

А. Н. Шельяков, кандидат технических наук, доцент;

И. А. Давыдов, аспирант

Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета

ИМПУЛЬСНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ

Представлен анализ современных модификаций автоматических регуляторов. Предложен новый импульсный энергетический метод управления объектами, основанный на энергетическом подходе. Определены основные задачи, необходимые для реализации предлагаемого метода.

Ключевые слова: импульсный энергетический метод, объект управления, автоматическое регулирование

Постоянное усложнение технологических процессов приводит к ужесточению требований к качеству автоматического регулирования, которое инициирует появление множества новых модификаций регуляторов.

Анализ принципов действия и модификаций регуляторов, которые наиболее распространены в АСУ ТП и подробно описаны в статьях [1, 2], показывает, что ПИД-регуляторы имеют неудовлетворительные показатели качества при управлении сложными системами, а также при недостаточной информации об объекте управления. Характеристики регуляторов можно улучшить с помощью методов нечеткой логики или нейронных сетей. Основным недостатком нечетких и нейросетевых регуляторов является сложность их настройки, составления базы правил и обучения нейронной сети.

Реализация нечеткого ПИД-регулятора вызывает проблемы, поскольку он должен иметь трехмерную таблицу правил в соответствии с тремя слагаемыми в уравнении ПИД-регулятора, которую чрезвычайно сложно заполнить, пользуясь ответами эксперта. Оптимальная настройка нечеткого регулятора до сих пор остается трудной задачей. Причем в случаях, когда модель объекта определена достаточно точно, традиционный регулятор всегда будет лучше нечеткого, так как при синтезе нечеткого регулятора исходные данные заданы приближенно.

Обучение нейронной сети требует достаточно много времени. Другим недостатком является невозможность предсказания погрешности регулирования для воздействий или ситуаций, которые не входили в набор обучающих команд [2].

С другой стороны, несмотря на отмеченные достоинства представленных алгоритмов, следует отметить, что хорошее качество регулирования достигается только в теории, так как использованию в реальных условиях совершенных модификаций регуляторов препятствует следующее:

- отсутствие на производствах квалифицированного персонала, способного провести идентификацию объекта и настройку регулятора (обычно интеграцию систем регулирования на производствах производят сторонние предприятия, которые производят только начальную однократную настройку системы);
- нестационарность параметров объекта и возмущений, например изменение массы заготовок в печи, изменение температуры окружающей среды и т. д.

Поэтому, как показывает практика, в большинстве производственных случаев используются регуляторы, реализующие классический ПИД-закон управления. При этом исследования показывают, что даже при самой квалифицированной настройке

ПИД-регулятора качество регулирования зависит от свойств объекта управления. Поэтому разработчиками создано множество модификаций ПИД-алгоритма, а также разработаны методы автонастройки ПИД-регулятора.

Таким образом, в настоящее время для решения проблемы повышения качества автоматического регулирования необходима разработка адаптивного алгоритма регулирования, который способен без непосредственного участия человека определять параметры объекта управления и обеспечивать достаточное быстродействие системы с высокой точностью регулирования.

Анализ физических состояний объектов при регулировании их выходных параметров указывает на энергетическую природу процессов, происходящих при изменении состояний объектов. Основываясь на этом, ниже представлена идея нового метода регулирования параметров объектов за счет изменения их энергетического состояния при помощи подачи на объект отдельных управляющих импульсов энергии.

Объект управления рассматривается как энергетическая система (рис. 1), параметрическое состояние Y которой связано с энергией, накопленной объектом, а также с потоками энергии, поступающей к объекту и энергии рассеивания (потерь). При этом очевидно, что установившееся (статическое) состояние объекта наступает в тот момент, когда поток управляющей энергии W_x будет равен потоку рассеиваемой энергии W_p . При этом состояние объекта характеризуется величиной регулируемого параметра Y . Очевидно, что определенному параметрическому состоянию Y соответствуют определенные величины потоков энергии $W_x = W_p$. Так, например, для поддержания более высокой температуры Y печи необходимо большее количество подводимой (управляющей) энергии W_x , но при этом и большее количество энергии W_p будет рассеиваться в окружающее пространство.

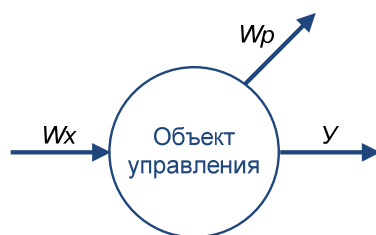


Рис. 1. Концептуальная модель объекта управления

Таким образом, управление объектом сводится к организации потока энергии. При этом качество регулирования будет определяться тремя показателями: минимальной длительностью регулирования, минимальной ошибкой (отклонением Y от заданной величины) и устойчивостью системы. Применяя энергетическую концепцию, задача управления объектом сводится к определению необходимого количества передаваемой ему энергии, которое приведет к переходу объекта в заданное состояние за минимально возможную длительность. Передача энергии объекту может осуществляться по различным законам. Наиболее рациональным способом является передача при помощи прямоугольных импульсов.

Основываясь на этом, предлагается следующий импульсный энергетический метод регулирования, суть которого описывается следующими тремя этапами (рис. 2).

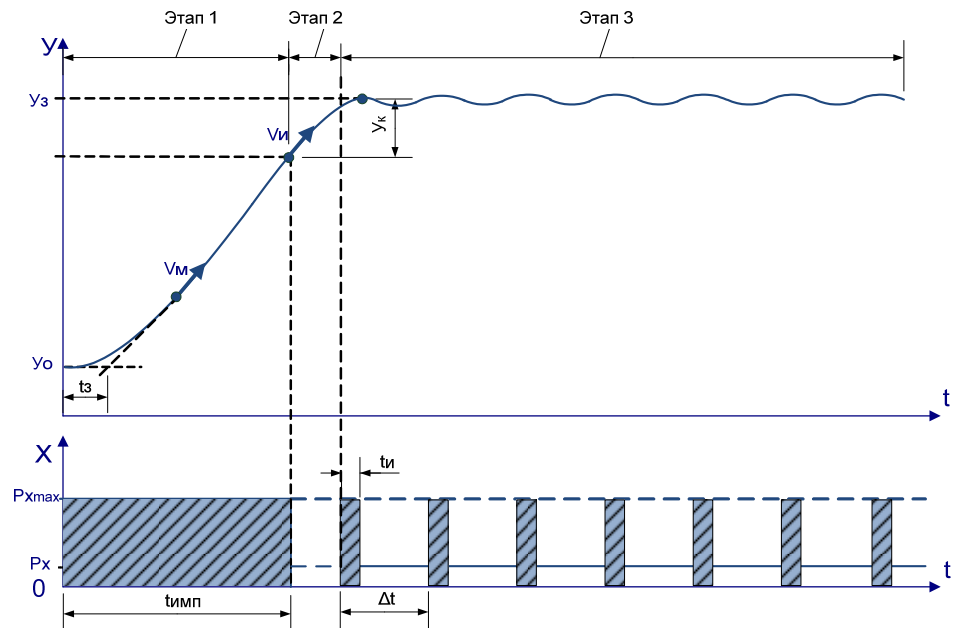


Рис. 2. Управление импульсным энергетическим методом

Э т а п 1. Для перевода объекта управления в новое заданное состояние Y_3 производится воздействие на него одиночным управляющим импульсом. При этом для обеспечения минимальной длительности переходного процесса амплитуда управляющего воздействия принимается максимально возможной, а момент его завершения определяется из условия обеспечения выхода регулируемого параметра объекта на заданный уровень Y_3 , с учетом возможного инерционного роста Y_k . Таким образом, передача объекту максимальной управляющей мощности приводит к максимальной скорости изменения состояния объекта, а длительность импульса обеспечивает передачу объекту определенного количества энергии (площадь управляющего импульса), необходимого для достижения им заданного значения выходного параметра. При этом выход объекта на заданный уровень должен происходить независимо от его инерционности и запаздывания управляющего воздействия.

Э т а п 2. При наличии запаздывания управляющего воздействия после завершения первого импульса выдерживается пауза определенной длительности, в течение которой происходит инерционный выход регулируемого параметра объекта на заданное значение Y_3 .

Э т а п 3. Дальнейшие управляющие воздействия должны обеспечить поддержание регулируемого параметра Y объекта в заданном состоянии Y_3 . Для этого организуется поток управляющей энергии в виде непрерывного управляющего воздействия определенной амплитуды P_x либо в виде импульсов максимальной амплитуды $P_{x\max}$ с определенной скважностью S , равной отношению длительности управляющего импульса t и к периоду импульсов Δt . В этом случае энергия непрерывного управляющего сигнала за определенное время должна равняться энергии управляющих импульсов за то же время, или $W_x = \int P_x dt$ (площадь управляющих импульсов равна площади непрерывного управляющего воздействия). При этом количество управ-

ляющей энергии W_x за определенное время должно соответствовать количеству энергии W_p , рассеиваемой объектом в этом параметрическом состоянии.

Для реализации данного метода необходимо определение управляющих потоков энергии, которые можно определить двумя способами: расчетным путем, используя математическую модель объекта, или по переходному процессу, отражающему реакцию объекта на управляющее воздействие. Разработка математической модели объекта и ее использование для расчета управляющего потока энергии не обеспечит высокой точности регулирования, так как невозможно учесть всю сложность процессов, происходящих в нем.

Поэтому предложено определение управляющих потоков энергии с использованием оперативных параметров текущего переходного процесса. В качестве оперативных параметров приняты следующие величины [3]: максимальная скорость изменения регулируемой величины V_m , отражающая инерционность объекта, длительность инерционного запаздывания реакции объекта t_z и текущая скорость изменения параметра V и на момент завершения управляющего импульса.

Для реализации автоматического регулирования предложенным методом необходимо решение следующих задач:

1) определение продолжительности одиночного управляющего импульса $t_{имп}$, обеспечивающего точное достижение регулируемой величиной заданного значения Y_z с учетом возможного инерционного роста;

2) определение продолжительности паузы, необходимой для возможного инерционного роста регулируемой величины, в течение которой управляющее воздействие отсутствует;

3) определение мощности управляющего воздействия, необходимого для поддержания регулируемой величины на заданном значении Y_z .

Таким образом, решение определенных задач позволит создать алгоритм автоматического управления импульсным энергетическим методом, достоинства которого заключаются в минимально возможной длительности переходного процесса и высокой точности регулирования.

Список литературы

1. Денисенко В. В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации. Ч. 1 // Современ. технологии автоматизации. – 2006. – № 4. – С. 66–74.
2. Денисенко В. В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации. Ч. 2 // Современ. технологии автоматизации. – 2007. – № 1. – С. 90–98.
3. Давыдов И. А., Шельяков А. Н. Исследование параметров переходных процессов при воздействии на объект одиночным управляющим импульсом // Измерение, контроль и диагностика. – Ижевск : Проект, 2010. – С. 152–157.

* * *

A. N. Shelyakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Votkinsky Branch of Izhevsk State Technical University

I. A. Davydov, Postgraduate, Votkinsky Branch of Izhevsk State Technical University

Pulse Energy Method of Objects Control

The analysis of modern modifications of automatic regulators is presented. The new pulse energy control method is offered for objects based on the energy approach. The primary goals necessary for realization of the offered method are defined.

Keywords: pulse energy method, control object, automatic control

Получено 28.04.10