**Содержание**

Введение

1 Коаксиальные радиочастотные кабели

2 Основные параметры коаксиальных кабелей

3 Входной контроль кабельной продукции

## 4 Конструктивное выполнение кабелей и их параметры

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

**Введение**

Сооружение СКТВ началось с использованием радиочастотных кабелей с волновым сопротивлением 750 Ом общего применения РК-75-9-12, РК-75-17-12, РК-75-17-17. Однако к конструкциям кабелей для СКТВ предъявляются особые требования.

Во-первых, от радиочастотных кабелей для СКТВ требуется во возможности минимальное затухание. Известно, что стоимость кабелей увеличивается пропорционально уменьшению коэффициента затухания, которая компенсируется магистральными усилителями. При достаточно большом количестве усилителей при конечной длине линии можно найти оптимальные размеры кабеля, при которых при заданных параметрах усилителя стоимость кабельной сети в целом будет минимальной.

Очень важно обеспечение высокой стабильности кабелей. Наиболее существенной дестабилизирующий фактор – это изменение температуры окружающей среды, а также изменение влажности, различные механические нагрузки. Очень важно в СКТВ требование высокой регулярности (однородности) волнового сопротивление кабеля, определяющей искажения телевизионного сигнала. Требуемые параметры к высокой регулярности могут быть получены только при весьма жестких допусках на диаметры внутреннего и внешнего проводников. Конструкция кабелей для СКТВ должна обеспечивать особенности прокладки и монтажа РК, которые, как правило, связаны с допустимыми радиусами изгибов, перемотками кабеля и допустимыми растягивающими усилителями.

Исходя из указанных и ряда других требований, внутренний проводник РК, который вносит затухания существенно большее чем внешний проводник, выполняется сплошным, из меди.

В специальных кабелях для СКТВ внешний проводник из оплетки не применяется, т.к. он существенно увеличивает затухания на высокой частоте и не обеспечивает требуемого затухания экранирования. Поэтому для уменьшения затухания кабеля, увеличения экранирования коаксиальной цепи от внешних высокочастотных полей, сохранение достаточной гибкости РК и т.д. внешний проводник изготавливается в виде сплошных медных гофрированных или гладких трубок или ленту. Для получения высокой однородности по волновому сопротивлению, исключению проникновения влаги внутрь кабеля, обеспечение высокого сопротивления изоляции в качестве изоляционного материала обычно применяется пористый пропилен. Оболочки кабелей выполняются из светостабилизированного полиэтилена.

В зависимости от функционального применения все кабели для СКТВ обычно подразделяются на: магистральные, распределительные, абонентские. В соответствии с указанными требованиями отечественной промышленностью была разработана и выпускается серия радиочастотных кабелей специально для СКТВ. Все они имеют волновое сопротивление 75 Ом. Для субмагистральных и магистральных линий используются кабели типа РК-75-17-13С и РК-75-11-11С, для распределительных – РК-75-7-19 и для абонентских – РК-75-4-11 Наряду с этим используются целый ряд других типов кабелей с аналогичными параметрами.

**1 Коаксиальные радиочастотные кабели**

Требования к кабелям.

Коаксиальные кабели относятся к категории элементов, параметры которых в значительной степени определяют возможности системы в целом. В связи с этим кабели должны обладать достаточно низким затуханием при высокой стабильности частот в рабочем диапазоне частот, высокими однородностью волнового сопротивления и экранным затуханием, механической прочностью и стойкостью к воздействию окружающей среды, высокой экономичностью и технологичностью изготовления.

Перечисленным требованиям удовлетворяет широкая номенклатура кабелей, которые условно разделим на 3 категории:

* магистральные, используемые для подачи сигналов от головной станции до субмагистральных линий;
* распределительные, применяемые в субмагистральных линиях и линиях домовой РС;
* абонентские, предназначенные для подключения оконечных устройств.

Таблица 1- Категории кабелей в зависимости от затухания

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Допускаемое затухание α на частоте 200 МГц, дБ/100м, не более | Допустимое отклонение волнового сопротивления от номинального значения, Ом | Область применения |
| 2,5 | ±2 | Магистральные линии |
| 2,5…4 | ±2 | Субмагистральные линии и домовые |
| 4…8 | ±2,5 |  |
| 8…13 | ±3 |  |
| 13…21 | ±5 | Абонентские линии |

Основным параметром, определяющим категорию кабеля, является затухание, значение которого тесно связано с его диаметром. Обычно в качестве магистральных используемых используются кабели с диаметром внутренней изоляции 14…22 мм, распределительных с диаметрами 9…13 мм и абонентских – менее 5 мм. В зависимости от затухания кабели делят на категории в соответствии с таблицей 1.

В этой же таблице приведены допуски на отклонение значений волнового сопротивления от номинального 75 Ом.

К числу наиболее важных параметров кабелей относятся затухание экранирования, от значения которого зависит отношение сигнала к наведенной помехи. Установлено, что при создании систем в районах с напряженностью поля 100мВ/м требуются кабели с затуханием экранирования не менее 60 дБ.

**2 Основные параметры коаксиальных кабелей**

Коаксиальные кабели характеризуются рядом параметров, которые могут быть разделены на параметры стандартизации, конструктивные, технологические, электрические, механические, климатические, параметры надежности и качества. В группу параметров стандартизации включается марка кабеля, номер технических условий. Конструктивные параметры – это описание материалов, размеров и массы отдельных элементов. К электрическим относятся первичные и вторичные параметры передачи, параметры экранирования. для радиочастотных коаксиальных кабелей наиболее важны электрические параметры: волновое сопротивление Zв, коэффициент затухания α, электрическое сопротивление проводников R, электрическое сопротивление изоляции Rиз, электрическая емкость С, индуктивность С, сопротивление связи Zс, коэффициент отражения, коэффициент стоячей волны (КСВ), неравномерность частотных характеристик затухания и фазы. Для расчета конструкции кабеля, определения его максимальных возможностей помимо диаметра по изоляции и волнового сопротивления надо знать эквивалентную диэлектрическую проницаемость, диаметр внутреннего проводника. Характерные значения эквивалентной диэлектрической проницаемости: для сплошной полиэтиленовой изоляции 2,2…2,3, для пористой полиэтиленовой 1,5.

КТВ широко применяются кабели с полужесткими, полугибкими конструкциями внешних проводников. При этом существующая система маркировки кабелей представляется не совсем удачной.

Для кабелей, стандартизированных МЭК, установлены следующие правила маркообразования: сначала учитывается номер стандарта: 96 МЭК (96 IEC), затем волновое сопротивление, округленно диаметр по изоляции и порядковый номер конструкции при данных присоединительных параметрах.

Пример: МЭК 9675-5-1. В указанном примере конструктивные схемы могут быть различны, но в маркировке это не отражается. Следовательно, такая система маркообразования имеет тот же недостаток, что и принятая ГОСТ 1326.0-78.

Во многих стандартах наибольшую известность получила система стандартов MIL-C-17, состоящая из двух разделов:

* общие требования и методы испытания MIL-C-17-F;
* частные спецификации на отдельные маркоразмеры кабелей.

Пример: М17/152-00001. Здесь М17 – индекс стандарта; 152- трехзначный порядковый номер использования по техническим условиям.

Данная система чисто порядковая – в марке отсутствуют особенности, определяющие электрические и конструктивные признаки кабеля. Все зарубежные фирмы-производители радиочастотных кабелей поставляют кабели в соответствии с требованиями MIL-C-17.

Радиочастотные кабели используются не самостоятельно, а в комплекте с оборудованием СКТВ. Это особенность комплектующих изделий и приводит к необходимости стандартизации присоединительного параметра. Указанный параметр – важнейший показатель, указывающий на возможность соединения кабеля как с активной (усилителем), так и с пассивной (ответвителями, разветвителями) аппаратурой КТВ. В понятие «присоединительный параметр» входят волновое сопротивление и диаметр по изоляции. Последний определяет ряд параметров кабеля и прежде всего такие важные, как коэффициент затухания и номинальная мощность. фактически из стандартизированного ряда используются коаксиальные кабели со следующими значениями диаметра по изоляции, мм: 3,7; 5,6; 7,25; 9,0; 11,5; 13,0; 17,3 ; 24,0.

При проектировании и эксплуатации систем необходимо располагать значениями параметров кабелей. Приведем заимствованные из /2/, /3/ формулы для расчета основных характеристик и справочные материалы по кабелям, используемые РС.

Волновое сопротивление Zв=.

Для коаксиального кабеля коэффициент затухания, дБ/км:

, (8)

Для кабелей с проводниками, выполненными из меди, коэффициент затухания, дБ/км:

, (9)

где D1 – диаметр внутреннего проводника, мм;

D3 - внутренний диаметр внешнего проводника, мм;

μа, μв – магнитная проницаемость материала диэлектрика;

f – частота, Гц;

ρ а, ρ в – удельное сопротивление материалов соответственно внутреннего и внешнего проводников;

tg δ - тангенс угла диэлектрических потерь материала изоляции.

Температурная зависимость коэффициента затухания:

, (10)

где α20 – коэффициент затухания при температуре 20 °С, дБ;

αα - температурный коэффициент затухания;

t - рабочая температура, °С.

Значения температурного коэффициента затухания приведены в таблице 2. Экранное затухание Аэ=20 lg (1/1,03\*104\*Zсв), дБ, где Zсв – сопротивление связи.

Таблица 2 - Значения температурного коэффициента затухания

|  |  |
| --- | --- |
|  | Коэффициент затухания на частоте 200 МГц |
| Кабель | при приемке и поставке, не более, дБ/100 м | Температурный на частоте 200 МГц при t=50…+50С, промиле/град |
| РК 75-17-13С | 4,6 | 2 |
| РК 75-11-11С | 6,2 | 2 |

Модуль сопротивления связи обычно нормируют по частоте 30 МГц, зависимости сопротивления связи для кабелей, имеющих внешний проводник из оплетки и медной ленты, приведены на рисунке 1.

Коэффициент укорочения определяется диэлектрической проницаемостью диэлектрика и составляет 1,51 для кабелей со сплошным полиэтиленом и 1,23 – с пористым.

**Рисунок 1- Зависимость от частоты сопротивления связи кабелей с внешними проводниками: 1 – из медной ленты; 2 – из оплетки**

Для магистральных и распределительных кабелей значения затухания приведены в таблице 2, где указаны также значения температурного коэффициента затухания.

Следует отметить, что в соответствии с (8) и (9) зависимость коэффициента затухания кабелей пропорционально . Это позволяет рассчитать затухание кабеля при нормировании его лишь на одной частоте. пусть известно, что на частоте f1=200 МГц затухание отрезка кабеля α1 = 50 дБ. Требуется найти его затухание на частоте f2=100 МГц. В соответствии с (1) искомое значение =33,5 дБ. Температурная зависимость коэффициента затухания кабелей определяется (3). на рисунке 2 приведены зависимости коэффициента затухания магистрального кабеля длиной 1 км при разных температурах. На частоте 50 МГц изменение затухания этого кабеля составляет 3,2 дБ, а на частоте 200 МГц 7 дБ, т.е. разность изменений затухания в диапазоне температур –50…+50С равна 3,8 дБ.

**Рисунок 2- Характеристики затухания магистрального кабеля при разных температурах**

**3 Входной контроль кабельной продукции**

До начала монтажных работ кабельная продукция должна быть подвергнута входному контролю. кабели, не имеющие соответствующей документации, к входному контролю не допускаются. Кабели подвергаются внешнему осмотру и проверки на соответствии сопроводительной документации. У всех 100% кабелей при разработке, выпуске и эксплуатации должны быть измерены следующие параметры: конструктивные размеры; сопротивление проводников (на постоянном токе); сопротивление изоляции (на постоянном токе); электрическая емкость (на частоте 1 кГц); волновое сопротивление (на частоте 1 …200 МГц); коэффициент затухания (на рабочей частоте); сопротивление связи (на частоте 30 МГц); коэффициент укорочения длины волны; коэффициент отражения (в полосе рабочих частот).

Измерение параметров высокочастотных кабелей рекомендуется проводить на частотах 2, 10, 15, 30, 45, 60, 200, 600, 1000 МГц. при необходимости измерения параметров выполняются в полосе частот, определенной технической документацией.

Нормы на параметры кабелей, используемых в СКТВ, крупных СКПТ, приведены в таблице

Таблица 3 - Нормы на параметры кабелей, используемых в СКТВ, крупных СКПТ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка | Волновое  | КСВН | Диапазон | Коэффициент  | Срок охра |
| кабеля | сопротивление | пиковое значение, не более | фоновое значение, не более | Частот, ГГц | затухания, дБ/м | няемости, год |
| РК-75-17-13С | 75±3,5 | 1,35 | 1,15 | 0,03…0,27 | 0,051 | 20 |
| РК-75-11-11С | 75±3,5 | 1,35 | 1,15 | 0,03…0,27 | 0,068 | 20 |
| РК-75-9-12 | 75±5 | 1,35 | 1,15 | 0,03…0,27 | 0,12 | 8 |
| РК-75-4-113 | 75±5 | 1,35 | 1,15 | 0,03…0,27 | 0,17 | 20 |
| ТВК 75-11 | 75±3 | 1,35 | 1,2 | 0,05…0,27 | 0,14 | 20 |
| ТВК 75-9 | 75±3 | 1,35 | 1,2 | 0,05…0,27 | 0,065 | 20 |
| ТВК 75-7 | 75±3 | 1,35 | 1,2 | 0,05…0,27 | 0,12 | 20 |
| ТВК 75-5 | 75±3 | 1,35 | 1,2 | 0,05…0,27 | 0,16 | 20 |

Примечание. В таблице для кабелей типа ТВК – кабели телевизионные, предназначенные для использования в магистральных (ТВК 75-11) , распределительных (ТВК 75-9) и абонентских (ТВК 75-4) линиях сетей КТВ приведены данные рекламных проспектов Самарского завода кабелей связи. На СЗКС освоена технология изготовления и производство данных конструкций для СКТВ и СКПТ. Применительно с сетям КТВ все 100% кабелей до прокладки подвергаются испытания проводников (отсутствие их обрыва) и отсутствие сообщения проводников между собой.

Коаксиальные радиочастотные кабели являются основным типом линии передачи ТВ вещания и ОВЧ ЧМ сигналов в сети КТВ. В наиболее сложных климатических условиях эксплуатируются кабели снижения приемных антенн и кабели линейного тракта, используемые на воздушных переходах при троссовой подвеске. Они подвергаются воздействию атмосферных осадков, ветровых нагрузок, солнечной радиации, значительному перепаду температур (-50…+50 С). Магистральные и субмагистральные линии эксплуатируются в основном в условиях кабельной канализации, т.е. в относительно узком температурном диапазоне, однако могут подвергаться воздействию высокой влажности и даже воды в случаях затопления канализации. Современные отечественные кабели, получившие применение в СКТВ имеют однопроволочные медные внутренние проводники, изоляцию из сплошного или пористого полиэтилена. Внешние проводники выполнены из медных или алюминиевых лент, гладких или гофрированных, наложенных продольно внахлест или с продольным сварным швом. Защитная оболочка представляет собой шланговое покрытие из полиэтилена или поливинилхлорида. Применяются также коаксиальные кабели с внешним проводником в виде оплетки. Изоляция из сплошного полиэтилена повышает стойкость кабелей к воздействию повышенной влажности. Использование пористого полиэтилена снижает эксплуатационную надежность линий передач, но позволяет существенно снизить километрическое затухание в линиях КТВ.

Наиболее важной характеристикой кабелей является частотная зависимость коэффициента затухания. нормируемое значения данного параметра устанавливается у учетом требования обеспечения практически 100% вероятности не выхода измеренного уровня за установленный. Поскольку расчет требуемого числа усилительных участков проводиться для экстремальных условий средний коэффициент запаса равен 1,45.

Для радиочастотных кабелей важное значение имеет обеспечение однородности волнового сопротивления кабеля по длине. Неравномерность волнового сопротивления, выраженная в единицах КСВ, для кабелей СКТВ не должна превышать 1,35. В этом случае отклонения волнового сопротивления от номинального значения 75 Ом не будет превышать 3 Ом. помехозащищенность линии передачи определяется путем измерения сопротивления связи. Модуль сопротивления нормируется в ТУ на кабели на частоте 30 МГц. Для представленных конструкций кабеля с внешними проводниками из металлических лент и трубок сопротивление связи с ростом частоты уменьшается, а помехозащищенность увеличивается. наибольшей стабильностью волнового сопротивления обладают кабели «С», требования к климатическим параметрам вытекают из многообразных условий эксплуатации радиочастотных кабелей, которые характеризуются многими видами воздействий и учитываются при проектировании СКТВ.

## 4 Конструктивное выполнение кабелей и их параметры

Кабели состоят из медного внутреннего проводника, полиэтиленовой изоляции и внешнего проводника – оплетки из медных проводников или сплошной медной трубки. Внешний проводник магистральных и распределительных кабелей покрывают оболочкой из светостабилизированного полиэтилена, а абонентских кабелей из негорючего (огнеупорного) поливинилхлорида или полиэтилена.

Недостатками кабелей с оплетками являются сравнительно невысокая экранировка, существенное изменение затухания во времени и значительные затраты при изготовлении. По этим причинам в последнее время часто отдают предпочтение кабелям с внешними проводниками, выполненными в виде сплошных трубок (гофрированных или гладких), к недостатку которых следует отнести худшую по сравнению с оплеточными кабелями гибкость даже при гофрированных трубках. В качестве изоляционного материала применяют пористый или сплошной полиэтилен. Пористый полиэтилен обеспечивает меньшие затухание и массу кабеля, чем сплошной. Кабели с изоляцией из сплошного полиэтилена более надежны при сложных условиях прокладки, стойки к внешним воздействиям. При использовании изоляции из сплошного полиэтилена упрощается технология ее наложения и появляется возможность получения высокой стабильности размеров путем внедрения прецизионной технологии. Последнее обстоятельство весьма важно, так как позволяет получить высокую однородность по волновому сопротивлению.

В коаксиальных линиях обычно распространяется поперечная электромагнитная волна, которую чаще называют Т-волна и которая не имеет частоты отсечки, поэтому коаксиальный кабель может передавать энергию на любых частотах, включая постоянный ток. Однако на очень высоких частотах в коаксиальном кабеле могут возникать высшие типы волн. Наинизшей такой волной является тип Н11, для которой значения критической длины волны , где D и d – внешний и внутренний диаметры коаксиального кабеля соответственно. Волновое сопротивление коаксиальной линии вычисляется по формуле

Затухание сигнала (дБ/м) в коаксиальной линии с медными проводниками:

Минимуму затухания коаксиального кабеля соответствует отношение диаметров, равное 3,6; при этом характеристическое сопротивление линии составляет 77 Ом. Этим объясняется большое распространение 75-омных кабелей в телевидении. На частотах более 1 ГГц часто предпочитают все же 50-омные кабели, т.к. в них меньше сказываются неоднородности соединителей.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

**коаксиальный радиочастотный кабель проводник**

1. Теория передачи сигналов: Учебник для вузов / Зюко А. Г., Финк Л. М. и др. – М.: Связь, 2010. – 288 с.
2. Кабельное телевидение. / Коневский А. Л. – М.: Знание, 2009. – 64 с. (Новое в жизни, науке и технике. Сер. «Радиоэлектроника и связь», №1).
3. ГОСТ 18471-83. Тракт передачи изображения вещательного телевидения. Звенья тракта и измерительные сигналы.
4. Кривошеев М. И. Основы телевизионных измерений. – М.: Радио и связь, 2008. – 608 с.
5. Руководящие технические материалы. Крупные системы коллективного приема телевидения. РТМ.6.030-1-87—М.: Минсвязь СССР, 2010.- 130 с.