

Литература

1. *Калацкая Л. В.* Нейросетевые технологии обработки и защиты данных. Лабораторный практикум Минск: БГУ, 2012. 50 с.
2. Образовательный математический сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/wavelet>. Дата доступа: 20.04.2016

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО ШУМА СВЧ-ГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ

Ю. В. Харлович

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, интенсивное развитие различных систем беспроводной связи и радиолокации, а также измерительной техники привело к возникновению проблемы получения и распределения сигнала с низким уровнем фазового шума. Распределение сигналов на множество базовых станций осуществляется с помощью СВЧ-кабеля. Однако, работа таких систем передачи связи весьма затруднительна, т.к. СВЧ-кабели имеют большие потери при работе на частоте выше 10 ГГц.

Решением проблемы способа генерации СВЧ-сигналов с низким уровнем фазового шума, являются оптоэлектронные СВЧ-генераторы (ОЭГ). Такой генератор реализован на основе волоконно-оптической линии задержки и по принципу работы относится к автогенераторам с положительной обратной связью. Особенностью работы является многочастотный (многомодовый) характер генерируемых колебаний, для которых выполняются условия баланса амплитуд и баланса фаз. Уровень фазового шума обусловлен высокой добротностью ОЭГ и не зависит от частоты генерации, при условии применения оптоэлектронных компонентов с соответствующей рабочей полосой частот. Оптоэлектронные генераторы имеют высокую устойчивость к электромагнитным помехам и вибрациям.

Целью данной работы является создание модели оптоэлектронного СВЧ-генератора на основе волоконно-оптической линии задержки с оптическим и электронным усилителем в программном пакете VPI-Photonics, разработка компьютерной программы для численного анализа фазовых шумов методом Фурье-анализа сигналов оптоэлектронного СВЧ-генератора.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО ШУМА

Фазовый шум — это один из важнейших критериев оценки частотной стабильности любого источника сигнала (генератора). Частотная стабильность генератора является качественным показателем того, насколько точно данный генератор может воспроизводить одну и ту же выходную частоту в заданном временном интервале.

Для моделирования фазового шума СВЧ-сигнала была разработана программа в программном пакете MATLAB, с использованием Фурье анализа.

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ СВЧ-ГЕНЕРАТОР В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ VPI-PHOTONICS

Программный пакет VPI-Photonics

VPI-Photonics (VPI с англ. – Virtual Path Identifier – идентификатор виртуального пути) предоставляет гибкое программное обеспечение моделирования и проектирования, поддерживающее активные и пассивные интегрированные фотонные, волоконно-оптические и сетевые приложения, а также приложения для оптических систем. Программный пакет состоит из различных компонентов, которые предназначены для специализированного применения.

В данной работе моделирование оптоэлектронного СВЧ-генератора осуществлялось в компоненте VPI transmission Maker Optical Systems (с англ. – VPI передача моделирования оптических систем), которое поддерживает детальное моделирование дискретных сигналов, параметризованных сигналов, шумов и искажений.

Схема оптоэлектронного СВЧ-генератора на основе волоконно-оптической линии задержки

Схема оптоэлектронного СВЧ-генератора на основе волоконно-оптической линии задержки с положительной обратной связью представлена на рис. 1, где:

1 – инжекционный InGaAsP/InP лазерный диод с длиной волны 1550 нм и мощностью 30 мВ;

2 – модулятор Маха–Цендера с полуволновым напряжением 5 В и коэффициентом затухания 30 дБ;

3 – волоконно-оптический эрбиевый усилитель с коэффициентом усиления 8 дБ;

4 – элемент задержки сигнала, с длительностью задержки 0.1 мкс, что соответствует длине отрезка одномодового кварцевого оптического волокна 20 м;

5 – высокоскоростной InGaAs/InP p–i–n фотодиодный модуль, который обладает токовой чувствительностью 0.8 А/Вт и сопротивлением нагрузки 50 Ом;

6 GaAs транзисторный биполярный усилительный модуль, с коэффициентом усиления по напряжению 16 дБ;

7 – полосовой СВЧ-фильтр с шириной полосы пропускания 250 МГц;

8 – СВЧ-делитель с двумя выходами, один из которых соединен с входом модулятора, таким образом образуя положительную обратную связь, другой же выход является источником полезного гармонического СВЧ-сигнала оптоэлектронного генератора.

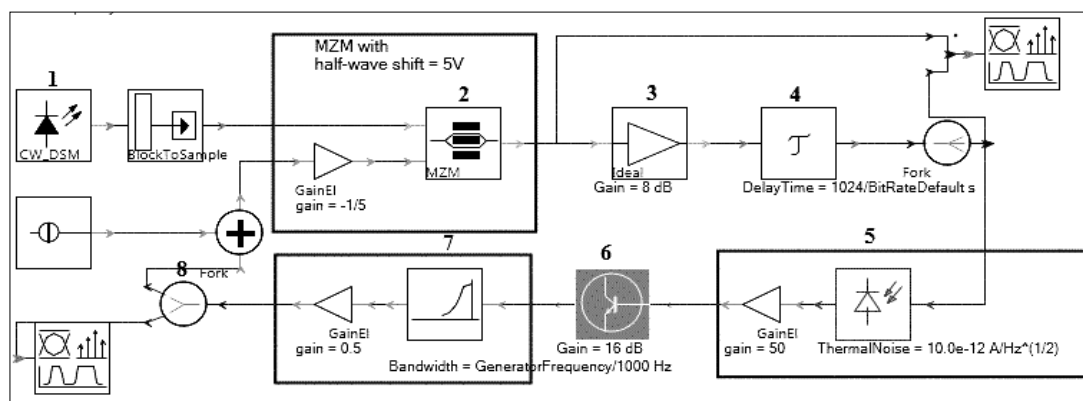


Рис. 1. Схема оптоэлектронного СВЧ-генератора

СРАВНЕНИЕ ФАЗОВЫХ ШУМОВ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО СВЧ-ГЕНЕРАТОРА

Работа схемы оптоэлектронного СВЧ-генератора была смоделирована для случаев:

1. с включённым оптическим услителем как с идеальными элементами схемы, т.к. без шумов, так и с параметрами шума;

2. с включённым электронным услителем с элементами схемы без шумов и с шумами.

Сравнение фазового шума СВЧ-генератора с электронным и оптическим услителем представлены на рис. 2.

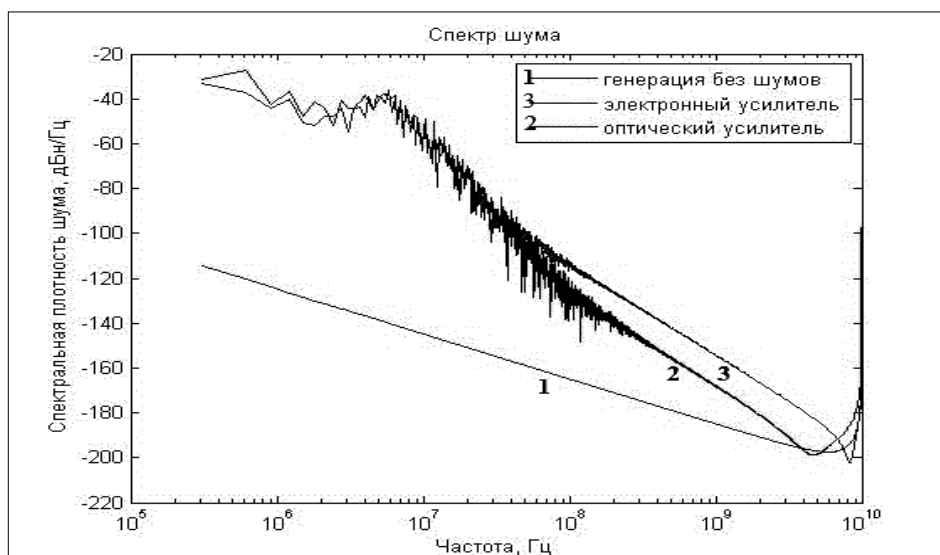


Рис. 2. Сравнение фазового шума СВЧ-генератора с разными усилителями

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проделанной работы были получены следующие результаты:

- установлено, что при моделировании сигнала СВЧ-генератора состоящего из лазерного диода, модулятора, оптоволоконной линии задержки, фотодиода, полосового СВЧ-фильтра, оптического или электронного усилителя для расчёта временной реализации сигнала длительностью в несколько микросекунд, требуется время счёта несколько минут;
- получено, что переходной процесс генерации в схеме с полосовым фильтром с полосой пропускания 250 МГц и временем задержки в оптическом волокне 0.1 мкс составляет около 50 мкс;
- моделирование фазового шума СВЧ-генератора с мощностью излучения 30 мВт с учётом дробовых и тепловых шумов показало, что в диапазоне частот 108 – 1010 Гц с оптическим услителем с коэффициентом усиления 8 дБ фазовый шум ниже на 15 дБн/Гц, чем с электронным услителем с коэффициентом усиления 16 дБ, а в диапазоне частот 105-108 Гц он соизмеримо одинаковый. Учёт шумов $1/f$ и $1/f^2$ в электронном услителе приведёт к ухудшению фазового шума в нём, что показывает преимущество оптического услителя перед электронным в генераторах с волоконно-оптической линии задержки;
- найдено, что погрешности, фазового шума СВЧ-генератора, обусловленные численными расчётами, на 20-30 дБ меньше, чем

влияние дробового шума. Это подтверждает пригодность использованного метода Фурье-анализа для расчёта фазовых шумов.

Полученные результаты позволяют оптимизировать направление для реализации оптоэлектронного генератора и снизить уровень затрат на его разработку.

Литература

1. Микитчук, К.Б. Оптоэлектронные генераторы гармонических сигналов миллиметрового диапазона: магистерская. Магистрант Микитчук. Минск, 2013 . 66 л.
2. Оптоэлектронный генератор. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://alnam.ru/book_elct.php?id=52 . Дата доступа: 25.05.2016.
3. Амплитудный и фазовый шум. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mash-xxl.info/info/250098/> . Дата доступа: 25.05.2016.
4. Стабильность генерации и фазовый шум. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2009_05_139.pdf . Дата доступа: 25.05.2016.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ЦВЕТОКОНТРАСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОЗИМЕТРОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ РАСТВОРОВ КРАСИТЕЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ СОЛИ СЕРНОЙ И АЗОТНОЙ КИСЛОТ

В. В. Шишкарёв, Н. В. Мойсюк-Дранько

В многокомпонентных растворах органических красителей под действием ионизирующего излучения происходит изменение цвета раствора, вызванное радиационной деструкцией красителей, и зависящее от времени облучения, исходной концентрации красителей в растворе, химической природы красителей, физико-химических свойств используемого растворителя, спектрального состава и радиационной дозы ионизирующего излучения, что позволяет визуально определить величину возмоздействовавшей на раствор радиационной дозы, используя соответствующую градуировочную цветовую шкалу [1–2].

В ряде работ [3–4] было показано, что добавление различных активных добавок в трехкомпонентные растворы красителей приносит изменение скорости деструкции красителей. Такими добавками могут выступать, например, пероксид водорода, различные неорганические кислоты и щелочи. При облучении растворов красителей с данными добавками происходит их радиационный распад и образование кислородсодержащих продуктов, которые активно взаимодействуют как с растворителем, так и с молекулами красителя, в результате чего происходит изменение