

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ ПРИ ПОМОЩИ ТИПОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ВОЗМУЩЕНИЙ

И. В. ГОГОЛЬ, О. А. РЕМИЗОВА, В. В. СЫРОКВАШИН, А. Л. ФОКИН

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),
190013, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: remizova-oa@yandex.ru

Предложена новая структурная схема системы для робастного управления объектом с запаздыванием по управлению с компенсацией медленно изменяющегося возмущения, приложенного к выходу объекта. Рассматриваются устойчивые передаточные функции объекта, а также передаточные функции, находящиеся на апериодической границе устойчивости. Для обеспечения робастности системы вместо предиктора в контуре управления использована номинальная следящая система, в которой вырабатывается сигнал для компенсации возмущения. Предлагаемый подход позволяет получить грубую систему по отношению к неопределенности величины запаздывания и к параметрической неопределенности передаточной функции. Показано, что для этого необходимо обеспечить грубость основного контура регулирования. Рассмотрена методика построения робастных регуляторов в классе традиционных законов регулирования.

Ключевые слова: компенсация возмущения, робастное управление, запаздывание по управлению, передаточная функция, номинальная система, точность системы, установившийся режим, следящая система, предиктор

Введение. В настоящей статье, в продолжение исследования, начатого в работе [1], рассматриваются проблемы робастного управления объектом при наличии запаздывания по управлению с компенсацией возмущения. Здесь рассматривается возмущение, приведенное к выходу объекта, а задача решается в классе традиционных (ПИ, ПИД) законов управления. С практической точки зрения, это самая востребованная постановка задачи управления технологическими процессами [2].

Традиционно при автоматизации в качестве возмущений рассматриваются центрированные случайные процессы или функции, принадлежащие функциональному пространству L_2 . Задача стабилизации решается за счет специального выбора закона регулирования в одноконтурной системе. В данном случае, наряду с этими возмущениями, рассматриваются возмущения в виде ограниченных функций, например медленные периодические и квазипериодические процессы, которые способны вывести систему из нормального режима. При этом задача решается за счет использования специальной структуры системы, которая является предметом исследования в настоящей статье.

Такая задача решена для объектов без запаздывания или с запаздыванием по состоянию [3—7]. При наличии запаздывания по управлению в работах [8—11] получены решения для мультисинусоидального возмущения, а в работе [3] — при наличии неизвестного возмущения. Но при неопределенности задания величины запаздывания невозможно использование структуры предиктора. Поэтому задача робастного управления при неопределенности величины запаздывания является актуальной.

Постановка задачи. Рассматривается модель объекта в виде передаточной функции

$$y(p) = W_o(p)u(p) + f(p), \quad (1)$$

где $f(p)$ — возмущение, $u(p)$ — управление, $y(p)$ — выходная величина.

Будем рассматривать два вида передаточных функций:

$$W_o(p) = k_o \frac{\beta(p)}{\alpha(p)} \exp(-\tau p), \quad (2)$$

где $\alpha(p), \beta(p)$ — полиномы, корни которых расположены строго левее мнимой оси, $\alpha(0) = \beta(0) = 1$; k_o — коэффициент передачи, $\underline{k}_o \leq k_o \leq \overline{k}_o$; τ — запаздывание, $\underline{\tau} \leq \tau \leq \overline{\tau}$, а также

$$W_o(p) = k_o \frac{\beta(p)}{p\alpha(p)} \exp(-\tau p). \quad (3)$$

Появление интегратора в (3) чаще всего связано с использованием электрического двигателя в качестве исполнительного механизма. Такая структура объекта раньше [1] не рассматривалась. Предполагается, что выполнены ограничения на абсолютное значение возмущения и на производные:

$$|f^i(t)| \leq M_K, \quad i = 0, 1, \dots, K, \quad (4)$$

где K — максимальный рассматриваемый порядок производной.

Из множества передаточных функций (2), (3) выделим номинальные, которые совпадают друг с другом, так как для передаточной функции (3) номинальная передаточная функция рассматривается без интегратора. Поэтому номинальная передаточная функция имеет вид

$$W_o^0(p) = k_o^0 \frac{\beta^0(p)}{\alpha^0(p)} \exp(-\tau^0 p), \quad (5)$$

где k_o^0, τ^0 — номинальные значения коэффициента передачи и запаздывания, $\beta^0(p), \alpha^0(p)$ — номинальные полиномы числителя и знаменателя, $\underline{k}_o \leq k_o^0 \leq \overline{k}_o$, $\underline{\tau} \leq \tau^0 \leq \overline{\tau}$.

Цель управления — выполнение неравенства

$$|g(t) - y(t)| \leq \delta, \quad (6)$$

где $g(t)$ — задающий сигнал на входе системы, $y(t)$ — выходной сигнал системы, δ — заданная величина погрешности.

Для этого предполагается сформировать сигнал $u_1(t)$, компенсирующий возмущение $f(t)$ с заданной точностью:

$$|f(t) - W_o(p)u_1(t)| \leq \delta_1, \quad (7)$$

где δ_1 — погрешность компенсации.

Основной результат. Рассмотрим структурную схему с дополнительным контуром следящей системы компенсации, не содержащую предиктора возмущения (рис. 1). Для передаточной функции объекта (2) эта структурная схема повторяет рассмотренную в работе [1], но с другой точкой приложения возмущения. Для передаточной функции (3) эта схема является оригинальной, так как следящая система компенсации не идентична основному контуру.

Для компенсации возмущения f формируется сигнал u_1 и используется оценка f_1 . Для передаточных функций (3) и (5) введено реальное дифференцирующее звено для вычисления производной, имеющее вид

$$W_d(p) = \frac{P}{T_E p + 1}, \quad (8)$$

где T_E — малая постоянная времени, тогда как в работе [1] для функций (2), (5) $W_d(p) = 1$.

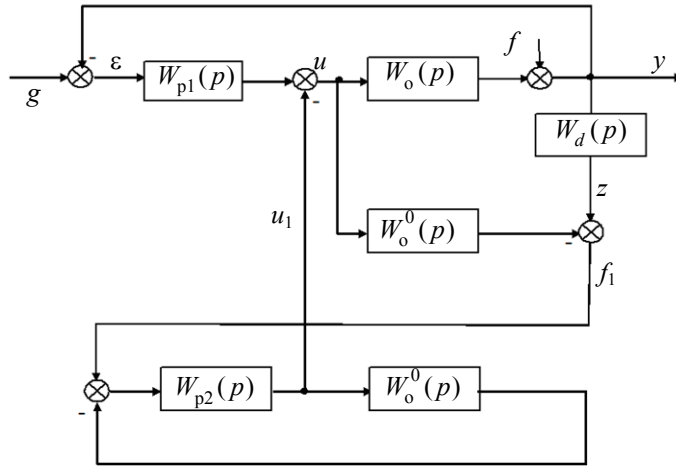


Рис. 1

На основании структурной схемы получим

$$f_1(p) = W_d(p)W_o(p)u(p) + W_d(p)f(p) - W_o^0(p)u(p) = \Delta W(p)u(p) + W_d(p)f(p), \quad (9)$$

где $\Delta W(p) = W_d(p)W_o(p) - W_o^0(p)$;

$$u_1(p) = \frac{W_{p2}(p)}{1 + W_{p2}(p)W_o^0(p)} (\Delta W(p)u(p) + W_d(p)f(p)), \quad (10)$$

где $u(p) = W_{p1}(p)\varepsilon(p) - u_1(p)$, W_{p1} , W_{p2} — передаточные функции регуляторов.

В номинальной системе при $\Delta W(p) = 0$ из формулы (10) получим

$$u_1(p) = \frac{W_{p2}(p)W_d(p)}{1 + W_{p2}(p)W_o^0(p)} f(p). \quad (11)$$

Для компенсации возмущения f на выходе объекта в номинальной системе используется сигнал

$$W_o^0(p)u_1(p) = \frac{W_{p2}(p)W_o^0(p)W_d(p)}{1 + W_{p2}(p)W_o^0(p)} f(p). \quad (12)$$

Для объекта (2) выражение (12) точно совпадает с передаточной функцией замкнутой номинальной системы основного контура при $W_d(p) = 1$. Для объекта (3) это выполняется только с точностью до малой постоянной времени T_E , так что числитель (12) можно представить в виде

$$W_d(p)W_o^0(p) = k_o^0 \frac{\beta^0(p) \exp(-\tau^0 p)}{(T_E p + 1) \alpha^0(p)}.$$

В обоих случаях справедливо следующее утверждение.

Утверждение 1. В рамках предложенной структуры (см. рис. 1) номинальная система компенсации возмущения f описывается передаточной функцией, совпадающей с передаточной функцией замкнутой номинальной системы основного контура.

Следствие 1. Обе системы имеют одинаковую грубость, которая численно оценивается с помощью H^∞ -нормы функции чувствительности [12].

На основании формулы (10) получим

$$u_1(p) = \frac{1}{1 + W_{p2}(p)(W_o^0(p) + \Delta W(p))} \left[W_{p2}(p)(\Delta W(p)W_{p1}(p)\varepsilon(p) + W_d(p)f(p)) \right]. \quad (13)$$

Для сигнала ошибки получим

$$\varepsilon(p) = g(p) - y(p) = g(p) - (f(p) + W_o(p)W_{p1}(p)\varepsilon(p) - W_o(p)u_1(p)),$$

откуда с учетом (13)

$$\varepsilon(p) = \frac{1}{a(p)} \left\{ \left[1 + W_{p2}(p)(W_o^0(p) + \Delta W(p)) \right] g(p) - \right. \\ \left. - \left[1 + W_{p2}(p)(W_o^0(p) + \Delta W(p)) - W_{p2}(p)W_d(p)W_o(p) \right] f(p) \right\}, \quad (14)$$

где $a(p) = (1 + W_{p1}(p)W_o(p))(1 + W_{p2}(p)W_o^0(p)) + W_{p2}(p)\Delta W(p)$.

Согласно (14) для номинальной системы при $\Delta W(p) = 0$ по каналу $g \rightarrow \varepsilon$ получим

$$\varepsilon(p) = \frac{1}{1 + W_{p1}(p)W_o(p)} g(p). \quad (15)$$

Эта модель совпадает с соответствующей моделью для основного контура, таким образом, имеет место следующее утверждение.

Утверждение 2. Введение системы компенсации не влияет на динамику основного контура.

Следствие 2. Если совместно с медленно изменяющимся возмущением действует случайное возмущение или функция из L_2 , которые традиционно рассматриваются в теории управления и устраняются за счет действия основного контура, то введение системы компенсации не влияет на компенсацию этих возмущений.

На основании формулы (14) можно исследовать точность системы в установившемся режиме. Если передаточные функции регуляторов $W_{p1}(p)$, $W_{p2}(p)$ содержат интегратор, то в установившемся режиме ($p \rightarrow 0$) получим $W_{p1}(p) \rightarrow \infty$, $W_{p2}(p) \rightarrow \infty$.

Следовательно, в установившемся режиме согласно (14) получим $\varepsilon(p) \rightarrow 0$. Таким образом, имеет место астатизм первого порядка.

Для оценки погрешности компенсации (7) после подстановки выражения (14) в (13) получим

$$u_1(p) = - \left\{ \frac{W_{p1}(p)W_{p2}(p)\Delta W(p) \left[1 + W_{p2}(p)(W_o^0(p) + \Delta W(p)) - W_{p2}(p)W_o(p)W_d(p) \right]}{\left[1 + W_{p2}(p)(W_o^0(p) + \Delta W(p)) \right] a(p)} - \right. \\ \left. - \frac{W_{p2}(p)W_d(p)}{1 + W_{p2}(p)(W_o^0(p) + \Delta W(p))} \right\} f(p) + \frac{W_{p1}(p)W_{p2}(p)\Delta W(p)}{a(p)} g(p). \quad (16)$$

Отсюда с учетом $\Delta W(p) = W_d(p)W_o(p) - W_o^0(p)$ при $p \rightarrow 0$, $W_{p1}(p) \rightarrow \infty$, $W_{p2}(p) \rightarrow \infty$ получим для установившегося режима

$$u_1(t) = \frac{\Delta W(0)}{W_o^0(0)W_o^0} g(t) + \frac{1}{W_o^0(0)} f(t),$$

откуда

$$|f(t) - W_o(0)u_1(t)| \leq \frac{|\Delta W(0)|_{\max}}{|W_o^0(0)|} |g(t)|_{\max} = \delta_1. \quad (17)$$

Таким образом, введение дополнительной замкнутой системы компенсации возмущения в контур управления вместо предиктора позволяет построить робастную систему с компенсацией медленно изменяющегося возмущения на выходе объекта с запаздыванием по управлению за счет робастных законов управления в основном контуре и в системе компенсации.

Синтез робастных регуляторов. На основании утверждения 1 для обеспечения грубости системы компенсации передаточные функции регуляторов $W_{p1}(p)$, $W_{p2}(p)$ требуется выбирать так, чтобы обеспечить робастность основного контура и контура компенсации по отношению к неопределенности задания запаздывания и к параметрической неопределенности передаточной функции объекта.

Таким образом, появляется задача синтеза робастной одноконтурной системы с запаздыванием. Эта задача имеет разные решения, например [13, 14]. В данном случае были использованы традиционные (ПИ, ПИД) законы регулирования, например [15, 16], которые в основном применяются при автоматизации технологических процессов.

Для объекта с передаточной функцией (2) регуляторы основного контура и системы компенсации совпадают, и в этом случае передаточные функции регуляторов можно записать как

$$W_{p1}(p) = W_{p2}(p) = \frac{\omega_c}{k_o^0 p} \frac{\alpha^0(p)}{\beta^0(p)(T_E p + 1)^{n-m-1}} \quad (18)$$

или

$$W_{p1}(p) = W_{p2}(p) = \frac{\omega_c \bar{k}_p}{k_o^0} \frac{T_p p + 1}{p} \frac{\alpha^0(p)}{\beta^0(p)(T_E p + 1)^{n-m-1}}, \quad (19)$$

где $\omega_c = 0,343/\tau^0$ — частота среза; $T_p = 0,25\tau^0$, $\bar{k}_p = 1,578$ — настройки регулятора: постоянная времени и коэффициент усиления; малая постоянная времени T_E введена искусственно для обеспечения физической реализуемости передаточных функций регуляторов; $m = \deg \beta^0(p)$, $n = \deg \alpha^0(p)$.

В работах [15, 16] показано, что регулятор (18) обеспечивает робастность системы, а для уменьшения времени регулирования используется регулятор (19). При наличии интегратора в передаточной функции объекта (3) используется аппроксимация вида

$$\frac{1}{p} \approx \frac{\gamma}{\gamma p + 1}, \quad \gamma \gg 1. \quad (20)$$

Кроме этого, теперь передаточные функции регуляторов не одинаковы. Передаточная функция $W_{p2}(p)$, как и раньше, вычисляется на основании (18) или (19), а передаточная функция $W_{p1}(p)$ преобразуется к виду

$$W_{p1}(p) = \frac{\omega_c}{k_o^0 \gamma p} \frac{(\gamma p + 1) \alpha^0(p)}{\beta^0(p)(T_E p + 1)^{n-m}} \quad (21)$$

или

$$W_{p1}(p) = \frac{\omega_c \bar{k}_p}{k_o^0 \gamma} \frac{T_p p + 1}{p} \frac{(\gamma p + 1) \alpha^0(p)}{\beta^0(p)(T_E p + 1)^{n-m+1}}. \quad (22)$$

Пример. Для сравнительного анализа результатов рассмотрим пример из работы [1], добавив в передаточную функцию объекта интегратор, так как схема без интегратора во многом повторяет пример, приведенный в [1], разница только в точке приложения возмущения. Пусть передаточная функция объекта имеет вид

$$W_o(p) = \frac{k_o \exp(-p\tau)}{p(Tp+1)}, \quad (23)$$

где T — постоянная времени объекта, и номинальные параметры принимают следующие значения: $k_o^0 = 2$, $T^0 = 15$ с, $\tau^0 = 10$ с.

Передаточная функция $W_{p1}(p)$ вычисляется по формуле (21) и представляет собой ПИД-закон регулирования:

$$W_{p1}(p) = \frac{0,343}{10 \cdot 1500 \cdot 2} \frac{(1500p+1)(15p+1)}{p(0,1p+1)}, \quad (24)$$

где $T_E = 0,1$ с, $\gamma = 1500$.

Передаточная функция $W_{p2}(p)$ вычисляется по формуле (18) и является ПИ-законом регулирования:

$$W_{p2}(p) = \frac{0,343}{10 \cdot 2} \frac{15p+1}{p}. \quad (25)$$

На входе системы задается единичное воздействие, а в качестве возмущения на выходе используется синусоидальная функция с единичной амплитудой. При данной величине запаздывания система компенсирует возмущение с 5 %-ной точностью, если частота $\omega \leq \omega_1 = 0,006$ с⁻¹; в работе [1] этот интервал больше: $\omega \leq \omega_1 = 0,0075$ с⁻¹, что связано с отсутствием интегратора в передаточной функции объекта. При увеличении частоты требование 5 %-ной точности не выполняется.

Соответствующая временная характеристика при $\omega = 0,006$ с⁻¹ показана на рис. 2; на рис. 3 показана временная характеристика для сигнала управления, видно, что амплитуда сигнала не выходит за пределы $|u(t)| \leq 1$.

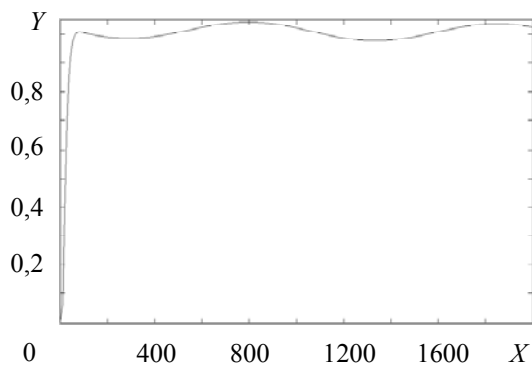


Рис. 2

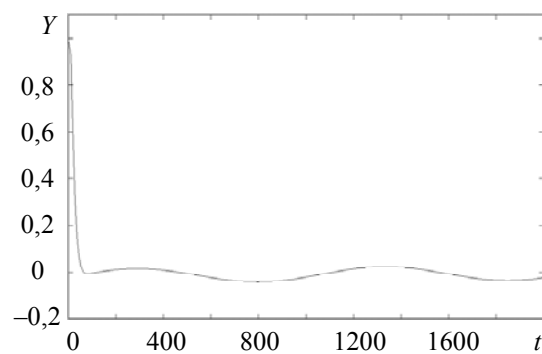


Рис. 3

Система с регуляторами (24), (25) не теряет устойчивости при увеличении величины запаздывания в передаточной функции объекта до 21,5 с, т.е. на 115 %. При увеличении величины запаздывания до 17 с, т.е. на 70 %, перерегулирование не превышает 30 %, следовательно,

система не теряет работоспособности, что демонстрирует временная характеристика, показанная на рис. 4.

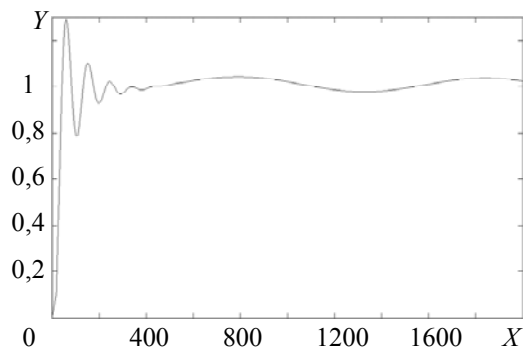


Рис. 4

Заключение. Рассмотрена задача парирования медленно изменяющегося ограниченно возмущения, приложенного к выходу объекта с запаздыванием по управлению. Передаточная функция объекта должна быть устойчива или должна находиться на аperiодической границе устойчивости. Для решения этой задачи предложена структурная схема робастной системы, где вместо предиктора возмущения использована специальная следящая система компенсации возмущения, что обеспечивает грубость системы относительно параметрической неопределенности передаточной функции объекта и неопределенности задания величины запаздывания.

Такой подход, однако, возможен только для достаточно медленно изменяющегося возмущения, иначе уменьшается точность его компенсации и погрешность регулирования выходит за пределы 5 %-ной зоны. При этом система компенсации возмущения не влияет на динамику основного контура, т.е. позволяет независимо решать задачи подавления случайных помех или возмущений, принадлежащих функциональному пространству L_2 .

Показано, что для обеспечения грубости системы компенсации возмущения следует увеличивать грубость основного контура системы и системы компенсации, что делает актуальной задачу синтеза робастной одноконтурной системы с запаздыванием. В данном случае предложена методика синтеза в классе традиционных (ПИ, ПИД) законов регулирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ремизова О. А., Фокин А. Л. Робастное управление устойчивым техническим объектом при наличии запаздывания по управлению с компенсацией возмущений // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т. 59, № 12. С. 1010—1017.
2. Денисенко В. В. Разновидности ПИД-регуляторов // Автоматизация в промышленности. 2007. № 6. С. 45—50.
3. Цыкунов А. М. Робастное управление с компенсацией возмущений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. 300 с.
4. Бобцов А. А. Робастное управление по выходу линейной системой с неопределенными коэффициентами // Автоматика и телемеханика. 2002. № 11. С. 108—117.
5. Yao J. Y., Jiao Z. X., Ma D. W. Adaptive robust control of DC motors with extended state observer // IEEE Transact. in Industrial Electronics. 2014. Vol. 61, N 7. P. 3630—3637.
6. Wan Y., Zhao J., Dimirovski G. M. Robust adaptive control for a single-machine infinite bus power system with a SVC // Control Engineering Practice. 2014. Vol. 30, SI. P. 132—139.
7. Chen M., Ge S. S., How B. V. E. Choo Y. S. Robust adaptive position mooring control for marine vessels // IEEE Transact. on Control System Technologies. 2013. Vol. 21, N 2. P. 395—409.
8. Компенсация неизвестного мультигармонического возмущения для нелинейного объекта с запаздыванием по управлению /А. А. Бобцов, С. А. Колубин, А. А. Пыркин // Автоматика и телемеханика. 2010. № 11. С. 136—148.

9. Пыркин А. А. Адаптивный алгоритм компенсации параметрически неопределенного смещенного гармонического возмущения для линейного объекта с запаздыванием в канале управления // Автоматика и телемеханика. 2010. № 8. С. 62—78.
10. Rejection of sinusoidal disturbance of unknown frequency for linear system with input delay / A. Pyrkin, A. Smyshlyaev, N. Bekiaris-Liberis, M. Krstic // Amer. Control Conf. Baltimore, USA, 2010.
11. Стабилизация нелинейного объекта с входным запаздыванием и синусоидальным возмущающим воздействием / А. А. Пыркин, А. А. Бобцов, С. А. Колюбин // Автоматика и телемеханика. 2015. №1. С. 21—30.
12. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления / Под ред. Н. Д. Егунова. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 744 с.
13. Фуртат И. Б., Тупичин Е. А. Управление нелинейными объектами с запаздыванием на базе модифицированного алгоритма бэкстеппинга // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 9. С. 707—712.
14. Григорьев В. В., Бойков В. И., Быстров С. В., Рябов А. И., Мансурова О. К. Исследование процессов позитивных систем на основе качественной экспоненциальной устойчивости // Изв. вузов. Приборостроение. 2013. Т. 43, № 4. С. 15—20.
15. Фокин А. Л. Синтез робастных систем управления технологическими процессами с типовыми регуляторами // Изв. СПбГТИ(ТУ). 2014. № 27. С. 101—106.
16. Ремизова О. В., Сыроквашин В. В., Фокин А. Л. Синтез робастных систем управления с типовыми регуляторами // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 12. С. 966—972.

Сведения об авторах**Иван Владимирович Гоголь**

— аспирант; СПбГТИ(ТУ); кафедра автоматизации процессов химической промышленности; E-mail: new.ivan.gogol@gmail.com

Ольга Александровна Ремизова

— канд. техн. наук, доцент; СПбГТИ(ТУ); кафедра автоматизации процессов химической промышленности; E-mail: remizova-oa@yandex.ru

Владислав Викторович Сыроквашин

— канд. техн. наук, доцент; СПбГТИ(ТУ); кафедра автоматизации процессов химической промышленности

Александр Леонидович Фокин

— д-р техн. наук, профессор; СПбГТИ(ТУ); кафедра автоматизации процессов химической промышленности; E-mail: fokin_sa@mail.ru

Рекомендована кафедрой систем управления и информатики НИУ ИТМО

Поступила в редакцию 21.03.17 г.

Ссылка для цитирования: Гоголь И. В., Ремизова О. А., Сыроквашин В. В., Фокин А. Л. Управление техническими системами с запаздыванием при помощи типовых регуляторов с компенсацией возмущений // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 9. С. 882—890.

**CONTROL OF TECHNICAL SYSTEMS WITH DELAY
USING STANDARD REGULATORS WITH DISTURBANCE COMPENSATION**

I. V. Gogol, O. A. Remizova, V. V. Syrokvashin, A. L. Fokin

St. Petersburg State Technological Institute (Technical University),

190013, St. Petersburg, Russia

E-mail: remizova-oa@yandex.ru

For an object with delay, a new structural schematic of system of robust control with compensation of slowly changing perturbation at the object output is proposed. The object transfer functions are supposed to be stable or related to the boundary of aperiodic stability. To ensure the system robustness, predictor in the control loop is replaced by a nominal servo system in which a signal for disturbance compensation is generated. The proposed approach is reported to allow for realization of a rough system in relation to the uncertainty in the delay magnitude and parametric uncertainty of the transfer function. Construction of robust regulators in the traditional class of control laws is analyzed. The necessity of roughness of the main control loop is demonstrated.

Keywords: compensation of disturbances, robust control, delay in control, transfer function, nominal system, system accuracy, steady-state mode, servo system, predictor

Data on authors

- Ivan V. Gogol** — Post-Graduate Student; St. Petersburg State Technological Institute, Department of Processes Automation in Chemical Industry; E-mail: new.ivan.gogol@gmail.com
- Olga A. Remizova** — PhD, Associate Professor; St. Petersburg State Technological Institute, Department of Processes Automation in Chemical Industry; E-mail: remizova-oa@yandex.ru
- Vladislav V. Syrokvashin** — PhD, Associate Professor; St. Petersburg State Technological Institute, Department of Processes Automation in Chemical Industry
- Aleksander L. Fokin** — Dr. Sci., Professor; St. Petersburg State Technological Institute, Department of Processes Automation in Chemical Industry; E-mail: fokin_sa@mail.ru

For citation: Gogol I. V., Remizova O. A., Syrokvashin V. V., Fokin A. L. Control of technical systems with delay using standard regulators with disturbance compensation. *Journal of Instrument Engineering*. 2017. Vol. 60, N 9. P. 882—890 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2017-60-9-882-890