

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

В.Я. Ротач (МЭИ)

Рассматриваются особенности расчета оптимальных параметров настройки ПИ и ПИД-регуляторов в системах управления ТП с учетом специфики их объектов – наличия запаздывания в передаче сигналов и действия на них множества случайных возмущений, в том числе недоступных для контроля. В критерий оптимальности вводится добавочное ограничение на допустимую достаточно малую, практически обоснованную величину ошибки управления. Показано, что в этом случае может быть использован простой критерий оптимальности, минимизирующий ошибку управления по всем входным воздействиям, причем для расчета нет необходимости в знании их корреляционных функций, для оценки которых требуется недопустимо большое время наблюдения. Этот критерий одновременно минимизирует как среднеквадратическое значение ошибки, так и кратковременные ее выбросы за допустимый уровень.

Как известно, синтез систем автоматического управления (САУ) обычно производится из условия оптимальности, т. е. требуется, чтобы показатель точности функционирования САУ принимал экстремальное значение при некоторых ограничениях, прежде всего, ограничении на запас устойчивости. Между тем, редко обращается внимание на то, что выполнение условия оптимальности не гарантирует работоспособности САУ – практически всегда требуется еще, чтобы полученное экстремальное значение показателя оказалось достаточно малым. Иначе говоря, отклонение управляемой величины, как правило, не должно выходить за некоторые заданные границы. Это же требование обычно касается и САУ, в которых достижение экстремума уп-

равляемой величины является главной целью. Дело в том, что прямое решение такой задачи обычно требует недопустимо большого времени для принятия оперативных решений и приходится идти на применение косвенного неэкстремального управления. Так, максимуму КПД парового котла на электростанции соответствует определенное соотношение между подаваемым в котел количеством топлива и воздуха. Поэтому одной из известных схем оптимизации КПД явилась схема косвенного поддержания его на экстремуме с помощью обычной следящей системы, получившей название системы "топливо-воздух". В этой системе регулятор контролирует расход воздуха и меняет его в зависимости от расхода топлива. Критерием качества подобного рода следящих систем косвенного

регулирования является вовсе не экстремизация управляемых величин. Их целью является изменение управляемых величин в соответствии с изменением задания, причем погрешность не должна выходить за заданные границы.

САУ технологическими объектами практически всегда находятся под влиянием случайных задающих и возмущающих воздействий. Естественно поэтому точность работы САУ оценивать величиной среднеквадратической ошибки (СКО) управления. Дисперсия ошибки управления (квадрат СКО), как известно, определяется интегрированием ее спектральной плотности мощности:

$$d_e = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} G_e(\omega) d\omega, \quad (1)$$

которая вычисляется умножением квадрата модуля $A(\omega)$ комплекс-

Справочная информация

Современные методы управления (Advanced Control) – методы обработки данных и управления повышенной сложности в АСУТП. Это специальные алгоритмы повышенной сложности по сравнению с традиционными (первичная обработка и представление информации, ПИД-регулирование и т.д.), создаваемые с приложением научных сил и представляющие собой предмет ноу-хау.

Современные методы управления характеризуются:

- применением в алгоритме повышенного объема данных о режиме работы объекта управления путем подключения сигналов дополнительных переменных от датчиков или от модели процесса;
- применением многомерных и специальных нетрадиционных алгоритмов;

Современные методы управления в АСУТП

- оснащением алгоритмов специальными инструментами для работы с ними на всех этапах жизненного цикла от проектирования до ввода в эксплуатацию и сопровождения при эксплуатации.

Современные методы управления подразделяются на универсальные, предназначенные для реализации типовых функций управления на разных промышленных объектах (адаптивное, многосвязное регулирование, с самонастройкой, с прогнозирующей моделью и т.д.), и технологические алгоритмы управления для конкретных технологий.

Отдельно следует выделить технологии искусственного интеллекта, включающие нейронные сети, экспертные системы, нечеткую логику и т.д.

ной частотной характеристики (КЧХ) системы на спектральную плотность мощности входного воздействия $G_x(\omega)$:

$$G_\varepsilon(\omega) = A(\omega)^2 G_x(\omega). \quad (2)$$

Спектральная плотность мощности является Фурье-изображением соответствующей корреляционной функции, которая оценивается по реализации случайного процесса длительности T с помощью формулы

$$r_x(\tau) = \frac{1}{T} \int x(t)x(t+\tau)dt. \quad (3)$$

В критерий оптимальности, минимизирующий дисперсию ошибки, обычно вводится ограничение на производные от ошибки или управляющее воздействие (так называемые функции штрафа), которые обеспечивают удовлетворительное затухание могущих возникнуть колебаний. По существу, таким образом вводится ограничение на запас устойчивости системы.

Обычно алгоритмом функционирования регулятора является ПИ или ПИД алгоритм, так что задача синтеза оптимальной САУ сводится к поиску оптимальных значений параметров настройки этого алгоритма, при которых минимизируется дисперсия ошибки управления с функцией штрафа. При этом априори вес, с которым следует вводить функцию штрафа, неизвестен, так что расчет приходится производить несколько раз, меняя этот вес и наблюдая визуально за получаемым процессом управления.

К сожалению, такая общепринятая в публикациях по теории автоматического управления (ТАУ) процедура расчета оказывается практически неприменимой к оптимизации САУ ТП. Связано это с особенностями подобных САУ, среди которых заслуживают внимания следующие [1]:

1. СКО управляемой величины определяет точность функциони-

рования САУ в среднем за достаточно длительное время. Однако реально возможны резкие изменения входных воздействий САУ, когда на первое место в оценке ее работоспособности выходит величина кратковременных выбросов управляемых величин за средний уровень. В публикациях по статистическим методам в теории управления можно встретить неверное утверждение, что знание СКО позволяет оценить и величину указанных выбросов (это можно было бы сделать, если бы управляемая величина была случайной величиной, а не случайным процессом). Поэтому оптимизацию САУ по величине выбросов управляемой величины реально приходится выполнять, ориентируясь на ступенчатую форму реализаций входных воздействий, и используя подходящие косвенные показатели (обычно интегральные). Как следует из принципа накопления возмущений [2], ступенчатое воздействие можно считать наиболее тяжелым с точки зрения максимального отклонения выходной величины линейной слабо колебательной системы. Различие в подходах к минимизации СКО и выбросов заставляет искать методы, способные решить такую двойственную задачу;

2. объекты управления ТП являются недетерминированными, т. е. они могут находиться под действием нескольких случайных возмущений, причем среди них могут быть и недоступные для контроля. Отсюда следуют две трудности применения традиционных методов оптимизации. Во-первых, результат синтеза относительно каждого из возмущений может оказаться различным, и возникает вопрос, на каком же из них остановиться. Во-вторых, по каналу действия неконтролируемых возмущений традиционная процедура синтеза оказывается просто неприменимой, так как невозможно измерить реализации этих воздействий и, следовательно,

оценить соответствующие корреляционные функции;

3. переходные процессы по каналам каждого из воздействий будут отличаться друг от друга, в частности, колебательностью, так что оценка запаса устойчивости подобным способом оказывается неоднозначной. Но дело не только в этом. Устойчивость и величина ее запаса – это свойство замкнутого контура системы и ее нельзя определять по каналам действия возмущений (а если и определять, то с соответствующими оговорками);

4. допустимая СКО управления и регулирования σ_ε должна быть существенно меньше СКО $\sigma_{\varepsilon 0}$, которая имела бы место при отсутствии всякого как автоматического, так и ручного управления. Это значит, что должно быть достаточно малым отношение

$$\delta = \frac{\sigma_\varepsilon}{\sigma_{\varepsilon 0}}, \quad (4)$$

которое может быть названо *показателем технологической работоспособности САУ*.

Если учесть указанные особенности технологических объектов, то традиционная процедура минимизации СКО по корреляционным функциям входных воздействий имеет весьма ограниченную область применения, поскольку, во-первых, она дает решение только для того конкретного воздействия, которое было принято в расчете (для каждого из остальных будет получено свое решение), во-вторых, она непригодна для неконтролируемых возмущений и, наконец, в-третьих, нет уверенности, что минимизация СКО приведет и к минимизации выбросов.

В [1] было обращено внимание на то, что последнее из перечисленных выше требований к САУ ТП может быть выполнено только тогда, когда входные воздействия имеют узкий частотный спектр. Для систем с ПИД-регуляторами, передаточная функция которых определяется формулой:

$$R(s) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_u s} + T_d s \right), \quad (5)$$

(где k_p , T_u , T_d – коэффициент передачи, постоянные времени интегрирования и дифференцирования регулятора). В этом случае можно сформулировать очень простой критерий оптимальной настройки: коэффициент пропорциональности при интегральной составляющей алгоритма должен быть максимально возможным

$$\frac{k_p}{T_u} \rightarrow \text{макс}. \quad (6)$$

В геометрической интерпретации это значит, что при низкочастотных воздействиях график модуля КЧХ в (2) может быть заменен касательной к этой характеристике, проведенной в точке $\omega = 0$; коэффициент ее наклона пропорционален T_u/k_p .

Оптimum настройки ищется в пределах области заданного запаса устойчивости, определяемого по динамическим характеристикам замкнутого контура системы. Практически наиболее удобно ограничивать эту область с помощью так называемых корневого или частотного показателей колебательности.

Корневой показатель m связан со степенью затухания ϕ доминирующей компоненты колебаний (т. е. отношением разности двух, направленных в одну сторону, амплитуд колебания к первой из них) следующей формулой:

$$\phi = 1 - e^{-2\pi m}. \quad (7)$$

При ограничении на корневой показатель, граница области допустимого запаса устойчивости определяется уравнением:

$$R(s)W_{об}(s) = -1 \quad \text{при } s = -m\omega + j\omega. \quad (8)$$

Подставив сюда (5), можно получить следующую формулу для коэффициента пропорциональности $k_u = k_p/T_u$ при интегральной составляющей алгоритма функционирования регулятора как функции s при заданном фиксированном значении m и изменяющейся частоте ω :

$$k_u(s) = -\frac{1}{Im(s^{-1})} \cdot [Im(W_{об}(s)^{-1}) + k_d Im(s)]. \quad (9)$$

Задавись теперь некоторым значением k_d , можно определить максимум выражения k_u^{max} , который, в соответствии с (6), определяет оптимальное значение этого коэффициента для выбранного значения коэффициента при производной от ошибки регулирования. Меняя значение последнего, можно найти абсолютный максимум коэффициента при интегральной составляющей, который и определяет оптимальное значение этого коэффициента k_u^{opt} . Частота, при которой имеет место этот максимум, является частотой доминирующей компоненты собственных колебаний контура $\omega_{дом}$. После этого можно определить и оптимальное значение коэффициента передачи регулятора:

$$k_p^{opt} = -Re[W_{об}(s_{дом})^{-1}] - k_u^{opt} Re(s_{дом}^{-1}) - k_d^{opt} Re(s_{дом}), \quad (10)$$

а затем и оптимальные значения времени интегрирования и дифференцирования:

$$T_u^{opt} = \frac{k_p^{opt}}{k_u^{opt}}; \quad T_d^{opt} = \frac{k_d^{opt}}{k_p^{opt}}. \quad (11)$$

Частотный показатель колебательности определяется величиной резонансного пика модуля комплексной частотной характеристики (КЧХ) замкнутого контура:

$$\Phi(j\omega) = \frac{R(j\omega)W_{об}(j\omega)}{1 + R(j\omega)W_{об}(j\omega)}. \quad (12)$$

Как расчет по формулам (9) – (11), так и поиск максимума модуля КЧХ (12), легко осуществляется на ПЭВМ с помощью, например, пакета Mathcad [1, 4].

При использовании критерия (6) вообще нет необходимости в знании спектральной плотности входного воздействия. Кроме того, ошибка управления минимизируется по всем случайным воздействиям как контролируемым, так и неконтролируемым. Наконец, можно показать, что этот критерий минимизирует также линейный интегральный критерий при ори-

ентировке расчетов на наиболее тяжелую ступенчатую реализацию случайного воздействия (на минимизацию выбросов). Трудно представить более желательный критерий для практики – не говоря уж о его предельной простоте, он минимизирует СКО управляемой величины в нормальных режимах и одновременно минимизирует ее возможные выбросы при резких изменениях задающего воздействия и возмущений, причем всех возмущений как контролируемых, так и неконтролируемых. Тем не менее, имеют место сомнения в целесообразности применения указанного критерия как для оценки максимальных выбросов, так и для оценки величины СКО.

Сомнения в допустимости использования указанного критерия для оценки выбросов обычно базируются на том, что он минимизирует линейный интегральный критерий, который не может применяться к колебательным процессам. Это сомнение легко опровергается, поскольку поиск оптимума ищется в области с достаточно сильным запасом устойчивости. Сомнения относительно его применимости для минимизации СКО опровергаются опытом расчетов конкретных САУ, выполняемых с учетом требования на их технологическую работоспособность.

Ниже приводится пример соответствующего расчета для САУ температурой перегретого пара типичного мощного котла тепловой электростанции.

Передаточная функция объекта, полученная соответствующей обработкой экспериментальной переходной характеристики, имеет следующий вид:

$$W_o(s) = \frac{0,45}{(1,9s+1)^3} e^{-0,52s} \text{ град/\%УП}, \quad (13)$$

(постоянная времени и запаздывание выражено в минутах, управляемая величина в градусах, входное регулирующее воздействие – в процентах указателя положения регулирующего органа).

В САУ входным воздействием может быть либо изменение задаю-

щего воздействия, либо какое-то из возмущений. В первом случае показателем технологической работоспособности (4) является отношение СКО σ_ε ошибки $\varepsilon(t)$ к среднеквадратическому значению σ_x задающего воздействия $x(t)$:

$$\delta = \frac{\sigma_\varepsilon}{\sigma_x}. \quad (14)$$

Величина этого показателя по самому смыслу задачи управления должна быть достаточно малой (во всяком случае, соизмеримой с погрешностью штатного измерительного прибора, контролирующего $\varepsilon(t)$).

Предположим, что САУ удовлетворяет условию технологической работоспособности (4) и, следовательно, расчет можно производить по критерию (6) (в дальнейшем будет произведена оценка возможности применения такого критерия). Результат расчета при ограничении на частотный показатель колебательности $M = 1,55$ (что соответствует степени затухания 0,9) оказался следующим: $k_n = 1,95 \text{ \%УП/град}$; $T_u = 3,02 \text{ мин}$; резонансная частота $\omega_{рез} = 0,348 \text{ мин}^{-1}$.

Потребуем, чтобы относительное значение СКО воспроизведения задающего воздействия (14) не превышало величины 5 %. Структуру корреляционной функции задающего воздействия в соответствии с рекомендациями [3] выберем в виде:

$$r(\tau) = \sigma^2 \left[\frac{4}{3} \exp(-\alpha|\tau|) - \frac{1}{3} \exp(-4\alpha|\tau|) \right], \quad (15)$$

причем значение параметра α выберем так, чтобы выполнялось указанное требование к относительному значению СКО управления. Для этого следует перейти к спектральной плотности мощности:

$$G_u(\omega) = 2 \operatorname{Re} \left[\frac{4}{3} \frac{1}{\alpha + j\omega} - \frac{1}{3} \frac{1}{4\alpha + j\omega} \right], \quad (16)$$

и воспользоваться формулами (1) и (2). Такой расчет достаточно просто выполняется с помощью, например, математического пакета Mathcad. Сформулированное выше требование к точности управления выполняется при $\alpha = 0,007 \text{ мин}^{-1}$. На

рис. 1 показаны результирующие графики: пунктиром – модуля КЧХ САУ, штрихами – спектральной плотности задающего воздействия, сплошной линией – спектральной плотности ошибки управления, увеличенной в 20 раз. Из этих графиков следует, что спектральная плотность мощности задающего воздействия занимает весьма узкий низкочастотный диапазон там, где график модуля КЧХ системы практически не отличается от прямой. Таким образом, оптимизация настройки по критерию (6) дает практически тот же результат, что и оптимизация традиционным способом с предварительной оценкой корреляционной функции задающего воздействия и использованием формул (1) и (2). Объективное численное доказательство низкочастотного характера задающего воздействия состоит также в том, что значение спектральной плотности мощности этого воздействия при частоте резонанса системы составляет 2,6 миллионов долей ее значения при нулевой частоте.

Подобным же образом решается задача применимости критерия (6) для выбора настройки регулятора для минимизации СКО регулируемой величины при действии возмущений. В этом случае относительное значение СКО определяется формулой:

$$\delta = \frac{\sigma_y}{\sigma_k}. \quad (17)$$

Здесь σ_y – СКО регулируемой величины при отсутствии регулирования как автоматического, так и ручного. Задать значение этой СКО из наблюдения за действующей системой практически невозможно, так как для получения реализации $y(t)$ следует оставить объект без регулирования на время, исчисляемое для объектов типа энергоблоков ТЭС сутками и десятками суток (к этому вопросу мы еще возвратимся ниже). Тем не менее, здравый смысл подсказывает, что ее значение выйдет далеко за пределы допустимого. В этой связи рассмотрим пример прежней САУ, но при действии возмущения $\lambda(t)$, приложен-

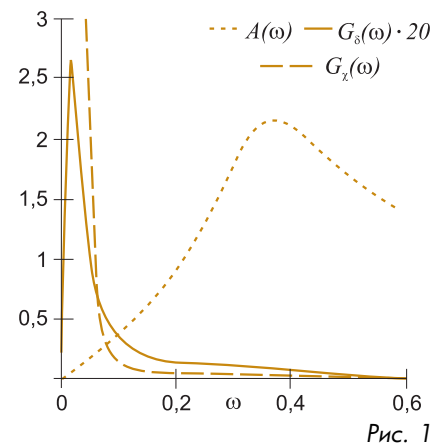


Рис. 1

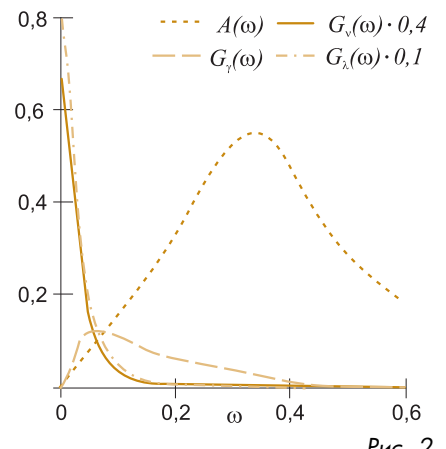


Рис. 2

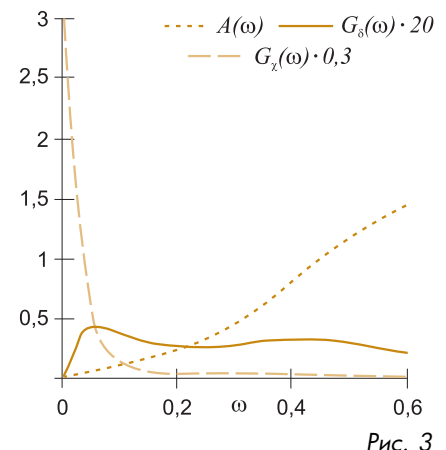


Рис. 3

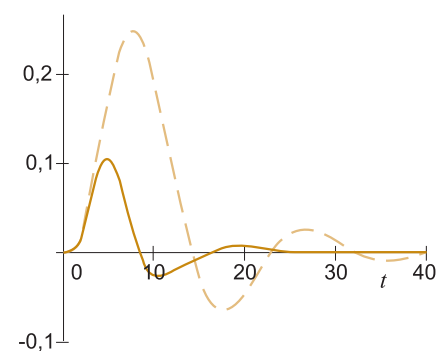


Рис. 4

ного со стороны регулирующего органа. Из-за неопределенности в задании СКО отклонения регулируемой величины при отсутствии регулирования, уменьшим требования к значению показателя технологической работоспособности, выберем его значение равным 0,2 (т. к. включение регулятора всего в пять раз уменьшает СКО). В этом случае параметр α корреляционной функции возмущения не должен превышать величины $\alpha = 0,031 \text{ мин}^{-1}$. На рис. 2 показаны графики: модуля КЧХ системы (пунктир), спектральных плотностей мощности возмущения (штрих-пунктир), приведенного к выходу возмущения (штрихи), отклонения управляемой величины (сплошная линия). Как и прежде, взаимное расположение графиков спектральных плотностей возмущения и модуля КЧХ системы свидетельствует о возможности и целесообразности применения критерия (6).

Аналогичные выводы могут быть сделаны и относительно САУ с ПИД-регулятором. Его оптимальные параметры настройки были определены по критерию (6) с помощью метода, приведенного в [1, 4], $k_n = 7,6 \text{ \%УП/град}$; $T_u = 2,39 \text{ мин}$; $T_d = 1,88 \text{ мин}$. Принятая выше точность отработки задания здесь может быть достигнута, если $\alpha \leq 0,0245 \text{ мин}^{-1}$, что существенно больше соответствующего значения для системы с ПИ-регулятором ($\alpha \leq 0,007 \text{ мин}^{-1}$). Результаты расчетов показаны на рис. 3 (обозначения графиков такое же, как и на рис. 1), из которых следует, что спектральная плотность мощности задающего воздействия по-прежнему занимает полосу частот, где график модуля КЧХ системы практически не отличается от прямой, т. е. использование критерия (4) вполне допустимо. Эффект перехода от ПИ к ПИД-регулятору проявился в том, что требуемая точность управления может быть достигнута при значительно более высокочастотном входном воздействии (допустимое значение α увеличилось в 3,5 раза).

На рис. 4 для ориентировки в точности регулирования приведе-

ны графики изменения регулируемой величины по времени в системах с ПИ-регулятором (штриховая кривая) и с ПИД-регулятором (сплошная кривая) при указанных выше параметрах настройки и единичном ступенчатом возмущении со стороны регулирующего органа.

Выше уже подчеркивалось, что расчеты по критерию (6) не требуют знания корреляционных функций входных воздействий. Представляет, однако, интерес, какой должна была бы быть длина реализации, необходимая для оценки корреляционной функции входного воздействия с заданной относительной ошибкой, если бы расчет выполнялся традиционным методом.

В пособиях по применению статистических методов [3] приводится следующая формула, которая связывает величину дисперсии оценки корреляционной функции с длительностью наблюдения T :

$$d_r(\tau) = \frac{2}{T} \int_0^T \left(1 - \frac{\xi}{T}\right) \left[r_\lambda^2(\xi) + r_\lambda(\xi + \tau) r_\lambda(\xi - \tau) \right] d\xi, \quad (18)$$

причем дисперсия оценки будет наибольшей при $t = 0$:

$$d_d = \frac{4}{T} \int_0^T \left(1 - \frac{\xi}{T}\right) \left[r_\lambda^2(\xi) \right] d\xi. \quad (19)$$

Из этой формулы следует, что если потребовать, чтобы оценка рассматриваемой корреляционной функции (15) была получена со СКО, не превышающей 5%, то длительность реализации задающего воздействия для системы с ПИ-регулятором должна быть не меньше 3,7 мес., а длительность реализации рассмотренного в примере возмущения должна быть не меньше 1 мес. (точнее 25,7 сут.). Для системы с ПИД-регулятором реализация задающего воздействия, необходимая для оценки корреляционной функции, уменьшается с 3,7 мес. до 1 мес. (точнее до 32,6 сут.). Как видим, необходимая длительность реализаций во всех рассмотренных примерах оказалась настолько большой, что представляется практически невозможной их получение на неавтоматизированном объекте.

Здесь необходимо сделать одно предостережение. В технологических объектах случайные возмущения формируются под действием нескольких факторов; в результате может оказаться, что реализация возмущения стационарного объекта имеет характер медленно меняющегося процесса, на который наложена значительно более быстрая компонента. Так, например, при оценке характеристик случайных процессов, связанных с изменением нагрузки энергоблока электростанции, в их реализациях проявляется два фактора, влияющих на их вид: медленно меняющийся фактор изменения суточной нагрузки энергосистемы и относительно быстротекущие факторы, обусловленные локальными возмущениями в собственно энергоблоке, в частности, случайные колебания качества топлива. В результате, если рассмотреть реализацию нагрузки энергоблока на интервале времени, меньшем суток, то создается впечатление о ее нестационарности, что она колеблется вокруг меняющегося во времени математического ожидания. В пособиях по методам оценок корреляционных функций предлагается в этом случае применять так называемую операцию "центрирования". Подобная операция выделяет "быструю" составляющую, устраняя из дальнейшего рассмотрения медленно меняющееся. Для выполнения такой операции разработан целый ряд алгоритмов центрирования (экспоненциального сглаживания, скользящего среднего и т. п.). Но поскольку выбор этих алгоритмов производится вне связи с решаемой с помощью корреляционных функций задачей (поучительная иллюстрация пренебрежения системным подходом), а только исходя из удобства получения оценки корреляционной функции, от их применения следует отказаться. Так, например, можно встретить публикации, в которых на основании применения подобного центрирования реализаций возмущений делаются выводы о целесообразности замены ПИ-регулятора на П-регулятор. Естественно, что такие выводы являются

следствием устранения из расчетов медленно меняющейся компоненты возмущения, наличие которой в реальности собственно и определяет необходимость ввода в алгоритм управления интеграла от отклонения регулируемой величины (для устранения остаточной неравномерности регулирования).

Выводы

1. При оптимизации параметров САУ следует учитывать необходимость получения относительно высокой точности управления (технологически работоспособной системы). Указанное требование может быть выполнено только тогда, когда входные задающие и возмущающие воздействия имеют низкочастотный характер, позволяющий производить расчеты, ориентируясь на критерий оптимальности (6). Расчеты по этому критерию не требуют знания корреляционных функций входных воздействий. Кроме того, его применение позволяет минимизировать не только СКО, но и величину выбросов управляемой величины за средний уровень, причем одновременно по всем входным воздействиям САУ.

2. Необходимость низкочастотного характера воздействий требует

для оценки их корреляционных функций весьма большого времени наблюдения. Для САУ ТП это время может исчисляться сутками и даже месяцами. Для сокращения времени наблюдения недопустимо производить центрирование реализаций без учета характеристик регулятора.

3. Недетерминированный характер технологических объектов управления не позволяет оценить статистические характеристики всех возмущений, так как среди них могут быть недоступные для контроля.

4. Таким образом, оценка корреляционных функций возмущений для последующего их использования в расчетах САУ с ПИ и ПИД-регуляторами следует признать практически невозможной и, к тому же, не нужной.

Окончательное определение приемлемости полученного решения следует отложить на стадию ввода САУ в действие с использованием специальных активных алгоритмов адаптации [1]. По окончании процедуры адаптации, производится оценка СКО управляемой величины в режиме ее нормального функционирования; эта операция не должна встретить каких-либо затруднений, так как реализация центрируется самой системой, а длительность наблюдения в условиях

нормальной эксплуатации, практически, не лимитируется. Если значение СКО окажется приемлемым, синтез САУ следует считать окончательным. В противном случае следует перейти к поиску более эффективной информационной структуры связи объекта с регулятором (например, применением схем со вспомогательными регулируемым величинами).

В заключение подчеркнем, что приведенный вывод относительно необходимости применения корреляционных функций входных воздействий касается только рассмотренной в статье задачи. Он не распространяется, например, на задачу выбора компенсаторов в системах с компенсацией возмущений [1], где не возникает проблемы устойчивости.

Список литературы

1. Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами. М.: Энергоатомиздат. 1985.
2. Булгаков Б.В. Колебания. М.: ГИТТЛ. 1954.
3. Ицкович Э.Л. Статистические методы при автоматизации производства. М.: Энергия. 1964.
4. Ротач В.Я. Расчет настройки реальных ПИД-регуляторов // Теплоэнергетика. 1993. № 10.

Ротач Виталий Яковлевич – д-р техн. наук, проф. каф. "Автоматизированные системы управления тепловыми процессами" Московского энергетического института (технического университета).

Email: rotach@acst.mpei.ac.ru

II Международная конференция "Параллельные вычисления и задачи управления" РАСО '2004

С 4 по 6 октября 2004 г. состоится II Международная конференция "Параллельные вычисления и задачи управления". Конференция проводится Институтом проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН, Российским Национальным Комитетом по автоматическому управлению, Российской Академией наук. Заседания Конференции будут проходить в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН по адресу Россия, 117997 Москва, ул. Профсоюзная, д. 65. Официальные языки Конференции – русский и английский.

Председатель Международного Программного комитета – В.Е. Фортов (Россия), академик, академик-секретарь Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН.

Председатель Национального Организационного комитета – И.В. Прангишвили (Россия), академик АН Грузии, директор ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН.

Тематика конференции

- Общие проблемы системных методологий.
- Модели сложных проблем и методы их исследования.
- Параллельные и распределенные вычисления в задачах управления, моделирования и идентификации.
- Распределенные информационно-вычислительные среды.
- Проблемы управления и самоорганизации в глобально-распределенной компьютерной среде.

- Модели параллельных и распределенных вычислительных процессов и систем.
- Технологии программирования параллельных и распределенных задач.
- Защита информации в распределенных вычислительных системах.
- Надежные вычисления в параллельных и распределенных системах.
- Совместное проектирование программного и аппаратного обеспечения.
- Проекты распределенных информационно-вычислительных систем.

Важные даты

- Представление тезисов до 16 декабря, 2003 г.
- Информация о принятии материалов до 1 марта, 2004 г.
- Представление статей и регистрация участников до 1 мая, 2004 г.

Подробная информация о Конференции: <http://paco.sicpro.org>

Контактный телефон/факс 007 (095) 334-89-90. E-mail: paco@ipu.ru

Кирилл Романович Чернышев (зам. Председателя Оргкомитета), Елена Филипповна Жарко (ученый секретарь Оргкомитета).