

МЕТОД СОСТАВЛЕНИЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИМИ ОБЪЕКТАМИ

В. В. Стальский

Одним из первых этапов синтеза систем автоматического управления (САУ) является составление структурной схемы. В отличие от последующих этапов (математического синтеза оптимальных динамических характеристик, определения динамических характеристик корректирующих устройств и др.), метод синтеза структурной схемы плохо разработан. Нам неизвестно ни одного инженерного метода получения структурной схемы, создаваемой САУ, даже если речь идет о существующем, но еще не автоматизированном объекте.

Попытаемся построить алгоритм функционирования и алгоритм управления САУ на основе изучения алгоритма управления существующим производственным процессом «вручную». Такие алгоритмы дают возможность построить функциональную схему, отображающую (по принятой терминологии [1]) и структуру САУ, необходимую для ее синтеза [2].

Введем обозначения: y — основная регулируемая величина; $y_1, y_2, \dots$ — другие (не основные) регулируемые величины; x — основной регулируемый параметр, $x_1, x_2, x_3, \dots$ — другие регулирующие параметры; $z_1, z_2, z_3, \dots$ — параметры возмущающих воздействий; n — индекс, обозначающий задающие величины (уставки); P — оператор переработки информации объектом; R — оператор переработки информации человеком (или, затем, регулятором); G — оператор передачи информации.

Запишем в операторной форме [3] алгоритм «простой» одноконтурной системы автоматического регулирования

$$\downarrow P G (y \rightarrow R) R G (x \rightarrow P) \uparrow. \quad (1)$$

Подробнее, с учетом необходимых измерительных приборов и управляющих органов, этот алгоритм запишется в виде

$$\downarrow P G (y \rightarrow D) D G (f \rightarrow R) R G (g \rightarrow L) L (x \rightarrow P) \uparrow, \quad (2)$$

где D — оператор переработки информации измерительным прибором (датчиком); L — оператор переработки информации управляющим

(регулирующим) органом; f и g — промежуточные параметры преобразования.

Подобная запись алгоритма отличается краткостью. Однако для большей наглядности и с учетом интересующего нас результата лучше записывать алгоритмы в виде блок-схемы [4].

Алгоритм по выражению (2) представлен на рис. 1, а. Более сложный алгоритм ручного управления, для которого, например, тем или иным способом контролируются возмущения — на рис. 1, б. Оператор R_3 (рис. 1, б) реализует вычислительную операцию, которую обслуживающий персонал — «машинист» — производит, чаще всего, «в уме»,

$$g_3 = \alpha g + \alpha_1 g_1 + \alpha_2 g_2,$$

где α , α_1 , α_2 — постоянные коэффициенты, которыми вводится относительный вес переработки оператором объекта значений возмущающих воздействий по отношению друг к другу и к работе оператора P под воздействием других известных L и неизвестных операторов.

Можно представить себе производственную ситуацию, когда в алгоритме ручного управления участвуют логические условия. Предположим, управляющий параметр имеет ограничение, и когда действия оператора L недостаточно, включается оператор L_1 , перерабатывающий информацию от элемента A , содержащего логическое условие. Если возмущающее воздействие (например, нагрузка), фиксированное машинистом, отвечает условию $g_1 < g_2$, где g_2 — заранее заданный параметр, то это не вызывает действия оператора L_1 , но если $g_1 \geq g_2$, то оператор L_1 действует. Такой алгоритм записан блок-схемой рис. 2, а. Оператор U — заданное постоянное воздействие (уставка). На рис. 2, б этот же алгоритм представлен при переходе на автоматическое управление. Такой алгоритм функционирования и управления можно считать основой для синтеза САУ. Записанный в виде блок-схемы, он почти полностью совпадает со структурно-функциональной схемой, необходимой для начала математического синтеза. Могут, безусловно, существовать несколько вариантов алгоритмов, выполняющих одну и ту же работу [3] и соответственно несколько вариантов блок-схем САУ.

Блок-схема САУ, составленная по алгоритму рис. 2, б, представлена на рис. 2, в. Функции отдельных элементов схемы понятны из рисунка.

В наших примерах рассматриваются наиболее распространенные в промышленности САУ стабилизации. Если регулируемая величина y должна быть постоянна (в пределах возможной точности системы), то в схеме применяются регуляторы непрерывного действия. Если же согласно алгоритму функционирования объекта управления y может изменяться в некоторых пределах

$$y_v \geq y \geq y_n,$$

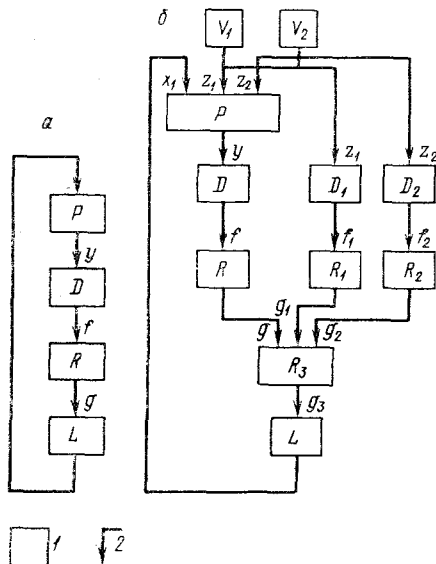


Рис. 1. Блок-схема алгоритма простейшего а и комбинированного б САУ: 1 — операторы; 2 — стрелки, заменяющие оператор передачи информации; V_1 и V_2 — операторы возмущающих воздействий

(y_v и y_n — соответственно верхний и нижний допустимый предел регулируемой величины), то можно использовать позиционный регулятор. Очевидно также, что при необходимости поддержания экстремума какого-либо параметра (например, $x = x_{\min}$) алгоритм будет содержать предписание для создания САУ экстремального управления.

Приведенные алгоритмы обладают определенностью, которая делает невозможным искажение предписания, массовостью, т. е. могут работать

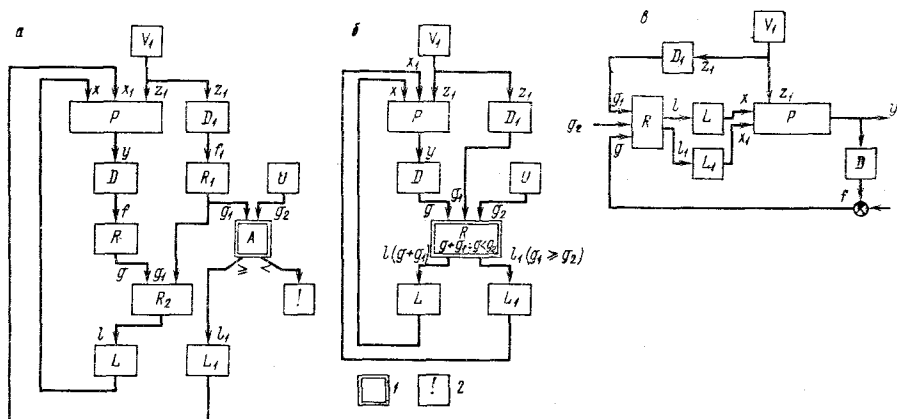


Рис. 2. Блок-схема алгоритма с логическим условием и соответствующая ему схема САУ:

а — алгоритм ручного управления; б — алгоритм автоматического управления; в — структурно-функциональная схема САУ. 1 — логические условия; 2 — конец работы ветви алгоритма

для всех подобных объектов, ситуаций, результативностью, т. е. обеспечивают желаемое функционирование САУ при последовательной работе. Эти три свойства [5] обеспечивают возможность разработки по предлагаемому методу действующих алгоритмов ручного и автоматического управления производственными процессами. Если объект управления еще проектируется, но аналогичные ему функционируют (с управлением вручную), то на основе изучения алгоритмов их управления по предлагаемому методу можно составить структурно-функциональную схему для САУ.

Резюмируя изложенное, запишем словесный алгоритм составления структурно-функциональной схемы САУ: 1) получение информации о работе машинистов по управлению объектом вручную; 2) наблюдение за работой машинистов; 3) составление алгоритма ручного управления объектом; 4) составление алгоритма автоматического управления объектом; 5) составление структурно-функциональной схемы САУ объектом.

Пример (рис. 3). Составим структурно-функциональную схему САУ для существующего процесса сушки фосфоритового концентрата во вращающемся сушильном барабане (длиной 20 м, внутренним диаметром 2,8 м). Подробное описание процесса как объекта автоматического управления приведено ранее [6], а здесь отметим кратко, что сушка производится дымовыми газами, двигающимися в том же направлении, в котором движется сушимый материал (кек). Основные возмущения процесса — нагрузка — весовой расход кека G_k и влажность кека. Целью создания САУ является поддержание стабильной влажности концентрата ϕ на выходе барабана. В качестве управляющего воздействия, кроме изменения расхода сжигаемого в топке барабана газа G_r , используется также изменение количества вторичного воздуха $G_{в2}$.

Ручное управление машинист барабана ведет примерно следующим образом. Получив сообщение о предполагаемом изменении нагрузки барабана, например, в связи с изменением плотности пульпы, он немедленно изменяет соответствующим образом расход газа. Это вызывает нужное изменение температуры сушильного агента T_T на выходе из топки. Если же машинист получает информацию о резком изменении влажности концентрата на выходе барабана, то он использует другое управляющее воздей-

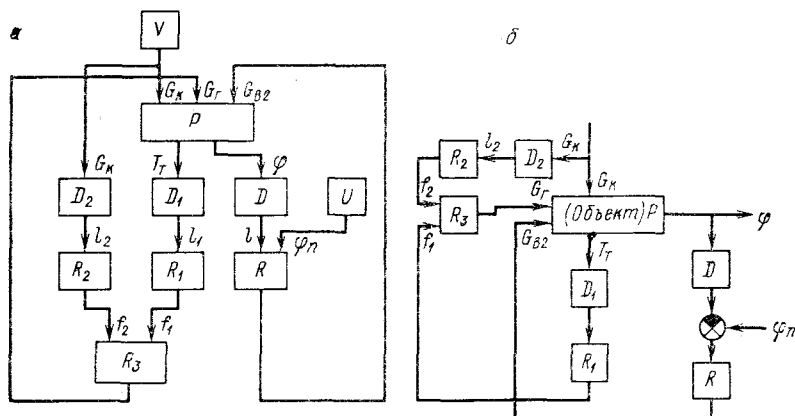


Рис. 3. Блок-схема алгоритма процесса сушки фосфоритового концентрата и соответствующая САУ:

а — алгоритм автоматического управления; б — структурно-функциональная схема САУ

ствие — изменение количества вторичного воздуха, подаваемого в топку. Второе управляющее воздействие имеет то преимущество, что его транспортное запаздывание по каналу $G_{B2} \rightarrow \varphi$ значительно меньше запаздывания $G_T \rightarrow \varphi$ и $G_K \rightarrow \varphi$. Поскольку воздух, подаваемый в топку, изменяет ее температуру, а, следовательно, и T_T , то одновременно с этим воздействием машинист соответственно действует на G_T .

Описанный словами алгоритм ручного управления представлен на рис. 3, а в виде алгоритма автоматического управления и функционирования, а на рис. 3, б дана структурно-функциональная схема САУ, построенная по этому алгоритму. Полученная таким методом САУ после математического анализа и синтеза корректирующих элементов была реализована [7] в виде действующего промышленного макета, прошла производственные испытания и внедряется на кингисеппском комбинате «Фосфорит».

ЛИТЕРАТУРА

1. Элементы технической кибернетики. Терминология. АН СССР, вып. 77. Наука, 1968.
2. Техническая кибернетика. Теория автоматического регулирования, т. 2. Машиностроение, под ред. В. В. Солодовникова. 1967.
3. Ляпунов А. А., Шестопал Г. Н. Об алгоритмическом описании процессов управления. Сб. «Математическое просвещение». Вып. 2. 1957.
4. Ицкович Э. Л. и Трахтенгерц Э. А. Алгоритмы централизованного контроля и управления производством. Советское радио, 1967.
5. Марков А. А. Теория алгоритмов. Тр. Математич. ин-та им. Стеклова, т. XII, 1954.
6. Стальский В. В. Экспериментальные динамические характеристики процесса сушки фосфоритового концентрата. Зап. ЛПИ, 1968, т. LVI, вып. 1.
7. Сабадаш Н. С. и др. Способ автоматического регулирования процесса сушки. Бюлл. изобр., 1970, № 12, № 267490.