

УДК 681.3.06

**ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АБОНЕНТСКОЙ ЛИНИИ**

П.В. ТИШКОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 8 июня 2007*

Предложена методика расчета частотного коэффициента затухания $A_{3C}(f)$ неоднородной линии с учетом частичного отражения сигнала на стыках кабеля; определена мощность шумов на входе приемника, вызванная отражениями на неоднородностях абонентской линии; получена аналитическая зависимость защищенности $A_{OC}(f)$ кабельной системы от отраженного на стыках сигнала; проведена оценка влияния отражений на стыках на общую помехозащищенность системы связи.

Ключевые слова: кабельный стык, неоднородность, волновое сопротивление, защищенность от отражений.

При моделировании систем передач, работающих по кабелю, как правило, за направляющую систему принимают однородную линию. В реальных условиях соединительная линия может состоять из нескольких разнотипных кабелей, что влияет на передаваемый полезный сигнал.

Однородная линия состоит из одного кабельного участка (КУ) с волновым сопротивлением (ВС) $Z_{л}$, источника сигнала и нагрузки с сопротивлениями $Z_{н}$ $Z_{н}$ соответственно [1]. При условии, что все указанные сопротивления равны, отраженных волн не будет и вся электромагнитная энергия передается от источника в линию и поглощается нагрузкой. Все процессы в такой линии описываются частотно-зависимыми параметрами: ВС, километрическим затуханием (КЗ), переходным затуханием (ПЗ) на ближний (БК) и дальний конец (ДК). Более сложные процессы происходят в линии при несогласованности сопротивлений ($Z_{н} \neq Z_{л} \neq Z_{н}$). В местах электрических несоответствий возникают отраженные волны. При этом часть энергии источника передается в линию, часть энергии возвращается к источнику. Следовательно, в приемник поступает энергия, по величине меньшая, чем при согласованной нагрузке, а часть отраженной энергии попадет в нагрузку в качестве шумов. Это приводит либо к уменьшению протяженности абонентской линии, либо к снижению ее пропускной способности. Ситуация существенно усложняется, если линия состоит из нескольких отрезков разнотипного кабеля. В этом случае в цепи появляются дополнительные потоки энергии: обратный, состоящий из суммы элементарных отраженных волн в местах неоднородностей и движущийся к началу линии, и попутный, возникающий по закону двойных (тройных и т.д.) отражений. Если сигнал в линию подается длительное время (значительно больше времени распространения волны в одном направлении), все попутные потоки, приходящие к источнику, можно просуммировать и представить как мешающий сигнал.

Из теории регулярных линий передачи известно, что при прохождении электромагнитной волны с амплитудой $\dot{U}_{\text{пад}}$ через стык двух кабелей с ВС $Z_1(f)$ и $Z_2(f)$ часть энергии падающей волны проходит в следующий кабель ($\dot{U}_{\text{пр}}$), а часть — отражается от него $\dot{U}_{\text{отр}}$. В результате в кабеле 1 существуют две волны: падающая и отраженная.

Комплексный коэффициент отражения по напряжению и его модуль соответственно равны:

$$\dot{\Gamma} = \dot{U}_{\text{отр}} / \dot{U}_{\text{пад}}, \quad (1)$$

а его модуль

$$\Gamma(f) = |\dot{\Gamma}(f)| = Z_2(f) - Z_1(f) / Z_2(f) + Z_1(f). \quad (2)$$

Нахождение коэффициента отражения по (2) представляется наиболее удобным, так как ВС кабеля — это справочная величина и приводится для любого типа кабеля. Для последующих расчетов, используя (1) и (2), определим модуль коэффициента отражения по мощности:

$$\Gamma^{(P)}(f) = |\dot{\Gamma}^{(P)}(f)| = \left| \frac{\dot{P}_{\text{отр}}}{\dot{P}_{\text{пад}}} \right| = \left| \frac{\dot{U}_{\text{отр}}^2 / Z_1(f)}{\dot{U}_{\text{пад}}^2 / Z_1(f)} \right| = \left| \frac{\dot{U}_{\text{отр}}}{\dot{U}_{\text{пад}}} \right|^2 = \Gamma(f)^2 = \left(\frac{Z_2(f) - Z_1(f)}{Z_2(f) + Z_1(f)} \right)^2, \quad (3)$$

где $\dot{P}_{\text{пад}}$ и $\dot{P}_{\text{отр}}$ — мощности падающей и отраженной волн.

Из (3) видно, что модуль коэффициента отражения по мощности "слева" (при распространении волны слева направо) и "справа" (при распространении волны справа налево) имеет одно и то же значение и изменяется в пределах от 0 до 1. С учетом (3) комплексный коэффициент передачи по мощности и коэффициент затухания сигнала на стыке (по мощности) равны соответственно:

$$\dot{K}^P(f) = \dot{P}_{\text{пр}} / \dot{P}_{\text{пад}} = (\dot{P}_{\text{пад}} - \dot{P}_{\text{отр}}) / \dot{P}_{\text{пад}} = 1 - \dot{P}_{\text{отр}} / \dot{P}_{\text{пад}} = 1 - \dot{\Gamma}^{(P)}(f), \quad (4)$$

где $\dot{P}_{\text{пр}}$ — мощность сигнала, прошедшего через стык;

$$a_c(f) = |1 / \dot{K}^P(f)| = 1 / (1 - \Gamma^{(P)}(f)) \text{ [раз]}; A_c = -10 \lg(1 - |\dot{\Gamma}^{(P)}(f)|) \text{ [дБ]}. \quad (5)$$

На рис. 1 представлена схема неоднородной линии и состоит из $N_{\text{л}}$ КУ. Для каждого i -го участка известны: длина: l_i (где $i=1 \dots N_{\text{л}}$); ВС: $Z_i(f)$; КЗ: $\alpha_i(f)$; ПЗ БК и ДК: $A_{\text{БК } i}(f, l)$ $A_{\text{ДК } i}(f, l)$. Линия с одной стороны подключается к источнику сигнала с выходным сопротивлением $Z_{\text{и}}$, а с другой — к нагрузке с сопротивлением $Z_{\text{н}}$. Сигнал, генерируемый источником, имеет спектральную плотность мощности (СПМ) $G(f)$. Тогда в соответствии с (3) коэффициент отражения i -го стыка равен:

$$\Gamma_i^{(P)}(f) = (z_{i+1}(f) - z_i(f)) / z_{i+1}(f) + z_i(f))^2, \quad i=0 \dots N_{\text{л}}. \quad (6)$$

На основании (5) и (6) определим коэффициенты затухания сигнала на i -ом стыке и всей линии $A_{3c}(f)$ следующим образом:

$$a_{c_i}(f) = 1 / (1 - \Gamma_i^{(P)}(f)) \text{ [раз]}; A_{c_i}(f) = -10 \lg(1 - \Gamma_i^{(P)}(f)) \text{ [дБ]}, \quad (7)$$

$$a_{3c}(f) = \prod_{i=0}^{N_{\text{л}}} (1 / (1 - \Gamma_i^{(P)}(f))) \text{ [раз]}; A_{3c}(f) = -10 \cdot \sum_{i=0}^{N_{\text{л}}} \lg(1 - \Gamma_i^{(P)}(f)) \text{ [дБ]}. \quad (8)$$

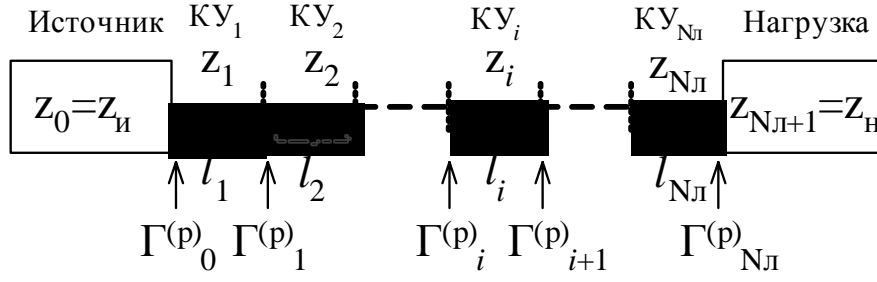


Рис. 1. Структурная схема неоднородной линии

Рассмотрим i -й кабельный участок (KY_i) (рис. 2). Предположим, что на данный КУ слева пришел сигнал с СПМ $G_B(f)$. При распространении по линии этот сигнал затухает и на $i+1$ стыке его СПМ будет равна $G_B(f)/10^{0,1\alpha_i(f)l_i}$. Через $i+1$ кабельный стык в KY_{i+1} пройдет часть сигнала со СПМ $G_B(f)/10^{0,1\alpha_i(f)l_i} a_{c_{i+1}}(f)$, а отразится обратно в KY_i — $G_B(f)\Gamma_{i+1}^{(p)}(f)/10^{0,1\alpha_i(f)l_i}$. Отраженный сигнал приходит к i -му стыку со СПМ, равной $G_B(f)\Gamma_{i+1}^{(p)}(f)/10^{2\cdot 0,1\alpha_i(f)l_i}$. Через i -й стык в KY_{i+1} пройдет сигнал со СПМ $G_B(f)\Gamma_{i+1}^{(p)}(f)/10^{2\cdot 0,1\alpha_i(f)l_i} a_{c_i}(f)$, а часть сигнала отразится в KY_i : $G_B(f)\Gamma_{i+1}^{(p)}(f)\Gamma_i^{(p)}(f)/10^{2\cdot 0,1\alpha_i(f)l_i}$. После этого цикл начнется заново и продолжится до полного затухания сигнала. Поскольку исходный сигнал действует непрерывно, то, чтобы определить, какой сигнал пройдет в следующий КУ, а какой в предыдущий, необходимо просуммировать значения, полученные на рис. 2 "слева" и "справа" соответственно. Видно, что эти последовательности образуют бесконечные убывающие геометрические прогрессии с первыми членами $G_B(f)/10^{0,1\alpha_i(f)l_i} a_{c_{i+1}}(f)$ и $G_B(f)\Gamma_{i+1}^{(p)}(f)/10^{2\cdot 0,1\alpha_i(f)l_i} a_{c_i}(f)$ соответственно и одинаковым знаменателем $\Gamma_{i+1}^{(p)}(f)\Gamma_i^{(p)}(f)/10^{2\cdot 0,1\alpha_i(f)l_i}$.

Определив суммы этих прогрессий и разделив их на $G_B(f)$, получим "прямые" (п) коэффициенты передачи на следующий (с) и предыдущий (п) КУ:

$$K_{\text{Пс}i}(f) = 1/10^{0,1\alpha_i(f)l_i} a_{c_{i+1}}(f) \left(1 - \Gamma_{i+1}^{(p)}(f)\Gamma_i^{(p)}(f)/10^{2\cdot 0,1\alpha_i(f)l_i}\right), \quad (9)$$

$$K_{\text{Пп}i}(f) = \Gamma_{i+1}^{(p)}(f)/10^{2\cdot 0,1\alpha_i(f)l_i} a_{c_i}(f) \left(1 - \Gamma_{i+1}^{(p)}(f)\Gamma_i^{(p)}(f)/10^{2\cdot 0,1\alpha_i(f)l_i}\right). \quad (10)$$

Теперь предположим, что воздействие пришло справа. Эта задача аналогична предыдущей, только стыки (коэффициенты отражения стыков) меняются местами. Поэтому, заменив индексы $i+1$ на i и наоборот в $\Gamma^{(p)}(f)$ и $a_c(f)$, получим обратные (о) коэффициенты (воздействие направлено против основного потока) передачи на предыдущий КУ (KY_{i+1}) и следующий КУ (KY_{i-1}) (относительно воздействия):

$$K_{\text{Ос}}(f) = 1/10^{0,1\alpha_i(f)l_i} a_{c_i}(f) \left(1 - \Gamma_{i+1}^{(p)}(f)\Gamma_i^{(p)}(f)/10^{2\cdot 0,1\alpha_i(f)l_i}\right), \quad (11)$$

$$K_{\text{Оп}}(f) = \Gamma_i^{(p)}(f)/10^{2\cdot 0,1\alpha_i(f)l_i} a_{c_{i+1}}(f) \left(1 - \Gamma_{i+1}^{(p)}(f)\Gamma_i^{(p)}(f)/10^{2\cdot 0,1\alpha_i(f)l_i}\right). \quad (12)$$

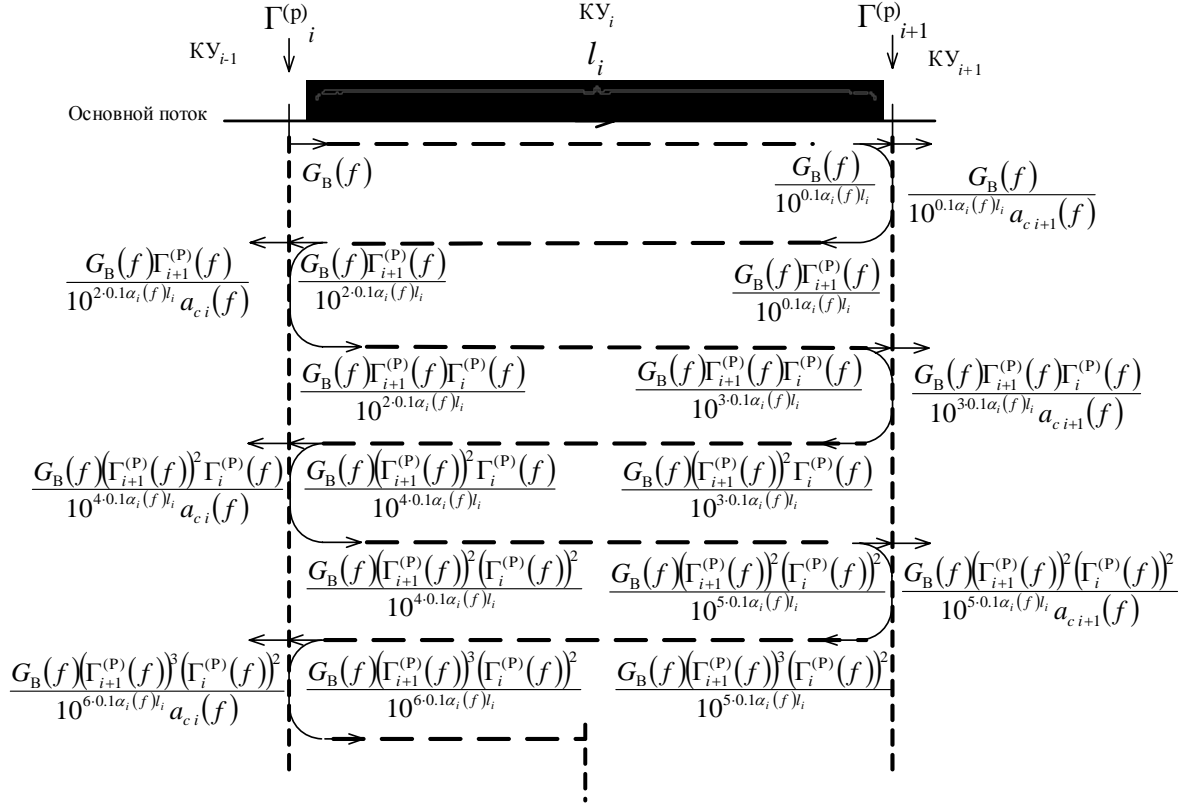


Рис. 2. Распространение сигнала внутри кабельного участка

Под начальным входным воздействием (ВВ) $G_i(f)$, $i=1 \dots N_n$, будем понимать сигнал, вызванный однократным отражением полезного сигнала на i -м стыке. ВВ $G_1(f)$ можно определить, учтя затухание полезного сигнала с СПМ $G(f)$ в стыке "источник сигнала-КУ₁" $a_{c0}(f)$ из (7), затухание в линии в $10^{0,1\alpha_1(f)l_1}$, раз, и коэффициент отражения стыка КУ₁-КУ₂ $\Gamma_1^{(P)}(f)$ из (6). Тогда

$$G_1(f) = G(f)\Gamma_1^{(P)}(f) / 10^{0,1\alpha_1(f)l_1} a_{c0}(f). \quad (13)$$

Аналогично рассуждая, получим $G_2(f)$:

$$G_2(f) = G(f)\Gamma_2^{(P)}(f) / 10^{0,1\alpha_1(f)l_1} 10^{0,1\alpha_2(f)l_2} a_{c0}(f) a_{c1}(f). \quad (14)$$

Тогда $G_i(f)$ можно рассчитать следующим образом:

$$G_i(f) = G(f)\Gamma_i^{(P)}(f) / 10^{0,1 \sum_{j=1}^i \alpha_j(f)l_j} \prod_{j=0}^{i-1} a_{cj}(f), \quad i=1 \dots N_n. \quad (15)$$

Разделив $G_i(f)$ на $G(f)$, получим коэффициент передачи СПМ полезного сигнала на выходе передатчика $G(f)$ в СПМ начального ВВ $G_i(f)$:

$$K_{ВВ i}(f) = \Gamma_i^{(P)}(f) / 10^{0,1 \sum_{j=1}^i \alpha_j(f)l_j} \prod_{j=0}^{i-1} a_{cj}(f), \quad i=1 \dots N_n. \quad (16)$$

Рассмотрим 1-й КУ с ВВ $G_1(f)$. Определим формулу пересчета ВВ $G_1(f)$ на КУ₂.

Если принять, что любой сигнал, попадающий на выходное сопротивление источника сигнала, полностью на нем рассеивается, то единственным выходным сигналом КУ₁ на КУ₂ будет $G_1(f)K_{ОП1}(f)$.

Сложнее ситуация обстоит с КУ₂ с ВВ $G_2(f)$ (рис. 3). Здесь вследствие воздействия $G_2(f)$ появляются воздействия на следующий (КУ₃) участок, равное $G_2(f)K_{\text{ОП}2}(f)$, и предыдущий (КУ₁) участок, равное $G_2(f)K_{\text{ОС}2}(f)$. Последний сигнал, как показано на рис. 3, создаст бесконечное число воздействий на КУ₂, КУ₃ и снова КУ₁. Из рис. 3 также видно, что воздействия на КУ₃, начиная со второго образуют бесконечную убывающую прогрессию с первым членом $G_2(f)K_{\text{ОС}2}(f)K_{\text{ПС}2}(f)K_{\text{ОП}1}(f)$ и знаменателем $K_{\text{ОП}1}(f)K_{\text{ПП}2}(f)$. Тогда в результате ВВ $G_2(f)$ на КУ₃ появится сигнал, равный:

$$G_{2 \rightarrow 3}(f) = G_2(f) \left(K_{\text{ОС}2}(f) K_{\text{ПС}2}(f) K_{\text{ОП}1}(f) / (1 - K_{\text{ОП}1}(f) K_{\text{ПП}2}(f)) + K_{\text{ОП}2}(f) \right). \quad (17)$$

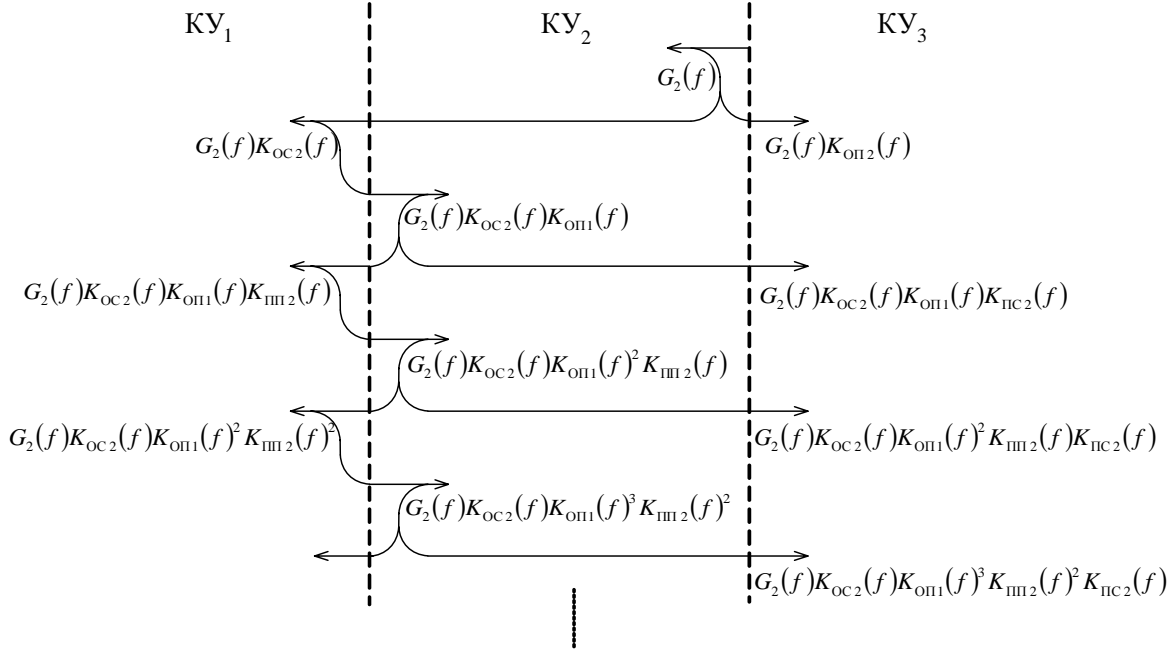


Рис. 3. К пересчету $G_2(f)$ на КУ₃

Учитывая (15) и (16) и разделив (17) на $G(f)$, получим коэффициент пересчета ВВ $G_2(f)$ на КУ₃:

$$K_{\text{П}2}(f) = K_{\text{ОС}2}(f) K_{\text{ПС}2}(f) K_{\text{ОП}1}(f) / (1 - K_{\text{ОП}1}(f) K_{\text{ПП}2}(f)) + K_{\text{ОП}2}(f). \quad (18)$$

Для пересчета ВВ $G_3(f)$ на КУ₄ воспользуемся (18) и алгоритмом для получения (18). Коэффициент пересчета ВВ $G_3(f)$ на КУ₄ будет равен:

$$K_{\text{П}3}(f) = K_{\text{ОС}3}(f) K_{\text{ПС}3}(f) K_{\text{П}2}(f) / (1 - K_{\text{ОП}1}(f) K_{\text{ПП}2}(f)) + K_{\text{ОП}3}(f). \quad (19)$$

На основе (18) и (19) и с учетом того, что $K_{\text{ОС}0}(f) = 1$, а $K_{\text{ПС}0}(f) = 0$, получим следующую формулу коэффициента пересчета $G_i(f)$ ВВ на КУ _{$i+1$} :

$$K_{\text{П}i}(f) = \begin{cases} K_{\text{ОП}1}(f), & i = 1, \\ K_{\text{ОС}i}(f) K_{\text{ПС}i}(f) K_{\text{П}(i-1)}(f) / (1 - K_{\text{ОП}(i-1)}(f) K_{\text{ПП}i}(f)) + K_{\text{ОП}i}, & i = 2 \dots N_{\text{л}}. \end{cases} \quad (20)$$

Определим формулу для пересчета ВВ $G_1(f)$ на КУ₃. Способ расчета аналогичен алгоритму, описанному выше. Спектральная плотность мощности $G_1(f)$, пересчитанная на КУ₃, будет равна:

$$G_{1 \rightarrow 3}(f) = G_1(f) K_{\Pi 1}(f) K_{\Pi 2}(f) / (1 - K_{\Pi 1}(f) K_{\Pi 2}(f)). \quad (21)$$

С учетом (21) следует, что

$$G_{1 \rightarrow 4}(f) = G_{1 \rightarrow 3}(f) K_{\Pi 3}(f) / (1 - K_{\Pi 2}(f) K_{\Pi 3}(f)). \quad (22)$$

При анализе (21) и (22) выявляется следующая закономерность в пересчете $G_1(f)$ на КУ_{*i*}:

$$G_{1 \rightarrow i}(f) = G_1(f) \cdot K_{\Pi 1}(f) \cdot \frac{K_{\Pi 2}(f)}{1 - K_{\Pi 1}(f) K_{\Pi 2}(f)} \cdot \frac{K_{\Pi 3}(f)}{1 - K_{\Pi 2}(f) K_{\Pi 3}(f)} \times \dots \times \frac{K_{\Pi(i-1)}(f)}{1 - K_{\Pi(i-2)}(f) K_{\Pi(i-1)}(f)}$$

В итоге получим:

$$G_{1 \rightarrow i}(f) = G_1(f) K_{\Pi 1}(f) \prod_{j=1}^{i-2} K_{\Pi(j+1)}(f) / (1 - K_{\Pi j}(f) K_{\Pi(j+1)}(f)), \quad i > 1. \quad (23)$$

Аналогично рассуждая, формулу пересчета $G_2(f)$ на КУ₄ представим в виде

$$G_{2 \rightarrow 4}(f) = G_2(f) K_{\Pi 2}(f) K_{\Pi 3}(f) / (1 - K_{\Pi 2}(f) K_{\Pi 3}(f)), \quad (24)$$

а затем, используя (24), и формулу пересчета $G_2(f)$ на КУ₅:

$$G_{2 \rightarrow 5}(f) = G_{2 \rightarrow 4}(f) K_{\Pi 4}(f) / (1 - K_{\Pi 3}(f) K_{\Pi 4}(f)). \quad (25)$$

При анализе (24) и (25) выявляется следующая закономерность в пересчете $G_2(f)$ на КУ_{*i*}:

$$G_{2 \rightarrow i}(f) = G_2(f) K_{\Pi 2}(f) \cdot \frac{K_{\Pi 3}(f)}{1 - K_{\Pi 2}(f) K_{\Pi 3}(f)} \cdot \frac{K_{\Pi 4}(f)}{1 - K_{\Pi 3}(f) K_{\Pi 4}(f)} \times \dots \times \frac{K_{\Pi(i-1)}(f)}{1 - K_{\Pi(i-2)}(f) K_{\Pi(i-1)}(f)}$$

В итоге получим:

$$G_{2 \rightarrow i}(f) = G_2(f) K_{\Pi 2}(f) \prod_{j=2}^{i-2} K_{\Pi(j+1)}(f) / (1 - K_{\Pi j}(f) K_{\Pi(j+1)}(f)), \quad i > 2. \quad (26)$$

Из (23) и (26) следует формула для пересчета $G_k(f)$ на КУ_{*i*}:

$$G_{k \rightarrow i}(f) = G_k(f) K_{\Pi k}(f) \prod_{j=k}^{i-2} K_{\Pi(j+1)}(f) / (1 - K_{\Pi j}(f) K_{\Pi(j+1)}(f)), \quad i > k. \quad (27)$$

При условии, что полезный сигнал $G(f)$ действует достаточно длительное время (больше времени распространения отраженных волн в кабеле), суммарная спектральная плотность мощности помех, вызванных отражением на стыках и пересчитанных на КУ_{*N_л+1*} (в нагрузку), будет равна:

$$G_{\text{ос}}(f) = \sum_{i=1}^{N_{\text{л}}} G_{i \rightarrow N_{\text{л}+1}}(f). \quad (28)$$

Подставив (27) в (28) и используя (20) для КУ_{*N_л*}, получим:

$$G_{\text{ос}}(f) = \sum_{i=1}^{N_{\text{л}}-1} G_i(f) K_{\Pi i}(f) \prod_{j=i}^{N_{\text{л}}-1} K_{\Pi(j+1)}(f) / (1 - K_{\Pi j}(f) K_{\Pi(j+1)}(f)) + G_{N_{\text{л}}}(f) K_{\Pi N_{\text{л}}}(f) \quad (29)$$

Если (29) разделить на $G(f)$ в соответствии с (15) и (16), то получим коэффициент пересчета СПМ полезного сигнала на выходе передатчика в шумы от отражений на стыках на вход приемника $k_{\text{ШО}}(f)$:

$$k_{\text{ШО}}(f) = \frac{G_{\text{ОС}}(f)}{G(f)} = \sum_{i=1}^{N_{\text{Л}}-1} K_{\text{ВВ}i}(f) K_{\text{П}i}(f) \prod_{j=i}^{N_{\text{Л}}-1} \frac{K_{\text{ПС}(j+1)}(f)}{1 - K_{\text{П}j}(f) K_{\text{ШП}(j+1)}(f)} + K_{\text{ВВ}N_{\text{Л}}}(f) K_{\text{П}N_{\text{Л}}}(f) \text{ [раз]} \quad (30)$$

или

$$K_{\text{ШО}}(f) = 10 \log(k_{\text{ШО}}(f)) \text{ [дБ]}. \quad (31)$$

Из (29) несложно получить коэффициент передачи по мощности, позволяющий рассчитать СПМ сигнала за счет неоднородностей кабельной линии на входе приемника.

Если защищенность всей линии от отражений на стыках $a_{\text{ОС}}(f)$ определить как

$$a_{\text{ОС}}(f) = G_{\text{ВХ}}(f) / G_{\text{ОС}}(f), \quad (32)$$

где $G_{\text{ВХ}}(f)$ — СПМ сигнала на входе приемника, то с учетом (8) затухания сигнала в линии и (30) получим:

$$a_{\text{ОС}}(f) = 1 / a_{\text{зо}}(f) 10^{0.1 \sum_{j=1}^{N_{\text{Л}}} \alpha_j(f) l_j} k_{\text{ШО}}(f) \text{ [раз]; } A_{\text{ОС}}(f) = 10 \cdot \log(a_{\text{ОС}}(f)) \text{ [дБ]}. \quad (33)$$

В качестве примера рассмотрим неоднородную линию, состоящую из 3-х КУ одинаковой длины и использующих кабели типа МКС 1,2, ТПП 0,5, КСПП 1,2 соответственно (частотные зависимости их волновых сопротивлений и километрических затуханий представлены на рис. 4 [2], [3]). Выходное сопротивление передатчика и входное приемника примем равными по 130 Ом.

На рис. 5 приведены графики коэффициентов отражения стыков, рассчитанных по (6) и график затухания сигнала в результате отражений на стыках кабельной линии с вышеприведенными параметрами, рассчитанный по (8). На рис. 6 приведены графики $K_{\text{ШО}}(f)$ при длине каждого КУ 1, 2 и 5 км, рассчитанного по (31). Для сравнения на этом же рис. приведены графики защищенности от ПВ БК для кабеля МКС соответствующих длин. На рис. 7 приведены графики защищенности линии от отражений на стыках при длине каждого КУ 1, 2 и 5 км, рассчитанного по (33).

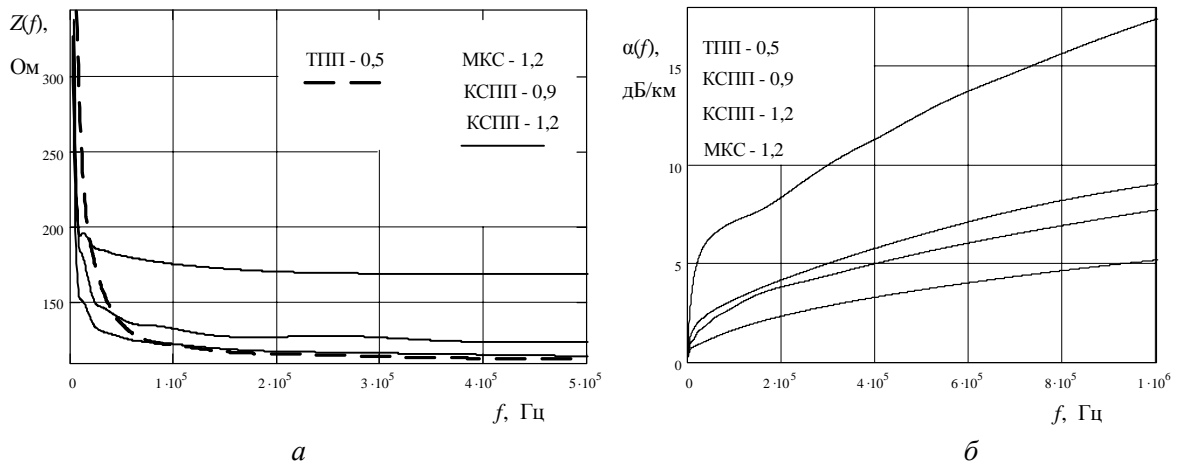


Рис. 4. Графики ВС (а) и КЗ (б) КУ

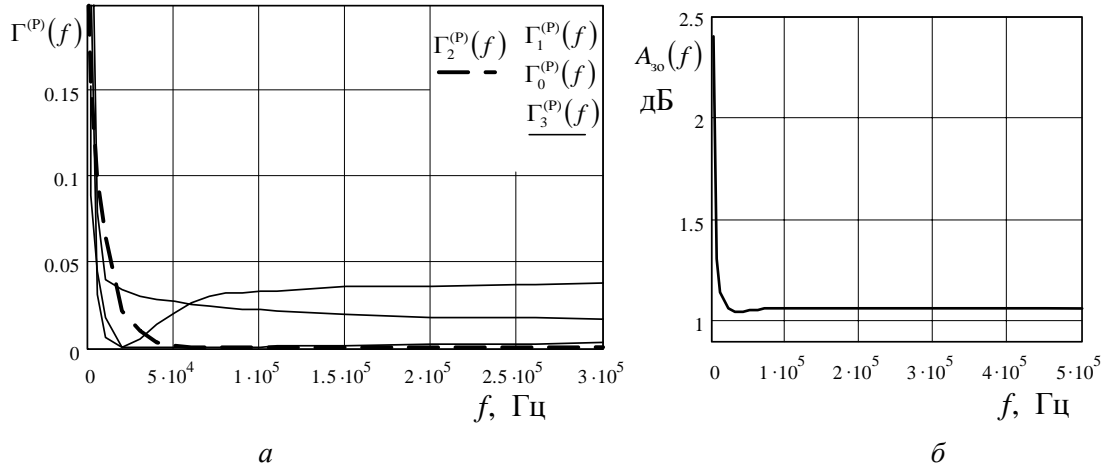


Рис. 5. График коэффициентов отражения стыков (а) и затухания полезного сигнала вследствие отражений на кабельных стыках (б)

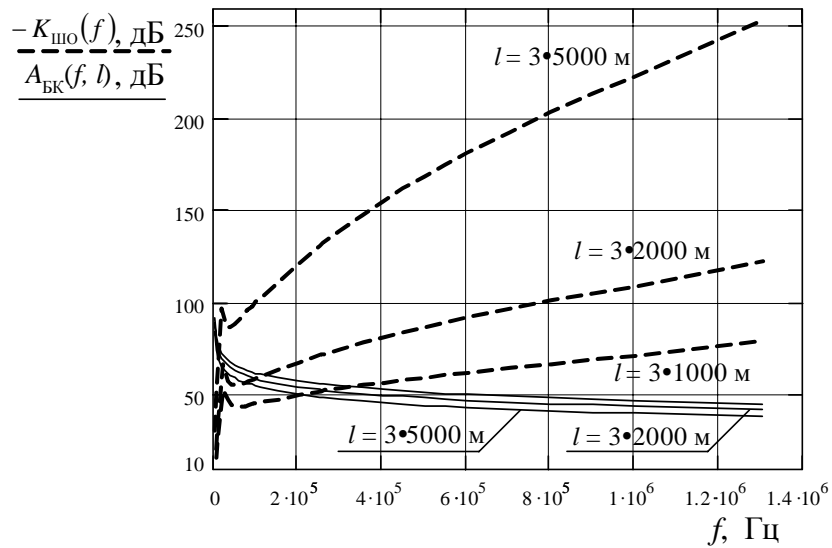


Рис. 6. Коэффициент пересчета СПМ полезного сигнала в шумы от отражений $A_{\text{БК}}(f)$

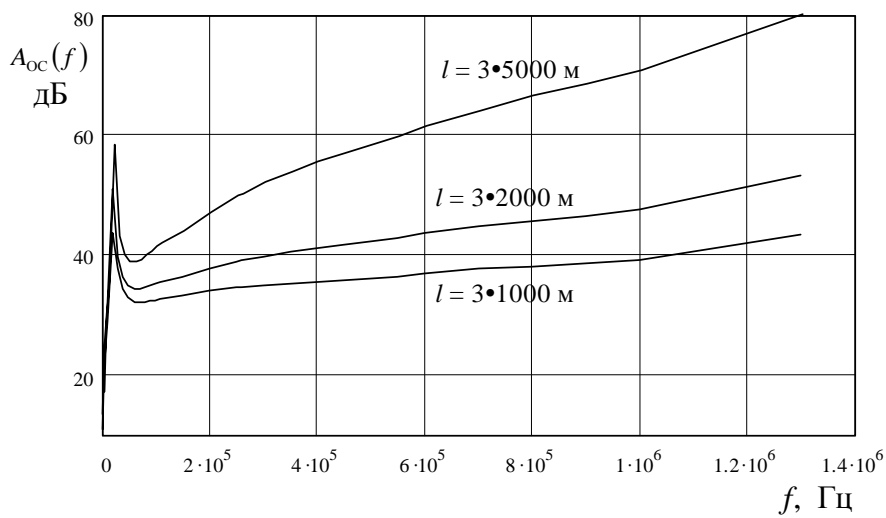


Рис. 7. Защищенность линии от отражений на стыках

Таким образом, получены выражения, позволяющие рассчитать СПМ сигнала и шумов отражений на выходе неоднородной абонентской линии и частотную зависимость защищенности от шумов отражений.

Результаты расчетов показали, что СПМ шумов отражений на выходе абонентской линии определяется СПМ сигнала на входе линии и структурой абонентской линии, а также коэффициентом пересчета, зависящего от частотной характеристики ВС.

Показано, что коэффициент пересчета обладает большой частотной неравномерностью в диапазоне до 100 кГц и монотонно убывает на участке свыше 100 кГц, что связано с частотной неравномерностью ВС КУ. В частотном диапазоне до 100 кГц при расчете защищенности необходимо учитывать как шумы отражения, так и ПВ, в диапазоне свыше 100 кГц шумами за счет отражений можно пренебречь.

INFLUENCE OF NON-UNIFORMS ON CHARACTERISTICS OF A SUBSCRIBER LINE

P.V. TSISHKOU

Abstract

The computation procedure of coefficient of attenuation of a non-uniform line in view of partial reflection of a signal on joints of a cable is offered; power of noise on an entrance of receiver, caused by reflections on non-uniformities of subscriber line is defined.

Литература

1. Гроднев И.И., Верник С.М. Линии связи: Учебник для вузов. М., 1988.
2. Цым А.Ю., Камалыгин В.И. Междугородные симметричные кабели для цифровых систем передачи. М., 1984.
3. Брискер А.С., Руга А.Д., Шарле Д.Л. Городские телефонные кабели: Справочник. 3-е изд. перераб. и доп. / Под ред. А.С. Брискера. М., 1991.