

УДК 621.317

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

## Экспериментальная установка для исследования характеристик нелинейности СВЧ-цепей в режиме сверхширокополосного импульсного воздействия

Разработана и исследована экспериментальная установка для изучения характеристик нелинейности цепей в режиме воздействия сверхширокополосными пикосекундными импульсами. На основе проведенных экспериментов показана эффективность использования метода нелинейной рефлектометрии для исследования характеристик СВЧ-цепей, содержащих нелинейные включения.

**Ключевые слова:** сверхширокополосные сигналы, нелинейная рефлектометрия, СВЧ, импульсное воздействие.

### Введение

Разработка и создание современных средств измерения характеристик нелинейных цепей в режимах, близких к режимам их функционирования, являются важным направлением в области развития измерительной техники. В настоящее время формируется новый класс средств измерений – векторные нелинейные анализаторы цепей [1]. Наибольших успехов в данной области достигла компания Agilent Technologies, выпустившая на рынок векторный анализатор цепей с возможностью измерения так называемых  $X$ -параметров [2] – параметров, отражающих нелинейные свойства цепей при воздействии, близком к гармоническому. Среди отечественных достижений можно отметить разработку способов исследования нелинейных свойств объектов при широкополосном импульсном воздействии [3, 4]. Указанные способы измерений легли в основу разработки цифрового измерительного комплекса [5], а позднее векторного импульсного измерителя характеристик цепей для анализа частотных, временных характеристик цепей, а также характеристик нелинейности [6] в диапазоне частот от постоянного тока до 30 МГц. Выпуск таких устройств налажен в ООО «НПФ Сибтроника», г. Томск [7]. В работе [8] приведен анализ вариантов реализации средств измерений характеристик нелинейности преобразования сверхширокополосных импульсных сигналов в СВЧ-диапазоне.

В настоящей работе представлены результаты разработки экспериментальной установки для исследования характеристик нелинейности СВЧ-цепей с использованием метода нелинейной рефлектометрии [4, 9–10] при длительности фронта тестового воздействия порядка 100 пс и результаты экспериментальных исследований с помощью этой установки.

### Описание экспериментальной установки

Структурная схема экспериментальной установки, изображенная на рис. 1, синтезирована исходя из того, что генерация импульсов специальной формы, требуемых для реализации метода [4, 9–10], для длительностей импульсов 100 пс и менее практически невозможна в настоящее время при помощи цифроаналоговых преобразователей. Поэтому для получения таких импульсов используются аналоговые формирователи. Установка позволяет осуществлять воздействие на исследуемое устройство широкополосным тестовым сигналом, производить регистрацию откликов на такое воздействие, передачу данных на управляющий компьютер с последующей обработкой и отображением характеристик нелинейности объекта в соответствии со способом, изложенным в [4].

Экспериментальная установка включает в себя: персональный компьютер; генератор тестовых импульсов Г5-84; формирователь дополнительного перепада напряжения специальной формы; направленный ответвитель-формирователь импульсов; цифровой стробоскопический осциллограф Tektronix 11801В в комплекте со стробоскопическим смесителем SD-24.

Установка функционирует следующим образом. На генераторе импульсов Г5-84 задаются параметры тестового воздействия (прямоугольного импульса): амплитуда, длительность, период следования, задержка относительно синхроимпульса. Устанавливается режим периодической генерации сигнала, который поступает на формирователь дополнительного перепада напряжения. На формирователе из фронта сигнала формируется второй перепад напряжения специальной формы, задержанный относительно первого на некоторое время  $T$ . На направленном ответвителе-формирователе импульсов происходит







