



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3941303/24-24

(22) 06.08.85

(46) 15.05.87. Бюл. № 18

(71) Белорусский политехнический институт

(72) А.А. Москаленко, Р.И. Фурунжиев,
А.Т. Кулаков и Е.А. Воблов

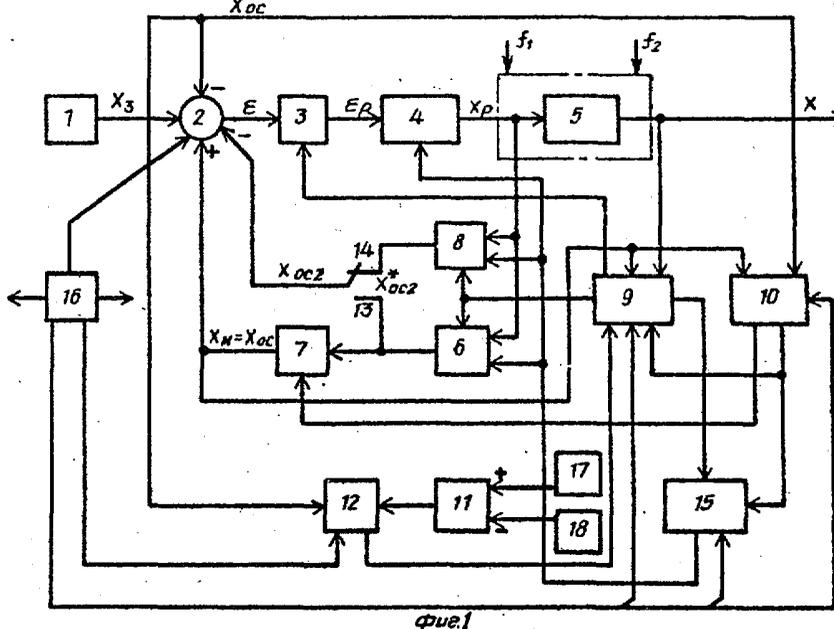
(53) 62-50(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР
№ 1191884, кл. G 05 B 13/02, 1984.

(54) АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ДЛЯ ОБЪЕКТОВ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

(57) Изобретение относится к самонастраивающимся системам управления с переменной структурой и может быть использовано для автоматизации нестационарных технологических процессов с изменяющимся запаздыванием, в частности для автоматизации управления тепловыми процессами энергоблоков. Цель изобретения - повышение быстро-

действия и динамической точности в широком диапазоне изменения характеристик объекта. Адаптивная система управления для объектов с запаздыванием содержит задатчик 1, сравнивающий элемент 2, блок 3 умножения, регулятор 4, объект 5, первый упредитель 6, модель 7 с регулируемым запаздыванием, второй упредитель 8, блок 9 подстройки коэффициентов, блок 10 подстройки запаздывания, дифференциатор 11, переключатель 12 структуры, нормально открытый 13 и нормально закрытый 14 контакты переключателя структуры, блок 15 подстройки эквивалентной постоянной времени, блок 16 управления, датчик 17 нагрузки, датчик 18 расхода топлива. Цель изобретения достигается за счет введения блока 15 подстройки эквивалентной постоянной времени. 6 ил.



Изобретение относится к самонастраивающимся системам управления с переменной структурой и может быть использовано для автоматизации нестационарных технологических процессов с изменяющимся запаздыванием, в частности для автоматизации управления тепловыми процессами энергоблоков.

Цель изобретения - повышение быстродействия и динамической точности в широком диапазоне изменения характеристик объекта.

На фиг. 1 изображена структурная схема адаптивной системы управления для объектов с запаздыванием; на фиг. 2 - структурная схема блока подстройки эквивалентной постоянной времени; на фиг. 3 и 4 - структурные схемы соответственно блока подстройки запаздывания и блока подстройки коэффициентов; на фиг. 5 и 6 - функциональные схемы соответственно переключателя структуры и блока управления оператора.

На фиг. 1 обозначены задатчик 1, сравнивающий элемент 2, блок 3 умножения, регулятор 4, объект 5, первый упредитель 6, модель 7 с регулируемым запаздыванием, второй упредитель 8, блок 9 подстройки коэффициентов, блок 10 подстройки запаздывания, дифференциатор 11, переключатель 12 структуры, нормально открытый 13 и нормально закрытый 14 контакты переключателя структуры, блок 15 подстройки эквивалентной постоянной времени, блок 16 управления, датчик 17 нагрузки и датчик 18 расхода топлива.

Блок подстройки эквивалентной постоянной времени (фиг. 2) содержит первый 19 и второй 20 сумматоры, задатчик 21 калиброванного скачка, первый блок 22 деления, первый блок 23 умножения, регистр 24, первый цифроаналоговый преобразователь 25, задатчик 26 кода, а также первый 27, второй 28 и третий 29 элементы И.

Блок подстройки запаздывания (фиг. 3) включает первый усилитель 30, первый триггер 31, второй усилитель 32, второй триггер 33, первый дешифратор 34, счетчик 35, задатчик 36 запаздывания, управляемый генератор 37 опорной частоты и блок 38 управления блока подстройки запаздывания.

Блок подстройки коэффициентов (фиг. 4) образуют аналого-цифровой преобразователь 39, второй блок 40 деления, второй блок 41 умножения, задатчик 42 коэффициентов, второй регистр 43, второй цифроаналоговый преобразователь 44, задатчик 45 коэффициента подстройки коэффициента деления регулятора, третий регистр 46, третий цифроаналоговый преобразователь 47 и элемент 48 совпадения.

Переключатель структуры (фиг. 5) содержит триггер 49 внешних возмущений, третий усилитель 50, герконовое реле 51, первый формирователь 52, первый инвертирующий усилитель 53, второй формирователь 54, первый элемент ИЛИ 55, первый элемент НЕ 56, второй элемент ИЛИ 57, триггер 58 внутренних возмущений, второй инвертирующий усилитель 59, первый компаратор 60, второй компаратор 61, третий элемент ИЛИ 62, второй элемент НЕ 63, четвертый элемент ИЛИ 64 и делитель 65 напряжения.

На фиг. 6 обозначены блок 66 индикации, первый тумблер 67, переменный резистор 68, первый 69, второй 70 и третий 71 элементы задержки, третий 72 и четвертый 73 элементы НЕ, второй тумблер 74, первая кнопка 75, триггер 76 управления, второй дешифратор 77, четвертый 78, пятый 79, шестой 80, седьмой 81, восьмой 82, девятый 83 и десятый 84 элементы И, первый 85, второй 86, третий 87 и четвертый 88 счетчики управления, вторая кнопка 89, генератор 90 импульсов, а также пятый 91, шестой 92, седьмой 93, восьмой 94 и девятый 95 элементы ИЛИ.

Построение адаптивной системы управления для объектов с запаздыванием основано на принципе упреждения запаздывания и компенсации инерционности при адаптивной подстройке времени запаздывания модели с регулируемым запаздыванием, коэффициентов усиления упредителей и регулятора, а также эквивалентных постоянных времени упредителей и времени изодрома регулятора с переключением структуры упредителей в зависимости от вида возмущений.

Объекты с запаздыванием, например теплоэнергетические, могут быть аппроксимированы следующей передаточной функцией:

$$W_0 = \frac{K e^{-p\tau_0}}{(T_0 p + 1)(\zeta_0 p + 1)} = \frac{K_0 e^{-p\tau_0}}{T_0^2 p + 1} =$$

$$= W_0^* e^{-p\tau_0}, \quad (1)$$

где K_0 , T_0 , ζ_0 , T_0^2 - коэффициент усиления, большая и меньшая постоянные времени, эквивалентная постоянная времени объекта 5; τ_0 - время запаздывания объекта; W_0^* - передаточная функция объекта 5 без запаздывания; $T_0^2 = T_0 + \zeta_0$.

Исходя из структурной схемы системы (фиг. 1) можно записать изображения сигналов в следующем виде:

$$X = X_{oc} = X_p W_0; \quad (2)$$

$$X_{oc1} = X_m = X_p W_{уп1} e^{-p\tau_m}; \quad (3)$$

$$X_{oc2} = X_{oc2}^* = X_p W_{уп2} Q; \quad (4)$$

или

$$X_{oc2} = X_{oc2}^* = X_p W_{уп1} \bar{Q}; \quad (5)$$

где $W_{уп1}$ и $W_{уп2}$ - соответственно передаточные функции первого 6 и второго 8 упредителей; τ_m - величина времени запаздывания модели 7; Q - переключательная функция, которая принимает два значения:

$$Q = 1, \text{ если } f_2 = 0 \text{ или } \frac{dX_3}{dt} = 0;$$

$$\bar{Q} = 1, \text{ если } f_2 \neq 0 \text{ или } \frac{dX_3}{dt} \neq 0, \quad (6)$$

где X_3 - задание.

Из (1)-(6) следуют условия упреждения запаздывания и компенсации инерционности

$$W_0 = W_m; \quad (7)$$

$$W_0^* = W_{уп1}; \quad (8)$$

откуда вытекает, что

$$\tau_0 = \tau_m; \quad (9)$$

$$K_0 = K_m; \quad (10)$$

$$T_0^2 = T_m^2. \quad (11)$$

Передаточная функция второго упредителя в общем случае может быть выражена в виде

$$W_{уп2} = \frac{K_m (T_{эТ}^2 p + 1)}{T_m^2 p + 1}, \quad (12)$$

где $T_{эТ}^2$ и T_m^2 - эквивалентные постоянные времени эталонного

процесса и упредителя соответственно.

При $T_{эТ}^2 = 0$, что соответствует скачку, имеем

$$W_{уп2} = \frac{K_m}{T_m^2 p + 1}, \quad (13)$$

а при $T_m^2 = T_{эТ}^2$

$$W_{уп2} = K_m. \quad (14)$$

Выражения (13) и (14) являются крайними случаями, причем условие (13) с учетом (7) и (8) приводит к $W_{уп2} = W_{уп1}$ и в этом случае устраняется необходимость переключения структуры.

Выражение (14) соответствует случаю $W_{уп1} \neq W_{уп2}$, что требует переключения структуры упредителей, но приводит к наилучшей обработке внутренних возмущений, а передаточная функция вида $W_{уп1} = W_0^*$ - к наилучшей обработке внешних возмущений.

При $W_{уп2} = K_m = K_0$ переходный процесс системы протекает без перерегулирования и при достаточно большом коэффициенте усиления регулятора

$$T_{эТ}^2 = T_m^2 = T_0^2. \quad (15)$$

Это условие свидетельствует, что при $W_{уп2} = K_0$ предельной переходной характеристикой замкнутой системы является переходная характеристика инерционного объекта при подаче на него соответствующего калиброванного скачка, и позволяет определить T_0^2 в замкнутой системе при $W_{уп2} = K_0$.

В основу адаптивной подстройки основных параметров системы положен принцип самонастройки по прогнозируемым моделям, причем в первоначальный момент работы прогнозируемые значения параметров равны исходным значениям, установленным оператором, а в последующие циклы - значениям параметров, полученным в предыдущие циклы адаптации. Адаптация эквивалентной постоянной времени моделей производится по формуле

$$T_m^2(t_j) = T_m^2(t_{j-1}) \frac{T_0(t_j)}{T_m(t_j)}. \quad (16)$$

Адаптация времени запаздывания производится по формуле

$$\tau_m(t_j) = \tau_m(t_{j-1}) \pm \Delta \tau(t_j) = \tau_0(t_j), \quad (17)$$

где t_j и t_{j-1} - текущий и предыдущий циклы адаптации, при $j = 1$ имеет место первоначальный цикл адаптации, при котором

$$\begin{aligned} \hat{\tau}_m(t_{j-1}) &= \hat{\tau}_m^{исх}; \\ \Delta \hat{\tau} &= |\hat{\tau}_0(t_j) - \hat{\tau}_m(t_j)|. \end{aligned}$$

Адаптация коэффициентов усиления осуществляется непрерывно с частотой квантования входных аналоговых сигналов с выхода объекта (X_0) и полной модели объекта (X_m) по формуле

$$\begin{aligned} K_m(T_i^k) &= K_{уп1}(T_i^k) = K_{уп2}(T_i^k) = \\ &= K_0(T_i^k) = K_m(T_{i-1}^k) \frac{X_0(T_j^k)}{X_m(T_j^k)}, \end{aligned} \quad (18)$$

где $T_j^k = \frac{1}{f_k}$ - период квантования входных сигналов;
 T_j^k и T_{i-1}^k - текущий и предыдущий циклы адаптации, при $i = 1$ имеет место первоначальный цикл адаптации коэффициентов усиления, при котором

$$K_m(T_{j-1}^k) = K_m^{исх}.$$

Адаптация коэффициента усиления регулятора осуществляется с помощью коэффициента подстройки коэффициента усиления регулятора α_p по формуле

$$\alpha_p(T_i) = \alpha_p(T_{i-1}) \frac{X_m(T_i)}{X_0(T_i)}, \quad (19)$$

причем при $i = 1$ $\alpha_p(T_1) = \alpha_{исх}$.

При выполнении условий (7) и (8) имеет место компенсация инерционности и упреждения запаздывания. При этом сигнал с второго упредителя является по существу предсказанием значения выходного сигнала X на временном интервале $\hat{\tau}_0$. Он информирует регулятор о влиянии оказанного им управляющего воздействия на регулируемую переменную. Поэтому регулятор не вызывает перерегулирование при заданном значении сигнала рассогласования. Обратная связь по регулируемой переменной необходима для того, чтобы чувствовать влияние возмущений, действующих на объект. Наличие обратной связи $X_{ос}$ обуславливает необходимость включения сигнала обратной связи $X_m = X_{ос}$, для предотвращения двукратной реакции регулятора на собственное регулирующее воздействие (с выхода упредителя) и на обратную связь $X_{ос}$ через время $\hat{\tau}_0$.

Таким образом, если условия (7) и (8) выполняются, то структурная схема системы (фиг. 1) может быть преобразована в схему, в которой запаздывание выносится за контур регу-

лирования. Это позволяет выбрать передаточную функцию регулятора так, как если бы процесс не имел запаздывания.

Фактически реакция замкнутой системы X является в этом случае задержанной версией реакции системы без запаздывания. Система при этом способна работать с максимальной скоростью и имеет лучшую реакцию.

Дополнительное введение адаптивной подстройки эквивалентной постоянной времени модели системы (первого 6 и второго 8 упредителей) и времени изодрома наряду с адаптивной подстройкой времени запаздывания и коэффициентов усиления позволяет сохранять первоначально заданное быстродействие системы в любом диапазоне изменения K_0 , $\hat{\tau}_0$ и T_0^a .

Переключение структуры упредителей позволяет, как и в прототипе, повысить точность при обработке как внутренних, так и внешних возмущений.

Адаптивная система управления для объектов с запаздыванием работает следующим образом.

В исходном состоянии системой произведена обработка задания X_3 , поступающего с задатчика 1, или внутренних возмущений f_1 , или внешних f_2 (фиг. 1). Регулируемая величина X находится в допустимой зоне регулирования. Ошибки рассогласования ε и регулирования ε_p малы. В блоке 9 подстройки коэффициентов хранятся коды усиления упредителей 6 и 8 (при первоначальном включении - прогнозируемые значения $K_m = K_{мисх}$, а после адаптивной подстройки - $K_{уп1} = K_{уп2} = K_0$) и код подстройки коэффициента усиления регулятора 4 (при первоначальном включении - прогнозируемое значение, например $\alpha_{исх} = 1$, а после адаптивной подстройки α_p). Переключатель 12 находится в исходном состоянии, его контакты 13 и 14 - в положении, показанном на фиг. 1. В установившемся состоянии триггеры 49 и 58 переключателя 12 находятся в единичном состоянии (фиг. 5). В блоке 10 хранится код запаздывания: при первоначальном включении системы - прогнозируемое значение, а после адаптивной подстройки $\hat{\tau}_m = \hat{\tau}_0$. Модель 7 настроена.

В работе системы можно выделить три основных режима: адаптации, отработки внутренних возмущений и отработки внешних возмущений (или задания).

Режим адаптации осуществляется при установившемся состоянии системы путем подачи калиброванного скачка с помощью тумблера 67 (фиг. 6) либо при изменении задания с задатчика 1 (фиг. 1).

При этом в блок 10 подстройки запаздывания подается команда "Сброс", включающая его в работу. Сигналы X и X_m появляются на выходах объекта и модели (фиг. 1) соответственно через время запаздывания τ_0 и τ_m . Начало изменения сигналов на выходе объекта 5 и модели (последовательно соединенные блоки 6 и 7) определяется соответственно с помощью усилителей 30 и 32, которые формируют пороговые потенциалы переключения для триггеров 31 и 33 (фиг. 3) практически без задержки. При этом если первым в единичное состояние устанавливается триггер 33, то $\tau_m < \tau_0$. В этом случае сигналом с второго выхода дешифратора 34 (см. таблицу) счетчик 35 устанавливается в режим сложения, с управляемого генератора 37 опорной частоты снимается запрет на генерацию и в счетчик 35 заносится дополнительное количество импульсов, пропорциональное разности $\tau_0 - \tau_m$. Генерация управляемого генератора 37 в рассматриваемом случае прекращается, когда триггер 31 также устанавливается в единичное состояние, так как при этом с четвертого выхода дешифратора на него поступает запрещающий сигнал.

№ пп	Триггер 29	Триггер 31	Управляющий сигнал
1	2	3	4
1	0	0	"Запрет генерации 35"
2	0	1	"Сложение 33" - "Разрешение генерации 35"
3	1	0	"Вычитание 33" -

Продолжение таблицы

1	2	3	4
5			"Разрешение генерации 35"
4	1	1	"Запрет генерации 35"
10	0	0	Исходный "Сброс" - "Адаптация запаздывания"

Во втором случае счетчик 35 устанавливается в режим вычитания сигналом с третьего выхода дешифратора 34, при этом из содержимого счетчика 35 вычитаются импульсы, т.е. реализуется аналогичным образом зависимость $\tau_0 - \tau_m$.

Установка прогнозируемого (исходного) времени запаздывания $\tau_{3M}^{исх}$ в счетчике 35 производится задатчиком 36 запаздывания. Блок 38 управления блока 10 осуществляет подстройку запаздывания в модели 7.

При адаптации времени запаздывания модели подстройка коэффициентов усиления с помощью блока 9 и подстройка эквивалентной постоянной времени модели с помощью блока 15 запрещены сигналом с второго выхода блока 10 подстройки запаздывания (четвертого выхода дешифратора 34, фиг. 3). Этот запрет необходим для устранения неопределенности при делении выходных сигналов X и X_m на временном интервале запаздывания. Когда на четвертом выходе дешифратора 34 появляется разрешающий сигнал, запрет снимается.

Сигнал исходного сброса в блок 10 приводит к переключению счетчика 85 блока управления (фиг. 6), при этом в блок 9 подстройки коэффициентов подается второй сигнал, разрешающий совместно с сигналом блока 10 (через схему 48 совпадения на фиг. 4) адаптацию коэффициента усиления. Обязательным условием для адаптации должно быть наличие сигнала "Разрешение" с выхода переключателя 12 структуры на третий вход блока 9 подстройки коэффициентов. Это условие выполняется при отсутствии внешних возмущений, так как с нулевого выхода триггера 48 в режиме адаптации подается

разрешающий сигнал. Адаптация коэффициентов осуществляется в циклом T_i , при этом в каждом цикле адаптации преобразуется два сигнала: с выхода объекта 5 (X) и с выхода модели 7 с регулируемым запаздыванием, выход которой является выходом полной модели (X_M). Значения X и X_M при наличии сигнала "Разрешение" на управляющем входе аналого-цифрового преобразователя 39 (фиг. 4) поступают в цифровой форме в блок 40 деления, где находится отношение сигналов X/X_M , которое передается в блок 41 умножения. Далее в блоке 40 деления определяется коэффициент α_p путем деления исходного значения $\alpha_{исх}$ (или значения предыдущего цикла) на отношение X/X_M . Новое значение $\alpha_p(T_i)$ передается во второй регистр 46. В блоке 41 аналогичным образом, но путем умножения исходного значения $K_M^{исх}$ (или значения предыдущего цикла) на отношение X/X_M определяется коэффициент $K_M = K_0$. Новое значение $K_0(T_i)$ передается в первый регистр 43. Из первого 43 и второго 46 регистров значения коэффициентов очередного цикла адаптации поступают в цифроаналоговые преобразователи 44 и 47. Первый цифроаналоговый преобразователь 44 (фиг. 4) используется для подстройки упределителей 6 и 8. Второй цифроаналоговый преобразователь предназначен для подстройки блока 3 умножения. Для занесения прогнозируемых (исходных) значений коэффициентов используются задатчики 42 и 45.

Второй этап адаптации связан с отключением оператором пробного скачка с помощью тумблера 67 (фиг. 6) при светящихся светодиодах блока 64 индикации. В этом случае в блоке 16 управления формируется второй сигнал "Сброс" в блок 10 подстройки запаздывания, а счетчик 87 управления переключается в состояние, при котором разрешена адаптация эквивалентной постоянной времени модели (упределителей). Однако, как и при адаптации коэффициента усиления, для адаптации эквивалентной постоянной времени необходимо выполнение еще одного условия: окончания процесса адаптации времени запаздывания. При этом блок 15 (фиг. 2) работает следующим образом.

В первый 19 и второй 20 сумматоры с помощью задатчика 21 занесен код

калиброванного скачка. На первых входах элементов И 27-29 находится разрешающий сигнал с блока 10 об окончании адаптации времени запаздывания, на вторых входах элементов И - сигналы "1 разрешение T_3 " с третьего выхода счетчика 85 блока 16 управления (фиг. 6). Разрешающие сигналы "1 Разрешение X " и "2 Разрешение X_M ", поступающая попеременно с выходов элементов И 27 и 28, управляют занесением в первый 19 и второй 20 сумматоры соответственно кодов X и X_M с выходных кодовых шин блока 9 подстройки коэффициентов.

Сумматоры 19 и 20 определяют разность величин, причем выходные коды сумматоров 19 и 20 подаются на выходы блока 22 деления с нулевых выходов.

В результате каждого цикла преобразования производятся вычисления с помощью блока 22 деления, блока 23 умножения и регистра 24, но результат вычислений не заносится в регистр 24, так как не является окончательными в каждом цикле двух преобразований X и X_M (в отличие от адаптации коэффициентов усиления). Окончательный результат вычисления фиксируется только по завершении переходного процесса, о чем свидетельствует сигнал "2 Разрешение T_3 ", поступающий на второй вход элемента И 29 с выхода блока 16 управления. Этот сигнал через элемент И 29 проходит на синхровход регистра 29, осуществляя занесение в него нового значения кода эквивалентной постоянной времени. Первоначальное (промежуточное) значение $T_M^{э.исх}$ заносится в регистр 24 с помощью задатчика 26 кода. Выходы регистра 29 управляют цифроаналоговым преобразователем 25, который по трем каналам осуществляет подстройку эквивалентных постоянных времени первого 6 и второго 8 упределителей и времени изодрома регулятора 4.

По окончании адаптации эквивалентной постоянной времени блок 16 управления устанавливается в "0", что приводит к появлению сигнала "Разрешение K ", который разрешает адаптацию только коэффициента усиления. Это состояние системы является исходным.

В исходном состоянии системой произведена отработка задания, поступа-

ющего с задатчика 1. Регулируемая величина K находится в допустимой зоне регулирования [4]. Ошибки рассогласования ε и регулирования ε_p малы. В блоке 9 подстройки запаздывания хранятся код коэффициентов упредителей 6 и 8 (при первоначальном включении системы прогнозируемое значение $K_M = K_M^{исх}$, после адаптивной подстройки $K_1 = K_2 = K_0$) и код подстройки коэффициента усиления регулятора для блока 3 умножения (при первоначальном включении прогнозируемое значение $\alpha'_{исх} = 1$, а после адаптивной подстройки α'_p). В блоке 10 подстройки запаздывания хранится код запаздывания. Модель 7 с регулируемым запаздыванием настроена. В блоке 15 подстройки хранится код эквивалентной постоянной времени (при первоначальном включении прогнозируемое значение $T_M^{исх}$, а после адаптивной подстройки $T_M^3 = T_0^3$). Упредители 6 и 8 настроены, а время изодрома регулятора $T_M = T_M^3 = T_0^3$. Переключатель 12 структуры находится в исходном состоянии, его контакты 13 и 14 - в положении, показанном на фиг. 1.

При возникновении внутренних возмущений f_1 переключатель 12 структуры не изменяет своего состояния. Отработка f_1 производится по трем контурам регулирования. Второй упредитель 8, нормально закрытый контакт 14 переключателя 12, сравнивающий элемент 2, блок 3 умножения и регулятор 4 представляют первый контур регулирования, являющийся внутренним быстродействующим контуром. При этом через второй упредитель 8 осуществляется упреждение запаздывания объекта 5. Второй контур регулирования первый упредитель 6, модель 7 с регулируемым запаздыванием, сравнивающий элемент 2, блок 3 умножения и регулятор 4 - вырабатывает сигнал компенсации инерционности. Третий контур регулирования является основным и осуществляет регулирование выходной величины, которая через отрицательную обратную связь подается на выход системы. Объект 5, сравнивающий элемент 2, блок 3 умножения и регулятор 4 образуют третий контур регулирования.

Наличие в первом быстродействующем контуре регулирования упредителя 8 с передаточной функцией, равной

коэффициенту усиления объекта 5, приводит к повышению динамической точности отработки внутренних возмущений. Обеспечение работы системы с большим коэффициентом усиления регулятора при адаптивной подстройке эквивалентной постоянной времени упредителей и времени изодрома регулятора приводит к дополнительному улучшению переднего фронта выходного сигнала.

В случае внешних возмущений f_2 (например, при изменении нагрузки) с помощью дифференциатора 11 переключатель 12 изменяет состояние контактов 13 и 14 и к четвертому входу сравнивающего элемента 2 подключается более инерционный упредитель 6 с передаточной функцией, равной передаточной функции объекта 5 без запаздывания. В этом случае на выходной сигнал X накладывается сигнал f_2^* , который получается при воздействии сигнала $X_{ос2}^*$ со стороны сравнивающего элемента 2, на выходе которого появляется рассогласование ε .

При этом благодаря более высокому коэффициенту усиления регулятора стабилизация выходной величины протекает быстрее. Первый контур регулирования при отработке возмущения включает f_2 , сравнивающий элемент 2, блок 3 умножения, регулятор 4, первый упредитель 6, нормально разомкнутый контакт 13 и сравнивающий элемент 2, второй контур - сравнивающий элемент 2, блок 3 умножения, регулятор 4, первый упредитель 6, модель 7 с регулируемым запаздыванием и сравнивающий элемент 2, третий контур - сравнивающий элемент 2, блок 3 умножения, регулятор 4, объект 5 и сравнивающий элемент 2. Таким образом, при отработке внешних возмущений регулятор 4 практически без задержки начинает их отработку для того, чтобы стабилизировать выходную величину X в допустимой зоне [4], как и в прототипе, но при большем значении регулирующего воздействия X_p , которое ослабляется инерционным упредителем 6 точнее, чем в прототипе, благодаря адаптивной настройке эквивалентной постоянной времени и более точному значению коэффициентов усиления упредителей 6 и 8.

При отработке внешних возмущений вводится запрет на адаптацию коэффи-

циента усиления упредителей 6 и 8 и коэффициента усиления регулятора.

Обработка задания X_3 в системе происходит аналогично обработке внешних возмущений f_2 , но с противоположным знаком, так как задание подается на первый (суммирующий) вход сравнивающего элемента от оператора через задатчик 1. При этом в переключатель 12 структуры подается сигнал, аналогичный по действию сигналу с выхода дифференциатора 11.

Таким образом, введение в адаптивную систему управления дополнительного блока подстройки эквивалентной постоянной времени, связанного с известными блоками новыми функциональными связями, позволяет повысить быстродействие и динамическую точность системы в широком диапазоне изменения характеристик объекта и, кроме того, использовать такую систему в качестве адаптивного идентификатора инерционных объектов в замкнутой системе.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

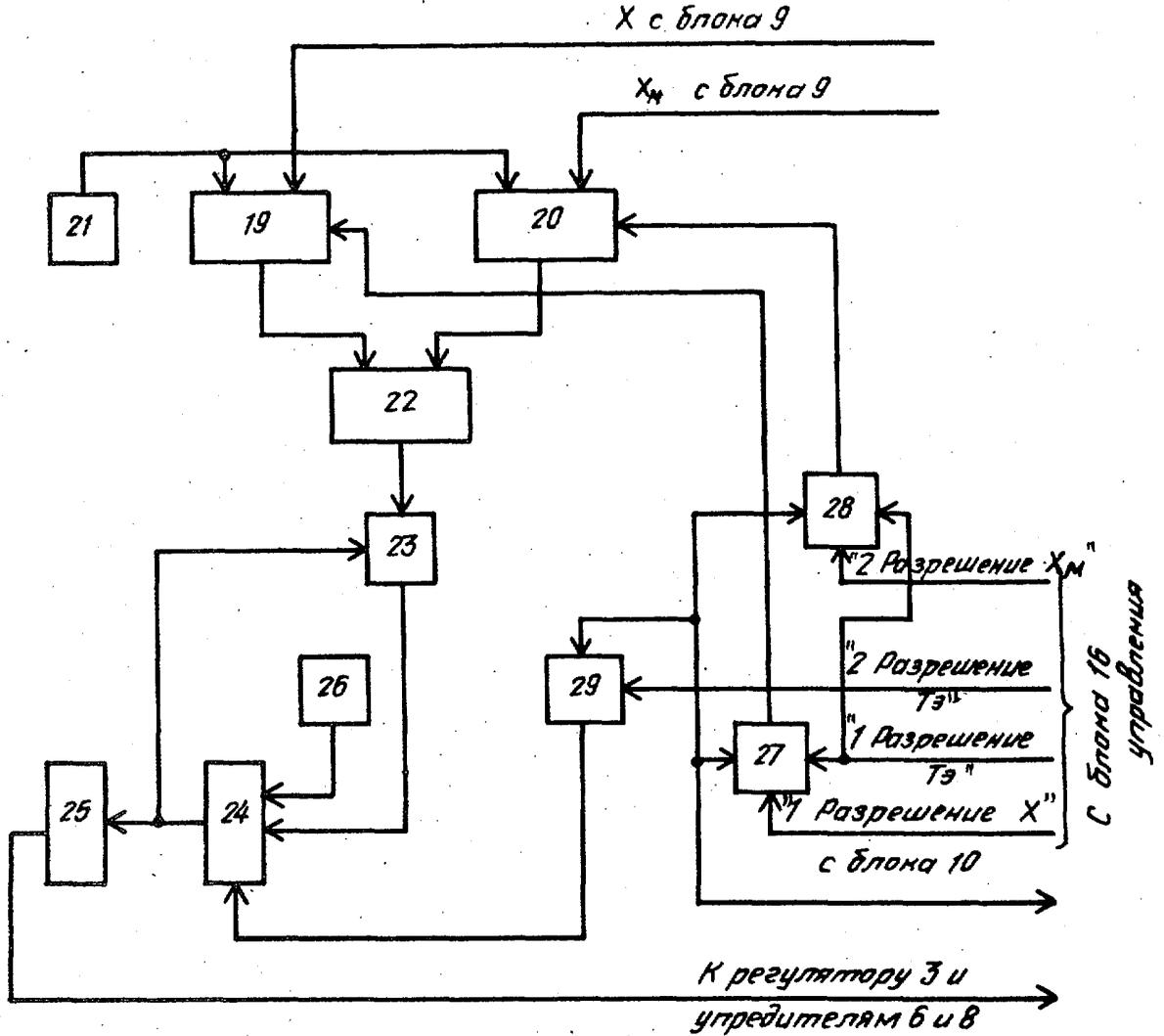
1. Адаптивная система управления для объектов с запаздыванием, содержащая задатчик, подключенный выходом к первому входу сравнивающего элемента, второй вход которого соединен с выходом объекта и первыми входами блока подстройки запаздывания и блока подстройки коэффициентов, а выход - с первым входом блока умножения, второй вход которого подключен к первому выходу блока подстройки коэффициентов, а выход - к первому входу регулятора, подсоединенного выходом к входу объекта, вторые входы блока подстройки коэффициентов и блока подстройки запаздывания подключены к третьему входу сравнивающего элемента, а второй выход блока подстройки коэффициентов - к первым входам первого и второго упредителей, подсоединенных вторыми входами к входу объекта, выход первого упредителя подключен к нормально открытому контакту переключателя структуры и первому входу модели с регулируемым запаздыванием, второй вход которой соединен с первым выходом блока подстройки запаздывания, а выход - с третьим входом сравнивающего элемента, выход второго упредителя через нормально закрытый контакт переключате-

ля структуры подключен к четвертому входу сравнивающего элемента, пятый вход которого подсоединен к первому выходу блока управления, выходы датчика нагрузки и датчика расхода топлива подключены соответственно к первому и второму входам дифференциатора, подсоединенного выходом к первому входу переключателя структуры, второй вход которого подключен к второму входу сравнивающего элемента, третий вход к второму выходу блока управления, а выход - к третьему входу блока подстройки коэффициентов, отличающаяся тем, что, с целью повышения быстродействия и динамической точности в широком диапазоне изменения характеристик объекта, в нее введен блок подстройки эквивалентной постоянной времени, первые входы которого подсоединены к третьим выходам блока управления, третьему входу блока подстройки запаздывания и пятому входу блока подстройки коэффициентов, второй вход подключен к четвертому входу блока подстройки коэффициентов и к второму выходу блока подстройки запаздывания, входные кодовые шины соединены с двумя группами выходных кодовых шин блока подстройки коэффициентов, а выходы соединены с вторым входом регулятора и третьими входами первого и второго упредителей.

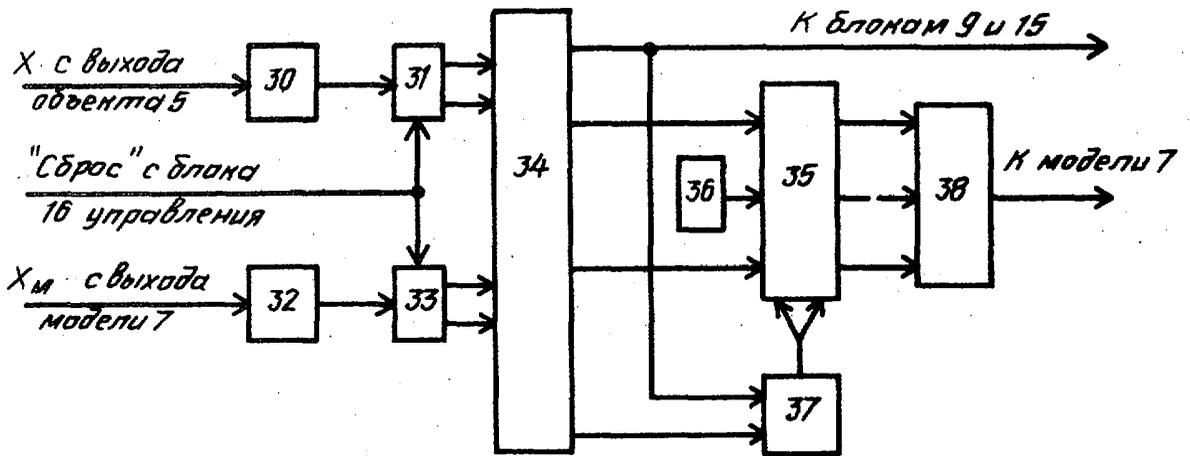
2. Система по п. 1, отличающаяся тем, что блок подстройки эквивалентной постоянной времени содержит первый и второй сумматоры, подключенные первыми входами к кодовым шинам, вторыми входами - к выходам задатчика калиброванного скачка, входами управления - к выходам соответственно первого и второго элементов И, а выходами - соответственно к первым и вторым входным шинам блока деления, выходные шины которого соединены с первыми входными шинами блока умножения, подключенного вторыми входными шинами к выходным кодовым шинам регистра и входным кодовым шинам цифроаналогового преобразователя, а выходными шинами - к первым единичным входам регистра, вторые единичные входы которого подсоединены к выходам задатчика кода, а вход управления - к выходу третьего элемента И, первые входы элементов И подключены к второму входу блока,

первые входы которого соединены с вторыми и третьими входами элемен-

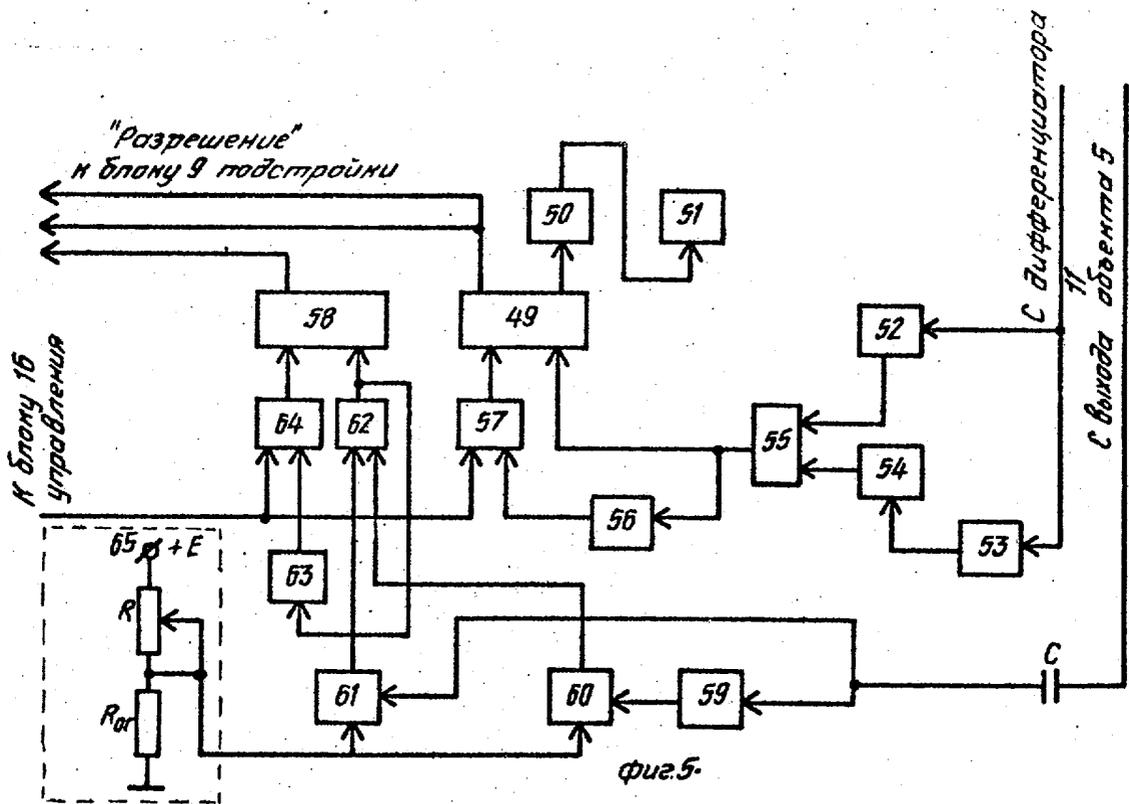
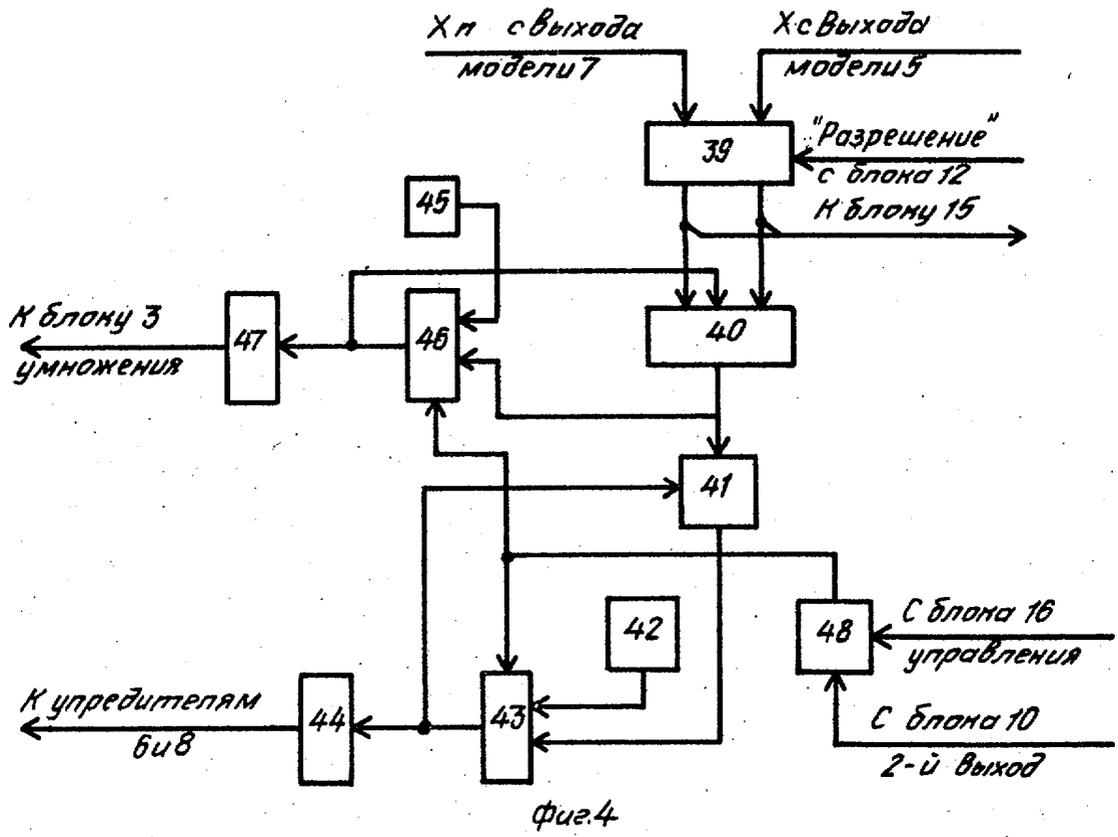
тов И, а выходы - с выходами цифро-аналогового преобразователя.

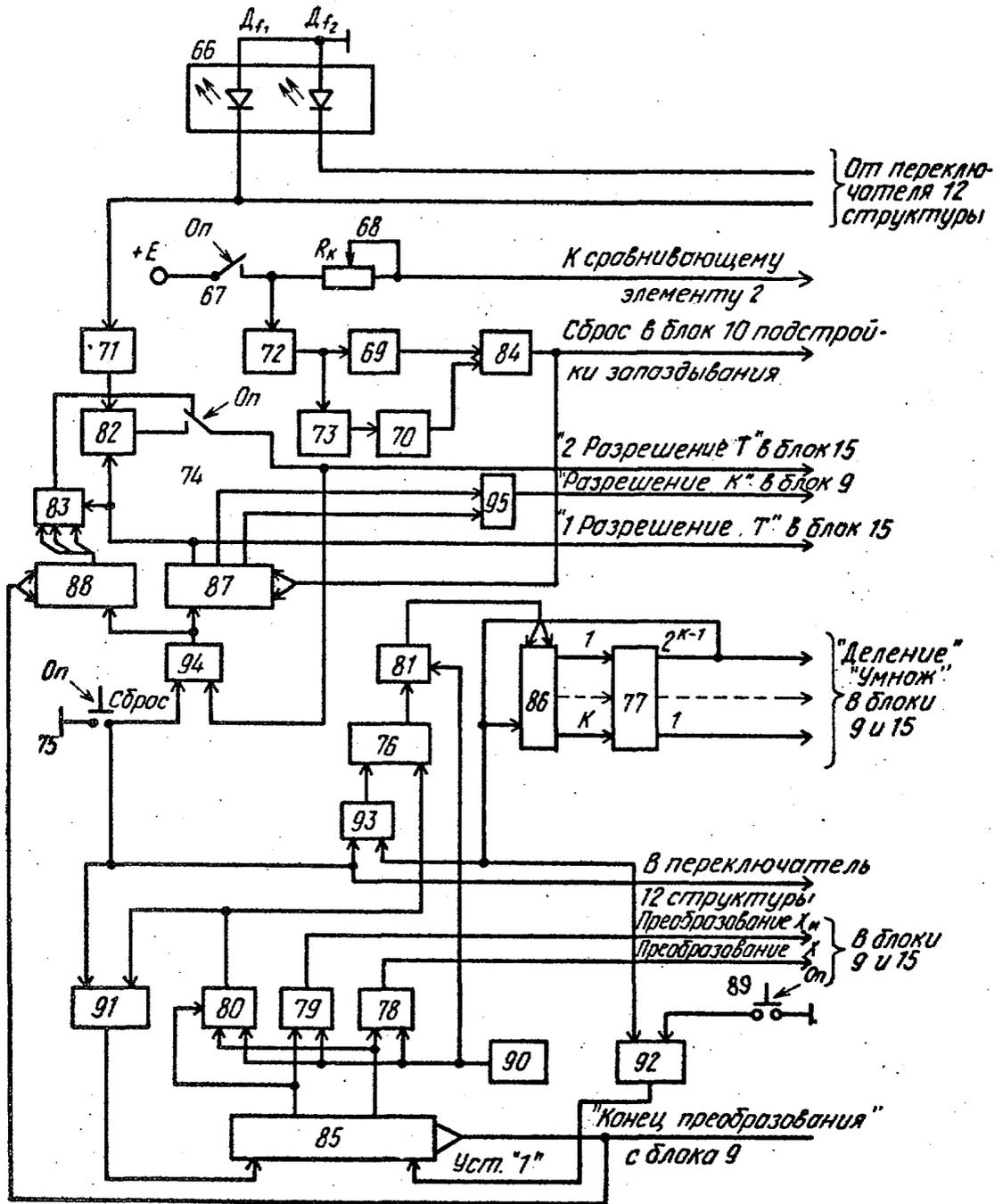


фиг.2



фиг.3





Фиг. 6

Составитель В. Башкиров
 Редактор А. Огар Техред Л. Сердюкова Корректор Л. Патай

Заказ 1889/43 Тираж 864 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5