

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА УПРАВЛЕНИЯ

СПОСОБЫ ДОСТИЖЕНИЯ ТОЧНОСТИ СИСТЕМНОГО УПРАВЛЕНИЯ

В.Д.ДАРОВСКИХ, канд. технич. наук, КТУ им. И.Раззакова

В экономических системах, создавая логистические цепи, организуя стратегический и производственный менеджмент, приходится определять как наборы компонентов, связей, алгоритмы (технологии) их функционирования (набор предписаний, однозначно определяющих содержание и последовательность операций для систематического решения конкретной задачи), так и задавать потоки объектов (энергии, информации, материалов, продуктов, средств производства) между компонентами. Тогда система реализует свою цель и оперирует объектами. Регламентный характер технологий вместе с тем не гарантирует стабильности протекания потоков и завершения системой логических действий. Как в глобальном, так и локальном видах она имеет совокупность входов X как вектор, размерность которого определена по их числу, а координаты $x_i(t)$ заданы, как правило, параметрами поступающих на эти входы объектов, сигналов или сообщений и образуют входную траекторию поведения системы. Задание множества выходов U системы предполагает их расположение в пространстве, назначение форм существования и основных характеристик. Совокупность зависимостей выходов $u_i(t)$ есть выходная траектория поведения системы. Закон функционирования F системы взаимосвязывает поведение выходов и входов $U(t) = F[X(t)]$ в виде функции, функционала, логических условий.

Поведение выхода $U(t)$ зависит либо от текущего значения входа $X(t)$, от его предыдущего поведения, либо от состояния непосредственно системы. В последнем случае системе задаются дополнительные входы, на которые поступает информация о состоянии системы. Закон функционирования системы выгодно корректировать в соответствии с поведением выходов, что требует охвата системы обратной связью для подачи одного из выходов на соответствующий вход, что дешевле компенсации возмущений.

Система наделяется также алгоритмом A функционирования, когда известен метод получения в общем случае выхода $U(t)$ от входа $X(t)$. Одно и то же правило соответствия между U и X может быть реализовано различными алгоритмами.

Задать исходную информацию о системе и реализовать последующие проектные решения возможно следующими вариантами (табл.1). В первом случае задаются цель создания системы, закон ее функционирования, входы и выходы. Необходимо выбрать алгоритм функционирования системы и методы его реализации. Это наиболее полное задание системы и оно возможно лишь для простейших систем, например, программного управления и предельного регулирования, разработки решений при функциональном или ситуационном поведении и требует выхода на интерполяцию воздействий.

Таблица 1

Варианты (1,2,3) задания исходной информации системы и последующих проектных решений

Проектные действия	Атрибуты системного функционирования					
	Цель создания	Закон	Алгоритм	Метод реализации алгоритма (некоторые ограничения на средства реализации цели)	Вход(ы)	Выход(ы)
Задание исходных данных	1,2,3	1	-	3	1	1,2
Нахождение результатов	-	2,3	1,2,3	1,2	2,3	3
Номера вариантов заданий и решений						

Во втором случае заданы цель создания системы и ее выходы. В разработке выбираются входы, закон и

алгоритм функционирования, методы реализации этого алгоритма. Вариант приемлем для социального

проектирования административных задач, в стратегическом и производственном менеджменте, в следящих технических системах. В третьем варианте задаются цель и некоторые ограничения на средства ее реализации, а создаются выходы, входы, закон и алгоритм функционирования системы. Подобный подход необходим в системах социального администрирования, и он базируется на экстраполяции поведения входов (прошлое) и выходов (будущее).

Функция $U = F(X)$ определяет закон управления в том смысле, что каждому значению параметров множества X однозначно соответствует значение параметров множества U . Однако сам процесс отыскания такого соответствия (процесс переработки X в U) может быть организован по-разному.

На рис.1 рассмотрена традиционно организуемая функциональная схема производственного процесса. В подобных решениях делается попытка задать непрерывность протекания технологии при непрерывно или дискретно осуществляемых локальных процессах на рабочих позициях (элементах). Следует отметить, что создать систему подобного вида, работающую в автоматическом режиме, для мелкосерийного или единичного типов производств невозможно. Во-вторых, невозможно достичь устойчивого баланса потоков в связях $y_{i-1} = x_i$. Нарушение равновесия в любую сторону ведет к необходимости межоперационного складирования и, как следствие, к потере в цикловой, фактической производительности и нарастанию издержек. Ситуации подобного вида имеют место в логистических цепях любой стадии.

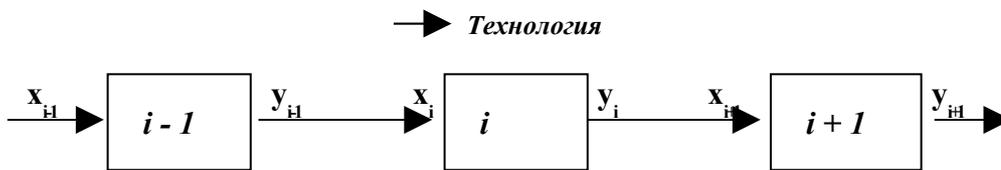


Рис.1. Функциональная схема производственного процесса:
 x_i, y_i – вход и выход элемента i

Задачи технического уровня успешно решаются, и технологический поток может быть направлен в нужном направлении под автоматическим управлением. Нерешенными остались задачи стабилизации потоков объектов производственного процесса и, соответственно, выходов в недетерминированных условиях появления входов, необходимости смены законов и алгоритмов функционирования, методов реализации алгоритма. Для случая постоянной интенсивности λ простейшего потока на входе и, следовательно, известном времени наступления события прихода объекта (это время t есть обратная величина интенсивности λ поступления объектов на вход), вероятность $p(t)$ наступления этого события не превышает 37%: $p(t) = e^{-\lambda t} = e^{-1} = 0,37$, где $t = 1/\lambda$. Тогда очевидно, что лишь элемент системы будет стационарно функционировать при условии одновременного направления к нему на вход по крайней мере трех объектов

В дальнейшем следует структурное развитие системы и ситуация требует оперативного и стратегического воздействий.

В модели процесса первичного получения информации о технологии и ее потоках параметр объекта x можно рассматривать как случайный процесс $x(t)$. Значения параметра $x(t)$ измеряются, как правило, в дискретные моменты времени t_n, t_{n+1} , и о величине параметра $x(t)$ в интервале времени $t_n \leq t \leq t_{n+1}$ будем судить по его значению $x(t_n)$ в момент времени t_n : $x'(t) = A[t, x(t_n)]$, где $x'(t)$ – оценка

параметра $x(t)$; $A[t, x(t_n)]$ – функция экстраполяции параметра $x(t)$.

В общем случае предсказанное значение параметра не равно истинному, и неизбежна ошибка, среднее квадратичное значение которой равно

$$\sigma_\varepsilon = \{M\{[x'(t) - x(t)]^2\}\}^{0,5},$$

где M – математическое ожидание появления параметра в системе. Среднее значение, основанное на вероятностном распределении, есть математическое ожидание (при условии многократного наблюдения за процессом): $M = \sum x p(t)$. Вариация вероятностного распределения измеряется при помощи среднего квадратичного отклонения (или дисперсии) дискретной случайной величины.

Ошибка возникает и за счет несовершенства метода измерения параметра $x(t)$, обусловленного погрешностью методики и средств измерения (наблюдения), помехами, промахами и т.д. Поэтому измеренное значение $x(t_n)$ отличается от истинного $x(t)$ на величину погрешности δ . Последняя есть следствие воздействия на систему случайных возмущений в процессе измерений, анализа и передачи информации. Поэтому погрешность δ представим в виде случайного процесса $\varepsilon(t)$, в результате чего измеренное значение $x(t_n)$ есть $x(t_n) = x(t) + \varepsilon(t)$.

Средняя квадратичная ошибка, обусловленная погрешностью измерений, будет равна при условии, что случайный процесс $\varepsilon(t)$ имеет нулевое математическое ожидание $\sigma_\varepsilon = (M\{\varepsilon(t)^2\})^{0,5}$.

С ошибками σ_τ и σ_ϵ непосредственно связаны качество управления и, соответственно, эффективность системы. Уменьшение ошибок σ_τ и σ_ϵ достижимо уменьшением интервала дискретизации $\tau = t_{n+1} - t_n$ и повышением точности оценок. В обоих случаях возрастает объем информации.

Рассмотрим схему коррекции ошибок в производственной системе (рис.2). На выходе функционального элемента F имеется информация $y(y_1, y_2, \dots, y_n)$, которая может принять неверное значение \hat{y} . Для исправления выхода вводят избыточный элемент(ы) V и управление $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$, с помощью которых восстанавливают необходимый результат $y: V(\hat{y}, z) = y$. На схеме видно, что восстановление технологического результата требует введения избыточного технологического элемента и соответствующего управления. В технологической системе эти элементы взаимосвязаны, на что расходуются аппаратные и программные средства.

Все виды избыточных структур представляются, как правило, посредством последовательного чередования параллельных независимых каналов управления и оборудования, реализующих оператор коррекции V . Тип восстанавливающего устройства определяет вид защиты от неверного исхода, а объем оборудования между каналами управления – уровень, на котором вводится избыточность.

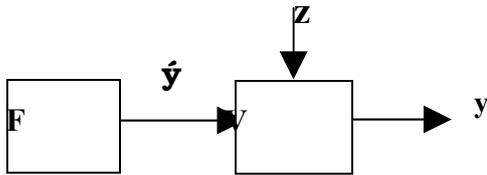


Рис. 2. Схема коррекции ошибок в производственной системе

Путь регенерации параметров системы через избыточность не есть единственный, несмотря на то, что он повсеместно применяется и стал традиционным. Основным решением в нем явилось создание резервных технологических каналов с единой функцией.

Технологические каналы являются взаимно линейно независимыми при условии, что одиночный отказ, ведущий к ошибке на выходе одного из каналов (надо y , а имеем \hat{y}), не вызывает ошибки на выходе любого другого канала. Типовым примером взаимно линейно независимых каналов является параллельная установка (рис.3) нескольких одинаковых независимых устройств (так называемое резервирование). Подобное решение, являясь длительным временем типовым, приносит значительные проектные и эксплуатационные издержки и не может считаться оптимальным.

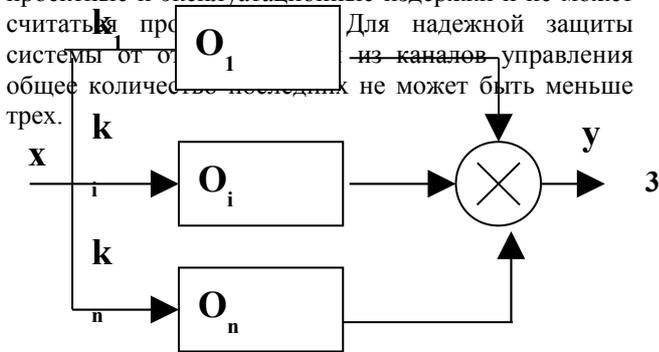


Рис. 3. Линейно независимые технологические каналы $k_1, \dots, k_i, \dots, k_n$ и их оборудование $O_1, \dots, O_i, \dots, O_n$, имеющие единую функцию для переработки единого входа x в единый выход y

Схема управления для трех технологических каналов показана на рис. 4. Она реализует зависимость $y = R(x_1, x_2, x_3) = x_1 x_2 + x_2 x_3 + x_3 x_1$, где операции $x_i x_j$ и $x_i + x_j$ над логическими переменными x_i и x_j есть функции конъюнкции и дизъюнкции, соответственно. Истинность результата восстановления выхода подтверждается табл. 2, где видно, что независимо от отказа или сбоя в любом канале на выходе есть результат y . Два и более отказов или сбоев в функционировании уже не позволяют решить задачу производства.

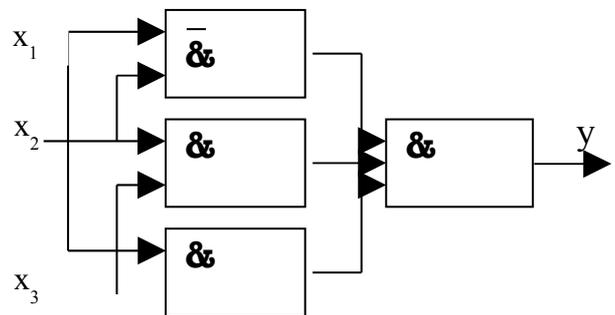


Рис. 4. Схема управления восстановлением независимых технологических каналов

Таблица 2

Таблица истинности для восстановлений работоспособности при одном отказе (курсивом показаны отказы, не влияющие на результат)

x_1	x_2	x_3	y	\hat{y}
0	0	0	-	0
0	0	1	-	0
0	1	0	-	0
0	1	1	1	- x_2
1	0	0	-	0
1	0	1	1	- x_1
1	1	0	1	- x_3
1	1	1	1	- x_1

Рис. 5. Схема развития независимых каналов одного выхода: x_i – технологический канал; i – порядковый номер канала

Вместе с тем из трех и более взаимно независимых технологических каналов одного и того же выхода можно получить сколь угодно много взаимно независимых каналов, осуществляя функциональное действие R над независимыми каналами (рис.5). Здесь три взаимно независимых канала x_1, x_2 и x_3 одной логической переменной x . По отношению к ним образованы функциональные воздействия R_1 (R_2 и т.д.) посредством резервного элемента. Тогда возникает новый выход $x_4 = R_1(x_1, x_2, x_3)$, который действителен (имеет при одиночной ошибке истинное значение переменной x). В то же время ошибка на выходе x_4 вследствие неисправности резервного элемента R_1 не распространяется на выходы x_1, x_2 и x_3 . Следовательно, выход x_4 есть четвертый независимый канал переменной x . Таким образом образуются и последующие независимые каналы (например, x_5 на рис. 5). В последних случаях неизбежно падение эффективности эксплуатации системы.

В системе, имеющей многосвязную структуру, нет необходимости в резервировании элементов и функций, приводящем к удорожанию решения. Здесь достаточно научиться рационально использовать имеющийся потенциал взаимно независимых технологических каналов (рис.6) и переключать (управлять) потоки объектов производства между имеющимися и работоспособными компонентами.

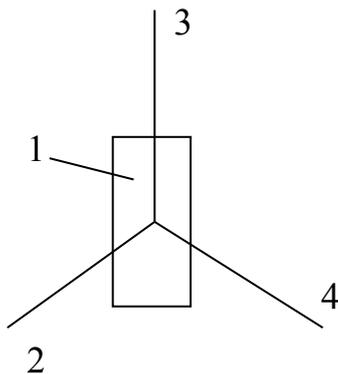


Рис. 6. Управляемое устройство 1, входящее составной частью в многосвязную структуру, образует взаимно независимую технологическим каналам 2,3,4

Система, оснащенная кинематической способностью объединять потоки объектов, направляемые к рабочей позиции по трем связям, требует управления внутренними и синхронизирующими циклами. В первом случае автоматизируется рабочий цикл оборудования, а во втором – рабочий цикл всей системы. Это необходимо по той причине, что потоки объектов $\lambda_i p_i$ (рис.7а) создают вероятностную картину их

распределения: $\sum_{i=1}^n \lambda_i p_i$ (p_i – вероятность

состояния элемента системы, причем $\sum p_i \leq$

1) для плоскости и $\sum_{u=\bar{e}}^m \sum_{o=\bar{e}}^b \lambda_i p_i$ для



пространства. Логика прохождения потока объектов по связям системы схемотехнически может быть решена следующим образом. У системы с многосвязной структурой каждый элемент наделен тремя связями (рис.7а). Одновременное направление к рабочей позиции трех объектов с целью вывода ее на стационарный режим функционирования через увеличение вероятности осуществления этого функционирования достигается включением в рабочий режим каждой связи. Это исключает очереди у рабочей позиции по каждому входному направлению из-за регламентированного распределения потоков на иные рабочие позиции. Принципиально (рис.7б) исполнения соотношений для одной рабочей позиции решаются на стандартной конъюнктивной, инверсной, дизъюнктивной логической основе и модульно. Включение в принципиальную схему требуемого набора функций обеспечивает полноту и неизбыточность решения.

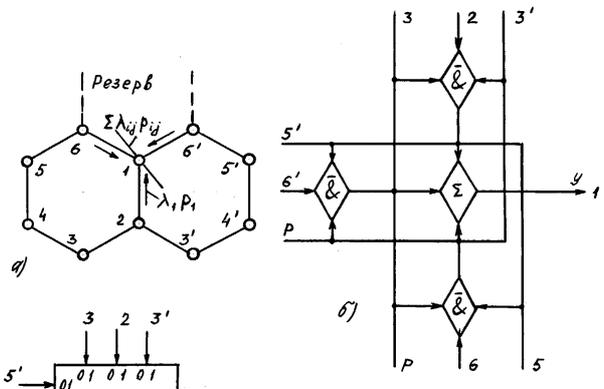


Рис. 7. Схемотехника организации управляющих воздействий по связям системы: а,б,в – схемы функциональная, принципиальная, логическая

Управление рабочими позициями, имеющими лишь две связи, создает у логической схемы резерв функций, которые необходимы для нестандартных технологических команд различного вида не входящих в рабочие циклы оборудования или системы. Логическая схема (рис.7в) унифицирована с серийно выпускаемыми вариантами. При схематехническом развитии управления возникает эффект повторения структурного функционального аналога, т.е. непосредственно системы. Теоретические положения, созданные для функциональной и кинематической разработки систем с многосвязной структурой, оказываются применимыми для их управления и особенно автоматизации последнего, что усиливает методологическую значимость выполненных проектов