей волны по напряжению*) - полный аналог **VSWR** (Voltage Standing Wave Ratio). Этот параметр обязательно оговаривается в технических требованиях на передающее устройство. **КСВН=2**, означает, что отражается 11% мощности.

В практике построения и технического обслуживания систем радиосвязи всегда возникает необходимость проведения измерения электрических параметров всех компонентов, составляющих систему радиосвязи. Одним из основных таких компонентов является антенно-фидерный тракт, важнейшая характеристика которого - коэффициент стоячей волны **КСВ**.

Что такое КСВ?

О чем говорит величина этого параметра?

Каковы допустимые пределы его изменения?

Какое влияние он оказывает на эффективность работы всей радиосвязи?

Как правильно измерить КСВ и как адекватно оценить результат измерения?

Электромагнитная волна движется в линии от источника к нагрузке. Такая волна называется падающей. Если сопротивление нагрузки **Z_н** равно волновому сопротивлению линии **Z_о**, то вся энергия падающей волны поглощается нагрузкой. В любом другом случае (**Z_н** не равно **Z_о**) в нагрузку переходит только часть энергии, а остальная отражается от неё и движется по линии назад к источнику сигнала. Эта волна называется отражённой.

Если **Z_н = Z_о**, то амплитуда тока вдоль линии постоянна, если **Z_н ≠ Z_о**, то отражённая волна накладывается на падающую, возникает интерференция, в результате чего в линии имеет место неравномерное распределение тока.

Если линия короткозамкнута на конце или полностью разомкнута, то происходит полное отражение падающей волны, и минимумы в распределении тока достигают нуля — линия не передаёт активную мощность.

Мерой согласования линии с нагрузкой служит коэффициент стоячей волны **KCB** (в англоязычной литературе **SWR**):

$$KCB = \frac{1 + \sqrt{\frac{P_{отр}}{P_{падв}}}}{1 - \sqrt{\frac{P_{отр}}{P_{падв}}}}$$

где $P_{падв}$ и $P_{отр}$ — мощность падающей и отражённой волн соответственно.

KCB является показателем рассогласования линии, то есть мерой, показывающей, насколько отличается импеданс нагрузки линии Z_n от её волнового сопротивления Z_0 . Например, в частном случае чисто активной нагрузки $Z_n = R_n$, **KCB = 2** говорит о том, что R_n отличается в два раза от Z_0 . Но в какую сторону, большую или меньшую, т. е. $R_n = 2Z_0$ или $R_n = Z_0/2$ по величине **KCB** сказать невозможно.

KCB определяется относительно данного сопротивления Z_0 . Очевидно, что одна и та же нагрузка относительно различных значений волнового сопротивления (например, для двух разных линий) даст разные значения **KCB**.

3.4.1 Потери в рассогласованной линии ($KCB > 1$)

Этот вопрос, вместе с примыкающим к нему вопросом о допустимой величине **KCB**, в литературе является одним из наиболее запутанных. Во многих источниках указывается на недопустимо высокие потери при $KCB > 3...5$. Вместе с тем, во многих антеннах используются $\lambda/4$ шлейфы и трансформаторы (J-антенна, например), резонансные линии питания, схемы согласования на отрезках длинных линий - **KCB** во всех этих устройствах нередко превышает 10. И никаких значительных потерь в них не наблюдается. С другой стороны, почти все из практики знают, что антенна, питаемая по длинному кабелю с $KCB = 3...5$, обычно работает заметно хуже, чем при $KCB = 1$, но опять же не всегда...

Не подлежит сомнению, что в рассогласованной линии (с $KCB > 1$) потери выше, чем в линии согласованной. Причин тому две.

Первая - возрастают тепловые потери. Эти потери пропорциональны квадрату тока, и резкое их возрастание на тех участках линии, где ток максимален, не компенсируется небольшим снижением их на участках, где ток минимален. Это безвозвратное рассеивание мощности высокочастотного сигнала в тепло, обычно выражаемое, как коэффициент полезного действия (**КПД**) рассогласованной линии. При небольших (менее 2 дБ) потерях γ в согласованной линии **КПД** рассогласованной линии - **КПД_{лин}** описывается формулой:

$$КПД_{лин} \approx 1/(1+0,115 \cdot \gamma \cdot (KCB+1/KCB)), \quad (1)$$

,где γ — потери (затухание) в дБ этой же линии при $KCB = 1$,

KCB — **KCB** в данной линии (относительно её Z_0).

При помощи этой формулы рассчитана Таблица 3 потерь в %.

Таблица 3

| KCB | $\gamma = 2\text{дБ}$ | $\gamma = 1\text{ дБ}$ | $\gamma = 0,5\text{ дБ}$ | $\gamma = 0,2\text{ дБ}$ | $\gamma = 0,1\text{ дБ}$ |
|------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 68% | 81,3% | 89,6% | 95,6% | 97,8% |
| 1,5 | 66,7% | 80,1% | 88,9% | 95,2% | 97,6% |
| 2 | 63,5% | 77,7% | 87,5% | 94,6% | 97,2% |
| 3 | 56,6% | 72,3% | 83,9% | 92,9% | 96,3% |
| 5 | 45,5% | 62,5% | 76,9% | 83,6% | 94,3% |
| 10 | 30% | 46,2% | 63,2% | 81,1% | 89,6% |
| 20 | 17,8% | 30,2% | 46% | 68,4% | 81,3% |

Из Таблицы 3 видно, что не так страшен высокий **KCB**, как зачастую принято считать. Гораздо более сильное влияние оказывает затухание γ . В самом деле, при $\gamma = 1\text{ дБ}$ (что соответствует коаксиалу весьма хорошего качества, длиной 50 м, на частоте 20 МГц), при **KCB = 1** **КПД** составляет 81,3%. Но такой же **КПД**

имеет двухпроводная линия среднего качества ($Y = 0,2$ дБ) при $KCB = 10$ или двухпроводная линия хорошего качества ($Y = 0,1$ дБ) при $KCB = 20$! Это ответ на вопрос, почему во всякого рода резонансных линиях в составе антенн, работающих с высоким KCB , потери невелики — из-за малого затухания Y в них.

Вторая - возникают так называемые «потери рассогласования передатчика». Термин достаточно неудачный и запутывающий суть дела. На самом деле это не безвозвратный уход мощности куда-то «на сторону», а всего лишь показатель того, что передатчик, не будучи нагружен на оптимальное для себя сопротивление, не отдаёт в линию всю ту мощность, на которую он способен. То есть это не потери в линии, а снижение мощности, отдаваемой в линию передатчиком.

Вопрос о том, куда девается оставшаяся мощность передатчика, из той же оперы, что и вопрос, куда девается 50 Вт мощности у стоваттной лампочки, включенной в сеть не прямо, а через тиристорный регулятор, и поэтому светящей лишь вполнакала? Никуда не девается - просто не потребляется лампочкой. Так и у передатчика — оставшаяся часть мощности передатчика никуда не рассеивается! Просто передатчик не развивает на неоптимальной нагрузке (нагрузка с $KCB > 1$, аналог — лампочка, включённая через регулятор и поэтому светящая вполночь) полной своей мощности, которую он может отдать на согласованной нагрузке (нагрузка с $KCB = 1$, аналог — лампочка, включенная прямо в сеть и светящая во всю свою мощь). Поэтому это явление не «потери рассогласования», а снижение эффективной мощности передатчика из-за рассогласования с нагрузкой.

В чём механизм этого явления? Возьмём передатчик с выходным сопротивлением $R_{\text{вых}}$ равным волновому сопротивлению используемой линии Z_0 . Например, транзисторный трансивер без согласующего устройства с фиксированным выходом 50 Ом, работающий на коаксиальный кабель 50 Ом. Если отражённой волны нет, входное сопротивление линии со стороны трансивера 50 Ом, и трансивер, «увидев» в нагрузке оптимальные для него 50 Ом, отдаёт всю мощность в линию.

Если же $KCB > 1$, то отражённая волна, вернувшись от антенны к трансиверу, изменит входное сопротивление линии (как правило, появляется реактивная составляющая). На такое комплексное сопротивление трансивер, предназначенный для работы на 50 Ом, уже не сможет отдать полную мощность. Это хорошо известное положение из теории цепей – генератор с внутренним сопротивлением R передаёт в нагрузку максимум мощности, если нагрузка равна R , при любом другом сопротивлении нагрузки мощность в ней снижается. Уровень *снижения мощности* (потери) V описывается формулой:

$$V = P_{\text{вых}} / P_{\text{вых макс}} = 4 / (2 + KCB + 1/KCB), \quad (2)$$

где $P_{\text{вых}}$ — мощность передатчика, отдаваемая в линию;

$P_{\text{вых макс}}$ — мощность передатчика, которую он развивает на оптимальном для него сопротивлении (при $KCB = 1$);

KCB — относительно выходного сопротивления передатчика $R_{\text{вых}}$, т. е. KCB между передатчиком и линией.

Обратите внимание, что это не тот же самый коэффициент стоячей волны, что в формуле (1) (там - KCB в линии). Величина обоих KCB (в линии, и между передатчиком и линией) совпадает только в одном случае, когда $R_{\text{вых}} = Z_0$ (например, к 50-омному передатчику подключен 50-омный же кабель). Если же $R_{\text{вых}}$ не равно Z_0 , то величины коэффициентов стоячей волны в формулах (1) и (2) будут разными. Но надо понимать, что это физически *разные* KCB , относящиеся к разным устройствам (линии и передатчику соответственно).

В формулу (2) не входят ни длина линии, ни частота (в отличие от формулы (1), где эти два параметра входят в значение Y). Это лишнее **раз подчеркивает то обстоятельство, что речь здесь идет не о проблемах** в линии передачи. То есть при одинаковой величине KCB между передатчиком и линией, даже если длина последней всего 1 мм, то выходная мощность передатчика из-за рассогласования снизится ровно настолько же, как и при длине линии 1 км. Иными словами, формула (2) выражает снижение мощности V передатчика на неоптимальной для него нагрузке, причем величина отклонения импеданса нагрузки от оптимума выражена через KCB между передатчиком и линией (относительно $R_{\text{вых}}$).

При помощи этой формулы рассчитана Таблица 4:

| KCB | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | 20 |
|-----|------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-------|
| V | 100% | 88% | 75% | 64% | 55,6% | 44% | 33% | 18,1% |

В случае передатчика с фиксированным выходным сопротивлением и $R_{\text{вых}} = Z_0$ (например, транзисторный трансивер без тюнера) из максимально возможной $P_{\text{вых макс}}$ мощности до антенны дойдет:

$$P_{\text{антенны}} = P_{\text{вых макс}} \cdot КПД_{\text{линии}} \cdot V \quad (3)$$

То есть для линии с потерями $Y = 1$ дБ при $KCB = 3$ до антенны дойдет $72,3\% \cdot 75\%$ (см. Таблицы. 1 и 2) = 54%, а при $KCB = 5 \rightarrow 62,5\% \cdot 55,6 = 34,75\%$. То есть антенной излучается в 2...3 раза меньшая мощность.

Это ответ, почему при высоком **КСВ** в длинной линии настолько может снизиться дошедшая до антенны мощность.

3.4.2 Выводы по КСВ

1. Отражённая от нагрузки мощность $P_{отр}$ не является мощностью потерь **В** и не рассеивается ни в линии, ни в передатчике. На величину $P_{отр}$ понижается активная выходная мощность передатчика, не имеющего *согласующего устройства (СУ)* на выходе (неоптимальный входной импеданс линии просто не позволяет передатчику развить всю мощность, на которую он способен).
2. **КСВ** в линии не зависит от её длины. Он определяется только соотношением комплексного сопротивления нагрузки к волновому сопротивлению линии. Величина **КСВ** одинакова в любой точке линии. Поэтому совершенно бесполезно пытаться уменьшить **КСВ** в линии (т. е. **КСВ** относительно волнового сопротивления линии Z_0) подбором её длины.
3. Если выходное сопротивление передатчика $R_{вых} = Z_0$ (например, к 50-омному передатчику подключен 50-омный же кабель), то **КСВ** между передатчиком и линией не может быть уменьшен изменением длины линии.
4. Если $R_{вых}$ передатчика не равно Z_0 (например, к 50-омному передатчику подключён 75-омный кабель), то изменением длины линии можно добиться снижения **КСВ** между передатчиком и линией. Но **КСВ** в линии при этом останется неизменным. Необходимо помнить, что это два разных коэффициента стоячей волны. Первый определяет **КПД** линии (в формуле (1)), второй — уровень снижения мощности передатчика из-за рассогласования (в формуле (2)).
5. **СУ между ТХ** и линией не изменяет **КСВ** в линии между **СУ** и антенной. Оно лишь обеспечивает оптимальную нагрузку для передатчика (т. е. снижает **КСВ** между передатчиком и СУ до 1), на которую он отдаёт полную мощность.
6. Высокий **КСВ** далеко не всегда является синонимом плохой антенны и больших потерь.
7. Величина **КСВ** ничего не говорит об эффективности излучения антенны. Скажем, **КСВ** = 1 можно получить, подключив к линии вместо антенны согласованный резистор. Ясно, что излучения в этом случае не будет вовсе, хотя **КСВ** и будет равен 1.
8. Частота, на которой **КСВ** достигает минимума, не в любом случае равна резонансной частоте антенны. То есть не всегда можно, ориентируясь на минимум **КСВ** настраивать антенну в резонанс.

4. РАСПРОСТРАНЕНИЕ СИГНАЛА

При распространении сигнал, излучённый антенной, может огибать поверхность Земли, отражаться от верхних слоев атмосферы либо распространяться вдоль линии прямой видимости.

4.1. Дифракция электромагнитных волн

При огибании поверхности Земли (см. Рис.7) путь распространения сигнала в той или иной степени повторяет контур планеты. Передача может производиться на значительные расстояния, намного превышающие пределы прямой видимости. Данный эффект имеет место для частот до 2 МГц. На способность сигналов, принадлежащих данной полосе частот, повторять кривизну земной поверхности влияет фактор дифракции электромагнитных волн. Данное явление связано с поведением электромагнитных волн при наличии препятствия.



Рис.7 Распространение околосемных волн (частота до 2 МГц)

Рассеяние электромагнитных волн указанного диапазона в атмосфере происходит таким образом, что в верхние атмосферные слои эти волны не попадают.

4.2 Распространение волн вдоль линии прямой видимости

Если частота радиосигнала превышает 30 МГц, то огибание им земной поверхности и отражение от верхних слоев атмосферы становятся невозможными. В этом случае связь должна осуществляться в пределах прямой видимости (Рис.8).

При связи через спутник сигнал с частотой свыше 30 МГц не будет отражаться ионосферой. Такой сигнал может передаваться от наземной станции к спутнику и обратно при условии, что спутник не находится за пределами горизонта. При наземной связи передающая и принимающая антенны должны находиться в пределах эффективной линии прямой видимости. Использование термина «эффективный» связано с тем, что волны сверхвысокой частоты искривляются и преломляются атмосферой.

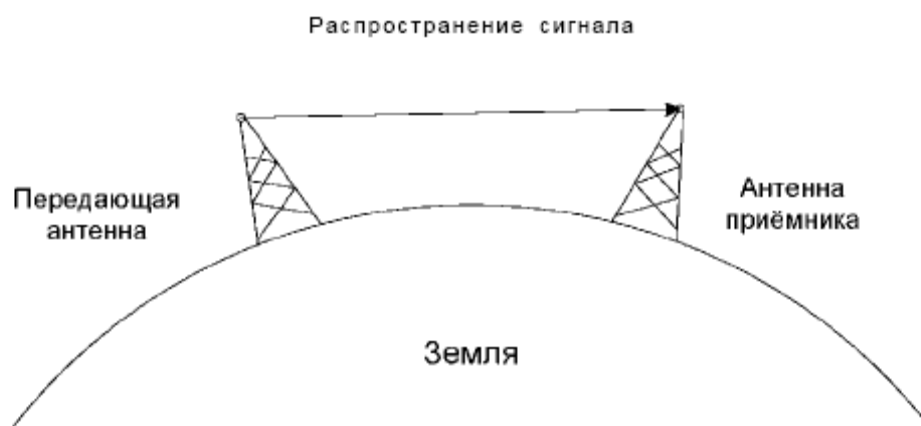


Рис.8 Распространение сигнала вдоль линии видимости (частота > 30 МГц)

Степень и направление искривления зависят от различных факторов. Однако, как правило, искривления сверхвысокочастотных волн повторяют кривизну поверхности Земли. Поэтому такие волны распространяются на расстояние, превышающее оптическую линию прямой видимости.

4.3 Передача сигнала в пределах линии прямой видимости

Для любой системы связи справедливо утверждение, что принимаемый сигнал отличается от переданного сигнала. Данный эффект является следствием различных искажений в процессе передачи. При передаче аналогового сигнала искажения приводят к его случайному изменению, что проявляется в ухудшении качества связи. Если же передаются цифровые данные, искажения приводят к появлению двоичных ошибок - двоичная единица может преобразоваться в ноль и наоборот. Рассмотрим различные типы искажений, а также их влияние на пропускную способность каналов связи в пределах прямой видимости. Наиболее важными являются следующие типы искажений:

- затухание или амплитудное искажение сигнала;
- потери в свободном пространстве;
- шум;
- атмосферное поглощение.

4.3.1 Затухание

При передаче сигнала в любой среде его интенсивность уменьшается с расстоянием. Такое ослабление, или затухание, в общем случае логарифмически зависит от расстояния. Как правило, затухание можно выразить, как постоянную потери интенсивности (в децибелах) на единицу длины. При рассмотрении затухания важны три фактора.

1. Полученный сигнал должен обладать мощностью, достаточной для его обнаружения и интерпретации приёмником.
2. Чтобы при получении отсутствовали ошибки, мощность сигнала должна поддерживаться на уровне, в достаточной мере превышающем шум.
3. При повышении частоты сигнала затухание возрастает, что приводит к искажению.

Первые два фактора связаны с затуханием интенсивности сигнала и использованием усилителей или ретрансляторов. Для двухточечного канала связи мощность сигнала передатчика должна быть достаточной для четкого приёма. В то же время интенсивность сигнала не должна быть слишком большой, так как в этом случае контуры передатчика или приёмника могут оказаться перегруженными, что также приведет к искажению сигнала. Если расстояние между приёмником и передатчиком превышает определённую постоянную, свыше которой затухание становится неприемлемо высоким, для усиления сигнала в заданных точках пространства располагаются ретрансляторы или усилители.

Задача усиления сигнала значительно усложняется, если существует множество приёмников, особенно если расстояние между ними и передающей станцией непостоянно.

Третий фактор списка известен, как амплитудное искажение. Вследствие того, что затухание является функцией частоты, полученный сигнал искажается по сравнению с переданным, что снижает чёткость приёма. Для устранения этой проблемы используются методы выравнивания искажения в определённой полосе частот. Одним из возможных подходов может быть использование устройств, усиливающих высокие частоты в большей мере, чем низкие.

4.3.2 Потери в свободном пространстве

Для любого типа беспроводной связи передаваемый сигнал рассеивается по мере его распространения в пространстве. Следовательно, мощность сигнала, принимаемого антенной, будет уменьшаться по мере удаления от передающей антенны. Для спутниковой связи упомянутый эффект является основной причиной снижения интенсивности сигнала. Даже если предположить, что все прочие причины затухания и ослабления отсутствуют, переданный сигнал будет затухать по мере распространения в пространстве. Причина этого - распространение сигнала по всё большей площади.

Данный тип затухания называют потерями в свободном пространстве и вычисляют через отношение мощности излучённого сигнала P к мощности полученного сигнала P_R . Для вычисления того же значения в децибелах следует взять десятичный логарифм от указанного отношения, после чего умножить полученный результат на 10.

Следовательно, если длина волны несущей и их разнесение в пространстве остаются неизменными, увеличение коэффициентов усиления передающей и приёмной антенн приводит к уменьшению потерь в свободном пространстве.

4.3.3 Шум

Для любой передачи данных справедливо утверждение, что полученный сигнал состоит из переданного сигнала, модифицированного различными искажениями, которые вносятся самой системой передачи, а также из дополнительных нежелательных сигналов, взаимодействующих с исходной волной во время её распространения от точки передачи к точке приёма. Эти нежелательные сигналы принято называть шумом. Шум является основным фактором, ограничивающим производительность систем связи.

Шумы можно разделить на четыре категории:

- тепловой шум;
- интермодуляционные шумы;
- перекрестные помехи;
- импульсные помехи.

Тепловой шум является результатом теплового движения электронов. Данный тип помех оказывает влияние на все электрические приборы, а также на среду передачи электромагнитных сигналов.

Если сигналы разной частоты передаются в одной среде, может иметь место *интермодуляционный шум*. Интермодуляционным шумом являются помехи, возникающие на частотах, которые представляют собой сумму, разность или произведение частот двух исходных сигналов. Например, смешивание двух сигналов, передаваемых на частотах F_1 и F_2 соответственно, может привести к передаче энергии на частоте $F_1 + F_2$. При этом данный паразитный сигнал может интерферировать с сигналом связи, передаваемым на частоте $F_1 + F_2$.

С *перекрёстными* помехами сталкивался каждый, кто во время использования телефона переменного слышал разговор посторонних людей. Данный тип помех возникает вследствие нежелательного объединения трактов передачи сигналов. Такое объединение может быть вызвано сцеплением близко расположенных витых пар, по которым передаются множественные сигналы. Перекрестные помехи могут возникать во время приёма посторонних сигналов антеннами. Несмотря на то, что для указанного типа связи используют высокочастотные направленные антенны, полностью избежать потерь мощности сигнала во время распространения избежать все же невозможно. Как правило, мощность перекрёстных помех равна по

порядку (или ниже) мощности теплового шума. Все указанные выше типы помех являются предсказуемыми и характеризуются относительно постоянным уровнем мощности. Таким образом, вполне возможно спроектировать систему передачи сигнала, которая была бы устойчивой к указанным помехам.

Однако кроме вышеперечисленных типов помех существуют так называемые *импульсные* помехи, которые по своей природе являются прерывистыми и состоят из нерегулярных импульсов или кратковременных шумовых пакетов с относительно высокой амплитудой. Причин возникновения импульсных помех может быть множество, в том числе внешние электромагнитные воздействия (например, молнии) или дефекты (поломки) самой системы связи.

4.3.4 Атмосферное поглощение

Причиной дополнительных потерь мощности сигнала между передающей и принимающей антеннами является атмосферное поглощение, при этом основной вклад в ослабление сигнала вносят водные пары и кислород. Дождь и туман (капли воды, находящиеся во взвешенном состоянии в воздухе) приводят к рассеиванию радиоволн и, в конечном счете, к ослаблению сигнала. Указанные факторы могут быть основной причиной потерь мощности сигнала. Следовательно, в областях, для которых характерно значительное выпадение осадков, необходимо либо сокращать расстояние между приёмником и передатчиком, либо использовать для связи более низкие частоты.

4.4 Отношение сигнал/шум в цифровых системах связи

Очень важной характеристикой производительности цифровых систем связи является отношение сигнал/шум. Отношение сигнал/шум - это отношение энергии сигнала на 1бит к плотности мощности шумов на 1 Гц (E_b/N_0). Рассмотрим сигнал, содержащий двоичные цифровые данные, передаваемые с определённой скоростью - R бит/с. Учитывая, что $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$, и вычислим удельную энергию одного бита сигнала: $E_b = S T_b$ (где S - мощность сигнала; T_b - время передачи одного бита). Скорость передачи данных R можно выразить в виде $R = 1/T_b$. Учитывая, что тепловой шум, присутствующий в полосе шириной 1 Гц, для любого устройства или проводника составляет

$$N_0 = k \cdot T \text{ (Вт/Гц)}, \quad (4)$$

где,

N_0 - плотность мощности шумов в ваттах на 1 Гц полосы;

k - постоянная Больцмана, $k = 1,3803 \cdot 10^{-23}$ Дж/К;

T - температура в Кельвинах (абсолютная температура),

то, следовательно,

$$E_b/N_0 \rightarrow (S/R)/N_0 \rightarrow S/k \cdot T \cdot R, \quad (5)$$

Отношение E_b/N_0 имеет большое практическое значение, поскольку скорость появления ошибочных битов является (убывающей) функцией данного отношения. При известном значении E_b/N_0 , требуемом для получения желаемого уровня ошибок, можно выбирать все прочие параметры в приведённом уравнении. Необходимо отметить, что для сохранения требуемого значения E_b/N_0 при повышении скорости передачи данных R потребуются увеличивать мощность передаваемого сигнала по отношению к шуму.

Довольно часто уровень мощности шума достаточен для изменения значения одного из битов данных. Если же увеличить скорость передачи данных вдвое, биты будут «упакованы» в два раза плотнее, и тот же посторонний сигнал приведёт к потере двух битов информации. Следовательно, при неизменной мощности сигнала и шума увеличение скорости передачи данных влечёт за собой возрастание уровня возникновения ошибок.

5. ВИДЫ АНТЕНН

5.1 Эффективность встроенных антенн сотовых телефонов

Дискуссии о качестве работы сотовых телефонов с различными типами антенн довольно регулярно появляются в форумах, посвящённых мобильной связи, однако, как правило, все обсуждения заканчиваются ничем. Всё дело в том, что теория малогабаритных антенн очень сложна и сих пор не до конца изучена, несмотря на свой уже более чем полувековой возраст, и попытаться прийти к какому-либо однозначному выводу, не имея хотя бы поверхностного представления о фундаментальных основах проектирования антенн, совершенно нереально.

В этом документе сделана попытка обрисовать основные аспекты использования и различные технологии изготовления антенн для абонентского оборудования сотовой связи.

Эта информация, безусловно, будет полезна тем, кто интересуется вопросами качества связи на более серьезном уровне, нежели подсчет количества сегментов на индикаторе силы сигнала в мобильном телефоне. Понимание некоторых терминов потребуют начальных знаний в области антенн, помощь можно поискать в разделе ссылок.

5.1.1 Экскурс в историю

Первые системы сотовой связи появились в восьмидесятых годах прошлого века. Это были европейские NMT (1981) и GSM (1982) и AMPS (1983), созданная в США. Уровень технологии того времени не позволял сделать телефонные аппараты достаточно компактными, во-первых, из-за несовершенства элементной базы, а во-вторых - из-за высокого энергопотребления и, соответственно, массивных аккумуляторов.

В качестве антенн использовались хорошо известные и максимально эффективные полуволновые, а позже – и четвертьволновые (менее эффективные, но более короткие) антенны, которые на тот момент уже давно использовались в обычной связной технике. Аналоговые стандарты связи нуждались в высоком качестве приёмопередающих радиочастотных блоков, ибо покрытие площади базовыми станциями часто было недостаточным для устойчивой работы аппаратов в сложных условиях приёма.

Прошло совсем немного времени - и вот уже цифровая и аналоговая части сотовых телефонов стали уместаться во вполне компактный корпус и потреблять относительно немного энергии. К девяностым годам цифровые системы сотовой связи (окончательно сформировавшийся GSM и свежепоявившийся цифровой вариант AMPS - DAMPS) почти вытеснили аналоговые стандарты и качество радиоприёмного тракта стало несколько менее важным.

Новые виды модуляции, предназначенные для передачи цифрового сигнала, были значительно экономичнее обычной частотной и это привело к уменьшению требований к ёмкости аккумуляторов. Габариты телефонов стали стремительно уменьшаться.

Антенны сначала стали выдвигаемыми, а потом и вовсе превратились в так называемые stubby-антенны (“пеньки”). Оба этих типа относятся к классу спиральных антенн с поперечным излучением (helical или NMHA - *Normal-Mode Helical Antenna*). Диаграмма направленности подобных антенн – круговая, но почти равна нулю по вертикали. Это наиболее подходящий вариант для сотового телефона, ибо в рабочем режиме он практически всегда находится в положении с вертикально расположенной антенной.

Конец девяностых годов был отмечен двумя значительными нововведениями в области сотовой связи: началом активного дискутирования о вреде сотовых телефонов и появлением телефонов со встроенной антенной (в действительности эти два нововведения были отчасти связаны между собой). Кроме того, сотовый телефон к этому времени уже перестал быть дорогой, малодоступной вещью и появилось расслоение на различные классы аппаратов – бюджетные, бизнес и имиджевые модели.

Инфраструктура базовых станций становилась всё более и более совершенной, количество пользователей увеличивалось и к качеству радиочасти телефонов стали относиться с всё меньшим вниманием. Основной упор в разработке телефонов начал делаться (да и по сей день делается) уже на функциональность, дешевизну проектирования и изготовления, и эргономичность, что привело к массовому распространению встроенных антенн. Почти все новые модели телефонов крупнейших разработчиков и брендов сотовых аппаратов уже снабжаются встроенной антенной.

Пока абстрагируемся от коммерческих аспектов дизайна мобильного телефона без внешней антенны, рассмотрим плюсы и минусы встроенных решений с технической точки зрения.

5.1.2 Встроенные антенны – технологии

Первые классические работы по дизайну малогабаритных антенн датированы концом пятидесятых годов прошлого века. Тем не менее, встроенные антенны для гигагерцевого диапазона – это очень молодое направление практических инженерных разработок. Резкое увеличение популярности таких антенн связано не столько с сотовой связью, сколько с беспроводными компьютерными технологиями.

Встраивание Bluetooth и различных модификаций радиоэзернета в ноутбуки и PDA инициировало начало активной разработки маленьких антенн. Помимо внутренних технологических групп крупных корпораций (Motorola, Siemens, различные разработчики Wi-Fi оборудования), которые имеют большие финансовые возможности для R&D и разрабатывают технологии в основном для использования в собственных продуктах, за последние несколько лет появились несколько независимых компаний, занимающихся аутсорсинговыми разработками встраиваемых антенн, в частности **Centurion Wireless Technologies** (<http://www.centurion.com>), **SkyCross** (<http://www.skycross.com>) и **Ethertronics** (<http://www.ethertronics.com>).

В отличие от крупных компаний, которые не очень афишируют характеристики своих разработок, молодые фирмы всюду воюют на фронте пиара, хвалясь высокой эффективностью антенн и военным прошлым разработок. К сожалению статистики по использованию таких антенн пока нет, поскольку применения их в серийных моделях телефонов ещё не видно, а лабораторные исследования самого разработчика, представленные в рекламных материалах – это крайне ненадёжный источник информации. Исходя из вышесказанного, рассмотрим только те антенны, которые уже ставятся в мобильные телефоны сегодняшнего поколения.

Сейчас в сотовых аппаратах используются всего несколько типов встроенных антенн. Наиболее простые из них имеют эффективность (отношение между излучаемой и подводимой мощностью) около 30-40 процентов. Наиболее совершенные – так называемые PIFA (*Planar Inverted-F Antenna*) – около 65 процентов (для сравнения – обычная антенна часто имеет эффективность более 90 процентов). Заметим, что имеется в виду эффективность в свободном пространстве (часто называемая FS – Free Space, т.е. в идеальных условиях, без человека, держащего трубку в руках). Антенны класса PIFA при этом применять в малогабаритных телефонах довольно проблематично, поскольку конструктив имеет достаточно большую толщину и площадь. В реальных условиях (TP - Talk Position, когда человек держит телефон рукой) характеристики антенн могут ухудшиться в несколько раз.

Любые встроенные антенны имеют несколько фундаментальных проблем, которые для обычных спиральных не столь актуальны, и которые вынуждены решать все разработчики в равной мере.

Прежде всего это – сложность моделирования под конкретный корпус и внутренний конструктив телефона. Влияние внутренней компоновки на встроенную антенну может быть очень значительным, не говоря уж о том, что часто телефон держат при разговоре почти в кулаке, закрывая рукой всю его заднюю часть.

Вторая проблема – это использование специальных диэлектрических материалов для регулировки коэффициента укорочения (при плотном контакте проводника с диэлектриком длина волны в нём меняется в зависимости от коэффициента диэлектрической проницаемости последнего – этот эффект используется для уменьшения физических размеров резонатора). Подобная методика приводит к появлению паразитных утечек (в спиральных антеннах эта проблема гораздо менее критична – там излучающая часть находится почти в свободном пространстве). Все встроенные антенны имеют проблемы с ёмкостью и индуктивностью излучателя – согласование с выходом усилителя является непростой задачей и также неизбежно ведёт к потерям мощности.

Крайне сложной является проблема эффективности при работе в нескольких частотных полосах. Не вдаваясь в подробности, отметим, что на данный момент развития технологии встроенных антенн приходится делать несколько антенн на разные диапазоны, а не одну, если аппарату необходимо работать с приёмлемой эффективностью более, чем в двух диапазонах.

Ещё одной проблемой встроенных антенн является их направленность. С одной стороны это хорошо – максимум излучения всегда направлено от головы разговаривающего, если он говорит не по гарнитуре (как уже говорилось выше – это очень хорошее маркетинговое подспорье для телефонов со встроенной антенной). С другой стороны, при не очень хорошем покрытии и при неодинаковом качестве связи с базовыми станциями во всех направлениях (в городах, к примеру в Москве, таких мест достаточно много, по крайней мере - пока) это часто приводит к выпадению голоса разговаривающего по сотовому аппарату с встроенной антенной для абонента на другом конце линии. Самое забавное, что в обратную сторону эффект почти незаметен (ибо передатчики базовых станций значительно мощнее и антенны, используемые в них, достаточно эффективны), поэтому, как правило, все говорят о нормальном качестве работы своего аппарата, поскольку сами собеседника слышат почти всегда без проблем.

Но, несмотря на всё вышесказанное, у встроенных антенн есть одно большое достоинство – они нравятся покупателям.

5.1.3 Коммерческие аспекты проектирования сотовых телефонов

Немного отвлечёмся от разговора непосредственно о сотовых телефонах и поговорим о современной высокотехнологичной индустрии вообще. Необходимо признать, что уже около десяти лет основополагающим фактором, который необходимо учитывать производителю при проектировке высокотехнологичных изделий, является не качество конкретного изделия, а возможность быстрой разработки, дешёвой сборки и высокой частоты смены моделей.

Это касается не только сотовых телефонов, но и любой другой непрофессиональной аудиоаппаратуры – аудиотехники, видеотехники и т. п. Лишь очень немногие фирмы в состоянии оплачивать разработку высококачественной бытовой радиоаппаратуры, как, к примеру, **Matsushita Electric** (торговые марки **Panasonic** и **Technics**), **Kenwood**, **Pioneer**, **Aiwa**, которые полностью или почти полностью прекратили выпуск качественных бытовых звуковоспроизводящих и радиоприёмных аппаратов за последние десять лет, заняв более коммерчески выгодную нишу аппаратуры на год-два эксплуатации с очень дешёвой

схемотехникой и комплектацией и это при том, что аппараты этих фирм восьмидесятых годов являются достаточно совершенными инженерными разработками. Заметим, что фирма Sony, которая помимо бытовой техники выпускает очень много профессиональной студийной аппаратуры, в состоянии оплачивать разработку и выпускать грамотные конструкции (в частности часть аппаратуры серии ES), но даже у этой фирмы просматривается тенденция к сильному упрощению своих изделий. Спасает только общий высокий уровень разработки собственной используемой в конструкциях элементной базы.

На рынке сотовых телефонов всё то же самое. Базовый набор компонентов для сотовых телефонов даёт возможность спроектировать основную часть конструкции очень быстро, высокая степень интеграции позволяет собрать аппарат буквально из десятка микросхем с несколькими десятками дискретных элементов. Удешевление производства уже дошло до критического минимума.

В конце двадцатого века можно было наблюдать уход с рынка, смену приоритетов и объединения компаний-производителей сотовых телефонов – конкурентная борьба привела к катастрофическому снижению цен и те, кто выжили, сделали это за счёт двух факторов: либо максимальное удешевление конструкций телефонов (Siemens, Motorola) или удачное позиционирование своих телефонов как имиджевых (все корейские фирмы) с призывом менять телефоны как можно чаще.

В первом случае снижение себестоимости достигается крайней дешевизной корпусов, стандартизацией электроники для всего модельного ряда и экономией на разработке радиочасти, ибо последнее - наиболее сложная и дорогостоящая часть проектирования сотового телефона после написания firmware. Во втором случае основная часть стоимости аппарата – это камера, цветной дисплей, гонорары дизайнерам и т.п. и качество радиочасти в подавляющем большинстве случаев просто не интересует потенциального покупателя, поэтому тратиться на это нет никакого смысла.

При завоевании покупательского спроса рекламой играют роль лишь те характеристики изделия, которые понятны среднестатистическому потенциальному его пользователю, а параметры радиочасти никак не входят в их число. Эргономическое же удобство телефона со встроенной антенной очевидно, поэтому Nokia, по словам одного пожелавшего остаться неизвестным сотрудника компании, приняла стратегическое решение вообще не делать сотовых аппаратов с внешними антеннами, несмотря на явный технический проигрыш по характеристикам.

5.1.4 Заключение

Хочется надеяться, что развитие высокотехнологичных бытовых устройств всё же перейдёт в стадию интенсификации, но в ближайшем будущем развитие точно будет экстенсивным.

Наверняка появятся новые виды встроенных антенн, работающие более эффективно, чем сегодняшние, однако качество связи всё же, скорее всего, придётся повышать большим количеством базовых станций, а не улучшением радиочасти самих сотовых аппаратов. Телефоны будут обладать всё большей функциональностью, приближающейся к полноценным персональным компьютерам и богатыми мультимедийными возможностями, но то, что является основой работы сотового аппарата будет предлагать всё то же “качество связи, вполне достаточное для условий города”...

Все вышесказанное не должно настраивать против встроенных антенн, просто когда производители говорят “наши встроенные решения ничем не уступают внешним” знайте – это неправда.

5.2. Встроенные антенны переносных устройств

5.2.1. PIFA антенна

Планарные ‘повёрнутые’ π антенны (PIFA) обычно состоит из планарных полосковых прямоугольных элементов, расположенных выше по отношению к горизонту плоскости ‘земли’, с коротким завитком-отводом или ‘пином’ замыкания, и ещё один питающий планарный отвод-ответвление.

Планарная ‘Повёрнутая’ π антенна является вариантом монополя, где верхняя часть антенны расположена так, чтобы быть параллельной к полигону ‘земли’. Это сделано затем, чтобы уменьшить высоту антенны, сохраняя при этом резонансную длину её трассы. Параллельные входные планары добавляют ёмкость к входному сопротивлению антенны, которая компенсируется путем осуществления короткого замыкания ответвления. Конец ответвления подсоединен к полигону ‘земли’ с добавлением переходного отверстия.

Полигон ‘земли’ антенны играет важную роль в её функционировании. Возбуждение тока на планарном входе IFA является причиной возбуждения тока в плоскости полигона ‘земли’. В результате на IFA формируется электромагнитное поле и далее его отражение на полигоне ‘земли’. Такое идеальное поведение полигона ‘земли’, как отражателя энергии, возможно, когда плоскости земли бесконечна, либо гораздо большая по своим размерам, чем сам монополю. На практике размер металлического слоя монополя сравним с другой частью антенны, выступающей в качестве диполя.

- комбинация антенна/земля будет вести себя как асимметричный диполь, при этом различия в распределении тока по двум частям диполя отвечает за некоторое искажение диаграммы направленности;
- в общем случае, требуется 'земли' PCB-плоскости длиной примерно на одну четверть ($\lambda/4$) рабочей длины волны;
- если длина PCB-плоскости земли гораздо больше, чем $\lambda/4$, диаграмма направленности будет становиться все более многолепестковая;

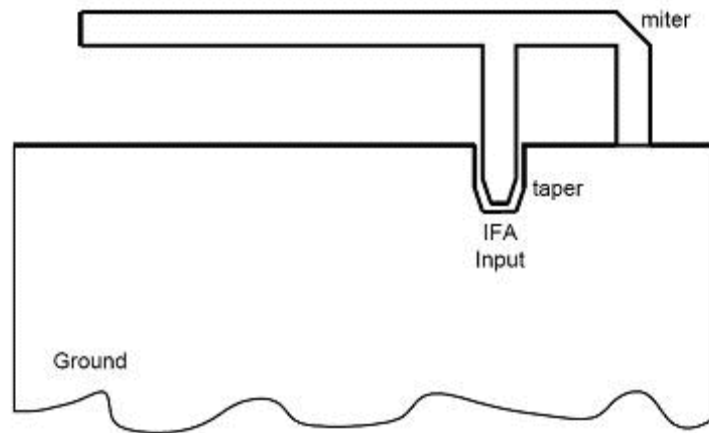


Рис.9 'Повёрнутая' П антенна.

- с другой стороны, если длина PCB-плоскости земли значительно меньше, чем $\lambda / 4$, то настройка антенны становится все труднее и, в общем, снижается эффективность;
- оптимальное расположение PIFA, с целью достижения всенаправленности диаграммы и 50Ω импеданса, оказалось на краю печатной платы.
- miter's используются, чтобы избежать прямоугольных изгибов планарных микрополосок антенны, что приводит к плохому току на ответвлении.
- конусность (taper) необходима для того, чтобы компенсировать шаг резкого перехода между 50Ω -ной микрополосковой линии от модема и антенны.

Всенаправленное поведение антенны PIFA с усилением значения обеспечивают достаточную производительность для обычных помещений, с учетом стандартных значений выходной мощности и чувствительности приёмников устройств с коротковолновым радиодиапазоном.

Поляризация антенны скорее эллиптическая, чем линейная, с осевым отношением редко достигающим 20 дБ.

Таким образом, антенна имеет возможность получать и вертикально и горизонтально поляризованные электромагнитные волны, которые могут быть оказаны в помещениях, где деполяризация является доминирующим событием, а выбор лучшей поляризации затруднён.

В настоящее время, многие беспроводные системы вертикально поляризованы. Хотя было доказано, что при использовании горизонтально поляризованных антенн, как на приёмнике так и на передатчике, результаты передачи энергии на 10 дБ больше, чем в среднем по сравнению с мощностью, принятой на вертикально поляризованные антенны на обоих концах соединения.

- полоса пропускания PIFA увеличивается с её толщиной;
- входное сопротивление PIFA может быть урегулировано, чтобы иметь соответствие значению сопротивления нагрузки без использования дополнительных цепей.

PIFA можно рассматривать как вид, своего рода, линейной 'повёрнутой' П антенны (IFA) с элементом проводного излучателя, расположенного на плате для расширения полосы пропускания.

- во-первых, преимуществом PIFA является то, что её можно скрыть в мобильном корпусе, по сравнению с антеннами со шнуром / стержнем / спиралью;
- во-вторых, преимуществом PIFA является снижение излучения к голове пользователя, сведения к минимуму поглощения мощности электромагнитных волн (SAR) и повышения этим эффективности антенны;
- в-третьих, преимуществом является то, что PIFA демонстрирует умеренный или высокий выигрыш в вертикальной и горизонтальной состояниях поляризации. Эта функция очень полезна в определённых беспроводных сетях связи, где ориентации антенны не является фиксированной и отражения

присутствуют с разных сторон окружающей среды. В этих случаях, важным параметром становится общее поле, то есть векторная сумма горизонтальных и вертикальных состояний поляризации.

Узкополосная характеристика PIFA является одним из ограничений своих коммерческих приложений для беспроводных систем.

□ короткое замыкание ответвления в точке питания типовых PIFA является хорошим методом для снижения размера антенны, но это приводит в узкополосному импедансу.

а) Методы повышения полосы пропускания PIFA

- ◆ ширина пропускания полосы очень во многом зависит от размера полигона 'земли'. Изменяя этот размер, полоса пропускания PIFA может быть скорректирована. Например, сокращение полигона 'земли' может эффективно расширить полосу пропускания антенной системы. Чтобы уменьшить добротность структуры (и увеличить полосу пропускания), могут быть вставлены (реализованы) несколько щелей на краях полигона;
- ◆ использование воздушных промежутков подложки антенны для низкой добротности и увеличения полосы пропускания;
- ◆ использование паразитарных резонаторов (с резонансом рядом с главной резонансной частотой);
- ◆ подбор расположения и расстояния между терминалами (input IFA и ответвления);
- ◆ возбуждение несколько режимов, разработанных для ближней или дальней связи в зависимости от требований;
- ◆ использование накопительных элементов для увеличения полосы пропускания.

б) Размеры PIFA

Один из методов понижения размеров антенны PIFA есть просто укорачивание антенны. Однако, этот подход влияет на импеданс терминалов антенны, так что появляется реактивная составляющая. Это может быть компенсировано емкостями, установленными в верхнем слое. На практике, отсутствие высоты антенны заменяется эквивалентной схемой, которая улучшает эффективность и согласование импеданса.

Емкостная нагрузка снижает резонанс на длине $\lambda/4$ меньше, чем на $\lambda/8$ за счет полосы пропускания и хорошего согласования. Емкостная нагрузка может быть получена путем добавления пластины (параллельно земле), образующей параллельно плате конденсатор.

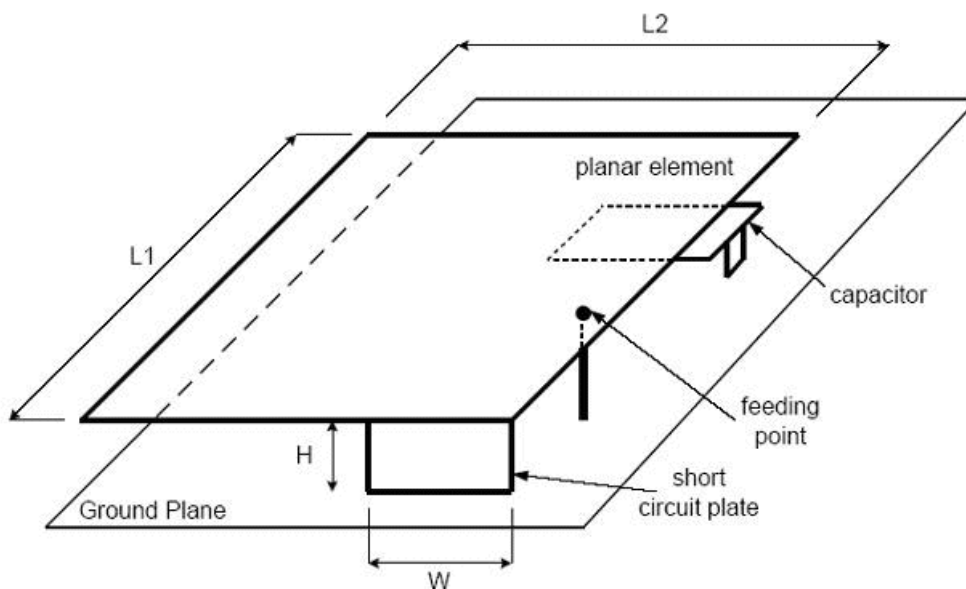


Рис.10 PIFA. Резонансная частота.

- ◆ Резонансная частота PIFA может быть определена из формулы:

$$L1 + L2 = \lambda/4,$$

когда $W/L1 = 1$, тогда $L1 + H = \lambda/4$

когда $W = 0$, тогда $L1 + L2 + H = \lambda/4$

- ◆ Введение открытых слотов снижает частоту. Это обусловлено тем фактом, что токи текут по краю фигурного паза слота, поэтому емкость, нагружающая слот, снижает частоту и, следовательно, резко размеры антенны. Тот же принцип создания слотов в планарном элементе также может применяться при двухчастотной работе.

- ◆ Изменения в ширину плоских элементов также может влиять на выбор резонансной частоты.
- ◆ Ширина завитка ответвления антенны PIFA играет очень важную роль в выборе своей резонансной частоты. Резонансная частота кратно уменьшается с уменьшением ширины пластины-проводника цепи – W .
- ◆ В отличие от проводника микрополосы (microstrip) к антенне, которая условно сделана размером в полдлины волны, PIFA's сделаны точно в четверть длины волны.
- ◆ Анализ характеристик резонансной частоты и полосы пропускания антенны легко можно сделать путем определения месторасположения точки питания (*feed point*), для которой должен быть получен минимальный коэффициент отражения.

в) *Согласование импеданса*

- ◆ Согласование импеданса PIFA достигается позиционированием однократного питания пина (вывода) в пазах слота, и за счет оптимизации пространства между питающим и короткозамкнутыми пинами (выводами).
- ◆ Основной идеей при проектировании PIFA является отказ от каких-либо дополнительно сосредоточенных компонентов для согласования сети, и таким образом избежать потерь из-за этого.

г) *Диаграмма направленности*

- ◆ Диаграммой направленности PIFA является относительное распределение излучаемой мощности в зависимости от направления в пространстве.
- ◆ В обычном случае диаграмма направленности определяется в дальней зоне и представляется в зависимости от направленности координат. Излучающие свойства включают в себя плотность потока мощности, силы поля, фазы и поляризации.

д) *Распределения электрических полей*

Доминирующая составляющая электрического поля E_z равна нулю на короткозамкнутом краю платы, в то время как напряженность этого поля на противоположном краю планарного элемента значительно больше.

Для полей E_x и E_y есть заостренная часть, которая соединяется с источником питания. Это означает, что силовая электрическая линия направлена от источника питания (*feed*) на землю (*ground plane*).

В тех местах, где ширина короткозамкнутой полосы уже, чем планарный элемент, электрические поля E_x и E_y начинают **генериться** на всех открытых контурах планарного элемента.

Эти поля рассеяния являются излучающими источниками в PIFA.

е) *Распределение тока*

- ◆ PIFA имеет очень большой ток на нижней поверхности планарных элементов и горизонтальной плоскости по сравнению с полем на верхней поверхности элемента. В связи с этим, PIFA лучший объект для влияния на неё внешних факторов, которые влияют на характеристики антенны (например, руки оператора мобильной связи / голова).
- ◆ PIFA поверхности распределения тока различаются для разной ширины короткозамкнутых пластин. Максимальное распределение тока ближе к короткому выводу и снижается при удалении от него.
- ◆ Волны поверхности земли может произвести ложные излучений или пара энергии на разрывах, приводит к искажениям в основной шаблон, или нежелательные потери мощности. Эффектами поверхностной волны можно управлять с помощью фотонной запрещенной зоны структуры (или просто зазором в диэлектрике). Это снимает ограничение с низкой эффективности, вместе с определённой степенью влияния величины аксессуара, который будет обсуждать выше.

ж) *Эффекты субстратов на параметры*

- ◆ Пропускная способность PIFA обратно пропорциональна добротности - Q , определённой для резонатора:

$$Q = \text{запасенная энергия} / \text{потери мощности};$$

- ◆ В подложке с высокой диэлектрической постоянной (E_R), как правило, сохраняется энергии больше, чем излучается. При моделировании PIFA, как конденсатора с потерями и высокой E_R , это приводит к высокой добротности и, очевидно, снижению пропускной способности. Аналогично, когда толщина подложки увеличивается, обратно пропорционально толщине уменьшается энергия, запасенная в PIFA и также добротность.
- ◆ В целом, увеличение роста и снижение E_R могут быть использованы для увеличения пропускной способности PIFA.

3) Эффективность

Эффективность антенны PIFA в окружающей среде понижается в соответствии с понесенными ею потерями, в том числе: омическими потерями, несоответствием потерь, потерями в фидерной линии передачи, потерями края власти, внешних паразитных резонансов и т. д.

Следует отметить, что процессы расчета и моделирования PIFA антенны довольно сложны и проводятся с помощью мощных пакетов специализированных программ. Производство этих антенн обеспечивается современным, высокотехнологичным оборудованием. Как правило, такая антенна предназначена для работы в конкретной конструкции определённого сотового телефона (или модельного ряда) и не работает, как универсальная, в устройствах встроенного беспроводного оборудования.

5.2.2. PCB антенна

Примерами такого вида антенн являются PCB-антенна P/N #1513165-1 производства фирмы Тусо Electronics (Рис.11а), довольно доступная для приобретения сегодня, или антенна ANT-916-SP (Рис.11б), производства компании Linx Technologies, Inc.



Рис.11а



Рис.11б

Параметры PCB-антенны P/N #1513165-1

| | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|------|----|------|
| Частотный диапазон GSM900 | МГц | 824 | | 960 |
| Частотный диапазон GSM1800 | МГц | 1780 | | 1990 |
| Коэффициент усиления антенны | дBi | | 0 | |
| Импеданс | Ом | | 50 | |
| WSWR | меньше, чем 2,5:1 | | | |
| Диаграмма направленности | ненаправленная, круговая | | | |

Параметры PCB-антенны ANT-916-SP

| | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|--|-----|--|
| Частотный диапазон GSM900 | МГц | | 916 | |
| Полоса пропускания | МГц | | 30 | |
| Коэффициент усиления антенны | дBi | | 0 | |
| Импеданс | Ом | | 50 | |
| WSWR | ≥ 1,9 | | | |
| Диаграмма направленности | ненаправленная, круговая | | | |

PCB-антенны просты, имеют низкую стоимость. Они удобны для применения в носимой аппаратуре, построенной на базе встраиваемых беспроводных устройств.

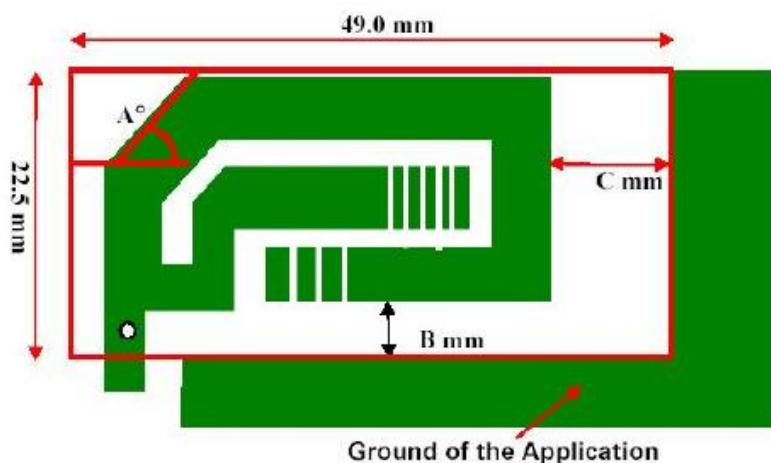


Рис.12

На рисунке 12 приведен пример PCB-антенны диапазонов GSM900 и GSM1800, которая предлагается для использования в разработках встраиваемого беспроводного оборудования компанией **Siera Wireless** (Канада). Подробное описание антенны, с рекомендациями и техническими данными, приведено в документе *Tuneable PCB Antenna* на сайте компании <http://www.sierrawireless.com/>.

5.3. Простейшие внешние антенны для встроенных устройств.

В простейшем случае в качестве внешней антенны используется металлический штырь, длина которого равна 1/4 длины волны (около 8см в GSM900 и 4см в GSM1800).

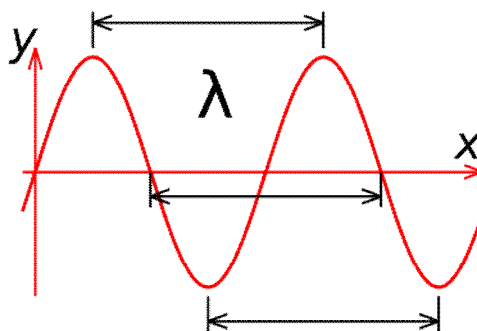


Рис.13

Длина волны λ (рис.9) может быть измерена между любыми двумя точками волны с одинаковой фазой, максимумами, минимумами или узлами волны.

$$\lambda = \frac{300}{f}$$

где частота f в МГц, а длина волны λ в метрах.

$$1/4 \cdot \lambda_{900} = 300/900 = 0,0833 \text{ м или } 8,33 \text{ см,}$$

или для высоты штыря:

$$h(\text{см}) = 7500/900 = 8,33 \text{ см}$$

Для диапазона EGSM-900 частоты передачи с 880 МГц до 915 МГц, а приёма с 925 МГц до 960 МГц (разнос между частотами приёма и передачи 10 МГц). Средняя частота середины диапазона равна 920 МГц.

$$1/4 \cdot \lambda_{920} = 300/920 = 0,0815 \text{ м или } 8,15 \text{ см}$$

Для увеличения эффективности внешней антенны рекомендуется при её изготовлении и настройке в качестве рабочей частоты брать не среднюю между частотами приёма (Rx) и передачи (Tx), а частоту передачи (Tx). Это более обосновано, так как максимальная мощность передатчика модема пользователя, безусловно, меньше чем у базовой станции, и при худших условиях модем просто не будет услышан.

$$1/4 \cdot \lambda_{915} = 300/915 = 0,082 \text{ м или } 8,2 \text{ см}$$

При этом коэффициент усиления такой антенны полагается равным 0 дБ, то есть антенна как бы не обладает никаким усилением.

Другой простейший вид - дипольная антенна (рис.14), которую можно изготовить буквально за 15 минут. Берем коаксиальный кабель, например RG6U, срезаем с одного конца верхнюю изоляцию и "разделяем" его. Получаем центральный проводник и оплетку кабеля. К центральному проводнику припаиваем медный провод диаметром 1...2,5 мм и длиной 82 мм (для диапазона 900 МГц). К оплетке припаиваем второй кусок провода такой же длины (рис.10). Другой конец кабеля подключаем к модему (через разъем или переходник). Располагаем "рога" вертикально (один вверх, другой вниз) и получаем нечто похожее на букву "Т", положенную набок (в GSM используется вертикальная поляризация, поэтому требуется именно такое расположение диполя).

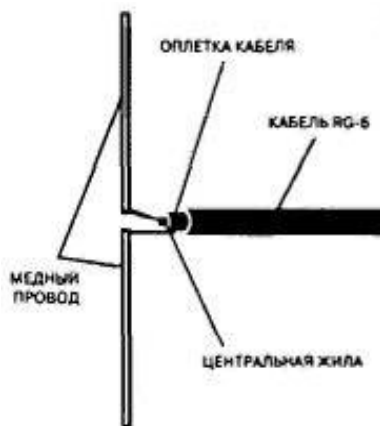


Рис.14

Простейшие антенны (в том числе и штыревые с магнитным основанием) имеют коэффициент усиления до 3 dBm, и в зонах неуверенной радиосвязи могут вести себя неустойчиво.

5.3. Выносные (внешние) антенны для встроенных устройств

Существуют и двух-трехдиапазонные, и комбинированные антенны. В пригородных условиях необязательно использовать двухдиапазонные антенны, поскольку обычно они имеют меньшее усиление, чем однодиапазонные, а покрытие за городом и на краю зоны всегда обеспечивается в диапазоне GSM 900.

Внешняя антенна используется, как правило, для улучшения качества связи в зданиях и подвальных помещениях, а также для обеспечения связью вне зоны приёма в пригороде. Такая антенна устанавливается на улице.

Существуют следующие ситуации, в которых внешние антенны просто необходимы:

- ◆ Неустойчивая связь на границе зоны покрытия из-за предельной удаленности от ближайшей базовой станции;
- ◆ Работа внутри зоны покрытия, но в местах радиотени (складки рельефа, экранировка крупными естественными или искусственными сооружениями);
- ◆ Связь внутри помещения с высокой степенью ослабления сигнала (подвалы и полуподвалы, металлические сооружения, здания, обшитые металлом и т.д.).

При использовании на объектах внешних антенн, в условиях ослабления сигнала внутри зданий (подвальные или изолированные производственные помещения и т.д.) идёт борьба за каждую десятую часть децибела потерь. Антенна - пассивный элемент! Она лишь "работает" с энергией электромагнитных волн из эфира, а дальше дело за кабелем фидера и переходниками, обеспечивающих вынос антенны наружу - в зону уверенного покрытия сигналом базовой станции GSM.

Использование внешней антенны в большинстве случаев увеличивает срок работы модема (устройства) от аккумулятора, так как в зависимости от уровня сигнала варьируется и мощность передатчика модема, а в случае применения внешней антенны она меньше.

Специалисты, руководствуются правилом: применение внешней антенны дает выигрыш, только если затухание на используемой длине кабеля и разъемах не будет больше 50% от подаваемого сигнала. В противном случае, установка внешней антенны не даст выигрыша за счет слишком большого ослабления подаваемого сигнала.

В приведённой ниже Таблице 5 приводится зависимость величины ослабления радиосигнала от различных материалов конструкций зданий объектов, внутренних и внешних преград.

Таблица 5

| Наименование | Ед.изм. | Значение |
|--|---------|-----------|
| Деревянная или пенобетонная стена | дБ | 3-4 |
| Кирпичная стена | дБ | 3-4 |
| Бетонная стена | дБ | 10 |
| Железобетонная стена | дБ | 18-20 |
| Железобетонная стена с объемным армированием | дБ | до 30 |
| Окно в кирпичной стене | дБ | от 2 |
| Стекло в металлической раме | дБ | от 3 |
| Железная дверь в офисной стене | дБ | 7 |
| Железная дверь в кирпичной стене | дБ | 12,4 |
| Стекловолокно | дБ | 0,5-1 |
| Стекло | дБ | 3-20 |
| Дождь, туман | дБ | 0,02-0,05 |
| Деревья | дБ | 0,35 |

5.4 Выносные штыревые антенны

GSM антенна Erisson – штыревая антенна с магнитным держателем для установки на горизонтальную поверхность. Используется совместно с GSM устройством для усиления радиосигнала и обеспечения надежной связи.

| | | |
|--------------------------------|----------------|-----------|
| GSM диапазон | 900 | 1800 |
| Рабочий диапазон | 890-960 МГц | 1710-1880 |
| Коэффициент усиления | 3 дБ | |
| Сопротивление | 50 Ом | |
| KCB(VSWR) | не более 1,9:1 | |
| Тип разъёма | FME(m), SMA(m) | |
| Длина кабеля | 2,5 м | |
| Размер (высота) | 106 мм | |
| Магнитная база | 15 мм | |
| Рабочий температурный диапазон | -40 ... +85°C | |



Рис.15 GSM Антенна Erisson

5.5 Штыревые выносные коллинеарные антенны с высоким усилением

Конструкции более сложных антенн называются коллинеарными и состоят из двух и более штырей, соединенных между собой фазосдвигающими катушками индуктивности. Такие антенны могут иметь коэффициент усиления (3-12dBm) и обеспечивают более надежную связь.

Внимание! Большинство антенн выпускаются заводами с разъемом типа FME-female. Это своего рода стандарт.

GSM-антенны от компании ADACTUS предназначена для усиления слабого GSM сигнала в условиях затруднённого приёма. GSM-антенны ADACUTS хорошо себя зарекомендовали как в условиях многократного переотражённого сигнала, так и в условиях недостаточного приёма (тоннели, подземные переходы, подвальные помещения).

5.5.1 GSM антенна ADOCTUS ADA-0071

GSM антенна ADOCTUS ADA-0071 обладает коэффициентом усиления до ~ 7 dB.

Антенна ADOCTUS ADA-0071 FME\SMA обычно применяется совместно с GSM модемами или GPRS терминалами в условиях плохого приёма GSM-сигнала.

GSM Антенна ADOCTUS ADA-0071 обладает коэффициентом усиления до ~ 7 dB.

Антенна ADOCTUS ADA-0071 FME\SMA обычно применяется совместно с GSM модемами или GPRS терминалами в условиях плохого приёма GSM сигнала.



Рис.16

Технические параметры GSM антенны ADOCTUS ADA-0071 FME/SMA:

- ◆ рабочий GSM диапазон: 850/900/1900/1800 МГц
- ◆ волновое сопротивление: 50 Ом
- ◆ коэффициент усиления: 7 dB
- ◆ длина кабеля RG-58: 2,5 м / 3 м
- ◆ ВЧ Разъем: FME-female или SMA (male).

5.5.2 GSM антенна ADOCTUS ADA-0071-13

GSM антенна ADOCTUS ADA-0071 обладает коэффициентом усиления до ~ 14 dB. Антенна ADOCTUS ADA-0071 FME\SMA обычно применяется совместно с GSM модемами или GPRS терминалами в условиях плохого приёма GSM сигнала.



Рис.17

Технические параметры GSM антенны ADOCTUS ADA-0071-13 FME/SMA:

- ◆ рабочий GSM диапазон: 850/900/1900/1800 МГц
- ◆ волновое сопротивление: 50 Ом
- ◆ коэффициент усиления: 14 dB
- ◆ Длина кабеля RG-58: 2,5 м / 3 м
- ◆ ВЧ-Разъем: FME-female или SMA (male)

5.5.3 GSM антенна ANTEY 914

GSM антенна от компании ANTEY предназначена для установки на вертикальные поверхности. Антенна ANTEY 914 имеет коэффициент усиления ~ 5,5 dB. GSM антенна ANTEY 914 FME\SMA обычно применяется совместно с GSM модемами или GPRS терминалами в условиях плохого приёма GSM сигнала.



Рис.18

Технические параметры GSM антенны ANTEY 914 FME/SMA:

- ◆ рабочий GSM диапазон: 850/900/1900/1800 МГц
- ◆ волновое сопротивление: 50 Ом
- ◆ коэффициент усиления: 5,5 dB
- ◆ длина кабеля RG-58: 2,5 м / 3 м
- ◆ ВЧ Разъем: FME-female или SMA (male)

5.5.4 GSM антенна ANTEY 901

GSM антенна ANTEY 901 FME\SMA от компании АНТЕЙ предназначена для установки на вертикальные поверхности. Коэффициент усиления GSM антенны ANTEY 901 ~ 7 dB. Антенна обычно применяется совместно с GSM модемами или GPRS терминалами в условиях плохого приёма GSM сигнала.

Технические параметры GSM антенны АНТЕЙ 901 FME/SMA:

- ◆ Рабочий GSM диапазон: 850/900/1900/1800 МГц
- ◆ Волновое сопротивление: 50 Ом
- ◆ Коэффициент усиления: 7 dB
- ◆ Длина кабеля RG-58: 2,5 м / 3 м
- ◆ ВЧ Разъем: FME-female или SMA (male).



Рис.19

5.5.5 GSM антенна ANTEY 902 FME/SMA

GSM антенна от компании АНТЕЙ предназначена для установки на вертикальные поверхности. Антенна ANTEY 902 имеет коэффициент усиления ~ 9 dB. GSM антенна АНТЕЙ 902 FME\SMA обычно применяется совместно с GSM модемами или GPRS терминалами в условиях плохого приёма GSM сигнала.

Технические параметры GSM антенны АНТЕЙ 902 FME/SMA:

- ◆ рабочий GSM диапазон: 850/900/1900/1800 МГц
- ◆ волновое сопротивление: 50 Ом
- ◆ коэффициент усиления: 9 dB
- ◆ длина кабеля RG-58: 2,5 м / 3 м
- ◆ ВЧ Разъем: FME-female или SMA (male).

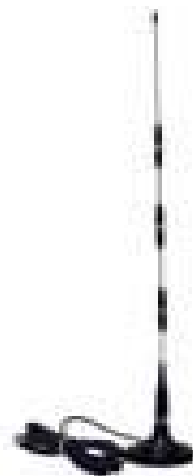


Рис.20

5.5.6 GSM антенна ANTEY 904

GSM антенна от компании АНТЕЙ предназначена для установки на вертикальные поверхности. Антенна ANTEY 904 имеет коэффициент усиления ~ 9.0 dB. GSM антенна АНТЕЙ 904 FME\SMA обычно применяется совместно с GSM модемами или GPRS терминалами в условиях плохого приёма GSM сигнала.

Технические параметры GSM антенны АНТЕЙ 904 FME/SMA:

- ◆ рабочий GSM диапазон: 850/900/1900/1800 МГц
- ◆ волновое сопротивление: 50 Ом
- ◆ коэффициент усиления: 9,0 dB
- ◆ длина кабеля RG-58: 2,5 м / 3 м
- ◆ ВЧ Разъем: FME-female или SMA (male).



Рис.21

5.5.7 GSM антенна ANTEY 906 FME/SMA

GSM антенна от компании Антей предназначена для установки на вертикальные поверхности. Антенна ANTEY 906 имеет коэффициент усиления ~ 13,5 dB. GSM антенна ANTEY 904 FME\SMA обычно применяется совместно с GSM модемами или GPRS терминалами в условиях плохого приёма GSM сигнала.

Технические параметры GSM антенны ANTEY 906 FME/SMA:

- ◆ рабочий GSM диапазон: 850/900/1900/1800 МГц
- ◆ волновое сопротивление: 50 Ом
- ◆ коэффициент усиления: 13,5 dB
- ◆ длина кабеля RG-58: 2,5 м / 3 м
- ◆ ВЧ Разъем: FME-female или SMA (male).



Рис.22

5.6 Внешние стационарные антенны

Для наружной установки так же используются *внешние стационарные* штыревые антенны, логопериодические и антенны типа "волновой канал". Наружная штыревая антенна дает усиление до 3...7 дБ, излучая волны по кругу. Антенны типа "волновой канал" и логопериодические внешне выглядят как дециметровая телевизионная антенна и дают усиление до 7...15 дБ в одном направлении.

Внешняя стационарная антенна устанавливается на кронштейне или мачте на стене или крыше и направляется в сторону базовой станции, сигнал которой принимается устойчиво. "База" совсем необязательно должна быть ближайшей, так как все зависит от расположения антенны и рельефа местности. (Возможен и вариант, что база с самым сильным уровнем сигнала, возможно, не будет с вами работать, так как находится хоть и на прямой видимости, но на расстоянии, которое больше теоретического предела дальности для стандартного режима работы 35 км в GSM900).

5.5 Установка выносных и внешних стационарных антенн.

Необходимо определить место расположения антенны. Правила здесь просты и понятны. Антенна должна быть установлена как можно выше. Если известно направление на ближайшую базовую станцию, располагать антенну целесообразно именно с той стороны строения, которая выходит на это направление.

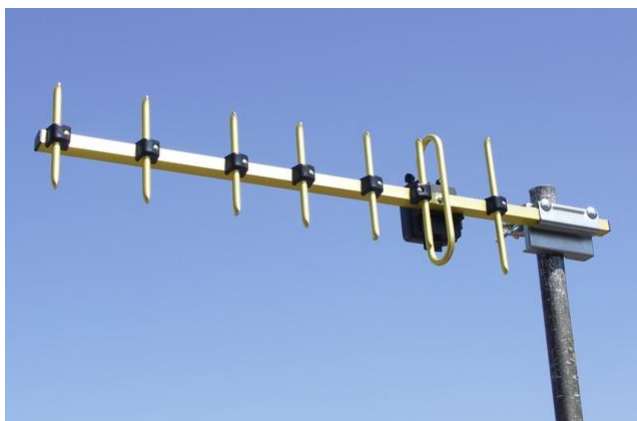


Рис.23.

Ориентацию антенны необходимо выполнять очень внимательно, медленно вращая антенну "по горизонту" и наблюдая за индикацией уровня сигнала. Так как изменение напряженности поля отображается индикацией не сразу, а через 5...10 секунд, - вращать антенну при этом нужно очень медленно, чтобы не проскочить направление на самый сильный сигнал.

Антенна устанавливается (рис.23) в вертикальной поляризации (штыри антенн направлены "небо - земля", направляющая стрела располагается горизонтально и параллельно земле). При установке антенны в городе при многоэтажной застройке и работе на отражённом сигнале поляризация может многократно измениться, и нужно искать оптимальный угол экспериментально. Для смены поляризации с вертикальной на горизонтальную достаточно повернуть крепление на 90 градусов.

При смене оператора или развитии сети может потребоваться новая юстировка антенны.

Имеет большое значение высота над уровнем земли, но в разумных пределах, *иначе затухание сигнала в кабеле сведет на нет все усилия*. Часто больший эффект дает установка антенны на кронштейне за окном на двухметровом кабеле, чем на 10-метровой мачте в 10 метрах от дома. Конечно, чем выше, тем лучше, но в пределах одного метра (уже на высоте установки) нужно искать лучшее место, а оно может быть на 30-40см ниже или выше планируемого.

От длины кабеля во многом зависит коэффициент усиления всего *антенно-фидерного тракта* (АФТ) системы, подключенного к устройству. Паспортные данные внешних антенн не учитывают длину кабеля.

Настроенную антенну необходимо тщательно закрепить и загерметизировать контакты подключения кабеля.

6. ПОДБОР КАБЕЛЯ И АНТЕННЫХ ПЕРЕХОДНИКОВ

У модемов есть разъем (и печатные контакты) для внешней антенны. Кроме того, для реализации устройств существует так называемая кабельная сборка (антенный переходник), которая представляет собой короткий кусок кабеля, с одной стороны которого - специфический высокочастотный разъем (или залуженные концы), а с другой - стандартный высокочастотный разъем типа SMA ,например. Обычно затухание в кабельной сборке не превышает одного децибела (очень грубая оценка).

Если кусок кабеля между антенной и модемом не больше 3-х метров (обычно этот кабель с посредственными характеристиками), то потерями в нем пренебрегают. Но, при использовании этой же антенны в более сложном варианте антенно-фидерного тракта, этот кусок кабеля из-за рассогласованности может внести существенное ослабление сигнала. Антенна для её нормальной работы должна быть хорошо сделана и настроена, использование некачественной конструкции может не улучшить связь, а ухудшить.

При большей длине линии связи вопрос выбора кабеля приобретает первостепенную роль. Причем имеет значение не только затухание, но и волновое сопротивление кабеля, лучше использовать 50-омный.

6.1 Высокочастотный коаксиальный кабель

6.1.1 Кабель RadioLab 5D-FB

Радиочастотный кабель RadioLab 5D-FB, двойная оплетка, внеш. диам. 7,5 мм, волновое сопротивление 50 Ом. Потери 0,22 дБ/м (900 МГц), 0,29 дБ/м (1800 МГц), двойная оплетка, экранировка > 90 дБ, (США). Применяется в системах ретрансляции сотового сигнала на участках длиной до 100 м.

5D-FB PVC - усовершенствованная PEEG версия популярного гибкого кабеля, своего рода "стандарта" у профессионалов в технике связи диапазона 400-7500 МГц. Кабель небольшого диаметра с плотным двойным экраном, сплошным центральным проводником из чистой меди с ещё более высокими эксплуатационными параметрами, достигнутыми за счет использования физически вспененного диэлектрика (PEEG).



Рис.24

Коэффициент погонного затухания 5D-FB PVC не хуже, чем у кабеля RG-213, имеющего в 1,5 раза больший диаметр. Оболочка кабеля изготовлена из материала, стойкого к ультрафиолетовому излучению.

Аналогов по соотношению цена/качество на отечественном рынке не имеет.

Диапазон рабочих температур: -40°C...+70°C.

Технические характеристики

| Кабель | 5D-FB PVC |
|----------------------------|--------------|
| Импеданс | 50±2 Ом |
| Погонная емкость | 81,69 пФ/м |
| Коэффициент укорочения | 1,23 |
| Диаметр центральной жилы | 1,8 мм |
| Материал проводника | BC |
| Диаметр диэлектрика | 5,0 мм |
| Материал диэлектрика | FPE |
| Внешний диаметр оболочки | 7,5 мм |
| Материал оболочки | PVC |
| Основной экран | DF |
| Плотность основного экрана | 100% |
| Конфигурация оплетки | 24x5x0.14 мм |
| Материал оплетки | ТС |
| Плотность оплетки | 88 % |

Обозначения:

- BC** – чистая медь;
- FPE** – физически вспененный полиэтилен;
- PVC** – поливинилхлорид;
- DF** – двухсторонняя алюминиевая фольга на лавсановой основе;
- ТС** – луженая медь.

Таблица затухания для коаксиального кабеля 5D-FB.

| Частота, МГц | Затухание, дБ/100м |
|--------------|--------------------|
| 800 | 18,6 |
| 900 | 19,7 |
| 1200 | 23,0 |
| 1800 | 28,9 |
| 1900 | 29,8 |
| 2450 | 34,4 |

6.1.2 Кабели РК 50-4,8-31, РК 50-4,8-32, РК 50-4,8-34 и РК 50-4,8-35

РК 50-4,8-31, РК 50-4,8-32, РК 50-4,8-34 и РК 50-4,8-35 - кабели коаксиальные радиочастотные для систем спутниковой и радиосвязи (РК 50) одиночной прокладки (ТУ 16.К99-019-2004).



Рис.24

Класс пожарной опасности кабелей по ГОСТ Р 53315–2009 – О1.8.2.3.4 (PK 50-4,8-31_PK 50-4,8-34) и О2.8.1.2.1 (PK 50-4,8-32_PK 50-4,8-35).

Сертифицированы в системе ГОСТ Р. Кабели марок PK 50-4,8-31 и PK 50-4,8-34 соответствует требованиям нормативных документов «Технического регламента о пожарной безопасности», в том числе установленным в ГОСТ Р 53315-2009 (п.5.2, ПРГО 1) по нераспространению горения при одиночной прокладке.

Область использования:

Кабели коаксиальные радиочастотные предназначены для одиночной стационарной прокладки в антенных трактах систем радиосвязи. Конструктивное исполнение аналогично кабелям марок LMR-300 TIMES MICROWAVE и 5DFB RADIOLAB.

Кабели имеют повышенную степень экранирования и могут использоваться с соединителями типов: BNC, TNC, N, FME, SMA, SMB и UHF. Кабель марки PK 50-4,8-34 эксплуатируется внутри и вне помещений при условии защиты от прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков; PK 50-4,8-35 – на открытом воздухе.

Конструкция:

Внутренний проводник: медный однопроволочный; диаметр внутреннего проводника 1,72 мм.

Изоляция: пористый полиэтилен физического вспенивания; диаметр по изоляции 4,80 мм.

Внешний проводник: Оплетка плотностью (90-95)% из медных проволок диаметром 0,15 мм, наложенная поверх меднолавансановой ленты; диаметр по внешнему проводнику 5,6 мм.

Оболочка: ПВХ пластикат (PK 50-4,8-31 и PK50-4,8-34) белого или серого цвета или светостабилизированный полиэтилен (PK 50-4,8-32 и PK50-4,8-35) черного цвета (7,0±0,5) мм.

Электрические параметры:

| | |
|--|------------|
| <i>Волновое сопротивление, Ом</i> | 50 ± 2 |
| <i>Электрическая емкость, пФ / м</i> | 80 |
| <i>Максимальная мощность на частоте 1 ГГц, Вт</i> | 290 |
| <i>Кэффициент укорочения длины волны</i> | 1,22 |
| <i>Сопротивление изоляции при 20°C, не менее, МОм × км</i> | 5000 |
| <i>Сопротивление внутреннего/внешнего проводников постоянному току при 20°C, не более, Ом / км</i> | 7,1 / 10,1 |
| <i>Сопротивление связи, не более, мОм / м</i> | 10 |
| <i>Испытательное напряжение изоляции частотой 50 Гц, кВ</i> | 3 |

Частотные характеристики:

| Частота, МГц | Затухание, дБ/100м |
|---------------------------|--------------------|
| 800 для PK 50-4,8-31(32) | 18,0 |
| 800 для PK 50-4,8-34(35) | 17,8 |
| 850 для PK 50-4,8-31(32) | 20,0 |
| 850 для PK 50-4,8-34(35) | 18,5 |
| 1000 для PK 50-4,8-31(32) | 31,4 |
| 1000 для PK 50-4,8-34(35) | 29,3 |

| <i>Массогабаритные и эксплуатационные параметры:</i> | PK 50-4,8-34 | PK 50-4,8-35: |
|--|---------------------|----------------------|
| Диапазон рабочих температур, °C | –40 ÷ 70 | –60 ÷ 85 |
| Мин. радиус изгиба кабеля при T>5°C / T<5°C, м | 36 / 70 | 36 / 40 |
| Срок службы, лет | 15 | 20 |
| Расчетная масса, кг / км | 86,9 | 80,0 |

6.1.3 Требования к прокладке коаксиального кабеля

При монтаже любого кабеля в любом здании приходится сталкиваться с огромным количеством проблем. Одна из причин - достаточно высокая (для того, чтобы создать проблемы) насыщенность зданий целой системой кабельных и проводных сетей: телефонные, телевизионные, системы пожарной и охранной сигнализации, локальные вычислительные сети компьютерных систем, системы электрообеспечения и т.п. кабельные коммуникации зачастую просто опутывают все помещения. Так называемые "интеллектуальные здания" у нас пока практически не строятся. Поэтому при проведении работ по монтажу кабеля приходится решать следующие проблемы:

- обслуживающий персонал любой кабельной подсистемы здания (пожарной или компьютерной) считает свою подсистему главной и не принимает во внимания Ваши требования;
- заложенные при строительстве коммуникации полностью забиты как действующим, так и безхозным кабелем, но освободить их от неиспользуемых кабельных систем невозможно без повреждения работающих сетей, а использовать безхозные нельзя из-за множественных повреждений;
- кабель, прибитый по плинтусам в коридорах здания - это не прокладка антенны, способной надежно просуществовать несколько лет.



Поливинилхлорид (PVC) - это пластик, который применяется в качестве изолятора или внешней оболочки у большинства коаксиальных кабелей (в том числе кабелей п.п А и Б). Кабель PVC достаточно гибок, его можно прокладывать на открытых участках помещений. Однако при горении он выделяет ядовитые газы, поэтому его нельзя прокладывать в общих кабельных и вентиляционных шахтах.

Идеальный вариант прокладки - это использовать специальные короба, применяемые для структурированных кабельных систем, которые имеют разное сечения для укладки кабеля, фурнитуру крепления. При выводе наружу обязательна герметизация разъемов фидера термоусадкой на клеевой основе! При применении суррогата (изолента, пластилин и т.д.) через непродолжительное время влага проникнет в разъемы фидера. Симптомы - неприемлемое затухание в кабеле.

Примечание: в технических описаниях кабелей приведен такой параметр как минимальный радиус изгиба кабеля при прокладке. Соблюдение этого параметра должно выполняться.

6.2 Высокочастотные (ВЧ) разъемы и коннекторы

6.2.1 Распространённые виды разъёмов

| Обозначение русское | Обозначение международное | Волновое сопротивление Ом | Сечение канала, мм/мм | Сочленение | Предельная част. ГГц | Изображение |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------|---|
| Тип II | 7/16 | 50 | 16/6,95 | M27×1,5 | 7,5 |  |
| Тип III «Экспертиза» | Тип N | 50 | 7/3,04 | M16×1 (для III), дюймовая (для N) | 12,4/7,5 |  |
| Тип IV | нет аналога | 50 | 13,5/4,1 | M18×1 | 10/3 | |

| | | | | | | |
|---------------|-------------|----|----------|--|----|---|
| Тип V | Тип BNC50Ω | 50 | 7/2,15 | байонет | 10 |  |
| нет аналога | Тип BNC75Ω | 75 | | байонет | |  |
| Тип VI | нет аналога | 50 | 10/3,4 | M20×1 | 10 | |
| Тип VII | нет аналога | 75 | 16/4,6 | M27×1,5 | 1 | |
| Тип VIII | нет аналога | 75 | 13,5/2,5 | M18×1 | 3 | |
| Тип IX «Град» | Тип SMA | 50 | 3,5/1,52 | M6×0,75(для "Град"), дюймовая (для SMA) | 18 |  |
| нет аналога | Тип SMB | 50 | | дюймовая резьба | 4 |  |
| нет аналога | Тип TNC | 50 | 7/2,15 | дюймовая резьба | 11 |  |
| | Тип UHF | 50 | | резьба 18 мм | |  |

6.2.2 Обозначение разъемов и коннекторов

а) Обозначение разъемов



| Серия разъема | Конструкция разъема | Кабельная группа |
|------------------------------|-------------------------------------|---|
| B: BNC серия | 0: Цанговый | B: RG-8, RG-213, PK 50-7-11, PK 50-7-35, PK 50-7-311, RG-165, RG-393 |
| F: F серия | 1: Прямой | B 2.8: DX-1000, DX-10A, B9913 |
| M: Mini UHF серия | 2: Угловой | C: RG-9, RG-9A/B, RG-214 |
| N: N серия | 3: Приборный под гайку | F: RG-58, RG-141, RG-303, B7806A, B8240, B8259, LMR-195, PK 50-2-215, PK 50-3-14, PK 50-3-15 |
| N1: Nipple серия (FME) | 4: Приборный фланец | G: RG-59, RG-59A/B, RG-62, RG-62A/B/C, RG-210 |
| P: Phone серия | 5: Приборный под гайку (угловой) | L: RG-174, RG-188, RG-316, B7805A, B8216, B84316, LMR-100A, PK 50-1.5-12 |
| R: RCA серия | 6: Приборный фланец (угловой) | M: RG-178, RG-178A/B, RG-196, RG-196A |
| S: SMA серия | | N: RG-179, RG-187A |
| S1: SMB серия | Монтаж оплетки | P: RG-55A, RG-223 |
| S2: SMC серия | 1: Обжимной | X: RG-8/X, B9258, B7808A, LMR-240 |
| S3: SMP серия | 2: Прижимной | 5D: PK 50-4.8-35, LMR-300 |
| T: TNC серия | 3: Накручивающийся | 8D: 8D-FB |
| U: UHF серия | 4: Замковый | 10D: 10D-FB |
| 11: MCX серия | 5: Пайка | |
| 12: 1.6/5.6 серия | | |
| 13: MMCX серия | Покрытие | |
| 14: SMZ серия (SMB 75 Ом) | B: Черный хром | |
| 15: 1.0/2.3 серия | C: Хром | |
| 17: MC-CARD серия | G: Золото | |
| 19: SSMA серия | N: Никель | |
| 20: SSMB серия | S: Серебро | |
| 25: 7/16 серия | T: Олово | |
| | W: Белая бронза | |
| Тип разъема | Y: Желтый хром | |
| 1: Вилка (папа) | Материал диэлектрика | |
| 2: Розетка (мама) | B: Бакелит | |
| 3: Переходник (прямой) | D: Дельрин | |
| 4: Переходник (угловой) | T: Тефлон | |
| 5: Тройник (T-юре) | | |
| 6: Терминатор | | |
| 7: Грозоразрядник | | |

Для наиболее распространенных типов, обозначение разъемов состоит из начальной буквы, трехзначного числа и конечной буквы, например:

B-212 F

1) Первая буква обозначает серию разъема:

B - BNC серия **S** - SMA серия **F** - F серия **S1** - SMB серия **M** - Mini UHF серия **T** - TNC серия **N** - N серия **U** - UHF серия **N1** - FME серия

2) Первая цифра трехзначного числа обозначает:

1 – вилка (папа); 2 – розетка (мама).

3) Две последние цифры трехзначного числа обозначают следующее:

11 - Crimp (обжим); **12** - Clamp (зажим); **13** - Twist-on (накрутка); **35** - Bulkhead (приборный под гайку); **41** - Panel crimp (приборно-кабельный под обжим); **42** - Panel clamp (приборно-кабельный под зажим); **45** - Panel jack (приборный фланец).

Примеры:

T-111 В - разъем серии TNC - вилка, под **обжим**



B-112 F - разъем серии BNC, вилка, под **зажим**



U-113 В - разъем серии UHF, вилка, **накрутка**



T-235 - разъем серии TNC, розетка, **приборный под гайку**



N-241 В - разъем серии N, розетка, **приборно-кабельный под обжим**



N-242 В - разъем серии N, розетка, **приборно-кабельный под зажим**



U-245 - разъем серии UHF, розетка, **приборный фланец**



4) Последняя буква после трехзначного числа обозначает марку кабеля.

б) Система обозначения переходников

Переходники обозначаются одной или двумя начальными буквами и трехзначным числом, например: **B-311** или **BU-312**.

1) Одна буква обозначает, что это переходник одной серии, две буквы - межсерийный переходник двух разных серий. Расшифровка буквенных обозначений серий для переходников такая же как для разъемов:

B - BNC серия **S** - SMA серия **F** - F серия **S1** - SMB серия **M** - Mini UHF серия **T** - TNC серия **N** - N серия **U** - UHF серия **N1** - FME серия.

2) Первая цифра, следующая за буквой:

3 - прямой переходник; **4** - угловой переходник; **5** – тройник.

Примеры:

U-**322** - прямой переходник серии **UHF**, розетка-розетка



NU-**412** - угловой переходник с **N**-вилки на **UHF** розетку



U-**522** - тройник серии UHF, розетки



3) Вторая цифра трехзначного числа относится к первой букве обозначения и соответствует:

1 - Male (папа), **2** - Female (мама), **3** - Bulkhead (приборная гайка)

4) Третья цифра трехзначного числа относится ко второй букве обозначения и соответствует:

1 - Male (папа) , **2** - Female (мама).

в) Конструктивное исполнение.

Основной перечень поставляемых разъемов соответствует исполнению N.G.D. - расшифровывается как N - никель (покрытие корпуса), G - золото (покрытие центрального контакта), D - дельрин (материал диэлектрика).

Ряд марок HIGH GRADE поставляются в исполнении N.G.T. (никель-золото-тефлон), а также SGT (серебро-золото-тефлон) и GGT (золото-золото-тефлон).

Например: N-112 B (GGT) - разъем N-типа, вилка, под пайку, для кабеля RG-213, корпус-золото, центральный контакт - золото, диэлектрик - тефлон.



| ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ ИСПОЛНЕНИЯ | | |
|-------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| ПОКРЫТИЕ КОРПУСА | ПОКРЫТИЕ ЦЕНТР. КОНТАКТА | МАТЕРИАЛ ДИЭЛЕКТРИКА |
| N - никель | N - никель | B - бакелит |
| S - серебро | S - серебро | D - дельрин |
| G - золото | G - золото | T - тефлон |
| T - олово | | P - пропилен |
| B - черный хром | | H - желтый DAP |
| | | A - ABS |

6.3 Кабельные сборки

Область применения – различные типы радиоэлектронной аппаратуры, измерительные и испытательные приборы, короткие вставки (джамперы) для связи мощных фидерных кабелей и антенн базовых станций сотовой связи.

Кабельная сборка - это законченное изделие, состоящее, как единое целое, из кабеля(ей) и соединителя(ей), с дополнительной защитой либо без нее, имеющее установленные (нормативные) параметры. Общие требования и методы испытаний описаны в стандарте МЭК 60 966 – 1 издание 2, 1999 г.

Примеры исполнения гибких кабельных сборок

СКР50-0,125-ШВР-7 / 3,04



| Кабель | Соединитель на конце А | Соединитель на конце В | Длина сборки в м | КСВн |
|------------------------|--|--|---------------------|---|
| PK50-3-35 (LMR 200) | 7 / 3,04; 3,5 / 1,52; ВР; ШВР; BNC; TNC; N; SMA | 7 / 3,04; 3,5 / 1,52; ВР; ШВР; BNC; TNC; N; SMA | 0,1 - 50 | 2 ГГц - $\leq 1,3$ 10 ГГц - $\leq 1,4$ |

СКР50-4,8-0,25-3,5 / 1,52 - 3,5 / 1,52



| Кабель | Соединитель на конце А | Соединитель на конце В | Длина сборки в м | КСВн |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|
| PK50-4,8-32 (LMR 300) | 3,5 / 1,52; SMA; N; BNC; TNC | 3,5 / 1,52; SMA; N; BNC; TNC | 0,5 - 50 | 10 ГГц - $\leq 1,2$ |

Примеры исполнения полугибких кабельных сборок

СКР50-3-0,125- SMA-SMA



| Кабель | Соединитель на конце А | Соединитель на конце В | Длина сборки в м | КСВн |
|--------|------------------------------|------------------------------|---------------------|--|
| RG-402 | 7 / 3,04; 3,5 / 1,52; N; SMA | 7 / 3,04; 3,5 / 1,52; N; SMA | 0,05 - 5 | 2 ГГц - $\leq 1,2$ 12 ГГц - $\leq 1,25$ 18 ГГц - $\leq 1,37$ |

Примеры исполнения полужестких кабельных сборок

СКР50-3-0,125-7/3.04 -3,5 / 1,52



| Кабель | Соединитель на конце А | Соединитель на конце В | Длина сборки в м | КСВн |
|-------------------|--------------------------|------------------------|------------------|--|
| PK50-3-29 (0.141) | 3,5/1,52(SMA), 7/3.04(N) | 3.5/1.52 , 7/3,04(N) | 0,1 - 3,0 | 2 ГГц - ≤1,2 12 ГГц - ≤ 1,25 18 ГГц - ≤ 1,37 |

СКР50-4-0,25-7/3.04 -3,5 / 1,52



| Кабель | Соединитель на конце А | Соединитель на конце В | Длина Сборки в м | КСВн |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------|--------------------------------|
| PK50-4-47 | 7/3,04(N) | 3,5/1,52(SMA) | 0,1 - 50 | 2 ГГц - ≤1,2 10 ГГц - ≤ 1,4 |

7. ПОСТРОЕНИЕ АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ ТРАКТОВ И РАДИОСИСТЕМ С ВНЕШНИМИ И ВЫНЕСЕННЫМИ АНТЕННАМИ

Задачи по подключению к беспроводному оборудованию дополнительных антенн, усилению мощности передатчика, включению в систему дополнительных фильтров довольно часто встречается в практике построения беспроводных сетей. И, как правило, на эту тему возникает много вопросов, самыми распространёнными из которых являются вопросы по соответствию разъемов на используемом оборудовании и дополнительных кабелях, а также вопросы по расчёту полученных систем.

Сразу необходимо отметить, что **вынос антенны - это дело неблагодарное**, потому как возникающие при этом негативные факторы, такие как затухание сигнала, на кабельных сборках и увеличение уровня паразитных шумов, значительно ухудшают характеристики исходной радиосистемы. Вместе с тем, подключенные антенны (особенно с большими коэффициентами усиления) во многом компенсируют все эти негативные факторы. Но, несмотря на это, при проектировании всё же стараются максимально сократить расстояние от порта активного оборудования до вынесенной антенны и, по возможности, подключить антенну напрямую к встроенному оборудованию.

7.1 Антенно-фидерный тракт.

Передатчик модема Q24PL003, установленного в модуле MLGW06 обладает следующими характеристиками:

- ◆ макс. мощность передатчика (EGSM & GSM850): 33 дБмВт ± 2 дБмВт от Т°С;
- ◆ мин. значение по шкале чувствительности приёмника (EGSM & GSM850): -104 дБмВт.
- ◆ в непосредственной близости от базовой станции уровень приёма составляет приблизительно – 51 дБмВт.

Для обеспечения качества и надежности связи с модулями типа MLGW06, когда уровень сигнала находится ниже порогового значения уровня, при котором может быть обеспечено приемлемое качество передачи информации, возможно применение следующего варианта оборудования АФТ для выноса антенны, изображенного на Рис.11.

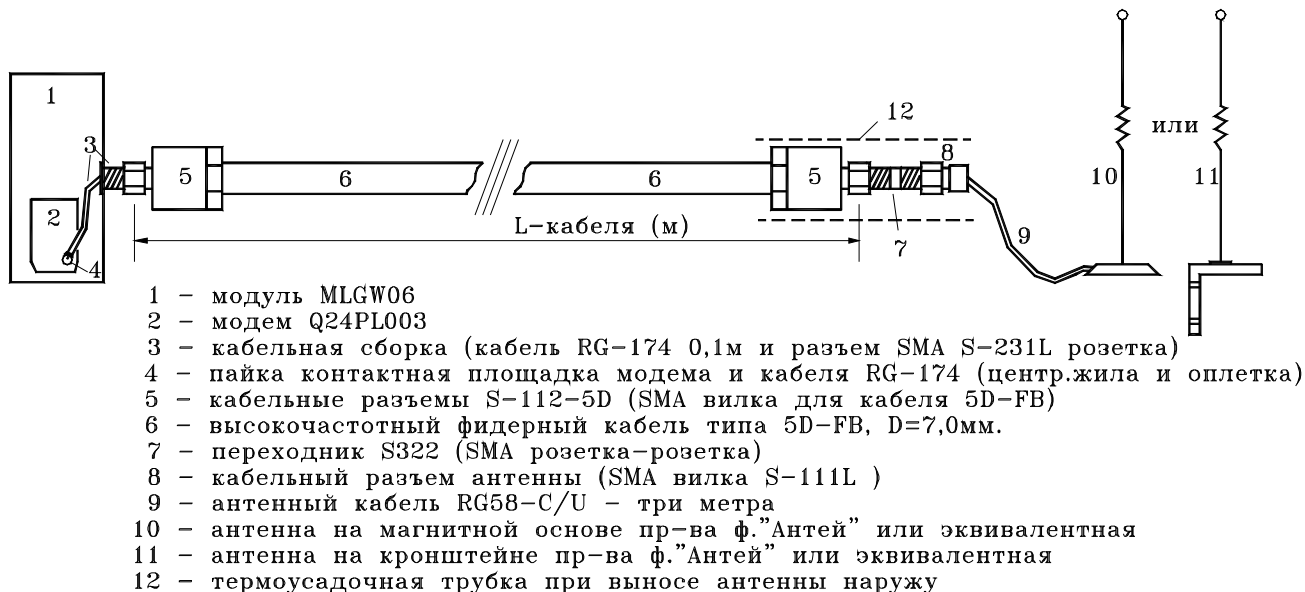


Рис.25

Основные компоненты варианта:

а) высокочастотный [6] кабель 5D-FB длиной 30 метров;

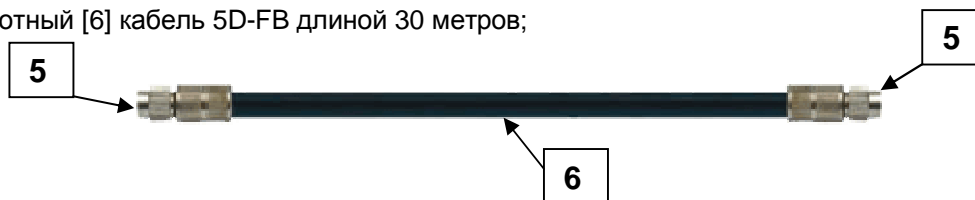


Рис.26

б) разъемы [3,5,7,8] типа SMA;

в) GSM антенна ANTEY 901 [10] фирмы "Антей" (Россия).

Ориентировочная оценка потерь в дБ АФТ:

а) пайка центрального проводника [4] кабеля RG174 – 0,1 дБ;

б) потери в кабеле 5D-FB длиной 1 метр – 0,2 дБ. На кабеле длиной $L_{MAX} = 30$ м – 6 дБ;

в) средние потери на каждом разъеме SMA тракта – 0,05 дБ / 900 МГц;

г) потери в 3-метровом [9] антенном кабеле RG58C/U – 1,8 дБ;

д) паспортные данные коэффициента (K_u) усиления антенны – производители приводят без учета антенного кабеля и разъема.

Таким образом, общее рассчитанное ослабление 30-метрового АФТ ориентировочно будет:

$$\sum_{\text{ПОТЕРЬ_MAX}} = (0,1+6+0,05\cdot 6+1,8) \text{ дБ} = 8,2 \text{ дБ.}$$

При использовании антенны Антей-901 с $K_u = -7$, подключенной непосредственно к разъему [3] модуля и расположенной в некотором произвольном месте, регистрировался стабильный уровень сигнала *RSSI* (*Received Signal Strength Indication*) равный 31 условной единицы. Шаг измерения *RSSI* – 2 дБ.

При использовании антенны Антей-901 и реального 30-метрового кабеля АФТ уровень сигнала *RSSI* понизился до стабильных 27 единиц, что соответствует ослаблению сигнала примерно на 8 дБ.

8 ПРАВИЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА.

8.1 ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН «О СВЯЗИ».

Статья 22 «**Регулирование использования радиочастотного спектра**» в редакции от 09.02.2007 N 14-ФЗ.

Выдержка из статьи 22 ФЗ «О связи».

4. Использование в Российской Федерации радиочастотного спектра осуществляется в соответствии со следующими принципами:

- ◆ разрешительный порядок доступа пользователей к радиочастотному спектру;
- ◆ платность использования радиочастотного спектра;
- ◆ недопустимость бессрочного выделения полос радиочастот, присвоения радиочастот или радиочастотных каналов;
- ◆ прозрачность и открытость процедур распределения и использования радиочастотного спектра.

5. Средства связи, иные радиоэлектронные средства и высокочастотные устройства, являющиеся источниками электромагнитного излучения, подлежат регистрации. Перечень радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств, подлежащих регистрации, и порядок их регистрации определяются Правительством Российской Федерации.

Радиоэлектронные средства, используемые для индивидуального приёма программ телевизионного вещания и радиовещания, сигналов персональных радиовызовов, (радиопейджеры), электронные изделия бытового назначения и средства персональной радионавигации, не содержащие радиоизлучающих устройств, используются на территории Российской Федерации с учетом ограничений, предусмотренных законодательством Российской Федерации, и регистрации не подлежат.

Использование без регистрации радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств, подлежащих регистрации в соответствии с правилами настоящей статьи, не допускается.

В соответствии со статьей 24 «**Выделение полос радиочастот и присвоение (назначение) радиочастот или радиочастотных каналов**», право на использование радиочастотного спектра предоставляется посредством выделения полос радиочастот и присвоения радиочастот или радиочастотных каналов. Использование радиочастотного спектра без соответствующего разрешения не допускается.

Присвоение радиочастот или радиочастотных каналов для радиоэлектронных средств (РЭС) гражданского назначения осуществляется Федеральным агентством связи (Россвязь) по заключению радиочастотной службы при Россвязи на основании заявлений граждан Российской Федерации или заявлений российских юридических лиц.

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.

Статьи 24 «**Выделение полос радиочастот и присвоение (назначение) радиочастот или радиочастотных каналов**» и 25 «**Контроль за излучениями радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств**» Федерального закона «О связи» N 126-ФЗ в редакции от 09.02.2007 N 14-ФЗ определяют процедуры, связанные с нарушением условий, установленных при выделении полосы радиочастот и правил использования радиочастотного спектра.

Выдержка из статьи 24 ФЗ «О связи».

10. В случае выявления нарушения условий, установленных при выделении полосы радиочастот либо присвоении (назначении) радиочастоты или радиочастотного канала, разрешение на использование радиочастотного спектра пользователями радиочастотным спектром для радиоэлектронных средств гражданского назначения может быть приостановлено органом, выделившим полосу радиочастот либо присвоившим (назначившим) радиочастоту или радиочастотный канал в соответствии с пунктами 2 и 3 настоящей статьи на срок, необходимый для устранения этого нарушения, но не более чем на девяносто дней.

11. Разрешение на использование радиочастотного спектра прекращается во внесудебном порядке или срок действия такого разрешения не продлевается по следующим основаниям:

- ◆ заявление пользователя радиочастотным спектром;
- ◆ аннулирование лицензии на осуществление деятельности в области оказания услуг связи, если такая деятельность связана с использованием радиочастотного спектра;
- ◆ истечение срока, указанного при присвоении (назначении) радиочастоты или радиочастотного канала, если этот срок не был продлен в установленном порядке или если заблаговременно, не менее чем за тридцать дней, не была подана заявка на его продление;

- ◆ использование радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств в противоправных целях, наносящих вред интересам личности, общества и государства;
- ◆ невыполнение пользователем радиочастотным спектром условий, установленных в решении о выделении полосы радиочастот либо присвоении (назначении) радиочастоты или радиочастотного канала;
- ◆ невнесение пользователем радиочастотным спектром платы за его использование в течение тридцати дней со дня установленного срока платежа;
- ◆ ликвидация юридического лица, которому было выдано разрешение на использование радиочастотного спектра;
- ◆ неустранение нарушения, послужившего основанием для приостановления разрешения на использование радиочастотного спектра.

12. При наличии в документах, представленных заявителем, недостоверной или искаженной информации, повлиявшей на принятие решения о выделении полосы радиочастот либо присвоении (назначении) радиочастоты или радиочастотного канала, орган, выделивший полосу радиочастот либо присвоивший (назначивший) радиочастоту или радиочастотный канал, вправе обратиться в суд с требованием о прекращении или непродлении срока действия разрешения на использование радиочастотного спектра.

13. При прекращении или приостановлении разрешения на использование радиочастотного спектра плата, внесенная за его использование, не возвращается.

Выдержка из статьи 25 ФЗ «О связи».

1. Контроль за излучениями радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств (радиоконтроль) осуществляется в целях:

- проверки соблюдения пользователем радиочастотным спектром правил его использования;
- выявления не разрешенных для использования радиоэлектронных средств и прекращения их работы;
- выявления источников радиопомех;
- выявления нарушения порядка и правил использования радиочастотного спектра,
- национальных стандартов, требований к параметрам излучения (приёма) радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств;
- обеспечения электромагнитной совместимости;
- обеспечения эксплуатационной готовности радиочастотного спектра.

2. Радиоконтроль является составной частью государственного управления использованием радиочастотного спектра и международно-правовой защиты присвоения (назначения) радиочастот или радиочастотных каналов. Радиоконтроль за радиоэлектронными средствами гражданского назначения осуществляется радиочастотной службой. Порядок осуществления радиоконтроля определяется Правительством Российской Федерации.

В процессе радиоконтроля для изучения параметров излучений радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств, подтверждения нарушения установленных правил использования радиочастотного спектра может проводиться запись сигналов контролируемых источников излучений.

Такая запись может служить только в качестве доказательства нарушения порядка использования радиочастотного спектра и подлежит уничтожению в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

Использование такой записи в иных целях не допускается, и виновные в таком использовании лица несут установленную законодательством Российской Федерации ответственность за нарушение неприкосновенности частной жизни, личной, семейной, коммерческой и иной охраняемой законом тайны.

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 30 июня 2004 г. № 318 контроль за излучением радиоэлектронных средств осуществляется Федеральной службой по надзору в сфере связи (Россвязьнадзор), территориальными органами Россвязьнадзора и их структурными подразделениями на основании Постановления Правительства РФ от 1 апреля 2005 г. N 175 «Об утверждении правил осуществления радиоконтроля в Российской Федерации».

Согласно статье 68 ФЗ «О связи» «**Ответственность за нарушение законодательства Российской Федерации в области связи**» случаях и в порядке, которые установлены законодательством Российской Федерации, лица, нарушившие законодательство Российской Федерации в области связи, несут уголовную, административную и гражданско-правовую ответственность.

8.2 ПРАВОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАКОННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИЁМО ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ, ТАКИХ КАК РЕПИТЕРЫ, РЕТРАНСЛЯТОРЫ, СОТОВЫЕ УСИЛИТЕЛИ (с сайта "Репитер.ru").

ВНИМАНИЕ:

Мы должны вас предупредить о том, что, продажа и установка репитеров-ретрансляторов это законно. А вот использование репитера-ретранслятора незаконно. И начинается это всё с того момента, как вы подключили репитер – ретранслятор в розетку 220 В (для стационарных репитеров), или в прикуриватель автомобиля (для авторепитеров).

1. Почему?

Частотный диапазон, используемый репитерами-ретрансляторами, принадлежит мобильным операторам. И использовать какие-то приёмно-передающие устройства, в нашем случае ретрансляторы-репитеры-сотовые усилители, разрешено только мобильным операторам, которым принадлежат те или иные частотные диапазоны.

2. Какие варианты выхода из ситуации?

Если вы корпоративный клиент, вам можно обратиться к вашему мобильному оператору, рассказать о вашей проблеме с плохим приёмом или с полным отсутствием мобильного сигнала в вашем помещении. И если вы крупный клиент, у вас больше 100-200 абонентов, и вы тратите много денег на мобильную связь, много разговариваете, тогда ваш мобильный оператор, может установить вам репитер-ретранслятор, только на свои частоты. На каких условиях мобильные операторы это делают, продают ли вам репитер-ретранслятор, сдают ли в аренду или ставят бесплатно, мы этого не знаем и вам лучше об этом спросить у вашего мобильного оператора.

Ни один мобильный оператор, не имеет права установить репитер-ретранслятор на расширенный частный диапазон! Каждый мобильный оператор имеет право устанавливать репитер-ретранслятор, только на свой частотный диапазон.

Как что же делать, если вам в любом случае нужно усилить мобильный сигнал для разговоров или для мобильного интернета, для передачи данных, но вы не подходите под корпоративные требования операторов связи или вам нужно установить репитер для одновременного усиления сигнала сразу несколькими мобильными операторам?

Устанавливать широкополосный репитер или репитер под конкретного мобильного оператора. Но знать то, что вы нарушаете закон. И к вам, когда то может прийти в гости, кто-то из радиочастотного центра и сказать: Ваш репитер-ретранслятор мешает работе базовой станции мобильного оператора или операторов. И вам нужно будет или перенастроить репитер. Или перенаправить внешнюю антенну в другую сторону, или понизить мощность репитера-ретранслятора или вообще выключить репитер-ретранслятор и больше никогда им не пользоваться!!!

Наш совет: если к вам пришли и сказали, что ваш репитер-ретранслятор мешает работе мобильного оператора или операторов, ни в коем случае не идите на конфликт! Разговаривайте вежливо, узнавайте, какие возможны решения проблемы и возможны ли они? В 50% случаев такую проблему можно решить на стадии обнаружения проблемы и всё исправить. В 50% случаев ничего сделать нельзя и придётся выключать репитер-ретранслятор и больше никогда им не пользоваться. Так, что вы сами должны быть заинтересованы в бесконфликтном решении проблемы.

3. Из-за чего возникают ситуации, когда ваш репитер-ретранслятор начинает мешать мобильным операторам?

Часто такие ситуации возникают из-за того, что когда вы устанавливали репитер-ретранслятор у вас в районе, был слабый сигнал нужного или нужных вам мобильных операторов. А через какое-то время, мобильный оператор или операторы поставили рядом с вами или на каком-то удалении от вас, свои новые базовые станции, или перенастроили старые базовые станции. И ваш репитер-ретранслятор стал мешать работе базовых станций мобильных операторов.

Так же ваш репитер-ретранслятор может начать мешать работе мобильных операторов из-за неправильной установки репитера. Из-за несоблюдения разнеса внешней антенны от внутренней. А несоблюдение разнеса антенн, приводит к наводкам внутренней антенны на внешнюю антенну и моментальным помехам от вашего репитера, в сторону базовых станций всех мобильных операторов.

Так же ваш репитер-ретранслятор может начать мешать работе базовых станций из-за того, что кто-то в вашем доме, офисе, квартире, на крыше, там, где стоит внешняя антенна, проводил какие-то работы, по установке ещё какого-то оборудования и задел кабель или даже порвал кабель, который идёт на внешнюю антенну или на внутренние антенны. В такой момент люди, которые натворили такие дела, обычно пытаются по-тихому решить такие проблемы. То есть самостоятельно. И ничего не говорить о возникшей проблеме клиентам. Такие чудо работники просто вкручивают порванный кабель, так как им кажется, правильно или втыкают кабель в разъём, из которого они по неосторожности выдернули кабель. Все эти действия приводят к тому, что вы сами того не зная, попали! Да! С этого момента ваш репитер начинает

мешать работе базовых станций всех мобильных операторов и приезд к вам специалистов радиочастотного центра только дело времени.

Поэтому если вам всё-таки нужно установить репитер-ретранслятор и без репитера-ретранслятора вам однозначно не обойтись, записывайте наши советы, которые на 90% позволят вам избежать проблем в будущем:

- а) устанавливайте репитер-ретранслятор как можно дальше от внешней антенны, не ближе чем 10 метров для слабо мощных репитеров до 60 дБ, и желательно не ближе 20 метров от внешней антенны для репитеров мощнее 65 дБ;
- б) устанавливайте репитер-ретранслятор в таком месте, что бы вы всегда или часто могли видеть репитер-ретранслятор и смотреть на показания лампочек на репитере ретрансляторе или шкалы с делениями (Picocell) и вовремя увидеть и заметить проблему и то, что случилось самовозбуждение и вовремя исправить такую проблему своими силами или силами специалистов;
- в) на репитерах RM и Remotek есть красная лампочка, которая никогда не должна гореть постоянно! Если лампочка загорелась и горит постоянно, это значит что есть проблема или в неправильно прикрученных, припаянных разъёмах или вы очень близко установили внутреннюю антенну от внешней и не соблюли разнос антенн, что привело к самовозбуждению;
- г) если к вам всё-таки пришли люди, которые говорят вам о том, что ваш репитер-ретранслятор мешает работе мобильных операторов, спросите у них документы, что бы вы были уверены в том, что вас никто не обманывает. И ни в коем случае не ругайтесь с ними. Будьте вежливы. Старайтесь на месте узнать у них как можно решить возникшую проблему и не допустить продолжения проблемы и отключения вашего репитера-ретранслятора;
- д) если вы не поругаетесь с людьми из радиочастотного центра, тогда у вас ещё есть шанс решить всё полюбовно и максимум заплатить какой-то маленький штраф. Если вы поругаетесь, тогда у вас нет шансов. И оборудование репитер-ретранслятор придётся выключить и больше никогда им не пользоваться!! В противном случае на вас подаст в суд один или несколько мобильных операторов и штраф за использование репитера-ретранслятора уже будет исчисляться десятками или сотнями тысяч рублей!;
- е) штрафы за использование репитера-ретранслятора намного меньше на частное лицо, чем на юридическое лицо. Думайте заранее на кого оформлять покупку репитера-ретранслятора;
- ж) у людей, которые живут за большими заборами или с большим штатом охраны часто есть одно большое заблуждение – приедут – не пушу! Или не пустит охрана! Как уже написано выше. Не стоит идти на конфликт или вообще не общаться с людьми из радиочастотного центра. О возможном приходе таких людей нужно предупредить охрану и всегда идти на контакт;
- з) ну и что бы ни попасться на возможных мошенников. Всегда стоит спрашивать документы и телефоны в радиочастотный центр и пробивать данные приехавших к вам людей, вплоть до личного приезда к радиочастотный центр и узнать там, работает ли у них там такой-то работник и правда ли есть такая-то проблема или нет?

Покупка репитера-ретранслятора означает то, что клиент берёт на себя все возможные финансовые и юридические риски, связанные с незаконным использованием репитера-ретранслятора.

Если после прочтения этой информации вы точно решили не устанавливать репитер-ретранслятор, тогда вы можете рассмотреть покупку внешней антенны с кабелем нужной вам длины и антенного адаптера. Таким образом, вы сможете улучшить мобильный сигнал одному мобильному телефону с привязкой на кабеле. Один телефон или модем = один комплект с антенной, кабелем и антенным адаптером. Два телефона или модема, два комплекта и так далее.

8.3 ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ СВЯЗИ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ (РОСКОМНАДЗОР)



МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.

6 ноября 2009 года в Радиочастотном центре Центрального федерального округа состоялось рабочее совещание, посвященное проблеме незаконного использования юридическими и физическими лицами широкополосных ретрансляторов GSM для улучшения качества сотовой связи в удаленных от базовых станций районах, полуподвальных помещениях, торговых центрах, тоннелях, подземных гаражах и т.п.

На совещании присутствовали представители операторов сотовой связи (ОАО МТС, ОАО Вымпелком (Билайн), Столичного филиала ОАО Мегафон, ОАО МСС (Московской сотовой сети)) – инициаторы совещания, Управления Роскомнадзора по Москве и Московской области, ФГУП РЧЦ ЦФО, предприятия - изготовителя серийного оборудования для ретрансляции сигналов в полосах частот, выделенных для сотовой связи - «Московские микроволны».

По заявлению представителей ОАО МТС в последнее время из-за использования широкополосных ретрансляторов GSM значительно ухудшилась помеховая обстановка, что приводит к ограничению качества сигнала сотовой связи, искажениям передаваемой информации или полному её отсутствию.

Из анализа, приведённого представителями ФГУП РЧЦ ЦФО, количество заявок на поиск и локализацию помех операторам сотовой связи неуклонно растет. Так, если за 2008 год таких заявок было 126, то по состоянию на 01.11.2009 таких заявок уже 203.

В настоящее время в России ввозится и эксплуатируется более 80 наименований различного рода ретрансляторов, производимых в Китае, Германии, Индии, Эстонии, Швеции и др. странах. По оценкам их количество превышает сотни тысяч РЭС.

Зачастую фирмы, устанавливающие ретрансляторы, не доводят до сведения потребителей информацию о том, что в соответствии с Решением Государственной комиссии по радиочастотам от 20.10.2003 № 7645-ОР «...продажи указанного радиоэлектронного оборудования должны осуществляться только юридическим и физическим лицам, получившим разрешение ФГУП «Главный радиочастотный центр» на приобретение и на использование рабочих частот для его эксплуатации, а также получившим лицензию Минсвязи России на осуществление деятельности по связи...».

Отечественный изготовитель оборудования для ретрансляции сигналов - ЗАО «Московские микроволны» выдает своим дилерам сертификат соответствия, в котором имеются условия применения ретрансляторов систем подвижной радиотелефонной связи стандарта GSM 900/1800. Согласно этим условиям применение ретрансляторов возможно только при условии выделения полос радиочастот ГКРЧ и присвоения (назначения) радиочастот или радиочастотных каналов Федеральным органом исполнительной власти в области связи.

Не имея подобной информации лица, установившие широкополосные ретрансляторы, не только лишаются права на эксплуатацию дорогостоящего оборудования, но и подпадают под действие Кодекса об административных нарушениях и подвергаются штрафам.

Совещание рекомендовало операторам сотовой связи рассмотреть в Национальной радиоассоциации вопрос по совершенствованию нормативной базы применения ретрансляторов в сетях сотовой связи. Также предложено рекомендовать производителям оборудования (ретрансляторов различных типов) и их дилерам согласовывать места установки продаваемого радиоэлектронного оборудования репитеров (ретрансляторов) с операторами сотовой связи.