УДК 007.62:621.313

А.Н.К о в ш о в

МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКАМИ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Разработка новых методик для углубленного исследования свойств вещества ставит перед создателями установок физического эксперимента требования не только к совершенствованию систем сбора и обработки информации, но и к системам управления установкой. Совершенствование систем управления должно идти как за счет создания более эффективных регуляторов, так и более рациональной структуры управляющих органов. Основными управляемыми параметрами в физической установке являются: температура, давление, механический поворот, излучение и т.д. Программа изменения параметров может быть заранее определена, либо генерироваться в процессе проведения исследований.

В общем случае переходный процесс в канале регулирования параметром описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений вида

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= f_1(x) + u; \\ \dot{x}_2 &= f_2(x); \\ &\vdots \\ \dot{x}_n &= f_n(x), \end{aligned} \qquad (1)$$

где x - вектор состояния канала регулирования;

$f_i(x)$ - нелинейная функция, описывающая структуру канала;

u - управление.

Ставится задача нахождения структуры регулятора $u(x)$, обеспечивающего движение системы (1) по заданной программе $v(x)$.

В основу синтеза структуры положена идея конструирования подмножества устойчивых дифференциальных уравнений, имеющих своим решением интеграл $v(x)$, и различающихся с системой (1) только параметром u. В этом случае искомое подмножество связано с желаемым движением $v(x)$ соотношением [2]:

$$\dot{v}(x) = \sum_{i=1}^{n} v'_{x_i}(x)\dot{x}_i = \Phi(x, v(x)), \qquad (2)$$

где $\Phi(x, v(x))=0$, если система (I) движется по $v(x)$.

Здесь $v'_{x_i}(x)$ - частная производная $v(x)$ по параметру x_i.

Подставляя выражение (I) в (2), получаем: .

$$\sum_{i=2}^{n} v'_{x_i}(x) f_i(x) + v'_{x_1}(f_1(x)+u) = \Phi(x, v(x)). \tag{3}$$

Решив уравнение (3) относительно u, получаем:

$$u = \Phi(x, v(x)) - f_1(x) - \frac{\sum\limits_{i=2}^{n} v'_{x_i}(x) f_i(x)}{v'_{x_1}(x)}. \tag{4}$$

В уравнении (4) $\Phi(x, v(x)) = \dfrac{\Phi(x, v(x))}{v'_{x_1}(x)}$, так как это не противоречит условию вывода уравнения (2).

Подставив в равенство (I) уравнение (4), получаем подмножество дифференциальных уравнений, имеющий своим решением интеграл $v(x)$, где функция $\Phi(x, v(x))$ в силу первоначального определения обеспечивает устойчивость движения системы (I) по $v(x)$.

Для определения структуры стабилизирующей функции $\Phi(x, v(x))$ воспользуемся вторым методом Ляпунова [I]. Движение системы (I) с управлением (4) будет асимптотически устойчивым на траектории $v(x)$, если относительно нее будет существовать положительно-определенная функция $V(x, v(x))$, имеющая отрицательно-определенную производную $\dot V(x, v(x))$.

Зададим функцию Ляпунова в виде

$$V(x, v(x)) = \frac{1}{2} v(x)^2, \tag{5}$$

что удовлетворяет первому условию.

Найдем ее производную на движении системы (I) с регулятором (4):

$$\dot V(x, v(x)) = \sum_{i=1}^{n} v'_{x_i}(x) \dot x_i \, v(x). \tag{6}$$

Подставляя в выражение (6) уравнения (I) и (4) получаем:

$$\dot V(x, v(x)) = \Phi(x, v(x)) \, v'_{x_1}(x) v(x). \tag{7}$$

Из уравнения (7) видно, что для обеспечения второго условия

Ляпунова функция стабилизации $\Phi(x, v(x))$ может иметь четыре вида:

$$\Phi_1(x, v(x)) = -k\, v'_{x_1}(x)\, v(x);$$

$$\Phi_2(x, v(x)) = -U_m \operatorname{sign}\{v'_{x_1}(x)\, v(x)\}; \tag{8}$$

$$\Phi_3(x, v(x)) = -k\, v(x)\, U_m \operatorname{sign}\{v'_{x_1}(x)\};$$

$$\Phi_4(x, v(x)) = -k\, v'_{x_1}\, U_m \operatorname{sign}\{v(x)\},$$

где k - коэффициент усиления;

U_m - максимальное значение $sign$ - функции.

Найденное уравнение (4) с учетом (8) отражает структуру управления в зависимости от структуры регулируемых органов и заданного движения.

При проектировании реальных структур мы имеем дело с ограничениями, определяемыми законами окружающего мира и уровнем технологии.

При отсутствии ограничений мы можем сформировать любой закон изменения параметров в физической установке. Причем при неоптимально выбранной структуре регулирующего органа мощность управления, необходимая для обработки заданного движения, потребуется большая.

Улучшая структуру регулирующего органа, снижая инерционность, мы снижаем требования к мощности регулирования, и наоборот.

В качестве критериев рассмотрим проектирование структуры для случаев с известной и неизвестной заранее программой изменения параметров.

Предположим, что переходный процесс в органе регулирования описывается нелинейными дифференциальными уравнениями вида

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= f_1(x_1 x_2) + u; \\ \dot{x}_2 &= f_2(x_1 x_2). \end{aligned} \tag{9}$$

Желаемой программой является синусоидальное изменение параметра x_2 с амплитудой R и частотой ω, что соответствует окружности в фазовых координатах x_1, x_2, т.е.

$$v(x) = x_1^2 + (\omega x_2)^2 - R = 0. \tag{10}$$

Решая уравнения (4) и (8) с учетом выражений (9) и (10) получаем:

$$u(x) = -f_1(x_1 x_2) - \omega^2 \frac{x_2}{x_1} f_2(x_1 x_2) + \Phi(x, v(x)), \tag{11}$$

где $\Phi(x, v(x)) = -\kappa x_1 (x_1^2 + (\omega x_2)^2 - R)$ или

$$\Phi(x, v(x)) = -U_m \operatorname{sign}\left\{x_1 (x_1^2 + (\omega x_2)^2 - R)\right\}.$$

Здесь рассмотрены только два крайних случая структур (8).

Анализ уравнения (11) показывает, что в управлении существуют составляющие, из которых одна $\Phi(x, v(x))$ зависит только от заданного движения, остальные – от структуры органа управления. Если есть необходимость снизить ресурсы на управление за счет более удачного конструирования органа управления, то идеальным случаем будет $f_1(x_1 x_2) = x_2$; $f_2(x_1 x_2) = -\frac{1}{\omega^2} x_1$.

При этом уравнение (10) имеет вид

$$u = \Phi(x, v(x)). \tag{12}$$

Выбор конкретной структуры блока стабилизации нуждается в дополнительном исследовании.

Для второго случая заранее неизвестна программа изменения параметра x_2. На систему (9) скачком подается новое значение параметра x_2^*, и регулятор должен обеспечить экспоненциальный выход параметра x_2 на заданный. При этом траектория выхода в фазовых координатах x_1, x_2 будет описываться линейным законом:

$$v(x) = x_1 + \lambda (x_2 - x_2^*) = 0. \tag{13}$$

Решая аналогично первому случаю, получаем:

$$u = -f_1(x_1 x_2) - \lambda f_2(x_1 x_2) + \Phi(x, v(x)), \tag{14}$$

где $\Phi(x, v(x)) = -\kappa (x_1 + \lambda (x_2 - x_2^*))$.

При соответствующем выборе структуры управляющего органа и блока стабилизации можно получить простейший регулятор по отклонению:

$$u = -K(x_2 - x_2^*). \qquad (15)$$

Литература

1. Красовский Н.Н. Некоторые задачи теории устойчивости движения. - М.: Физматгиз, 1959, с. 87-95.
2. Мухарлянов Р.Г. Построение множества систем дифференциальных уравнений, имеющих заданные интегралы. "Дифференциальные уравнения", 1967, № 2, с. 180-192.

УДК 681.3

Е.А.Симановский

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВВОДА-ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА БАЗЕ УВМ М-6000

Задача организации ввода-вывода информации возникает на разных этапах проектирования и внедрения любой автоматизированной системы научных исследований (АСНИ). Одной из основных частей АСНИ является управляющая вычислительная машина (УВМ) со стандартным математическим обеспечением.

В данной работе рассматриваются некоторые вопросы организации и проектирования программного обеспечения ввода-вывода информации, разработанного для АСНИ на базе УВМ М-6000.

Системное программное обеспечение М-6000 - дисковая операционная система реального времени (ДОС РВ) - позволяет организовать программирование операций ввода-вывода для устройств связи с объектом исследования (УСО) следующими способами: путем ис-