

АВТОМАТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИКА КАК ИСТОРИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС. ОПЫТЫ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ НАЧАЛЬНОГО ПЕРИОДА

Павлов А.И., к.т.н., доцент, Титлова О.А., аспирант
ОНАПТ, г. Одесса

Проведены исследования истории возникновения и становления автоматизации как науки. Такие исследования, помогая охватить с единой точки зрения прошедшие этапы, позволяют установить основные закономерности развития автоматизации, определить поворотные моменты, уяснить всю сложность задач, возникших перед изобретателями и учеными минувших столетий, воздать должное их талантам.

The researches of the history and the formation of the automation as a science have been held. Such kind of the researches, helping to cover the past stages from the one point of view, allow us to establish the basic consistent patterns of the automation's development, to determine the defining moments, to understand all the tasks complexity, arisen in front of the inventors and scientists of the past centuries, to pay tribute to their talents.

Ключевые слова: автоматика, регулятор, алгоритм регулирования, теория устойчивости, теория автоматического регулирования.

Первые автоматически действующие устройства были изобретены в доисторические времена (капканы, силки, самострелы) и были предназначены для решения насущных задач – добывания пищи (поимки зверя либо птицы). С изобретением ветряного и водяного двигателя и появлением мельниц широкое применение на них нашли автоматические дозирующие устройства, принцип действия которых был примитивен.

Более сложным автоматом являются механические часы (изобретены в XI веке), которые нашли широкое применение. Возникновение часового производства в свою очередь оказало большое влияние на появление самых разнообразных, весьма сложных самодействующих механизмов.

Однако начало поистине широкого применения автоматических систем управления относится ко второй половине XVIII века, когда была изобретена и начала использоваться паровая машина. В 1765 году И.И.Ползунов построил автоматическую систему регулирования (САР) уровня воды в паровом котле, построенного для, изобретенной им же, двухцилиндровой паровой машины непрерывного действия.

В 1774 году Д.Уатт (D.Watt, Англия) изобрел автоматический регулятор частоты вращения вала паровой машины (рисунок 1). Принцип действия автоматического регулятора Д.Уатта очень прост и всем известен.

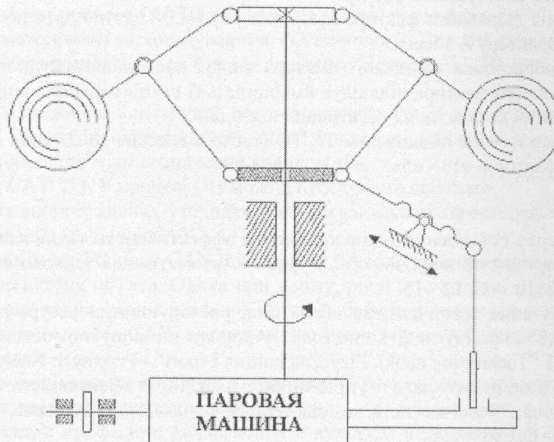


Рис. 1 - Первый вариант конструкции регулятора частоты вращения вала паровой машины Д.Уатта

Итак, в первом варианте (1774 год) регулятора Уатта (он получил название «конический маятник») перемещение затвора регулирующего органа (задвижки) осуществлялось рычагом за счет кинетической энергии вращающихся чугунных шаров, что требовало их большой массы и, следовательно, регулятору была свойственна значительная инерционность. Такая конструкция регулятора обуславливала его статические свойства. С целью улучшения качества регулирования Уатт ввел в конструкцию регулятора пружину, что позволило (сохраняя статические свойства регулятора) снизить его инерционность, в том числе уменьшалась инерционность внутренней обратной связи за счет уменьшения массы шаров, что положительно отразилось на качестве регулирования.

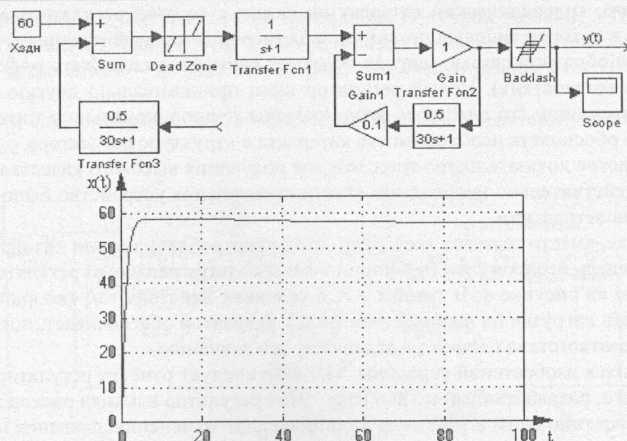


Рис. 2 - Структурная схема и график переходного процесса в первом варианте регулятора Уатта

Таким образом, регулятор Уатта и в первоначальном варианте, и во втором (улучшенном) варианте представлял собой динамическую структуру с внутренней отрицательной обратной связью, а, значит, алгоритм регулирования был пропорциональным.

Изобретенная около 1780 года Уаттом конструкция золотникового парораспределителя для паровой машины подсказала ему возможность дальнейшего совершенствования своего регулятора: в конструкцию регулятора, для повышения коэффициента усиления по мощности, был введен поршневой исполнительный механизм. Однако, практического применения такие регуляторы не нашли вследствие неустойчивости САР. И только когда догадались поршневой механизм охватить жесткой (пропорциональной) обратной связью в виде рычажной передачи, САР стали работоспособными. В таком варианте конструкции удалось еще больше снизить массу шаров «конического маятника», уменьшить размеры рычажной передачи к задвижке и в целом регулятор стал очень компактным, более высокой чувствительности к изменению частоты вращения вала паровой машины.

Регулятор Уатта такой конструкции применялся на протяжении почти 100 лет практически на всех паровых двигателях в мире. Однако он имел один принципиальный недостаток: алгоритм регулирования оставался пропорциональным, что обуславливало, при переменной нагрузке на вал паровой машины, появление остаточного отклонения. Структурная схема САР с таким регулятором и графики переходных процессов в ней приведены на рисунке 3.

Открытие ПИ-алгоритма регулирования состоялось при решении практической задачи, далекой от проблемы управления паровой машиной.

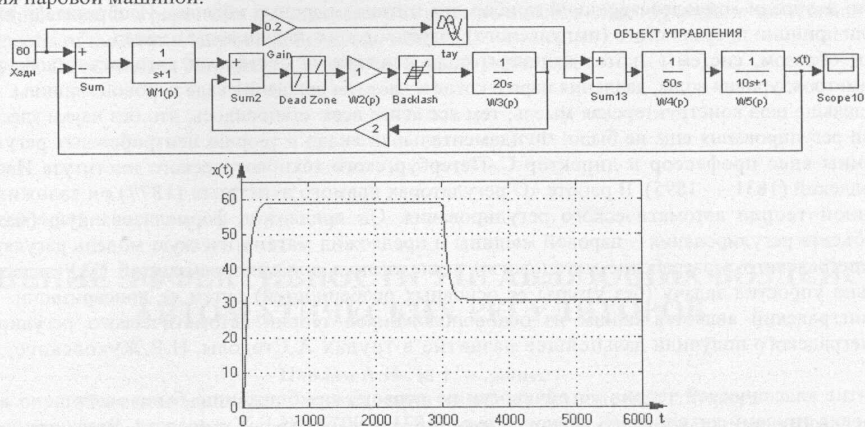


Рис. 3 - Структурная схема САР с регулятором, охваченным жесткой обратной связью и графики переходных процессов в ней

В 1840 году французский астроном Эри (G.V.Airy), рассматривая работу регулятора, обеспечивающего равномерность движения телескопа, и столкнувшись с фактом возникновения колебаний в системе стабилизации скорости перемещения телескопа, предложил, для устранения этих вредных колебаний, в конструкцию регулятора ввести специальное устройство – катаракт. В 1850 году он свое предложение воплотил [2] в практику

управления телескопом: гидравлический катаракт он связал с муфтой регулятора и, таким образом, впервые была построена САР, в которой гидравлический привод (исполнительный механизм) был охвачен не жесткой, а гибкой отрицательной обратной связью (сигнал обратной связи стал содержать информацию о скорости изменения управляющего воздействия). Новый регулятор имел принципиально другую динамическую структуру, чем все его предшественники: его алгоритм регулирования пропорционально – интегральный. Однако Эри не удалось теоретически обосновать необходимость катаракта в структуре регулятора.

Аналитически строгое доказательство того, что для получения высокого качества работы системы «паровая машина-регулятор» действительно необходимо ввести специальное устройство было дано много позже, спустя четверть века И.А.Вышнеградским.

Позднее, в XX веке, вместо термина «катаракт» стали употреблять термин «изодром».

Компьютерная модель изодромного (пропорционально – интегрального) регулятора и его переходная характеристика приведены на рисунке 4. В такой САР, в условиях действия т.н. «координатных возмущений» (например, нестабильность нагрузки на паровой двигатель), регулятор обеспечивает, после завершения переходного процесса, строгое соответствие параметра заданному его значению.

К числу выдающихся изобретений середины XIX века следует отнести регулятор давления пара в паровом котле А.И.Шпаковского, разработанный в 1866 году. Этот регулятор изменял расход жидкого топлива (мазута), подаваемого в форсунки точного агрегата пропорционально изменению давления пара в котле.

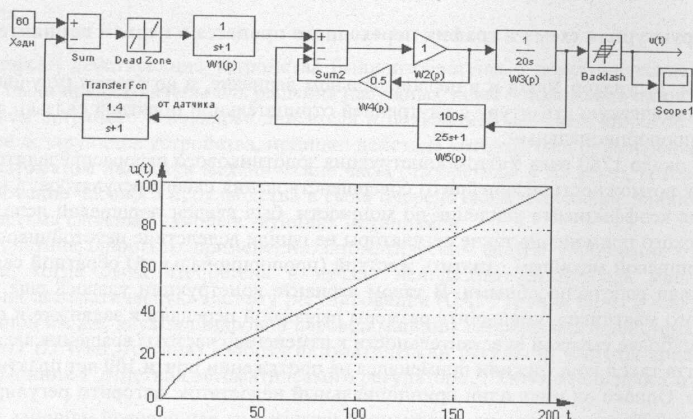


Рис. 4 - Структурная схема ПИ- регулятора и его переходная характеристика

Реконструкция коснулась регулятора уровня воды в барабане котла. В 1870 году И.Возняковский и К.Воронин изобрели «самодействующий прибор для питания паровых котлов». Изобретатели впервые в мире применили принцип прерывистого (импульсного) регулирования подачи воды в котел.

Таким образом, системы «котел-машина» стали оснащаться системами автоматического регулирования трех параметров: уровня воды, давления пара в котле и частоты вращения вала паровой машины.

Чем дальше шла конструкторская мысль, тем все яснее всем становилось, что без науки здесь не обойтись. Но теории регулирования еще не было! Фундаментальный вклад в теорию центральных регуляторов паровой машины внес профессор и директор С.-Петербургского технологического института Иван Алексеевич Вышнеградский (1831 — 1895). В работе «О регуляторах прямого действия» (1877) он заложил основы всей современной теории автоматического регулирования. Он предложил формализованную (математическую) модель объекта регулирования – паровой машины и предложил математическую модель регулятора. Заслугой И.А.Вышнеградского в разработке методологии исследования динамики замкнутой САР является то, что он значительно упростил задачу (без утраты ее основных особенностей) путем ее линеаризации. Без сомнения, И.А.Вышнеградский является одним из основоположников теории автоматического регулирования. Идеи И.А.Вышнеградского получили дальнейшее развитие в трудах А.Стодолы, Н.Е.Жуковского, и других ученых [1].

Развитие классической теории устойчивости по первому приближению было завершено в 70—80-х годах XIX века трудами английского ученого Рауса (1831 -1907) и Н.Е.Жуковского. Выдающуюся роль в дальнейшем развитии теории устойчивости сыграли труды А. М. Ляпунова. Говоря о началах автоматике как науки, нельзя не упомянуть выдающегося английского ученого Д.Максвелла (J.CL.Maxwell), статью которого [3] (опубликована в 1868 году) следует рассматривать как значительный шаг на пути решения задачи динамики САР.

Прогресс не стоял на месте и потому как в середине XIX века, так и в начале XX века объективно возникла потребность в ином алгоритме регулирования, отличном от П- и ПИ-. Новый алгоритм создали путем охвата регулятора и объекта отрицательной обратной связью, по которой передавался сигнал, характеризующий скорость изменения регулируемого параметра. Для реализации этой идеи в канал обратной связи САР поместили

дифференцирующее устройство. Регуляторы с такой «добавкой» получили название - ПИД- регуляторы. Первый такой регулятор был создан в 1910 году. Как и ПИ- регулятор он был гидравлическим и отличался от него только дополнительным устройством – дифференциатором, технически реализовать которое не представляло сложности.

Компьютерные модели САР с таким регулятором, а также графики, характеризующие динамику такой системы, показаны на рисунке 5.

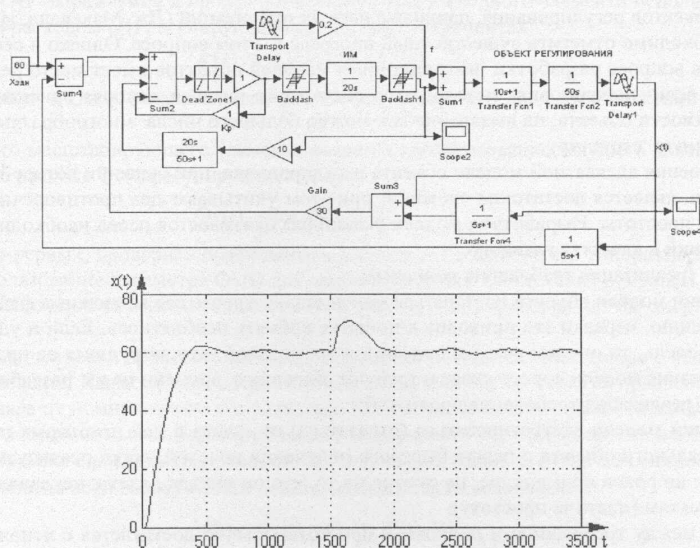


Рис. 5 - Структурная схема САР с ПИД- регулятором и графики переходных процессов в ней

Вновь создаваемые САР с такими алгоритмами регулирования в настоящее время являются преобладающими.

Литература

1. Андронов А.А., Вознесенский И.Н. О работах Д.К.Максвелла, И.А. Вышнеградского и А.Стодола в области теории регулирования машин. В кн.: Д.К.Максвелл, И.А. Вышнеградский и А.Стодола. Теория автоматического регулирования. Линеаризованные задачи. М., изд. АН СССР, 1949.
2. Airy G. Supplement to a paper «On the regulation of the clock-work for effecting uniform movements of equatorials». Memoirs of the Royal Astronomical Society, v.20, 1851.
3. J.Cl.Maxwell. On governors. Proc. Royal Society, v.16, 1868, P.270-283.

УДК 62-933.6:004.942

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ**

Павлов А.И., к. т. н., доцент

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Изложены предложения по повышению точности имитационной модели объекта регулирования. Рассматривается эволюция и перспективное направление развития автоматических регуляторов. Показывается возможность реализации в программной среде промышленных контроллеров комплекса «KONTAR» высоко эффективного автоматического регулятора, использующего простейшую искусственную нейронную сеть.

Propositions for improvement of the accuracy of the management object's simulation model were presented. The evolution and prospects of the directions of the automatic regulators development have been considered. The possibility of realization of the highly effective automatic regulator, using the simplest artificial network in the software of the industrial controllers of "KONTAR" complex has been shown.

Ключевые слова: система регулирования, объект, регулирующий орган, модель объекта, нейронная сеть.