



МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

В.А. ВОЛКОВ¹
П.В. ДЫТЫНЕНКО²

¹ *Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева, г. Мочква*

² *Московская академия рынка труда и информационных технологий*

e-mail: chud35@yandex.ru

В статье сформулированы основные факторы, определяющие скорость обмена между удаленными устройствами вычислительных комплексов. Анализируется точность существующих и предлагаемых моделей линий передачи с потерями.

Ключевые слова. Коэффициент затухания, скин-эффект, время установления импульса, динамические потери амплитуды импульсов, переходная характеристика, параллельное (последовательное) согласование, «пачка» импульсов, система сквозного проектирования.

Быстродействие отдельных устройств растет значительно быстрее, чем производительность вычислительного комплекса в целом, что, в первую очередь связано с потерями времени на передачу сигналов между удаленными друг от друга устройствами. С ростом быстродействия элементной базы эта тенденция только усиливается, что определяет актуальность задачи моделирования трактов передачи большой протяженности. Передача импульсных сигналов с высокой частотой следования в согласованном кабеле сопровождается «затягиванием» фронтов и уменьшением амплитуды импульсов.

Применение субнаносекундной логики и особенно прецизионных, полосковых линий печатных плат, а также субминиатюрных кабелей вынуждает при проектировании трактов связи в первую очередь учитывать импульсные параметры передачи:

- время установления фронта логического перепада до порогового уровня приемного элемента;
- динамическое уменьшение амплитуды пачки импульсов;
- расширение (обужение) импульсов;
- разброс задержек сигналов в кабельном жгуте.

Переходной процесс в линии передачи с потерями.

Приближенное выражение переходной характеристики согласованной линии передачи (при $t_{\phi}=0$) предложено в [1] и имеет вид:

$$h(t) = \frac{u(t)}{U_{лог}} = 1 - erf \frac{1}{\sqrt{\vartheta}} \tag{1}$$

где: $erf \frac{1}{\sqrt{\vartheta}}$ - интеграл вероятности (функция Крампа),

$$\vartheta = \frac{4t}{l^2 M^2}, \quad M \left[\frac{\sqrt{nc}}{M} \right] = 2,05 \frac{\alpha_{[дБ/м]}}{\sqrt{f[МГц]}}$$

α – затухание гармонического сигнала в линии, рассчитанное или измеренное на частоте f
 $U_{лог}$ – значение логического перепада в начале линии.

При конечном фронте входного перепада напряжения переходной процесс в конце линии передачи имеет вид:

$$\begin{cases} h(t \leq t_{\phi}) = \frac{2}{\vartheta_{\phi}} A(\vartheta) \\ h(t > t_{\phi}) = \frac{2}{\vartheta_{\phi}} [A(\vartheta) - A(\vartheta - \vartheta_{\phi})] \end{cases} \quad \text{где: } \vartheta_{\phi} = \frac{4t_{\phi}}{l^2 M^2}, \tag{2}$$

$$A(\vartheta) = \left(1 + \frac{\vartheta}{2}\right) \left(1 - erf \frac{1}{\sqrt{\vartheta}}\right) - \sqrt{\frac{\vartheta}{\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{\vartheta}}$$

Выражения (1), (2) справедливы в ограниченном частотном диапазоне и найдены при следующих допущениях:



а) Потерями в диэлектрике можно пренебречь при передаче импульсов со спектром шириной до ~500 МГц. Влияние диэлектрика на форму импульса заметно на низких (неинформативных) уровнях переходной характеристики. в) В нижней части спектра рабочий диапазон выражений (1), (2) ограничен двумя факторами. Кроме того, предполагается, что омическое сопротивление проводников прямо пропорционально корню квадратному из частоты, т.е. на постоянном токе сопротивление равно нулю. В действительности, переходной процесс стремится к единице только при последовательном согласовании. При параллельном, наиболее распространенном согласовании установившееся значение равно напряжению делителя: $K = R_{\text{сог}} / (R_{\text{сог}} + R_0)$, где $R_{\text{сог}}, R_0$ – соответственно согласующее и погонное сопротивление линии т.е. меньше единицы. Попытка повысить точность вычислений путем суммирования частотно зависимого сопротивления и сопротивления на постоянном токе [2] приводит к еще более существенной ошибке расчета, но уже в области высоких частот на малых уровнях переходного процесса. Экспериментальные исследования переходного процесса показали, что для большинства радиочастотных кабелей влияние сопротивления проводников на постоянном токе заметно лишь с уровней 0,95K и выше.

Таким образом, для параллельного согласования выражения (1), (2) можно переписать в виде:

$$\begin{cases} h_{\text{пар}}[t, h(t) \leq 0,95] = h(t) \\ h_{\text{пар}}[t, h(t) > 0,95] = Kh(t) \end{cases} \quad (3)$$

Выражение (1), (2), (3) описывают переходной процесс на конце согласованной линии передачи с потерями при возбуждении ее перепадом напряжения с конечной длительностью фронта (рис.1). С их помощью и используя теорему запаздывания можно описать реакцию линии на импульсы, практически, любой формы.

Следовательно, выражение (1), (2), (3) могут быть использованы, как математические модели в системе сквозного проектирования САПР.

Динамические потери помехозащищенности.

Форма импульса длительностью τ на конце линии (рис.) описывается выражением:

$$\begin{cases} h_{\text{пульс}}(t \leq \tau) = h(\vartheta) \\ h_{\text{пульс}}(t > \tau) = h(\vartheta) - h(\vartheta - \vartheta_{\text{пульс}}) \end{cases}, \quad \text{где: } \vartheta_{\text{пульс}} = \frac{4\tau}{t^2 M^2} \quad (4)$$

Потери по амплитуде импульса длительностью $\tau = 15$ нс, в субминиатюрном кабеле диаметром 0,6 мм составляют более 30%. При таких потерях амплитуды качественный прием информации можно осуществить только используя парафазную передачу и прием, при котором приемник срабатывает при превышении разности прямого и обратного импульсов.

Передача пачки импульсов, также сопровождается характерными видами искажений (рисунк).

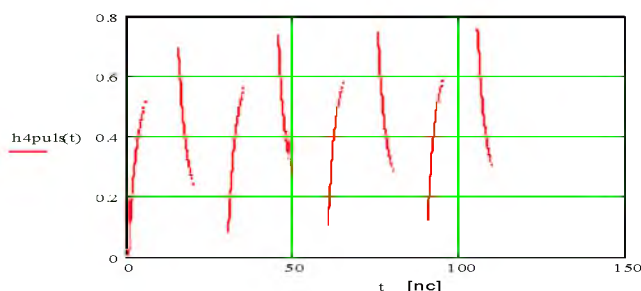


Рис. Искажение «пачки» из 4-х импульсов длительностью 15 нс и скважность 2 на выходе согласованного кабеля РК50-0,6-23 длиной 20 м

В «пачке» из 4-х импульсов наблюдается автосмещение последних импульсов к среднему уровню, а в наихудших условиях с т. з. помехозащищенности оказывается первый импульс.

Инженерные модели экспресс оценки временных искажений.

В инженерной практике разработчику чаще всего важно прогнозировать потери передачи по времени.

Выразить параметр времени из выражений (1), (2), (3) не представляется возможным. Для этой цели разложим функции $\text{erf}(1/v)$ и $\text{exp}(-1/v)$ в знакпеременный ряд и ограничимся первыми членами разложения:



$$\tilde{h}(t) \cong 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi t}}, \quad \tilde{A}(t) \cong 1 + \frac{t}{2} - 2 \sqrt{\frac{t}{\pi}}$$

Полученные таким образом приближенные выражения переходных функций (5, 6) содержат только алгебраические функции, что дает возможность рассчитать время установления переходной характеристики кабеля до любого наперед заданного уровня N :

$$t_{уст.N} = 1,34 \left[\frac{\alpha l}{(1 - N)} \right]^2$$

С учетом фронта задержку сигнала на уровне N можно рассчитать по формуле:

$$t_N = t_{уст.N} \left(1 + \frac{t_{\phi}}{4t_{уст.N}} \right)^2$$

Необходимый для моделирования такой параметр линии передачи, как затухание подробно описан в технической литературе, а также приводится в технических условиях на промышленные кабели. Однако, приводимый в ТУ параметр α сильно завышен и дает только верхнюю оценку.

Описанные модели позволяют прогнозировать форму, амплитуду и время установления сигналов на выходе согласованной линии передачи при возбуждении ее импульсами с конечной длительностью фронта. Так же для улучшения проектирования данного вида моделей целесообразно использовать структурно-параметрический синтез

Структурно-параметрический синтез.

Структурно-параметрический синтез – это процесс, в результате которого определяется структура объекта и находятся значения параметров составляющих ее элементов, таким образом, чтобы были удовлетворены условия задания на синтез (технического задания). Если при этом синтезированный объект получается оптимальным (квазиоптимальным) по какому-либо критерию (критериям), то синтез является оптимальным (квазиоптимальным).

Модуль, осуществляющий структурно-параметрический синтез и оптимизацию, будет неотъемлемой частью систем автоматизированного проектирования (САПР) новых поколений, точно также как почти во всех современных САПР имеется модуль параметрического синтеза и оптимизации. Также структурно-параметрический синтез будет поддерживаться в перспективных CASE-системах (Computer-Aided System Engineering) и в CALS-технологиях (Computer Aided Logistic System).

Так как все объекты и системы на определенном уровне рассмотрения имеют структуру, а элементы, составляющие структуру, имеют параметры, то практически любая задача проектирования может быть сведена к задаче структурно-параметрического синтеза. Ввиду этого разработка общей теории автоматизации структурно-параметрического синтеза, инвариантной к классу синтезируемых объектов (технических, экономических, абстрактных), является особо актуальной.

Моделями автоматизации структурно-параметрического синтеза, отвечающими вышеперечисленным требованиям, являются интегративные модели и, в частности, четырехуровневые интегративные модели, на базе которых возможно построение распределенных (мультиагентных) систем автоматизации структурно-параметрического синтеза.

Заключение.

Для решения изложенной проблемы необходимы программные средства, позволяющие создавать интегративные модели предметных областей знаний (моделей линий передачи с потерями), инвариантные конкретному классу предметных областей.

Интегративная модель может быть положена в архитектуру агента мультиагентных интеллектуальных систем автоматизированного проектирования (САПР), ориентированных на структурно-параметрический синтез сложных объектов. Такой агент будет содержать всесторонние знания об объектах рассматриваемого класса. Сама же САПР должна строиться на основе мультиагентных технологий.

Список литературы

1. Дьюкс. «Исследование некоторых основных свойств полосковых передающих линий с помощью электролитической ванны». Сб. статей «Полосковые системы сверхвысоких частот» под ред. В.Н. Сущкевича., М., ИЛ., стр. 106-156, 1976.
2. Колесников М.А., Чурин Ю.А. «Анализ контурных цепей в шинах электропитания быстродействующих схем». М., ИТМ и ВТ АН СССР, 1978.
3. Волков В.А. Диссертационная работа математическое моделирование межсхемных соединений для обеспечения функциональной надежности устройств вычислительной техники.



4. С.В. Акимов, Н.П. Меткин. «Многоаспектная модель структурно-параметрического синтеза системных объектов.» Вопросы радиоэлектроники 2012 г.

SIMULATIONS USING STRUCTURAL-PARAMETRIC SYNTHESIS

V.A. VOLKOV
P.V. DUTYNENKO

Research institute of Computational Complex of M.A. Kartsev, Moscow

Moscow Academy of the labor market and information technologies

e-mail: chud35@yandex.ru

In this article the main factors that determine the rate of exchange between remote devices computing systems. Analyzed the accuracy of the existing and proposed models of transmission lines with losses.

Keywords: damping coefficient, the skin effect, the settling time pulse, pulse amplitude switching losses, transient response, parallel (sequential) agreement, "packet" pulses through the system design.