

ВВЕДЕНИЕ

Современное автоматизированное производство предъявляет все более высокие требования к средствам автоматизации в части их технических характеристик, таких как надежность и эффективность функционирования. В свою очередь указанные показатели во многом определяются качеством исполнительных систем, типом применяемого электропривода.

К числу основных требований к приводам относятся: высокая точность и быстродействие отработки сигнала задания скорости, плавность движения, способность обеспечивать заданные показатели качества движения при изменяющихся статическом моменте и моменте инерции нагрузки.

Несмотря на сравнительно большие достижения в области теории автоматического управления двигателем постоянного тока, существует ряд проблем, одной из которых является разработка унифицированных и универсальных систем управления скоростью, способных работать с широким рядом двигателей. Так, в последнее время все больше внимания уделяется адаптивным самонастраивающимся системам управления. Именно самонастраивающиеся системы управления с активной самонастройкой (с идентификацией) способны в полной мере быть универсальными и без изменений параметров системы подходить для управления широким рядом двигателей, различающихся как по мощности, так и по приложенной нагрузке.

1. ОБЗОР АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В обычных системах управления значение регулируемой величины задается заранее по определенному закону в зависимости от времени (по определенной программе во времени). В отличие от них, адаптивные системы выбирают свою программу сами во время работы. То есть они автоматически изменяют какие-либо параметры.

Среди адаптивных систем можно выделить три группы: системы с самонастройкой программы, системы с самонастройкой параметров, системы с самонастройкой структуры /1/.

1.1. Классификация адаптивных систем управления

1.1.1. Системы с самонастройкой программы (экстремальные системы)

Экстремальными системами управления /1/ называют такие, которые сами ищут наивыгоднейшую программу, т. е. то значение регулируемой величины, которое в данный момент нужно выдержать, чтобы режим работы управляемого объекта был наивыгоднейшим. Под этим надо понимать не выбор закона управления, а автоматический поиск требуемого наивыгоднейшего значения регулируемой величины, при изменяющихся внешних условиях работы объекта. Следовательно, отличием от обычных систем управления у экстремальных систем является задача автоматического поиска наивыгоднейшего значения регулируемой величины, т. е. самой программой регулирования. В таких системах вместо программного устройства (задатчика) ставится устройство автоматического поиска, которое производит анализ какой-либо характеристики и подает на устройство управления требуемое значение регулируемой величины так, чтобы данная характеристика получила минимальное или максимальное значение (рис. 1.1).

Например характеристика $z(x_0)$ может быть коэффициентом полезного действия двигателя. Тогда устройство автоматического поиска будет выдавать такое требуемое значение величины x_0 (например, требуемой скорости вращения двигателя), которое дает максимум коэффициента полезного действия.

При этом как сама величина экстремума z , так и соответствующее ему значение x_0 могут существенно меняться в зависимости от условий работы (рис. 1.2). Устройство автоматического поиска всегда должно находить этот экстремум независимо от причин, вызывающих его смещение в процессе работы объекта.

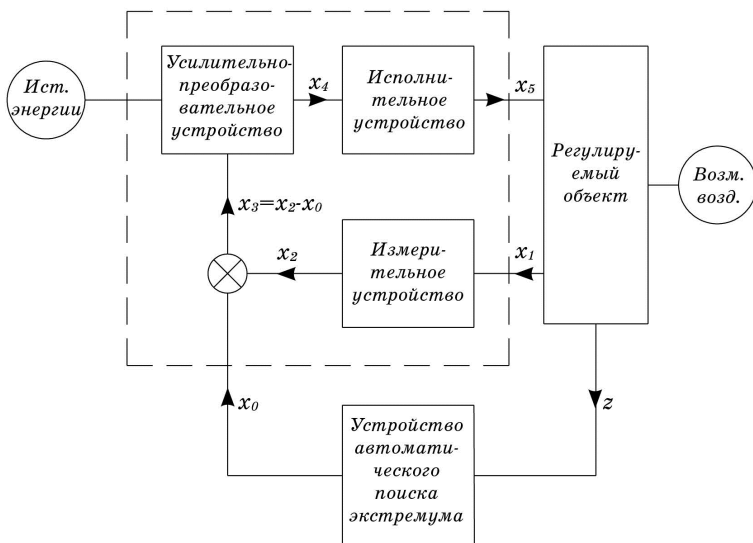


Рис. 1.1

Общая структура экстремальной системы управления

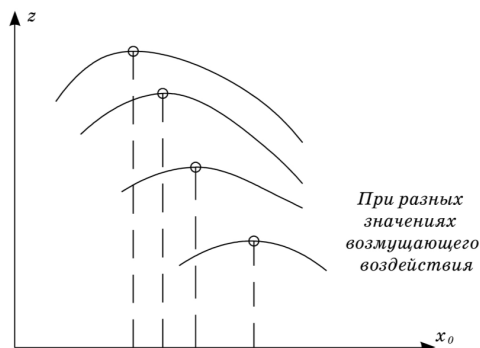


Рис. 1.2

Иллюстрация зависимости экстремума от возмущающего воздействия

1.1.2. Системы с самонастройкой параметров

Основным в настоящее время видом адаптивных систем управления являются такие системы, в которых автоматически, не заданным заранее образом изменяются какие-либо параметры системы управле-

ния, т. е. коэффициенты усиления, коэффициенты интенсивности введения производной и интеграла в закон регулирования, коэффициенты обратных связей и постоянные времени фильтров.

Когда параметры самого объекта известны не достаточно достоверно (или они в процессе работы могут случайным образом изменяться), то и параметры системы управления и корректирующих устройств можно подобрать лишь ориентировочно. При этом происходит ухудшение качества работы системы при случайных отклонениях параметров объекта. Для предотвращения этого эффекта можно воспользоваться ручной настройкой или программной настройки параметров, но это бывает не всегда возможно из-за особенностей технологического процесса. В этом случае приходится прибегать к самонастройке (адаптации) параметров системы управления по заданному показателю желаемого качества работы системы. При этом в системе должно иметься специальное автоматическое устройство для анализа качества работы объекта по какому-либо заданному критерию (рис. 1.3). Бывают системы, у которых устройство самонастройки работает с ошибкой регулирования. То есть на устройство самонастройки приходит сигнал ошибки (сигнал после сумматора).

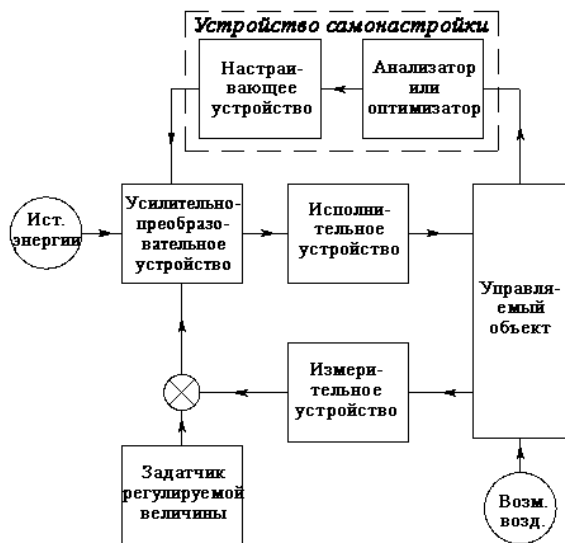


Рис. 1.3

Общая структура с системой самонастройки параметров

В тех случаях, когда самонастройка применяется в системах управления вследствие недостаточности знания свойств объекта, можно поступать следующим образом: запустить адаптационную систему в пробную эксплуатацию и дать ей возможность настроить параметры системы управления. Затем можно снять устройство самонастройки и дальше эксплуатировать более простую систему с программной настройкой, выработанной в процессе адаптации.

Одним из отличительных и самых сложных устройств в системе адаптивного управления является устройство самонастройки. Обычно эти устройства проектируются на операционных усилителях или других математических моделях, построенных на блоках ЭВМ, которые эмитируют желаемое динамическое поведение объекта. Это эталонное качество поведения модели сравнивается с реальным поведением системы, и параметры системы управления настраиваются автоматически и таким образом, чтобы поведение системы подогнать к эталонному поведению модели.

1.1.3. Системы с самонастройкой структуры (самоорганизующиеся системы)

Все те же задачи самонастройки и некоторые новые задачи целесообразно бывает решать не путем изменения параметров системы управления, имеющей определенную структуру, а путем изменения самой структуры системы управления не заданным заранее образом. Это системы с самонастройкой структуры.

В предыдущих системах при автоматической настройке параметров системы закон управления был заранее задан, менялись лишь не заданные заранее входящие в нее коэффициенты. В самоорганизующихся системах при автоматической настройке структуры не задан даже закон управления; в общем случае неизвестно заранее, какие корректирующие устройства и как вводить, какие логические и вычислительные операции производить. В общем случае может меняться структура не только усилительно-преобразовательного, но и измерительного устройства системы управления, если выгодно применять разные принципы измерения или измерять разные исходные величины в разных условиях работы объекта.

При любой самонастройке и особенно при самоорганизации может быть учтено требование повышения надежности и предусмотрена возможность работы системы при выходе из строя каких-либо звеньев.

Общую схему системы с самонастройкой структуры можно представить, как и у системы с самонастройкой параметров, но только не с

прямоугольную волну с периодом $T_i = 2\pi/\omega_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) и высотой единица. Переключающая функция приближенно может быть заменена синусоидой частоты ω_i с единичной амплитудой. Поэтому среднее значения выходных величин синхронных детекторов u_1, \dots, u_n приближенно могут быть представлены в виде $u_1 = \overline{F \sin \omega_1 t}$, $u_2 = \overline{F \sin \omega_2 t}$, ..., $u_n = \overline{F \sin \omega_n t}$.

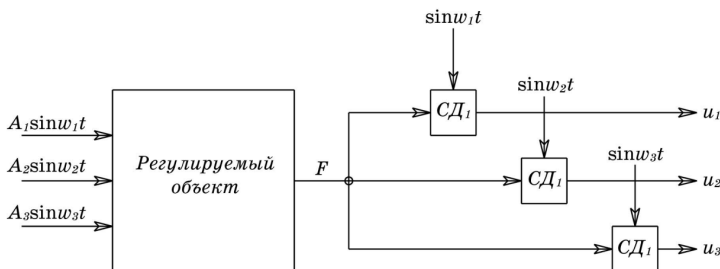


Рис. 1.4

Структурная схема синхронного детектирования

В квазистационарном режиме, когда составляющее y_1^0 меняется медленно по сравнению с поисковым движением $A_1 \sin \omega_1 t$, величины u_1, \dots, u_n с точностью до малых высших порядков пропорциональны соответствующим частным производным $\frac{dF}{dy_1}, \dots, \frac{dF}{dy_n}$ в точке $y_1 = y_1^0, y_2 = y_2^0, \dots, y_n = y_n^0$ и, следовательно, определяют $\text{grad} F = 0$ в этой точке

$$u_i = \frac{1}{2} A_i \frac{dF^0}{dy_i}. \quad (1.2)$$

Способ производной по времени. Производная по времени функции $F(y_1, y_2, \dots, y_n)$ определяется выражением

$$\frac{dF}{dt} = \frac{dF}{dy_1} \cdot \frac{dy_1}{dt} + \dots + \frac{dF}{dy_n} \cdot \frac{dy_n}{dt}. \quad (1.3)$$

Отсюда следует, что, задавая поочередно скорости изменения $\dot{y}_1, \dots, \dot{y}_n$ и измеряя производную по времени $\frac{dF}{dt}$, можно найти составляющие градиента. Некоторым недостатком этого метода является необходимость дифференцирования функции F по времени, что сопровождается поднятием уровня высокочастотных помех.

Способ запоминания экстремума. Этот способ заключается в том, что система совершает вынужденное или автоколебательное движение в районе экстремума. При достижении экстремального значения $F = F_3$ оно фиксируется на запоминающем устройстве. Градиент функции определяется затем по разности текущего и экстремального значений $F - F_3$.

Организация движения к точке экстремума

Найдя производные или градиент функции $F(y_1, y_2, \dots, y_n)$, необходимо организовать движение в точку экстремума. Рассмотрим методы организации этого движения.

Способ Гаусса — Зайделя. Способ заключается в поочередном изменении координат y_1, y_2, \dots, y_n . Сначала фиксируются все координаты y_2, \dots, y_n , а координата y_1 изменяется так, чтобы обратилась в нуль соответствующая составляющая градиента $\frac{dF}{dy_1}$. Затем изменяется координата y_2 при фиксированных остальных координатах до обращения в нуль $\frac{dF}{dy_2}$ и т. д. После изменения координаты y_n обращаются опять к y_1 и далее повторяют весь цикл снова. Этот процесс продолжают до тех пор, пока не будет достигнута точка экстремума F_3 .

Этот способ не обеспечивает быстрого достижения точки экстремума вследствие того, что координаты изменяются не все сразу, а поочередно.

Способ градиента. В этом способе осуществляется одновременное изменение всех координат так, чтобы обеспечить движение системы в направлении, близком к мгновенному направлению вектора градиента (непрерывно или дискретно).

В простейшем случае непрерывного безынерционного управления для этого должны реализовываться зависимости

$$\begin{cases} \dot{y}_1 = k \frac{dF}{dy_1} \\ \dot{y}_2 = k \frac{dF}{dy_2} \\ \dots\dots\dots \\ \dot{y}_n = k \frac{dF}{dy_n} \end{cases}, \quad (1.4)$$

где k — некоторый коэффициент пропорциональности.

Необходимым для получения правильного направления движения должно быть выполнено следующее условие: $k > 0$ для случая экстремума-максимума и $k < 0$ для экстремума-минимума.

Таким образом, получаем, что если система находится не в точке экстремума, то она начинает двигаться в этом направлении до тех пор, пока не проскочит эту точку. Тогда значения производных изменяются (проходя через 0 в точке экстремума, знаки меняются на противоположные), и движение начинается в обратном направлении к искомой точке. Таким образом, мы можем получить монотонно сходящийся процесс.

Способ наискорейшего спуска. При способе наискорейшего спуска движение происходит по начальному направлению вектора градиента F до тех пор, пока производная функции F по этому направлению не обратится в нуль. Затем опять определяется направление градиента, и происходит движение вдоль этого вектора до обращения в нуль производной от F по этому направлению. Процесс повторяется до достижения точки экстремума.

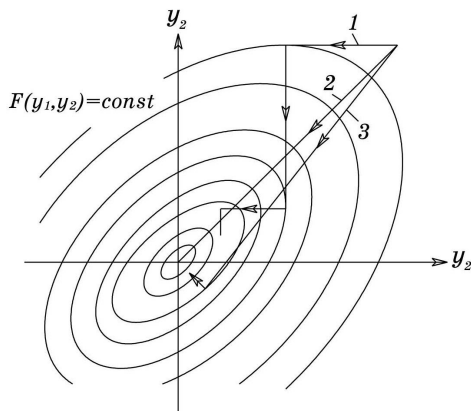


Рис. 1.5

Графическая иллюстрация наискорейшего спуска:

1 — способ Гаусса — Зайделя; 2 — способ градиента; 3 — способ наискорейшего спуска.

Этот способ характеризуется быстрым выходом системы в район экстремума, что делает его предпочтительным для начальной стадии движения. В районе экстремума можно использовать другие способы, например, способ градиента.

На рисунке 1.5 для случая двух регулируемых величин, что соответствует $F = F(y_1, y_2)$, изображены траектории движения для рассмотренных выше способов поиска экстремума.

1.2.2. Системы с самонастройкой параметров

Самонастраивающиеся системы регулирования должны обеспечивать необходимое качество процессов регулирования при изменении свойств объекта регулирования и элементов регулятора, а также при изменении характеристик возмущающих сил. Различают самонастраивающиеся системы следующих разновидностей:

- 1) самонастраивающиеся системы с разомкнутыми цепями самонастройки;
- 2) самонастраивающиеся системы с замкнутыми цепями самонастройки;
- 3) самонастраивающиеся системы с экстремальной самонастройкой.

Системы с разомкнутыми цепями самонастройки. Эти системы используются в практике уже сравнительно большое время. Структурная схема подобной системы изображена на рисунке 1.6. Здесь W_1 и W_2 обозначают передаточные функции части системы. Пусть W_2 — передаточная функция объекта и регулятора, а W_1 — передаточная функция некоторого звена, которое будем называть корректирующим устройством.

Под влиянием внешних возмущений f_1, \dots, f_n происходит изменение передаточной функции W_2 .

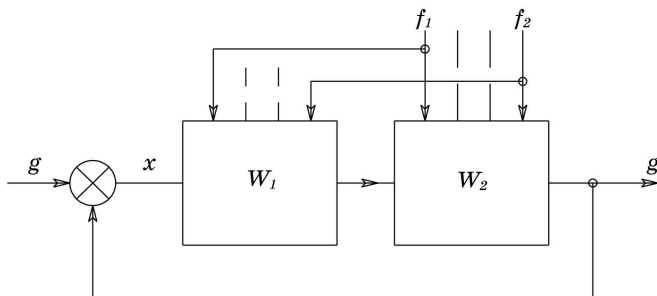


Рис. 1.6

Система с разомкнутой цепью самонастройки

Для компенсации изменений эти же возмущения подводятся к корректирующему устройству с целью изменения его передаточной функции W_1 . Передаточная функция замкнутой системы определяется выражением.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru