

В. Ю. Пак – магистрант кафедры медицинской радиоэлектроники

В. Ф. Михайлов (д-р техн. наук, проф.) – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАОТИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ В КВ ДИАПАЗОНЕ

В последние годы исследование динамического или «детерминированного» хаоса (ДХ) является одним из наиболее ярких и интенсивно развивающихся научных направлений в области нелинейных колебаний. Разрабатываемые на основе этого явления теории и подходы могут привести к появлению новых технологий. Таким образом, встал вопрос о практическом использовании ДХ, в первую очередь в телекоммуникационных системах.

Интерес к теме в значительной степени определяется тем, что даже простейшие хаотические синхронизируемые системы обладают определенной степенью конфиденциальности. Речь идет о том, что посторонний наблюдатель должен обладать достаточно подробной информацией об используемой в передатчике хаотической системе, чтобы иметь потенциальную возможность для организации перехвата этой информации.

Детерминированный хаос есть решение нелинейного дифференциального уравнения (или их системы), описывающего некоторую автоколебательную систему. На выходе этой системы воспроизводится непериодический процесс (напряжение, ток), по своим статистическим характеристикам близкий к шумовому. В отличие от цифровых схем, формирующих ПСП, хаос реализуется аналоговыми методами.

Для реализации нетрадиционных алгоритмов записи, хранения, обработки и передачи информации, использующих свойства хаотической динамики систем, необходимы генераторы хаоса (ГХ) — устройства, преобразующие энергию, взятую от некоторого внешнего источника, в энергию хаотических колебаний.

Нелинейные системы с хаотической динамикой могут иметь математическое описание двух видов. Системы с непрерывным временем описываются дифференциальными уравнениями вида

$$\frac{dx}{dt} = f(x, \mu),$$

где μ – вектор параметров нелинейной функции $f(x)$, и могут быть физически реализованы на аналоговых электронных устройствах. Системы с дискретным временем описываются разностными уравнениями, для их реализации необходима аппаратура цифровой обработки сигналов. Для формирования и обработки хаотических сигналов на относительно невысоких частотах (диапазон КВ) удобнее использовать системы с дискретным временем.

Перейдем к рассмотрению способов скрытой передачи информации на основе хаотической синхронизации. Начнем с рассмотрения режима полной синхронизации, поскольку большинство известных способов и устройств основаны именно на этом типе синхронного поведения. Использование полной хаотической синхронизации для скрытой передачи информации подразумевает наличие, как минимум, двух однонаправленно связанных идентичных хаотических генераторов. Предложено достаточно много таких способов скрытой передачи данных. Это, в первую очередь, хаотическая маскировка, переключение хаотических режимов 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. 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 $x(t)$, и далее передается по каналу связи. В приемнике 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 $\tilde{m}(t)$ получается после прохождения

через вычитающее устройство как разность между принимаемым сигналом и синхронным откликом генератора хаоса в приемнике.

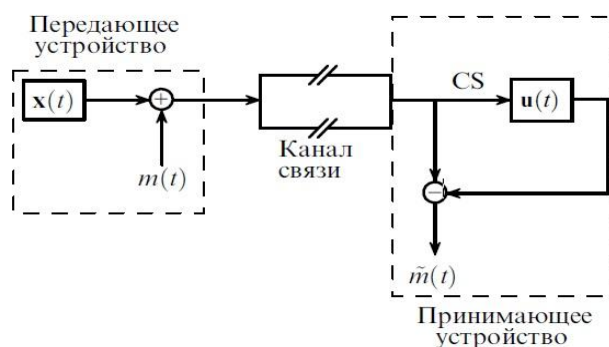


Рис. 1. Схема скрытой передачи информации с помощью хаотической маскировки (CS – полная хаотическая синхронизация)

В начале 90-х годов XX в. было предложено, помимо хаотической маскировки еще несколько способов скрытой передачи данных, объединенных общим названием «переключение хаотических режимов» [145]. Одна из схем переключения хаотических режимов приведена на рисунке 2.

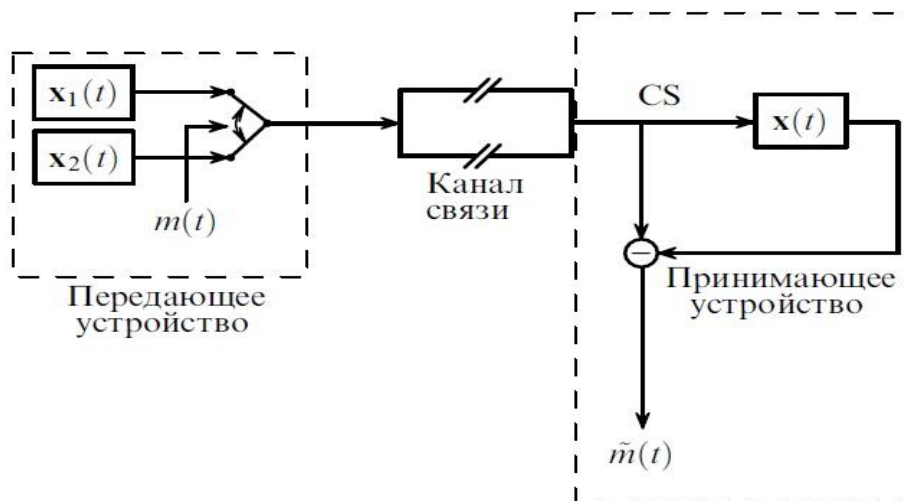


Рис. 2. Схема скрытой передачи информации на основе переключения хаотических режимов

Передающее устройство содержит два хаотических генератора, $x_1(t)$ и $x_2(t)$, которые могут быть разными или одинаковыми, но с различающимися параметрами, однако в интересах конфиденциальности передачи данных предпочтительнее использовать последние; более того, сигналы, генерируемые этими системами должны иметь сходные спектральные и статистические свойства. Полезный цифровой сигнал $m(t)$, представленный последовательностью бинарных битов 0/1, используется для переключения передаваемого сигнала, т.е. сигнал, производимый первым хаотическим генератором, кодирует, например, бинарный бит 0, а сигнал от второго генератора хаоса соответственно – бинарный бит 1. Полученный таким образом сигнал передается по каналу связи на принимающее устройство. В зависимости от числа генераторов, находящихся на принимающей стороне канала связи, различают несколько схем скрытой передачи данных на основе переключения хаотических режимов. В схеме, представленной на рисунке 2, принимающее устройство содержит один хаотический генератор $x(t)$, идентичный любому из передающих, например первому. Параметры генераторов должны быть выбраны таким образом, чтобы генерируемые ими сигналы приводили к возникновению режима полной хаотической синхронизации лишь в том случае, если передается только бинарный бит 0 (или только бинарный бит 1). Так же как и при хаотической маскировке, восстановленный сигнал $\tilde{m}(t)$ получается после прохождения через вычитающее устройство сигнала, передаваемого по каналу связи, и синхронного отклика хаотического генератора принимающего устройства.

Динамический хаос и системы связи с хаотическими колебаниями дают новый виток в истории радиотехники. Дальнейшие исследования применения этого явления для обеспечения радиосвязи позволят создать более надежные, компактные системы связи, обеспечивающие высокую скорость передачи информации.