

# **СИНТЕЗ РОБАСТНОГО РЕГУЛЯТОРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СВАРОЧНЫМ АППАРАТОМ**

Мосейкова М.С., группа СУА-09м

Руководитель доц. Хорхордин А.В.

В настоящее время сварка является одним из ведущих технологических процессов создания материальной основы современной цивилизации. Сварке подвергаются практически любые металлы и неметаллы (пластмассы, керамика, стекло и др.) в любых условиях - на земле, в морских глубинах и в космосе. Толщина свариваемых деталей колеблется от микрометров до метров, масса сварных конструкций - от долей грамма до сотен и тысяч тонн. Лидирующее положение на рынке сварочного оборудования занимает оборудование для дуговой сварки, доля которого и дальше будет возрастать.

Развитие и совершенствование методов сварки связано с внедрением и расширением сферы применения новых видов обработки — плазменной, электронной, лазерной, с разработкой совершенных технологических приёмов и улучшением конструкции оборудования. Направление прогресса в области сварочной техники характеризуется дальнейшей механизацией и автоматизацией основных сварочных работ и всех вспомогательных работ, предшествующих сварке и следующих за ней (применение манипуляторов, кантователей, роботов). Актуальной является проблема улучшения контроля качества сварки, в том числе в аппаратах с обратной связью, способных регулировать в автоматическом режиме работу сварочных автоматов.

В статье рассматривается сварочный автомат типа АДС-1000, применяемый для сварки под флюсом. Поддержание дуги – главная задача системы управления. В данном аппарате она осуществляется следующим образом: величина тока автоматически поддерживается источником питания, а

напряжение на дуге - системой АРНД с обратной связью по напряжению, воздействием на скорость подачи.

С увеличением силы сварочного тока глубина проплавления возрастает почти линейно до некоторой величины. Это объясняется ростом давления дуги на поверхность сварочной ванны, которым оттесняется расплавленный металл из-под дуги (улучшаются условия теплопередачи от дуги к основному металлу), и увеличением погонной энергии. Ввиду того, что повышается количество расплавляемого электродного металла, увеличивается и высота усиления шва. Ширина шва возрастает незначительно, так как дуга заглубляется в основной металл (находится ниже плоскости основного металла).

Увеличение скорости сварки уменьшает погонную энергию и изменяет толщину прослойки расплавленного металла под дугой. В результате этого основные размеры шва уменьшаются. Однако в некоторых случаях (сварка тонкими проволоками на повышенной плотности сварочного тока) увеличение скорости сварки до некоторой величины, уменьшая прослойку расплавленного металла под дугой и теплопередачу от нее к основному металлу, может привести к росту глубины проплавления. При чрезмерно больших скоростях сварки и силе сварочного тока в швах могут образовываться подрезы.

Форма и размеры шва зависят от многих параметров режима сварки: величины сварочного тока, напряжения дуги, диаметра электродной проволоки, скорости сварки и др[1]. Такие параметры, как наклон электрода или изделия, величина вылета электрода, грануляция флюса, род тока и полярность и т. п. оказывают меньшее влияние на форму и размеры шва.

Сварочный аппарат АДС-1000 требует улучшения помехоустойчивости, понижения чувствительности системы к факторам, которые не учитывались на этапах анализа и синтеза и не отраженным в модели системы параметрам, влияющим на ее динамику. Система должна быть способна противодействовать влиянию этих факторов при выполнении задач, ради которых она проектировалась.

Сварочный автомат типа АДС-1000 относится к классу автоматов с зависимой скоростью подачи электродной проволоки. При сварке плавящимся электродом в этих системах для стабилизации длины дуги используется сигнал обратной связи по напряжению дуги для регулирования скорости подачи[2].

Математическая модель объекта задана в виде структурной схемы передаточных функций звеньев системы (рисунок 1).

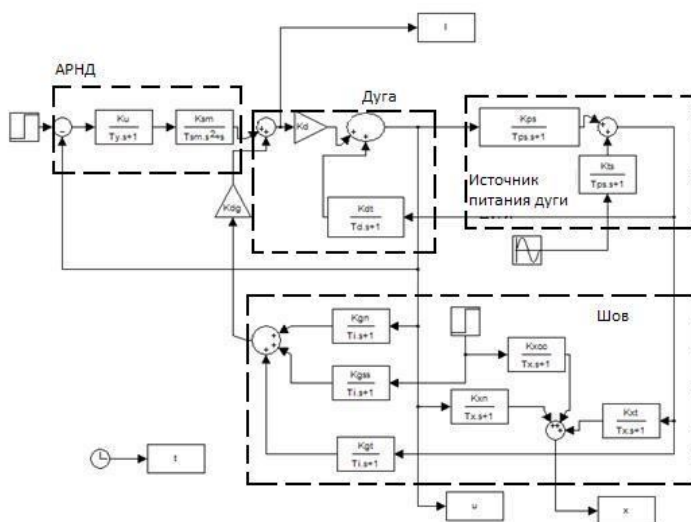


Рисунок 1 – Математическая модель объекта

Система построена по принципу И-А-Д-Ш (источник - автомат - дуга - шов). Ошибки регулирования системы И-А-Д-Ш, т. е. отклонения параметров сварного шва, обусловленные воздействием возмущений, рассчитывают по передаточным функциям, полученным из структурных схем. Структурная схема системы представляет собою упрощенную математическую модель процесса регулирования. Эта модель, несмотря на упрощения, позволяет с приемлемой для практики точностью рассчитать статические и динамические ошибки системы.

Структурная схема составлена в отклонениях. Это позволяет линеаризовать систему и получить достаточно простые расчетные

выражения. С этой же целью в регуляторе АРНД пренебрегают зоной нечувствительности сервомеханизма, так как ее значение обычно не превышает 0,1 В.

Под «икс» параметром шва подразумевается любой параметр сварного шва, количественная связь которого с отклонениями напряжения дуги и тока дуги может быть описана аperiодическим звеном, например, ширина шва, глубина проплавления, площадь проплавления, содержание легирующего элемента в шве и т.д[2]. В нашем случае этим параметром будет служить ширина проплавления.

Система управления сварочным аппаратом, реализованная с помощью АРНД по искусственной обратной связи, справляется с регулировкой, но она недостаточно быстродействующая и недостаточно эффективная при влиянии значительных возмущений или при изменении параметров системы.

Для решения этих проблем предлагается использование робастного регулятора, синтезированного по методу  $H_\infty$  [3]. Теория  $H_\infty$  обеспечивает прямую надежную процедуру для синтеза регулятора, который оптимально удовлетворяет особенностям формирования контура сингулярной величины. Синтез робастного регулятора осуществляется на основе «2-Риккати подхода». Суть подхода заключается в том, что оптимальная задача заменяется субоптимальной. Метод «2-Риккати подхода» сочетает в себе классическую теорию автоматического управления и метод пространства состояний

Для удобства система была переведена к виду пространства состояний с помощью команд `system`, `append`, `connect` в пакете Matlab[4].

Оценку свойств системы И-А-Д-Ш по значениям ошибок по току и напряжению дуги нельзя признать состоятельной потому, что значения этих ошибок не дают сварщикам объективного представления о качестве регулирования по шву. Это объясняется, во-первых, различной проплавляющей способностью дуги при сварке различных металлов и сплавов, а, во-вторых, тем, что при воздействии одних возмущений ошибки по

току и напряжению дуги складываются, других — вычитаются, в связи с чем при одних и тех же абсолютных значениях этих ошибок отклонения параметров шва будут существенно различны.

Сварочный аппарат АДС-1000 может работать в различных режимах. Основными параметрами, влияющими на выбор режима являются: сварочный ток и диаметр электродной проволоки, напряжение на дуге, скорость сварки. Были исследованы изменение ширины проплавления при следующих значениях: флюс АП-348,  $I=550$  А, диаметр электродной проволоки 5мм, скорость сварки 24 м/ч, напряжение дуги 30-32 В.

Моделирование осуществлялось с помощью пакета Matlab.

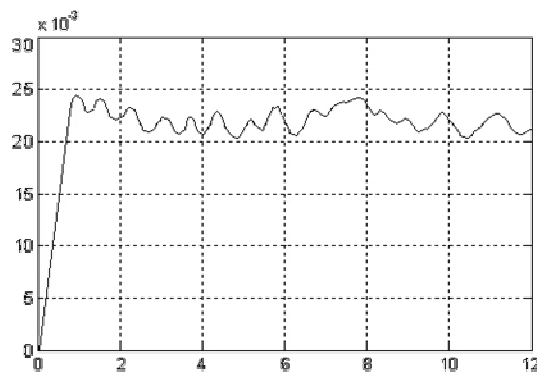


Рисунок 2 – Ширина проплавления в заданном режиме с регулятором АРНД

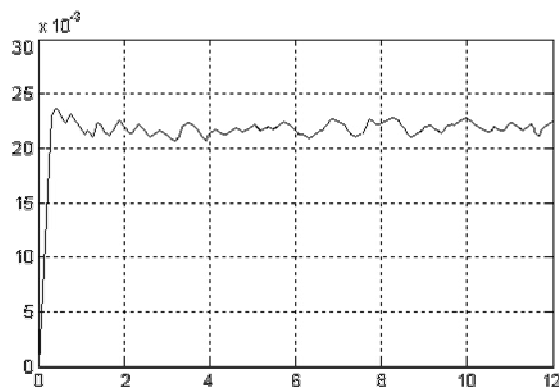


Рисунок 3 – Ширина проплавления в заданном режиме с робастным регулятором.

В соответствии с ГОСТ ширина проплавления в данном режиме должна быть равна 22 мм, а отклонение от заданной величины может составлять 10-12%. Из анализа полученных графиков видно, что отклонение в системе с АРНД (рисунок 2) достигает 15%, а в системе с робастным регулятором (рисунок 3) – не более 5%, т.е. система с робастным регулятором соответствует заданным требованиям, а система с АРНД – нет.

Данный регулятор можно применять в сварочных аппаратах, подобных АДС-1000, использующих систему АРНД.

Выводы:

1. Получена модель объекта управления в пространстве состояний;
2. Рассмотрено применение  $H_\infty$  управления для системы управления сварочным аппаратом;
3. Проведено моделирование динамики САУ с робастным регулятором и АРНД в выбранном режиме, одинаковом для обоих случаев. По полученным графикам видно, что система с робастным регулятором является более быстродействующей и точной.

#### Перечень ссылок

1. Справочник по сварке. Под ред. Соколова Е.В. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1960 – 554с.
2. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х т./Редкол.: С24 Г.А.Николаев (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1979 – Т.4. Под ред. Ю.Н. Зорина, 512с, ил.
3. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учеб. для вузов/ Под ред. Н.Д. Егупова. – 2 изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 743 с.
4. В. М. Перельмутер Пакеты расширения MATLAB. Control System Toolbox, Robust System Toolbox – М.: СОЛОН – ПРЕСС, 2008. – 224с.
5. Р. Дорф, Р. Бишоп. Современные системы управления. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002 – 833с.