

# ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ ХАОС В ПЕРЕДАЧЕ ИНФОРМАЦИИ

Шилин Л. Ю., Кукин Д. П., Жилач Н. С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

220013, П. Бровка, 6, Минск, Республика Беларусь

E-mail: kukin@bsuir.by, nickzhylach@gmail.com

*Ключевые слова:* скрытая передача информации, хаотическая синхронизация, хаотический синхронный отклик, динамический хаос.

## ВВЕДЕНИЕ

Последние десятилетия характеризуются большим интересом к использованию хаотических колебаний в качестве несущих при передаче информации. Интенсивные исследования этого направления были организованы в начале 1990-х годов.

Возникший интерес был во многом связан с открытием явлений хаотической синхронизации и хаотического синхронного отклика. Первые серьезные успехи были связаны с тем, что было предложено несколько схем передачи информации с использованием хаоса, и при их компьютерном моделировании была продемонстрирована возможность передачи цифровых и аналоговых сообщений. Для схемы с нелинейным подмешиванием информационного сигнала в хаотический были проведены успешные эксперименты по передаче реальных речевых и музыкальных сигналов, как в низкочастотном так и в радиодиапазонах.

## ОБЗОР СПОСОБОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ (СПИ), ОСНОВАННЫХ НА ЯВЛЕНИИ ПОЛНОЙ ХАОТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

Перейдём к рассмотрению способов скрытой передачи информации и на основе хаотической синхронизации. Начнём с рассмотрения режима полной синхронизации, поскольку большинство известных способов и устройств основано именно на этом типе синхронного поведения.

Использование полной хаотической синхронизации для скрытой передачи информации подразумевает наличие, как минимум, двух односторонне связанных идентичных хаотических генераторов. Предложено достаточно много таких способов скрытой передачи данных. Это, в первую очередь, хаотическая маскировка [1], переключение хаотических режимов, нелинейное подмешивание информационного сигнала к хаотическому, модулирование управляющих параметров передающего генератора полезным цифровым сигналом и др. На основе этих методов было предложено множество способов скрытой передачи данных. Поэтому рассмотрение основных принципов работы таких схем является

очень важным. Остановимся на них более подробно.

Хаотическая маскировка – один из первых и наиболее простых способов скрытой передачи данных [2]. Принципиальная схема реализации этого способа приведена на рисунке 1. На передающей стороне информационный сигнал  $m(t)$  подмешивается в сумматоре к несущему сигналу, генерируемому передающей хаотической системой  $(t)$ , и далее передаётся по каналу связи. В приёмнике осуществляется полная хаотическая синхронизация находящегося в нём хаотического генератора  $u(t)$  с помощью принимаемого сигнала, в результате чего динамика принимающего генератора становится идентичной динамике передающего. Детектированный сигнал  $m(t)$  получается после прохождения через вычитающее устройство как разность между принимаемым сигналом и синхронным откликом генератора хаоса в приёмнике.

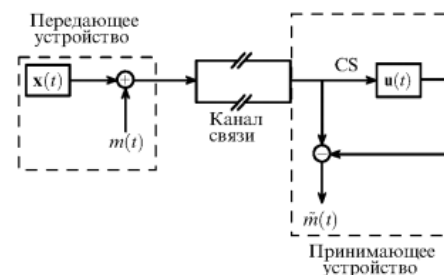


Рис. 1 – Схема скрытой передачи информации с помощью хаотической маскировки (CS – полная хаотическая синхронизация).

Такая схема скрытой передачи данных работает достаточно эффективно (т.е. позволяет качественно передавать информацию и детектировать её на выходе) в отсутствие шумов в канале связи в том случае, когда мощность сигнала, генерируемого передающей системой, превышает мощность информационного сигнала на 35-65 дБ. Добавление шума в канал связи приводит к резкому ухудшению качества передаваемой информации, а следовательно, к высоким отношениям сигнал/шум, при которых схема остаётся работоспособной.

Схемы на основе модулирования управляющих параметров, или адаптивные методы, – естественный этап при переходе от дискретной мо-

дуляции управляющего параметра передающего генератора в схеме с переключением хаотических режимов к модуляции непрерывным сигналом. При этом роль модулирующего сигнала играет информационный сигнал. Необходимым условием реализации таких схем является предварительное определение допустимого диапазона изменения параметра и нормирование модулирующего информационного сигнала. Частным случаем является использование бинарного цифрового сигнала в качестве информационного и модулирование им управляющего параметра передающего генератора. Схема скрытой передачи информации таким способом приведена на рисунке 2.

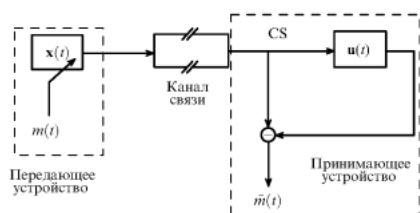


Рис. 2 – Схема скрытой передачи информации путём модулирования управляющего параметра передающего генератора информационным сигналом.

Принципиальная схема реализации способа скрытой передачи данных на основе обобщённой синхронизации приведен на рисунке 3. Передающая сторона содержит два хаотических генератора, ведущий  $x(t)$  и ведомый  $u(t)$ , которые могут быть неидентичными. Сигнал с ведущего генератора передаётся на ведомый, причём его интенсивность модулируется полезным цифровым сигналом  $m(t)$  таким образом: если передаётся бинарный бит 0, то между ведущим и ведомым генераторами устанавливается режим обобщённой синхронизации, а если передаётся бинарный бит 1, то режим обобщённой синхронизации между ними разрушается. На принимающей стороне канала связи находится так называемый вспомогательный хаотический генератор  $y(t)$ , идентичный ведомому по управляющим параметрам. Сигнал с ведущего генератора по каналу связи передаётся на вспомогательный, что обеспечивает возникновение режима обобщённой синхронизации между ними, причём интенсивность передаваемого по каналу связи сигнала должна совпадать с интенсивностью сигнала, поступающего к ведомой системе при передаче бинарного бита 0. Сигнал с ведомого генератора уже по другому каналу связи передаётся принимающей стороне. Принимающая сторона имеет в своём распоряжении как хаотический сигнал, содержащий полезную информацию, так и сигнал без неё. Поэтому можно легко выделить полез-

ный цифровой сигнал  $m(t)$  простым вычитанием одного сигнала из другого.

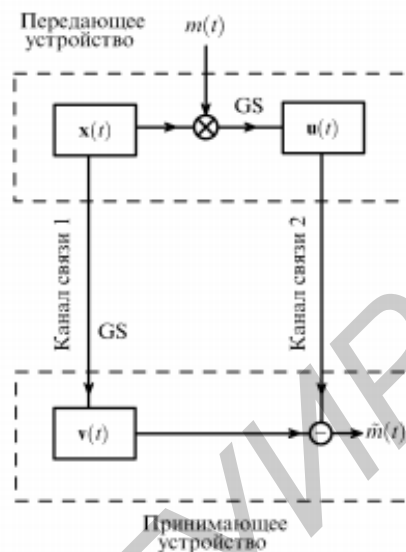


Рис. 3 – Схема скрытой передачи информации путём модулирования управляющего параметра передающего генератора информационным сигналом.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье приведены некоторые схемы реализации СПИ с различными вариантами синхронизации передатчика и приемника. Проанализировав достоинства и недостатки всех предложенных вариантов, можно сделать вывод, что для работы каждой из них необходимы генераторы детерминированного хаотического сигнала радио- или СВЧ-диапазонов с крайне устойчивыми параметрами и точно настроенными под определенную систему характеристиками.

Разрабатываемый коллективом генератор хаоса на системе фазовой синхронизации [4] по результатам моделирования удовлетворяет требованиям, необходимым для обоснования применения его в системах скрытой передачи информации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев А. С., Панас А. И. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. – М.: Физматлит, 2002. – 252 с.
2. Короновский А. А., Москаленко О. И., Храмов А. Е. О применении хаотической синхронизации для скрытой передачи информации // Успехи физических наук. 2009. Т. 179. № 12. С.1281-1310.
3. Дмитриев А. С. и др. Генерация хаоса / Под общ. ред. Дмитриева А. С. // Москва: Техносфера, 2012. – 424 с.
4. Шилин Л. Ю., Кукин Д. П. Генератор широкополосного хаотического сигнала на базе системы фазовой синхронизации / Информационные технологии и системы 2016 (ИТС 2016) : – 24-25 с.: ил.