

СИНТЕЗ ПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭВМ

Ю.А. Сидоренко, к.т.н., ст. научный сотрудник, Е.В. Галушко, к.т.н. (УО БГАТУ)

Аннотация

Предложен порядок синтеза позиционных систем автоматического регулирования путем моделирования на ЭВМ. Синтез предусматривает обеспечение точности, выбор частоты автоколебаний и установки регулятора, обеспечивающей минимальный расход энергии.

Позиционными системами автоматического регулирования (САР) называют системы, в которых управляющее воздействие на объект формируется в виде ступенчатых воздействий, изменяющихся при определенных уровнях ошибки.

В двухпозиционных системах управляющие воздействия на объект могут приобретать только два значения, в трехпозиционных – три, и т.д.

Позиционные системы являются наиболее простыми и поэтому широко используются в сельском хозяйстве и других отраслях, в основном, для управления температурными режимами, например, в инкубаторах, холодильных установках, сушильных агрегатах.

Характерной особенностью позиционных систем является наличие установившихся автоколебательных режимов работы и смещение значения регулируемой величины при изменении возмущающего воздействия, в том числе и автоколебательного процесса.

Показателями качества регулирования позиционных систем являются точность, частота автоколебаний, быстродействие и динамические отклонения в переходных режимах. Для трехпозиционных и многопозиционных систем следует также обеспечить отсутствие многопозиционных автоколебаний. Эти требования зачастую

противоречат друг другу, поэтому задача синтеза носит системный характер и наиболее достоверно может быть решена путем моделирования на ЭВМ.

В системах (а таких большинство), связанных с обеспечением температурного режима, также стоит задача найти установки регулятора, обеспечивающие минимальный расход энергии. Пусть, например, температура на объекте может меняться от нижнего допустимого уровня $Y_{н.доп.}$ до верхнего допустимого уровня $Y_{в.доп.}$. Тогда, с энергетической точки зрения, выгодно, чтобы установка регулятора обеспечивала значение температур близких к $Y_{н.доп.}$, но не менее $Y_{н.доп.}$, при любых возмущающих воздействиях.

Как и для любых других систем, на первом этапе решается вопрос изучения условий функционирования объекта, формирования алгоритма функционирования и требований к показателям качества. Проводится вывод дифференциальных уравнений объекта по управляющему и возмущающему воздействиям или идентификация объекта по этим воздействиям.

На втором этапе проводится собственно синтез закона регулирования.

Рассмотрим этот вопрос, начиная с более простого случая, – двухпозиционного регулирования.

Для определенности будем рассматривать случай обеспечения температурного режима путем подогрева. Тогда структурная схема системы имеет вид, изображенный на рисунке 1.

При выборе последовательности решения задачи учтем следующее. Системы с позиционными законами обладают высоким быстродействием, поскольку управляющее воздействие на объект формируется ступенчато. Учитывая это, решение задачи целесообразно начинать с обеспечения точности регулирования.

Величину X_y изменения ступенчатого управляющего воздействия выбирают из условия обеспечения требуемого значения регулируемой величины во всем диапазоне изменения возмущающего воздействия без суще-

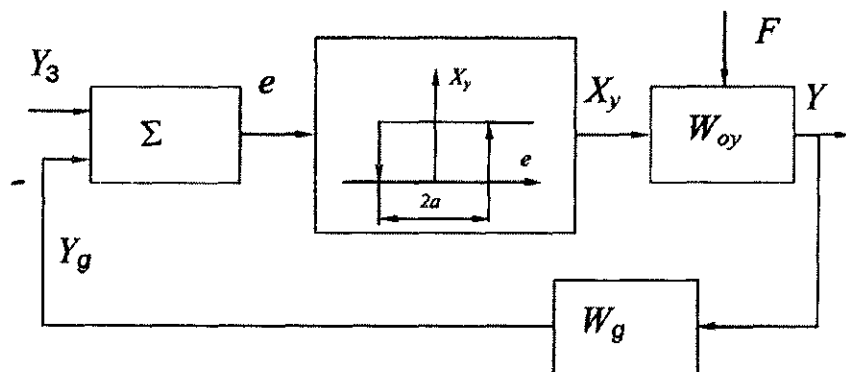


Рисунок 1. Структурная схема двухпозиционной системы: Y_3 – заданное значение регулируемой величины; Y – значение регулируемой величины; X_y – управляющее воздействие на объект; F – возмущающее воздействие на объект; Y_g – сигнал датчика; $2a$ – ширина зоны неоднозначности; Σ – сравнивающее устройство; W_{oy} – математическая модель объекта по управляющему и возмущающему воздействиям; W_g – математическая модель датчика.

ственного запаса, поскольку увеличение X_u увеличивает амплитуду автоколебаний и, таким образом, снижает точность. Например, в системах отопления рассчитывается тепловая мощность, обеспечивающая требуемое значение температуры в помещении при минимальной наружной температуре.

При выборе ширины $2a$ зоны неоднозначности необходимо учитывать следующее. Чем меньше $2a$, тем меньше амплитуда автоколебаний и, следовательно, выше точность регулирования, но при этом возрастает частота автоколебаний. Это приводит к более частому срабатыванию исполнительного устройства, что снижает надежность системы. Компромисс достигается при моделировании системы путем варьирования ширины зоны неоднозначности.

Если амплитуда автоколебаний существенно меньше Y в доп.- Y н. доп., то, с целью экономии энергии, установку Y_3 регулятора следует выбрать минимальной, но так, чтобы температура не выходила за допустимый предел Y н. доп.. Проводится это путем моделирования при максимальном возмущающем воздействии (минимальной наружной температуре). Переходный процесс после включения системы и установившийся процесс автоколебаний, полученный в результате этого, показан на рисунке 2, (кривая 1). Затем проводится проверка работы системы при минимальном возмущающем воздействии (температуре близкой к зоне неоднозначности, кривая 2). Если при этом температура не выходит за допустимый предел Y в доп., то задача обеспечения точности системы решена положительно.

После этого следует проверить реакцию системы на изменение управляющего воздействия Y_3 и возмущающего F . При необходимости быстрые действия системы можно повысить, увеличив величину ступенчатого воздействия X_u , но следует учитывать, что это приведет к увеличению амплитуды и частоты автоколебаний.

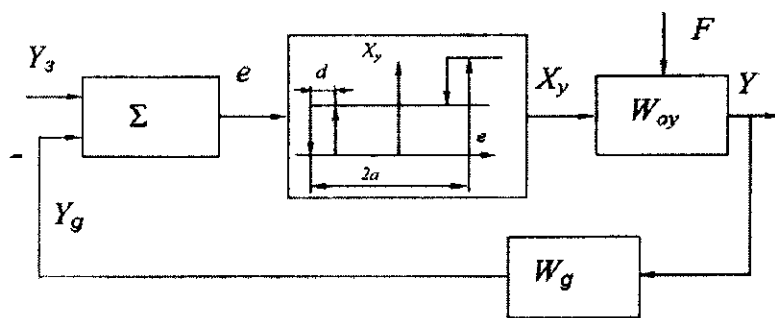


Рисунок 3. Структурная схема трехпозиционной системы: Y_3 – заданное значение регулируемой величины; Y – значение регулируемой величины; X_u – управляющее воздействие на объект; F – возмущающее воздействие на объект; Y_g – сигнал датчика; $2a$ – ширина зоны нечувствительности; d – дифференциал (зоны неоднозначности); Σ – сравнивающее устройство; W_{oy} – математическая модель объекта по управляющему и возмущающему воздействиям; W_g – математическая модель датчика.

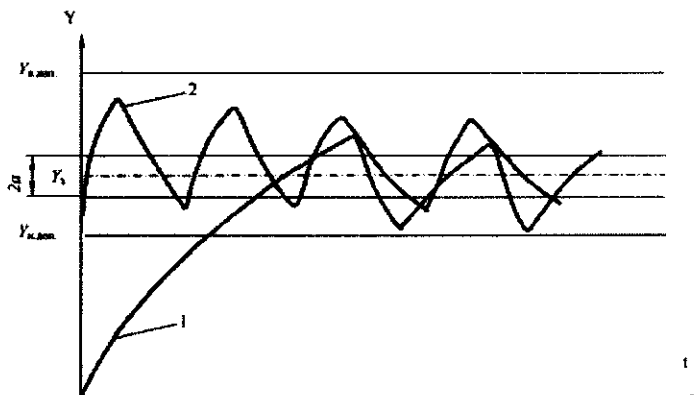


Рисунок 2. Переходные процессы и установившиеся режимы работы двухпозиционной системы: 1 – при максимальном возмущающем воздействии (минимальной наружной температуре); 2 – при возмущающем воздействии (наружной температуре) близкой к зоне неоднозначности.

Аналогичным образом решается задача по синтезу систем, обеспечивающих охлаждение объекта. Разница заключается в том, что максимальному возмущающему воздействию соответствует максимальная наружная температура, минимальному – температура близкая к верхней границе зоны неоднозначности. Вид графиков будет иметь перевернутый характер.

Рассмотрим особенности синтеза трехпозиционных систем. Для определенности также будем рассматривать случай обеспечения температурного режима путем подогрева. Тогда структурная схема системы имеет вид, изображенный на рисунке 3.

Величину X_u изменения управляющего воздействия на объект выбирают из тех же соображений, что и для двухпозиционных систем. Разница заключается в том, что X_u складывается из двух ступенчатых воздействий. Обычно ступенчатые воздействия принимаются равными $0,5 X_u$.

Дифференциалы d выбирают из тех же соображений, что и зону неоднозначности для двухпозиционных систем, моделируя работу системы около одного из порогов срабатывания, например, около нижнего (при большом возмущающем воздействии – низкой наружной температуре).

Затем рациональный порядок синтеза может быть следующий.

Расположим нижний порог срабатывания регулятора на уровне $Y_{н. доп.}$. Ширину зоны нечувствительности выберем достаточно большой, чтобы не возникло многопозиционных автоколебаний. Моделируем работу системы при максимальном F (минимальной температуре), последовательно смещая нижний порог вверх путем изменения Y_3 , до тех пор, пока автоколебания станут выше $Y_{н. доп.}$ (см. рис.4).

Моделируем систему при после-

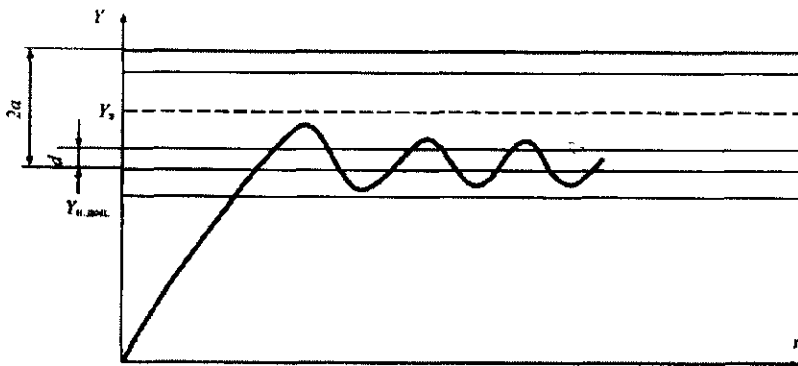


Рисунок 4. Переходный процесс и установившийся автоколебательный режим при автоколебаниях максимально смещенных вниз.

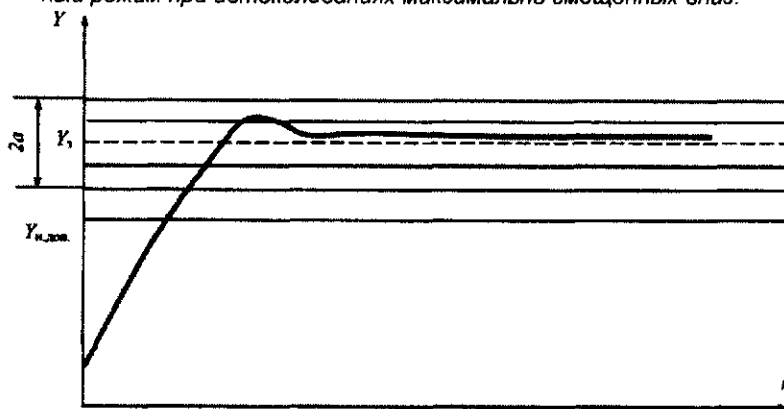


Рисунок 5. Переходный процесс и установившийся режим работы при отсутствии автоколебаний (зона неоднозначности максимально сужена).

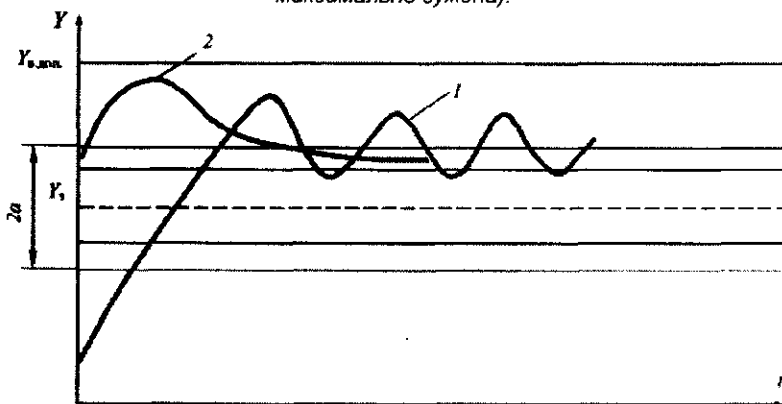


Рисунок 6. Переходный процесс и автоколебательный режим, максимально смещенный вверх (кривая 1); переходный процесс и установившийся неколебательный режим (кривая 2).

довательном уменьшении F (увеличении температуры) до окончания автоколебаний и затем подтягиваем верхний порог срабатывания регулятора путем изменения Y_3 и верхней границы зоны $2a$ к максимальному значению регулируемой величины (см. рис. 5).

Моделируем систему при последовательном уменьшении F (увеличении температуры) до окончания автоколебаний около верхнего порога срабатывания регулятора (см. рис. 6).

Если Y не выходит за предел $Y_{\text{в.доп.}}$, то цели достигнуты – система обеспечивает требуемую точность, расход энергии минимальный для трехпозиционной системы.

Следует отметить, что многопозиционные системы обеспечивают меньшую точность, поскольку следует обеспечить отсутствие многопозиционных автоколебаний. Их применение связано с технологическими требованиями к функционированию объекта. Примером может служить требование обеспечить допустимую разность температур воздуха внутри животноводческого помещения и воздуха подаваемого в помещение для обогрева. По причине малой точности, более чем трехпозиционные системы применяют редко. Если такое регулирование все же необходимо, то разрабатывают специальные алгоритмы, сводящие процесс регулирования к двухпозиционному. Идея такого специального алгоритма может быть, например, следующая. После включения системы на объект подается максимальное управляющее воздействие X_u . Если температура превысила заданный уровень, то X_u уменьшают на одну ступень. Если температура все же продолжает некоторое время повышаться, то X_u уменьшают еще на одну ступень. Так происходит, пока не возникнет режим автоколебаний в двухпозиционном режиме. При понижении температуры на объекте все происходит в обратном порядке. Выбор времени, по прошествии которого необходимо уменьшать (или увеличивать) X_u , также можно выбрать путем моделирования на ЭВМ.

Выводы

В статье рассмотрен вопрос синтеза позиционных систем путем моделирования на ЭВМ. Методика позволяет не только обеспечить традиционные показатели качества, такие как амплитуда и частота автоколебаний, но и выбрать уставку регулятора, обеспечивающую минимальный расход энергии, и обеспечить точность систем в полном диапазоне изменения возмущающего воздействия.