

# ОТНОСНО ЕДИН НАЧИН ЗА МОДЕЛИРАНЕ НА ЕТАЛОНЕН СИГНАЛ ЗА ВРЕМЕ И ЧЕСТОТА

доц. д-р инж. Кирил Радев Койчев, асп. инж. Станимир Михайлов Садинов  
Технически Университет - Габрово; ФФЕ; катедра ЕТМЕ

*Abstract: Time and frequency standart Loran-C is a system based upon the period of time between signals in their five states. Each state corresponds to a transmission of a short series of pulses - the receiver measures time differences between signals received by the stations which correspond to their geographical location. Pulses received should have a shape corresponding to properly assigned (set) tolerances. At present, in radio-navigation systems has been adopted new automatic system for control of pulse shapes.*

*In connection with creating this difference-correction pulse, it is necessary to test the algorithm for its automatic shaping. This is set by computerized program for simulation of Loran-C transmitter. That simulation program changes the requirements in the dynamic model of this transmitter. Discussed in the paper are some known ways of signal machining (processing) which help solving this problem. In the beginning, the transmission system is described as zero pole model. Then it is viewed as a non-linear one and the resulting processes that estimate the veracity of information transferred. The closing part contains an overall estimate of obtained results.*

## Въведение

Системата Loran - C е предназначена за използване в качеството на точна хиперболична навигационна система [3, 4], което позволява да се определи местоположението на наблюдателя, намиращ се на разстояние повече от 1800 km с грешка около 1500 m. Модернизацията на системата през последните години доведе до увеличаване на нейната надеждност. Във връзка с това стана възможно за използване на системата и за други цели, като: определяне на местоположението при измерване на разстоянието между две станции, предаване на съобщения, предаване на сигнали за точно време и стандартните - за време и честота.

Loran - C представлява импулсна система, широчината на лентата и е равна на 20 kHz и е центрирана относно носещата честота 100 kHz. При такава широчина на лентата времето на нарстване на импулса до ниво 0.6 от максималната стойност е 30  $\mu$ s. Предният фронт на радиоимпулса може да се апроксимира с изрази

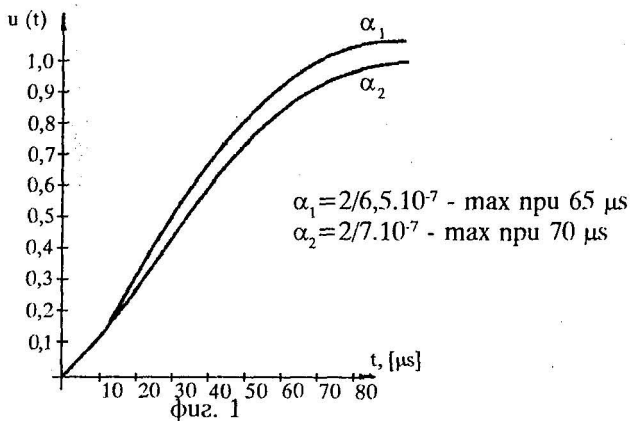
$$u(t) = t^2 e^{\alpha t}$$

Стойността на  $\alpha$  е избрана така, че амплитудата на радиоимпулса е максимална при  $t = 6570 \mu$ s.

На фиг. 1 е показана формата на предния фронт на обвивката на

нормирания идеален радиоимпулс на системата за две стойности на  $\alpha$ . Сравнително стръмният преден фронт дава възможност да се определи този импулс от пространствената вълна, чийто преден фронт ще бъде с по-голяма стойност.

За начало на импулса се приема точката, която предшества три периода на високочестотното колебание на носещата честота (30  $\mu\text{s}$ ). Относно тази точка се извършва отчитане на разликата във фазите на радиосигналите, тъй като на нея съответства максималната стойност на отношението сигнал/шум за повърхностната радиовълна.



### Предавателна система и метод за моделиране

Предавателят Logan-C променя своите параметри в течение на времето; след часове, дни и седмици, като основна причина е стареенето на елементите и експлоатацията му [1, 5].

Това състояние на предавателя може да се опише с линейно диференциално уравнение с променливи коефициенти:

$$y(n) + a_1(t, E_n)y(n-1) + \dots + a_p(t, E_n)y(n-p) = b_0(t, E_n)x(n) + \dots + b_Q(t, E_n)x(n-Q), \quad (1)$$

където  $x_n$  е входния, а  $y_n$  - изходния сигнал, като всички коефициенти са функция на времето и енергията  $E_n$  необходима за възбуждане на предавателя, определена по формулата:

$$E_n = \frac{\{x^2(n)x(n)\}T}{\{\max|x(n)|\}^2R} \quad (2)$$

В (2)  $x(n)$  е входната чувствителност,  $R$  е товарния резистор със стойност  $1\Omega$ , а  $T$  е периода на сигнала [2, 5].

Параметрите  $n$  и  $t$  от (1) представляват дискрета от време. Индекса  $n$ , умножен с интервала от 100ns съдържащ се в (1)

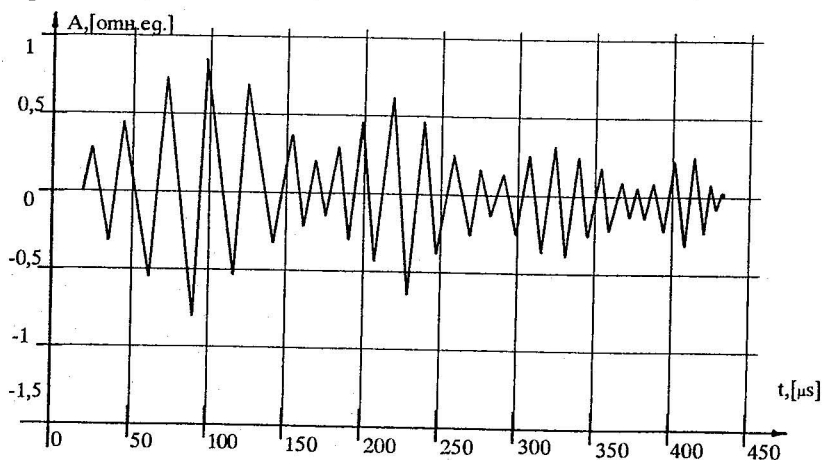
представяват динамиката на предавателя за период по-малък от  $500 \mu\text{s}$ , каквато е продължителността на един импулс.

Този период обаче практически е много малък, за да може достоверно да се опише изменението на процеса във времето.

Ако се извърши итерация с продължителност от  $(5-10) \text{ s}$ , при отчитане на изменение на формата на импулсната поредица спрямо идеалната може да се определи грешката в зоната на най-малката квадратична чувствителност. С групи думи параметрите на модела бавно се променят, т.е. коефициентите  $a(t, E_n)$  и  $b(t, E_n)$  с големина за всеки цикъл  $t_d$  спрямо времето  $t$ .

Например, в случай на симулация, когато временния интервал означен с индекс  $t$  е с продължителност до  $5 \text{ s}$ , то  $t_d = 225$ , тези коефициенти ще се променят нараствайки на всеки  $15 \text{ min}$ . Очевидно е, че след часове тази промяна ще стане още по-забележима. За анализиране и контролиране на скоростта на промяна във времето на цикъла  $t_d$ , то ефектът е в свиване на скалата на времето  $t$ .

Основавайки се на модела в линейната честотна област се прави избор на работна точка от изходния сигнал на предавателя представен на фиг. 2.



фиг. 2

Приема се, че за двойка входно-изходни импулси енергията е приблизително равна и е  $E_n = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ Ws}$  [5].

Коефициентите на нулево-полусния модел за този типичен режим за  $a(E_n)/E_n = b(E_n)/E_n = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ Ws}$  се определят за  $h(n)$  използвайки модифицирания метод на най-малките квадрати на Yele-Walker или метода на Shank [2]. При положение, че се използва метода на Yele-

Walker трябва да се въведе допълнителна корелационна матрица от вида:

$$R_c = \begin{bmatrix} R_n(Q+1) & R_n(Q) & \dots & R_n(Q-P+1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ R_n(L) & R_n(L-1) & \dots & R_n(L-P) \end{bmatrix} \quad (3)$$

където  $R_n$  е корелационната функция, а  $L$  е големината на частната чувствителност  $h(n)$ .

Нека  $e$  е вектор на грешката при някаква много малка промяна на  $a$

$$R_E a = e$$

Вектора  $e$  се минимизира чрез:

$$(R_E^+ R_E) a = \begin{bmatrix} e^+ r_0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Разделяйки на матрицата

$$R_E = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ r_0 & R_c \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

параметъра  $a$  отразява използването на псевдоинверсия от вида

$$a = -R_E^+ r_0 \quad (6)$$

Метода на Shank е базиран на детерминантния подход, който дава възможност за по-лесно определяне на  $b$ . При него, след намиране на  $h_A$  и  $a$  се получава моделираната грешка на нулево полукълния модел

В този случай матрицата на чувствителността е:

$$H_A = \begin{bmatrix} h_A(0) & 0 & \dots & 0 \\ h_A(1) & h(0) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ h_A(Q) & h_A(Q-1) & \dots & h_A(0) \\ h_A(L-1) & h_A(L-2) & \dots & h_A(L-Q-1) \end{bmatrix} \quad (7)$$

където параметъра  $b$  се определя според критерия на най-малките квадрати:

$$b = H_A^+ h \quad (8)$$

### Симулиране модела на преподавателя

Коефициентите  $a$  и  $b$ , и входните данни от (2) определят чувствителността  $h_{AB}(n)$ , която точно отговаря на временно-честотния обхват  $h(n)$ . Моделните коефициенти за  $P = 4$  и  $Q = 3$  се получават от вида:

$$a = \begin{bmatrix} 1,0000 \\ -3,9856 \\ 5,9645 \\ -3,9723 \\ 0,9934 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 0,5130 \\ -0,1508 \\ 0,1640 \\ -0,5650 \end{bmatrix}$$

Полусите и нулите на корените на а и b са съответно:

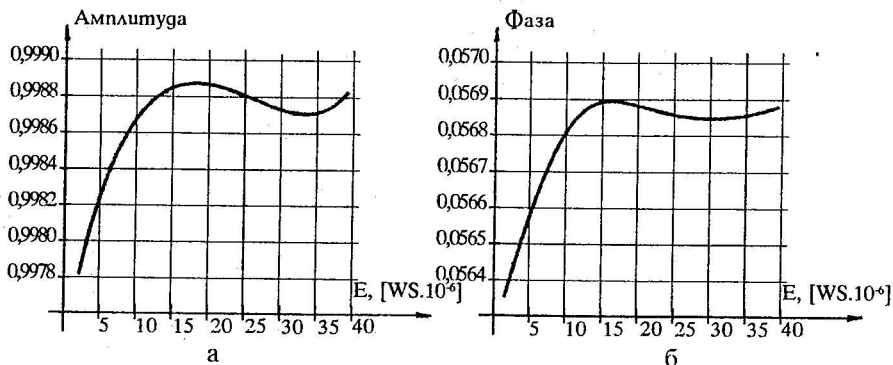
$$\text{полуси} = \begin{bmatrix} 0,9983e^{j0,0675} \\ 0,9984e^{0,0569} \end{bmatrix}$$

$$\text{нули} = \begin{bmatrix} 1,0361e^{0,0677} \\ 1,0260e^{j0} \end{bmatrix}$$

Малката разлика, която се получава между  $h(n)$  и  $h_{AB}(n)$  с предпоставка за представяне на предавателя като нелинейно устройство.

Обхвата на представяне на всеки нулево-полусен модел предполага, че нулите и полусите се променят с точност до  $E_n$ . Получените полиномни отклонения на амплитудата и фазата достатъчно точно представляват нелинейните процеси на тези модели.

На фиг. 3 а, б са показани полиномните отклонения на амплитудата и фазата на двойка комплексни полуси (положителна фаза), представени чрез 15 информационни двойки.



фиг. 3

### Заклучение

Обхвата на предаване на еталонна информация чрез системата Logan - С може да се контролира през определен период от време задавайки подходящи изменения в симулацията, които причиняват нелинейните процеси протичащи в модела. Достоверността на получените резултати може да се сравни с корекциите, които се дават

в табличен вид за системата [3]. Големината на тези изменения, чрез които се контролира фазата на секундният импулс е около 25 %, като съществена част от тях се дължат на нелинейността на модела. Ако константата  $C_0$  за всеки полином се дефинира като функция на времето  $t$ , чрез избора на подходяща стъпка, може да се симулират промените на фазата на еталонния сигнал. Това би довело до повишаване на точността на обработваните сигнали и до усъвършенстване на скалите за време в центровете по метрология и стандартизация.

#### **Литература:**

1. Койчев К., "Автоматично управление на фазата на секундният импулс при изграждане на местни скали за време", XXIX Научна сесия "Комуникационни електронни и компютърни системи", 1994
2. Therrien C. "Discrete Random Signals and Statistical Signal Processing", Prentice - Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1992
3. Гавраилов М., "Измерване на време и честота", Стандартизация, София, 1985
4. Койчев К., О. Шинева, "Автоматизиране на местна скала за време синхронизирана по сигнали на радионавигационната станция Loran - C", сп. Стандартизация и качество, бр. 8, 1989
5. Bruckner C., M. Tummala. Nonlinear, Time - Varying Model of the AN/FPN - 42 Loran - C Transmitter. International Symposium on Circuits and Systems, IEEE, 1993