

Методы создания продукционных правил оптимизации потребления электроэнергии

В дополнение к сказанному в предыдущей статье [1], основой для создания продукционных правил оптимизации потребления электроэнергии, очевидно, являются:

- исключительное знание технологического процесса;
- полная осведомлённость в эксплуатационных режимах установки или оборудования, реализующих технологический процесс;
- наличие информации о методах и технических средствах оптимизации потребления электроэнергии.

Так или иначе, выработка свода правил для конкретного случая — удел специалистов-экспертов, обладающих знаниями, которые можно представить в виде продукционных правил, состоящих, как уже упоминалось, из предпосылки и заключения (входной и выходной частей). Помимо экспертов-технологов, при создании правил необходима помощь специалистов, имеющих опыт разработки и эксплуатации приводных устройств, силовых преобразовательных агрегатов, систем контроля и управления технологическим оборудованием.

Работа носит исследовательский характер, с участием в большинстве случаев коллектива экспертов, требует определённых затрат, уровень которых зависит от множества факторов. В их числе профессиональный уровень экспертов, возможность или невозможность проведения натурального эксперимента, характер и количество производимых измерений, востребованность искомой установки (оборудования) для обеспечения общего производственного процесса, степень наглядности проявления результата при изменении значений входных параметров во время проведения эксперимента и т.д.

РАЗРАБОТКА ПРОДУКЦИОННЫХ ПРАВИЛ

Итак, очевидны три направления исследовательской работы [2], целью которой является создание эффективных продукционных правил управления конкретной технологической установкой, ведущих к снижению уровня потребления электрической энергии:

- разработка правил на основе знаний и опыта группы экспертов;
- проведение натурального эксперимента на действующем оборудовании с использованием допустимых пробных предпосылок и выводов, выработанных группой экспертов, и с последующей их корректировкой;
- использование методов имитационного моделирования с последующим проведением натурального эксперимента, исходя из полученных предпосылок и выводов.

Так или иначе, натуральный эксперимент рассматривается как заключительная и необходимая стадия исследовательской работы, связанная с проверкой и корректировкой созданных правил.

В связи с тем, что использование имитационных моделей (ИМ) сопряжено с огромной трудоёмкостью, переход от сравнительно простого направления, основанного на опыте и знаниях экспертов, к затратным моделирующим алгоритмам должен быть экономически оправдан.

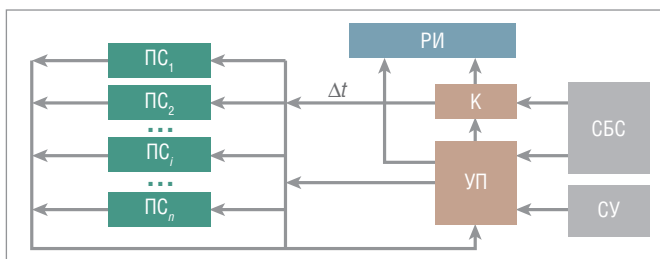
Имитационные модели относятся к весьма специфичным и сложным программным продуктам, и их разработка ведётся с применением самых прогрессивных технологий компьютерного моделирования. Основой функционирования ИМ являются генерация совокупностей одновременных событий (СОС), соответствующих определённому моменту времени и характеризующих состояние технической системы (ТС). Часть событий СОС активна и вызывает изменение состояния ТС, остальные события отражают изменения состояния ТС, вызванные действиями активных событий.

Для большинства современных промышленных систем имитационного моделирования свойственно использование автоматического способа генерации СОС, когда события выражены в виде подпрограмм ($ПС_i$), связанных с ядром управляющей программы (УП), выполняющей функции управления на основе списка будущих событий (СБС) и списка условий (СУ).

На таких принципах функционируют управляющие алгоритмы сканирующего типа, обобщённая структурная схема которых представлена на рис. 1.

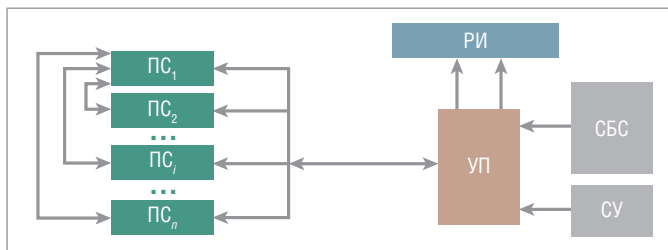
Сканирование осуществляется программным координатором СОС с последующей регистрацией изменений (РИ) в ТС после выполнения последней $ПС_i$ из линейной последовательности событий. Приведённая структурная схема модели требует больших ресурсов и быстродействия компьютера.

Используется другой способ генерации СОС, основанный на выполнении линейного моделирующего алгоритма, где подпрограммы событий самостоятельно определяют и вычисляют необходимые условия, организуют процедуры передачи управления друг к другу (рис. 2).



Условные обозначения: $ПС_i$ – подпрограммы; УП – управляющая программа; СБС – список будущих событий; СУ – список условий; К – координатор; РИ – регистрация изменений.

Рис. 1. Структурная схема алгоритма сканирующего типа



Условные обозначения: ПС_i – подпрограммы; УП – управляющая программа; СБС – список будущих событий; СУ – список условий; РИ – регистрация изменений.

Рис. 2. Структурная схема линейного моделирующего алгоритма

Обращение к управляющему алгоритму (УП) обусловлено необходимостью записи и считывания информации из СБС и СУ.

К функциям УП относятся:

- ведение календаря событий;
- координация работы подпрограмм событий в части готовности к передаче или приёму сообщений;
- контроль наступления момента окончания моделирования;
- анализ условий осуществления передачи по линиям связи между блоками подпрограмм событий;
- анализ приоритета сообщения и передача управления при формировании условия генерации следующего СОС;
- организация регистрации и визуального представления результатов работы ИМ.

С позиций решения задачи оптимизации потребления электроэнергии (ЗОПЭ), синтез ИМ с целью создания продукционных правил для разработки алгоритмов нечёткого управления уровнем потребления электроэнергии в технологическом оборудовании представляет обширную задачу, требующую самостоятельного рассмотрения и реализации.

ПРИМЕНЕНИЕ MATLAB ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для разработки и верификации ИМ с целью проверки продукционных правил перспективно использование возможностей общеизвестного приложения Simulink к пакету MATLAB – графической среды имитационного моделирования, позволяющей при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов создавать динамические модели различных энергоёмких технологических объектов, которые могут представлять дискретные, непрерывные, гибридные, нелинейные и разрывные системы. Возможности Simulink определяются библиотекой Simscape, созданной для моделирования технологических объектов различной физической природы и построения моделей гибридных мультидоменных объектов в виде принципиальных электрических схем, их элементов и соединений, а также реальных физических величин в соответствующих единицах измерения. Очевидно, что Simscape может служить основой для моделирования исследуемого нами реального технологического комплекса, состоящего из электросилового, механического и гидравлического оборудования, функционирующего по определённым продукционным правилам нечёткого алгоритма управления. Кроме этого, для эффективной поддержки процесса разработки и последующего уточнения (корректировки) продукционных правил применимы специализированные пакеты расширения библиотеки Simscape:

- SimMechanics – для объектов с механическим оборудованием;
- SimDriveline – для силового электрооборудования;
- SimHydraulics – для гидравлического оборудования.

Следует упомянуть, что в состав MATLAB входит пакет расширения Power System Blockset, с помощью которого осуществляется моделирование электротехнических комплектов устройств. Доступ к библиотеке Power System Blockset осуществляется из среды Simulink. Заслуживает внимания наличие дополнительной библиотеки, расширяющей возможности основной библиотеки Power System Blockset, в частности, блока Three-Phase Library, моделирующего силовые трёхфазные цепи различного назначения.

ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРАВИЛ

Расскажем вкратце об общих принципах верификации продукционных правил на основе программно-аппаратного моделирования в среде Simulink. В предыдущей статье [1] отмечалось, что применительно к ЗОПЭ число переменных параметров, характеризующих режимы работ силового электрооборудования технологических комплексов, довольно велико и их значения во времени изменяются в зависимости от множества факторов, в том числе и от режимов работы: начальный пуск, резкое изменение нагрузки приводных систем, торможение и т.д. В данном случае нечёткие множества значений параметров интерпретируются функциями принадлежности, которые в модели объекта (рис. 3) используются в качестве настроек параметров в соответствующих функциональных блоках (библиотечных или вновь разработанных).

Исходными данными являются рабочая электрическая схема системы управления (САУ), полное пространство предпосылок и выводов предлагаемых правил, целевая функциональность (в данном случае минимальный уровень потребления электроэнергии). Каждое из правил будет отражать особенность при функционировании не только реального объекта, но и его модели в среде Simulink (входная информация) и содержание нечёткого вывода после сопоставления значения параметра в условии правила с информацией, полученной в результате работы модели.

Порядок проведения верификации правил включает:

1. Создание адекватной физическому объекту имитационной модели САУ.
2. Проведение программирования и конфигурирования ПЛК, осуществляющего управление моделью САУ объекта в соответствии с заданием.
3. Запуски модели САУ, настроенной в соответствии с параметрами функций принадлежности продукционных правил.
4. Анализ результатов работы модели.

При этом настройки из модели передаются автоматически в ПЛК из работающей модели посредством настроенного OPC-сервера. Таким образом создаётся контур автоматического управления (управляющий ПЛК – модель САУ объекта), работающий в масштабе реального времени, когда объ-



Рис. 3. Функциональная схема аппаратно-программного комплекса

ект управления находится в среде Simulink, а в качестве управляющего устройства используется ПЛК. В процессе функционирования результаты работы по целевой функциональности модели фиксируются для конкретных предпосылок производственных правил, как в случае реализации принципа событийно-ориентированного моделирования, когда модель продвигается во времени от события к событию (в данном случае от одного значения функции принадлежности к другому), которые изменяют состояние модели.

Помимо популярной и доступной среды имитационного моделирования Simulink существует множество программных платформ, позволяющих эффективно осуществлять процедуры имитационного моделирования, для реализации которых необходима операционная система жёсткого реального времени, поддерживающая такие функции, как:

- реализация реляционных баз данных и баз данных реального времени;
- интеграция со SCADA-системами – приложениями на базе Windows (OPC-шлюзы);
- наличие интегрированного инструментария внутрисхемной отладки на базе JTAG-эмулятора с символьным кросс-отладчиком, обеспечивающим полную видимость происходящего в структуре искомой системы – от физического состояния элементов аппаратуры до исполнения системных и прикладных задач;
- верификация и диагностика, включая возможность анализа покрытия кода, мониторинга данных, контроля ОЗУ;
- управление тестовыми сценариями;
- поддержка языков программирования C/C++, Java;

- визуализация конфигурации загружаемого образа (наличие визуального конфигуратора загружаемого образа).

По некоторым оценкам, оптимальными, с позиций инженеров-исследователей, для проведения имитационного моделирования являются встраиваемые версии ОС реального времени Wind River VxWorkx и Wind River Linux, поставляемые компанией ПРОСОФТ. Аппаратная платформа может быть выбрана, исходя из перечня поддерживаемого оборудования указанными ОС, реализованного на базе процессоров x86/Intel, ARM, MIPS, Power PC и производимого такими известными фирмами, как Advantech, ADLINK, MEN Mikro Elektronik. ●

Выводы

С помощью выверенных производственных правил удастся получить осязаемые результаты в плане снижения уровня потребления электроэнергии различными технологическими комплексами промышленных производств при использовании встроенных аппаратно-программных решений, функционирующих на основе принципов нечёткого управления.

Литература

1. Клевцов А. Системы нечёткого управления уровнем потребления электроэнергии в промышленном оборудовании // Современные технологии автоматизации. – 2018. – № 1.
2. Клевцов А. Основы рационального потребления электроэнергии : учеб. пособие для вузов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2017.

E-mail: akis_tula@inbox.ru



Facility AnalytiX®



VISUALIZE

ANALYZE

MOBILIZE

CLOUD

Winner
Microsoft Partner
2017 Partner of the Year
Application Development Award

Автоматизированное обнаружение неполадок работы оборудования

- Мониторинг работы оборудования на основе логических правил
- Выдача информации о возможной причине неисправности и рекомендации по её устранению
- Объектно-ориентированная структура
- Проведение ремонтов оборудования по фактическому состоянию, а не на основе циклов обслуживания
- Снижение затрат на техобслуживание и ремонт
- Поддержка данных OPC UA, OPC DA, A&E, HDA, BACnet, SNMP

Минимум затрат – максимум эффективности с аналитикой ICONICS



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU

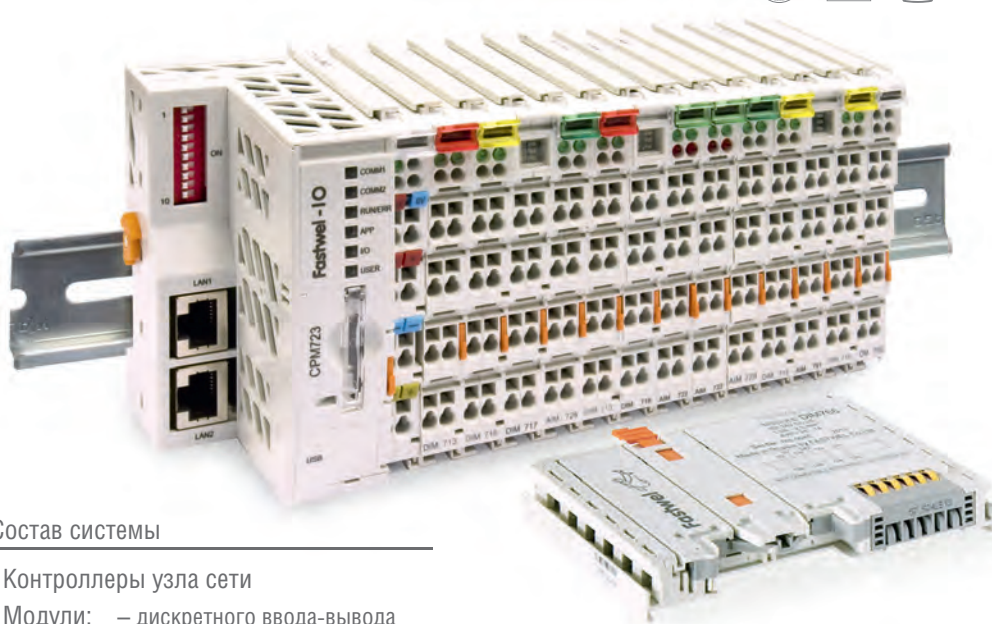


Распределённая система ввода-вывода **FASTWEL I/O**

МОРСКОЙ РЕГИСТР
ПОЖАРНЫЙ СЕРТИФИКАТ
СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ
РЕЕСТР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

-40...+85°C

95%



Состав системы

- Контроллеры узла сети
- Модули:
 - дискретного ввода-вывода
 - аналогового ввода-вывода
 - измерения температуры
 - сетевых интерфейсов

Модульный программируемый контроллер

- Процессоры 500/600 МГц
- Встроенный и внешний flash-накопители объемом до 32 Гбайт
- Энергонезависимая память 128 кбайт с линейным доступом
- Бесплатная адаптированная среда разработки приложений CODESYS
- Часы реального времени
- Сервис точного времени на базе GPS/GLONASS PPS
- Модули ввода-вывода с контролем целостности цепей



- CPM711**
- Протокол передачи данных CANopen
 - Сетевой интерфейс CAN



- CPM712**
- Протокол передачи данных Modbus RTU, DNP3
 - Сетевой интерфейс RS-485



- CPM713**
- Протокол передачи данных Modbus TCP, DNP3
 - Сетевой интерфейс Ethernet



- CPM723**
- Протоколы передачи данных Modbus TCP/RTU
 - Сетевой интерфейс 2xEthernet

