

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АСУ ТП¹

В. В. Окольнішников (Новосибирск)

Разработка автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) является одной из наиболее трудоемких и наукоемких задач. АСУ ТП – это сложная, разнородная, распределенная, программно-аппаратная система управления, включающая человека в контур управления и работающая в реальном масштабе времени. Особенности разработки таких систем являются:

- невозможность комплексной отладки и тестирования системы в полном объеме на инструментальных средствах разработчика – отладочном Стенде, ввиду невозможности подключения в полном объеме реального оборудования, управляемого АСУ ТП;
- невозможность проверки системы в нештатных ситуациях на реальном объекте ввиду нецелесообразности или не безопасности искусственного создания таких ситуаций.

Наиболее подходящим методом решения этих проблем является имитационное моделирование. А инструментом решения – имитационная модель технологического объекта управления (ТОУ), интегрированная с АСУ ТП.

Имитационная модель ТОУ, далее просто модель ТОУ, имитирует работу реального оборудования, управляемого АСУ ТП, и технологические процессы, протекающие в реальной системе. Под интегрированностью понимается возможность использования в модели ТОУ интерфейсов других подсистем АСУ ТП и возможность исполнения модели ТОУ как составной части АСУ ТП.

При таком подходе [1] при создании модели не требуется реализация таких трудоемких частей модели, как взаимодействие модели с пользователем, визуализация и сохранение результатов моделирования.

Интегрированная модель ТОУ может быть использована для следующих целей:

- в отладочном Стенде для комплексной отладки подсистем АСУ ТП верхнего уровня;
- в Тренажере для обучения и аттестации управляющего персонала АСУ ТП;
- в оперативном контуре управления АСУ ТП для предсказания нежелательного поведения реальной системы, и выдачи предупреждений и рекомендаций управляющему персоналу.

Интегрированная модель ТОУ была реализована в рамках АСУ ТП Северо-Муйского тоннеля, разрабатываемой в Конструкторско-технологическом институте вычислительной техники СО РАН.

Северо-Муйский тоннель (СМТ), длиной 15,3 км, расположен на трассе Байкало-Амурской Магистральной. АСУ ТП СМТ обрабатывает более 2500 входных и выходных сигналов. Основная задача автоматического управления – поддержание параметров микроклимата тоннеля в заданных пределах. Для выполнения этой задачи АСУ ТП управляет работой тепловентиляционного оборудования, расположенного в порталах и стволах тоннеля (калориферов, вентиляторов, запорной арматуры).

Модель ТОУ состоит из моделей объектов оборудования СМТ и модели микроклимата СМТ.

Модель ТОУ для каждого объекта оборудования СМТ осуществляет генерацию значений входных сигналов, соответствующих реальным датчикам, связанным с этим

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 02-01-00688)

объектом оборудования. Сгенерированные значения входных сигналов могут имитировать как «правильные» состояния объекта оборудования (включен/выключен, открыт/закрыт и т. д.), так и «неправильные» (недостоверность, неисправность).

Модели объектов оборудования реализованы для каждого типа оборудования АСУ ТП. Полная модель ТОУ автоматически генерируется на основе конфигурационной таблицы, в которой указывается, какие объекты оборудования реально подключены, а какие заменены моделью. Для «модельных» объектов в таблице указывается также начальное состояние объекта оборудования при генерации модели.

Модельные объекты «реагируют» на команды управления, как от диспетчера, так и от программ автоматического управления так же, как и реальные объекты. Использование модели ТОУ на отладочном стенде позволило отладить все основные подсистемы АСУ ТП СМТ: автоматизированное рабочее место диспетчера, визуальное представление состояний объектов оборудования на мнемосхемах, подсистему передачи сигналов между компонентами АСУ ТП, архив и наиболее сложный компонент – программы автоматического управления.

В АСУ ТП СМТ имеется два уровня управления: диспетчерское и автоматическое. При диспетчерском управлении диспетчер выбирает на мнемосхеме объект оборудования и с помощью микропульта управления посылает этому объекту команду. То есть, диспетчер управляет объектами оборудования по одному.

Программы автоматического управления устанавливают в согласованное состояние группу объектов оборудования, реализуя один из заранее запрограммированных режимов работы тепловентиляционного оборудования. Вместе с каждой программой автоматического управления программируется условие автоматического запуска этой программы. Условие представляет собой логическое выражение, операндами которого являются параметры внешней среды и микроклимата внутри СМТ, например, температура внешнего воздуха на порталах тоннеля, температура и содержание радона и углекислого газа внутри тоннеля.

Для демонстрации работы и обучения персонала реализован Тренажер на базе верхнего уровня АСУ ТП СМТ. Чтобы максимально приблизить эффект управления оборудованием СМТ на Тренажере к реальному эффекту управления АСУ ТП, в модель ТОУ включена модель микроклимата тоннеля.

В настоящее время реализована первая очередь модели микроклимата. Модель микроклимата тоннеля определяет распределение потоков воздуха и температур в выработках тоннеля в зависимости от природных факторов (параметров атмосферного воздуха в точках выхода вентиляционной сети тоннеля) и от эксплуатационных факторов (количества и производительности включенного тепловентиляционного оборудования).

В основе модели микроклимата лежит математическая модель распределения потоков воздуха по выработкам тоннеля [2].

Пользователь тренажера табличным способом задает параметры внешней среды: температуру воздуха, направление и скорость ветра на порталах и другие. Эти значения визуализируются на мнемосхеме. Если при заданных значениях параметров условия запуска некоторых программ автоматического управления становятся истинными, то выполняются эти программы автоматического управления, включающие калориферы и вентиляторы, осуществляющие обогрев и циркуляцию воздуха внутри вентиляционной сети тоннеля.

При этом модель микроклимата вычисляет естественную тягу, возникающую в результате разности внешних условий на порталах и разности высот порталов над уровнем моря. Учитывая внешнюю тягу, количество включенных вентиляторов и кало-

риферов, модель осуществляет расчет направлений, скоростей потока и температуры воздуха в ветвях тоннеля, выводя результаты на мнемосхему.

Пользователь Тренажера может изменять параметры или осуществлять диспетчерское управление. Результаты этих действий будут динамически визуализироваться на мнемосхемах.

Во второй очереди модели микроклимата предполагается реализовать демонстрационную версию на Тренажере. При моделировании в реальном времени (с некоторым масштабом) будут изменяться заранее заданные суточные колебания параметров внешней среды для каждого месяца года, и имитироваться реальное расписание движений составов по тоннелю. Модель будет учитывать поршневой эффект, создаваемый движением состава в тоннеле.

Модель ТОУ реализована с помощью системы имитационного моделирования МЕРА-W [3]. Входной язык системы МЕРА является процессно-ориентированным языком дискретного имитационного моделирования, реализованным как объектно-ориентированная библиотека на языке C++. Входной язык обеспечивает взаимодействие процессов с помощью механизма передачи сообщений, построение иерархических моделей, динамическое изменение структуры модели.

Особенностью системы моделирования МЕРА является то, что имеется семейство совместимых по входному языку реализаций для разных операционных сред: МЕРА-W – для Windows, МЕРА-J – для Java-платформы, МЕРА-D – реализация системы распределенного имитационного моделирования для суперкомпьютера с параллельной архитектурой Siemens EC RM-600 [4].

Одной из целей разработки системы распределенного имитационного моделирования МЕРА было создание эффективной, переносимой системы. Переносимость системы обеспечивается использованием стандартов, которые реализованы в современных вычислительных системах. Такими стандартами являются нити-процессы или процессы с общей памятью (threads) и протокол отправки сигналов MPI (Message Passing Interface) [5].

Литература

1. **Okol'nishnikov V.V., Rudometov S.W.** Distributed simulation system integrated into control system//Proc. of 13th European Simulation Multiconference. Vol. 2. Warsaw. 1999. PP. 510–512.
2. **А. Д. Вассерман.** Проектные обоснования параметров вентиляции рудников и подземных сооружений. Ленинград, Изд-во «Наука», Ленинградское отделение, 1988.
3. **Okol'nishnikov V.V., Iakimovitch D.A.** Visual Interactive Industrial Simulation Environment//Proc. of 15th IMACS World Congress on Scientific Computation, Modelling and Applied Mathematics. Vol.5. Systems Engineering. 1997. Berlin. PP. 391–395.
4. **Victor Okol'nishnikov.** Simulation on parallel and distributed systems//Пятая международная конференция памяти академика А. П. Ершова. Перспективы систем информатики. Рабочий семинар «Наукоемкое программное обеспечение». Новосибирск. 2003. с. 30–32.
5. **Нечепуренко М.И., Окольников В.В., Рудометов С.В.** Разработка библиотеки параллельного имитационного моделирования с использованием MPI//Труды Всероссийской научной конференции «Высокопроизводительные вычисления и их приложения. Черноголовка 2000». Москва. 2000. с. 144–147.