

Волновое сопротивление 50 или 75 Ом, омедненное железо или медь?

Существует стойкое предубеждение и, можно даже сказать, заблуждение многих людей относительно высокочастотных кабелей. Меня, как разработчика антенн, являющегося одновременно и руководителем фирмы по их производству, постоянно одолевают этим вопросом. Попытаюсь раз и навсегда поставить точку в этом вопросе и закрыть тему применения 75 Ом кабелей вместо 50 Ом для целей передачи сигналов небольшой мощности. Я постараюсь не утруждать читателя сложными терминами с формулами, хотя некоторый минимум математики все же необходим для понимания вопроса.

Низкочастотная и высокочастотная техника

В низкочастотной радиотехнике для передачи сигнала с заданными параметрами ток-напряжение нужен проводник, обладающий некоторыми свойствами изоляции от окружающей среды и погонным сопротивлением, таким, чтобы в точке приема НЧ сигнала мы получили достаточный для последующей обработки сигнал. Иными словами любой проводник обладает сопротивлением, и желательно, чтобы это сопротивление было как можно меньше. Это простое условие для техники низких частот. Для сигналов с малой передаваемой мощностью нам достаточно тонкого провода, для сигналов с большой мощностью мы должны выбрать более толстый провод.

В отличие от низкочастотной радиотехники, в технике высоких частот приходится учитывать много других параметров. Несомненно, как и в НЧ технике, нас интересует передаваемая по среде передачи мощность и сопротивление. То, что на низких частотах мы обычно называем сопротивлением линии передачи, на высоких частотах называют **потерями**. На низкой частоте потери, прежде всего, определяются собственным погонным сопротивлением линии передачи, тогда как на ВЧ появляется, так называемый, **Скин-эффект**.

Скин-эффект

Скин-эффект – приводит к тому, что ток, вытесняемый высокочастотным магнитным полем течет лишь по поверхности проводника, вернее в его тонком поверхностном слое. Из-за чего эффективное сечение проводника, можно сказать, уменьшается. Т.е. при равных условиях для прокачки одной и той же мощности на низкой частоте и высокой требуются провода разного сечения. Толщина скин-слоя зависит от частоты, с увеличением частоты толщина скин-слоя уменьшается, что приводит к потерям большим, нежели на более низких частотах. Скин-эффект присутствует при переменном токе любой частоты.

Для наглядности приведу некоторые примеры:

- Для тока частотой 60 герц, толщина скин-слоя составляет **8,5 мм**
- Для тока 10 МГц толщина скин-слоя составит всего **0,02 мм**

Не правда ли разительная разница? А для частот 100, 1000 или 2000 МГц, толщина

проводящего слоя будет и того меньше! Не вдаваясь в математику, скажу, что толщина скин-слоя зависит, прежде всего от удельной проводимости проводника и частоты. Поэтому для передачи максимально большей мощности на ВЧ нам нужно брать кабель с наибольшей площадью поверхности центральной жилы.

Омедненный кабель или медный?

При этом учитывая, что на СВЧ толщина скин-слоя мала нам вовсе необязательно использовать цельный медный кабель. Разницы от использования кабеля со стальным центральным проводником покрытым тонким слоем меди вы вероятно даже не заметите. Разве что он будет более жестким на изгиб. Разумеется, что желательнее наличие более толстого слоя меди на стальном проводнике.

Использование цельного медного кабеля имеет, конечно, преимущества:

- он более гибкий
- по нему можно передавать большую мощность на более низких частотах
- зачастую по коаксиальному кабелю передают напряжение питания постоянного тока предусилителей, и тут также вне конкуренции медный кабель

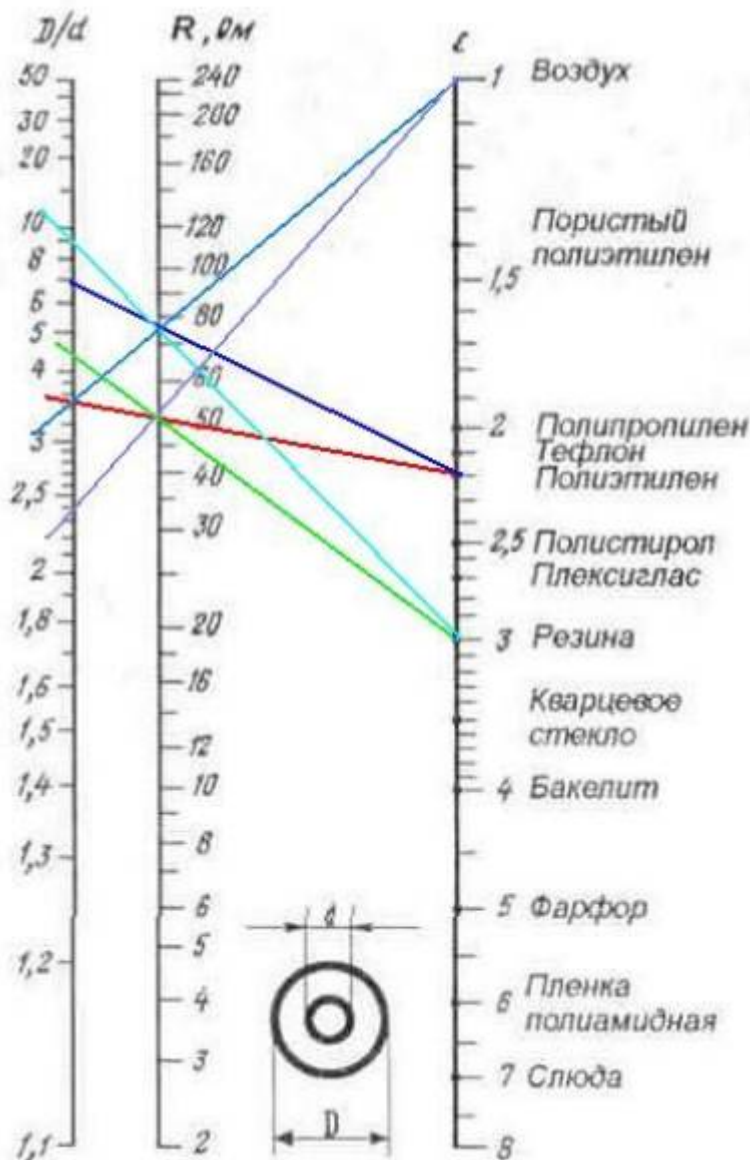
Но для передачи небольшой мощности не более 10-200 мВт на СВЧ с экономической точки зрения, более оправданным будет применение именно **омедненного кабеля**. Будем считать, что вопрос выбора между омедненными и медными кабелями закрыли.

Волновое сопротивление кабелей

Для понимания различия кабелей в волновом сопротивлении, я не стану рассказывать, что такое волновое сопротивление кабеля. Как ни странно, это не нужно для понимания разницы. Для начала разберемся, почему существуют кабели с разными волновыми сопротивлениями. Прежде всего, это связано с историей становления радиотехники. На заре радиотехники выбор изолирующих материалов для коаксиальных кабелей был сильно ограничен. Это сейчас мы нормально воспринимаем наличие огромного ряда пластиков, вспененных диэлектриков, резины со свойствами проводников или керамики. 80 лет назад ничего этого не было. Была резина, полиэтилен, парафин, бакелит, в 30-х годах изобретен фторопласт (он же тефлон).

Волновое сопротивление кабелей определяется соотношением диаметров центрального внутреннего проводника и внешнего диаметра кабеля.

Ниже приведена номограмма:



Толщина центрального проводника определяется его способностью пропускать наибольшую мощность. Внешний диаметр выбирается в зависимости от используемого диэлектрика – заполнителя находящегося между двумя проводниками. Используя номограмму становится понятно, что диапазон удобных для промышленного изготовления волновых сопротивлений кабелей лежит в пределах **25 - 100 Ом**.

Итак, один из критериев – **технологичность изготовления**. Следующим критерием является **максимальная передаваемая мощность**. Опустив математику сообщу, что для передачи максимальной мощности с использованием наиболее широко распространенных диэлектриков оптимально волновое сопротивление в диапазоне **20-30 Ом**. В тоже время минимальному затуханию соответствуют волновые сопротивления **50-75 Ом**. Причем кабели с волновым сопротивлением в 75 Ом имеют меньшее затухание, чем кабели с волновым сопротивлением 50 Ом. Становится более-менее понятно, что для передачи малых мощностей выгоднее использовать 75 Ом кабель, а для передачи большой мощности - 50 Ом.

Согласование линии передачи

Теперь считаю необходимым рассмотреть менее важный вопрос о согласовании линии

передачи. Попытаюсь просто ответить на вопросы о том, можно ли подключить 75 Ом кабель вместо 50 Ом.

Понимание вопросов согласования требует специальных познаний в радиотехнике. Поэтому ограничимся лишь констатацией фактов. А факты таковы, что для передачи сигнала с наименьшими потерями внутреннее сопротивление источника сигнала должно быть равным волновому сопротивлению кабеля. В тоже время волновое сопротивление кабеля должно быть равным волновому сопротивлению нагрузки. Иными словами источник сигнала - передатчик, нагрузка - антенна.

Разберем несколько ситуаций, в которых для упрощения будем считать кабель идеальным без потерь, и передаваемая по кабелю мощность небольшая - до 100-200 милливатт (20 dBm).

Ситуация 1: Выходное волновое сопротивление передатчика 50 Ом, мы подключаем к нему 50 Ом кабель и 75 Ом антенну. В этом случае потери составят **4%** от выходной мощности. Много ли это? Ответ неоднозначный. Дело в том, что в ВЧ радиотехнике оперируют в основном логарифмическими величинами, приведенными к децибелам. И если 4% перевести в децибелы, то потери в линии составят всего **0,18 дБ**.

Ситуация 2: Мы подключаем передатчик с 50 Ом выходом к 75 Ом кабелю и далее к 50 Ом антенне. В этом случае теряется **8%** мощности. Но приведя это значение к децибелам, выясняется, что потери составят всего лишь **0,36 дБ**.

Практическое сравнение кабелей

Теперь рассмотрим типовые затухания кабелей для частоты 2000 МГц. И сравним, что лучше применить: 20 метров кабеля 75 Ом или 20 метров кабеля 50 Ом.

Кабель	Тип	Затухание (дБ/м)	Затухание на 20м	Цена за 20м
Radiolab 5D-FB	50 Ом	0,3	6,0 дБ	~1600 руб
Cavel SAT703	75 Ом	0,29	5,8 дБ	~500 руб

Учтя потери на рассогласовании - 0,36 дБ, мы получим, что выигрыш от применения 50 Ом кабеля составляет всего **0,16 дБ**. Это примерно соответствует 2-м лишним метрам кабеля.

А теперь сравним цену. 20 метров кабеля Radiolab 5D-FB стоят в лучшем случае примерно $80 \cdot 20 = 1600$ руб. В тоже время 20 метров кабеля Cavel SAT703 стоит $25 \cdot 20 = 500$ руб. **Разница в цене 1100 руб. весьма ощутимая.**

Выводы

К достоинствам 75 Ом кабелей можно отнести:

- Меньшее затухание
- Более низкая стоимость
- Легкость разделки
- Доступность разъемов

- Оптимальны для передачи малых мощностей (до 100-200 мВт)

Для передачи небольшой мощности на СВЧ с экономической точки зрения применение 75 Ом омедненных кабелей является более оправданным.

From:

<http://wiki.glschnklx.ru/> - kroks

Permanent link:

http://wiki.glschnklx.ru/antenny/volnovoe_soprotivlenie_50_ili_75_om_omednennoe_zhelezo_ili_med

Last update: **2026/04/24 09:23**

