

Модели и алгоритмы построения систем логического управления технологическим оборудованием¹

Р.А. Нежметдинов,
к.т.н., доц., r.nezhmetdinov@stankin.ru,
Г.М. Мартинов,
зав. каф., д.т.н., проф., martinov@ncsystems.ru,
МГТУ «СТАНКИН», г. Москва

В работе предложен новый принцип построения систем логического управления основанный на модельно ориентированном подходе. Разработан инструментарий моделирования системы логического управления на каждом из этапов проектирования. Представлена схема последовательного создания и трансформации моделей систем логического управления технологическим оборудованием, которая позволяет наиболее полно описать и формализовать этапы разработки.

The paper proposes a new principle of constructing logical control systems based on a model-oriented approach. A toolkit for simulating a logical control system for each of the design stages has been developed. The paper presents a scheme for creation and transformation of models of logical control systems.

Концепция построения систем логического управления с момента разработки первых устройств на базе релейных схем автоматики и до недавнего времени оставалась неизменной. Однако, на сегодняшний момент появилось ряд факторов, которые способствуют пересмотру указанной концепции, среди которых можно выделить следующие: многократное увеличение вычислительных ресурсов ЭВМ; появление новых форм ЭВМ, таких как мобильные устройства и одноплатные компьютеры, которые могут служить основой для построения систем логического управления; появление новых форм организации контроллеров (Soft PLC, PAC системы); популяризация идей интеграции производственных ресурсов.

Кроме того, производители систем управления, компании интеграторы и конечные пользователи сталкиваются с разнообразием программных, аппаратных средств, инструментального окружения поддержки систем логического управления и широким кругом областей применения такого рода систем. Это приводит к разнообразию применяемых стандартов и технологий, что затрудняет и увеличивает себестоимость внедрения новых и модернизацию существующих систем управления. При этом каждый производитель контроллеров и систем автоматизации продвигает решения, основанные на собственной линейке продуктов, без учета особенностей функционирования систем управления в целом. Международные стандарты (IEC - International Electrotechnical Commission, ISO - International Organization for Standardization) определяют лишь границы, в рамках которых необходимо проектировать системы логического управления, но не сами базовые принципы. Поэтому при формулировании новых принципов организации систем логического управления необходимо учитывать проблемы разнообразия стандартов и инструментальных средств.

Последовательная трансформация моделей при проектировании систем логического управления

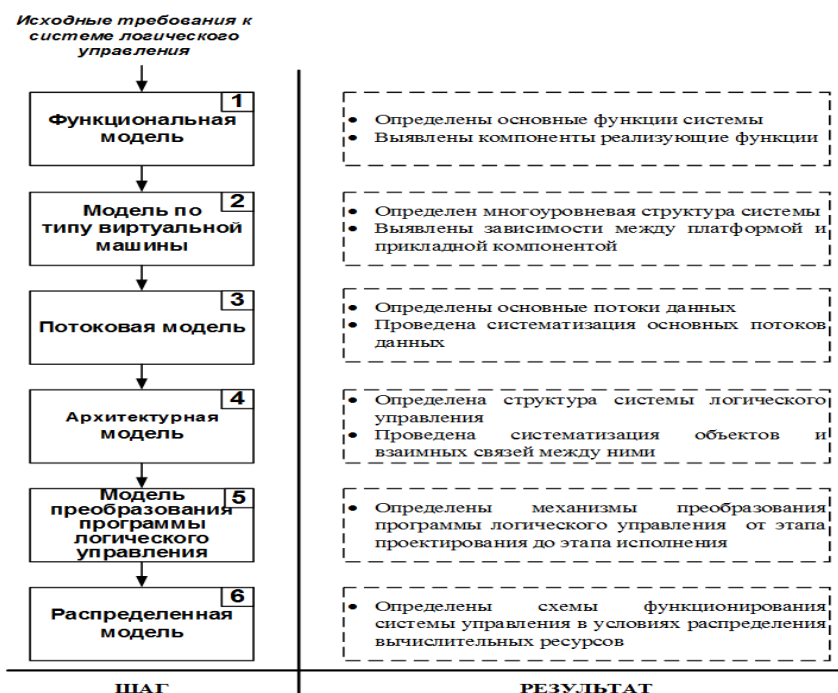


рис. 1 Схема последовательной трансформации моделей систем логического управления

¹ Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения государственного задания (№ 2.1237.2017/ПЧ).

Система логического управления является системой со сложной иерархической структурой, достигнуть существенного упрощения в понимании принципов, лежащих в основе её работы можно за счет выбора модельно-ориентированного подхода к разработке системы в целом и за счет разбиения структуры системы на ряд модулей, определив при этом функционал модулей и предложив варианты межмодульных связей. В этой связи необходима разработка инструментария моделирования системы на каждом из этапов проектирования. На рисунке 1 представлена схема последовательного создания и трансформации моделей систем логического управления технологическим оборудованием, которая позволяет наиболее полно описать и формализовать этапы разработки. В результате моделирования получим ряд основных модулей системы логического управления, определим их функционал и взаимосвязь модулей между собой.

Функциональная модель систем логического управления технологическим оборудованием в нотации IDEF 0

Проектирование, разработка и анализ работы постоянно усложняющихся систем широкого назначения, к которым относятся системы логического управления, требует применения специализированных средств описания и анализа. В качестве инструментария первоначального исследования функционала и структуры системы логического управления предлагается использовать методологию IDEF0 (ICAM Definition - Integrated Computer Aided Manufacturing). Выбранная методология позволяет произвести моделирование функционала системы управления с представлением модели в графической нотации. Ориентированность IDEF0 на соподчинённость объектов позволяет рассматривать логические отношения между функциями системы, без учета их последовательности во времени. Для построения функциональной модели работы системы логического управления необходимо систематизировать и описать полный набор функций, реализуемых системой. В результате проведенного анализа функционала системы логического управления была разработана функциональная модель системы в нотации IDEF0 (рисунок 2).

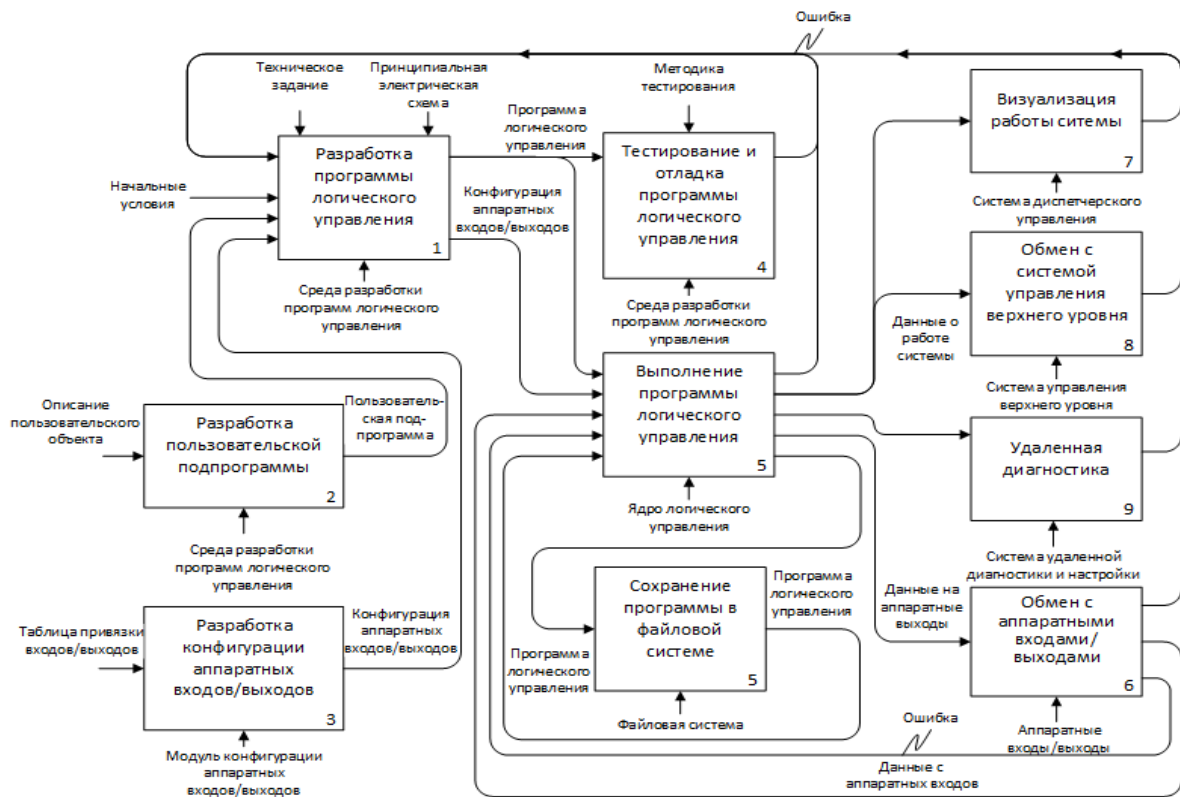


рис. 2 Функциональная модель систем логического управления в нотации IDEF 0

Модель систем логического управления технологическим оборудованием по типу виртуальной машины

Исходя из данных полученных при функциональном моделировании систему логического управления можно условно разделить на две составные части: разработка, отладка и сопровождение программ логического управления (за это отвечает терминал) и реализация процесса управления (за это отвечает ядро системы).

Разделение функционала на две отдельные независимые части позволяет устанавливать программное обеспечение терминала и ядра системы логического управления как на общую аппаратную платформу, так и на две независимые аппаратные платформы. В качестве аппаратной платформы может выступать как персональный компьютер, так и компьютер промышленного исполнения. Терминал системы логического управления может работать на операционной системе машинного времени, например, на ОС Windows. Ядро логического управления должно работать в рамках реального времени, например, на ОС Linux RT. При разработке систем автоматизированного управления, в том числе и систем логического управления используются следующие элементы: аппаратное обеспечение, системное программное обеспечение (операционная система, драйвера и др.), пользовательское программное обеспечение, прикладные компоненты. Объединить все используемые элементы с указанием связей между ними можно в виде вертикально расположенной многоуровневой модели, представляющей собой модель по типу виртуальной машины (рисунок 3).



рис. 3 Модель систем логического управления по типу виртуальной машины

Потоковая модель системы логического управления технологическим оборудованием

При проектировании информационных систем в качестве инструмента структурного анализа целесообразно использовать потоковую модель данных, которую также называют диаграммой потоков данных (в англоязычной литературе data flow diagram, DFD). При проектировании систему управления рассматривают как набор связанных между собой процессов, взаимодействие которых осуществляется посредством передачи данных. Данные могут приниматься извне от внешних объектов. Система управления содержит процессы, преобразующие информацию в результате преобразования, порождаются новые потоки данных. Потоки данных поступают на вход других процессов и передаются к внешним объектам. Потоковая модель является многоуровневой иерархической моделью. Каждый процесс подвергается декомпозиции, т.е. разделению на отдельные подпроцессы, отношения между которыми показываются отдельной диаграммой в той же нотации. Потоковая модель — удобное средство для отображения разрабатываемой системы совместно с внешней средой. Это отображение описывается на исходной диаграмме верхнего уровня в иерархии потоковой модели (рисунок 4).

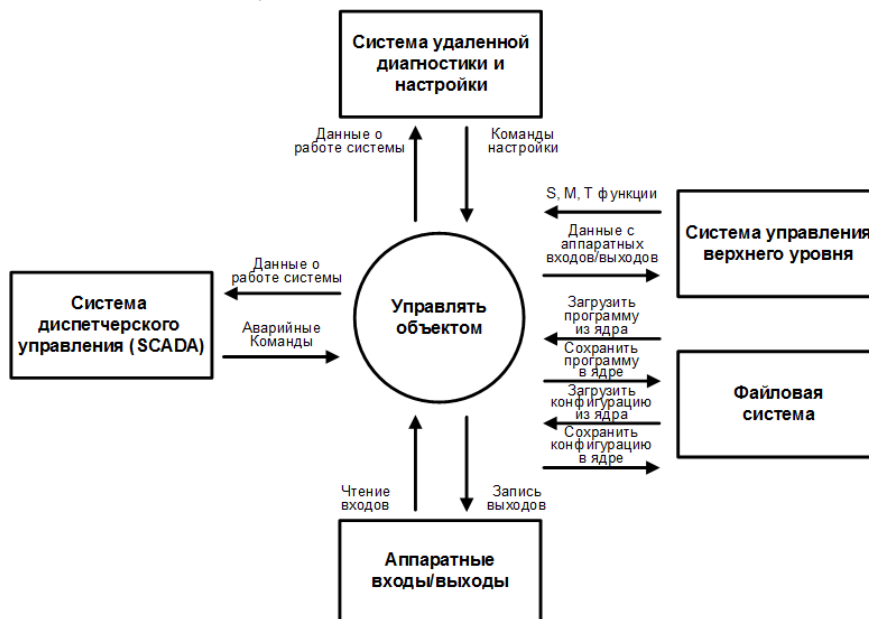


рис. 4 Исходная диаграмма потоковой модели

Назначение верхнего уровня — ограничение рамок системы и определение границы между разрабатываемой системой и внешней средой. На диаграмме верхнего уровня система логического управления представлена глобальным процессом «Управлять объектом», а внешние объекты и адресаты данных составляют окружение системы логического управления. Стрелки с именами указывают на потоки данных — это позволяет моделировать передачу информации. При этом потоки данных могут быть одно- или двунаправленными. Процесс «Управлять объектом» преобразует информацию, полученную с входных потоков и порождает новые потоки данных поступающие на выход.

Архитектурная модель системы логического управления технологическим оборудованием

С точки зрения системного анализа концептуальное моделирование позволяет выявить количество и структурное расположение модулей, объектов, факторов и явлений, полный набор которых позволит реализовать поставленные

перед системой цели и задачи. Одним из вариантов концептуальной модели системы логического управления является архитектурная модель. Описание архитектуры программных систем регламентируется стандартами, среди которых можно выделить: IEEE 1016-1998, IEEE 1471-2000. Архитектура системы логического управления, представленная на рисунке 5, состоит из двух подсистем: программирования и логического управления.

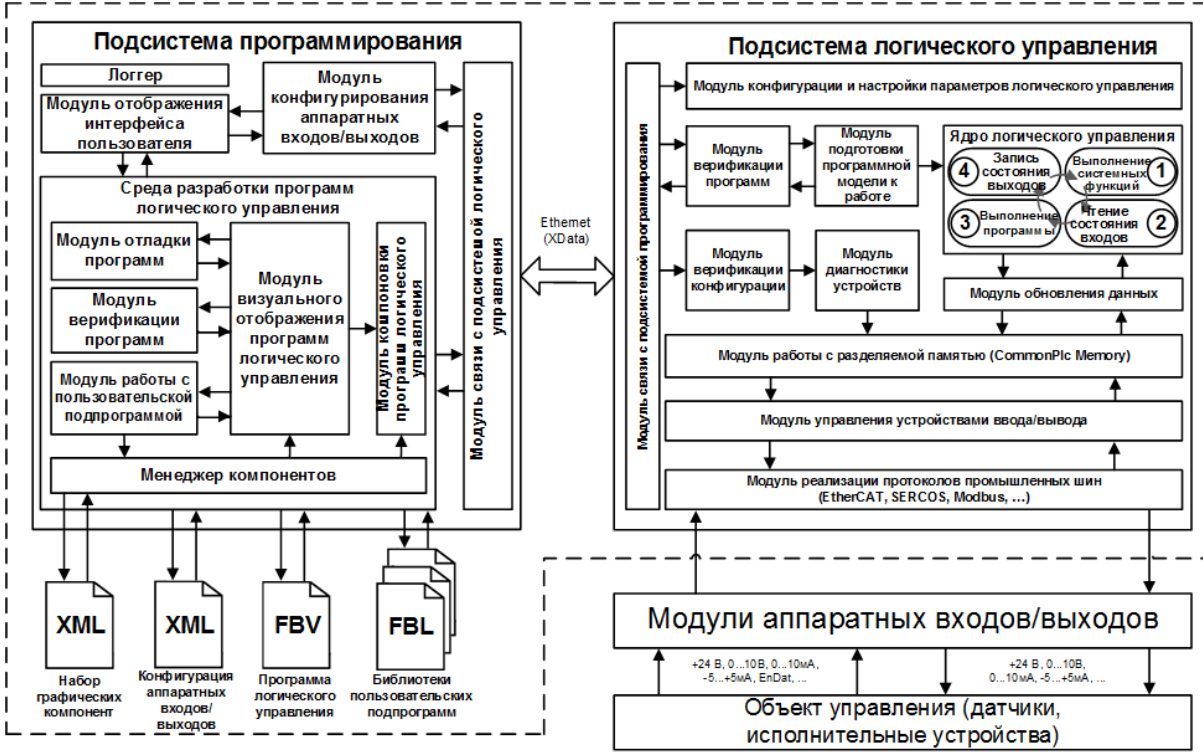


рис. 5 Архитектурная модель системы логического управления

Модель поэтапного преобразования программы логического управления технологическим оборудованием

При проектировании программно-математического обеспечения системы логического управления, необходимо помнить о том, что реализуемая система является гибкой и перепрограммируемой. Поэтому важную роль при реализации конечного проекта системы управления конкретным технологическим оборудованием играет программа логического управления. Механизм преобразования программы логического управления технологическим оборудованием в процессе работы системы основан на модели трансформации представленной на рисунке 6.



рис. 6 Модель поэтапного преобразования программы логического управления

Разработка программы логического управления разделяется на два независимых процесса: разработка программы на языке FBD и разработка конфигурации аппаратных входов/выходов. Каждый из этих процессов проходит фазы: подготовки, исполнения и управления.

Распределённая модель системы логического управления технологическим оборудованием

При проектировании и реализации современных систем управления наметилась тенденция разделяемого использования внешних вычислительных ресурсов, находящихся как внутри локальной вычислительной сети предпри-

ятия, так и в глобальной сети Интернет. Вместе с тем для согласованной работы отдельных модулей системы между собой предполагается построение хорошо структурированной распределенной модели работы системы управления. В общем случае, распределенная архитектура системы логического управления должна предполагать возможности: осуществления связи с объектами управления посредством пассивных аппаратных модулей ввода/вывода информации, которые берут на себя задачи сбора и предварительной обработки данных; работы со стандартным оборудованием сторонних производителей; работы со специализированным оборудованием, разработанным для конкретной системы логического управления; работы с системами управления верхнего уровня; работы с системами, находящимися на значительном удалении от объекта управления с применением web технологий. На основе проведенного анализа предложена распределенная модель системы логического управления, представленная на рисунке 7.

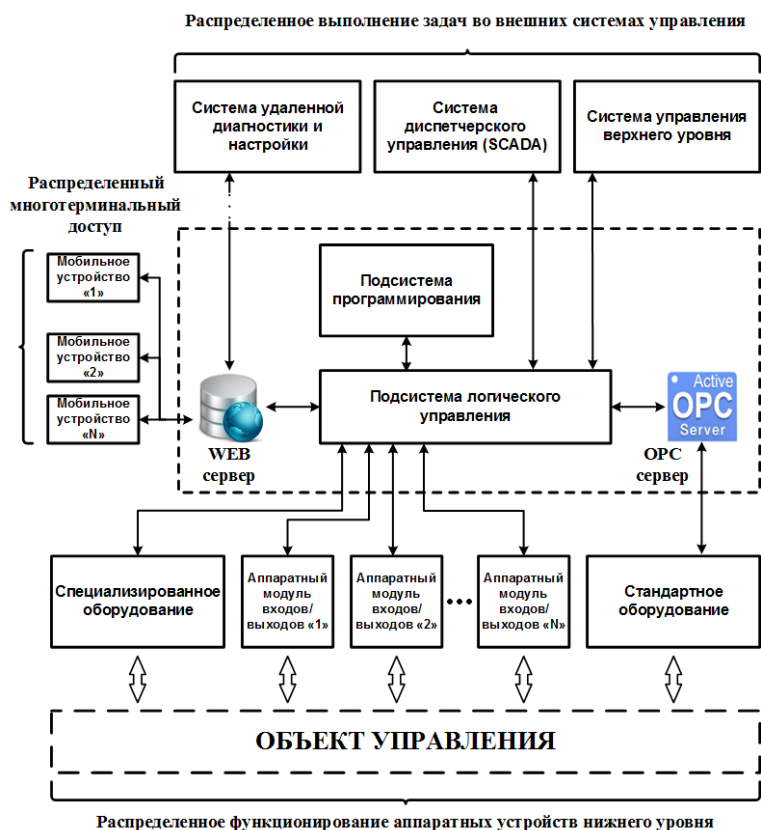


рис. 7 Распределённая модель системы логического управления

Выводы

Существующие концепции построения систем логического управления не учитывают факторы, возникшие с развитием информационных технологий за последние десять лет, среди которых можно выделить: многократное увеличение вычислительных ресурсов ЭВМ, появление новых форм ЭВМ, появление новых форм организации контроллеров и популяризация идей интеграции производственных ресурсов. Предложена новая концепция конфигурируемой, модульной, распределенной архитектуры системы логического управления, каждый модуль которой должен обладать законченным функционалом и быть интегрирован в единое пространство системы управления. Метод проектирования системы логического управления на базе предложенной концепции предполагает последовательную трансформацию моделей различного уровня, с определением на каждом из уровней одного из аспектов построения системы.

Литература

1. Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Никишечкин П.А., Специфика построения редактора управляющих программ электроавтоматики стандарта МЭК 61131, Вестник МГТУ Станкин. 2014. № 4 (31). С. 127-132.
2. Нежметдинов Р.А., Кулиев А.У., Николушкин А.Ю., Червоннова Н.Ю., Управление электроавтоматикой токарных и токарно-фрезерных станков на базе Soft PLC, Автоматизация в промышленности. 2014. № 4. С. 49-51.
3. Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Модульный подход к построению специализированной системы ЧПУ для обрабатывающих центров наклонной компоновки, СТИН. 2014. № 11. С. 28-33.