

Измерение затухания несогласованности.

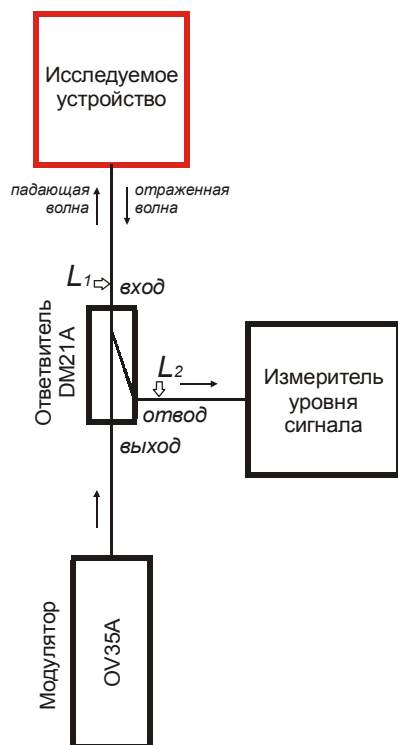
О. Чеботаренко (Сателлит Лтд, Москва).

Затухание несогласованности – один из важнейших параметров для любого устройства в сети кабельного телевидения. Он показывает степень согласования входа/выхода прибора с подводящей линией. Как известно, в высокочастотных линиях передачи очень большую роль играет соответствие сопротивления нагрузки волновому сопротивлению линии. При равенстве этих сопротивлений в линии возникает так называемый режим бегущей волны, при котором вся мощность источника сигнала передается в нагрузку. Это самый оптимальный режим для передачи сигнала. На практике же, как правило, не удается достичь строгого равенства сопротивлений, в результате чего часть мощности сигнала отражается от нагрузки, и отраженная волна начинает распространяться в сторону источника, рассеиваясь, в конце концов, на его выходном сопротивлении. В результате сложения падающей и отраженной волн в линии передачи возникает так называемая стоячая волна, и говорят, что линия работает в режиме стоячей волны. Этот режим вреден по двум причинам. Во-первых, не вся мощность источника сигнала передается в нагрузку, часть мощности просто отражается обратно, снижая коэффициент полезного действия системы. Во-вторых, если часть отраженного сигнала достаточно велика (плохое согласование), а источник сигнала достаточно мощный (например, телевизионный эфирный передатчик), то выделяемое на его выходном сопротивлении тепло от пришедшей отраженной волны может его просто-напросто сжечь. Что, якобы, как одна из гипотез, и произошло летом 2000 года на Останкинской башне. В сетях кабельного телевидения нам, слава богу, это не грозит ввиду малости передаваемых мощностей. Зато на первый план выходит важность согласования приемных антенн с кабелем снижения и входом головной станции и согласование входных/выходных сопротивлений устройств с волновым сопротивлением кабеля в магистральных линиях. Согласование антенн влияет на входной уровень сигнала, что определяет входное отношение несущая/шум для всей сети – важнейший качественный параметр системы. При существующем разнообразии приемных антенн на нашем рынке было бы весьма полезно начинать настройку сети с проверки их согласования, поскольку на него влияет множество факторов – от конструкции антенны до наличия деревьев, мачт и других предметов в непосредственной близости от антенны. Особенно это актуально в зоне неуверенного приема. К режиму бегущей волны в магистральной линии необходимо стремиться, кроме всего прочего, и для предотвращения повторов изображения, поскольку многократные отражения волны от несогласованных входов/выходов магистральных усилителей и ответвителей создают в магистрали заметное эхо.

В нашей технической литературе степень согласования нагрузки с линией всегда было принято характеризовать параметром КСВ (коэффициент стоячей волны), показывающим насколько режим передающей линии близок к режиму бегущей или стоячей волны. В западной литературе, как правило, используется другой термин – Return Loss. В "Англо-русском словаре по радиоэлектронике" перевод этого термина дается как "обратные потери". Такой дословный перевод не совсем ясно раскрывает его сущность, поэтому чаще используют мнемонический эквивалент, определяя Return Loss как "затухание несогласованности". В этой формулировке данный термин и "узаконен" в новом стандарте на кабельные распределительные сети – ГОСТ Р 52023–2003, вступившем в действие с 1 июля. Затухание несогласованности (RL) – это параметр, показывающий во сколько раз отраженная от нагрузки мощность меньше падающей. Выражается он обычно в децибелах. Чем больше его величина, тем меньше рассогласование (т.е. тем больше несогласованность "затухает", отсюда и название). Физический смысл здесь более нагляден, чем у КСВ, к тому же пользоваться этим параметром гораздо удобнее, поскольку все расчеты в телевизионных сетях выполняются, как правило, в логарифмических единицах. Поэтому в нашей области он получил большее употребление, чем КСВ. Тем не менее, и КСВ, и RL описывают одно и то же явление и связаны между собой однозначной зависимостью:

$$RL = 20 \lg \frac{КСВ - 1}{КСВ + 1} \quad (1.1), \quad КСВ = \frac{10^{\frac{RL}{20}} + 1}{10^{\frac{RL}{20}} - 1} \quad (1.2)$$

Перейдем теперь к практической стороне вопроса. Как его измерить, этот параметр? Как убедиться инженеру, обслуживающему телевизионную сеть, что используемые им антенны, усилители, ответвители имеют достаточное согласование с кабелем и отвечают заявленным в каталоге параметрам? У него есть измеритель уровня телевизионных сигналов, с помощью которого можно посмотреть спектр в сети, измерить затухание в кабеле, ответвителях, проверить коэффициент усиления усилителей и даже посмотреть их АЧХ. Но почему-то никто не выпускает доступных приборов для измерения затухания несогласованности в телевизионных сетях. А кто может себе позволить иметь лабораторный Hewlett-Packard или Rohde&Shwarz для проведения нескольких измерений? Я предлагаю практическую методику измерения этого параметра, пользуясь, так сказать, подручными средствами, имеющимися в распоряжении практически каждого оператора. Эта методика не претендует на большую точность, но позволяет почти без затрат провести необходимую оценку согласования интересующего устройства – антенны, усилителя и т.п.



Рассмотрим блок-схему, приведенную на рис.1. Для измерений нам понадобится генератор сигнала, в качестве которого удобно использовать перестраиваемый модулятор, например WISI OV35A (он удобен тем, что перекрывает всю полосу телевизионного диапазона), любой измеритель уровня и одноотводный направленный ответвитель. Самые высокие требования предъявляются именно к ответвителю. Желательно, чтобы он имел как можно меньшие потери на отвод и проход и как можно большую развязку между выходом и отводом. Эти параметры будут определять диапазон, в котором мы сможем измерять RL. Нами использовался ответвитель DM21A фирмы WISI, имеющий следующие характеристики:

- Потери на прямое прохождение (вход-выход, выход-вход) 1,3 дБ
- Затухание на отвод (вход-отвод) 9,5 дБ
- Развязка выход-отвод (до 300 МГц) $\geq 32,5$ дБ

Суть метода довольно проста. Сигнал на выбранной для измерения частоте подается от модулятора на *выход* ответвителя, проходит через него и достигает проверяемого устройства. Далее часть сигнала отражается, приходит обратно к ответвителю и частично ответвляется на *отвод*. Зная (измерив) уровень сигнала, приходящего к устройству и, измерив сигнал на отводе ответвителя с известными параметрами, мы легко можем найти искомое затухание несогласованности:

$$RL[dB] = L_1 - L_2 - \alpha, \quad (2)$$

где L_1 – уровень сигнала, подаваемого на устройство, дБмкВ,
 L_2 – уровень сигнала, измеренного на отводе ответвителя дБмкВ,
 $\alpha = 9,5$ – затухание ответвителя на отвод, дБ.

Попутно, предвидя возможные вопросы, заметим, что представление величин в логарифмических единицах удобно еще и тем, что можно не задумываться о чем идет речь – мощности или напряжении. Если под опорным напряжением понимать действующее напряжение, величиной 1 мкВ, а под опорной мощностью – мощность, создаваемую действующим напряжением 1 мкВ на нагрузке 75 Ом, то численно величины мощности и напряжения, выраженные в логарифмических единицах, будут совпадать. Равно как будут совпадать для мощности и напряжения и все коэффициенты усиления или затухания, выраженные в децибелах. Логарифмические единицы – единицы безразмерные. Поэтому, если измерительный прибор проградуирован в дБмкВ, то можно смело считать, что мы измеряем мощность сигнала и формула (2) отвечает определению термина RL.

Здесь, однако, необходимо отметить следующее. Измеряя уровень сигнала на отводе ответвителя мы, на самом деле, меряем суммарный сигнал – отразившийся от

исследуемого устройства и прошедший на отвод и сигнал, просочившийся на отвод вследствие конечной величины развязки *выход-отвод*. Поскольку речь идет об одном и том же колебании, то при сложении сигналов из-за имеющейся (и непредсказуемой!) разности фаз, суммарный сигнал может быть, вообще говоря, совершенно произвольным, что сделает наши измерения абсолютно бесполезными. Для того чтобы выйти из этого положения потребуем, чтобы просочившийся сигнал был, по крайней мере, на порядок меньше отраженного сигнала, пришедшего на отвод, и тогда им можно будет просто пренебречь, превратив его влияние в погрешность измерения. Такое требование приводит к ограничению практического диапазона измерения затухания несогласованности данным методом. И основным фактором выступают здесь параметры ответвителя. При использовании вышеупомянутого ответвителя DM21A с приведенными характеристиками несложный расчет показывает, что предложенная методика позволяет измерить параметр RL в диапазоне от 0 до 11,7 дБ с погрешностью $\pm (0,4 + \text{погрешность измерительного прибора})$. Погрешность прибора возникает здесь из-за измерения затухания на отвод ответвителя на частоте измерения, что желательно делать ввиду частотной зависимости этого параметра (а не доверять каталожным значениям!). При использовании ответвителей с иными параметрами диапазон измерений будет другим. Так, например, для ответвителя DM25A он будет составлять лишь от 0 до 7,6 дБ.

Итак, для измерения затухания несогласованности изложенным выше методом необходимо проделать следующую процедуру:

1. Собрать схему, приведенную на рис.1, не подключая исследуемое устройство.
2. Выбрать необходимую частоту измерения и измерить уровень сигнала L_1 и затухание ответвителя на отвод на этой частоте.
3. Подключить исследуемое устройство и измерить уровень сигнала L_2 .
4. Убедиться в выполнении соотношения:

$$L_1 - 21,2 \leq L_2 \leq L_1 - 9,5. \quad (3)$$

Это соотношение получается из-за нашего требования, о котором говорилось выше, в случае использования ответвителя DM21A. Если неравенство не выполняется, то это только говорит о том, что согласование исследуемого устройства с 75-омной линией лучше, чем должно было бы быть для применимости нашего метода. То есть в этом случае можно сделать вывод о том, что для данного устройства $RL \geq 10$ дБ (с учетом погрешности измерения). А это вполне хороший результат – отраженная мощность, по крайней мере, будет на порядок меньше падающей.

5. При выполнении неравенства (3) рассчитать затухание несогласованности по формуле (2).
6. При желании, можно найти KCB устройства по формуле (1.2).

Заключение.

Предложенная методика оценки затухания несогласованности устройств, составляющих систему кабельного телевидения, конечно, не претендует на высокую точность. Однако, она позволяет оператору кабельной сети сделать вывод о пригодности того или иного устройства по этому параметру, используя минимум необходимого оборудования – модулятор, ответвитель и измеритель уровня сигналов. А это у каждого оператора, как правило, всегда имеется. Преимуществом является еще и то, что измерение можно провести на любой частоте во всем телевизионном диапазоне, если модулятор это позволяет – прежде всего, на частоте канала, испытывающего наибольшие переотражения в сети. Ну и следует, конечно, оговориться, что мы считаем все входящие в схему измерения приборы достаточно согласованными, чтобы их собственные несогласованности не влияли на результаты измерений.