

ПОРОГОВЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ФАЗОВЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ВРЕМЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ СИГНАЛОВ

Коваль Ю. А., Костыря А. А., Иванова Е. А., Хусейн А. Ф.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
г. Харьков, пр. Ленина 14, 61166, Украина
тел.: 702-14-30, e-mail: ivanova@kture.kharkov.ua

Аннотация — Разработаны модель оценки фазы сигнала временным методом после его стробирования на выходе линейного согласованного фильтра (СФ) и модель оценки фазы с использованием квадратурной обработки (КО). При моделировании основное внимание обращено на пороговые эффекты.

I. Введение

Непрерывный рост требований к точности частотно-временной синхронизации территориально разнесенных эталонов времени и частоты обусловлен высоким темпом совершенствования эталонов, относительная нестабильность которых в настоящее время достигла $10^{-15} \dots 10^{-16}$, и расширением круга задач, решаемых с применением высокоточных частотно-временных методов [1]. Одним из перспективных направлений совершенствования существующих и разработки новых радиотехнических систем синхронизации является использование фазовых принципов их построения. К достоинствам фазовых методов синхронизации (ФМС) относятся: высокая потенциальная точность и простота устройств для измерений временного положения сигналов; возможности высокоточного формирования сигналов и гетеродинов от сигналов эталонов; симметрия измерительного сигнала, имеющего гармоническую форму. С этой целью разработаны две модели для оценок возможностей ФМС и исследования пороговых эффектов.

II. Описание моделей

С целью исследования погрешностей фазовых измерений временного положения импульсных радиосигналов произвольной формы, принимаемых на фоне аддитивных некоррелированных и коррелированных помех, в пакете Matchcad-14 разработаны две модели.

В модели №1 фаза оценивается временным методом после стробирования в интервале $\pm T_0/2$ в районе максимума сигналов на выходе СФ. Модель включает: формирователи сигнала $s_1(t)$ и помехи $n_1(t)$; сумматор («+»); СФ; блок стробирования («Строб» $\pm T_0/2$); блоки для измерения временного положения (ИВП) сигнала без и с помехой; блок обработки результатов.

На рис.1 приведены не только структура модели №1, но и основные временные диаграммы.

Модель позволяет определить СКО $\sigma_{\varphi/\text{СФ}}$ для различных отношений сигнал/помеха q и заданных значений фазы сигнала ψ_0 . Построение гистограмм погрешностей позволяет проверить гипотезы о законах распределения.

В модели №2 (рис.2) применена широко используемая в радиолокации [2] и радионавигации [3] КО сигналов. Модель состоит из канала КО сигнала и канала СФ (отмечены пунктиром). Модель формирует огибающую сигнала $S_{\text{ог}}(t)$, аддитивную помеху $n_1(t)$, несущее колебание $s_0(t)$, радиосигнал $s_1(t)$. На

рис.2 обозначены: «+» – сумматоры; « $\times$ » – умножители; « $\pi/2$ », « ψ_0 » – соответствующие фазовращатели. На рис.2 приведены основные временные диаграммы для начальной фазы сигнала $\psi_0=90^\circ$

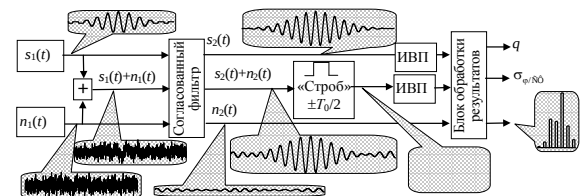


Рис. 1. Структура модели № 1.

Fig. 1. The structure of model No 1

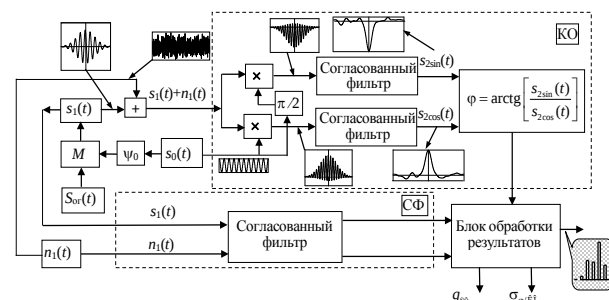


Рис. 2. Структура модели № 2.

Fig. 2. The structure of model No. 2

III. Результаты моделирования

Работу модели № 1 иллюстрирует рис.3, а основные результаты исследований – рис.4.

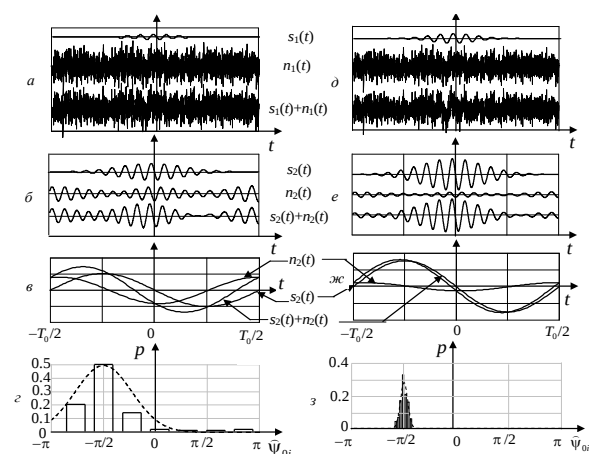


Рис. 3. Временные диаграммы (а–е, ж–з) и гистограммы единичных измерений (з, в) в модели №1 для $\psi_0=-90^\circ$ и отношений сигнал/помеха $q_1=2$ (а–е) и $q_2=10$ (ж–з).

Fig. 3. Temporal diagrams and histograms of one-off measurements in model No.1

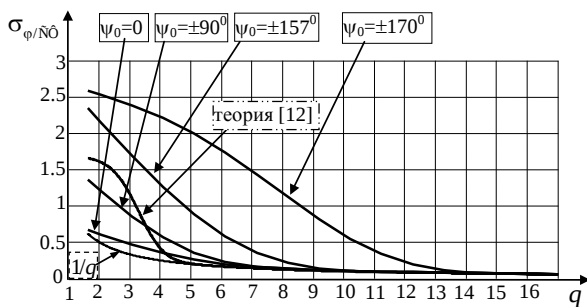


Рис. 4. Результаты исследований модели №1.

Fig. 4. Results of researches of model No.1

Модель № 2 позволяет определять отношения сигнал/помеха q при СФ и СКО для КО ($\sigma_{\phi/КО}$) при различных значениях ψ_0 . Результаты исследований приведены на рис.5.

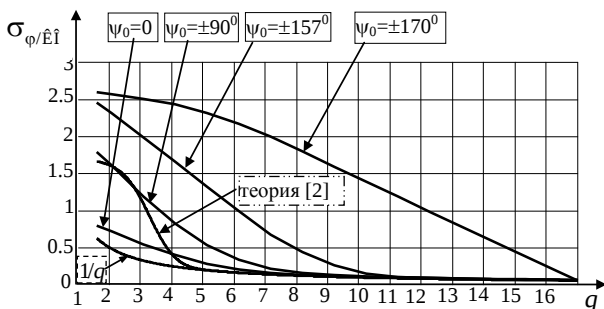


Рис. 5. Результаты исследований модели №2.

Fig. 5. Results of researches of model No.2

IV. Заключение

В результате моделирования подтверждено наличие пороговых эффектов [2]. Сравнение результатов исследования моделей № 1 и № 2 показывает, что пороговые отношения сигнал/помеха при КО ($q_{\text{пор/КО}}$) больше, чем при СФ ($q_{\text{пор/СФ}}$). Модельные значения пороговых отношений сигнал/помеха ($q_{\text{пор/СФ}}$, $q_{\text{пор/КО}}$) практически совпадают с теоретическими только для $-\pi/2 < \psi_0 < \pi/2$. По мере приближения ψ_0 к границам интервала наблюдения величины $q_{\text{пор/СФ}}$ и $q_{\text{пор/КО}}$ существенно возрастают (см. рис.4 и рис.5). Практически устранить влияние значений ψ_0 на пороговые эффекты можно, если проводить параллельно обработку не только для интервала наблюдения $-\pi < \hat{\psi}_{0i} < \pi$, но и для интервала $0 < \hat{\psi}_{0i} < 2\pi$. Из результатов обработки в этих интервалах (рис.6) выбирается то, для которого СКО минимально (рис.6, б).

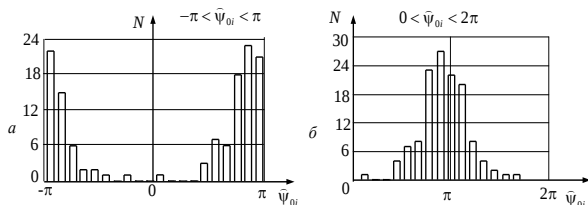


Рис. 6. Гистограммы единичных измерений для $\psi_0 = \pm 170^\circ$ для двух интервалов наблюдения.

Fig. 6. Histograms of the single measurements for $\psi_0 = \pm 170^\circ$ at the choice of intervals of observation

V. Список литературы

- [1] Финкельштейн А. М. Фундаментальное координатно-временное обеспечение. // Вестник Российской Академии наук, 2007, Т. 77, М 7, С. 608–617.
- [2] Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. / Под ред. Ширмана Я.Д. – М: Радиотехника, 2007. – 512 с.
- [3] Соловьев Ю. А. Системы спутниковой навигации. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 270 с.

THRESHOLD EFFECTS AT PHASE MEASUREMENTS TEMPORAL PROVISION OF SIGNALS

Koval Yu. A., Kostyrya A. A., Ivanova E. A., Hussein A. F.
Kharkov National University of Radioelectronics
14, Lenin Ave., Kharkov, 61166, Ukraine
Ph.: 702-14-30, e-mail: ivanova@kture.kharkov.ua

Abstract — The model of an assessment of a phase by a temporal method after time strobbing of signals on an exit of the matched filter and the model of quadrature signal processing are developed. When modeling the main attention paid to threshold effects.

I. Introduction

The perspective line of development of new radio engineering systems of synchronization and improvement of the existing ones is use of phase principles of their construction. There are many advantages of phase methods of synchronization: high potential precision and simplicity of devices for measurements of temporal provision of signals; high-precision formation of signals and heterodyne from signals of standards; symmetry of the measuring signal that has a harmonious form. Two models are developed for this purpose to estimate possibilities of phase methods of synchronization and research threshold effects.

II, III. Main Part

To study the errors of phase measurements for the pulse signals of arbitrary shape accepted against the background of additive uncorrelated and correlated disturbances, two models are developed. In model No. 1 the phase is estimated by a temporal method after strobbing in the interval of $\pm T_0/2$ around a maximum of signals on an exit of the matched filter. The model allows defining a root mean square deviation for $\sigma_{\phi/СФ}$ for the various signal-to-noise ratio q and given values of a phase of a signal ψ_0 . The creation of histograms of errors allows verifying hypotheses about distribution laws. In model No. 2 the signal quadrature processing, extensively used in a radiolocation and radio navigation, is applied. The model consists of the channel of quadrature processing of signals and the channel of the matched filtering. The model forms waveform envelope $S_{or}(t)$, an additive noise $n_1(t)$, carrying oscillation $s_0(t)$ and radio signal $s_1(t)$.

IV. Conclusion

As a result of the simulation, the existence of threshold effects is confirmed. Comparison of results of research of models No. 1 and No. 2 shows that the threshold signal-to-noise ratio at of quadrature processing of a signal ($q_{\text{пор/КО}}$) is more than at matched filtering ($q_{\text{пор/СФ}}$). Simulation values of the threshold signal-to-noise ratio ($q_{\text{пор/СФ}}$, $q_{\text{пор/КО}}$) practically coincide with theoretical only for $-\pi/2 < \psi_0 < \pi/2$. As approaching ψ_0 borders of an interval of observation of size $q_{\text{пор/СФ}}$ and $q_{\text{пор/КО}}$ essentially increase. Practically to eliminate influence of values on threshold effects it is possible if carry out in parallel processing not only for a observation interval $-\pi < \hat{\psi}_{0i} < \pi$, but also for an interval $0 < \hat{\psi}_{0i} < 2\pi$.