

Тема 3.2. ВЫБОР ПРИБОРОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

1. Выбор регуляторов
2. Выбор регулирующих органов
3. Выбор исполнительных устройств

1. ВЫБОР РЕГУЛЯТОРОВ

В современных САУ сельскохозяйственными технологическими процессами находят применение регуляторы как непрерывного, так и позиционного действия.

Среди регуляторов непрерывного действия наибольшее распространение получили пропорциональные (П-), интегральные (И-), пропорционально-интегральные или изодромные (ПИ-), пропорционально-дифференциальные (ПД-), а также пропорционально-интегрально-дифференциальные или изодромные с предварением (ПИД-) законы регулирования. На сегодняшний день известен целый ряд методик по выбору оптимальных регуляторов. Однако всех их объединяет необходимость предварительного математического описания объектов автоматизации и обязательность наличия информации о требуемых показателях качества управления.

Задача проектировщика состоит в выборе такого типа регулятора, который при минимальной стоимости и максимальной надежности обеспечивал бы заданное качество регулирования.

Разработчиком могут быть выбраны релейные, непрерывные или дискретные (цифровые) типы регуляторов.

Для того, чтобы выбрать тип регулятора и определить его настройки, необходимо знать:

- 1) Статические и динамические характеристики объекта управления;
- 2) Требования к качеству процесса регулирования;
- 3) Показатели качества регулирования для серийных регуляторов;
- 4) Характер возмущений, действующих на процесс регулирования;

Выбор типа регулятора обычно начинается с простейших двухпозиционных регуляторов и может заканчиваться самонастраивающимися микропроцессорными регуляторами. Заметим, что по требованиям технологического регламента многие объекты не допускают применения релейного управляющего воздействия.

Рассмотрим показатели качества серийных регуляторов. В качестве серийных предполагаются непрерывные регуляторы, реализующие И-, П-, ПИ- и ПИД- законы управления.

Теоретически, с усложнением закона регулирования качество работы системы улучшается. На динамику регулирования наибольшее влияние оказывает величина отношения запаздывания к постоянной времени объекта τ/T .

Постоянная времени T является показателем инерционности объекта и подразумевает время от начала изменения выходной регулируемой величины до момента достижения некоторого установившегося значения регулируемого параметра.

Эффективность компенсации ступенчатого возмущения регулятором может характеризоваться величиной динамического коэффициента регулирования R_d , а быстродействие – величиной времени регулирования t_p .

Теоретически, в системе с запаздыванием, минимальное время регулирования равно:

$$t_{Pmin} = 2 \tau$$

Наибольшее быстродействие среди регуляторов с типовыми законами управления обеспечивает П-закон управления. Однако, если коэффициент усиления П-регулятора K_P мал (чаще всего это наблюдается в системах с запаздыванием), то такой регулятор не обеспечивает высокой точности регулирования, поскольку в этом случае велика величина статической ошибки.

Если K_P имеет величину равную 10 и более, то П-регулятор приемлем, а если $K_P < 10$, то требуется введение в закон управления интегральной составляющей.

Наиболее распространенным на практике является ПИ-регулятор, который обладает следующими достоинствами:

1) Обеспечивает нулевую статическую ошибку регулирования.

2) Достаточно прост в настройке, т.к. настраиваются только два параметра, а именно коэффициент усиления K_P и постоянная интегрирования T_I .

Постоянная интегрирования T_I - это время, за которое регулируемый орган перемещается из одного крайнего положения в другое при максимальном входном сигнале

В таком регуляторе имеется возможность оптимизации, т. е. выполнить условие $K_P/T_I \rightarrow \max$, что обеспечивает управление с минимально возможной среднеквадратичной ошибкой регулирования.

3) Малая чувствительность к шумам в канале измерения (в отличие от ПИД-регулятора).

Для наиболее ответственных контуров можно рекомендовать использование ПИД-регулятора, обеспечивающего наиболее высокое быстродействие в системе. Однако, следует учитывать, что это условие выполняется только при его оптимальных настройках (настраиваются три параметра). С увеличением запаздывания в системе резко возрастают отрицательные фазовые сдвиги, что снижает эффект действия дифференциальной составляющей регулятора. Поэтому качество работы ПИД-регулятора для систем с большим запаздыванием становится сравнимо с качеством работы ПИ-регулятора. Кроме этого, наличие шумов в канале измерения в системе с ПИД-регулятором приводит к значительным случайным колебаниям управляющего сигнала регулятора, что увеличивает дисперсию ошибки регулирования (разброс значений) и износ исполнительного механизма. Таким образом, ПИД-регулятор следует выбирать для систем регулирования, с относительно малым уровнем шумов и величиной запаздывания в объекте управления. Примерами таких систем являются системы регулирования температуры.

При выборе типа регулятора рекомендуется ориентироваться на величину отношения запаздывания регулирующего воздействия к постоянной времени объекта τ/T .

Если $\tau/T < 0,2$, то можно выбрать релейный, непрерывный или цифровой регуляторы.

Если $0,2 < \tau/T < 1$, то должен быть выбран непрерывный или цифровой регулятор, ПИ- или ПИД-регулятор.

Если $\tau/T > 1$, то выбирают специальный цифровой регулятор с упреждающим устройством, который компенсирует запаздывание в контуре управления. Однако этот же регулятор рекомендуется применять и при меньших отношениях τ/T .

Постоянная времени — это условное время изменения выходной величины от начального значения до нового установившегося, если бы это изменение происходило с максимальной скоростью для данного переходного процесса.

Постоянная времени характеризует инерционность объекта, под которой понимается его способность замедленно накапливать или расходовать вещество или энергию. Чем больше T , тем медленнее изменяется регулируемый параметр, тем легче работать регулятору. Это оказывается возможным благодаря наличию в составе объекта регулирования сопротивлений и емкостей, препятствующих поступлению и выходу этого вещества или энергии.

Величина T при наличии возмущения определяет продолжительность переходного процесса и крутизну кривой нарастания параметра Y .

Пример. В домашнем холодильнике имеющего малый объем и, следовательно, малую аккумулирующую способность, продолжительность переходного процесса будет меньше, чем у холодильников промышленного типа, имеющих больший объем.

2. ВЫБОР РЕГУЛИРУЮЩИХ ОРГАНОВ

По принципу воздействия на объект регулируемые органы подразделяются на дросселирующие и дозирующие. Так, при регулировании потоков газа и жидкостей применяют различные дроссельные заслонки, клапаны, шиберы и т.д., а при регулировании расхода сыпучих материалов — тарельчатые и скребковые питатели, секторные затворы, дозаторы и т.д. В зависимости от конструктивных особенностей каждый регулируемый орган можно определить тремя качественными показателями:

1) пропускной способностью K_V ;

2) пропускной характеристикой, устанавливающей зависимость пропускной способности K_V от перемещения S затвора при постоянном перепаде давления;

3) расходной характеристикой (зависимостью в рабочих условиях относительного расхода μ среды от степени открытия регулирующего органа:

$$\mu = Q_I / Q_{MAX},$$

где Q_I — расход среды, при некотором положении регулирующего органа;

Q_{MAX} — расход среды при полностью открытом регулирующем органе.

При выборе регулирующего органа в первую очередь необходимо оценить его расходную характеристику, которая для большинства автоматических систем должна быть линейной и однозначной. Это требование определяется тем, что тангенс угла наклона касательной к расходной характеристике равен коэффициенту передачи регулирующего органа.

Известно, что коэффициент передачи разомкнутой САУ можно представить произведением:

$$K_{PC} = K_P \cdot K_{PO} \cdot K,$$

где K_P — коэффициент передачи регулятора;

K_{PO} — коэффициент передачи регулирующего органа;

K — коэффициент передачи остальных элементов разомкнутой САУ.

При проектировании САУ регулятор подбирают с таким значением K_P , при котором K_{PO} будет оптимальным. Компенсируя возмущение в системе, регулирующий орган будет занимать различные положения. Если его расходная характеристика линейная, то $K_{PO} = const$, и при всех режимах качество регулирования будет оптимальным. Если же расходная характеристика регулирующего органа нелинейная, то это требование выполняться не будет. В связи с этим особые требования предъявляются к кинематике сочленения регулирующего органа с исполнительным механизмом. Ее подбирают такой, чтобы компенсировать нелинейность расходной характеристики. Другой дефект расходной характеристики регулирующего органа, который также необходимо учитывать при проектировании систем автоматики, — ее неоднозначность, носящая гистерезисный характер. Причиной этого являются зазоры.

Допускается гистерезис с шириной петли не более 3...5 % рабочего хода регулирующего органа.

3. ВЫБОР ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

В сельскохозяйственном производстве наибольшее распространение получили электрические исполнительные механизмы, которые подразделяются на электромагнитные (соленоидные приводы) и электродвигательные.

Соленоидные приводы управляют различными регулирующими и запорными клапанами, вентилями и золотниками, работающими по дискретному принципу «открыто-закрыто». Их выбор сводится к расчету катушки электромагнита по напряжению и развиваемому тяговому усилию.

Электродвигательные исполнительные механизмы вращательного типа бывают следующих модификаций:

- электрические однооборотные — МЭО;
- электрические многооборотные — МЭМ;
- пропорционального регулирования — ПРМ, ПР-1М;
- двухпозиционного регулирования — ДР-М, ДР-1М;
- для быстрого перемещения регулирующих органов в системах позиционного автоматического регулирования и дистанционного управления — ИМ-2/120, ИМТМ-4/2,5;
- электроприводы на основе двигателей постоянного тока — типа МИ, СП, ДПМ;
- асинхронные управляемые двухфазные двигатели типа — АДТ, АДП.

Если ход запорно-регулирующих органов прямолинейный, то применяют электрические прямоходные исполнительные механизмы типа МЭП

Особенность однооборотных исполнительных механизмов заключается в том, что выходной вал проворачивается с постоянной скоростью на угол, не превышающий 360° .

Так, например, для механизма типа МЭО-4/100 максимальный угол поворота выходного вала составляет 90 или 240° .

Электродвигательные исполнительные механизмы выбирают в зависимости от значения момента, необходимого для вращения поворотных заслонок:

$$M_3 = k / (M_P + M_T),$$

где k - коэффициент, учитывающий затяжку сальников и загрязненность трубопровода, $k = 2...3$.

M_P - реактивный момент, обусловленный стремлением потока вещества закрыть заслонку;

M_T - момент трения в опорах.

Реактивный момент определяется по формуле:

$$M_P = 0,07 \cdot \Delta P_{PO} D_3$$

где ΔP_{PO} — перепад давления на заслонке (рекомендуется при расчете принимать ΔP_{PO} , равным избыточному давлению перед заслонкой);

D_3 — диаметр заслонки.

Момент трения в опорах:

$$M_T = 0,785 \cdot D_3^2 \cdot P_{II} \cdot r_{III} \cdot \lambda,$$

где P_{II} — избыточное давление перед заслонкой;

r_{III} — радиус шейки вала заслонки;

λ — коэффициент трения в опорах, $\lambda = 0,15$.

Необходимо следить за тем, чтобы момент вращения на валу выбираемого исполнительного механизма был не меньше момента, необходимого для вращения заслонки.