

УДК 621.396.664

А.В. Оводенко (канд. тех. наук, доц.)
Донецкий национальный технический университет
ovoda@i.ua

СИНТЕЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ДВУХУРОВНЕВЫМИ ДОПУСКАМИ

Предлагается метод синтеза структур систем автоматического контроля непрерывных технологических процессов на основе операторов порядковой логики. Предложен способ реализации гибридных непрерывно-логических систем автоматического контроля на базе релейторных логически-ориентированных процессоров.

Ключевые слова: метод синтеза, структура системы, автоматический контроль, технологический процесс, допуски, порядковая логика, релейторный процессор.

Актуальность проблемы

Анализ алгоритмов централизованного сбора и обработки сигналов контролируемых параметров в известных системах автоматического контроля технологических процессов (САК ТП) позволил выявить следующие недостатки: цикличность и априорная синхронизируемая последовательность коммутаций на входные порты устройств сопряжения с объектом (УСО) управляющего вычислительного комплекса (УВК) не зависят от их текущих значений; принятие решений по результатам контроля осуществляется только после полного цикла коммутации. Но не вся информация является одинаково ценной, то есть существует избыточная информация, не являющаяся необходимой на определенном отрезке времени, хотя на ее обработку и регистрацию затрачиваются время и ресурсы УВК. Таким образом, возрастает стоимость аппаратуры и её эксплуатации; иногда существенно задерживается выдача необходимой управляющей информации. В [1] показано, что около 70% команд затрачено на распределение избыточной информации в УВК, организацию доступа к информационным массивам, на поиск элементов информации в массивах и другие операции информационного обслуживания. По некоторым данным [2] около 90 % всех расходов на сбор и обработку всей измерительной информации тратится на избыточную.

Постановка задачі.

С целью устранения указанных недостатков предлагается методика порядково-логического синтеза адаптивных систем автоматического контроля технологических процессов для обслуживания аналоговых $x_i^e \leq x_i(t) \leq x_i^h$; $x_i^e > x_i(t) > x_i^h$, $i = \overline{1, n}$, контролируемых однородных параметров, обеспечивающих исключение информационной избыточности, где x^e, x^h - соответственно верхняя и нижняя допустимые границы параметра.

. Синтез реляторной структуры САК ТП с двухуровневым неравнозначным допусковым контролем.

Пусть объект контроля представлен матрицей (1) [7] унифицированных параметров X и функциональных контрольных точек (ФКТ) с заданной матрицей значений условных вероятностей выхода, соответственно, для верхнего и нижнего допусковых уровней $\{p^h, p^e\}$.

$$|X, X_{don}| = \begin{vmatrix} x_1 & x_1^e & x_1^h \\ \dots & \dots & \dots \\ x_n & x_n^e & x_n^h \end{vmatrix} \quad (1)$$

Возможны несколько вариантов: первый - с помощью спроектированной структуры ранжировать ряд в виде

$$x'_{i1} \geq \dots \geq x'_{in} \geq \frac{1}{2} \geq \overline{x'_{i1}} \geq \dots \geq \overline{x'_{in}}, \quad (2)$$

в котором имеют место инверсные аргументы. Сложность такого алгоритма оценивается как $S = 2^n n!$ [4, 5]. В [5] определён алгоритм минимального разложения ЛО по блокам, называемый иерархической процедурой.

Воспользуемся минимальной по сложности дихотомической процедурой. Пусть имеется матрица столбец

$$A_n^r = \begin{vmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_n \end{vmatrix}^{(r)}, r = \overline{1, n}.$$

1. Путём группировки элементов в A_n^r по два получим $n/2$ ЛО - столбцов A_2^3 с двумя элементами;

2. Вычислив каждый A_2^s для всех значений ранга $s=1,2$, получим $n/2$ новых строк длины 2;

3. Составим из них общий ЛО A_n^r с $m=2$;

4. На втором этапе, сгруппировав строки по две, получим $\frac{n}{2^2}$ ЛО A_2^s второго порядка с 2^2 элементами (в каждой строке по два элемента);

5. Вычислив каждый A_2^s для всех значений ранга $s=1,2,\dots,2^2$, получим $\frac{n}{2^2}$ новых строк длины 2^2 из которых составим новый ЛО A_n^r и т.д.

Общее число шагов оценивается как $L = \log_2 n$.

Вернёмся к синтезу структуры, позволяющей реализовать минимальный по затратам вариант. $N(i = \overline{1,n})$ ФКТ поставляют n контролируемых параметров $X = \{x_1, \dots, x_n\}, x_i \in [x_i^e, x_i^u], i = \overline{1,n}$

$$|X, X^e, X^u| = \begin{vmatrix} x_1, x_1^e, x_1^u \\ \dots \\ x_n, x_n^e, x_n^u \end{vmatrix}.$$

Воспользуемся операторами $\Pi(x, x^e), D_x(\beta)$ для каждого элемента матрицы (1), получим 3-х местный кодовый вектор $\beta = (\beta^1, \beta^2, \beta^3)(4)$. Поскольку вектор имеет только одну ненулевую координату, поэтому исключим из его состава элемент β^1 , как индуцирующий нахождение параметров в допусковой "трубке":

$$\beta^1 = \begin{cases} 1, & \text{при } \beta^2 = 0, \beta^3 = 0 \\ 0, & \text{при } \beta^2 = 1, \beta^3 = 0 \\ 0, & \text{при } \beta^2 = 0, \beta^3 = 1. \end{cases}$$

Таким образом, состояние контролируемого объекта, описываемого матрицей $|X(t), X^e, X^u|$ отображается вектором размерности $2n$:

$$\beta = \{\beta^2, \beta^3\} = \begin{vmatrix} \beta_1^2, \beta_1^3 \\ \dots \\ \beta_n^2, \beta_n^3 \end{vmatrix}. \quad (3)$$

С целью сокращения аппаратных затрат и повышения быстродействия АК, воспользуемся иерархической процедурой раскрытия ЛО. Представим кодовый вектор β , имеющий размерность $2n$, как два подвектора Z_I и Z_{II} , имеющих соответственно размерности $j = \overline{1,m}$, в частном, рассматриваемом случае, $j = \overline{1,r}$ и $i = \overline{1,n}$. Причём, вектор Z_I характеризует факт наличия выхода параметров за допусковые уровни $[x^e, x^u]$ и адреса этих уровней, вектор Z_{II} отображает адреса таковых ($i = \overline{1,n}$) параметров наличием ненулевых координат.

Сформируем кодовый вектор $(Z)_I = \{(Z^1)_I, (Z^2)_I\}$ индицирующий общее состояние параметров X :

$$\begin{aligned}(Z^1)_I &= \max(\beta_1^1, \beta_2^1, \dots, \beta_n^1) = \bigvee_{i=1}^n \beta_i^1 \\ (Z^2)_I &= \max(\beta_1^2, \beta_2^2, \dots, \beta_n^2) = \bigvee_{i=1}^n \beta_i^2.\end{aligned}\tag{4}$$

ЛО $A_2^r, r = \overline{1,2}$ раскрывается реляторной структурой процесса RP_I :

$$(Z)_I' = \left\{ (Z^1)_I', (Z^2)_I' \right\} = A_2^r = \left[\begin{array}{c} (Z^1)_I \\ (Z^2)_I \end{array} \right] = F_{RP} [(Z)_I, (S)_I, (U)_I],$$

где $(U)_I, (S)_I$ -векторы управления для реляторной структуры RP_I , формирующие задаваемый приоритет допусковым уровням (верхнему или нижнему), в зависимости от группы контролируемых параметров;

$$(Z^j)_I \in \{0,1\}; j = \overline{1,2}.$$

Вектор $(Z)_I'$ имеет только одну ненулевую координату, положение которой номером приоритетного уровня:

$$Adr_{j=\overline{1,2}}(j) = Ind [Z]' = F_{CD} [Z]',\tag{5}$$

формирует кодовый вектор $(Z)_{II} = \{(Z_1)_{II}, \dots, (Z_n)_{II}\}$ как элементы квазиматрицы для вычисления второго ЛО A_n^r

Определим значение подвектора $(Z)_{II}$. Поскольку $\beta = \{\beta^1, \beta^2\}$, то в зависимости от значения вектора $(Z)_I = \{(Z^1)_I, (Z^2)_I\}$ подвектор $(Z)_{II}$ может принимать одно из значений: β^1, β^2

$$(Z)_{II} = \max \left\{ \min \left[\beta^1, (Z^1)_I' \right], \min \left[\beta^2, (Z^2)_I' \right] \right\},\tag{6}$$

$$(Z)_{II} = \left[\begin{array}{c} (Z_1)_{II} \\ \dots \\ (Z_n)_{II} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} (Z^1)_I' \ \& \ \left[\begin{array}{c} \beta_1^1 \\ \dots \\ \beta_n^1 \end{array} \right] \\ \vee \ \left[\begin{array}{c} (Z^2)_I' \ \& \ \left[\begin{array}{c} \beta_1^2 \\ \dots \\ \beta_n^2 \end{array} \right] \end{array} \right],\tag{7}$$

$$(Z)_{II} = \{(Z_1^1)_{II}, \dots, (Z_n^1)_{II}\} \cup \{(Z_1^2)_{II}, \dots, (Z_n^2)_{II}\}.\tag{8}$$

Кодовый вектор $(Z)_{II}$ в момент контроля t_i отображается одним из значений, в зависимости от значения вектора $(Z)_I' = \{(Z^1)_I', (Z^2)_I'\}$ и содержит число ненулевых координат, равных числу параметров, значения которых в данный момент находятся за пределами допусковых уровней. Значение вектора $(Z)_{II}$ образует квазиматрицу, ЛО которой вычисляется известным образом и совпадает с функцией реляторного процессора F_{RPI} . Приоритетность и порядок определения порядково-упорядоченных членов задаётся и управляется векторами $\{(S)_{II}, (U)_{II}\}$, значения которых определяются моделью работоспособности контролируемого тракта.

$$\begin{aligned} (Z)'_{II} &= A'_n = F_{RPII} [(Z)_{II}, (S)_{II}, (U)_{II}] \\ (Z)'_{II} &= \left\{ (Z'_1)^j, \dots, (Z'_n)^j \right\}, j = \overline{1, 2} \end{aligned} \quad (9)$$

Елементи вектора $(Z)'_{II}$ содержат только одну единичную координату, независимо от числа единичных элементов вектора $(Z)_{II}$.

Далее – аналогично предыдущей структуре. Иерархическая структура САК ТП в своём составе содержит два реляторных процессора, два кодера адреса, элементы, реализующие операторы $\Pi(x), D_x \left[(Z)'_{II} \right]$ логическую сеть и изображена на рисунке 1.

Рассмотрим дальнейшую модификацию иерархической структуры САК ТП [7].

Представим для каждого параметра x_i допусковое поле, ограниченное допусковыми и аварийными уровнями соответственно $[x_i^s, x_i^a] [x_i^h, x_i^a]$. По априорно заданной погрешности определяют число уровней M , на которое может быть поделено допусковое поле. Тогда модель объекта контроля задаётся матрицей параметров и допусковых уровней соответственно: $[X, X_1^s, \dots, X_M^s; X_1^h, \dots, X_M^h]$. Текущее состояние параметров $x_i(t), i = \overline{1, n}$ посредством пороговых операторов относительно соответствующих пороговых уровней

$$\Pi_i \left[x_i; (x_i^{s_1}, \dots, x_i^{s_M}), (x_i^{h_1}, \dots, x_i^{h_M}) \right] = \beta_i \quad (10)$$

отображается кодовым вектором размерности $2M$:

$$\beta_i = \{ \beta_{i_1}, \dots, \beta_{M_i}, \beta_{(M+1)_i}, \dots, \beta_{2M_i} \}, i = \overline{1, n}.$$

Ненулевая координата одного из элементов $j = \overline{1, 2M}$ указывает текущее значение i -го параметра $i = \overline{1, n}$ в пространстве значений, заданного координатами области работоспособного состояния $(X_i^{H_1} \leq x_i(t) \leq X_i^{B_1}) [X^{B_M}, X^{H_M}]$ координатами областей (верхней и нижней) работоспособного состояния. То есть, вектор β может быть представлен квазиматрицей кодовых значений размерности $(n \times 2M)$, ЛО которой раскрывается по известному алгоритму.

С целью сокращения аппаратных затрат при реализации реляторного процесса для вычисления ЛО применим принцип иерархической декомпозиции кодовых векторов β_i по функциональному признаку

$$\beta_i = (\beta_i^I, \beta_i^H), \beta_i \in \beta = \{ \beta_1, \dots, \beta_n \}, i = \overline{1, n}, \quad (11)$$

где β_i^I - кодовый вектор, отображающий принадлежность текущего значения i -го параметра верхней или нижней области превышения заданных пороговых уровней $[X_i^B, X_i^H]$.

$$\beta^{\Pi} = \{\beta^{1(r)}, \beta^{2(r)}, \dots, \beta^{M(r)}\} = A_M^r |Z_V| = F_{RP_2} \left[\begin{array}{c} Z_V^1 \\ Z_V^2 \\ \dots \\ Z_V^M \end{array} ; U_2; S_2 \right], r = \overline{1, M} \quad (12)$$

$$\beta_i^I = \{\beta_i^{Ib}, \beta_i^{Ih}\}$$

$$\beta_i^{Ib} = \begin{cases} 1 & \text{при } x_i(t) \in R_i^+; \\ 1 & \text{при } x_i(t) \notin R_i^+, \end{cases} \quad (13)$$

$$\beta_i^{Ih} = \begin{cases} 1 & \text{при } x_i(t) \in R_i^-; \\ 1 & \text{при } x_i(t) \notin R_i^-, \end{cases}$$

β_i^{Π} – кодовый вектор, отображающий адрес j -го уровня ($j = \overline{1, M}$) R_i^+, R_i^- допусковых областей, то есть

$$x_i(t) \in R_i^+ \text{ при } x_i^{B_j} < x_i(t) < x_i^{B_{(j+1)}};$$

$$x_i(t) \in R_i^- \text{ при } x_i^{H_j} < x_i(t) < x_i^{H_{(j+1)}}.$$

Декомпозиционные элементы β_i^I, β_i^{Π} могут быть получены посредством соответствующих пороговых операторов:

$$\beta_i^I = \Pi_i^I [x_i; R_i^+; R_i^-] = \beta_i^{Ib} \beta_i^{Ih} = \Pi_i^{Ib} [x_i; R_i^+] \cdot \Pi_i^{Ih} [x_i; R_i^-]$$

$$\beta_i^{\Pi} = \Pi_i^{\Pi} [x_i; \beta_i^{Ib} \cdot (x^{B_1}, \dots, x^{B_M}) \cup \beta_i^{Ih} \cdot (x^{H_1}, \dots, x^{H_M})] \equiv \{\beta_i^1, \dots, \beta_i^M\}$$

$$i = \overline{1, n}. \quad (14)$$

Таким образом, оператор (10), согласно (11) и (12), может быть представлен произведением (композицией) элементов

$$\Pi_i [x_i; (x^{B_1}, \dots, x^{B_M}); (x^{H_1}, \dots, x^{H_M})] = \beta_i = \Pi_i^I [x_i; R_i^+; R_i^-] \cdot \Pi_i^{\Pi} [x_i; \beta_i^{Ib} \cdot (x^{B_1}, \dots, x^{B_M}) \cup \beta_i^{Ih} \cdot (x^{H_1}, \dots, x^{H_M})] =$$

$$= \beta_i^I \cdot \beta_i^{\Pi}, i = \overline{1, n}$$

Кодовый вектор $\beta_i, i = \overline{1, n}$ представляет собой каскадный унитарный код размерностью $(M+2)$ первые координаты ненулевыми значениями индицируют принадлежность текущего значения i -го параметра областям $\{R^+, R^-\}$; M – ненулевые значения координат порядковых допусковых уровней соответствующей области, лежащей ниже (выше) текущего значения $x_i(t), i = \overline{1, n}$.

В целом, вектор β можно представить как две квазиматрицы неупорядоченных значений кодовых ($i = \overline{1, n}$) векторов.

$$\beta = \left\{ \beta^{Ib} \& \begin{array}{c} \left| \begin{array}{cccc} \beta_1^1 & \beta_1^2 & \dots & \beta_1^M \\ \beta_2^1 & \beta_2^2 & \dots & \beta_2^M \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_n^1 & \beta_n^1 & \dots & \beta_n^M \end{array} \right|^B; \beta^{Ih} \& \begin{array}{c} \left| \begin{array}{cccc} \beta_1^1 & \beta_1^2 & \dots & \beta_1^M \\ \beta_2^1 & \beta_2^2 & \dots & \beta_2^M \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_n^1 & \beta_n^1 & \dots & \beta_n^M \end{array} \right|^B \end{array} \right\} \quad (15)$$

Значения вектора β образуют квазиматрицу

$$\beta^I = \begin{pmatrix} \beta_1^{Ib} & \beta_1^{Ih} \\ \beta_2^{Ib} & \beta_2^{Ih} \\ \dots & \dots \\ \beta_n^{Ib} & \beta_n^{Ih} \end{pmatrix}, \text{ где } \beta_i^{Ib}; \beta_i^{Ih} \in \{0,1\}, i=\overline{1,n},$$

применяя к которой алгоритм вычисления ЛО в ДНФ БЛ, можно задавать соотношения между его составляющими

$$(\beta^{Ib} > \beta^{Ih}) U (\beta^{Ih} > \beta^{Ib}):$$

$$\left[(\beta^{Ib})^I, (\beta^{Ih})^I \right] = A_{r=1,2}^r |\beta^I| = F_{RP_1} \left[\begin{matrix} \max(\beta_i^{Ib}) \\ \max(\beta_i^{Ih}) \end{matrix}; U_1, S_1 \right]. \quad (16)$$

Эту функцию реализует первый в иерархической структуре САК ТП реляторный процессор, который позволяет выделять и управлять во времени контролем тех или иных параметров согласно значимости для них допусковых областей R_i^+ , R_i^- и математической модели, задаваемой векторами управления

$$U = \{U_1, U_2, U_3\}; S = \{S_1, S_2, S_3\}.$$

Адрес приоритетной допусковой области задаётся двоичным кодовым вектором (β^I)

$$\text{Adr}[\beta^I(R^+, R^-)] = F_{CD_1} \left((\beta^{Ib})', (\beta^{Ih})' \right).$$

Текущее значение кодового вектора $(\beta_i^I)'$ для каждого i -го ($i=\overline{1,n}$) канала определяется как

$$\beta_i^I = \max_{K=1,2} \left\{ \left[\min \left((\beta^{Ib})', \beta_i^{Ib} \right) \right], \left[\min \left((\beta^{Ih})', \beta_i^{Ih} \right) \right] \right\}, \quad i = \overline{1,n}; \beta_i^I = \{ \beta_i^{Ib}, \beta_i^{Ih} \}$$

то есть первая ступень иерархической структуры сформирована.

На втором этапе из квазиматрицы вектора β^II выделяется квазиматрица значений векторов β_i^II , принадлежащих только приоритетной допусковой области $\{R^+\}$ или $\{R^-\}$, согласно (16):

$$Z_i = \min \left[\beta_i^I; \beta_i^I \quad \beta_i^2 \quad \dots \quad \beta_i^M \right] = \left[Z_i^1 \quad Z_i^2 \quad \dots \quad Z_i^M \right].$$

Очевидно, что значения элементов кодового вектора Z_i , будут либо нулевыми, либо равны соответственно значениям вектора β_i^II , в зависимости от соответствующих значений β_i^I .

Таким образом, значения векторов Z_i могут быть представлены квазиматрицей неупорядоченных составляющих подвекторов Z_i

$$Z_i = \left[\begin{array}{c} Z_1 \\ Z_2 \\ \dots \\ Z_n \end{array} \right] = \left[\begin{array}{cccc} Z_1^1 & Z_1^2 & \dots & Z_1^M \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_n^1 & Z_n^2 & \dots & Z_n^M \end{array} \right], i = \overline{1, n}. \quad (17)$$

Произведя логическое сложение элементов матрицы (17) по столбцам, получим М-элементный дизъюнктивный кодовый вектор:

$$Z_V = [\max(Z_1^1, \dots, Z_n^1), \max(Z_1^2, \dots, Z_n^2), \dots, \max(Z_1^M, \dots, Z_n^M)] = |Z_V^1, Z_V^2, \dots, Z_V^M|, \quad (18)$$

ненулевые координаты которого индицируют адреса допусковых уровней ($j = \overline{1, M}$), значения которых превысили параметры контролируемого объекта.

Расположив элементы вектора Z_V согласно порядковым номерам уровней ($j = \overline{1, M}$), получим квазиматрицу-столбец неупорядоченных значений, раскрывая ЛО которой A_M^r ($r = \overline{1, M}$), получим возможность сформировать для текущего момента контроля кодовый вектор β^{II} и адрес ненулевой координаты:

$$\beta^{\text{II}} = \{\beta^{1(r)}, \beta^{2(r)}, \dots, \beta^{M(r)}\} = A_M^r |Z_V| = F_{RP_2} \left[\begin{array}{c} Z_V^1 \\ Z_V^2 \\ \dots \\ Z_V^M \end{array} \right]; U_2; S_2, r = \overline{1, M} \quad (19)$$

$$\text{Adr}(\beta^1, \dots, \beta^j, \dots, \beta^M) = F_{CD_2}(\beta^1, \dots, \beta^j, \dots, \beta^M),$$

где U_2, S_2 – векторы управления приоритетности выбора параметров с j -ой ненулевой координатой вектора β^{II} . То есть процедура (19) даёт возможность упорядочить расположение элементов β^{II} согласно значимости и управляемой приоритетности.

Третий ранг иерархической структуры АК предназначен для определения адреса значений параметров, имеющих наибольшую информативность в модели объекта контроля с последующим их упорядочиванием согласно этим критериям.

Вектор адресности параметров $\beta^{\text{III}} = \{(\beta_1)^{\text{III}}, (\beta_2)^{\text{III}}, \dots, (\beta_n)^{\text{III}}\}$, имеющий только одну ненулевую координату, индицирующую адрес ФКТі ($i = \overline{1, n}$) с наиболее информативным i -м параметром, определится как

$$\beta^{\text{III}} = \{(\beta_1)^{\text{III}}, (\beta_2)^{\text{III}}, \dots, (\beta_n)^{\text{III}}\} = F_{RP_3} \left[\begin{array}{c} Z_1^V \\ Z_2^V \\ \dots \\ Z_n^V \end{array} \right]; U_3; S_3, \quad (20)$$

где Z_i^V , ($i = \overline{1, n}$) – дизъюнктивный элемент вектора Z^V определяется как

$$Z_i^V = \max_{i=1, n} \left\{ \min \left[Z_1^1, (\beta^1)^{\text{II}} \right], \dots, \min \left[Z_i^M, (\beta^M)^{\text{II}} \right] \right\}.$$

Вектор $\beta^{\text{III}} = \{(\beta_1)^{\text{III}}, (\beta_2)^{\text{III}}, \dots, (\beta_n)^{\text{III}}\}$ посредством депороговых операторов $\{D_{x_1}(\beta_1)^{\text{III}}, D_{x_2}(\beta_2)^{\text{III}}, \dots, D_{x_n}(\beta_n)^{\text{III}}\}$ позволяет выделить один из информативных аналоговых параметров $x_i(t) = \bigvee_{i=1, n} D_{x_i}(\beta_i)^{\text{III}}$.

Вектор β не только индицирует характер допусковой зоны, адрес допускового уровня и адрес параметра, а также позволяет обеспечить самотестируемость структуры.

Очевидно, индикатором исправного состояния структуры АК является наличие нулевых координат, либо отображение каждым кодовым подвектором одновременно соответственно распределительного кода $C_2^1, \dots, C_M^1, \dots, C_n^1$.

Пример трёхранговой иерархической аналоговой реляторной структуры САК ТП приведён на рисунке 3 [8, 9].

Представленная структура наделена свойствами: однородностью, самодиагностируемостью, наращиваемостью. Для её реализации необходима разработка соответствующего программного обеспечения: программного модуля по динамическому управлению приоритетами обслуживания информационных потоков. В качестве вычислительного ядра САК ТП использован процессор Pentium 4.

Для того, чтобы работа носила законченный характер рассмотрим синтез логически ориентированного процессора, называемого реляторным процессором (РП), структура которого идентична для всех приведенных вариантов. РП реализует функцию управляемого упорядочивания параметров в зависимости от их текущих значений, отклонений от их допусковых границ, от приоритетности областей отклонения, от технологических адресов параметров. В основу синтеза положен принцип формирования и раскрытия ЛО квазиматрицы входных сигналов. По своей структуре РП представляет собой управляемое «дейзи-кольцо».

Пусть входные порты $X = \{x_1, \dots, x_n\}$, $(x_i \in \{0, 1\})$, а выходные порты $Y = \{y_1, \dots, y_n\}$. Применяя оператор раскрытия ЛО в виде СДНФ, получим

$$Y = A_n^r | X | = \bigvee_{i=4}^{C_n^i} (x_1 \& x_2 \& \dots \& x_i), \text{ или}$$

$$x^{(1)}_{(adrj)} \wr x^{(2)}_{(adr1)} \wr \dots \wr x^{(n)}_{(adrk)}, \text{ что соответствует приоритету}$$

$$P_r = 1 \wr 2 \wr \dots \wr n, \text{ или в виде СКНФ}$$

$$Y = A_n^r | X | = \&_{i=1}^{C_n^i} (x_1 V x_2 V \dots V x_i), \text{ что соответствует приоритету}$$

$$P_r = n \wr (n-1) \wr \dots \wr 1. C_n^i = \frac{n!}{(n-1)! i!}, \quad i \in \overline{1, n}.$$

Поскольку эти ЛО взаимно инвертны, их можно объединить следующим образом:

$$Y = A_n^r |X| \bigwedge_{i=1}^{C_n^i} |S|, \text{ где } |S| = \{S_1, S_2\}.$$

Для увеличения числа состояний РП до $n!$ используем управляющий вектор, получим

$$|Y| = A_n^r |X| \bigwedge |S| \bigwedge |U|, \text{ где } |U| = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}.$$

Таким образом, можно управлять приоритетами и получать разные последовательности:

$$Pr_1 = 1 \{2\} \dots \{n\},$$

$$Pr_2 = 2 \{3\} \dots \{1\},$$

$$Pr_n = n \{(n-1)\} \dots \{1\}, \text{ число которых } n!.$$

Такой РП может быть выполнен на элементах двоичной логики.

Оценим эффективность предлагаемых структур САК ТП:

$$\eta = I_u / I_A = n * m / n' * (m + m_{Adr}), \text{ где}$$

I_u – количество информации, вводимое в УВК при циклическом методе обслуживания информационных потоков; I_A – количество информации, вводимое в УВК при адаптивном методе обслуживания информационных потоков; m – разрядность АЦП (УВК); n – число контролируемых параметров; m_{Adr} – число элементов технологического кода параметров, $m_{Adr} \geq \log_2 n$; $n' \leq n * m / (m + m_{Adr})$; $\xi = (n' / n) * 100\%$ – нижняя оценка эффективности адаптивной САК ТП.

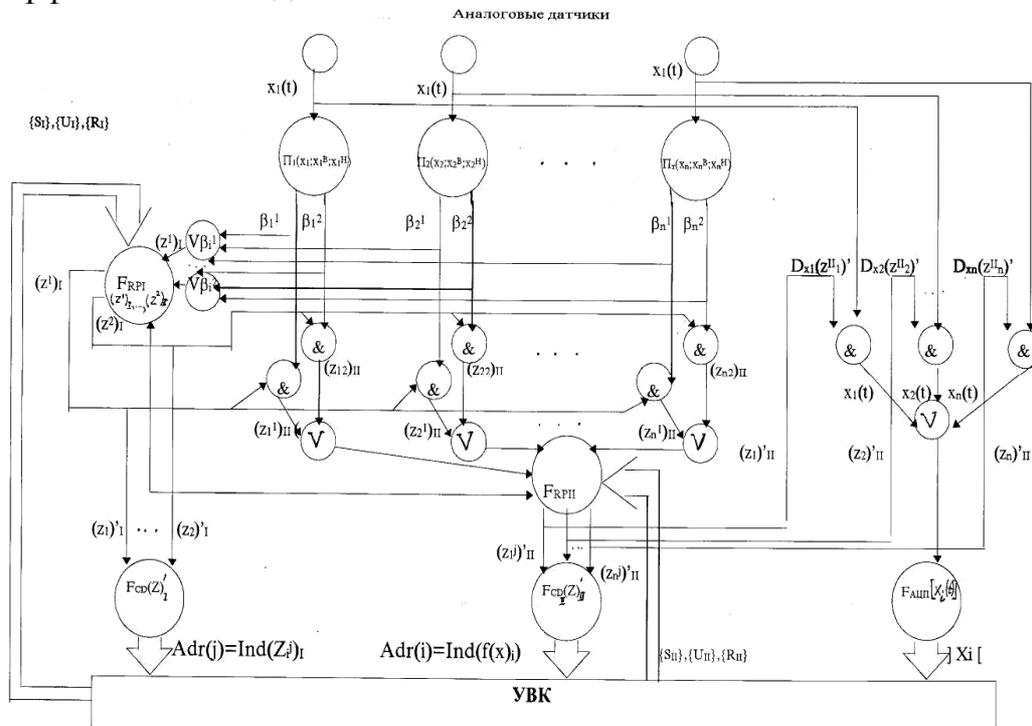


Рисунок 1 – Релейная структура САК ТП с двухуровневым эквивалентным неравнозначным контролем

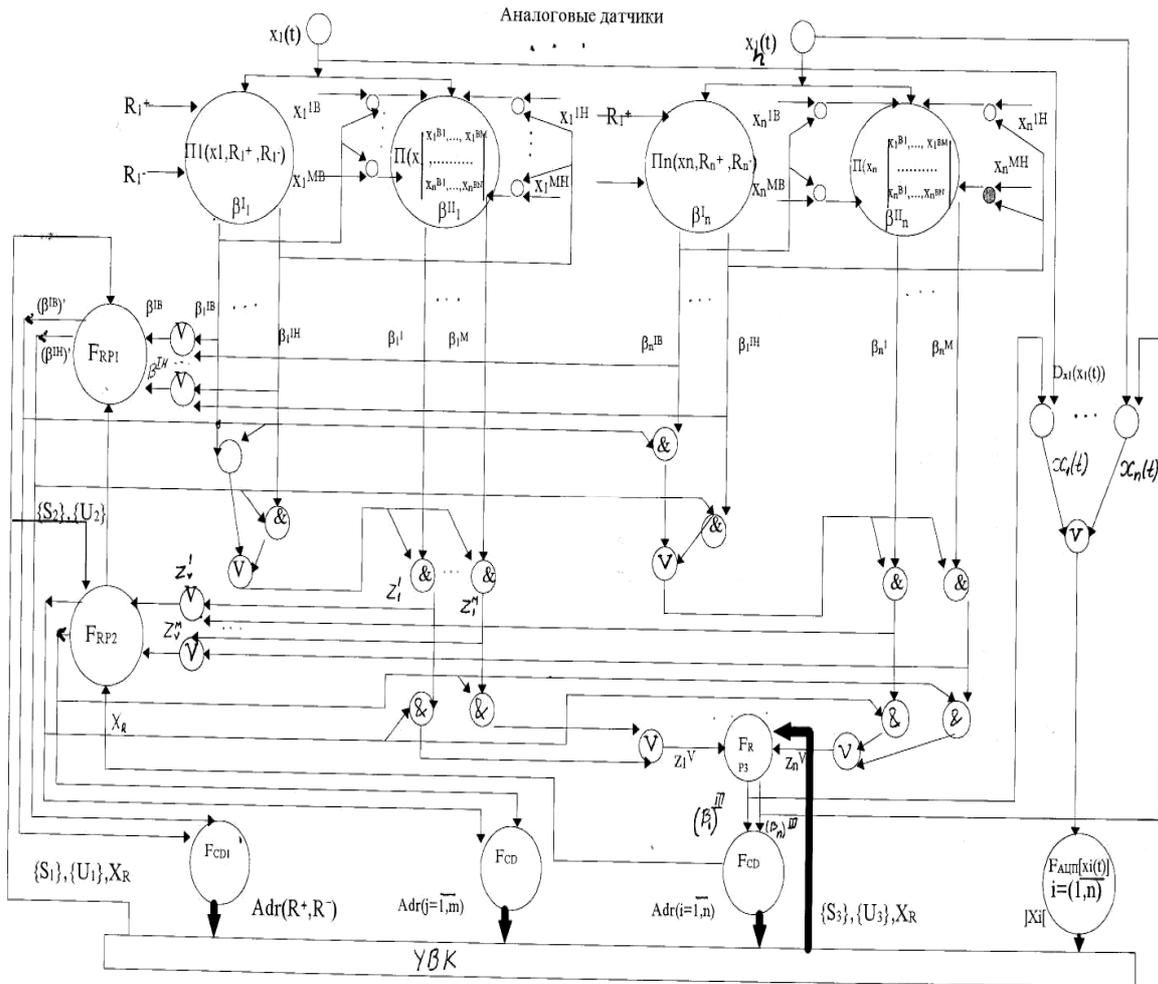


Рисунок 2 – Трехранговая иерархическая аналоговая релейная структура САК ТП

Выводы

Благодаря релейторному анализу диагностических параметров технологического объекта существенно сокращается избыточность информации, вводимой в УВК. На основании предложенного метода возможны оценки приоритетности технического обслуживания объектов контроля с отклонением параметров за границы допустимых значений.

Список литературы

1. Марчук Г.И. Адаптивная АСУ производством. – М.: Статистика, 1981.- с.125.
2. Авосев Б.Я., Антонюк Е.М. и др. Адаптивные телеизмерительные системы. – Л.: Энергоиздат, 1981.- с.248.
3. Гильборо Е.П., Челпанов И.Б. Обработка сигналов на уровне упорядочного выбора. – М.: Сов. радио, 1975.- с.344.
4. Левин В.И. Структурно логический метод исследования сложных систем с применением ЭВМ. – М. Наука, гл.ред.физ.-мат.лит.,1987.с.304.

5. Самойленко А.П., Усенко О.А. Способ централизованного контроля п объектов.

Патент РФ №2198418, 7G 05 B2 3/02, бюл.№4, 2003.

6. Самойленко А.П., Rogozov Ю.И., Усенко О.А. Разработка адаптивной системы статистической диагностики по фактическому состоянию неравновесных объектов управления.// Приборы и системы управления. Управление, контроль, диагностика, 2003, №4, с.55-64.

7. Оводенко А.В. Синтез систем автоматического контроля работоспособности технологических объектов. Вісник інженерної академії України. Вип..3, 2012.

Надійшла до редакції 04.09.2012 р.

Рецензент: д-р. техн.наук, проф. Чичикало Н.І.

О.В. Оводенко

Донецький національний технічний університет

Синтез систем автоматичного контролю робоздатності технологічних об'єктів с двухрівневими відхиленнями. Отримано метод синтезу структур систем автоматичного контролю безперервних технологічних процесів на основі операторів порядкової логіки. Отримано метод реалізації гібридних безперервно-логічних систем автоматичного контролю на базі реляторних логічно-орієнтованих процесорів.

Ключові слова: метод синтезу, структура системи, автоматичний контроль, технологічний процес, відхилення, порядкова логіка, реляторний процесор.

A.V. Ovodenko

Donetsk National Technical University

The synthesis of the systems of the hardware check of the performance of technological objects with two-level possible deflections. A method of the syntheses of the structures of the systems of the hardware check of unceasing technological processes on the basis of ordinal logic operators is presented. We obtained a method of realization of hybrid continuously-logical systems of the hardware check on the basis of logically-oriented relational processors.

Keywords: method of syntheses, structure of the system, hardware check, technological process, ordinal logic, relational processor.