



УДК 004

А.А. Куандыков

КазНТУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

В настоящее время в связи с интенсивным развитием компьютерных систем и широким их применением для выполнения сложных процессов одним из важных вопросов стал вопрос эффективного управления их функционированием.

Под компьютерными системами понимаются все виды систем и сетей, состоящие из взаимосвязанных компьютеров, в том числе встроенных.

Для управления функциональным состоянием компьютерных систем в первую очередь необходимо определить эффективный вариант представления их текущего состояния.

В связи с этим в работе рассматриваются вопросы представления текущего состояния одного класса компьютерных систем для восстановления нормального функционального состояния, а именно распределенных информационно-вычислительных систем (РИВС).

В целом для восстановления функционального состояния РИВС после отказа (управления) требуются данные о состоянии: распределенной ИС и внешней среды, оказывающей влияние на состояния РИВС; датчиков и агентов, которые передают данные о значениях параметров различных видов вычислительных и управляющих ресурсов РИВС и т.д. Отсюда MSt представляется компонентами:

$$\begin{aligned} St &= \{S_{\text{я}}, S_{\text{ф}}\}, \\ S_{\text{ф}} &= \{S_{\text{ф}}', S_{\text{ф}}'', S_{\text{сy}}, S_{\text{py}}\}, \\ S_{\text{сy}} &= \{S_{\text{co}}, S_{\text{cp}}, S_{\text{свр}}, S_{\text{uo}}\}, \end{aligned}$$

где $S_{\text{я}}$ – состояние ядро-состояния целевого компонента РИВС, т.е. состояние управляемой ее частей;

$S_{\text{ф}}$ – состояние фона (фоновое состояние) среды, в которой функционирует интересующий модуль или компонента РИВС, т.е. в которой возникла задача оперативного управления;

$S_{\text{ф}}'$ – состояние влияния внешней среды на целевую компоненту РИВС;

$S_{\text{ф}}''$ – состояние датчиков и агентов РИВС;

$S_{\text{сy}}$ – состояние самой системы обеспечения надежности РИВС;

S_{co} – состояние средств организации процессов управления;

S_{cp} – состояния ресурсов управления системы;

$S_{\text{свр}}$ – состояние средств выработки и реализации решений;

S_{uo} – состояние исполнительных органов;

S_{py} – состояние результатов управления, т.е. состояние РИВС и среды управления после отработки принятых решений.

Примеры интерпретации вышеизложенной структуры таковы.

Описания РИВС могут быть осуществлены различным образом, с различным масштабом охвата топологии РИВС, уровня обобщения и представления. В таблице

приведены варианты представления РИВС.

Таким образом состояние РИВС можно описать системно в целом или локально (автономно).

При локальном (автономном) описании состояния отдельной ЛВС РИВС состояние всех остальных ЛВС РИВС и внешней среды составляют описание фона.

На каждом локальном фрагменте объекта, т.е. ЛВС РИВС ее состояния следует представить из трех компонентов:

$$S = \langle SA, SP, SN \rangle,$$

где S – состояние РИВС (как в целом регионально, так и локально);

SA – аппаратного обеспечения;

SP – программного обеспечения;

SN – сетевого обеспечения.

№ п/п	Уровни семантики	Масштаб (граница) охвата описания		
		Целостное	Фрагментарное	Локальное
1	Микро (физический уровень данных)	По всему масштабу и виду обеспечения РИВС и их элементам	По отдельной час- ти, виду обес- печения РИВС и их элементам	Отдельно по каж- дому элементу, по всем уровням РИВС
2	Макро (первый уровень обобщения)	По всему масштабу и виду обеспечения РИВС и их элементам	По отдельной час- ти, виду обеспе- чения РИВС и их элементам	Отдельно по каждому элементу, по всем уровням РИВС
3	Мега (второй уровень обобщения)	По всему масштабу и виду обеспечения РИВС и их элементам	По отдельной час- ти, виду обеспече- ния РИВС и их элементам	Отдельно по каждо- му элементу, по всем уровням РИВС
4	Мега (для админис- тратора и ЛПР)	На естественно-язы- ковом уровне по все- му масштабу и виду обеспечения и их элементам РИВС.	На естественно-язы- ковом уровне по отдельной час- ти, виду обеспече- ния и их элемен- там РИВС	На естественно-язы- ковом уровне от- дельно по каждому элементу по всем уровням РИВС

Описания всех компонентов РИВС следует представлять по следующим показателям (путем измерения индикаторов, координат) их состояния: адрес, окружение, фаза функционирования компонента (модуля), при котором произошел сбой или отказ и причина отказа. Причем, варианты описания до анализа будут указаны по текущим измерениям и по определенной метрике, а после установления нарушения в их описаниях состояния будут указаны еще причины и тип отказа, и возможное его последствие.

Для этого следует использовать модель – модель архитектуры и структурной связи аппаратных компонентов и модели структурограммы (метамодел) программного компонента (программного обеспечения).

Пример 1. Представление состояния аппаратного обеспечения РИВС. Состояние аппаратного обеспечения представим по шаблону:

$S = \langle SCI, (SX1, SX2, \dots, SXi, \dots, SXh), (SN1, SN2, \dots, SNi, \dots, SNv), t \rangle$,
где S – состояние РИВС;

SCI – состояние сервер;

SXi – состояние ЛВС;

SNt – состояние сетевое оборудование,

t – время возникновения события на РИВС.

Состояние ЛВС представляется:

$$SXi = \langle SXi1, SXi2, SXi3, \dots, SXij, \dots, SXig \rangle,$$

где $SXij$ – состояние j -го компьютера.

Состояние рабочей станции

$$SXij = \langle x1i_1(\alpha), x2i_2(\alpha), x3i_3(\alpha), [x4_1(\alpha), x4_2(\alpha), x4_3(\alpha), x4_4(\alpha), x4_5(\alpha), \dots] \rangle,$$

где $x1i_1(\alpha)$ – состояние 1-го уровня компонента (компьютер, принтер, плотер, ...);

$x2i_2(\alpha)$ – состояние 2-го уровня компонента (системная плата, блок питания, внешний носитель);

$x3i_3(\alpha)$ – состояние i -го уровня компонента;

$[x4_1(\alpha), x4_2(\alpha), x4_3(\alpha), x4_4(\alpha), x4_5(\alpha), \dots]$ – состояние компонентов, элементарных с точки зрения мониторинга системы (HDD, флеш-память, стример, ...);

$\alpha = \{1, \text{если соответствующий компонент (или элемент) РИВС исправен, } 0 \text{ в противном случае}\}.$

В данном шаблоне алгоритм обработки порции информации путем жесткого программирования смысла каждой его позиции, интерпретируя ее определенным образом, дополняет недостающую информацию.

Таким образом, смысл всего сообщения (всей порции информации) станет достаточной для принятия решений по ней. Например, фрагмент

$$\begin{aligned} SXij &= \langle x1i_1(\alpha), x2i_2(\alpha), x3i_3(\alpha), [x4_1(\alpha), x4_2(\alpha), x4_3(\alpha), x4_4(\alpha), x4_5(\alpha), \dots] \rangle \rightarrow \\ &\rightarrow \langle x1i_1(1), x2i_2(1), x3i_3(1), x4i[x4_1(0), x4_2(1), x4_3(1), x4_4(1), x4_5(1), \dots] \rangle \rightarrow \\ &\rightarrow \langle 1i_1(1), 2i_2(1), 3i_3(1), [4_1(0), 4_2(1), 4_3(1), 4_4(1), 4_5(1), \dots] \rangle \end{aligned}$$

означает, что элемент 1-го, 2-го, 3-го уровня ЛВС № i исправны, а элемент с номером № 4_1 компьютера № j данной ЛВС – не исправен.

Состояние программного обеспечения представляется так же как и аппаратного обеспечения с теми же координатами. Однако для корректного восстановления и работы программных модулей и компонентов (а также агентов) важное значение имеет состояние взаимодействия в момент возникновения нарушения с другими программными модулями и частями РИС. Поэтому в описания состояний программного обеспечения и программных модулей и компонентов включается больше информации о взаимосвязях с другими программными элементами в момент отказа, в частности перечень таких программных модулей, как: активных, отработанных, готовых к действию, ждущих свое выполнение и т.д. в целом, необходимо зафиксировать сессию, процесс, поток, нить задачи в момент наступления отказа.

По моменту съема оперативных данных от РИВС существует два варианта описания компонентов – микроописание MSt: одномоментный, когда для $St(t) = \{SKi(tti)\}$ выполня-

ется $\forall i (t = tti)$; и разномоментный, когда $\forall i (t \in tti)$. В разномоментном варианте компоненты MSt описываются в момент актуальности (т.е. перед его использованием).

Содержание компонентов $MKi \in MSt$ может быть представлено различным образом: на физическом $\{Pi\}$, обобщенном $\{Робі\}$ и т. д. уровнях.

Структура макроописание MSO формируется на базе обобщения MSt. Поэтому для ее структуры и структуры MSt должны выполняться гомоморфные отображения: $Ст(MSt) \rightarrow Ст(MSO)$, причем этот гомоморфизм реализуется на различном уровне.

Пример 2. Обобщения различных состояний РИС. В качестве примера используются материалы примера 1, приведенного выше:

$$\begin{aligned} \{SXij &= \langle x1i_1(\alpha) \& x2i_2(\alpha) \& x3i_3(\alpha) \& [x4_1(\alpha)] \rangle V \\ V SXij &= \langle x1i_1(\alpha) \& x2i_2(\alpha) \& x3i_3(\alpha) \& [x4_2(\alpha)] \rangle V \\ V SXij &= \langle x1i_1(\alpha) \& x2i_2(\alpha) \& x3i_3(\alpha) \& [x4_3(\alpha)] \rangle V \\ V SXij &= \langle x1i_1(\alpha) \& x2i_2(\alpha) \& x3i_3(\alpha) \& [Vx4_4(\alpha)] \rangle V \\ V SXij &= \langle x1i_1(\alpha) \& x2i_2(\alpha) \& x3i_3(\alpha) \& [x4_5(\alpha)] \rangle V \\ V SXij &= \langle x1i_1(\alpha) \& x2i_2(\alpha) \& x3i_3(\alpha) \& [...] \rangle \Rightarrow \\ SXij &= \langle x1i_1(\alpha) \& x2i_2(\alpha) \& x3i_3(\alpha) \& [x4_1(\alpha) Vx4_2(\alpha) Vx4_3(\alpha) Vx4_4(\alpha) Vx4_5(\alpha), \dots] \rangle. \end{aligned}$$

Здесь предполагается, что тип отказа и его характеристики – причина его возникновения, состояние взаимодействующих программных модулей – установлены.

Сценарий восстановления состояния РИВС после возникновения отказов ее аппаратного обеспечения и программного обеспечения устанавливается при построении системы обеспечения надежности для РИВС.

Управляющие решения, вырабатываемые в процессе цикла ситуационного управления объектом, состоят из множества компонентов, которые являются результатом выполнения каждого этапа цикла управления.

Таким образом, структура управляющих решений объектом имеет вид:

$$CU = (RK, RD, RZ, RPS, RPD, UW),$$

где CU – структура управляющих решений;

RK – решение, принимаемое по результатам контроля функционального состояния объекта;

RD – решение, принимаемое по результатам диагностирования функционального состояния объекта;

RZ – решение, принимаемое по результатам целеполагания для функционирования объекта;

RPS – решение, принимаемое по результатам планирования состояния перехода в целевое состояние объекта;

RPD – решение, принимаемое по результатам планирования действий для перехода в целевое состояние объекта;

UW – решение, принимаемое выдаче управляющих воздействий на основании плана действий для перехода в целевое состояние объекта.

Каждый из компонент управляющего решений формируется на основе модели представления состояния объекта на отдельной стадии цикла управления.

Для ситуационного управления состоянием объекта могут быть представлены:

- *универсально*, с полным описанием состояния объекта так, чтобы было достаточно для решения всех задач и выполнения стадии управления одинаковым образом;
- *специализированно*, объект управления представить как источник бесконечных

данных и каждый раз при решении определенной задачи и выполнения определенной стадии выбрать от объекта только те данные, которые нужны только для выполнения текущих операций.

Для сложных объектов рациональный подход является специализированным.

Рассмотрим принципы специализированного описания состояния объекта.

В ходе управления объектом система ситуационного управления:

- процесс формирования компонентов управляющих решений;
- непосредственное управление состоянием объекта по сформированным компонентам управляющих решений ведется на основе различных вариантов описания состояния объекта.

Эти варианты отличаются между собой:

• <i>целями</i>	для которых ведутся описания состояния объекта
• <i>стадиями</i>	этапами ЦУ, для которых они формируются;
• <i>уровнем</i>	абстракции описания состояния объекта: микро, макро, мета, мега – уровни представления состояния объекта
• <i>позицией</i>	с которой ведется описание состояния объекта;
• <i>планом</i>	шириной и глубиной (крупности): описание общее, локальное, смешанное;
• <i>ракурсом</i>	раскрытием отдельных аспектов и особенностей объекта. Если описываемым объектом является РИВС, то может быть описано функциональное состояние отдельно: аппаратное обеспечение, программное обеспечение, состояние операционной системы
• <i>размерностью</i>	одномерный – вектор, плоский, объемный и четырехмерный. Четвертое измерение – время (память) – предыдущее состояние объекта в течение определенного времени

Отсюда каждая форма описания ситуации имеет свою структурную форму, объем данных, продолжительность времени, на которые данные описания состояния объекта действительны, пригодны для решения задачи управления по ним - продолжительность жизненного цикла ситуации.

Обобщенно (схематично) процессы и механизмы описания состояния объекта (формирования ситуаций) можно представить как на рис 1. По данной схеме формируется матрица из $S = \{S_{ij}\}$.

На рисунке каждый столбец матрицы соответствует операторам, которые формируют ситуации для одной стадии и ее этапов в цикле ситуационного управления.

Операторную формулу формирования ситуаций можно представить таким образом:

$$\begin{aligned}
 S_{11} &= A_{11}(S^\phi), \\
 S_{21} &= A_{21}(S^\phi), \\
 S_{22} &= A_{22}(S^\phi, S_{21}) = A_{22}((S^\phi, A_{21}(S^\phi)), \\
 S_{23} &= A_{23}(S^\phi, S_{21}, S_{22}) = A_{23}((S^\phi, A_{21}(S^\phi), A_{22}((S^\phi, A_{21}(S^\phi))),
 \end{aligned}$$

где S^ϕ - состояние объекта – вектор значения контролируемых параметров объекта на уровне физических значений показаний приборов измерения, снятых с датчиков.

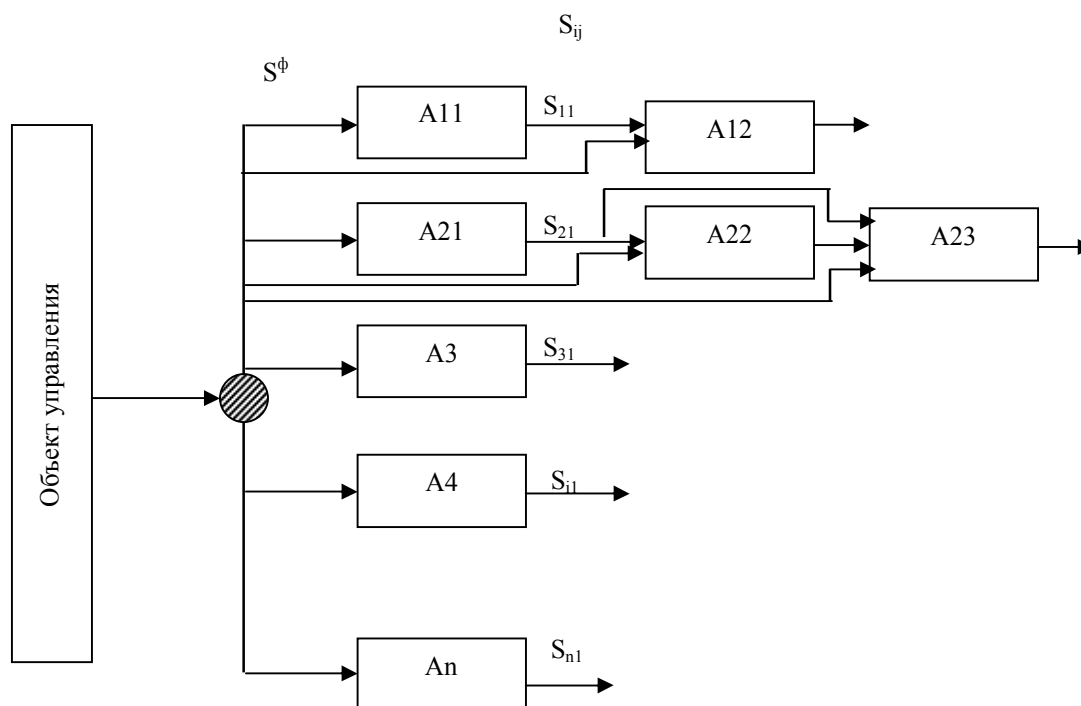


Рисунок 1

Структура различных вариантов и их взаимосвязь описания состояния объекта раскрывается в последующих работах автора.

В заключение отметим, что процедуры описания различных вариантов представления состояния объекта являются важным аспектом ситуационного управления, которые также требуют серьезного исследования.

Список литературы

1. Клыков Ю.И. Ситуационное управление большими системами. -М.: Энергия, 1974. -134 с.

Получено 20.11.08

УДК 681.2 (075.8): 681.5(075.8): 006.91(075.8)

А. П. Парамзин, С.Ж. Рахметуллина
ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАЛОГО ПАРАМЕТРА НА КАЧЕСТВО ПЕРЕХОДНОГО

ПРОЦЕССА ОДНОГО КЛАССА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В статье рассматривается класс систем аддитивной коррекции мультипликативной погрешности по входу. Многие опубликованные работы решали задачи анализа и синтеза таких систем с позиции выбора:

- оптимальной структуры;
- значений основных параметров структурных компонентов систем, обеспечивающих устойчивость как в малом, так и в целом, максимизирующих (оптимизирующих) точность и минимизирующих чувствительность в заданном диапазоне частот.

В то же время ни в одной работе не оценивалось поведение систем во временной области. Данную статью нужно рассматривать как начало исследований поведения систем рассматриваемого класса в переходных режимах.

Структуры систем рассматриваемого класса представлены на рис. 1.

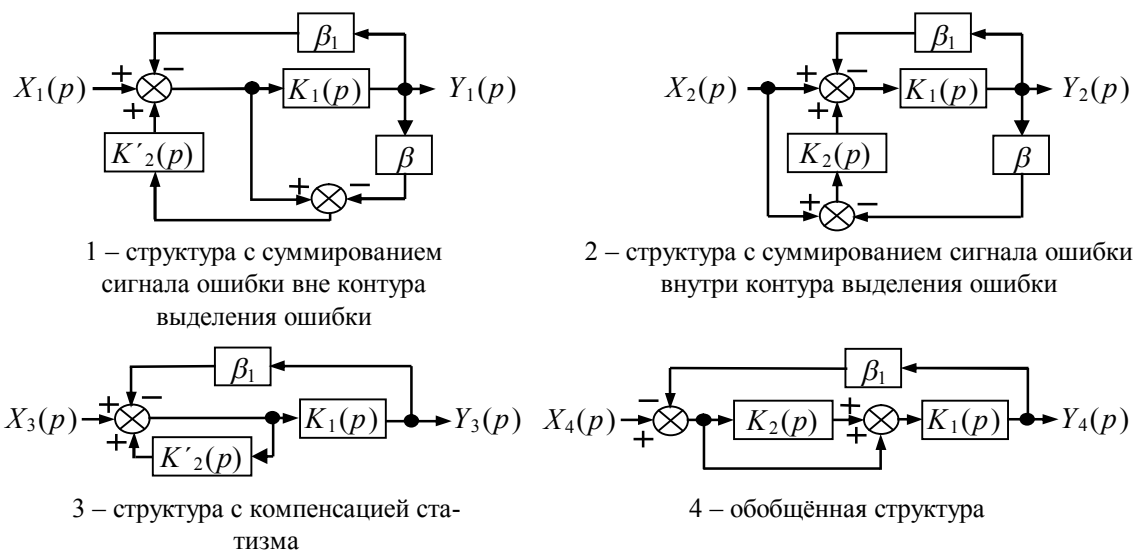


Рисунок 1 - Структуры автоматических систем рассматриваемого класса: $X(p)$ - входное воздействие, $Y(p)$ - выходная переменная, $K_1(p)$ - передаточная функция основного канала; $K_2(p)$ - передаточные функции дополнительного канала; β , β_1 - безынерционные делители, p - оператор Лапласа

Обобщённая структура была получена вследствие преобразования остальных трёх с учётом реализации настроечных соотношений на средних частотах (или в статическом режиме, когда соблюдается условие $p = 0$). Такие преобразования приведены в ряде публикаций [1-3]. При этом принимались за основу допущения, которые в данной статье называются «малыми параметрами». На рис. 1 передаточная функция дополнительного канала имеет собственную отрицательную обратную связь

$$K'_2(p) = K_2(p) / (1 + \beta_2 K_2(p)).$$

Считая, что свойства обоих каналов эквивалентны свойствам инерционных звеньев, представим: $K_1(p) = K_{10}/A_1(p)$, $K_2(p) = K_{20}/A_2(p)$, где K_{10} и K_{20} – статические коэффициенты передачи (усиления); $A_1(p)$ и $A_2(p)$ – полиномы оператора p . С целью упрощения опустим оператор p и далее будем обозначать: $K_1 = K_{10}/A_1$, $K_2 = K_{20}/A_2$, X , Y .

Передаточная функция системы со структурой 1 имеет вид:

$$\frac{Y_1}{X_1} = \frac{K_1}{1 + \beta_1 K_1 + K'_2 (\beta K_1 - \beta_1 K_1 - 1)}. \quad (1)$$

Минимальная чувствительность этой системы в статическом (номинальном режиме) обеспечивается при условиях:

$$\beta K_{10} = 1 + \beta_1 K_{10}; \quad (2)$$

$$K_{20} = 1 + \beta_2 K_{20} (K'_{20} = 1), \quad (3)$$

тогда (1) перепишется

$$\frac{Y_1}{X_1} = \frac{K_{10} (A_2 + K_{20} - 1)}{(A_2 - 1)(A_1 + \beta_1 K_{10}) + K_{20} (\beta_1 K_{10} + 1)}. \quad (4)$$

При практической реализации системы дополнительный канал выполняется в виде усилителя со стопроцентной отрицательной обратной связью (ООС) с передаточной функцией

$$K'_2 = K_2 / (1 + K_2), \quad (5)$$

где достичь условия $K'_{20} = 1$ невозможно. В итоге появляется малый параметр

$$\delta_1 = 1 / (1 + K_{20}), \quad (6)$$

и передаточная функция (1) принимает вид

$$\frac{Y_1}{X_1} = \frac{K_1 (1 + K_2)}{1 + \beta_1 K_1 + \beta K_1 K_2}, \quad (7)$$

а её структурным эквивалентом является структура 2 (рис. 1).

В случае реализации настроенного соотношения (2) передаточная функция системы со структурой 2 (рис. 1) примет вид

$$\frac{Y_2}{X_2} = \frac{K_{10} (A_2 + K_{20})}{A_1 A_2 + \beta_1 K_{10} (A_2 + K_{20}) + K_{20}}. \quad (8)$$

Но и условие (2) тоже не всегда реализуемо из-за температурной и временной нестабильности параметров элементов системы, поэтому с учётом глубокой ООС ($K_{10} \gg 1$) принимают

$$\beta = 1 / K_{10} + \beta_1 \approx \beta_1, \quad (9)$$

тогда передаточная функция системы 1 (рис. 1) будет

$$\frac{Y_1}{X_1} = \frac{K_1}{1 + \beta_1 K_1 - K'_2} = \frac{K_{10} (A_2 + K_{20})}{A_1 A_2 + \beta_1 K_{10} (A_2 + K_{20})}. \quad (10)$$

В итоге появился малый параметр

$$\delta_2 = 1 / K_{10}, \quad (11)$$

а структурным эквивалентом передаточной функции (10) будет обобщённая структура 4 (рис. 1), для которой

$$\frac{Y_4}{X_4} = \frac{K_1 (K_2 + 1)}{1 + \beta_1 K_1 (K_2 + 1)} = \frac{K_{10} (A_2 + K_{20})}{A_1 A_2 + \beta_1 K_{10} (A_2 + K_{20})}. \quad (12)$$

Если условие (9) применить к передаточной функции (7), то в итоге придём к передаточной функции (12) и соответствующей ей обобщённой структуре 4 (рис. 1).

В структуре 3 (рис. 1), имеющей передаточную функцию

$$\frac{Y_3}{X_3} = \frac{K_1}{1 + \beta_1 K_1 - K'_2}, \quad (13)$$

условия настройки в номинальном режиме совпадают с (3), тогда передаточная функция данной системы будет иметь вид

$$\frac{Y_3}{X_3} = \frac{K_{10}(A_2 + K_{20} - 1)}{(A_2 - 1)(A_1 + \beta_1 K_{10}) + \beta_1 K_{10} K_{20}}. \quad (14)$$

Поскольку чаще дополнительный канал структуры 3 реализуют в виде (5), то передаточная функция (13) принимает вид (12).

Таким образом, показан переход структур 1-3 (рис. 1) к обобщённой структуре 4 с учётом практически оправданных допущений, представленных как малые параметры δ_1 и δ_2 .

Взяв за основу результаты исследований, содержащиеся в [1-3] и других работах, примем

$$A_1(p) = (\tau p + 1)(\tau_3 p + 1); \quad A_2(p) = (\tau_1 p + 1)(\tau_2 p + 1),$$

где τ , τ_1 , τ_2 , τ_3 – постоянные времени,

и после ввода весовых коэффициентов $n_1 = \tau_1/\tau$, $n_2 = \tau_2/\tau$, $n_3 = \tau_3/\tau$ запишем

$$A_1(p) = (\tau p + 1)(n_3 \tau p + 1); \quad A_2(p) = (n_1 \tau p + 1)(n_2 \tau p + 1). \quad (15)$$

Показано, что все структуры (рис. 1) являются квазиэквивалентными с точки зрения устойчивости в малом. Для дальнейшего исследования за основу берём передаточные функции (4), (8), (12), (14). С целью корректного сравнения поведения систем в переходных режимах значения параметров $K_1(p)$ и $K_2(p)$ для каждой системы зададим при условиях:

а) коэффициент передачи каждой системы в статическом режиме равен десяти, то есть $Y_i(0)/X_i(0) = 10$;

б) соотношение $\beta_1 K_{10} / K_{20} = \text{const}$, причём количественные значения $\beta_1 K_{10}$ и K_{20} , также одинаковые для всех систем, определяются по критерию устойчивости с учётом обеспечения необходимых запасов устойчивости по модулю и фазе, а значение K_{10} – дополнительно с учётом $Y_i(0)/X_i(0) = 10$;

в) значения постоянных времени τ , τ_1 , τ_2 , τ_3 (их соотношения) одинаковы для всех систем.

Для оценки поведения систем в переходном режиме достаточно осуществить формальный переход от передаточных функций к дифференциальным уравнениям (или во временную область), заменив оператор Лапласа оператором дифференцирования, то есть $p = d/dt$. Формат дифференциальных уравнений всех систем одинаков

$$Y_i(t)(B_4^i p^4 + B_3^i p^3 + B_2^i p^2 + B_1^i p + B_0^i) = X_i(t)(C_2^i p^2 + C_1^i p + C_0^i), \quad (16)$$

а различие определяются значениями коэффициентов, которые приведены в таблице.

Коэффициенты дифференциальных уравнений структур (рис.1)

Для системы (1):	Для системы (2):
------------------	------------------

$B_4^1 = n_1 n_2 n_3 \tau^4;$ $B_3^1 = (n_1 n_2 n_3 + n_1 n_2 + n_1 n_3 + n_2 n_3) \tau^3;$ $B_2^1 = (n_1 n_2 + n_1 n_3 + n_2 n_3 + n_2 + \beta_1 K_{10} n_1 n_2) \tau^2;$ $B_1^1 = (n_1 + n_2)(\beta_1 K_{10} + 1) \tau;$ $B_0^1 = (\beta_1 K_{10} + 1) K_{20};$ $C_2^1 = K_{10} n_1 n_2 \tau^2;$ $C_1^1 = K_{10} (n_1 + n_2) \tau;$ $C_0^1 = K_{10} K_{20}.$	$B_4^2 = n_1 n_2 n_3 \tau^4;$ $B_3^2 = (n_1 n_2 n_3 + n_1 n_2 + n_1 n_3 + n_2 n_3) \tau^3;$ $B_2^2 = (n_1 n_2 + n_1 n_3 + n_2 n_3 + n_2 +$ $+ n_3 + \beta_1 K_{10} n_1 n_2) \tau^2;$ $B_1^2 = (n_1 + n_2) \beta_1 K_{10} \tau;$ $B_0^2 = \beta_1 K_{10} (K_{20} + 1) + K_{20};$ $C_2^2 = K_{10} n_1 n_2 \tau^2;$ $C_1^2 = K_{10} (n_1 + n_2) \tau;$ $C_0^2 = K_{10} (K_{20} + 1).$
---	--

Окончание табл.

Для системы (3): $B_4^3 = n_1 n_2 n_3 \tau^4;$ $B_3^3 = (n_1 n_2 n_3 + n_1 n_2 + n_1 n_3 + n_2 n_3) \tau^3;$ $B_2^3 = (n_1 n_2 + n_1 n_3 + n_2 n_3 + n_2 + \beta_1 K_{10} n_1 n_2) \tau^2;$ $B_1^3 = (n_1 + n_2)(\beta_1 K_{10} + 1) \tau;$ $B_0^3 = \beta_1 K_{10} K_{20};$ $C_2^3 = K_{10} n_1 n_2 \tau^2;$ $C_1^3 = K_{10} (n_1 + n_2) \tau;$ $C_0^3 = K_{10} K_{20}.$	Для системы (4): $B_4^4 = n_1 n_2 n_3 \tau^4;$ $B_3^4 = (n_1 n_2 n_3 + n_1 n_2 + n_1 n_3 + n_2 n_3) \tau^3;$ $B_2^4 = (n_1 n_2 + n_1 n_3 + n_2 n_3 + n_2 +$ $+ n_3 + \beta_1 K_{10} n_1 n_2) \tau^2;$ $B_1^4 = (n_1 + n_2 + n_3 + 1 + \beta_1 K_{10} n_1 + \beta_1 K_{10} n_2) \tau;$ $B_0^4 = \beta_1 K_{10} K_{20} + \beta_1 K_{10} + 1;$ $C_2^4 = K_{10} n_1 n_2 \tau^2;$ $C_1^4 = K_{10} (n_1 + n_2) \tau;$ $C_0^4 = K_{10} (K_{20} + 1).$
---	---

Поставленную в статье задачу решим, задав следующие значения параметров передаточных функций систем:

$$n_1 = n_2 = n_3 = 1, \quad (17)$$

для которых по условиям устойчивости с приемлемыми запасами

$$\beta_1 K_{10} / K_{20} = 10 \text{ или } 20 \lg \beta_1 K_{10} - 20 \lg K_{20} = 20 \text{ дБ}, \quad (18)$$

и если K_{20} принять равным 10, то есть

$$K_{20} = 10 \text{ (} 20 \lg K_{20} = 20 \text{ дБ)}, \text{ при этом } \beta_1 K_{10} = 100 \text{ (} 20 \lg \beta_1 K_{10} = 40 \text{ дБ)}, \quad (19)$$

то с учётом условия $Y_i(0)/X_i(0) = 10$:

– для системы 1 – $K_{10} = 1010$;

– для системы 2 – $K_{10} = 1010$;

- для системы 3 – $K_{10} = 1000$;
- для системы 4 – $K_{10} \approx 1001$.

Поведение систем в переходном режиме оценивается при условии подачи на их входы единичного ступенчатого воздействия

$$X_i(t) = 1(t) \text{ при } t \geq 0. \quad (20)$$

Уравнение (16) – дифференциальное уравнение 4-го порядка относительно искомых функций $Y_i(t)$. С учетом начального условия по времени рассматривается задача Коши:

$$\begin{cases} B_4^i \frac{\partial^4 Y_i}{\partial t^4} + B_3^i \frac{\partial^3 Y_i}{\partial t^3} + B_2^i \frac{\partial^2 Y_i}{\partial t^2} + B_1^i \frac{\partial Y_i}{\partial t} + B_0^i Y_i = C_2^i \frac{\partial^2 X_i}{\partial t^2} + C_1^i \frac{\partial X_i}{\partial t} + C_0^i X_i, \\ Y_i(0) = 0, \end{cases} \quad (21)$$

Вводятся следующие обозначения:

$$Y_i = Y_i^0, \quad \frac{\partial Y_i}{\partial t} = Y_i^1, \quad \frac{\partial^2 Y_i}{\partial t^2} = Y_i^2, \quad \frac{\partial^3 Y_i}{\partial t^3} = Y_i^3.$$

Дифференциальное уравнение четвертого порядка системы (21) сводится к системе дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\begin{cases} \frac{\partial Y_i^0}{\partial t} = Y_i^1; \\ \frac{\partial Y_i^1}{\partial t} = Y_i^2; \\ \frac{\partial Y_i^2}{\partial t} = Y_i^3; \\ \frac{\partial Y_i^3}{\partial t} = \frac{1}{B_4^i} (-B_3^i Y_i^3 - B_2^i Y_i^2 - B_1^i Y_i^1 - B_0^i Y_i^0 + C_2^i \frac{\partial^2 X_i}{\partial t^2} + C_1^i \frac{\partial X_i}{\partial t} + C_0^i X_i). \end{cases} \quad (22)$$

Последовательно решается задача Коши относительно Y_i^3 , затем относительно Y_i^2 и так далее.

Рассмотрим сетку ($t_j = j\tau, j = 0..k$). На заданной сетке задача Коши решена численным методом Рунге-Кутты четвертого порядка.

Решение задачи (21) для систем (1) – (4) представлено на рис. 2, где окончание переходного процесса определено входом переходных характеристик в пятипроцентную зону, заданную относительно установившегося режима $Y_i(\infty) = 10$ при $X(\infty) = 1$.

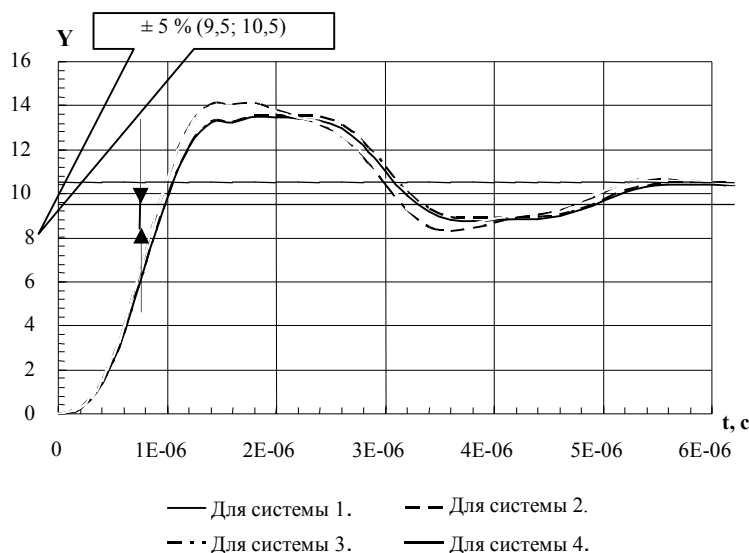


Рисунок 2 - Переходные характеристики систем (1) – (4)

Временная компонента определяется значением τ , то есть верхней границей диапазона рабочих частот. В частности, в примере взято значение $\tau = 10^{-8}$ с, что соответствует $\omega = 10^8$ 1/с или $f \approx 1,6$ МГц, но для решения поставленной задачи выбор значения τ не принципиален.

Из вида переходных характеристик вытекает, что переходный процесс в системах колебательный с перерегулированием около 40 %. Основной же вывод заключается в том, что форма переходных характеристик систем (1) – (3) с практической точки зрения незначительно отличается от формы переходной характеристики системы (4). Данный факт позволяет утверждать о корректности замены всех систем аддитивной коррекции мультипликативной погрешности по входу одной обобщённой системой с прямой параллельной единичной передачей со структурой (4) (рис. 1).

Список литературы

1. Парамзин А.П. Оптимизация частотных характеристик в замкнутых системах аддитивной коррекции погрешностей по входу /А.П. Парамзин, В.М. Сергеев// Проблемы технического прогресса и экологии в строительстве и других отраслях экономики Казахстана: Сб. науч. тр. – Усть-Каменогорск: ВКТУ, 1998.
2. Парамзин А.П. Максимизация глубины обратной связи в системах аддитивной коррекции по входу /А.П. Парамзин, Сергеев В.М. // Проблемы технического прогресса и экологии в строительстве и других отраслях экономики Казахстана: Сб. науч. тр. – Усть-Каменогорск: ВКТУ, 1998.
3. Парамзин А.П. Максимизация глубины отрицательной обратной связи в системах с несколькими прямыми параллельными единичными передачами /А.П. Парамзин, В.В. Терехин// Вестник ВКТУ. –1999. –№ 1. –Усть-Каменогорск: ВКТУ, 1999. –С. 134-141.

Получено 21.11.08



**КУТТЫКТАЙМЫЗ!
ПОЗДРАВЛЯЕМ!**

60 *жас
леш*



БЕНДЕР

МАРИЮ ПАВЛОВНУ,

доцента

кафедры архитектуры и дизайна

ЗДОРОВЬЯ, СЧАСТЬЯ, УСПЕХОВ, ДОРОГОЙ ЮБИЛЯР!

•

**МЕРЕЙТОЙ ИЕСІНЕ МЫКТЫ ДЕНСАУЛЫК, ТАУСЫЛМАС БАКЫТ,
ТВОРЧЕСТВОЛЫК ТАБЫС ТІЛЕЙМІЗ!**

