

23 – 27 ВЕРЕСНЯ, 2014  
КИЇВ, УКРАЇНА

# А В Т О М А Т И К А

## 2014

### МАТЕРІАЛИ

XXI

МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ З  
АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

*присвяченої 100-річчю з дня народження  
академіка НАНУ О. І. Кухтенка*

### МАТЕРИАЛЫ

XXI

МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО  
АВТОМАТИЧЕСКОМУ УПРАВЛЕНИЮ

*посвященной 100-летию со дня рождения  
академика НАНУ А. И. Кухтенко*

### PROCEEDING

XXI

OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE  
ON AUTOMATIC CONTROL

*devoted to 100<sup>th</sup> anniversary of the birthday of Kukhtenko A.I.,  
academician of National Academy of Sciences of Ukraine*

УДК 681.518

*Редакційна колегія:*

Бідюк П.І., д.т.н., проф., ІПСА, НТУУ “КПІ”  
Дичка І.А., д.т.н., проф., НТУУ “КПІ”  
Жученко А.І., д.т.н., проф., НТУУ “КПІ”  
Збруцький О.В., д.т.н., проф., НТУУ “КПІ”  
Ковриго Ю.М., к.т.н., проф., НТУУ “КПІ”  
Павлов О.А., д.т.н., проф., НТУУ “КПІ”  
Панкратова Н.Д., д.т.н., проф., ІПСА, НТУУ “КПІ”  
Стенін О.А., д.т.н., проф., НТУУ “КПІ”  
Теленик С.Ф., д.т.н., проф., НТУУ “КПІ”

*Науковий редактор:* Ільченко М.Ю., акад. НАН України, д.т.н., проф.,  
проректор НТУУ “КПІ”

Автоматика–2014: Матеріали 21-ї Міжнародної конференції з автоматичного управління, м. Київ, 23-27 вересня 2014 р. – К.: Вид-во НТУУ “КПІ” ВПІ ВПК “Політехніка”, 2014. – 323 с. – Мови укр., рос., англ.

У збірнику розглянуто питання, що пов’язані з розробкою та дослідженням систем автоматичного керування, нових інформаційних технологій та систем для потреб науки, промисловості, медицини, економіки, енергетики, охорони довкілля. Представлено теоретичні та прикладні результати досліджень у галузі керування складними об’єктами.

Автоматика–2014: Материалы 21-й Международной конференции по автоматическому управлению, г. Киев, 23-27 сентября 2014 г. – К.: Изд-во НТУУ «КПИ» ИПИ ППК «Политехника», 2014. – 323 с. – Языки укр., рус., англ.

В сборнике рассмотрены вопросы, касающиеся разработки и исследования систем автоматического управления, новых информационных технологий и систем для потребностей науки, промышленности, медицины, экономики, энергетики, охраны окружающей среды. Представлены теоретические и прикладные результаты исследований в области управления сложными объектами.

The problems devoted to the research and development of control systems, new information technologies and systems for science, industry, medicine, economics, energetics, and environmental protection are considered. Theoretical and applied studies in area of complex objects control are presented.

УДК 681.518.3

ХОБИН В.А.,  
ЛАГЕРНЯ С.И.ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ  
СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ОЦЕНИВАНИЕМ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКИХ ЧАСТОТ

Запропоновано економічний варіант знаходження параметрів оцінок моделей стохастичних процесів. Він не потребує процедури формування масиву значень та параметричної оптимізації. Відсутність таких вимог дуже важлива для вирішення задач управління у реальному часі, особливо коли алгоритми управління реалізовано на контролерах.

The economical version for finding the parameters estimates of stochastic processes models has been elaborated. The version obtained does not require the procedure of forming an array of values and parametric optimization. The absence of such requirement is very important to control tasks in real time, especially when the control algorithms are implemented on the controllers.

## Постановка задачи

В задачах самонастройки регуляторов часто необходимо проводить идентификацию моделей случайных процессов в реальном времени. Реализация таких задач на контроллерах требует минимизации вычислительных ресурсов. В [1] такая задача была рассмотрена для дифференцируемого случайного процесса  $y(t)$ , корреляционная функция  $R_{1y}(\tau_k)$  и спектральная плотность  $S_{1y}(\omega)$  которого могут быть приняты однопараметровыми в виде

$$R_{1y}(\tau_k) = \sigma_y^2 e^{-\alpha|\tau_k|} (1 + \alpha|\tau_k|) \quad (1)$$

$$S_{1y}(\omega) = \sigma_y^2 4\alpha^3 / (\omega^2 + \alpha^2)^2$$

Рассмотрим вариант решения подобной задачи идентификации для двухпараметровых  $R_{2y}(\tau_k)$  и  $S_{2y}(\omega)$  (параметры  $\alpha$  и  $\beta$ ) вида:

$$R_{2y}(\tau_k) = \sigma_y^2 e^{-\alpha|\tau_k|} \left( \cos(\beta|\tau_k|) + \frac{\alpha}{\beta} \sin(\beta|\tau_k|) \right) \quad (2)$$

$$S_{2y}(\omega) = \frac{\sigma_y^2 4\alpha(\alpha^2 + \beta^2)}{(\omega^2 - \beta^2 - \alpha^2)^2 + 4\alpha^2\omega^2}$$

## Решение задачи

Интегрируя для случайных процессов  $y(t)$  и  $\dot{y}(t)$  их  $S_{2y}(\omega)$  и  $\omega^2 S_{2y}(\omega)$  по всей области изменения частот, найдем их дисперсии и среднеквадратические отклонения  $\sigma_y$  и  $\sigma_{\dot{y}}$ , их отношение дает среднеквадратическую частоту процесса  $y(t)$ :

$$\sigma_{\dot{y}} / \sigma_y = \omega_y^{\text{ср}} = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \quad (3)$$

Выражение (3) можно рассматривать как первое из двух уравнений системы с двумя неиз-

вестными. Для получения второго уравнения рассмотрим прохождение  $y(t)$  через линейный фильтр с известными параметрами. Переменную на выходе фильтра обозначим  $z(t)$ . Связь спектральных плотностей на входе  $S_{2y}(\omega)$  и выходе  $S_{2z}(\omega)$  фильтра определяется известным соотношением:

$$S_{2z}(\omega) = |W(j\omega)|^2 S_{2y}(\omega) = A^2(\omega) S_{2y}(\omega) \quad (4)$$

Тогда, если например частотная передаточная функция фильтра имеет вид  $W(j\omega) = 1/(1+j\omega T)$ , то

$$S_{2z}(\omega) = \left( \frac{1}{1 + \omega^2 T^2} \right)^2 \frac{\sigma_y^2 4\alpha(\alpha^2 + \beta^2)}{(\omega^2 - \beta^2 - \alpha^2)^2 + 4\alpha^2\omega^2} \quad (5)$$

Интегрируя  $S_{2z}(\omega)$  и  $\omega^2 S_{2z}(\omega)$  по аналогии с  $S_{2y}(\omega)$  и  $\omega^2 S_{2y}(\omega)$ , получим второе уравнение системы

$$\sigma_z / \sigma_z = \omega_z^{\text{ср}} = \sqrt{(\alpha^2 + \beta^2) / (2\alpha T + 1)} \quad (6)$$

Решение системы уравнений (3) и (6) имеет вид:

$$\alpha = \left( \left( \omega_y^{\text{ср}} / \omega_z^{\text{ср}} \right)^2 - 1 \right) / 2T \quad (7)$$

$$\beta = \sqrt{\left( \omega_y^{\text{ср}} \right)^2 - \left( \left( \omega_y^{\text{ср}} / \omega_z^{\text{ср}} \right)^2 - 1 \right) / 2T^2}$$

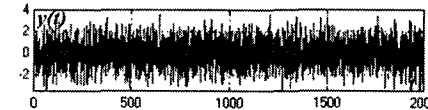
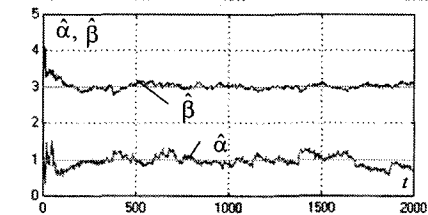
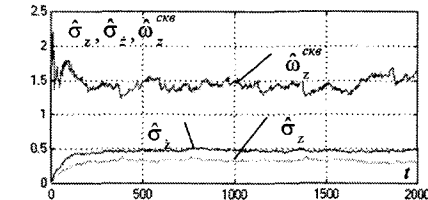
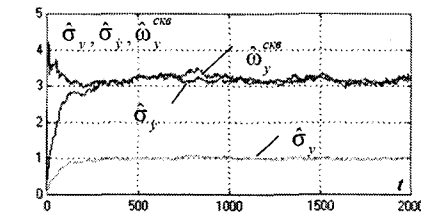
## Результаты

Применимость метода для оценки параметров характеристик (3)  $y(t)$  в реальном времени иллюстрируется на примере, в ходе компьютерного эксперимента. При этом  $y(t)$ , см. рис.1, генерировался пропусканием белого шума через линейный фильтр с передаточной функцией

$$W_{\text{фн}}(p) = \frac{2\sqrt{\sigma_y^2 \alpha(\alpha^2 + \beta^2)}}{p^2 + 2\alpha p + \alpha^2 + \beta^2} \quad (8)$$

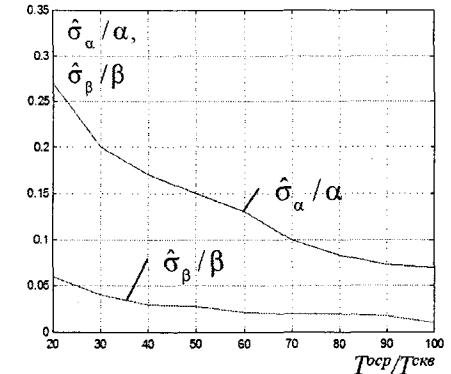
где  $\alpha=1, \beta=3$ .

Оценка среднеквадратических частот процессов  $y(t)$  и  $z(t)$  велась на скользящих интервалах времени  $T^{\text{ср}}$ . Рис. 2 иллюстрирует изменение всех переменных задачи при  $T^{\text{ср}}=200$ .

Рис.1 Реализация случайного процесса  $y(t)$ Рис.2 Оценки, полученные на скользящих интервалах времени ( $T^{\text{ср}}=200$ )

## Список литературы

1. Лагерня С.И., Хобин В.А. Экономичный метод оценивания параметров вероятностных характеристик случайных процессов: пример применения // Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів, Одеська національна академія харчових технологій – 2012. – Том 1- С.133-135.
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – Изд. 4-е, переработанное и доп. – СПб., Профессия, 2007. – 725 с.

Рис.3 Влияние относительного интервала осреднения при оценке процессов  $y(t)$ ,  $\dot{y}(t)$ ,  $z(t)$ ,  $\dot{z}(t)$  на долю случайных составляющих в оценках  $\hat{\alpha}$ ,  $\hat{\beta}$ 

## Выводы

Предложенный вариант оценивания дает возможность работы в реальном времени без применения процедуры параметрической оптимизации, что очень важно, особенно, когда алгоритмы управления реализуются на контроллерах. Увеличивая размерность (или количество) линейных фильтров можно увеличивать количество идентифицируемых параметров, тем самым расширять набор  $R(\tau_k)$  и  $S(\omega)$ , для которых можно реализовать аналогичную процедуру идентификации.