
**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ЗВ'ЯЗКУ»**

**НАУКОВІ ЗАПИСКИ
УКРАЇНСЬКОГО НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО
ІНСТИТУТУ ЗВ'ЯЗКУ**

Науково-виробничий збірник

2(22) • 2012

Наукові записки УНДІЗ

Науково-виробничий збірник

Свідоцтво про державну реєстрацію – КВ №12133-1022Р від 26.12.2006 р.

Наукове фахове видання України –

Постанова президії ВАК України №1-05/5 від 1.07.2010 р.

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

Беркман Л. Н., д.т.н., проф., академік Академії зв'язку України, почесний зв'язківець України

ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА

Семенко А. І., д.т.н., проф., лауреат Державної премії СРСР

Колченко Г. Ф., к.т.н., с.н.с., доц.

Мітусов В. О., к.т.н.

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ

Віноградов М. А., д.т.н., проф., почесний радист СРСР

Гайворонська Г. С., д.т.н., проф.

Гребенніков В. О., к.т.н., с.н.с.

Зайцев Г. Ф., д.т.н., проф., Заслужений діяч науки УРСР, лауреат Державної премії України, почесний зв'язківець України

Захарченко М. В., д.т.н., проф., академік Міжнародної академії інформатизації, академік Всесвітньої академії наук комплексної безпеки, академік Академії зв'язку України, Заслужений працівник народної освіти України, майстер зв'язку СРСР, почесний зв'язківець України

Каток В. Б., к.т.н., доц., лауреат Державної премії України, почесний зв'язківець України

Лемешко О. В., д.т.н., проф.

Лучук А. М., д.т.н., проф., Заслужений діяч науки УРСР, лауреат Державної премії України, почесний зв'язківець України

Поповський В. В., д.т.н., проф., академік Академії зв'язку України, академік Академії прикладної радіоелектроніки України

Почерняєв В. М., д.т.н., проф., академік Академії зв'язку України, академік Аерокосмічної академії України

Савченко Ю. Г., д.т.н., проф.

Тарасенко В. П., д.т.н., проф., академік Академії інженерних наук України, Заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ РЕДАКТОР

Торошанко Я. І., к.т.н., с.н.с.

№2(22) • 2012

Рекомендовано до друку Науково-технічною радою УНДІЗ (протокол №3 від 04.09.2012 р.)

Адреса редакції: Український НДІ зв'язку. Вул. Солом'янська, 3, м. Київ, 03110

Тел. +380 (50) 555 5114. **Ел. пошта:** toroshanko@ukr.net **Сайт:** <http://undiz.org.ua>

©Український науково-дослідний інститут зв'язку, 2012

З М І С Т

Толюпа С.В. Адаптивне управління системами радіозв'язку при впливі навмисних завад.	5
Зайцев Г.Ф., Булгач В.Л., Гниденко О.Н., Бурсова Т.В. Синтез связи по возмущающему воздействию комбинированной системы частотной автоподстройки с астатизмом первого порядка и повышенным быстродействием	10
Сайко В.Г. Спосіб адаптивного вибору режимів роботи засобів радіозв'язку нового покоління	16
Зуев В.О., Кременецкая Я.А., Горыня Л.М. Оптроны на основе CdP ₂	21
Гладких В.М. Сегментация текста почтового переказа	24
Тимашов А.А., Росинский В.В. Об одном подходе автоматизированного заполнения баз данных корпоративных информационных систем на основе документов Microsoft Office с лексически несогласованными данными	28
Козленко М.І. Завадостійкість передавання та приймання інформації на основі широкосмугових сигналів з керованою ентропією	38
Турупалов В.В. Надежность промышленных телекоммуникационных сетей	47
Букелкул Салих. Общие принципы изучения времени пребывания требования в системе с большой нагрузкой.	51
Chang Shu. Statistics and prognosis the parameters of heterogeneous traffic in computer networks of critical application	56
Амирханов Э.Д. Оценивание производительности специализированных беспроводных сетей при произвольных статистиках длины пакетов данных	60
Гордієнко С.Б. Дослідження та застосування теорії відновлення щодо оцінки ступеню ефективності відновлення параметрів системи управління інфокомунікаційною мережею	66
Пономаренко А.В. Алгоритм обнаружения и измерения координат источника акустических шумов	70
Мошенський А.О. Роль оператора інформаційно-експертної системи прогнозування поширення радіохвиль	75
Зінченко О.В. Дослідження механізмів взаємодії функціональних вузлів конвергентної мережі при наданні послуг.	79
Манько О.О. Використання багат шарових структур для розділення оптичних сигналів	83
Дідковський Р.М. Порівняльний аналіз потенційної завадостійкості основних методів модуляції шумового сигналу.	86
Касьян С.П. Перспективы развития инфокоммуникационных сетей	94
Колченко Г.Ф., Рибка С.В. Аспекти застосування міжнародних рекомендацій і стандартів для забезпечення функціонування телекомунікаційної мережі в умовах надзвичайної ситуації	97
Савченко А.С. Метод принудительного ввода системы управления в области устойчивости ..	100
Дикарев А.В. К вопросу сжатия некоррелированных дискретных данных	106
Ткачев В.Н., Саваневич В.Е., Анненков А.Б., Брюховецкий А.Б. Метод предотвращения возникновения коллизий при параллельной обработке данных в децентрализованных вычислительных системах.	110
Маліна Т.І., Колченко Т.В. Відновлення працездатності телекомунікаційної мережі оператора телекомунікацій: внутрішні і зовнішні ресурси	116
Поскрипко Ю.А. Механізми вдосконалення інтелектуально-кадрової складової економічної безпеки підприємств	118

УДК 004.7.052:004.414.2

Савченко А.С., к.т.н. (*Национальный авиационный университет*)

МЕТОД ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ВВОДА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ УСТОЙЧИВОСТИ

Савченко А.С. Метод принудительного введения системы управления в области устойчивости. У роботі запропоновано вдосконалений метод приведення системи до стійкого стану при змінах затримки сигнальної та управляючої інформації. Приведені результати розрахунків динамічних характеристик системи управління мережею залежно від виду функції плавного введення полюсів всередину одиничного кола.

Ключові слова: ОБЧИСЛЮВАЛЬНА МЕРЕЖА, УПРАВЛІННЯ, ЗАТРИМКА ІНФОРМАЦІЇ, СТІЙКІСТЬ

Савченко А.С. Метод принудительного ввода системы управления в области устойчивости. В работе предложен усовершенствованный метод приведения системы к устойчивому состоянию при изменениях задержки сигнальной и управляющей информации. Приведены результаты расчетов динамических характеристик системы управления сетью в зависимости от вида функции плавного введения полюсов внутрь единичной окружности.

Ключевые слова: ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ, УПРАВЛЕНИЕ, ЗАДЕРЖКА, УСТОЙЧИВОСТЬ.

Savchenko A.S. Method of the forced input of control the system in area of stability. The improved method of bringing the system over is in-process offered to the stable state at the changes of delay of alarm and managing information. The results of calculations of dynamic descriptions of control the system by a network are resulted depending on the type of function of smooth introduction of poles into a single circumference.

Keywords: COMPUTER NETWORK, CONTROL, DELAYOFINFORMATION, STABILITY.

Введение. Для управления крупными корпоративными сетями, включающими большое количество активного оборудования, необходимы сложные системы управления (СУ), осуществляющие контроль и управление каждым элементом, а также состоянием сети в целом.

Основными задачами СУ, предложенной в [1], являются мониторинг и прогноз состояния сети в реальном времени, выработка оптимальных управляющих воздействий, их реализация с последующим анализом эффективности. Сложность решения поставленных задач заключается в наличии случайных задержек управляющей и сигнальной информации, неполноте априорной информации о параметрах и состоянии сетевого оборудования. Это может приводить к осцилляциям нагрузки на сетевые узлы и потере устойчивости СУ.

Сформулированную задачу управления компьютерной сетью как распределенной системой с задержками управляющей и сигнальной информации необходимо конкретизировать для получения условий устойчивой работы. При этом должно поддерживаться требуемое качество управления, которое зависит от динамических характеристик системы управления.

Постановка задачи. Для обеспечения устойчивой работы СУ сетью необходимо постоянно контролировать ее состояние, в первую очередь – состояние загруженности отдельных маршрутов и сетевых коммутационных узлов. Задача осложняется тем, что задержки доставки сигнальной и управляющей информации носят случайный характер и могут меняться в широких пределах. Даже для простейшей динамической системы, описываемой дифференциальным уравнением первого порядка с постоянными коэффициентами, появление запаздывания аргумента приводит к появлению последствия (формально – к произвольному изменению порядка уравнения). При этом если исходное уравнение устойчиво, то устойчивость уравнения с запаздывающим аргументом не гарантируется [2, 3].

Проблема осложняется еще тем, что в конкретном рассматриваемом случае запаздывание аргумента – величина случайная и может меняться в широких пределах. Общего метода решения таких задач не существует, однако, считается, что для уравнений с отклоняющимся аргументом метод аппроксимации дифференциальных уравнений разностными уравнениями является наиболее эффективным. Рассмотрим задачу дискретизации дифференциального уравнения с запаздывающим аргументом и контроля устойчивости решения.

Метод принудительного возврата системы в области устойчивости. Вычислительные сети можно считать дискретными системами с запаздыванием. Поэтому в соответствии с общей теорией управления процессы обмена информацией между управляемыми объектами (автономными сегментами) S_i сети и системой управления могут быть описаны дифференциально-разностными уравнениями или уравнениями с отклоняющимся аргументами [1]:

$$y_{asi}(n) \approx y_{asi}(n-1) + b_i y_{asi}(n-k) + u_i(n-m), \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

где $y_{as}(n)$ – функция состояния объекта; $u(n-m)$ – управляющий сигнал; k и m являются задержками сигналов состояния и управления соответственно. В общем случае $n \neq m$.

Системная функция объекта, описываемая уравнением (1), имеет вид:

$$H(z) = \frac{z^{-m}}{1 - z^{-1} - bz^{-k}} \quad (2)$$

Характеристический полином системной функции (2) в результате задержек информации приобретает специфический вид:

$$z^k - z^{k-1} - b = 0. \quad (3)$$

Ограничением предложенной модели является риск потери устойчивости при случайных изменениях задержек, то есть порядка уравнения (3), а также при попытке достижения нужного качества управления путем простого увеличения коэффициента усиления b в контуре обратной связи. Поэтому необходим постоянный контроль устойчивости системы управления и приведения ее к устойчивому состоянию при необходимости.

В работе [4] показано, что имеет место идентичность амплитудно-частотных характеристик как устойчивой, так и неустойчивой систем, следовательно, динамические свойства рассматриваемых систем также будут идентичными. Вид, качество и параметры переходных процессов в обеих системах одинаковы, т.е. устойчивая система сходится с той же скоростью, с какой как неустойчивая расходится. Вид переходных процессов также один и тот же: у обеих систем процесс является или колебательным, или апериодическим.

Используя это свойство цифровых динамических систем, можно реализовать принудительное зеркальное отображение полюсов, находящихся за пределами единичной окружности z -плоскости, внутрь ее. Алгоритм является следующим.

1. Задается порядок уравнения.
2. Задается коэффициент обратной связи.
3. Вычисляются корни уравнения $r_i, i = \overline{1, k}$.

4. Находятся модули корней.

– Если модуль $r_{\text{mod}} > 1$, находится отраженный корень r_f : – для вещественного

корня $r_{f_i} = 1/r_i$; – для комплексного корня $r_i = a_i \pm jd_i$: $r_{f_i} = \frac{a_i}{a_i^2 + d_i^2} \pm j \frac{d_i}{a_i^2 + d_i^2}$.

5. Если модуль $r_{\text{mod}} = 1$, уменьшаем $r_{f_i} = 1 - \varepsilon$, $\varepsilon \ll 1$.

6. Вычисляются коэффициенты нового полинома с полюсами, отраженными внутрь единичной окружности z -плоскости.

Однако при скачкообразном изменении коэффициентов цифровой системы в моменты скачков возникают разрывы сигнала ошибки, что приводит к пульсациям Гиббса и, как следствие, к перерегулированию в системе управления. Для уменьшения эффекта Гиббса предложено изменять коэффициенты и, соответственно, переводить систему в устойчивое состояние плавно на конечном интервале.

Выбор функции плавного изменения коэффициентов. Выбор функции плавного перевода системы в область устойчивости является важным, поскольку напрямую влияет на вид, качество и параметры переходных процессов в системе управления.

Предположительно, наиболее приемлемыми функциями для плавного введения полюсов внутрь единичной окружности являются гармонические (или комбинация гармонических), линейные, экспоненциальные. Рассмотрим в первую очередь гармонические функции вида:

$$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{\min}}{2} \right) \left(\cos \frac{2\pi n}{N} + 1 \right) + k_{\min}, \quad (4) \quad k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{\min}}{2} \right) \cos \frac{2\pi n}{N} + k_{\min}, \quad (5)$$

$$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{\min}}{2} \right) \sin \frac{2\pi n}{N} + k_{\min}, \quad (6) \quad k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{\min}}{2} \right) \left(\sin \frac{2\pi n}{N} + \sin \frac{8\pi n}{N} \right) + k_{\min}, \quad (7)$$

$$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{\min}}{2} \right) \left(\sin \frac{2\pi n}{N} + \sin \frac{8\pi n}{N} + 1 \right) + k_{\min}, \quad (8) \quad k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{\min}}{2} \right) \cos \left[\frac{2\pi n}{N} \right] + k_{\min}, \quad (9)$$

$$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{\min}}{2} \right) \left(\cos \frac{2\pi n}{N} + s(n) \right) + k_{\min}, \quad \text{где} \quad s(n) = \begin{cases} 0, & \text{если } n \text{ четное} \\ 1, & \text{если } n \text{ нечетное} \end{cases}. \quad (10)$$

Поскольку эти функции являются дифференцируемыми бесконечное число раз, при любых видах возмущений (скачок, линейно нарастающее воздействие и др.) разрыв непрерывности в функции управления не будет иметь места.

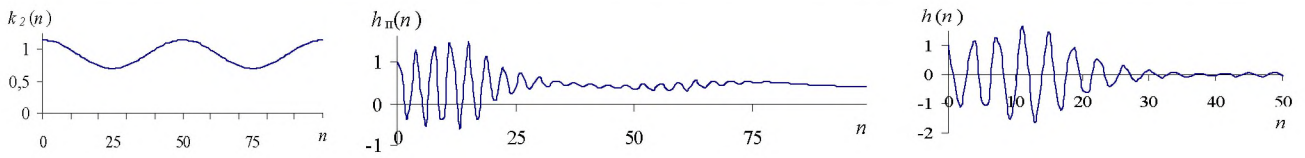
Также рассмотрим характеристики системы при условии использования для плавного введения полюсов внутрь единичной окружности экспоненциальной функции вида

$$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{\min}}{2} \right) e^{-n} + k_{\min}. \quad (11)$$

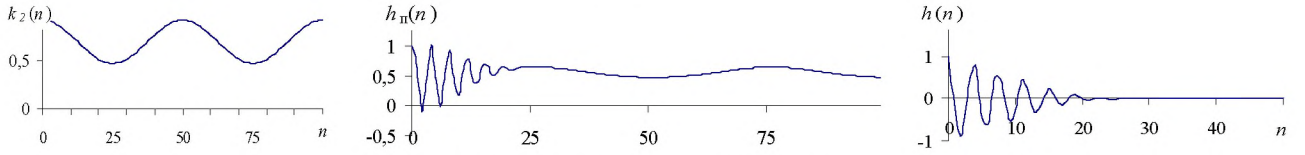
Выбор параметров функции изменения коэффициентов зависит от характеристик управляемого объекта (сетевого сегмента, отдельного маршрута доставки данных и пр.).

В качестве иллюстративного примера рассмотрим характеристики СУ (график изменения коэффициента b_{22} , переходную и импульсную характеристики), описываемой дифференциальным уравнением второго порядка с начальными коэффициентами $b_{21} = -0,3125$, $b_{22} = -1,25$, которые уменьшаются по формуле $k(n)$ до значений $b_{11} = -0,2$, $b_{12} = -0,8$.

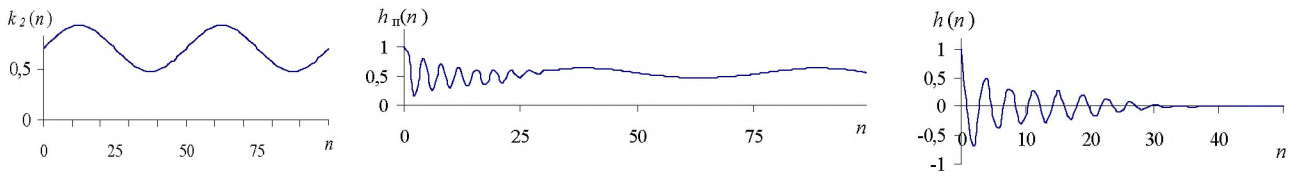
На рис. 1 приведены переходная (по центру) и импульсная (справа) характеристики системы, а также графики изменения коэффициента b_{22} (слева) в зависимости от вида функции плавного введения полюсов. Для всех случаев принято, что $k(n)$ – коэффициент, меняющийся от начального значения $k_0 > 1$ до обратного (минимального) значения $k_{\min} \leq 1/k_0$ с периодом $N = 50$; $n = 0, 1, 2, \dots$.



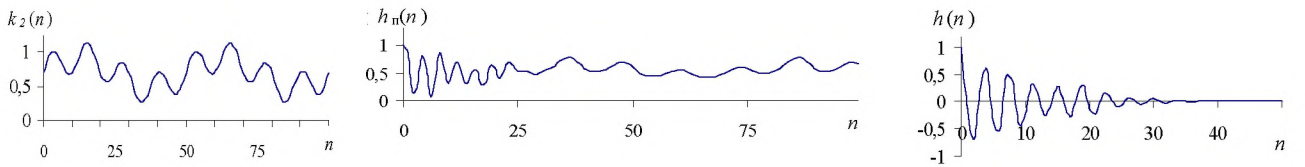
а) применение функции вида (4)



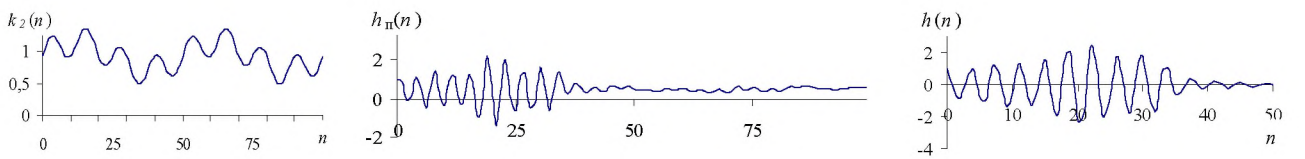
б) применение функции вида (5)



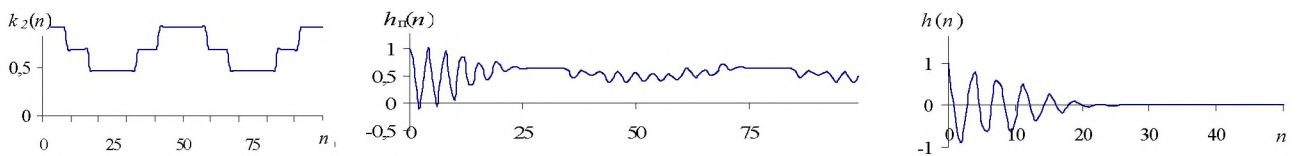
в) применение функции вида (6)



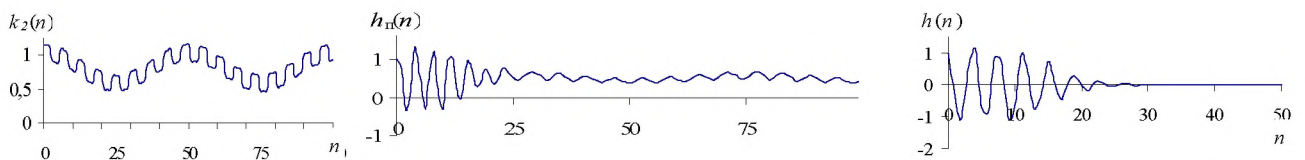
г) применение функции вида (7)



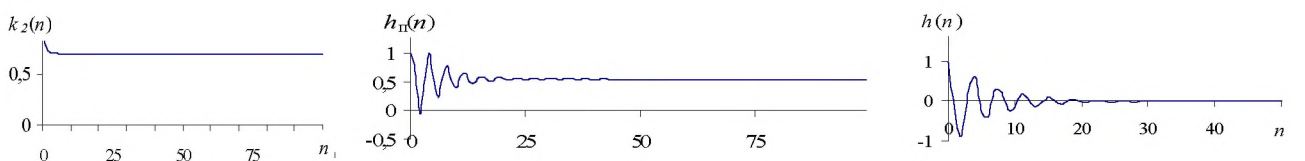
д) применение функции вида (8)



е) применение функции вида (9)



ж) применение функции вида (10)



з) применение функции вида (11)

Рис. 1. Графики изменения коэффициента b_{22} , переходные и импульсные характеристики

Интегральные показатели качества системы определяются непосредственно по кривой переходного процесса.

Зависимость $q(n) = y(n) - y_{уст.}$, где $y(n)$ – значение выходной характеристики в момент n , $y_{уст.}$ – установившееся значение является динамической ошибкой, а ее дисперсия ($\sigma^2_{дин.}$) – интегральным квадратичным критерием качества.

При малом запасе устойчивости системы управления ее собственные колебания затухают медленно, и перерегулирование в переходном режиме получается значительным.

Поэтому величина перерегулирования, определяемая соотношением $\delta = \frac{y_{max} - y_{уст.}}{y_{уст.}}$, где $y_{уст.}$ и

y_{max} – установившееся и максимальное значение выходной характеристики соответственно, может служить мерой запаса устойчивости системы.

В табл. 1 приведены основные динамические характеристики переходного процесса в зависимости от выбранной функции плавного введения полюсов внутрь единичной окружности.

Динамические характеристики переходного процесса

Табл. 1

Функция изменения коэффициентов	Дисперсия динам.ошибк и, $\sigma^2_{дин.}$	Величина перерегулирования, δ	Длит.переходного процесса, n	$k_{2\ min}$
$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{min}}{2}\right) \left(\cos \frac{2\pi n}{N} + 1\right) + k_{min}$	0,104	1,992	35	0,7
$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{min}}{2}\right) \cos \frac{2\pi n}{N} + k_{min}$	0,020	0,838	22	0,475
$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{min}}{2}\right) \sin \frac{2\pi n}{N} + k_{min}$	0,012	0,786	35	0,475
$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{min}}{2}\right) \left(\sin \frac{2\pi n}{N} + \sin \frac{8\pi n}{N}\right) + k_{min}$	0,019	0,672	30	0,271
$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{min}}{2}\right) \left(\sin \frac{2\pi n}{N} + \sin \frac{8\pi n}{N} + 1\right) + k_{min}$	0,243	3,59	35	0,496
$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{min}}{2}\right) \cos \left[\frac{2\pi n}{N}\right] + k_{min}$	0,026	0,895	25	0,475
$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{min}}{2}\right) \left(\cos \frac{2\pi n}{N} + s(n)\right) + k_{min}$, где $s(n)=0$, если n четное; $s(n)=1$, если n нечетное.	0,055	1,501	30	0,475
$k(n) = \left(\frac{k_0 - k_{min}}{2}\right) e^{-n} + k_{min}$	0,010	0,840	20	0,7

Чем меньше оценка значений коэффициента перерегулирования и критерия качества, тем лучше качество переходного процесса системы управления. Поэтому предлагается выбирать такие оптимальные кривые ввода системы управления в область устойчивости, чтобы $\sigma^2_{дин.}$ и δ были минимальными.

Судя по графикам, представленным на рис. 1, при неограниченном росте n импульсная характеристика системы асимптотически приближается к нулю, а переходная характеристика – к стационарному значению, следовательно, на интервале наблюдения система является глобально устойчивой.

Однако в установившемся режиме, при использовании для плавного введения полюсов внутрь единичной окружности функций вида (4), (8), (9), (10) наблюдаются колебания, что влияет на динамические характеристики системы. Это подтверждено результатами расчетов основных характеристик, представленными в табл. 1.

Применение функции вида (7) приводит к отражению полюса не строго зеркально, а до значительно меньшего значения, чем обратное. Это позволяет гарантировать устойчивость системы.

При использовании функций вида (5) и (6) также возможно отражать полюса до меньшего значения чем обратное, однако показатели качества системы в общем хуже, чем в предыдущем случае.

Использование функции вида (11) позволяет привести систему в установившееся состояние быстрее и с меньшей динамической ошибкой. Кроме того данная функция, в отличие от предыдущих, достаточно проста в вычислении.

Таким образом, для плавного введения полюсов внутрь единичной окружности и приведения тем самым системы управления вычислительной сетью в области устойчивости рекомендуется выбирать функции вида (7) либо (11).

Выводы.

1. Сложность управления крупными корпоративными сетями заключается в наличии случайных задержек управляющей и сигнальной информации, неполноте априорной информации о параметрах и состоянии сетевого оборудования. Это может приводить к осцилляциям нагрузки на сетевые узлы и потере устойчивости системы управления.

2. Для эффективного управления такими сетями необходимо обеспечить устойчивость системы управления при изменении коэффициентов обратной связи.

3. Устойчивость системы может быть обеспечена путем зеркального отражения полюсов, находящихся вне единичной окружности z -плоскости, внутрь единичной окружности.

4. При скачкообразном изменении коэффициентов цифровой системы в моменты скачков возникают разрывы сигнала ошибки, что приводит к пульсациям Гиббса и, как следствие, к перерегулированию в системе управления.

5. Вид функции плавного введения полюсов внутрь единичной окружности является важным, поскольку напрямую влияет на вид, качество и параметры переходных процессов в системе управления.

Литература

1. Савченко А.С. Концептуальная модель системы управления крупной корпоративной сетью / А.С. Савченко // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук.пр. Національного авіаційного університету. – 2011. – Вип. 2(34). – С. 120-128.

2. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – М.: Наука, 1975. – 768 с.

3. Эльсгольц Л.Э. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом / Л.Э. Эльсгольц, С.Б. Норкин // – М.: Наука, 1971. – 296 с.

4. Лукашенко В.В. Характеристики системы управления корпоративной сетью при наличии случайных задержек доставки управляющей и сигнальной информации / В.В. Лукашенко // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2011. – №3(19). – С. 62-68.

Підписано до друку 04.09.2012 р. Формат 64x90¹/8. Папір офс. Друк офсетний.
Замовл. № 28/9. Наклад 200 прим.

Друк ТОВ “АНВА Прінт”
Вул. Солом’янська, 1, оф.204, м. Київ, 03110. Тел. +380 (44) 227 7728