

УДК 681.518.3

С.И. Лагерная, аспирант,
В.А. Хобин, д-р техн. наук, проф.,
Одес. нац. акад. пищевых технологий,
svetlanalagernaya@yandex.ru

МОДЕЛЬ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ РЕГУЛИРУЕМОЙ ПЕРЕМЕННОЙ САР

Для спектральной щільності регулюємої змінної отриманий вираз для її опису, побудовані графіки при різних властивостях об'єкта та налаштуваннях регулятора, запропонована її модель.

Ключові слова: (модель; спектральна щільність; регулюєма змінна; параметри моделі; графік спектральної щільності);

Для спектральной плотности регулируемой переменной получены выражения для ее описания, построены графики при различных свойствах объекта и настройках регулятора, предложена ее модель.

Ключевые слова: (модель; спектральная плотность; регулируемая переменная; параметры модели; график спектральной плотности);

Expressions to describe the spectral density of the controlled variable are obtained, spectral density plot with varying properties of object and controller settings is received, and model of the spectral density of the controlled variable is proposed.

Keywords: model; spectral density; controlled variable; model parameters; spectral density plot.

Постановка задачі. Повышение эффективности управления технологическими процессами, имеющими нестационарные свойства, требует получения информации об изменениях характера функционирования объекта. Регулируемые переменные можно рассматривать как случайные процессы, поэтому необходимо в реальном времени, используя вычислительные ресурсы контроллеров, решать задачу идентификации моделей случайных процессов, в частности их спектральных плотностей.

Решение задачи.

1. Пусть САР имеет структуру, представленную на рис.1, а свойства возмущений $f(t)$ описываются, см. (1), альтернативными спектральными плотностями $S_1(\omega)$ и $S_2(\omega)$.

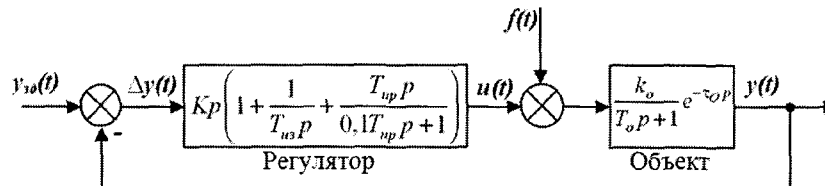


Рис. 1. Структурная схема исследуемой САР

$$S_1(\omega) = \sigma_1^2 4\alpha^3 / (\omega^2 + \alpha^2)^2; \quad S_2(\omega) = \sigma_2^2 4\alpha(\alpha^2 + \beta^2) / ((\omega^2 - \beta^2 - \alpha^2)^2 + 4\alpha^2\omega^2). \quad (1)$$

Поскольку $S_y(\omega) = |W_{y^*}^{CAP}(j\omega)|^2 \cdot S_f(\omega)$, см. [1], то альтернативные модели спектральных плотностей регулируемой переменной $y(t)$ этой САР будут иметь вид:

$$S_{y1}(\omega) = \frac{((-0,1k_0T_{из}T_{пр}\omega^2\cos(\omega\tau_0) + k_0T_{из}\omega\sin(\omega\tau_0))^2 + (0,1k_0T_{из}T_{пр}\omega^2\sin(\omega\tau_0) + k_0T_{из}\omega\cos(\omega\tau_0))^2}{((-1,1k_0k_pT_{из}T_{пр}\omega^2\cos(\omega\tau_0) + k_0k_p(0,1T_{пр} + T_{из})\omega\sin(\omega\tau_0) + k_0k_p\cos(\omega\tau_0) - 0,1T_{из}T_{пр}\omega^2 - T_0T_{из}\omega^2)^2 + (-0,1T_0T_{из}T_{пр}\omega^3 + T_{из}\omega + 1,1k_0k_pT_{из}T_{пр}\omega^2\sin(\omega\tau_0) + k_0k_p(0,1T_{пр} + T_{из})\omega\cos(\omega\tau_0) - k_0k_p\sin(\omega\tau_0))^2} \times \sigma_{\gamma}^2 4\alpha^3 / (\omega^2 + \alpha^2)^2 \quad (2)$$

$$S_{y2}(\omega) = \frac{((-0,1k_0T_{из}T_{пр}\omega^2\cos(\omega\tau_0) + k_0T_{пр}\omega\sin(\omega\tau_0))^2 + (0,1k_0T_{из}T_{пр}\omega^2\sin(\omega\tau_0) + k_0T_{из}\omega\cos(\omega\tau_0))^2}{(-1,1k_0k_pT_{из}T_{пр}\omega^2\cos(\omega\tau_0) + k_0k_p(0,1T_{пр} + T_{из})\omega\sin(\omega\tau_0) + k_0k_p\cos(\omega\tau_0) - 0,1T_{из}T_{пр}\omega^2 - T_0T_{из}\omega^2)^2 + (-0,1T_0T_{из}T_{пр}\omega^3 + T_{из}\omega + 1,1k_0k_pT_{из}T_{пр}\omega^2\sin(\omega\tau_0) + k_0k_p(0,1T_{пр} + T_{из})\omega\cos(\omega\tau_0) - k_0k_p\sin(\omega\tau_0))^2} \times \sigma_{\gamma}^2 4\alpha(\alpha^2 + \beta^2) / ((\omega^2 - \beta^2 - \alpha^2)^2 + 4\alpha^2\omega^2) \quad (3)$$

Вид спектральных плотностей $f(t)$ - $S_{f1}(\omega)$ и $S_{f2}(\omega)$, с различными α и β , и спектральных плотностей $y(t)$ - $S_{y1}(\omega)$ и $S_{y2}(\omega)$, порождаемых этими $f(t)$, приведен на рис. 2.

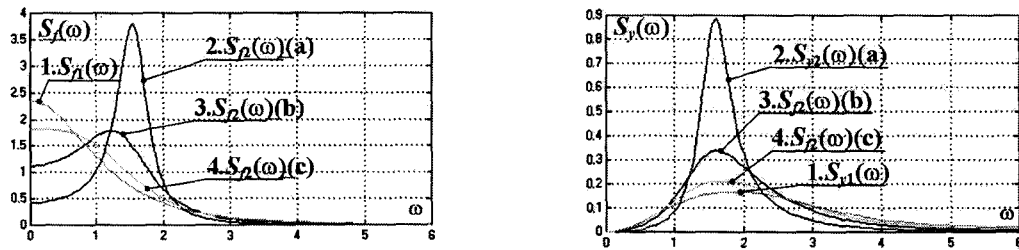


Рис. 2

2. Рисунки, приведенные ниже, иллюстрируют влияние на $S_y(\omega)$: а) изменений настроек регулятора ($k_p, T_{из}, T_{пр}$), при их оптимизации по различным критериям, см. рис. 3 и 4; б) изменений τ_0 , см. рис.5, и k_0 , см. рис. 6, при оптимизации $k_p, T_{из}, T_{пр}$ по квадратичному критерию.

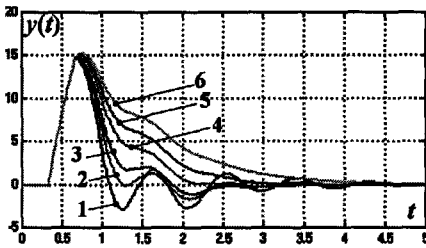


Рис. 3

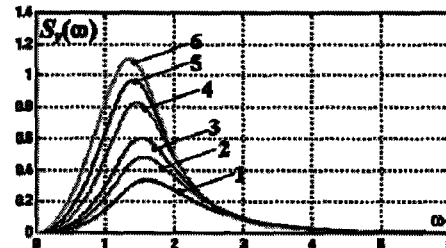


Рис. 4

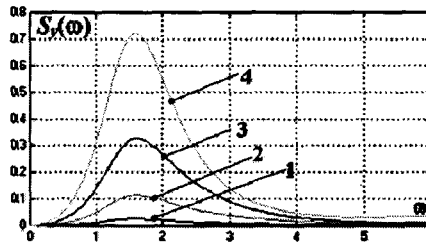


Рис. 5

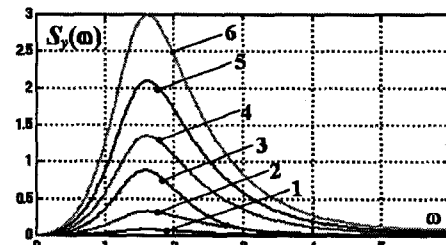


Рис. 6

3. Для практического применения выражения (2) и (3) сложны, и их расчет в реальном времени на контроллерах, при ограниченных вычислительных ресурсах, проблематичен. Проведенный выше анализ изменений характера $S_y(\omega)$ показывает, что основная топология их графиков сохраняется, что дает возможность заменить их одной упрощенной моделью, например:

$$S_y(\omega) = \sigma_{\gamma}^2 4\alpha\omega^2((\alpha^2 + \beta^2)\gamma^2 + 2\alpha\gamma + 1) / (1 + \gamma^2\omega^2)((\omega^2 - \beta^2 - \alpha^2)^2 + 4\alpha^2\omega^2), \quad (4)$$

где α, β, γ — искомые параметры модели $S_y(\omega)$.

Выводы. Непрерывно оценивая параметры модели спектральной плотности (4) $y(t)$, например, на основе метода среднеквадратических частот случайного процесса [2], который эффективен к применению в реальном времени, можно использовать получаемую информацию как основу алгоритмов адаптации САР.

Литература

1. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. — Изд. 4-е, переработанное и доп. — СПб., Профессия, 2007. — 725 с.
2. Хобин В.А. Параметрическая идентификация типовых спектральных плотностей случайных процессов оцениванием их среднеквадратических частот / В.А. Хобин, С.И. Лагерная // Автоматизация технологических и бизнес-процессов. — 2014. — № 2(18)' июнь 2014. — С. 13 — 19.