

<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:6f74436a53942bf8f1c7b6ed34d2ae72e92ed8a8/version:1514397880/programming-guideline-v14-rus.pdf> (дата обращения: 29.08. 2020).

8. S7 Программируемый контроллер S7 – 1200 (1500) Системное руководство: сайт: <https://www.prosoft.ru/cms/f/464634.pdf> (дата обращения: 29.08. 2020).

УДК 004.94

Г. В. Макаров¹, А. С. Саламатин¹, М. В. Ляховец², Н. В. Скударнова¹

¹ ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия

² ГПОУ «Кузбасский колледж архитектуры, строительства и цифровых технологий», г. Новокузнецк, Россия

СОВМЕСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И ЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. В работе рассмотрена задача совместного моделирования логических состояний технологического оборудования и связанных с ним протекающих производственных процессов. Основными функциями систем логического управления оборудованием являются диагностика состояний оборудования и формирование информационных и аварийных признаков по совокупности дискретных физических сигналов, в зависимости от которых происходит запуск, останов, экстренный останов или другие операции. Для моделирования таких логических состояний оборудования предложено использовать язык булевой логики, которая отражает способ восприятия управляемого оборудования программируемыми логическими контроллерами. Работа оборудования связана с изменением технологических переменных, представляющих собой аналоговые сигналы измерения физических величин. Предложено учитывать связи между моделями динамического моделирования и конструкторских моделей, относящимися к одному или нескольким связанным агрегатам. Рассматриваемые объединенные модели предлагается использовать для тестирования и наладки систем логического управления, виртуальной пусконаладки, настройки алгоритмов регулирования и построения цифровых натурно-модельных двойников сложных систем.

Ключевые слова: моделирование процессов, натурно-модельный подход, цифровые двойники, системы логического управления.

Abstract. The paper considers the problem of joint simulation of the logical states of technological equipment and related flowing production processes. The main functions of logical control systems of equipment are diagnostics of equipment states and formation of information and alarm signs by a set of discrete physical signals, depending on which start, stop, emergency stop or other operations occur. To model such logical states of equipment, it has been proposed to use the Boolean logic language, which reflects the way the programmable logic controllers perceive the controlled equipment. Equipment operation is related to changes in technological variables, which are analog signals measuring physical quantities. It is proposed to take into account the links between dynamic simulation models and design models relating to one or more related units. It is proposed to use the considered combined models for testing and adjustment of logical control systems, virtual commissioning, adjustment of control algorithms and construction of digital natural-model twins of complex systems.

Key words: *process modeling, natural-model approach, digital twins, logic control systems.*

Исследование объекта методами моделирования позволяет рассмотреть каждую интересующую наблюдателя сторону отдельно, поскольку любая модель отражает лишь определенные свойства объекта, являясь его упрощенным представлением [1]. Использование моделей одного вида для нескольких связанных между собой объектов позволяет связать их вход-выходные воздействия, решив задачу декомпозиции в рамках системного подхода.

Так, для любого объекта можно построить множество моделей в зависимости от целей исследования [1, 2], тогда исследуемые стороны и учитываемые параметры могут быть в разных масштабах, разных физических единицах и пространствах. При этом модели описывают один объект, и для эффективного его исследования необходимо учитывать их взаимосвязь между собой [2]. Комплексный подход к моделированию технологического процесса, опирающийся на натурные данные, получаемые из его информационного отображения, различного рода модели, характеризующие каждый входящий в комплекс агрегат и связи между ними [3] является необходимым для улучшения качества отображения и управления процессом, и может составлять основу для создания цифрового двойника автоматизированного производства.

Обычно для применения в системах автоматического регулирования используются модели в виде передаточных функций типовых звеньев. Для определения динамических характеристик каналов преобразования необходима идентификация по данным, или инженерные методики, опирающиеся на конструкторскую и техническую документацию, паспортные данные исполнительных устройств и технологических агрегатов, данные фактических геометрических замеров, или же на методы структурной и параметрической идентификации.

Сами исполнительные механизмы и технологические агрегаты промышленный контроллер воспринимает, в основном, как совокупность физических сигналов, представленных логическими переменными. Соответственно, для их моделирования и управления [4] необходимо иметь представление в виде моделей, построенных на языке булевой логики для описания их состояний, зависимостей и реакций на случайные и внешние воздействия – неисправности и аварии, нажатия управляющих кнопок как физических, так и виртуальных на окнах интерфейса оператора. Язык булевой логики позволяет провести параллель с языками программирования промышленных контроллеров (PLC), стандартизованными международной энергетической комиссией [5].

Таким образом, при комплексном моделировании сложных систем необходимо учитывать связи между отмеченными моделями – проектно-конструкторской документацией, логическими моделями и типовыми звеньями, входящими в состав взаимосвязанных систем логического управления и контуров регулирования технологических переменных [2].

Описывать состояние технологического оборудования принято логическими показателями, которые можно разделить на аварийные и

информирующие, в зависимости от которых формируется комплексное функциональное состояние – работа, готовность к работе, неготовность к работе и авария $F \{F_1, F_2, F_3, F_4\}$. Аварийные показатели говорят о неисправности оборудования и невозможности продолжения (или начала) работы. Информрующие показатели служат для определения текущего состояния оборудования. Диагностика этих показателей осуществляется системой логического управления, на которую возложены информационные и управляющие функции. Система логического управления должна оперативно оценивать состояние оборудования, формировать показатели, отображать диспетчеру и передавать в базу на хранение. В случае возникновения аварийного показателя системе необходимо выполнить алгоритм аварийной остановки или блокировки запуска. Информрующие показатели позволяют формировать управляющие воздействия по управлению ходом технологического процесса. Подробно пример построения таких логических моделей разобран в [6].

При минимизации функций логических переменных получают выражения, которыми могут быть описаны различные по технологическим функциям и типам агрегаты. На основе этого можно сделать классификацию типовых объектов, для которых подходят вполне определенные типовые системы логического управления – например, одной и той же моделью будет описываться простейший вентилятор, насос, грохот и др. [7], и, соответственно, установить связь с моделями этих же агрегатов в виде передаточных функций типовых звеньев.

Моделированию процессов посвящено множество разработок. Для исследования строятся полномасштабные аналоги, физические полупромышленные и лабораторные модели, математические модели внутренних механизмов, разрабатываются компьютерные симуляторы и др. Применение математических моделей внутренних механизмов («в большом») в натуральных действующих АСУ не удовлетворяют жестким ограничениям на объем и качество априорной информации, им присущим, в частности, отсутствию адекватных математических моделей «в большом»; ограниченным возможностям проведения активных экспериментов на объектах в режимах их рабочей эксплуатации; минимальным сведениям о свойствах различного рода возмущений; непредвиденным возможным изменениям целей управления; замене компонентов сырых материалов; модернизации самих объектов управления в ходе эксплуатации и т.п.

Баки представляют собой цилиндры со следующими характеристиками в соответствии с проектной конструкторской документацией:

$$h_1 = 5 \text{ м}, r_1 = 1 \text{ м}; h_2 = 2 \text{ м}, r_2 = 0,8 \text{ м},$$

где h – высота, r – радиус.

Объем цилиндра определяется следующим образом:

$$V = \pi r^2 h.$$

Скорость наполнения бака зависит от расхода жидкости. Расходы определяются через производительность насосов по технологическим паспортам и имеют следующие значения:

$$Q_1 = 0,18 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}, Q_2 = 0,06 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Полученная зависимость изменения выходной переменной (уровня в баке) описывается дифференциальным уравнением I порядка – интегральным звеном:

$$\frac{dy(t)}{dt} = k \cdot u(t).$$

Переменная $u(t)$ – управляющее воздействие. Для насосов 1 и 2 управляющие воздействия соответствуют логическим переменным работы F_1 из выражения (1). Расстояние между баками небольшое, поэтому в данном примере может не учитываться.

Коэффициент k зависит от Q , h и r и определяется следующим выражением:

$$k = \frac{Q}{\pi r^2}.$$

Схема соединения баков и насосов, а также временная диаграмма работы системы регулирования уровня представлены на рисунках 5 и 6.

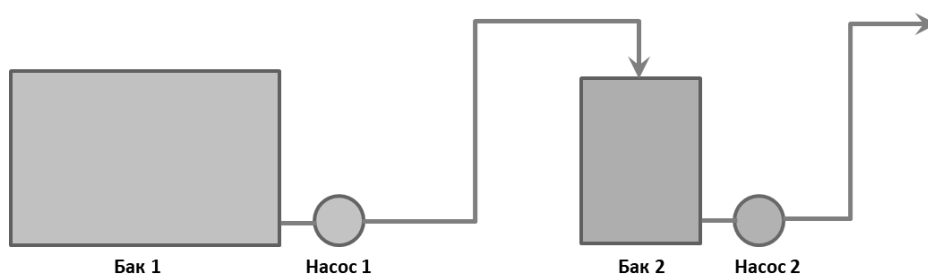


Рис. 5. Пример схемы технологического объекта

Данная диаграмма показывает переходные процессы в системе регулирования. Использование же натурно-математического варианта таких моделей для пересчета позволит интегрировать их в действующее производство в качестве прогнозирующих или оптимизационных модулей.

Предлагаемый подход позволяет улучшить качество моделирования производственных объектов и технологических комплексов на этапе проектирования АСУ; уменьшить время разработки прикладного ПО для PLC производя автоматическую генерацию необходимых блоков кода систем логического управления определенных классификацией агрегатов; снизить время и издержки при внедрении систем; использовать полученные комплексные модели с учетом связей для создания цифровых натурно-модельных двойников предприятий. Данные разработки актуальны для развития концепции «Индустрии 4.0» и представляют практический интерес как в металлургической [8], так и углеобогатительной отрасли [9].

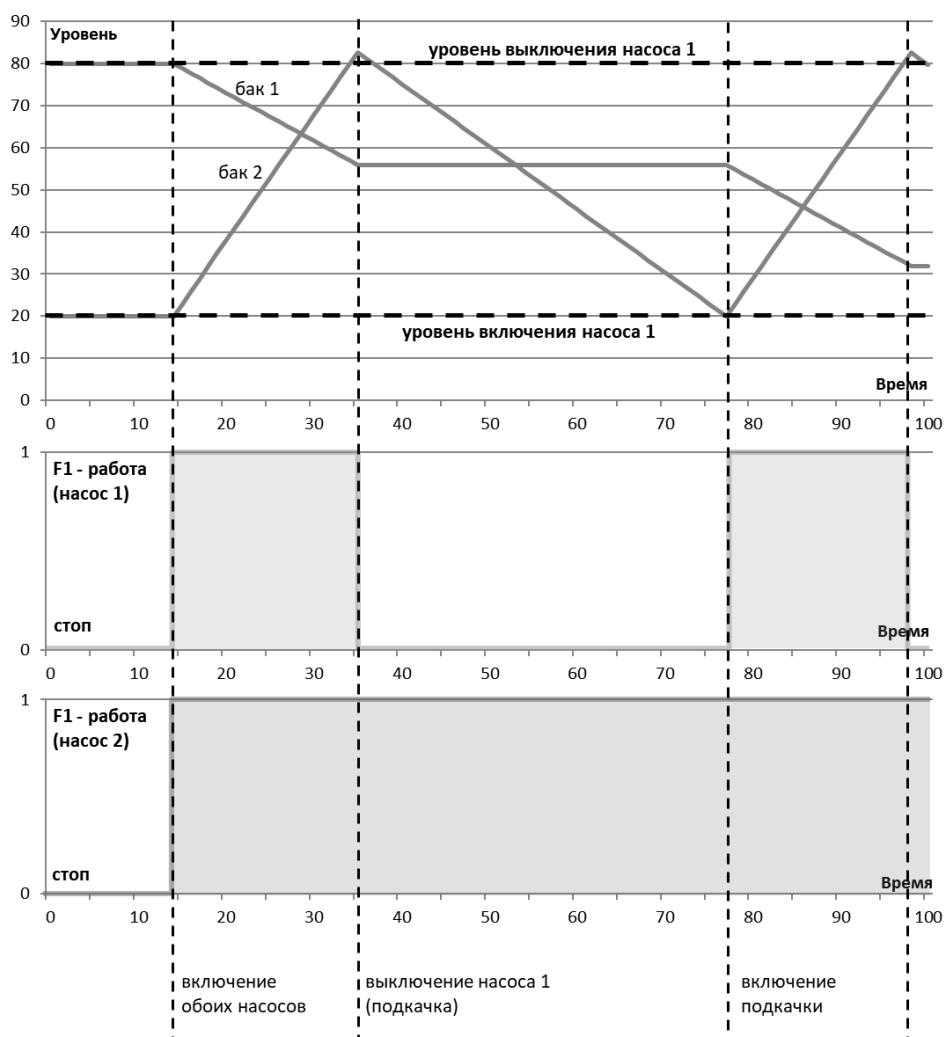


Рис. 6. Временная диаграмма примера работы системы

Список использованных источников

1. Веников В.А. Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики): учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Кибернетика электрических систем" / В.А. Веников, Г.В. Веников. – 4-е. изд. – М.: URSS, 2014. – 439 с.
2. Советов Б.Я. Моделирование систем: учебник для академического бакалавриата / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – 7-е изд. – М.: издательство Юрайт, 2019. – 343 с.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
4. Островлянчик В.Ю. Испытательный комплекс для проведения экспериментальных исследований систем логического управления / Островлянчик В.Ю., Кубарев В.А., Дужая А.В. // В сборнике: Автоматизированный электропривод и промышленная электроника Труды Шестой Всероссийской научно-практической конференции. Под общей ред. В.Ю. Островлянчика. 2014. С. 173-182.

5. ГОСТ Р МЭК 61131-2016. Контроллеры программируемые. – М.: Стандартинформ, 2016. – 230 с.

6. Макаров Г.В. Моделирование логических состояний оборудования / Г.В. Макаров, Е.В. Тамаркина, М.В. Ляховец, А.С. Саламатин // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2019: труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) / Мин-во образования и науки РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т [и др.]; под общ. ред.: С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2019. – С. 108-113.

7. Саламатин А.С. Типовые решения по автоматизации технологических объектов на примере углеобогачительных фабрик / А.С. Саламатин, Г.В. Макаров, М.В. Ляховец, Л.П. Мышляев, М.В. Раскин // Научно-технологические разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк. 2018. №4. – С. 331-334.

8. Спирин Н.А. Концепция "Индустрия 4.0". научные проблемы создания интеллектуальных систем управления технологическими процессами в пирометаллургии / Спирин Н.А., Лавров В.В., Рыболовлев В.Ю., Шнайдер Д.А., Краснобаев А.В. // В сб. «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2019». Труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием); под общ. ред. С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. 2019. С. 25-29.

9. Развитие автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики / Мышляев Л.П., Макаров Г.В., Ляховец М.В., Венгер К.Г., Леонтьев И.А., Мелкозеров М.Ю. // Научно-технологические разработки и использования минеральных ресурсов. 2018. № 4. – С. 316-323.

УДК 669.1

М. О. Незнаев, В. В. Лавров

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ПЕТЛЕВОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РЕКУПЕРАТОРА

***Аннотация.** На сегодняшний день опыт отечественных и зарубежных предприятий убедительно доказывает, что развитие предприятий металлургического комплекса, решение проблемы качества и конкурентной способности продуктов металлургии на мировом рынке требует коренного совершенствования систем хранения, сбора, передачи и использования информации, используемой как для управления технологическими процессами, так и для управления производством в целом. Любой технологический объект или оборудование должен быть максимально автоматизирован и компьютеризирован. Это значительно повышает ее экономическую эффективность и позволяет компании оставаться конкурентоспособной на*