



УРАЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ
СВЯЗИ
И ИНФОРМАТИ



СИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
И ИНФОРМАТИКИ



Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в
г.Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ)

При поддержке Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС),
Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР),
Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОГНИТИВНАЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ

Сборник научных трудов VI Всероссийской научно-
практической конференции

Екатеринбург
2020

УДК 378

ББК 74.58 + 32.88-01

Информационные технологии и когнитивная электросвязь: Тезисы докладов VI Всероссийской научно-практической конференции. - Екатеринбург: УрТИСИ СибГУТИ, 2020. – 162 с.

В сборник включены тезисы докладов, выполненных в рамках VI Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии и когнитивная электросвязь» по актуальным научным направлениям совершенствования и перспективного развития современных инфокоммуникационных технологий и систем связи, информационной безопасности, информационных технологий и защите информации.

Материалы статей, вошедших в сборник, даны в авторской редакции.

Представленный сборник предназначен для научных работников, аспирантов, студентов и специалистов, работающих в области современных инфокоммуникационных технологий.

Сборник включен в перечень журналов РИНЦ.

Оргкомитет конференции: Будылдина Надежда Вениаминовна – зав. кафедрой ОПД ТС УрТИСИ СибГУТИ, к.т.н.; Кусайкин Дмитрий Вячеславович – доцент кафедры МЭС УрТИСИ СибГУТИ, к.т.н.; Волынская Анна Владимировна - начальник Управления обеспечения образовательного процесса УрГУПС, к.т.н.; Черезов Григорий Анатольевич – зав. кафедрой «Автоматика, телемеханика и связь на ж.д. транспорте» УрГУПС, к.т.н., доцент; Рогожников Евгений Васильевич – доцент кафедры Телекоммуникаций и основ радиотехники ТУСУР, директор регионального центра компетенций Национальной технологической инициативы (НТИ) по Сибирскому, Уральскому и Дальневосточному федеральным округам по направлению «Технологии беспроводной связи и Интернета вещей»; Попова Ксения Юрьевна – декан РТФ, зав. кафедрой Телекоммуникаций и основ радиотехники ТУСУР, к.ф.-м.н.

Редколлегия конференции:

Председатель- Шувалов Вячеслав Петрович – профессор кафедры передачи дискретных сообщений и метрологии СибГУТИ, д.т.н.;

Члены редколлегии: Поршнева Сергей Владимирович – профессор кафедры ОПД ТС УрТИСИ СибГУТИ, д.т.н., профессор; Будылдина Надежда Вениаминовна – зав. кафедрой ОПД ТС УрТИСИ СибГУТИ, к.т.н., доцент; Кусайкин Дмитрий Вячеславович – доцент кафедры МЭС УрТИСИ СибГУТИ, к.т.н.; Карачарова Марина Петровна – начальник методического отдела УрТИСИ СибГУТИ; Волынская Анна Владимировна - начальник Управления обеспечения образовательного процесса УрГУПС, к.т.н., доцент; Черезов Григорий Анатольевич – зав. кафедрой «Автоматика, телемеханика и связь на ж.д. транспорте» УрГУПС, к.т.н., доцент; Рогожников Евгений Васильевич – доцент кафедры Телекоммуникаций и основ радиотехники ТУСУР, директор регионального центра компетенций Национальной технологической инициативы (НТИ) по Сибирскому, Уральскому и Дальневосточному федеральным округам по направлению «Технологии беспроводной связи и Интернета вещей»; Попова Ксения Юрьевна – декан РТФ, зав. кафедрой Телекоммуникаций и основ радиотехники ТУСУР, к.ф.-м.н.

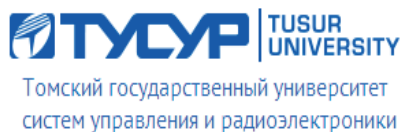
Ответственный секретарь конференции: Карачарова Марина Петровна, контактный телефон: (343)242-09-26, электронная почта kmp@urtisi.ru

Партнёры:

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС),

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР),

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ)



СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ

А.В. Бизяев, Д.В. Кусайкин Обзор методов распознавания формата модуляции сигнала в системах передачи информации.....	5
М.С. Евдокимов, О.А. Обвинцев, Т.А. Бурина Недостатки CAPTCHA для пользователей.....	10
А. О. Горай, Н.В. Будылдина Исследование подхода к аппроксимации спектра мощности фрактального Гауссовского шума.....	13
Ю.О. Гусева, Н.В. Будылдина Позиционирование с помощью метода DISTANCE VECTOR-HOP в беспроводной сенсорной сети.....	17
Д.Д. Калмыкова, В.П. Шувалов Энергетическая эффективность сетей доступа.....	22
И.Г. Квиткова Анализ задачи метрологического обеспечения процессов производства и эксплуатации ВОЛС.....	26
З.М. Кенжегулова, Е.Б. Черникова, А.М. Заболоцкий Аналитические выражения для вычисления временного отклика двух последовательно соединенных отрезков связанных линий при согласовании по выходу.....	29
А.Е. Максимов, И.А. Онищенко, С.П. Куксенко Адаптивное учащение сетки при анализе линий передачи методом моментов.....	34
И.Н. Микишев, Н.В. Будылдина Исследование скорости обучения нейронной сети при решении задачи нахождения глобального минимума функции.....	37
А.Н. Земцов, А.А. Турицын, Чан Зунг Хань Организация безопасного взаимодействия филиалов кредитной организации.....	42
В.П. Шувалов, И.Г. Квиткова Техничко-экономический анализ пассивных оптических сетей доступа большого радиуса действия.....	45
Д.А. Овчинников, С.А. Баранов Практический опыт конструирования антенны Спираль Архимеда.....	50
А.Ю. Дерр, В.Т. Куанышев Предназначение и устройство вибрационных волоконно-оптических средств обнаружения.....	54
К.Б. Уткин, В.Т. Куанышев Методы позиционирования радиоэлектронных средств связи (РЭС) стандарта DMR (Digital Mobile Radio) внутри производственных площадей промышленного предприятия.....	58
Е.В. Юрченко, Н.В. Будылдина Система распределения горизонтального взаимодействия для многосервисных компьютерных сетей.....	62
В.П. Шувалов, И.Г. Квиткова К вопросу о качестве работы устройств мониторинга пассивных оптических сетей доступа.....	66
А.С. Нифонтова, В.С. Кутенин Моделирование сетей связи.....	71
Е.С. Рудометова, В.Т. Куанышев Расчет передаточной функции X-ответвителя в режиме нелинейной токовой петли.....	74
К.А. Батенков, В.Ю. Головачёв, С.В. Чистяков Возможности моделирования телекоммуникационных сетей с помощью программного обеспечения RIVERBED.....	78
К.А. Батенков Исследование множеств подграфов телекоммуникационной сети различной связности.....	80
И.В. Богачков, А.И. Александрова (Трухина) Влияние изгибов оптических волокон на бриллюэновские рефлектограммы.....	83
И.В. Богачков, Н.А. Комисарчук, Л.В. Шарафутдинова Определение разновидностей оптических волокон по бриллюэновским рефлектограммам.....	89
И.В. Богачков, И.Б. Тугов Основы обнаружения несанкционированного доступа к оптическим волокнам.....	94
И.В. Богачков, Л.В. Шарафутдинова, Н.А. Комисарчук Программа для анализа характеристик оптических волокон по бриллюэновским рефлектограммам.....	98

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ВРЕМЕННОГО ОТКЛИКА ДВУХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО СОЕДИНЕННЫХ ОТРЕЗКОВ СВЯЗАННЫХ ЛИНИЙ ПРИ СОГЛАСОВАНИИ ПО ВЫХОДУ

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники в г. Томске (ТУСУР), Россия

Ключевые слова: связанная линия, мода, коэффициент отражения, согласование, аналитические выражения, временной отклик.

В статье получены аналитические выражения для вычисления временного отклика двух последовательно соединенных отрезков связанных линий передачи при согласовании по выходу с помощью П- схемы. Для подтверждения результатов выполнено сравнение временных откликов, полученных при помощи квазистатического моделирования и аналитических выражений.

Целью данной статьи является вычисление временных откликов двух последовательно соединенных отрезков линии передачи посредством аналитических выражений.

Z.M. Kenzhegulova, E.B. Chernikova, A.M. Zabolotsky

ANALYTICAL EXPRESSIONS FOR CALCULATING A TIME RESPONSE OF TWO SERIES-CONNECTED SEGMENTS OF COUPLING LINES WITH THE OUTPUT OF LINES MATCHING

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics in Tomsk (TUSUR), Russia

Keywords: coupled line, mode, reflection coefficient, matching, analytical expressions, time response.

Analytical expressions are obtained for calculating a time response of two cascaded segments of coupled transmission lines with matching at the output using P- circuit. To confirm the results, we compared time responses using quasistatic simulation and analytical expressions

The purpose of this article is to calculate the time responses of two cascaded segments transmission lines using analytical expressions.

В настоящее время для передачи сигналов в радиоэлектронных средствах (РЭС) широко применяются связанные линии передачи. При их использовании уменьшается влияние электромагнитных помех (ЭМП) и улучшается быстродействие элементов РЭС. Однако в связанных линиях могут возникать перекрестные помехи из-за взаимной емкости и индуктивности. Кроме того, в данных линиях сигналы могут искажаться из-за влияния помех отражения. В связи с этим возникает необходимость в компьютерном моделировании на начальных стадиях разработки и проектировании РЭС. Для более детального анализа волновых процессов в межсоединениях в структурах и выявления причин искажения форм сигнала используют аналитические подходы.

Известны аналитические выражения, выполненные методом модального разложения, с использованием модальных источников воздействий и коэффициентов отражения [1]. На основании данных выражений разработаны алгоритмы для вычисления форм сигнала двухпроводной линии передачи [2]. Выполнен анализ коэффициентов отражения мод связанной линии, согласованной с помощью П- и Т- схем в дифференциальных и синфазных режимах в [3]. Между тем представляется возможным вычислить временные отклики двух последовательно соединенных отрезков связанных линий посредством аналитических выражений. Таким образом, цель данной работы – выполнить такое исследование.

В матрицах электростатической (**C**) и электромагнитной (**L**) индукций для симметричных связанных линий коэффициенты $L_{11}=L_{22}$ и $C_{11}=C_{22}$ равны. Следовательно, матрицы преобразований мод по напряжению и току имеют вид (1) [4]:

$$\mathbf{T}_V = \begin{bmatrix} 1 & 0,5 \\ 1 & -0,5 \end{bmatrix}, \mathbf{T}_I = \begin{bmatrix} 0,5 & 1 \\ 0,5 & -1 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

На рис. 1 представлена схема с источниками изначально падающих мод и коэффициенты отражения для двух последовательно соединенных отрезков связанных линий. Данная схема дает наглядное представление о параметрах прохождения синфазной и дифференциальной моды вдоль линии в любой момент времени, а также их взаимовлияние друг на друга [1].

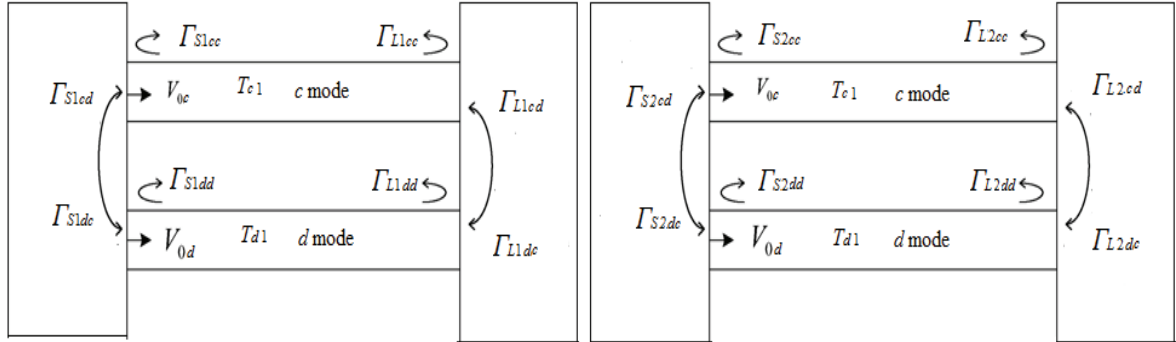


Рис. 1 - Схема распространения мод и коэффициентов отражения для двух последовательных отрезков связанных линий

Матрица модальных импедансов с П-образной нагрузкой с учетом мод на дальнем конце (\mathbf{R}_{Lm}) линии передачи принимают вид (2):

$$\mathbf{R}_{Lm} = \begin{bmatrix} 0,5 \cdot Z_{even} & 0 \\ 0 & 2 \cdot Z_{odd} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

Где Z_{even} – характеристический импеданс для четной моды, а Z_{odd} – нечетной.

Диагональные матрицы для **L** и **C** (3) вычисляются как (3):

$$\begin{aligned} \mathbf{L1}_m &= \mathbf{T}_V^{-1} \mathbf{L1} \mathbf{T}_I, \mathbf{C1}_m = \mathbf{T}_I^{-1} \mathbf{C1} \mathbf{T}_V, \\ \mathbf{L2}_m &= \mathbf{T}_V^{-1} \mathbf{L2} \mathbf{T}_I, \mathbf{C2}_m = \mathbf{T}_I^{-1} \mathbf{C2} \mathbf{T}_V. \end{aligned} \quad (3)$$

Характеристический импеданс (4):

$$\mathbf{Z1}_{cm} = \begin{bmatrix} \sqrt{\frac{L1_{m1}}{C1_{m1}}} & 0 \\ 0 & \sqrt{\frac{L1_{m2}}{C1_{m2}}} \end{bmatrix}, \mathbf{Z2}_{cm} = \begin{bmatrix} \sqrt{\frac{L2_{m1}}{C2_{m1}}} & 0 \\ 0 & \sqrt{\frac{L2_{m2}}{C2_{m2}}} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Матрицы модальных коэффициентов отражения для первого и второго отрезков находится как (5):

$$\begin{aligned} \Gamma_{S1} &= (\mathbf{R}_{Sm} \mathbf{Z1}_{cm}^{-1} + \mathbf{E})^{-1} (\mathbf{R}_{Sm} \mathbf{Z1}_{cm}^{-1} - \mathbf{E}), \\ \Gamma_{L1} &= (\mathbf{Z2}_{cm} \mathbf{Z1}_{cm}^{-1} + \mathbf{E})^{-1} (\mathbf{Z2}_{cm} \mathbf{Z1}_{cm}^{-1} - \mathbf{E}), \\ \Gamma_{S2} &= (\mathbf{Z1}_{cm} \mathbf{Z2}_{cm}^{-1} + \mathbf{E})^{-1} (\mathbf{Z1}_{cm} \mathbf{Z2}_{cm}^{-1} - \mathbf{E}), \\ \Gamma_{L2} &= (\mathbf{R}_{Lm} \mathbf{Z2}_{cm}^{-1} + \mathbf{E})^{-1} (\mathbf{R}_{Lm} \mathbf{Z2}_{cm}^{-1} - \mathbf{E}), \end{aligned} \quad (5)$$

где **E** – единичная матрица.

В результате получены аналитические выражения для вычисления форм напряжения двух последовательно соединенных отрезков связанной линии в начале (6) и в конце (7):

$$\begin{aligned} \mathbf{V}(0,t) &= \mathbf{V}_c(t) m \mathbf{V}_d(t) / 2 = \\ & \left\{ \mathbf{V}_{0c}(t) - \mathbf{V}_{0d}(t) / 2 \right\} \pm \left\{ \Gamma_{Ldd} \Gamma_{Scd} - \Gamma_{Ldd} (1 + \Gamma_{Sdd}) / 2 \right\} \mathbf{V}_{0d}(t - 2T_d) \pm \\ & \pm \left\{ \Gamma_{Ldc} \Gamma_{Scd} - \Gamma_{Ldc} (1 + \Gamma_{Sdd} / 2) \right\} \mathbf{V}_{0c}(t - (T_d + T_c)) \pm \\ & \pm \left\{ \Gamma_{Lcd} (1 + \Gamma_{Scc}) - \Gamma_{Lcd} \Gamma_{Sdc} / 2 \right\} \mathbf{V}_{0d}(t - (T_d + T_c)) \left. \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{V}(1,t) &= \mathbf{V}_c(t) m \mathbf{V}_d(t) / 2 = \\ & \left\{ \Gamma_{Lcd} m (1 + \Gamma_{Ldd} / 2) \right\} \mathbf{V}_{0d}(t - T_d) + \\ & + \left\{ (1 + \Gamma_{Lcc}) m \Gamma_{Ldc} / 2 \right\} \mathbf{V}_{0c}(t - T_c), \end{aligned} \quad (7)$$

где \mathbf{V}_{0c} , \mathbf{V}_{0d} – векторы источника синфазной и дифференциальной мод; Γ_{Ldd} , Γ_{Scd} , Γ_{Sdd} , Γ_{Ldc} , Γ_{Lcd} , Γ_{Sdc} , Γ_{Lcc} , Γ_{Scc} , Γ_{Scc} – элементы матрицы коэффициентов отражения в начале (S) и в конце (L) линии; T_c , T_d – время распространения синфазной и дифференциальной мод.

Далее для проверки точности разработанных аналитических выражений (6–7) выполнено квазистатическое моделирование в системе TALGAT [5] на импульсное воздействие сигнала с общей длительностью $t_s=150$ пс и амплитудой ЭДС 1 В, при длине отрезков $l_1=l_2=0,3$ м.

В качестве апробации выбрана связанная микрополосковая линия передачи, поперечное сечение которой представлено на рис. 2 а, а принципиальная схема двух последовательно соединенных отрезков линии передачи с П-образной схемой согласования на концах – на рис. 2 б, где V_0 – источник входного сигнала, R_{S1} , R_{S2} – сопротивление в начале линии, а R_{L1} , R_{L2} , R_{L3} – в конце линии.

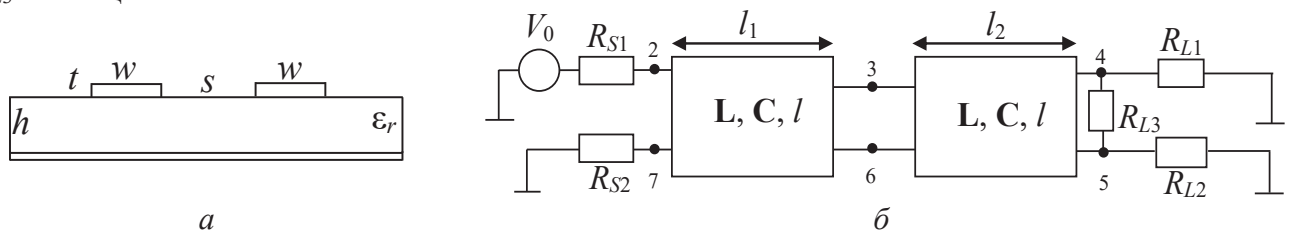


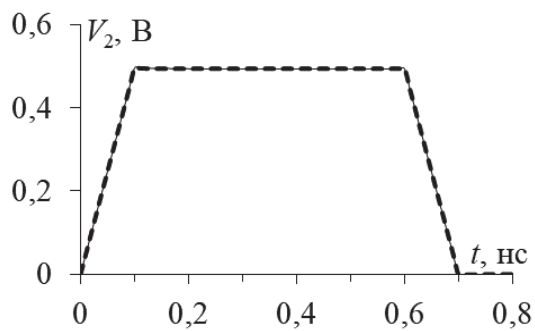
Рис. 2 - Поперечное сечение (а) и принципиальная схема (б) двух последовательно соединенных отрезков двухпроводной линии передачи с П-образной схемой согласования по выходу

Матрицы электростатической и электромагнитной индукции \mathbf{C}_1 , \mathbf{C}_2 , пФ/м, \mathbf{L}_1 , \mathbf{L}_2 , нГн/м для первого и второго отрезков соответственно:

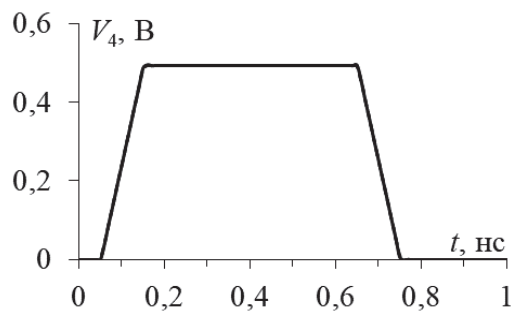
$$\mathbf{C}_1 = \begin{bmatrix} 1,737 & -0,073 \\ -0,073 & 1,737 \end{bmatrix} \text{ пФ/м}, \quad \mathbf{L}_1 = \begin{bmatrix} 4,276 & 0,529 \\ 0,529 & 4,276 \end{bmatrix} \text{ нГн/м.}$$

$$\mathbf{C}_2 = \begin{bmatrix} 1,749 & -0,144 \\ -0,144 & 1,749 \end{bmatrix} \text{ пФ/м}, \quad \mathbf{L}_2 = \begin{bmatrix} 4,264 & 0,756 \\ 0,756 & 4,264 \end{bmatrix} \text{ нГн/м.}$$

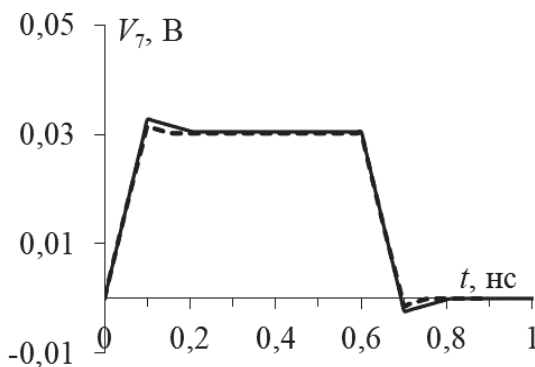
Формы напряжений в начале и конце активного и пассивного проводников двух последовательно соединённых отрезков линии передачи, вычисленных с помощью выражений (6–7) и в TALGAT, приведены на рис.3, 4.



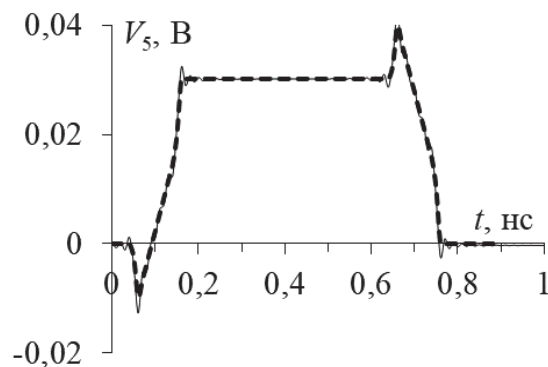
а



а



б



б

Рис. 3 - Формы напряжений в начале активного (а) и пассивного (б) проводников двух последовательно соединенных отрезков связанных линий, полученные в TALGAT (—) и в MathCad (---)

Рис. 4 - Формы напряжений в конце активного (а) и пассивного (б) проводников двух последовательно соединенных отрезков связанных линий, полученные в TALGAT (—) и в MathCad (---)

Из рис. 3, 4 видно, что формы напряжений импульсов в начале и конце активной и пассивной проводников, вычисленные по (6–7), совпадают по задержке, амплитуде и полярности с результатами из TALGAT. Сравнение амплитуд и погонных задержек импульсов в начале и конце активной и пассивной линии сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Сравнение амплитуд (U), погонных задержек (τ) импульсов, в начале и конце активной и пассивной линии в системе TALGAT и MathCad

Параметры	TALGAT	MathCad	TALGAT	MathCad
В начале линии				
U , В	0,49	0,49	0,03	0,03
τ , нс/м	0,71	0,71	0,71	0,71
В конце линии				
U , В	0,44	0,44	0,45	0,45
τ , нс/м	0,76	0,76	0,78	0,78

Таким образом, в статье вычислены коэффициенты отражения мод для двух последовательно соединенных отрезков связанных линий, согласованных по выходу с помощью П-схем. На основании этого получены аналитические выражения для вычисления временного отклика двух последовательно соединенных отрезков, достоверность которых подтверждена квазистатическим моделированием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Park S.W. Analytical approach for crosstalk characterization of multiconductor transmission lines using mode decomposition technique in the time domain / S.W. Park, F. Xiao, Y. Kami // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2010. – Vol. 52. – P. 436–446.

2. *Рыжова М.В.* Алгоритм вычисления форм сигнала на концах отрезка двухпроводной линии передачи, основанный на методе модального разложения во временной области // Международная научно – практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР – 2018». – Томск, Россия, 16–18 мая 2018. – С. 274–277.
3. *Кенжегулова З.М.* Анализ коэффициентов отражения мод при согласовании по выходу связанной линии с помощью П- и Т- образных схем // Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР – 2019». – 22–24 мая 2019 г. Томск. – С.17 – 20.
4. *You H.* Crosstalk analysis of interconnection lines and packages in high – speed integrated circuits / H.You, M. Soma // IEEE Transactions on Circuits and Systems. – 1990. – Vol. 37. – P. 1019–1026.
5. *Kuksenko S.P.* Preliminary results of TUSUR University project for design of spacecraft power distribution network: EMC simulation // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – Vol. 560. – No. 012110. – P.