

УДК 621.396

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ФИДЕРА

В.Л. Муравченко, старший научный сотрудник 24 ЦНИИ МО РФ, к.т.н.

Введение. Существующая тенденция создания и использования широкополосных трактов усиления радиосигналов привела к необходимости обеспечить постоянство выходного сопротивления тракта (во всем рабочем диапазоне частот) без использования элементов оперативной подстройки. Эта тенденция обусловлена, в основном, требованиями, предъявляемыми к работе перспективных радиолиний и связанными с адаптацией по частоте и псевдослучайной перестройкой рабочей частоты.

В ряде случаев, при больших значениях коэффициентов перекрытия по диапазону, не удается обеспечить постоянство как выходного сопротивления усилителя, так и входного сопротивления антенны. В результате на обоих концах антенного фидера возникают неоднородности.

В [1–3] отражено влияние указанного фактора на мощность в нагрузке. В [1] предложена методика расчета мощности в нагрузке при неоднородностях в начале и конце высокочастотного (ВЧ) фидера. В то же время отсутствует методика оценки сопротивления на входе фидера с учетом влияния выходного импеданса усилителя, что затрудняет расчет параметров передающего тракта. Статья посвящена решению этой проблемы.

Методика оценки входного сопротивления фидера при неоднородностях на его концах. В основе предлагаемой методики лежит известный метод [1] расчета коэффициента передачи по мощности, учитывающий бесконечное число переотражений волн ВЧ энергии в волноводе с рассогласованными нагрузками на обоих его концах. На рисунке, схематично представляющем процесс переотражений в таком фидере, введены следующие обозначения: I_n — ток падающей волны ВЧ энергии; I_{oN} — N -я составляющая тока отраженной волны; I_{noN} — N -я

составляющая тока, переотраженного от двух неоднородностей; I_{nN} — N -я составляющая тока в нагрузке. Расчетные формулы для отраженных сигналов следующие:

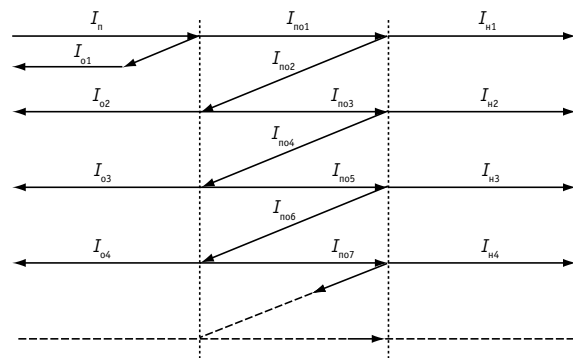
$$I_{o1} = I_n \dot{p}_1; \tag{1}$$

$$I_{o2} = I_n (1 - \dot{p}_1)^2 \dot{p}_2 e^{-2\alpha} e^{-j2\beta}; \tag{2}$$

$$I_{o3} = I_n (1 - \dot{p}_1)^2 \dot{p}_1 \dot{p}_2^2 e^{-4\alpha} e^{-j4\beta} \text{ и т. д.}, \tag{3}$$

где \dot{p}_1, \dot{p}_2 — коэффициенты отражений в начале и конце фидерной линии соответственно; α — погонный коэффициент затухания в фидере; $\beta = (2\pi/\lambda)l$ — сдвиг фазы сигнала в фидере длиной l при длине волны, равной λ .

Начиная со второго члена, представленная последовательность является бесконечной геометрической прогрессией со знаменателем $\dot{p}_1 \dot{p}_2 e^{-2\alpha} e^{-j2\beta}$.



Расчетные формулы для переотраженных сигналов:

$$I_{\text{по1}} = I_{\text{п}}(1 - \dot{p}_1)e^{-\alpha}e^{-j\beta}; \quad (4)$$

$$I_{\text{по2}} = I_{\text{п}}(1 - \dot{p}_1)\dot{p}_2e^{-2\alpha}e^{-j2\beta}; \quad (5)$$

$$I_{\text{по3}} = I_{\text{п}}(1 - \dot{p}_1)\dot{p}_1\dot{p}_2e^{-3\alpha}e^{-j3\beta} \text{ и т. д.} \quad (6)$$

Расчетные формулы для составляющих тока в нагрузке:

$$I_{\text{н1}} = I_{\text{п}}(1 - \dot{p}_1)(1 - \dot{p}_2)e^{-\alpha}e^{-j\beta}; \quad (7)$$

$$I_{\text{н2}} = I_{\text{п}}(1 - \dot{p}_1)(1 - \dot{p}_2)\dot{p}_1\dot{p}_2e^{-3\alpha}e^{-j3\beta}; \quad (8)$$

$$I_{\text{н3}} = I_{\text{п}}(1 - \dot{p}_1)(1 - \dot{p}_2)\dot{p}_1^2\dot{p}_2^2e^{-5\alpha}e^{-j5\beta} \text{ и т. д.} \quad (9)$$

Выражения (7) – (9) также представляют геометрическую прогрессию со знаменателем $\dot{p}_1\dot{p}_2e^{-2\alpha}e^{-j2\beta}$.

Суммарная амплитуда тока в нагрузке, в соответствии с известным [4] соотношением для суммы членов бесконечно убывающей геометрической прогрессии, определяется соотношением:

$$I_{\text{н}} = I_{\text{п}} \frac{(1 - \dot{p}_1)(1 - \dot{p}_2)e^{-\alpha}e^{-j\beta}}{1 - \dot{p}_1\dot{p}_2e^{-2\alpha}e^{-j2\beta}}. \quad (10)$$

Аналитическое выражение для суммарной амплитуды тока на входе фидера

$$I_{\text{вх}} = I_{\text{п}} \left[1 - \dot{p}_1 - \frac{(1 - \dot{p}_1)^2 \dot{p}_2 e^{-2\alpha} e^{-j2\beta}}{1 - \dot{p}_1 \dot{p}_2 e^{-2\alpha} e^{-j2\beta}} \right] = I_{\text{п}} \frac{(1 - \dot{p}_1)(1 - \dot{p}_2 e^{-2\alpha} e^{-j2\beta})}{1 - \dot{p}_1 \dot{p}_2 e^{-2\alpha} e^{-j2\beta}}. \quad (11)$$

Выражение для напряжения на входе фидера, полученное аналогичным образом, что и для тока, имеет вид:

$$U_{\text{вх}} = U_{\text{п}} \frac{(1 + \dot{p}_1)(1 + \dot{p}_2 e^{-2\alpha} e^{-j2\beta})}{1 - \dot{p}_1 \dot{p}_2 e^{-2\alpha} e^{-j2\beta}}. \quad (12)$$

Теперь можно определить входное сопротивление фидера для случая с неоднородностями как на его входе, так и на выходе:

$$Z_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{вх}}}{I_{\text{вх}}} = Z_{\text{в}} \frac{(1 + \dot{p}_1)(1 + \dot{p}_2 e^{-2\alpha} e^{-j2\beta})}{(1 - \dot{p}_1)(1 - \dot{p}_2 e^{-2\alpha} e^{-j2\beta})}, \quad (13)$$

где $Z_{\text{в}} = \frac{U_{\text{п}}}{I_{\text{п}}}$ — волновое сопротивление фидера.

При $p_1 = 0$ выражение (13) приобретает вид, соответствующий ранее известным [5] и справедливым для случая с согласованным входом фидера ($\dot{p}_1 = 0$).

Аналитические выражения для мощностей, рассчитываемых по току и напряжению на входе и на выходе фидера, будут одинаковы при отсутствии потерь ($\alpha = 0$). Они должны отличаться для токов нагрузки и входного тока из-за большего пути отраженной волны:

$$P_{\text{н}} = \text{Re}[I_{\text{н}} \dot{U}_{\text{н}}] = P_{\text{с}} \frac{(1 - p_1^2)(1 - p_2^2)e^{-2\alpha}}{1 - 2p_1 p_2 e^{-2\alpha} \cos(\varphi_1 + \varphi_2 - 2\beta) + p_1^2 p_2^2 e^{-4\alpha}}; \quad (14)$$

$$P_{\text{вх}} = \text{Re}[I_{\text{вх}} \dot{U}_{\text{вх}}] = P_{\text{с}} \frac{(1 - p_1^2)(1 - p_2^2 e^{-4\alpha})}{1 - 2p_1 p_2 e^{-2\alpha} \cos(\varphi_1 + \varphi_2 - 2\beta) + p_1^2 p_2^2 e^{-4\alpha}}; \quad (15)$$

где $P_{\text{с}}$ — мощность в нагрузке в согласованном режиме; φ_1, φ_2 — фазы коэффициентов отражений p_1, p_2 .

Выражения (14) и (15) соответствуют полученным в [1] и подтверждают справедливость приведенных выше соотношений для расчета тока, напряжения и мощности на входе фидера при неоднородностях на его входе и выходе.

Заключение. Предложенная методика позволяет производить расчет сопротивления нагрузки широкополосного усилителя, к выходу которого подключено антенно-фидерное устройство, с учетом импедансов на обоих концах фидера. Этот расчет необходим для оценки работы генераторных приборов усилителя и более точного прогноза мощности, отдаваемой усилителем в нагрузку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сушкевич В.Н. Нерегулярные линейные волноводные системы. — М.: Сов. радио, 1967.
2. Муравченко В.Л. Оценка мощности в рассогласованной нагрузке широкополосных усилителей // Радиотехника. — 1997. — № 10.
3. Муравченко В.Л. Сокращение времени настройки широкополосных передатчиков // Электросвязь. — 2008. — № 7.
4. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. — М.: Наука, 1964.
5. Атабеков Г.И. Линейные электрические цепи. — М.: Энергия, 1970.

Получено 25.12.08

ВНИМАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ!

12 мая 2009 г. состоится 10-й Международный Форум МАС'09

«Развитие инфокоммуникаций в условиях экономического кризиса»

Тематика Форума:

- приоритетные технологии в условиях экономического кризиса;
- развитие услуг и контента как основа успеха бизнеса в условиях кризиса;
- оптимальные инфокоммуникационные решения науки и компаний производителей оборудования для преодоления кризиса.

На Форум МАС'09 приглашены руководители Минкомсвязи РФ, Россвязи, Роскомнадзора, ФСТ России, ФАС

России, Минэкономразвития России, представители заинтересованных органов исполнительной и законодательной власти, отраслевых ассоциаций и операторов связи.

Место проведения Форума: **Центральный выставочный комплекс «Экспоцентр», павильон 2, Синий зал.** Начало работы — **13:00.** Начало регистрации — **12:15.**

По вопросам участия в Форуме МАС'09 обращаться в Оргкомитет:

Тел./факс: **(495)742-53-53, 742-74-46**

E-mail: **info@ita.org.ru**