

# ВЫБОР КРИТЕРИЯ ОПТИМАЛЬНОСТИ В ЧИСЛЕННЫХ РАСЧЕТАХ АСР

Шаровин И.М., Смирнов Н.И.

Московский Энергетический Институт, [Sharovin@gmail.com](mailto:Sharovin@gmail.com)

При решении задач синтеза и анализа АСР встает вопрос о выборе критерия оптимальности и показателя запаса устойчивости. При расчете АСР обычно используют ступенчатое возмущение, которое считается наиболее тяжелым, поскольку вызывает наибольшее отклонение регулируемой величины. В этом случае применяют интегральные критерии. Распространение получил линейный критерий  $I_L$ , достоинством которого, в отличие от остальных рассматриваемых критериев, является его инвариантность относительно точки приложения возмущений, однако, его применение возможно лишь при наличии ограничения на запас устойчивости. Также в численных методах применяют квадратичный интегральный критерий  $I_k$ , имеющий аналитическую связь с настроечными параметрами регулятора, и интегральный критерий по модулю  $I_M$ , обеспечивающий в численных методах лучшую сходимость. При случайных возмущениях в качестве критерия оптимальности используют дисперсию ошибки регулирования:

$$D = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} |W_{\Sigma, \lambda}(j \cdot \omega)|^2 \cdot G_{\lambda}(\omega) \cdot d\omega, \quad (1)$$

где  $W_{\Sigma, \lambda}(j \cdot \omega)$  - комплексная частотная характеристика замкнутой системы относительно возмущения по каналу регулирующего органа  $\lambda(t)$ ;  $G_{\lambda}(\omega)$  - спектральная плотность мощности возмущения  $\lambda(t)$ , являющаяся Фурье-изображением корреляционной функции случайного эргодического стационарного процесса.

В качестве примера были выполнены расчеты одноконтурной АСР с ПИ-регулятором [1,2] и ПИД-регулятором [3,4].

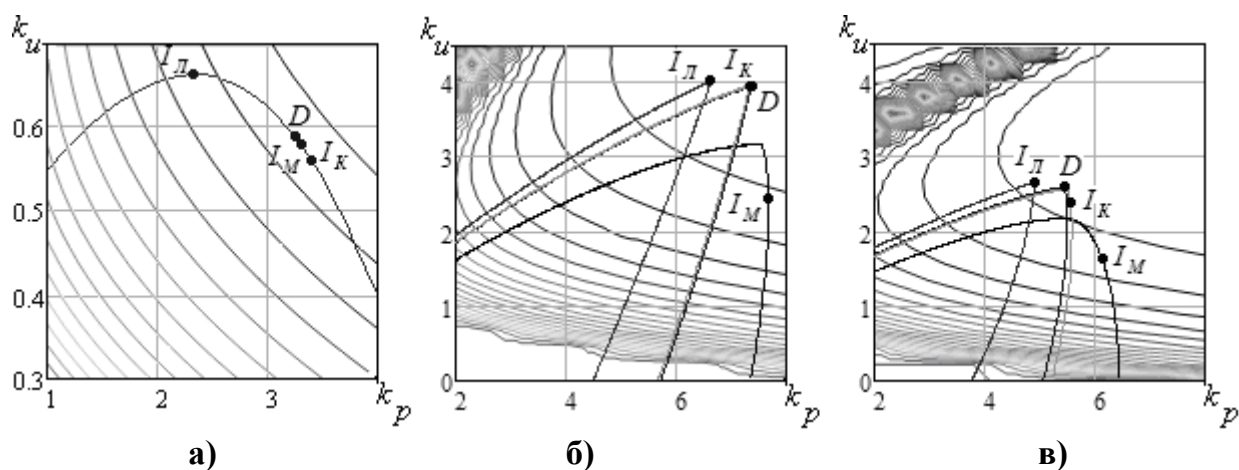
Передаточная функция ПИД-регулятора принята в виде:

$$W_{ПИД}(s) = k_p + \frac{k_u}{s} + \frac{k_d \cdot s}{\left( \frac{k_d}{k_p \cdot k_{\phi}} \cdot s + 1 \right)^n}, \quad (2)$$

где  $k_p$  - коэффициент передачи;  $k_u = k_p / T_u$ ,  $k_d = k_p \cdot T_d$  - интегральная и дифференциальная составляющие;  $k_{\phi}$  - коэффициент фильтра;  $n$  - порядок фильтра.

Поиск настроечных параметров, обеспечивающих минимум принятых критериев оптимальности, производился численным методом с использованием приемов имитационного моделирования и эволюционного алгоритма "Optim-MGA" [5]. В качестве показателя запаса устойчивости был выбран частотный показатель колебательности  $M=1,55$ .

На рис.1 представлены поверхности отклика дисперсии в плоскости настроечных параметров рассматриваемых регуляторов с указанием линий заданного запаса устойчивости. Там же нанесены точки, соответствующие оптимальным настройкам регулятора для анализируемых критериев.



**Рис.1. Поверхности отклика дисперсии для: ПИ-регулятора (а), идеального ПИД-регулятора (б), реального ПИД-регулятора (в)**

1. Смирнов Н.И., Шаровин И.М. О выборе критерия оптимальности в численных методах расчета САР // Промышленные АСУ и контроллеры. 2009. №5.
2. Смирнов Н.И., Шаровин И.М. Критерии оптимальности в численных методах расчета АСР // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. Тез. докл. XV МНТК студентов и аспирантов: В 3-х т. М.: МЭИ, 2008. Т.3.
3. Смирнов Н.И., Шаровин И.М. О выборе критерия оптимальности в численных методах расчета САР с ПИД регулятором // Промышленные АСУ и контроллеры. 2010. №2.
4. Смирнов Н.И., Шаровин И.М. Критерии оптимальности в численных методах расчета АСР с реальным ПИД-регулятором // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. Тез. докл. XVI МНТК студентов и аспирантов: В 3-х т. М.: МЭИ, 2009. Т.3.
5. Сабанин В.Р., Смирнов Н.И., Репин А.И. Модифицированный генетический алгоритм для задач оптимизации управления // Exponenta Pro. Математика в приложениях. 2004. №3-4