

$$b = \frac{-2 \pm \sqrt{4 - 4 * a12 * (a12 * d^2 - 1)}}{2 * a12} = \frac{-1 \pm \sqrt{|1 - a12 * (a12 * d^2 - 1)|}}{a12} .$$

Тогда координата места течи будет определяться следующим выражением

$$X_{течи} = X2 - \Delta X ,$$

где  $\Delta X = b * h$ ,  $X2$  – координата датчика, показывающего максимальный по уровню сигнал.

Клевцова Алла Борисовна

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге

E-mail: [kafmps@ttpark.ru](mailto:kafmps@ttpark.ru).

347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81

Тел. +7(8634)32-80-25

Klevtsova Alla Borisovna

Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»

E-mail: [kafmps@ttpark.ru](mailto:kafmps@ttpark.ru)

81, Petrovskaya street, Taganrog, 347900, Russia

Phone: +7(8634) 328025

УДК 681.51

**А.О. Кожанов**

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ СКРЫТОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

*В статье описано применение методов нелинейной динамики для построения системы скрытой передачи информации в каналах связи с хаотической несущей. Генератором динамического хаоса выступает странный аттрактор Анищенко-Астахова (ХГ). Для передачи информации используется параметрическое модулирование на один из параметров аттрактора.*

*Странный аттрактор Анищенко-Астахова; нелинейная динамика; асимптотический наблюдатель состояния; хаотические генераторы.*

**A.O. Kozhanov**

### **APPLYING METHODS OF NONLINEAR DYNAMICS TO HIDE THE INFORMATION TRANSFERING**

*This article describes the application of nonlinear dynamics methods to build the secure information transferring system in the communication channels with chaotic carrier. The Anisichenko-Astahov's strange attractor is used as dynamic chaos generator. Parametric modulation of the one of attractors parameters is used for information transfer*

*Anisichenko-Astahov's strange attractor; Nonlinear dynamics; asymptotic state observer; Chaotic generators*

### Введение

Интерес к хаотическим схемам связи в значительной степени определяется тем, что даже простейшие из них 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. Начиная с 1992 г., был предложен ряд способов передачи информации, использующих хаотическую динамику: хаотическая маскировка (chaotic masking), переключение хаотических режимов (chaos shift keying), нелинейное подмешивание (nonlinear mixing), схемы, на основе систем фазовой автоподстройки частоты (ФАП), инверсные схемы и другие. С их помощью была продемонстрирована возможность применения хаоса для передачи информации и тем самым созданы предпосылки для появления нового направления в системах связи.

В нашей статье описан способ передачи информации с применением методов построения асимптотических наблюдателей состояния.

### Описание проблемы

ХГ, являясь динамической системой, описывается вектором значений его состояния и оператором эволюции. Введение информации в структуру ХГ осуществляется при помощи параметрической модуляции одного из параметров генератора. А в канал связи транслируется значение одной из переменных состояния ХГ. Задача принимающей системы состоит в том, чтобы по одномерной реализации динамической системы генератора восстановить значение ее параметра.

### Построение асимптотического наблюдателя состояния

Исходная динамическая система Анищенко-Астахова описывается нелинейными дифференциальными уравнениями:

$$\frac{dx}{dt} = m_0x + y - xz, \quad \frac{dy}{dt} = -x, \quad \frac{dz}{dt} = -g_0 + 0.5g_0(x + |x|)x. \quad (1)$$

Для упрощения задачи построения наблюдателя путем замены переменных эта система была преобразована к следующему виду:

$$\frac{dY}{dt} = Z, \quad \frac{dZ}{dt} = X, \quad \frac{dX}{dt} = f(X, Y, Z, \mu), \quad \mu = (m_0, g_0). \quad (2)$$

Будем модулировать параметр  $m_0$  информационным сигналом таким образом, чтобы значения параметра оставались в пределах хаотического режима динамической системы. Обозначим его

$$r = m_0 + m(t). \quad (3)$$

Примем  $m(t)$  кусочно-постоянным, таким образом:

$$f(X, Y, Z, \mu) = \frac{X(X + Y)}{Z} + (rg_0 - 1)Z - g_0(X + Y) + 0.5g_0(|Z| - Z)Z^2. \quad (4)$$

Далее будем передавать в канал одномерную реализацию  $X(t)$ . Таким образом на принимающей стороне у нас наблюдаемой является только переменная состояния  $X$  и нам требуется построить асимптотических наблюдателей для  $Y, Z, r$ . Однако благодаря структуре уравнений (2). Наблюдения за  $Y$  и  $Z$  можно свести к последовательному интегрированию.

Для построения асимптотического наблюдателя за параметром  $r$  необходимо заменить неизвестный параметр его динамической моделью  $dw/dt = 0$ , решением этого уравнения является  $w(t) = const$ , что и отражает скачкообразное изменение во времени  $r(t)$ .

$$\dot{Y}(t) = Z; \dot{Z}(t) = X; \dot{X}(t) = wg_0Z + G_1, \quad (5)$$

где  $G_1 = \frac{X(X+Y)}{Z} - Z - g_0(X+Y) + 0.5g_0(|Z|-Z)Z$ .

Пусть  $\mathfrak{w}$  – искомая оценка параметра, введем макропеременную

$$\psi = w - \mathfrak{w} \quad (6)$$

и запишем уравнение редукции

$$\dot{\mathfrak{w}} = Q(X, Y, Z) + v_1, \quad (7)$$

где  $Q(X, Y, Z)$  – неизвестная функция от наблюдаемых переменных состояния системы (5),  $v_1$  – переменная состояния динамического наблюдателя. Макропеременная (6) должна удовлетворять функциональному уравнению:

$$\dot{\psi}(t) + L(X, Y, Z)\psi = 0, \quad (8)$$

где  $L(X, Y, Z)$  – неизвестная функция, обеспечивающая устойчивость уравнения (8), выразив производную макропеременной из уравнения (6) и производную  $\mathfrak{w}$  из уравнения (7), подставим в уравнение (8):

$$-\frac{\partial Q}{\partial X}(wg_0Z + G_1) - \frac{\partial Q}{\partial Y}Z - \frac{\partial Q}{\partial Z}X - \frac{dv}{dt} + L(X, Y, Z)(w - \mathfrak{w}) = 0. \quad (9)$$

Разделим уравнение на 2 части, первая из которых содержит ненаблюдаемую переменную  $w$ :

$$w \left( -\frac{\partial Q}{\partial X}g_0Z + L(X, Y, Z) \right) = 0, \quad (10)$$

т.к. положим, что  $L$  не зависит от  $X$ , и проинтегрируем выражение в скобках

$$Q(X, Y, Z) = \frac{L(X, Y, Z)X}{g_0Z}. \quad (11)$$

С учетом полученного примем

$$L(X, Y, Z) = \alpha Z^2. \quad (12)$$

Подставив  $L$  и  $Q$  во вторую часть уравнения (9), получим

$$\frac{dv}{dt} = -\left(\frac{\alpha}{g_0}Z\right)G_1 - \left(\frac{\alpha}{g_0}X\right)X - \alpha Z^2\left(\frac{\alpha}{g_0}ZX + v\right). \quad (13)$$

Кроме того, подставив  $Q$  в уравнение (7), имеем

$$\dot{\mathfrak{w}} = \frac{\alpha}{g_0}ZX + v. \quad (14)$$

Для моделирования системы мы выбрали его значение  $\alpha = 0.0006$ . В результате численного моделирования мы обнаружили значительное влияние шума на качество передачи сигнала. Шумовое воздействие накапливалось на входе в приемник при восстановлении  $Y$  и  $Z$  путем интегрирования. Для компенсации этого воздействия мы добавили в систему сигнал синхронизации приемника и передатчика, который используется для сброса состояния интеграторов, и следовательно сброса накопленного шумового воздействия на сигнал. Восстановленный импульсный сигнал можно видеть на рис. 1.

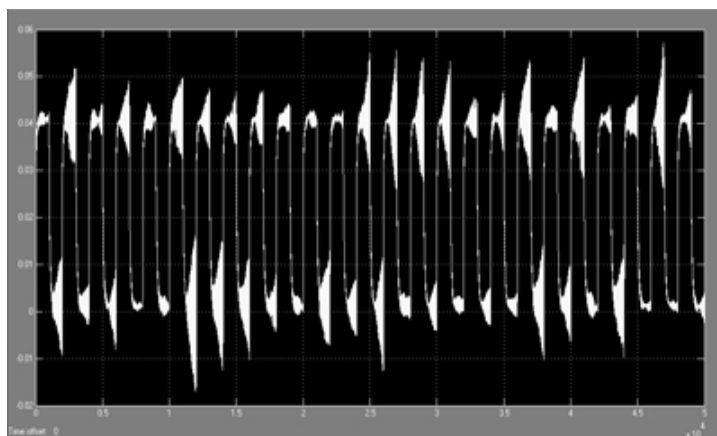


Рис.1. Восстановленный импульсный сигнал на приемнике

### Заключение

Предложенный метод позволяет построить устойчивую систему защищенной передачи информации, однако, обладает рядом недостатков. В первую очередь это шумовые искажения интегрируемых переменных состояния. Для повышения помехоустойчивости мы планируем построить асимптотических наблюдателей за всеми неизвестными переменными состояния вместо последовательного интегрирования.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анищенко В.С., Астахов В.В., Вадивасова Т.Е., Нейман А.Б. Нелинейные эффекты в хаотических и стохастических системах. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
2. Анищенко В.С., Вадивасова Т.Е., Астахов В.В. Нелинейная динамика хаотических и стохастических систем. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1999.
3. Колесников А.А. и др. Современная прикладная теория управления. Ч. II: Синергетический подход в теории управления. – Москва-Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000.

Кожанов Алексей Олегович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г.Таганроге

E-mail: [offic@ccsd.tsure.ru](mailto:offic@ccsd.tsure.ru)

347928, Таганрог, пер. Некрасовский, 44

Тел.: +7(8634) 318090

Kozhanov Aleksey Olegovich

Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»

E-mail: [offic@ccsd.tsure.ru](mailto:offic@ccsd.tsure.ru)

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia

Phone: +7(8634) 318090