**Адаптивные системы управления и принципы их построения**

5.6.1 Адаптивные системы электропривода – это системы, которые требуют учета изменения характеристик и пополнения информации об объекте в процессе работы. Здесь имеется некоторая «дуальность» управления: система сама определяет текущую информацию об объекте и использует ее для оптимального управления объектом [10,11].

В адаптивных системах управления электропривода управляющие воздействия или алгоритмы управления автоматически изменяются с целью осуществления лучшего в каком-либо смысле управления объектом.

На рисунке 5.16 представлена простейшая функциональная схема адаптивной системы управления с изменчивостью характеристик и неполной информацией, позволяющая описать принцип работы адаптивной системы управления. В схеме обозначено: *УУ* – управляющее устройство; *ОУ* – объект управления; *УА* – устройство адаптации; *f* – помехи; *u*, *n* – сигналы управления; *x*, *y* – входной и выходной сигналы.



*а* – схема; *б* – характеристика объекта.

Рисунок 5.16 - Функциональная схема системы адаптивного управления

Принцип действия простейшей адаптивной системы состоит в том, что она имеет заданный критерий качества и должна заставить объект управления работать так, чтобы выполнялся экстремум критерия качества.

В адаптивной системе основная роль принадлежит устройству адаптации *УА*, которое получает сигналы входа*x* и выхода*y*, а также сигнал управления объектом*u*.

Эти сигналы могут иметь высокую размерность и служат для подсчета значений критерия качества.*УА* вырабатывает сигнал , который также может иметь высокую размерность, и управляет *УУ* таким образом, чтобы при определенных значениях сигнала*x*, при наличии обратной связи по *y* и любой сложности возмущений*f* получать в каждый момент времени в объекте отработку с экстремальным значением показателя качества (производительности, себестоимости и др.).

К классу адаптивных систем управления относятся самонастраивающиеся и самоорганизующиеся системы. В самонастраивающихся системах устройство адаптации на основе собранной информации о входных *x*, выходных*y* и управляющих *u* сигналах подает команды в *УУ* на изменение уставок или параметров регуляторов таким образом, чтобы добиться заданной цели управления. В самоорганизующихся системах наряду с этим производится изменение структуры системы так, чтобы лучше осуществить цель управления.

В самонастраивающихся системах целью управления может быть, например, достижение экстремума некоторого статического показателя качества, причем положение экстремума, обусловленное контролируемыми координатами системы управления и неконтролируемыми возмущающими воздействиями, может в процессе эксплуатации изменяться неопределенным образом. В таких системах для достижения цели управления и работы в области экстремума управляющее устройство изменяет соответствующим образом задания регуляторов системы.

Целью управления может быть и достижение требуемого динамического показателя качества, характеризующего динамические свойства системы управления электропривода. Обычно это функционал, зависящий от координат и параметров системы, например, один из интегральных критериев погрешности. В этом случае достижение экстремума показателя качества обеспечивается автоматическим изменением параметров системы управления (коэффициентов усиления, постоянных времени регуляторов и обратных связей). Такие системы называют системами с самонастраивающимися корректирующими устройствами.

В зависимости от информации об электроприводе и объекте управления различают два вида самонастраивающихся систем с динамическим показателем качества. В беспоисковых адаптивных системах на основе имеющейся информации создается эталонная модель объекта, обеспечивающая работу системы с требуемым показателем качества. В поисковых адаптивных системах информация об объекте не полная и заранее получена быть не может, а должна быть измерена в процессе работы.

5.6.2 В беспоисковых адаптивных системах управления требуемый показатель качества достигается с помощью эталонной модели объекта управления. Такая модель создается на основании заранее известной информации об объекте и включается в адаптивную систему управления, как показано на рисунке 5.17, *а*. Эталонная модель (*ЭМ*) входит в устройство управления *УУ*, но для наглядности на рисунке 5.17 вынесена из него [11].

Модель управляется сигналом *nм*  из устройства адаптации. Она также получает сигнал управляющих воздействий *uм*,идущий от сигнала*u*,но через *УУ*. Выходным сигналом модели является сигнал *yм*, поступающий на вход *УУ*. Модель выполняет функции корректирующего устройства, по сигналам которого *УУ* изменяет характеристики системы. Модель создается по известному показателю качества объекта, причем желательно, чтобы показатели модели и объекта были близки. Одна из схем включения модели приведена на рисунке 5.17, *б*. На модель *ЭМ*и на объект ОУ подается один задающий сигнал *x*, характеризующий требуемый показатель качества объекта. В процессе работы системы выходные сигналы модели *yм*  и объекта *y*, характеризующие соответственно показатели качества модели и объекта, сравниваются вычислителем критерия соответствия (*ВКС*) модели объекту. При отклонении сигнала объекта *y* от сигнала модели *yм*  *ВКС* вырабатывает воздействие *n*, пропорциональное отклонению*y* от *yм*, и подает его на управляющее устройство *УУ*, которое в свою очередь подает соответствующий сигнал *uу* на регулятор *Р*, системы управления объектом. Регулятор изменяет (корректирует) управляющий сигнал объекта *u,*в результате чего объект изменяет свой выходной сигнал *y*, приближая его к эталонному сигналу модели *yм*. Такая самонастройка системы с изменением параметров регулятора называется параметрической.

Корректирующие сигналы*УУ* в таких системах могут подаваться не на регулятор, а на вход системы управления объектом, как показано на рисунке 5.17, *а*; в этом случае параметры регулятора не меняются. Такая самонастройка называется сигнальной.

В беспоисковых адаптивных системах осуществляется стабилизация динамических свойств электропривода. Поэтому эталонная модель может быть представлена в виде динамического звена с определенной передаточной функцией. *ВКС* при этом должен получать информацию или непосредственно о динамических характеристиках объекта управления или определять ее косвенно по возможным измеряемым координатам. При непосредственном измерении*y* и *yм ВКС* может выполнять роль сумматора, определяющего отклонение  D*y* =*yм* –*y*.



*а* – общая; *б* – с моделью, включенной параллельно объекту.

Рисунок 5.17 - Функциональная схема системы адаптивного управления с моделью

Адаптивную систему с параметрической настройкой можно представить упрощенной структурной схемой на рисунке 5.18, *а*, а с сигнальной настройкой – структурной схемой на рисунке 5.18,*б*.



*а* – при параметрической самонастройке; *б* – при сигнальной самонастройке.

Рисунок 5.18 - Структурная схема системы адаптивного управления с моделью

Рассмотрим схему с сигнальной настройкой (см. рисунок 5.18*, б*).Сигнал задания *x* поступает параллельно на систему управления объектом и модель. Их выходные сигналы *y* и *yм* сравниваются сумматором *AW2,*выполняющим роль *ВКС*, а их разница, D*y* =*yм* –*y*, подается в виде сигнала обратной связи *uу* на вход системы управления объектом с помощью сумматора *AW3*.

Передаточная функция такой системы имеет вид:

                               ,                       (5.10)

где Wоу, Wм(*р*), Wос(*р*) – передаточные функции соответственно объекта управления, модели и цепи обратной связи.

Если обеспечить большой коэффициент обратной связи, то единицей в слагаемых числителя и знаменателя по сравнению с Wм(*р*), Wос(*р*)можно пренебречь. Тогда

                                   или .                                 (5.11)

Из (5.11) видно, что выходная координата объекта управления определяется лишь динамическими свойствами модели.

5.6.3 Поисковыми называются системы, решающие задачу оптимального управления с автоматическим поиском при неполной информации об объекте и изменяющихся его характеристиках.

Сущность автоматического поиска можно объяснить, обратившись к рисунку 5.16, *а* и приняв для упрощения, что поисковая адаптивная система является однокоординатной. Пусть устройство *УУ* дает на управляемый объект *УО* пробные воздействия в виде импульсных или гармонических сигналов. Устройство адаптации *УА* анализирует их результаты и через *УУ* управляет объектом, приводя его в «оптимальное состояние».

Часто требуется осуществлять автоматический поиск в поисковой адаптивной системе управления электропривода, имеющей статические характеристики*y(u)* и требующей автоматического управления с выходом на экстремум этой характеристики (см. рисунок 5.16, *б*). Если состояние поисковой адаптивной системы в данный момент времени характеризует точка *A,*то при увеличении сигнала управления на D*u* имеем приращение сигнала *y* на D*y*. Здесь

                                      .                            (5.12)                    Для точки *Б,*наоборот,

                                                   .                                                   (5.13)

Очевидно, что для выхода на максимум *Ymax* в первом случае  *u* должно возрастать, а во втором – уменьшаться. При этом объект управления имеет экстремальную статическую характеристику, которая в процессе работы может изменяться в зависимости от  *f*  и *t*.

Задачей поисковой адаптивной системы электропривода является максимальное приближение значений выходной координаты *y* в точке экстремума к *Ymax*,которая со временем сама может изменяться.

Следует отметить, что переходные процессы здесь могут происходить в виде отработки подаваемых на объект сигналов *uА*+ D*uА*или *uБ*+ D*uБ.*Приближение к максимуму координаты *y* осуществляется при этом за несколько «шагов». Принцип поиска экстремума показан на рисунке 5.19.



Рисунок 5.19 - Принцип поиска экстремума в адаптивной поисковой системе

Для поиска сигнал управления *u*объекта *УО* сначала увеличивается, а затем уменьшается. Увеличение сигнала *u* происходит до момента, когда выходной сигнал достигает экстремума *Ymax*и начнет снижаться согласно характеристике объекта управления. При фиксации устройством адаптации *УА* зоны поиска *ЗП*, равной D*y*, оно подает команду на уменьшение сигнала управления, при этом выходная координата *y* сначала возрастает, а потом согласно характеристике *ОУ* снижается. При уменьшении *y* на D*y*, определяемой зоной поиска, *УА* вновь реверсирует сигнал управления.

При смещении характеристики объекта и повышении значения *Y*maxсигнал *u* не реверсируется, пока *y* не достигнет нового экстремального значения. Теперь поиск будет осуществляться так же, но с другим значением *Ymax.*