

Н.Л. Халаев<sup>1</sup>  
А.С. Капитонов<sup>2</sup>  
В.К. Скрыль<sup>3</sup>

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
Владивосток, Россия

## Моделирование ВОЛС для автоматического обмена информацией между узлами фазированной антенной решетки

Телекоммуникационные системы проникают в область автоматического обмена информацией между узлами фазированных антенных решеток и устройства пространственно-временной обработки сигналов. Развитие оптоволоконных линий передачи данных значительно увеличило эффективность таких линий в сравнении с меднокабельными линиями. Однако высокая затратность разработок на этапе технического макетирования снижает этот важный экономический показатель. Переход к виртуальному моделированию устраняет отмеченный недостаток. В предлагаемой статье на примере использования исследовательского тренажера ENN-211 FOTEX / NI ELVIS наглядно показано преимущество виртуального метода моделирования при проектировании активных фазированных антенных решеток.

**Ключевые слова и словосочетания:** волоконно-оптические линии связи, фазированная антенная решетка, тренажер, биполярный сигнал.

N.L. Khalaev  
A.S. Kapitonov  
V.K. Skryl

Vladivostok State University of Economics and Service  
Vladivostok, Russia

## Simulation of fiber optic lines for automatic exchange of information between nodes of the phased array

Telecommunication systems penetrate the area of automatic exchange of information between nodes of the phased array devices and spatial-temporal signal processing. The development of fiber-optic data transmission lines have greatly increased the efficiency of these lines in comparison with copper cable lines. However, the high cost of development at the stage of technical prototyping reduces this important economic indicator. The transition to virtual prototyping eliminates the noted disadvantage. In the present paper on the example of the use explore trainer ENN-211 FOTEX / NI ELVIS clearly shows the advantage of virtual simulation methods in the design of active phased arrays.

**Keywords:** fiber-optic communication lines, phased array antenna, trainer, bipolar signal.

<sup>1</sup> Халаев Николай Лукич – канд. техн. наук, доцент кафедры информационных технологий и систем, Институт информационных технологий и систем; e-mail: halaevn@mail.ru.

<sup>2,3</sup> Капитонов Алексей Сергеевич, Скрыль Владимир Константинович – студенты 4 курса Института информационных технологий и систем.

Современные достижения в сфере формирования телекоммуникационных систем базируются на последних достижениях электроники, полупроводниковой техники, радиооптики и волоконно-оптических линий связи. Новые характеристики антенных устройств радиоэлектронных систем во многих случаях достигаются благодаря органическому слиянию АФАР с передающими, приемными устройствами и системой пространственно-временной обработки сигналов [2].

Одним из многих преимуществ оптоволоконна над медным кабелем для передачи сигналов на большие и малые расстояния является низкий уровень энергетических потерь на единицу дистанции. Это означает, что не требуется дополнительных усилителей. Получается значительный выигрыш в весах и габаритах, а также экономия финансовых и энергетических ресурсов [4].

Для оптоволоконных систем, используемых в коммуникациях АФАР, потери минимизируются за счет использования света из инфракрасной области электромагнитного спектра (а именно, света с длиной волны между 1300 нм и 1700 нм) и лазеров в качестве источников света. Как известно, инфракрасное излучение невидимо для людей, а свет лазера может вызвать повреждение глаз [6].

Техническое макетирование даже в современных условиях развития микроэлектроники при неотработанных автоматизированных и автоматических процессах сборки узлов весьма затратно, а порой является неподъемным мероприятием [1]. Для ликвидации этой проблемы очень удобно использовать исследовательские тренажеры типа ENN-211 FOTEX/NI ELVIS.

Чтобы подтвердить концепцию передачи данных по оптоволокону, в данной статье описано моделирование на виртуальных приборах, создаваемых платформой NI ELVIS II с расширителем Emona FOTEX в совокупности с персональным компьютером большой производительности. Для обеспечения безопасности в Emona FOTEX используются красный и зеленый свет, излучаемый светодиодами (LEDs), и стандартные датчики света, чтобы смоделировать передачу данных по оптоволокону в телекоммуникационных системах [3]. Это не уменьшает реализма оптического эксперимента, описанного в статье, потому что подобные устройства вместе с пластиковым оптоволоконным кабелем используются в коммуникационных системах при передаче данных на короткие расстояния. В таком случае потери незначительны в сравнении с линиями передачи на медных проводах [3].

Моделирование процессов с использованием виртуального тренажера следует начинать с передатчика Emona Fotex – Transmitter Modules. Emona FOTEX содержит три оптических модуля передачи, которые могут быть использованы для «загрузки» информации в оптоволоконные кабели. Другими словами, передатчики могут воспринимать аналоговую или цифровую информацию в электрической форме и преобразовывать в световую, которая может быть довольно эффективно передана в сердцевину пластикового оптоволоконного кабеля. В модуле передачи используются в качестве источника света красный и зеленый светодиоды.

В данном случае моделирование не требует когерентного сигнала – светоизлучающие модули работают в режиме «есть сигнал – нет сигнала», что очень напо-

минает обычную настольную лампу. Простейшую лампу можно только включать или выключать. Именно так работают передатчики Emona FOTEx в цифровом режиме (у каждого модуля есть переключатель режимов). Это позволяет им загружать цифровую информацию (например, ИКМ-сигнал) в оптоволоконный кабель. Важно отметить, что в цифровом режиме не допустимы никакие другие уровни света, потому что они могут восприниматься приемником как ложная информация о пересылаемом логическом уровне.

Приемники FOTEx (FOTEx Receiver Modules) содержат два модуля приема, которые осуществляют «выгрузку» информации из оптоволоконных кабелей. Другими словами, приемники могут довольно эффективно передавать световую информацию с сердцевины оптоволоконного кабеля на датчик света, который преобразует информацию в электрический сигнал. Используемые стандартные датчики света реагируют на весь спектр видимого света, поэтому приемники могут работать и с красными, и с зелеными световыми сигналами, передаваемыми по оптоволокну.

Как только информация преобразована из световой энергии в электрическую, уровень сигнала усиливается с помощью усилителя. Предусмотрены плавная и грубая регулировки усиления, что позволяет избежать насыщения сигнала, когда потери малы, и обеспечить достаточное усиление при значительных потерях (например, при использовании оптронов) [3].

Важно отметить, что при преобразовании информации из световой в электрическую форму получается биполярный сигнал. Этот сигнал после усиления доступен на аналоговом выходе модуля. Иными словами, если по оптоволокну передавался цифровой сигнал, то сигнал, полученный на выходе приемника, не подходит для цифровых входов со стандартной униполярной логикой ТТЛ (5В для 1, 0В для 0). Чтобы исправить это, приемники преобразуют полученный сигнал в стандартные уровни ТТЛ ИКМ-декодером.

### **Описание модельного эксперимента**

Цель модельного эксперимента: проверить, как сигнал передатчика, имитируемый с помощью Emona FOTEx в цифровом режиме, преобразуется (искажается) в оптической линии передачи. Для этого при помощи одного из передатчиков цифровые данные «загружаются» в оптоволоконную линию связи, и в дальнейшем по сигналу выхода с модуля приема оценивается качество канала передачи информации.

Для проведения модельного эксперимента требуется штатное оборудование:

- персональный компьютер с соответствующим программным обеспечением;
- NI ELVIS II с USB-кабелем и блоком питания;
- модуль расширения Emona FOTEx;
- проводники с разъемами BNC типа «банан» (2 мм);
- набор исследуемых соединительных оптических проводников;
- набор соединительных проводников с разъемами типа «банан» (2 мм).

### **Ход модельного эксперимента**

Для начала эксперимента на плате Emona FOTEx необходимо собрать схему, как показано на рис. 1.

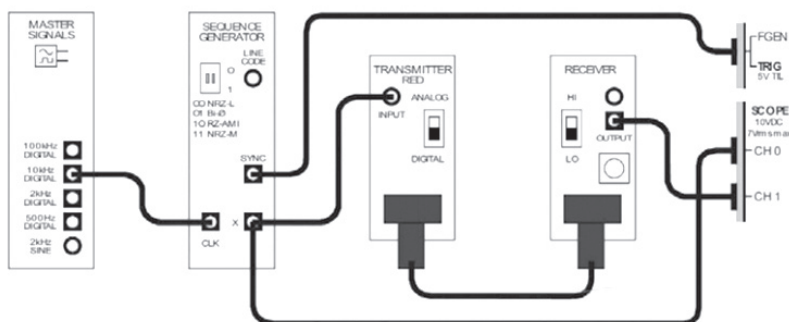


Рис. 1. Схема соединения узлов на расширителе Emona FOTEX

Исходя их требований безопасности, следует выбрать один из передатчиков с красным светодиодом и установить его переключатель режимов Mode (управление) в положение Digital (цифровой).

Для моделирования режима приема необходимо выбрать один из приемников и установить его Gain Range (диапазон усиления) в начальное положение – на LO. Поворачивая ручку регулировки Variable Gain (коэффициент усиления) этого приемника против часовой стрелки, добиваемся максимума сигнала.

Выполненные соединения можно представить блок-схемой (рис. 2). Master Signals – генератор опорных сигналов. Sequence Generator – генератор последовательностей. Digital Message to CH 0 – цифровое сообщение к каналу 0. Transmitter (Red) – передатчик (с красным светодиодом). Receiver – приемник. Recovered message to CH 1 – восстановленное сообщение к каналу 1.

Сигнал с выхода 10 kHz Digital генератора опорных сигналов используется для тактирования генератора последовательностей, который выдает цифровые TTL-данные на выходе X (генератор последовательностей). Этот генератор периодически подает на выход 31-разрядную последовательность данных, что позволяет стабилизировать изображение на экране осциллографа, используя в качестве сигнала запуска осциллографа импульсы с выхода синусоидального (SYNC) генератора последовательностей. Далее этот цифровой сигнал используется как сообщение для передатчика с красным светодиодом, преобразуя сигнал в свет и передавая по оптоволоконному кабелю на приемник, который преобразует свет обратно в электрический сигнал.

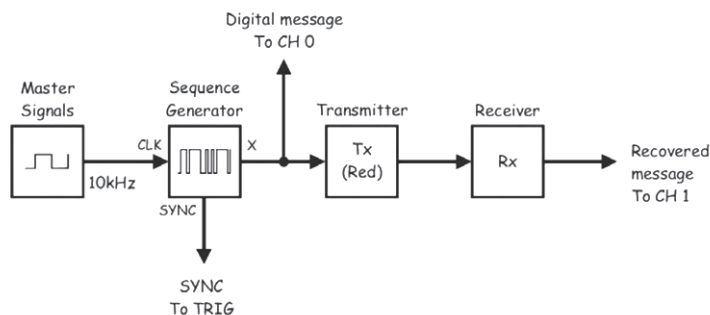


Рис. 2. Блок-схема моделируемого соединения

Для регистрации полученного изображения необходимо изменить следующие настройки осциллографа:

- связь с источником сигнала (Coupling) для обоих каналов: DC (постоянный ток) вместо AC (переменный ток);
- масштаб по оси времени (Timebase): 200 мкс/дел. вместо 500 мкс/дел.;
- смещение по вертикали (Vertical Position) канала 1: -5В вместо 0В;
- тип запуска (Trigger Type): Digital (цифровой).

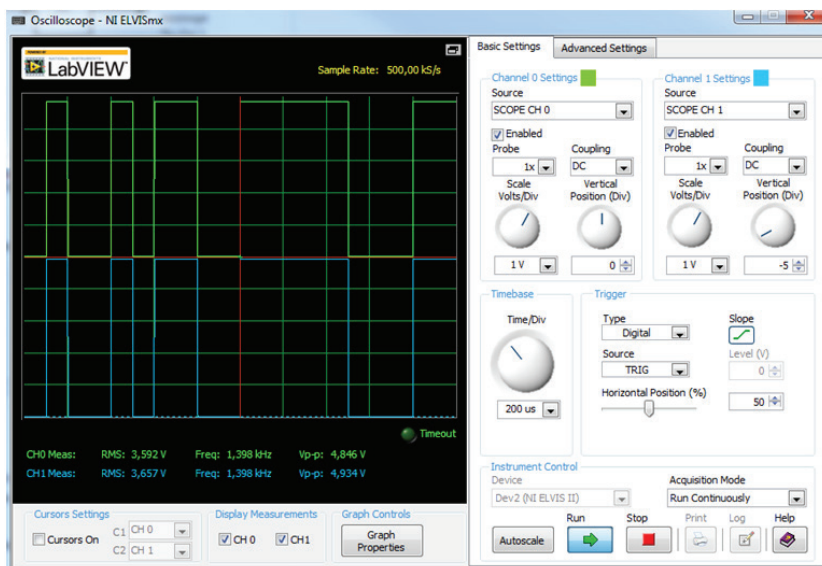


Рис. 3. Фрагмент 31-разрядной последовательности и ее копии на выходе приемника

При воздействии на канал передачи электромагнитным или звуковым полями характер выходного сигнала не меняется.

В ходе данного модельного эксперимента были получены следующие результаты:

- отсутствие потерь и искажений между входным сигналом (верхняя часть экрана осциллографа) и выходным (нижняя часть экрана осциллографа) без воздействия внешних полей и при их наличии;
- подтверждение того, что световые каналы способны переносить без искажения информацию, подаваемую электрическим сигналом по медной проволоке;
- моделирование с использованием тренажера ENN FOTEX/NI ELVIS с модулем расширения Etopa FOTEX позволяет исключить какое-либо расходование материальных ресурсов на макетирование, расходуется только рабочее время аппаратуры и операторов.

Исследования, проведенные в данном направлении [6], показали, что для создания технического макета понадобилось бы 16 часов работы двум специалистам. Использование тренажера позволяет решить всю задачу от замысла до реализации в течение 55–60 минут одним оператором.

В качестве вывода можно также отметить, что моделирование коммуникационных каналов автоматической передачи информации на виртуальных приборах значительно снижает затраты на проектирование АФАР.

---

1. Бордовский, Г.А. Физические основы математического моделирования / Г.А. Бордовский, А.С. Кондратьев, А.Д.Р. Чоудери. – М.: Академия, 2005. – 320 с.
2. Воскресенский, Д.И. Устройства СВЧ и антенны / Д.И. Воскресенский, В.Л. Гостюхин, В.М. Максимов, Л.И. Пономарев. – М.: Радиотехника, 2005. – 376 с.
3. Дункан, Б. Эксперименты с современными волоконно-оптическими системами связи / пер. с англ. Г.А. Лосевой. – Комсомольск-на Амуре: НПП «Полиэлектро», 2010. – 224 с.
4. Игнатъев, А.Н. Оптоэлектронные приборы и устройства / А.Н. Игнатъев. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 272 с.
5. Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов / пер. с англ. Л.Ф. Штейнмана, 2-е изд. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. – 656 с.
6. Халаев, Н.Л. Оптические линии передачи информации / Н.Л. Халаев. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2015. – 124 с.

© Халаев, Н.Л., 2016

© Капитонов, А.С., 2016

© Скрыль, В.К., 2016

**Для цитирования:** Халаев, Н.Л. Моделирование ВОЛС для автоматического обмена информацией между узлами фазированной антенной решетки / Н.Л. Халаев, А.С. Капитонов, В.К. Скрыль // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2016. – № 2. – С. 121–126.

**For citation:** Khalaev, N.L. Simulation of fiber optic lines for automatic exchange of information between nodes of the phased array / N.L. Khalaev, A.S. Kapitonov, V.K. Skryl // The Territory Of New Opportunities. The Herald of Vladivostok State University of Economics and Service. – 2016. – № 2. – P. 121–126.

Дата поступления: 16.05.2016.