

Самсонов, В.В., Самсонов, В.В., Samsonov, V.
Сильвестров, А.М., Сильвестров, А.М., Silvestrov, A.

АДАПТАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

В статье рассматриваются вопросы адаптации систем управления к объекту на основе корректных методов его идентификации, адаптации процесса идентификации в нестационарности стохастичную процессов.

Ключевые слова: система управления, технологический процесс, методы идентификации.

АДАПТАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

В статті розглядаються питання адаптація систем управління до об'єкта на основі коректних методів його ідентифікації, адаптації процесу ідентифікації до нестационарності стохастичную процесів.

Ключові слова: система управління, технологічний процес, методи ідентифікації.

ADAPTING THE SYSTEM CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

The paper deals with the adaptation of management systems to an object-based methods for its correct identification, the identification process of adaptation to non-stationary processes stohastychnuyu.

Keywords: management system, process, methods of identification.

Для того, чтобы продукция производителя попала на мировой рынок и составила конкуренцию зарубежным образцам, необходимо не просто автоматизировать процесс ее производства, но и внедрить самые эффективные принципы управления: это адаптация систем управления к объекту на основе корректных методов его идентификации, адаптации процесса идентификации к нестационарности стохастичных процессов, что происходят в объекте управления, адаптация эталонных моделей, оптимизация установок и процесса стабилизации соответствующих переменных окружающего объект.

Рассмотрим применение этих принципов на примере АСУТП вытягивания кварцевой трубки заданного диаметру $d_{вн}$ и толщины стенки $\delta_{ст}$ из стеклоблока, что имеет соответственно внешний $D_з$ и внутренний $D_{вн}$ диаметры.

Блок разогревается до температуры t^0 размягчения и под усилием $F_{вытяг}$ и давления $P_{азота}$ изнутри он вытягивается в трубку. Если скорость подачи блока $U_{бл}$, а вытягивание трубки - $U_{тр}$, то по условию неизменности массы, получим соотношение

$$(D_з^2 - D_{вн}^2) / (d_з^2 - d_{вн}^2) = U_{тр} / U_{бл} \quad (1)$$

или через толщину стенки трубки

$$\delta_{ст}(2d_{вн} + \delta_{ст}) = U_{бл}(D_з^2 - D_{вн}^2) / U_{тр} \quad (2)$$

Формула (2) указывает на взаимосвязь $d_{вн}$ и $\delta_{ст}$. Поэтому объект управления следует рассматривать как многомерный с перекрестными связями. Чтобы обеспечить стабильность $d_{вн}$ и $\delta_{ст}$ необходимо одновременно изменять давление $P_{азота}$ и скорость $U_{тр}$ вытягивания трубки. Кроме того, следует стабилизировать скорость $U_{бл}$ подачи блока, температуру t^0 , вязкость η разогретой стекломассы или усилие вытягивания (момент $M(\eta)$).

Физико-химические свойства блока выступают как стохастические возмущения, компенсировать действия которых должна система автоматического управления. Построим такую систему на основе принципов, которые изложены в работах [1,2,3].

Для ограниченных отклонений от номинального режима и интервала времени нелинейный нестационарный стохастический процесс, что протекает в объекте может быть представлен стационарным векторно-матричным дифференциальным оператором

$$L(t)X_g(T) = \bar{L}(t)U(t) \quad (3)$$

или матричной передаточной функцией $W(s)$, если воспользоваться преобразованием Лапласа:

$$X_g(s) = W(s)U(s), \quad (4)$$

где X_g - вектор – функция выходных величин объекта, δ_{cm} , d_{gn} , $U_{\bar{\alpha}i}$, t^0 , $M(\eta)$; $U(s)$ - входных: U_{mp} , $P_{азота}$, $U_{\bar{\alpha}i}^*$, тока I нагревателя блока, угловой скорости Ω вентилятора обдува блока при его местном перегреве. На рисунке раскрыта структура $W(s)$, которая имеет перекрестную связь первого и второго каналов (передаточные функции w_{12} и w_{21}). Влияние других каналов на названные учтено параметрическим возмущением ξ , что воздействует на $w_{ij}, i, j = 1, 2$, кроме того имеет место сигнальные возмущения от неустойчивости $\delta U_{\bar{\alpha}i}^*$ скорости $U_{\bar{\alpha}i}$ и влияния t^0 на $M(\eta)$. Для их компенсации система имеет ПИ - регуляторы по отдельным каналам, а для решения первого и второго дополнительно включен диаганализатор $w_g(s)$. Исходя из условия, что

$$W_g(s)W(s) = \text{diag}W(s) \quad (5)$$

определяют операторы w_{ij}^g диаганализатора:

$$w_{12}^g(s) = -w_{12}w_{11}^{-1}(s), w_{21}^g(s) = -w_{21}w_{22}^{-1}(s). \quad (6)$$

Путем настройки параметров k_n и k_1 ПИ – регулятора динамика каждого из каналов приближается до динамики эталонной модели. Для этого по принципу минимальной сложности [3] аппроксимируется соответствующий канал объекта инерционным каналом первого порядка. Тогда по условию эквивалентности эталонной модели и САК i -го канала, находим коэффициенты ПИ – регулятора:

$$k_n = k_{em}k_{ij}^{-1}\tau_{ij}; k_1 = k_{em}k_{kk}^{-1}. \quad (7)$$

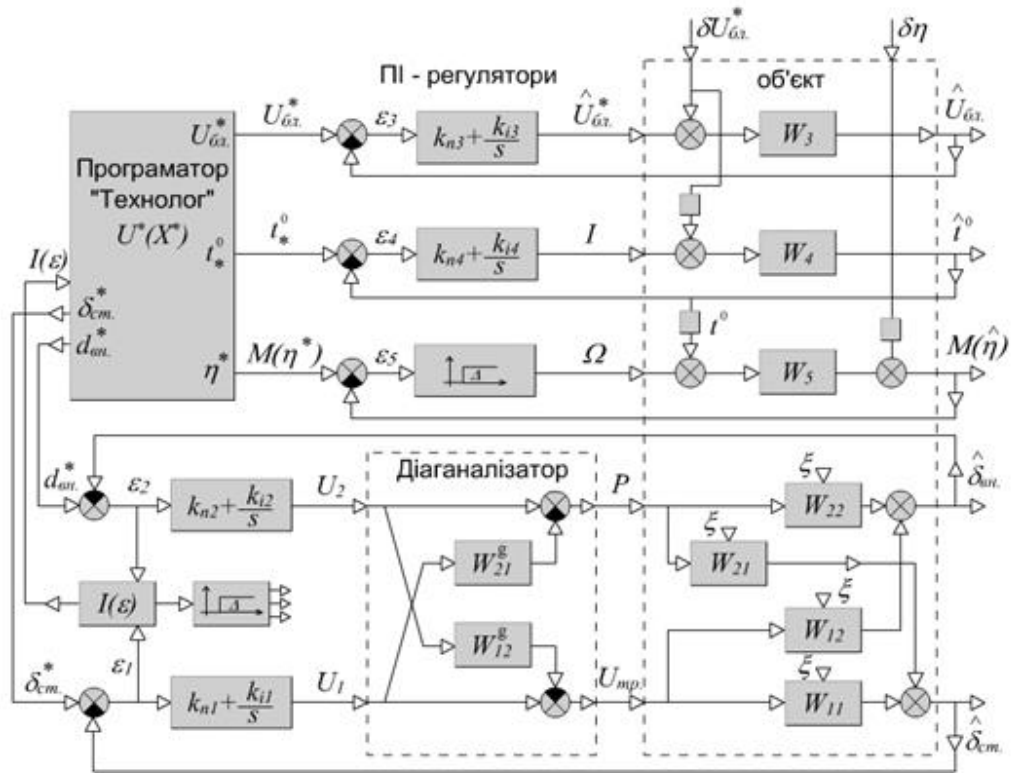


Рис. 1. Структурная схема системы управления в режиме «Работа»

Пятый канал – аварийный канал обдува блока имеет релейный регулятор, что срабатывает при условии $M(\eta^*) - M(\eta) > \Delta$.

Блок $I(\varepsilon)$ контролирует качество выходного продукта (отклонение диаметра и толщины трубки) и в случае снижения качества система переходит в режим «Обучения» (рис.2). Переход осуществляется путем размыкания ключа 3 и замыкания остальных ключей. Тогда на объект подается только программное воздействие U_0 , а также тестирующее воздействие δU . В блоке 7 определяется модель $W_u(s)$ объекта и, в соответствии с ее параметрами, блоками 8, 9 настраивается по алгоритму (6) диагностизатор $W_g(s)$ и по алгоритму (7) ПИ – регуляторы $W_p(s)$.

Режим «Обучение» обязательно осуществляется в начале процесса вытягивания трубки и может возникать в процессии вытяжки, если $I(\varepsilon) > \Delta$.

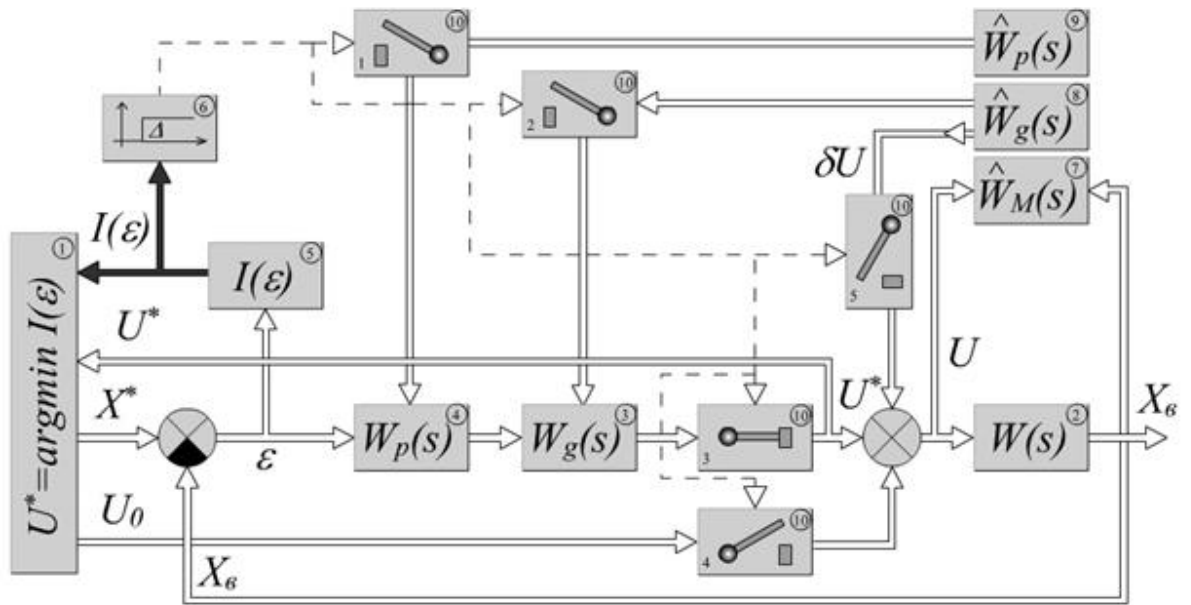


Рис.2. Структурная схема системы

Рассмотрим, как пример, процесс идентификации прямых W_{11}, W_{22} и перекрестных W_{12}, W_{21} операторов объекта в начале процесса вытягивания. В зависимости от знака отклонения $d_{\text{вн}}$ и $\delta_{\text{см}}$ от номинальных значений, начиная с плюса или минуса, с блока идентификатора подается взаимно независимая последовательность ступенек ΔP и $\Delta U_{\text{мп}}$, амплитуда которых постепенно уменьшается (рис.3).

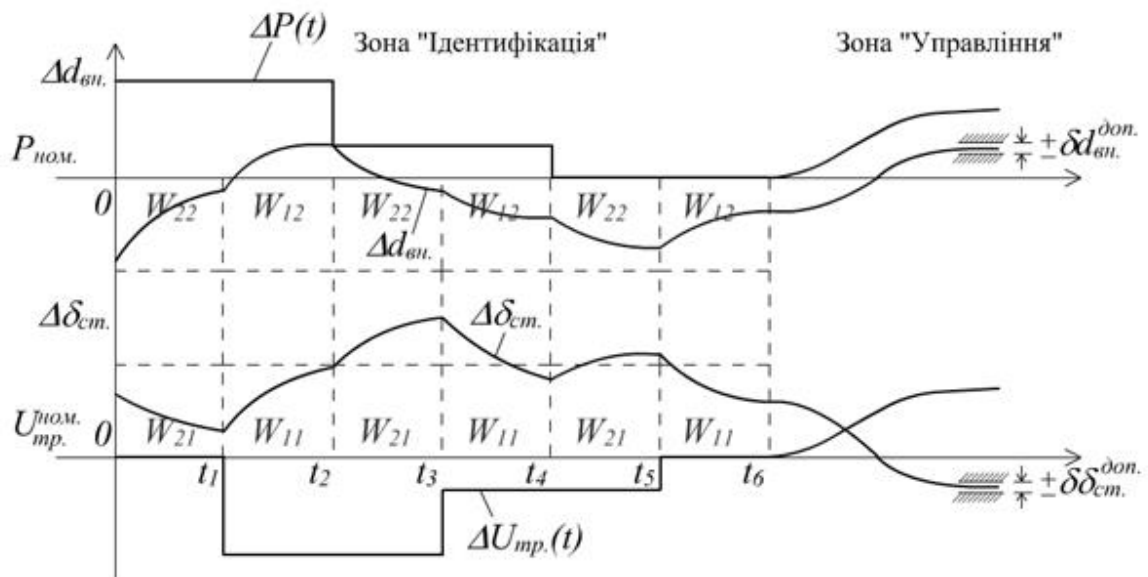


Рис.3. Графики переходных процессов по $d_{\text{вн}}$ и $\delta_{\text{см}}$.

В границах каждой ступеньки переходный процесс $\Delta d_{\text{вн}}(t)$ и $\Delta \delta_{\text{см}}(t)$ практически заканчивается и описывается экспонентой. Тогда оценка коэффициентов k_{ij} , $i=1,2$ определяется как отношение прироста выходной переменной j -го канала Δx_j к приросту соответствующий входной ΔU_i , а оценка постоянной $\hat{\tau}_{ij}$ времени – по робастному алгоритму Тьюки, как медиана упорядоченного по величине $\tau_{ij}(k)$ ряда:

$$\hat{\tau}_{ij} = \text{Me}\{\tau_{ij}(k)\}, \quad (8)$$

де $\tau_{ij}(k) = -t_k / \ln|\Delta x_j(t_k) / \Delta x_j(t_n) - 1|$, $k = \overline{0, n}$ - дискретное время конкретной деланки $[t_l, t_{l+1}]$, $l = \overline{0, 5}$. В дальнейшем уточнение оценок $\hat{k}_{ij}, \hat{\tau}_{ij}$ достигается линейной аппроксимацией их в функции амплитуды тестового сигнала:

$$\hat{k}_{ij}(\Delta P, \Delta U_{np}) = k_{ij}^* + a_1^{ij} \cdot \Delta P + a_2^{ij} \Delta U_{np}; \quad \hat{\tau}_{ij}(\Delta P, \Delta \delta_{np}) = \tau_{ij}^* + b_1^{ij} \cdot \Delta P + b_2^{ij} \Delta U_{np} \quad (9)$$

Искомыми будут k_{ij}^* и τ_{ij}^* . По определению параметров объекта по всем каналам, настраиваются параметры диаганализатора и регуляторов, ключи 1,2,4,5 размыкаются, а ключ 3 подключает САУ к объекту, т.е. система переходит в режим “Робота”.

Если в режиме “Робота” функционал $I(\varepsilon)$ значительно меньше Δ и управляющие воздействия изменяются незначительно, то в подсистему “Технолог” поступает информация о U^* , как уточняет технологическую карту режимов, т.е. соотношение $X_6^*(U^*)$ между номинальными значениями входных и выходных переменных объекта. Далее при этих значениях U^* коммутатор 3 вновь размыкается, а остальные замыкаются и система переходит в режим нониусного уточнения модели объекта. Для этого с блока 8 на соответствующие каналы подаются взаимно – и самонекоррелированные псевдо – случайные бинарные последовательности тестовых сигналов и по методу наименьших квадратов для сглаженных данных уточняются параметры k_{ij}, τ_{ij} базовых моделей, определяются ошибки аппроксимации объекта базовыми моделями и дальше тем же методом оцениваются параметры уточняющих операторов W_y нониусных моделей по уже известным условиям. А чтобы динамика соответствовала эталонной соответственно корректируется алгоритм управления путем подключения к $W_y(s)$.

В процессе нониусной идентификации контролируется значение $I(\varepsilon)$ и при приближении его до Δ система переходит в режим “Робота” с той же моделью, которую удалось определить. Этим достигается адаптивность модели к нестационарности возмущений: чем процесс стационарен, тем точнее модель и меньше значение $I(\varepsilon)$. Однако и при условии нестационарности система успевает построить базовую простую модель и обеспечить стойкость и допустимое качество процесса управления.

Кроме того, если $I(\varepsilon) \ll \Delta$, система может уменьшать инерционность эталонных моделей и соответственно каналов стабилизации технологических параметров.

Технически АСУТП реализована как иерархическая система с распределенным управлением.

Литература

1. Методы теории автоматического управления, т.2//Под ред. К.А.Пупкова. – М.:МГТУ им. Баумана, 2000, 735с.
2. Сильвестров А.Н., Чинаев П.И. Идентификация и оптимизация автоматических систем. – М.: Энергоавтоматиздат, 1983. – 280с.
3. Солодовников В.В., Бирюков В.Ф., Гумаркин В.И. Принцип сложности в теории управления. – М.: Наука, 1977. – 342с.

Опубликована: XXVI междун. науч. конф. “Математические методы в технике и технологиях (ММТТ-24)”, сб. трудов, т.6. – К.: НТТУ “КПИ”, 2011. – с.17-21