

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Гительман В.С.¹, Курганов В.В.²

¹Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8ТМ22, e-mail: vsg16@tpu.ru

²Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: kurganov@tpu.ru

Введение

В настоящее время математическое моделирование является эффективным методом разработки систем автоматизации как на стадии проектирования, так и при настройке регуляторов. Современные средства моделирования предоставляют возможность на основе математической модели системы сгенерировать работоспособный программный код. Полученная при этом программа управления изоморфна разработанной модели системы автоматизации. Концепция разработки программного обеспечения с применением генерации программного кода представляет собой модельно-ориентированное проектирование. В результате применения данного подхода этап программирования вручную либо полностью пропускается, либо значительно упрощается. В настоящей работе посредством модельно-ориентированного проектирования разработана модель системы автоматического регулирования (САР) температуры. С использованием модели системы произведена настройка регулятора автоматическим способом в графической среде MATLAB Simulink. Для генерации программного кода на языке ST использован инструмент PLC Coder и целевая среда CODESYS 2.3. На завершающем этапе произведена проверка адекватности модели.

Решение

Написание программного кода для программируемого логического контроллера (ПЛК) зачастую хоть и является тривиальной задачей для инженера со специальным образованием, но для специалиста, который не обладает специальными знаниями в области программирования ПЛК, представляет собой непростую задачу. С использованием знаний теории автоматического управления специалист-теоретик, не обладающий специальными умениями написания программ для ПЛК, способен в специализированном ПО составить математическую модель для описания реальной системы автоматизации и получить с использованием инструментов для генерации кода программу управления на нужном языке программирования ПЛК. При этом программа управления будет полностью соответствовать математической модели. В результате теоретическое (идеальное) описание системы переносится в практическую область, что позволяет импортировать файл, созданный посредством среды для математического моделирования, в среду разработки программ для ПЛК и проверить соответствие спроектированной модели функционированию реальной системы. Настройка регуляторов также может осуществляться не в средах разработки программ для ПЛК, а непосредственно в ПО для математического моделирования. В результате сокращается риск выхода из строя оборудования реальной системы, так как настройка проводится в модели, а не на объекте. Если специалист по теории автоматического управления обладает необходимым уровнем компетенций, то модель может быть описана наиболее точно, что позволит добиться необходимого качества функционирования реальной системы.

Подход, с помощью которого реализуется разработка программы управления через моделирование системы автоматизации, носит название модельно-ориентированного проектирования. В соответствии с данной концепцией разработка программного обеспечения начинается с разработки цифровой модели системы автоматизации. Преимуществом применения модельно-ориентированного проектирования при разработке программы управления является возможность проведения безопасной проверки системы в критических условиях средствами моделирования [1]. В результате риск возникновения аварийной ситуации при использовании автоматически создаваемой из модели программы сводится к минимуму и может быть полностью исключен. Более того, модельно-ориентированное проектирование позволяет снизить человеческий фактор, связанный с написанием программного кода вручную. При этом снижается время на валидацию и разработку программы управления [2]. Изоморфизм цифровой модели генерируемому программному коду способствует ускорению разработки ПО, снижению трудозатрат по написанию программного кода.

В настоящей работе применена концепция модельно-ориентированного проектирования. Система автоматизации представляет собой систему автоматического регулирования температуры. Изначально спроектирована операторно-структурная схема (рис. 1).

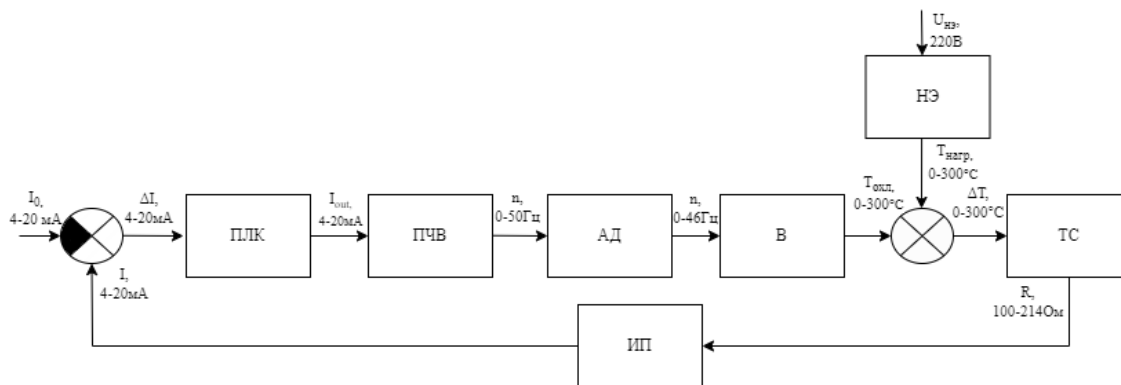


Рис. 1. Операторно-структурная схема САР температуры

Элементы системы представлены на рисунке 1. ПЛК – программируемый логический контроллер, ПЧВ – преобразователь частоты векторный, АД – асинхронный электродвигатель, В – вентилятор на валу асинхронного электродвигателя, НЭ – нагревательный элемент (печь), ТС – термосопротивление, ИП – измерительный преобразователь.

В программном обеспечении MATLAB Simulink произведено проектирование САР, приведенной на рисунке 1. Составлена математическая модель, описывающая процессы, происходящие в реальной системе (рис. 2).

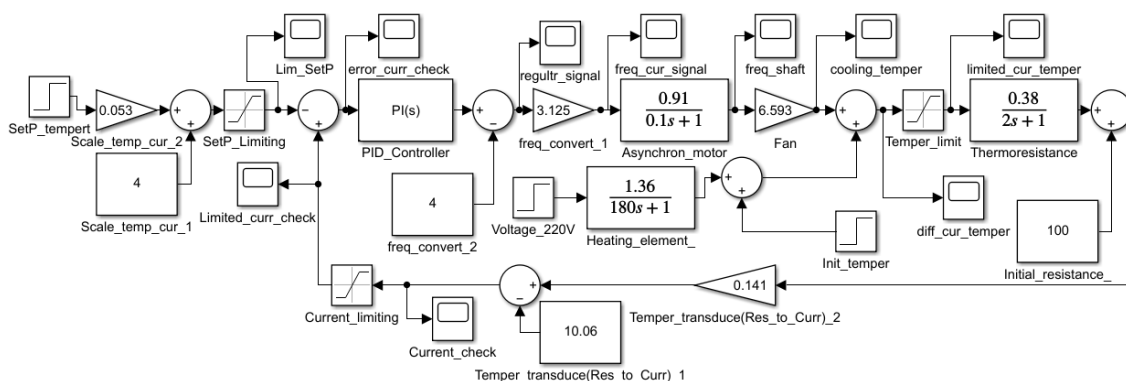


Рис. 2. Разработанная математическая модель САР температуры

В модели задана уставка 150°C. В результате получен адекватный температурный переходный процесс, перерегулирование составило 3% и не вышло за 5% зону от установившегося значения (рис. 3).

Модель, представленная на рисунке 2, была проверена на соответствие реальной системе. Для этого применен инструмент PLC Coder. В связи с отличиями модели от реальной системы, для генерации кода и его применения на реальном оборудовании необходимо провести ряд дополнительных шагов. Изначально в системе убрана ПФ нагревательного элемента, блок «init_temper» вида «Step» для задания исходной температуры и блок «Voltage_220V». Вместо ПФ асинхронного электродвигателя в системе оставлен масштабирующий коэффициент 0,91. Аналогично ПФ термометра сопротивления была заменена на коэффициент 0,38. Добавлен блок Step, содержащий в себе унифицированный ток-овый сигнал с реального датчика. Этот сигнал сравнивается с уставкой (от сигнала отнимается уставка) и результирующий сигнал подается в систему.

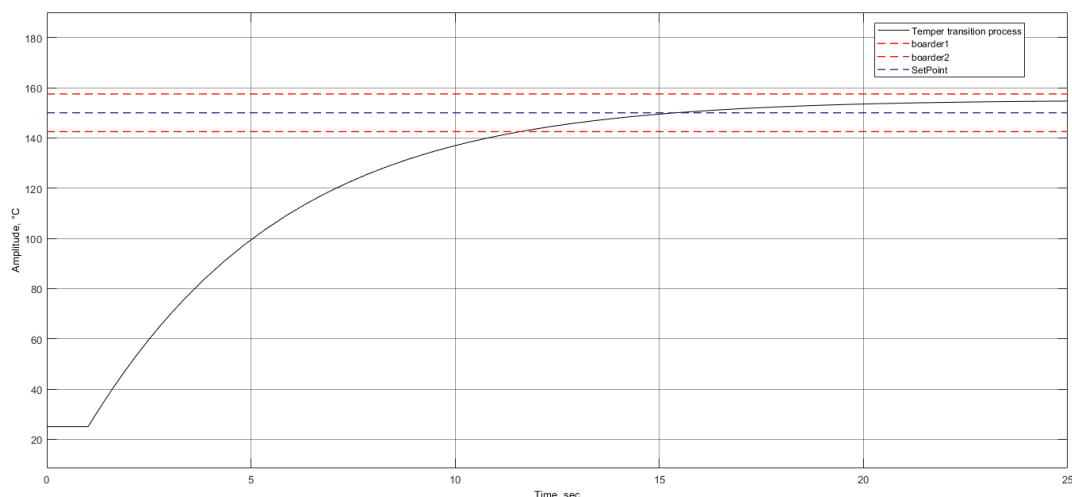


Рис. 3. Температурный переходный процесс при моделировании САР

В связи с тем, что PLC Coder не имеет средств для работы с аналоговыми блоками, произведен перевод модели, представленной на рисунке 2, из s плоскости в плоскость z посредством билинейного преобразования Тастина. Для генерации кода модель была объединена в единую систему (подсистему). В настройках Simulink выбран дискретный решатель с фиксированным шагом. Входными сигналами для подсистемы заданы уставка и токовый сигнал 4-20 мА с универсального преобразователя, выходным – токовый сигнал 4-20 мА для управления асинхронным электродвигателем через преобразователь частоты. На основе подсистемы был сгенерирован программный код на языке ST с целевой средой для разработки программ CODESYS 2.3. В результате полученная программа была перенесен в целевую среду. Снят температурный переходный процесс для реальной системы (рис. 4).

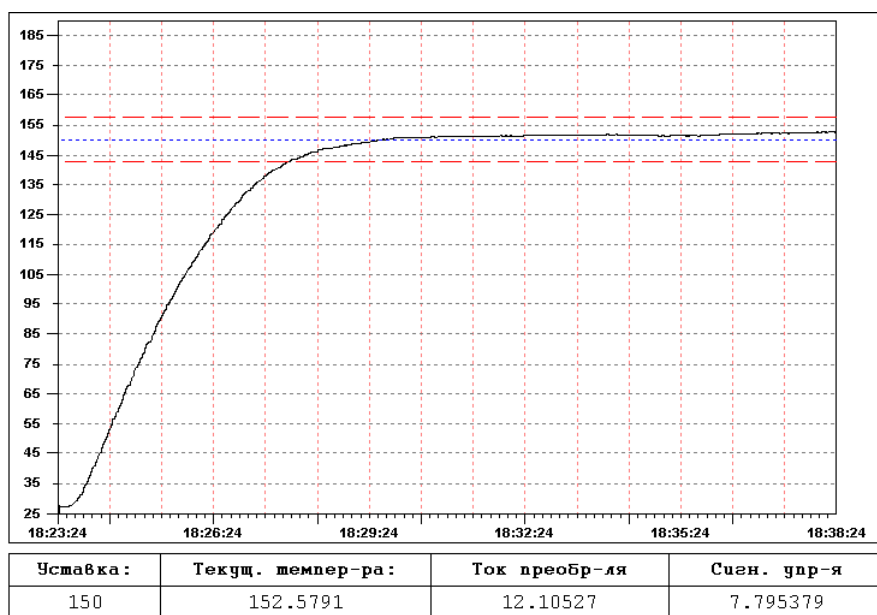


Рис. 4. Температурный переходный процесс реальной САР

Таким образом, переходный процесс, полученный при моделировании (рис. 3), соответствует переходному процессу для реальной системы (рис. 4).

Заключение

В результате проведенной работы создана адекватная математическая модель для САР температуры. Применён инструмент PLC Coder для перевода разработанной модели в программный код и проверки корректности математического описания системы. Осуществлена загрузка сгенерированного

кода в ПЛК, получены температурные переходные процессы требуемого качества. Можно сделать вывод, что модель соответствует реальной системе.

Список использованных источников

1. Совершенствование процесса разработки программного обеспечения для ПЛК путем генерации кода из созданной математической модели объекта управления / В. Н. Хохловский, В. С. Олейников, В. А. Пересвет [и др.] // *Modern Science*. – 2020. – № 9-2. – С. 347-359. – EDN JXXXXV.
2. Гительман, В. С. Генерация кода из цифрового двойника системы автоматического регулирования температуры / В. С. Гительман // *Современные проблемы машиностроения : сборник трудов XV Международной научно-технической конференции*, г. Томск, 22-25 ноября 2022 г. — Томск : Томский политехнический университет, 2022. — С. 190-192.