

СИМУЛАЦИЯ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА ХАОТИЧНА СИНХРОНИЗАЦИЯ ПРИ НЕЛИНЕЙНО ПОДВКЛЮЧВАНЕ

Галина Чернева
cherneva@vtu.bg

**ВТУ "Тодор Каблешков", София, 1574, ул. "Гео Милев" 158,
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: комуникационни системи с динамичен хаос, хаотичен процес, хаотична синхронизация, нелинейно подвключване

Резюме: В работата е изследвана комуникационна система с нелинейно подвключване. В среда на PsPice е симулирана системата и са получени честотните спектри на приетия сигнал при различна степен на идентичност на параметрите на хаотичните системи в предавателя и приемника.

1. Въведение в проблема

Формирането на нови носители на информация на основата на хаотичната динамика е тясно свързано с явлението хаотична синхронизация [3,4]. Това фундаментално нелинейно явление, открито от Л. Пекора и Т. Карол [1,2], води до качествен скок в развитието на комуникационните системи с детерминиран хаос. Именно възможността за синхронизация на хаотичните процеси е в основа на идеята за използване на хаотичното колебание като носеща на информационния сигнал [5].

Един от методите за наслагване на информационните колебания върху хаотичните е нелинейното подвключване [5,6]. При него информационният сигнал се въвежда в генератора на хаос и, освен това, се сумира с генерираното хаотично колебание. Така се осигурява по-добра конфиденциалност на предаваната информация. Но при реализация на метода съществуват редица проблеми. На първо място е въпросът за идентичност и максимално допустима неточност в параметрите на хаотичните системи в предавателя и приемника. Освен това в канала за връзка се предават едновременно както хаотичното колебание, така и полезният сигнал. Следователно смущенията в канала влияят допълнително на синхронизацията на хаотичните системи и влошават нейното качество.

В резултат на изложеното, целта на настоящата работа е да изследва качеството на синхронизация между хаотичните системи, разположени в предавателя и приемника на комуникационна система с нелинейно подвключване, при различна степен на идентичност на параметрите на хаотичните системи. Изследванията са направени чрез създаден в среда на PsPice симулационен модел.

2. Симуляционен модел на комуникационна система с нелинейно подвключване

Принципната схема на комуникационна система с нелинейно подвключване е дадена на фиг.1.

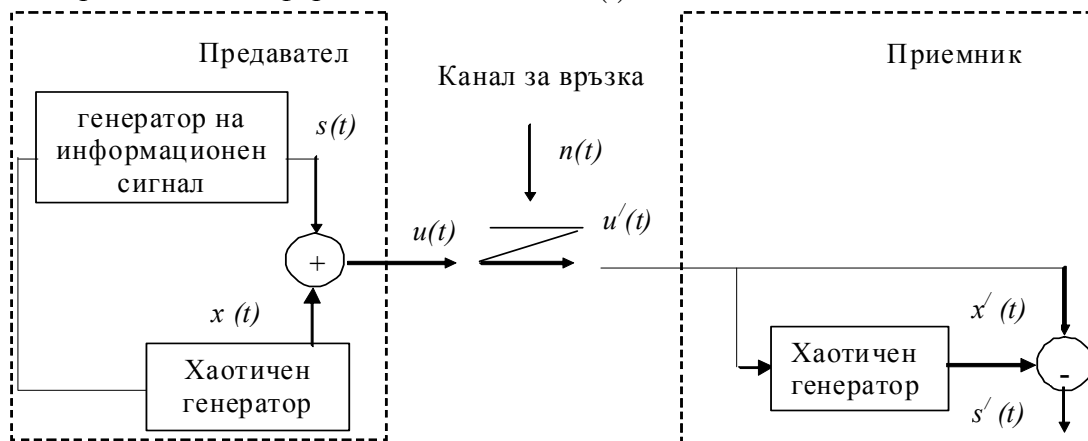
В канала за връзка се предава сигнал

$$u[t, x(t), s(t)] = x[t, s(t)] + s(t) \quad ,$$

където $s(t)$ е информационен сигнал,

$x(t)$ е хаотичното колебание, генерирано от генератора на хаос в предавателя (управляваща хаотична система).

В приемника е позициониран идентичен хаотичен генератор (управлявана хаотична система), чието колебание $x'(t)$ се изважда от приетия сигнал $u'(t)$. Така се извлича предаденият информационен сигнал $s'(t)$.



Фиг. 1. Принципна схема на комуникационна система с нелинейно подвключване

На база на принципната схема от фиг.1 е създаден симуляционен модел в PsPice, показан на фиг.2. Предавателят се състои от захранващи блокове V2 и V3; буфер, изграден от елемент U4B и резистори R10, R9; суматор, състоящ се от U4A и резистори R6, R7, R8; източник на напрежение V4; нелинеен елемент X1 и филтър от елементи R2, C2, L1, R1, C1. Източникът V4 е генератор на информационен сигнал, който постъпва на един от входовете на суматора (резистор R7). На другия вход на суматора (резистор R6), чрез буферния елемент U4B, постъпва сигнал от изхода на филтъра (кондензатор C1).

Операциите «сумиране» и «изваждане» се реализират чрез операционни усилватели Analog Devices OP285GP.

От изхода на суматора U4A, през нелинейния елемент X1, сигналът постъпва в канала за връзка. Той е реализиран чрез елементите R38, C5 и V10.

Аналогично на предавателя, приемникът е представен чрез източници V1 и V5; буферен елемент, състоящ се от U1A и резистори R13, R12; суматор, съставен от U3B и резистори R5, R11; нелинеен елемент X2; филтър, състоящ се от R4, C4, L2, R3, C3 и блок за извършване на операция «изваждане», съставен от операционен усилвател U3A и резистори R14, R15, R16, R17.

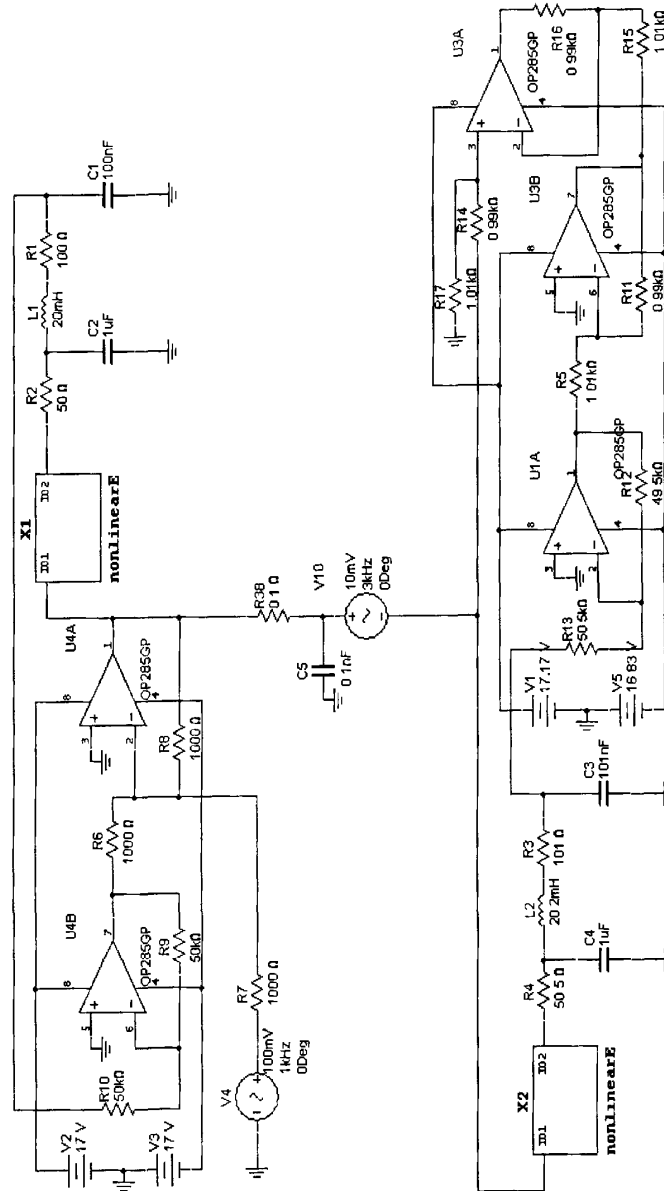
В приемника приетият сигнал постъпва върху нелинейния елемент X2 и на R14. На другия вход на блока за «изваждане» (R15), чрез буферните елементи U1A и U3B постъпва сигналът от филтъра (кондензатор C3). На изхода на блока за «изваждане» се извлича предаваният информационен сигнал.

Тъй като е трудно да се реализират нелинейни елементи с експоненциално характеристика, се използват идеализирани елементи. Източникът V4 е генератор на

информационен сигнал, който постъпва на един от входовете на суматора (резистор R7). На другия вход на суматора (резистор R6), чрез буферния елемент U4B, постъпва сигнал от изхода на филтъра (кондензатор C1).

Операциите «сумиране» и «изваждане» се реализират чрез операционни усилватели Analog Devices OP285GP.

От изхода на суматора U4A, през нелинейния елемент X1, сигналът постъпва в канала за връзка. Той е реализиран чрез елементите R38, C5 и V10.



Фиг. 2. Симулационен модел в PSpice на схема с нелинейно подвключване

Аналогично на предавателя, приемникът е представен чрез захранвания VI и V5; буферен елемент, състоящ се от U1A и резистори R13, R12; суматор, съставен от U3B и резистори R5, R11; нелинеен елемент X2; филтър, състоящ се от R4, C4, L2, R3, C3 и блок за извършване на операция «изваждане», съставен от операционен усилвател U3A и резистори R14, R15, R16, R17.

В приемника приетият сигнал постъпва върху нелинейния елемент X2 и на R14. На другия вход на блока за «изваждане» (R15), чрез буферните елементи U1A и U3B постъпва сигналът от филтъра (кондензатор C3). На изхода на блока за «изваждане» се извлича предаваният информационен сигнал.

Тъй като е трудно да се реализират нелинейни елементи с експоненциална характеристика, се използват идеализирани елементи.

Използваният в схемата операционен усилвател е с честотна лента 9 MHz, която е достатъчна за коректното функциониране на схемата. Той работи при изменение на захранващото напрежение в граници от $\pm 4.5V$ до $\pm 22V$.

В процеса на симулацията се установява, че при малко захранващо напрежение на операционния усилвател не възниква генериране на хаотично колебание. Причина за това е нелинейното ограничение на сигнала, чиято амплитуда се оказва недостатъчна. При увеличаване на напрежението динамичният диапазон на буферните елементи се разширява и в предавателя се генерира хаотично колебание. Затова се избира захранващо напрежение на източниците: $V2=17V$, $V3=17V$, $V1=17V$, $V5=17V$, при което динамичният диапазон на буферните елементи се оказва достатъчен за генериране на хаотично колебание в предавателя.

Тъй като резистори със съпротивление по-голямо от $1M\Omega$ внасят смущение, то за буферния елемент са избрани $R10=50\text{ k}\Omega$ и $R9=50\text{ k}\Omega$, които осигуряват голямо входно съпротивление.

За суматора в предавателя са избрани съпротивления $R6=1\text{ k}\Omega$, $R7=1\text{ k}\Omega$, $R8=1\text{ k}\Omega$. Същите са и в приемника.

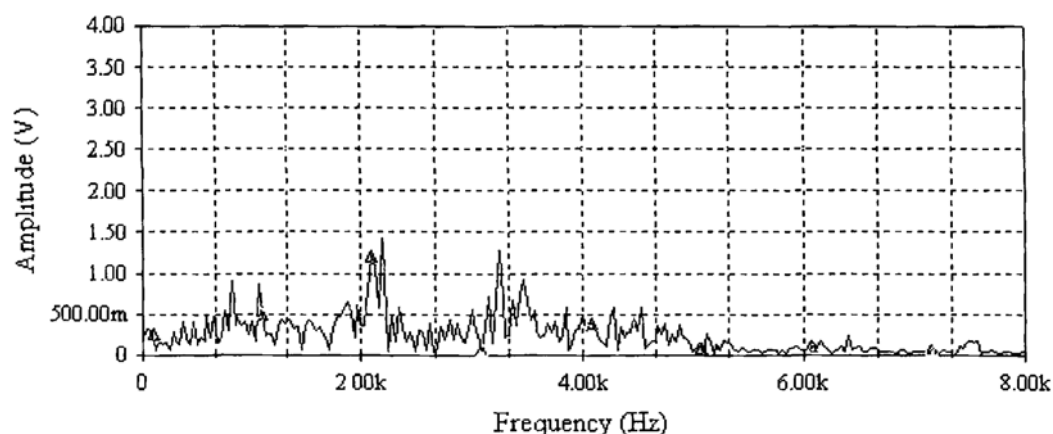
Параметрите на предавателя са: $V2=17V$, $V3=17V$, $R10=50\text{ k}\Omega$, $R9=50\text{ k}\Omega$, $R6=1\text{ k}\Omega$, $R7=1\text{ k}\Omega$, $R8=1\text{ k}\Omega$, $R2=50\text{ }\Omega$, $C2=1\mu F$, $L1=20\text{ mHz}$, $R1=100\text{ }\Omega$, $C1=100\text{ nF}$.

В качеството на информационен сигнал е използван сигнал с амплитуда $A=28\text{ mV}$ и честота $f=5\text{ kHz}$. Параметрите му са подбрани така, за да се осигури надеждното му скриване чрез хаотичното колебание.

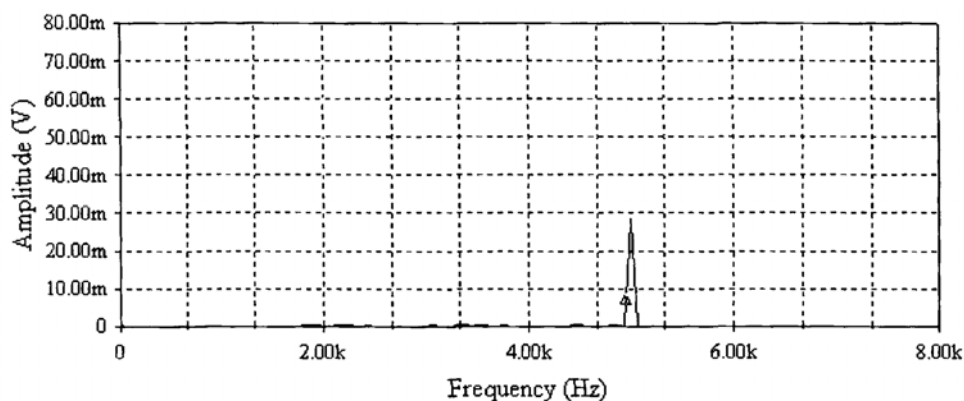
3. Резултати от симулацията

Чрез представения симулационен модел са направени симулации при пълно съвпадение на параметрите на хаотичните системи в предавателя и приемника, както и при различна степен на неидентичност – 0,1 % и 1 % . Тези случаи са симулирани в идеалния случай - без смущения в канала за връзка. Получени са спектрите на предадения и приетия сигнал.

На фиг. 3 са представени честотните спектри при пълна идентичност на параметрите на хаотичните системи и липса на смущения.



а) спектр на сигнала на изхода на предавателя

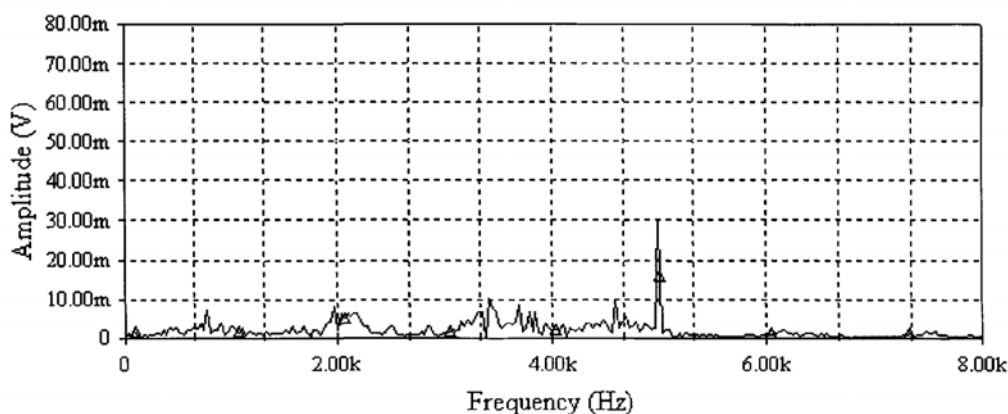


б) спектр на сигнала на изхода на приемника

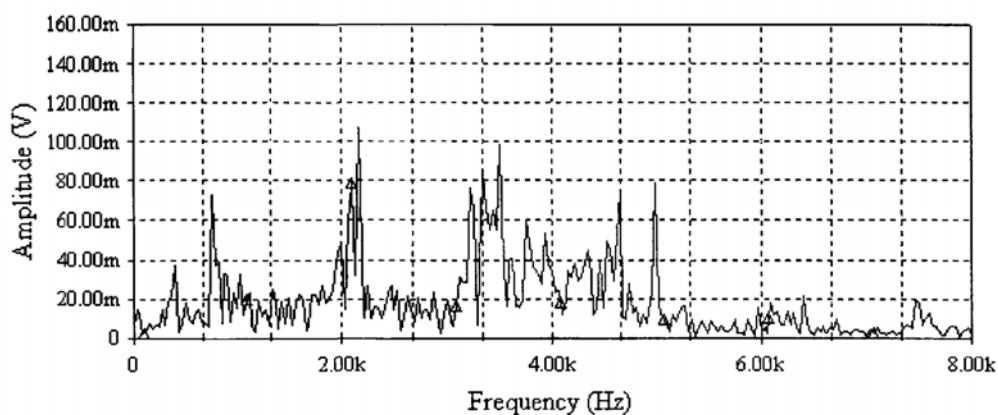
Фиг.3. Пълна идентичност на параметрите на хаотичните системи и липса на смущения

В този идеализиран случай се осъществява пълна хаотична синхронизация и в спектъра на изходния сигнал се наблюдава само информационната компонента.

При разлика в параметрите на управляващата и управляваната хаотични системи (фиг.4) се наблюдава увеличаване на спектралните съставлящи вследствие допълнителни смущения, които се дължат на неидентичността на двете системи. Те влошават качеството на приемане.



а) разлика 0,1%



б) разлика 1%

Фиг.4. Спектър на изходния сигнал при разлика в параметрите на хаотичните системи и липса на смущения

4. Заключение

Чрез направената симулация на метода на нелинейно подвключване е изследвано качеството на синхронизация между управляващата и управляваната хаотични системи от разликата в параметрите им. Получените резултати показват наличие на допълнителни спектрални съставлящи в изходния сигнал вследствие неидентичността на двете системи.

Литература

- [1] PECORA, L. M., CARROLL, T. L.: Driving systems with chaotic signals," *Phys. Rev. Lett.*, 444, p. 2374-2383. 1991
- [2] PECORA, L. M., CARROLL, T. L.: Synchronization in Chaotic Systems. *Phys. Rev. Lett.* 64, 8, 1990.
- [3] CELIKOVSKY, S., CHEN, G. Secure Synchronization of a Class of Chaotic Systems from a Nonlinear Observer Approach. *IEEE Transactions on Automatic Control* 50, 1, 2005.
- [4] CUOMO, K. M., OPPENHEIM, A. V.: Circuit Implementation of Synchronized Chaos with Applications to Communications. *Phys. Rev. Lett* 71, pp. 65-68, 1993.
- [5] G. KOLUMBAN, Theoretical noise performance of correlator-based chaotic communications schemes. *IEEE Trans. Circuits Syst. I*, vol. 47. 2000.
- [6] БОБРЕШОВ А. М. Хаотические системы связи с нелинейным подмешиванием в присутствии помех .*Физика волновых процессов и радиотехнические системы*. 2009, т.12, №3, стр. 63-68.

SIMULATION AND EXAMINATION OF CHAOTIC SYNCHRONIZATION BY A NONLINEAR MIXING

Galina Cherneva
cherneva@vtu.bg

*Todor Kableshkov University of Transport,
Sofia, 158 Geo Milev Str
BULGARIA*

Key words: *Communication systems with dynamical chaos, chaotic process , chaotic synchronization, nonlinear mixing*

Abstract: *The paper presents a communication system by a nonlinear mixing. Orcad PSpice program is used to simulate the system and show the frequency spectrum of received signal by different identity of parameters of chaotic systems in the transmitter and the receiver.*