

# ВИРТУАЛЬНЫЙ НЕЛИНЕЙНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕПЕЙ ДЛЯ САПР MICROWAVE OFFICE

Семёнов Э. В., Малютин Н. Д., Лоцилов А. Г.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

г. Томск, 634050, Россия

e-mail: edwardsemyonov@narod.ru

**Аннотация** — Рассмотрен библиотечный элемент для системы автоматизированного проектирования Microwave Office, позволяющий выполнять виртуальные измерения характеристики нелинейности отдельных элементов и цепей с использованием видеоимпульсных и сверхширокополосных тестовых сигналов. Измеритель обеспечивает работу как в проходном, так и в рефлектометрическом режимах. Рассмотрен пример использования виртуального измерителя. Результаты виртуальных измерений сопоставлены с экспериментальными данными, полученными на примере исследования линии передачи с линейной и нелинейной неоднородностями.

## I. Введение

В последние годы разработаны методы, позволяющие надежно выделить продукты нелинейного преобразования сигнала на фоне сплошного спектра видеоимпульсного или сверхширокополосного тестового сигнала [1...3]. Создан измерительный прибор, позволяющий производить измерения характеристик нелинейности цепей с использованием видеоимпульсных и сверхширокополосных сигналов [4...6]. Однако виртуальная реализация этих методов в составе систем автоматизированного проектирования (САПР) отсутствует. При сопоставлении результатов такого моделирования с экспериментальными измерениями появилась бы возможность оценивать качество используемых и вновь создаваемых нелинейных моделей элементов. Цель настоящего доклада — рассмотреть виртуальный нелинейный импульсный измеритель характеристик цепей, созданный для работы в составе САПР Microwave Office (MWO).

## II. Основная часть

Метод измерения [1...3] включает воздействие на исследуемый объект двумя тестовыми сигналами, один из которых является линейным преобразованием другого. Характеристика нелинейности вычисляется как разность между линейно преобразованными откликами от объекта.

Представляется целесообразным такое исполнение измерительного прибора, которое позволит интегрировать его в существующие распространенные САПР. Достаточные возможности для такой интеграции предоставляет САПР MWO. В этой САПР пользователь может добавлять собственные модели элементов, в том числе измерительных приборов.

В MWO существует две возможности создания собственных библиотечных элементов: с использованием формата XML и с применением мастера Model Wizard с последующей компиляцией библиотек DLL. Условия лицензионного договора по использованию Model Wizard достаточно жесткие, поэтому выгодней, когда это возможно, использовать библиотеки компонентов в формате XML. В данном случае проблема создания библиотечного элемента измерительного прибора в формате XML оказалась разрешимой.

Виртуальные приборы для измерений на проход и рефлектометрических выполнены отдельными. Файл формата XML содержит ссылки на файлы, содержащие

условные графические изображения приборов, файлы помощи и файлы со схемами приборов. Схема прибора включает генератор тестового сигнала, линии задержки, устройства линейного преобразования сигналов, сумматоры. Каждый прибор содержит две контрольные точки, одна из которых позволяет пользователю отображать отклик объекта, а другая — характеристику нелинейности. Способ помещения приборов в исследуемую схему не отличается от такового для штатных измерительных приборов MWO (рис. 1).

Рассмотрим пример использования измерителя для исследования линии передачи с линейной ( $R1$ ) и нелинейной ( $VD1$  и  $R2$ ) неоднородностями (рис. 2). Результаты тестирования этой линии передачи виртуальным нелинейным рефлектометром с использованием тестового видеоимпульса длительностью 10 нс приведены на рис. 3 (тонкая кривая — линейная рефлектограмма, жирная — нелинейная). Видно, что в нелинейной рефлектограмме наблюдается отметка только от нелинейной неоднородности. Особо отметим, что нелинейная рефлектограмма не имеет отметок от любых линейных неоднородностей, а не только от безынерционных. На рис. 4 приведены результаты экспериментального тестирования той же

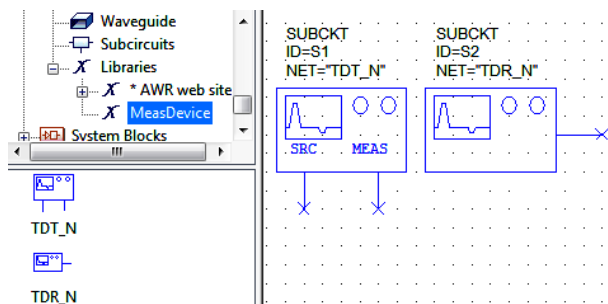


Рис. 1. Импульсный измеритель проходной характеристики нелинейности ( $TDT_N$ ) и нелинейный рефлектометр ( $TDR_N$ ).

Fig. 1. Impulse time-domain transfer nonlinearity characteristic measurement device ( $TDT_N$ ) and nonlinear time-domain reflectometer ( $TDR_N$ )

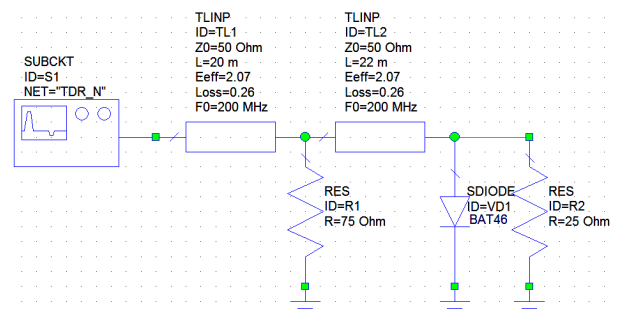


Рис. 2. Линия передачи с линейной ( $R1$ ) и нелинейной ( $VD1$  и  $R2$ ) неоднородностями.

Fig. 2. Transmission line with linear ( $R1$ ) and nonlinear ( $VD1$  и  $R2$ ) discontinuities

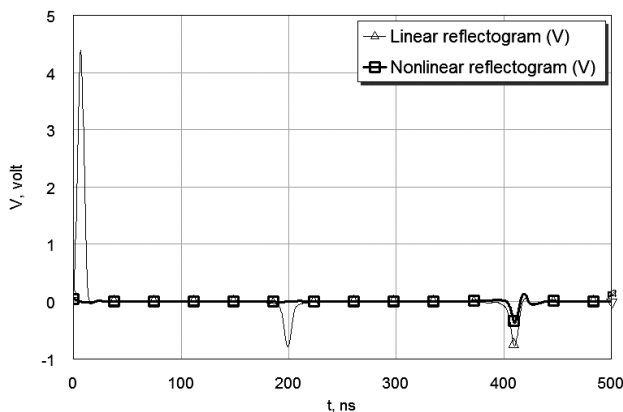


Рис. 3. Результаты тестирования линия передачи по рис. 2 виртуальным нелинейным рефлектометром.

Fig. 3. Results of testing of the transmission line fig. 2 by the virtual nonlinear reflectometer

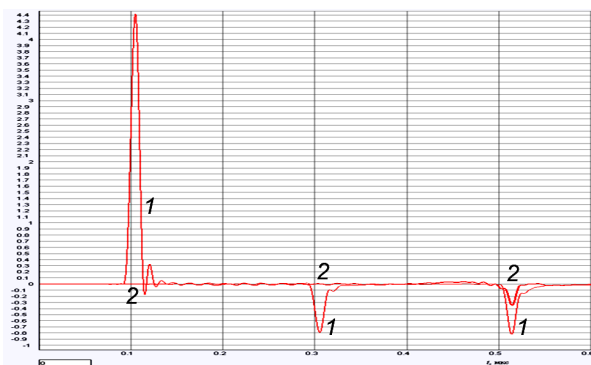


Рис. 4. Результаты экспериментального тестирования линии передачи по рис. 2 прибором Р4-И-01 (кривая 1 – линейная рефлектограмма, кривая 2 – нелинейная).

Fig. 4. Results of experimental testing of the transmission line fig. 2 by device R4-I-01 (curve 1 – linear reflectogram, curve 2 – nonlinear)

линии передачи прибором Р4-И-01 [4–6], в котором реализован тот же метод получения характеристик нелинейности. Из сравнения рис. 3 и рис. 4 можно видеть хорошее совпадение как линейной, так и нелинейной рефлектограмм с результатами виртуального тестирования.

### III. Заключение

Показано, что в САПР Microwave Office реализуем виртуальный нелинейный импульсный измеритель характеристик цепей, включенный в в формате XML. Метод измерений позволяет применять видеоимпульсные и сверхширокополосные сигналы в качестве тестовых. На примере линии передачи с линейной и нелинейной неоднородностями продемонстрировано, что виртуальные измерения в Microwave Office хорошо совпадают с экспериментальными, выполненными тем же методом.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-08-99041).

### IV. Список литературы

- [1] Семёнов Э. В., Семёнов А. В. Использование разности сверток тестовых сигналов и откликов объекта для исследования нелинейности преобразования сверхширокополосных сигналов. Радиотехника и электроника, 2007, Т. 52, № 4, с. 480—485.

- [2] Семёнов Э. В. Исследование нелинейности преобразования детерминированных сверхширокополосных сигналов путем линейного комбинирования откликов объекта на линейно зависимые тестовые сигналы. Известия Томского политехнического университета, 2004, Т. 307, № 4, с. 18—21.
- [3] Семёнов Э. В. Нелинейная рефлектометрия с применением видеоимпульсных тестовых сигналов. Известия Томского политехнического университета, 2006, Т. 309, № 3, с. 153—155.
- [4] [http://www.impulsem.ru/downloads/expl\\_manual\(ru\).pdf](http://www.impulsem.ru/downloads/expl_manual(ru).pdf).
- [5] <http://www.impulsem.ru/ru/index.php?page=impulsem>
- [6] Бомбизов А. А., Ладур А. А., Ложилов А. Г. и др. Векторный импульсный измеритель характеристик цепей и проводных систем. Приборы, 2007, № 9, с. 28—31.

## VIRTUAL NONLINEAR IMPULSE NETWORK ANALYZER FOR MICROWAVE OFFICE

Semyonov E. V., Maljutin N. D., Loschilov A. G.  
Tomsk State University of Control Systems and  
Radioelectronics  
Tomsk, 634050, Russia  
E-mail: edwardsemyonov@narod.ru

**Abstract** — The library cell for CAD system Microwave Office, that allows carrying out the virtual measurements of the nonlinearity characteristic of the individual elements and networks, using baseband pulse and ultra-wideband test signals, is considered. The device measures both transfer characteristics and the reflectogram. The example of using of the virtual measuring device is considered. The results of virtual measurements are compared with experimental data which was obtained by the example of investigation of transmission line with linear and nonlinear discontinuities.

### I. Introduction

Last years the methods observing products of the nonlinearity transformation of signal on background of continuous spectrum of test signal are developed [1...3]. The measuring device which uses these methods is created [4...6]. But the virtual realization of these methods in the computer-aided design system (CAD) is absent. In this paper the virtual nonlinear impulse network analyzer developed for CAD Microwave Office (MWO) is considered.

### II. Main Part

The nonlinear impulse network analyzer is created as the library component in XML format. Separate devices for measurements of the transfer characteristic and reflectogram are made (Fig. 1). The XML file contains the links to the files including the symbols of devices, help files and files with schematics. Each device carries two control points, one of which allows the user to display the response of object and other – the nonlinearity characteristic.

On the Fig. 3 the results of testing of the transmission line with linear (R1) and nonlinear (VD1 and R2) discontinuities (Fig. 2) by virtual nonlinear reflectometer using the test baseband pulse (its duration was 10 ns) are shown. In the nonlinear reflectogram the mark only from nonlinear discontinuities is observed. On the Fig. 4 the results of the experimental testing of the same transmission line by device R4-I-01 [4...6] which uses the same method of measurements are shown. Both linear and nonlinear reflectogram match the results of virtual testing.

### III. Conclusion

It is shown that in Microwave Office the virtual nonlinear impulse network analyzer in-lined into the library of components in XML format is feasible. The measurement method allows using baseband pulse and ultra-wideband test signals. By example of transmission line with linear and nonlinear discontinuities it was shown that the virtual measurements in Microwave Office matched the experimental measurements which were carried out by the same method.