

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВАРИЙНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ РЕАКТОРА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ СТИРОЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТНОЙ ПАРАДИГМЫ

Гительман В.С.¹, Головченко С.С.², Громаков Е.И.³

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

²Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8ТМ22, e-mail: ssg17@tpu.ru

³Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: gromakov@tpu.ru

Введение

На сегодняшний день в промышленности наряду с системами автоматического управления широко применяются системы аварийной сигнализации (САС), которые предназначены для передачи операторам, контролирующим производственный процесс, информации о некорректных условиях технологического процесса (ТП) или о неисправностях в работе оборудования для последующего реагирования на внештатные ситуации [1]. Возникновение аварийной сигнализации служит предупреждением оператору о необходимости реагирования на аварийную или предаварийную ситуацию. Останов процесса оператором может привести к потерям, простоям оборудования, сложностям повторного запуска системы. В ряде случаев для предотвращения аварии не требуется жесткий останов ТП. Для управления процессом нужно лишь привести систему к безопасным рабочим условиям или предотвратить выход системы за диапазон допустимых параметров технологического процесса (ПТП). Таким образом, актуальность проблемы реагирования системы противоаварийной защиты (СПАЗ) на выявленный САС опасный инцидент в ТП заключается в том, что жесткий останов системы со стороны СПАЗ может привести к потерям ресурсов предприятий. Для решения данной проблемы предлагается использовать рекомендации ГОСТ Р МЭК 62682-2019 [1] при разработке САС ТП с непрерывным автоматическим контролем развития аварийной ситуации оператором, обеспечивающим возможность ее мягкого перевода в безопасное состояние ТП.

Решение

В соответствии с [1] за основу для разработки САС реактора полимеризации взята диаграмма в представлении конечного автомата (КА). КА имеет состояния и переходы между ними и отражает работу САС в общем виде (рис. 1).



Рис. 1. Диаграмма переходов между состояниями аварийной сигнализации

Автоматные модели, формируемые на основе автоматного программирования, позволяют упростить процесс разработки программного обеспечения (ПО) для программируемых логических контроллеров (ПЛК) на всех стадиях жизненного цикла разработки ПО: от разработки алгоритмов ТП в виде КА до генерации кода из КА специализированными программными средствами, поддержки и верификации ПО программистом [2]. В связи с этим для разработки ПО решено использовать среду проектирования автоматных моделей StateFlow.

На основе диаграммы автоматного описания работы САС спроектирован алгоритм взаимодействия оператора со СПАЗ в виде автоматной модели в ПО StateFlow для реактора полимеризации (рис. 2) с учетом предаварийного контроля опасных инцидентов в ТП и недопустимого снижения качества продукта на выходе реактора.

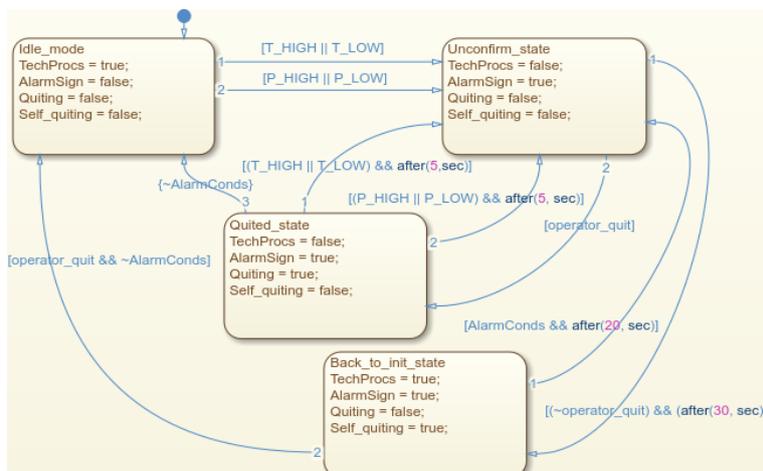


Рис. 2. Автоматная модель для САС реактора полимеризации

Для генерации кода на языке ST из StateFlow-диаграмм применен инструмент Simulink PLC Coder. Сгенерированный xml-файл с кодом на языке ST, импортирован в среду CODESYS 3.5. Импортированные переменные и функциональный блок использованы для разработки в CODESYS 3.5 ЧМИ и проверки работы системы в рабочем (ПТП в норме) и аварийном (давление и температура вне допустимых диапазонов, возможно образование «козла» – монолитной массы твердого полимера, нерастворимого в органических растворителях [3] – с последующим засорением реактора) режимах.

Согласно логике алгоритма САС, в случае возникновения предаварийной ситуации, связанной с образованием монолитной массы, оператор получает сообщение о необходимости добавления в систему растворителя для приведения ПТП к норме. Если оператор бездействует, система управления ТП автоматически добавляет необходимое количество растворителя в соответствии с разработанным автоматным алгоритмом.

Автоматная модель САС позволяет при разработке СПАЗ полимеризации правильно спроектировать зоны ответственности СПАЗ и оператора в предаварийном режиме работы ТП и определить необходимые действия оператора для мягкого перевода ТП в безопасное состояние.

В соответствии с автоматной моделью спроектирован ЧМИ реактора полимеризации (рис. 3).



Рис. 3. ЧМИ в среде CODESYS 3.5

На вход реактора полимеризации подаются исходный продукт (стирол), катализатор (перекись бензоила) и растворитель (бензол). Таким образом, выбран распространенный в промышленности метод полимеризации – полимеризация в растворе. На схеме (рис. 3) приведены расход стирола 9,8 кг/ч,

расход бензола 0,04 кг/ч, расход перекиси бензоила 0,16 кг/ч. Исходя из выбранных метода полимеризации и компонентов необходимо в процессе полимеризации соблюдать соотношение между расходами исходных веществ: на 98 % мономера (стирола) необходимо 0,04 % бензола и 1,6 % перекиси бензоила. На выход реактора полимеризации поступает продукт – полистирол в растворе.

Исходя из выбранных исходных компонентов и метода полимеризации, температурный режим в реакторе полимеризации должен поддерживаться в диапазоне от 60 до 80 градусов Цельсия [4], давление в пределах от 1 до 2 атмосфер. Выход за диапазон по одному из параметров свидетельствует о наличии аварийной ситуации и возможном начале образования монолитной массы твердого полимера. При возникновении аварийной или предаварийной ситуации на экране оператора возникает модальное окно, система предлагает добавить определенное количество растворителя. В случае отсутствия реакции оператора на аварийную ситуацию в течение полуминуты, система в автоматическом режиме осуществляет подачу требуемого количества растворителя для приведения ТП в нормальное состояние.

Заключение

Таким образом, на основе нового стандарта по проектированию САС [1] и с применением программы для ПЛК в среде CODESYS 3.5 разработана САС для реактора полимеризации. Программа была сгенерирована из автоматной модели САС.

Показаны возможности по решению проблемы жестких остановов ТП путем мягкого перевода процесса в безопасное состояние в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р МЭК 62682-2019. Разработанная автоматная модель САС положена в основу ЧМИ оператора, обеспечивающего поддержку правильности его действий при возникновении опасных инцидентов. При модельных испытаниях алгоритма разработанная модель наглядно показала корректность взаимодействия оператора и СПАЗ.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р МЭК 62682-2019 Системы аварийной сигнализации для обрабатывающей промышленности – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200166931> – Режим доступа: открытый. Дата обращения: 26.02.2023.
2. Тутов, И. А. Кодогенератор графического представления детерминированного конечного автомата для систем автоматики / И. А. Тутов, В. С. Гительман, О. Б. Воскобойникова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 12. – С. 474-480. – EDN ESXDMR.
3. Патент № 2713828 С1 Российская Федерация, МПК В01J 20/30, В01J 20/26. Способ получения осветляющего ионообменного сорбента: № 2018133625: заявл. 24.09.2018: опубл. 07.02.2020 / Э. М. Тер-Саркисян. – EDN PQLYMA.
4. Получение стирола // Студопедия – URL: <https://studopedia.org/14-93019.html> – Режим доступа: открытый. Дата обращения: 07.03.2023.