

УДК 621.9.06

С.Г. Синичкин

АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЕЁ МОДЕРНИЗАЦИИ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО КОНТРОЛЛЕРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассмотрена методика анализа исходной системы управления с целью её модернизации на базе программируемого логического контроллера. Отмечен общий порядок проектирования системы управления с программируемым контроллером. Выделены два этапа анализа исходной системы управления. Показаны форма таблиц и методика их заполнения при анализе источников сигналов и исполнительных элементов для системы управления с программируемым контроллером.

Ключевые слова: программируемые логические контроллеры, модернизация, исходная система управления, источники сигналов, исполнительные элементы.

В настоящее время системы управления технологическим оборудованием часто выполняют с использованием программируемых логических контроллеров (ПЛК), что связано со значительными преимуществами такого варианта [1, 2], по сравнению с построением системы управления на аппаратной основе с жесткой логикой. По этой причине целесообразно выполнять модернизацию систем управления также на базе ПЛК. Далее рассмотрены общий порядок проектирования системы управления с ПЛК (СУ ПЛК) с целью модернизации исходной системы управления (ИСУ) оборудованием и важные этапы анализа ИСУ, являющиеся основой для разработки СУ ПЛК.

1. Общий порядок проектирования систем управления технологическим оборудованием с применением ПЛК

Разработку системы управления на базе ПЛК для замены ИСУ рекомендуется выполнять в следующей последовательности. В начале выполняют анализ ИСУ, цель которого – определение порядка функционирования технологического оборудования, исполнительных и контролируемых элементов (датчиков), органов управления. При этом выявляется последовательность отдельных операций и формирования сигналов, подтверждающих их выполнение для различных режимов работы. В процессе анализа используют различные способы графического представления порядка работы ИСУ: составляют таблицы включения исполнительных элементов и соответствующих им элементов контроля, вычерчивают циклограммы работы агрегатов, составляют временные диаграммы, поясняющие работу отдельных устройств и т.п.

В завершение этого этапа необходимо составить подробный перечень исполнительных элементов и источников сигналов, оформленный в виде таблиц.

В таблицах отмечают условия работы источников сигналов (например, напряжение питания) и потребляемые токи выходными исполнительными элементами. Эти сведения необходимы для выбора входных и выходных модулей ПЛК. После их выбора назначают порядок расположения модулей в центральном монтажном блоке ПЛК и блоках расширения. Затем производят адресацию входных, выходных, промежуточных и временных элементов с учетом правил реализации этих элементов на данном ПЛК (таймеры, мультивибраторы, счетчики).

Логическое взаимодействие входных и выходных сигналов определяется логическими уравнениями, которые составляют в процессе описания работы системы управления, в соответствии с алгоритмом работы и циклограммами или непосредственно по релейно-

контактной или бесконтактной схеме ИСУ. Далее, на основе уравнений вычерчивают релейно-контактный эквивалент (РКЭ) управляющей программы УП с использованием символов релейно-контактных схем (РКС). РКЭ относится к справочной информации по СУ ПЛК и оказывается полезным на этапе эксплуатации для обслуживания СУ и устранения отказов.

Пользуясь уравнениями и РКЭ, разрабатывают управляющую программу (УП) и вводят её в память ПЛК по каналу связи с компьютером, который выполняет функции инструмента разработки УП и программатора. После окончания ввода программы производят ее проверку и отладку совместно с объектом управления.

При необходимости, подключив программатор, можно произвести корректировку программы непосредственно у технологического оборудования. Для этого в настоящее время часто используют ПК типа ноутбук. Отлаженная программа при необходимости может быть выведена на бумажный носитель (листинг УП).

Производят вычерчивание принципиальной схемы, составляют спецификацию аппаратов, разработку конструкции станции управления, схем соединений (монтажных) и расположения электрооборудования. Блоки 9-10 (рис. 1) могут выполняться параллельно с разработкой программы ПЛК или даже опережать ее, что является одним из важных преимуществ реализации систем управления на основе ПЛК, поскольку значительно сокращаются затраты времени на проектные работы.

Описанный алгоритм проектирования представлен для наглядности в виде блок-схемы на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема алгоритма проектирования системы управления с применением ПЛК

2. Первичный анализ ИСУ

Одна из главных задач анализа ИСУ связана с установлением логики ее работы. Как правило, логика работы системы управления с ПЛК сохраняется прежней (если заказчик не предъявляет дополнительных требований), поэтому она записывается на основе анализа работы ИСУ. При модернизации релейно-контактных ИСУ описание логики работы СУ ПЛК можно выполнить по принципиальной схеме ИСУ, после функционального разделения всех ее элементов на источники сигналов (ИС), исполнительные (ИЭ) и промежуточные элементы (ПЭ), к которым можно отнести элементы счета, временные и т.д. Эта операция требует внимательного анализа принципиальной схемы ИСУ.

Дело в том, что в исходной релейно-контактной СУ все элементы, выполняющие функции ИС (кнопки, переключатели, путевые или конечные выключатели), связаны с ИЭ (электромагниты, магнитные пускатели, сигнальные лампы) через контакты промежуточных реле, которые и обеспечивают необходимую логику работы устройства.

Таким образом, для каждого исполнительного элемента имеется свой релейно-контактный блок. Между этими блоками может быть весьма сложная связь из-за наличия в разных блоках контактов одних и тех же промежуточных реле, контактов взаимных блокировок реверсивных магнитных пускателей, общих конечных выключателей и т.п.

В этом случае разработке СУ ПЛК должно предшествовать решение следующих важных вопросов, которые и входят в круг задач первичного анализа ИСУ:

1. Установление общего количества фактических ИС, ИЭ, наличия временных и других функциональных элементов.

2. Анализ функций путевых и конечных выключателей, поскольку от них зависит правильная работа оборудования и безопасность обслуживающего персонала. Кроме того, по этим функциям необходимо решить вопрос о возможности их использования в качестве ИС (т.е. для подключения к входам ПЛК) или оставить в цепях исполнительных элементов, которые будут подключены к выходам ПЛК.

3. Анализ возможных аварийных ситуаций при нарушении работы какого-либо выхода модуля или «зависания» ПЛК и разработка мер по их устранению.

Только после решения этих вопросов можно приступить к выполнению следующих этапов разработки СУ ПЛК: составлению таблиц входов, выходов и логических уравнений; разработке управляющей программы; разработке электрических и конструктивных схем.

На первом этапе решаются два первых вопроса о разделении элементов ИСУ на две группы: ИС и ИЭ, которые необходимо подключать к входам и выходам ПЛК.

На втором этапе проводят анализ логики работы ИСУ с учетом принятых решений на первом этапе, и выполняют формализованное описание работы ИСУ логическими уравнениями для последующей разработки управляющей программы контроллера.

Если ИСУ выполнена на бесконтактной элементной базе или с программной реализацией на устаревшей базе, задача анализа первого этапа упрощается. Это связано с тем, что в таких ИСУ входные и выходные сигналы уже функционально сформированы и могут быть использованы в СУ ПЛК. В тех же случаях, когда ИСУ выполнена на релейно-контактной базе, содержит большое количество реверсивных магнитных пускателей (МП) с взаимными блокировками, кнопок, путевых и конечных выключателей и к СУ ПЛК предъявляются повышенные требования по надежности, задача первого этапа становится достаточно сложной и предполагает несколько решений, т.е. является многовариантной. Это особенно важно в тех случаях, когда МП ИСУ имеют запас по ресурсу работы. Тогда приходится в СУ ПЛК использовать ряд элементов ИСУ, и в первую очередь, МП, катушки которых обычно рассчитаны на напряжение 220 В переменного тока. При возможности замены МП, целесообразно их выбирать с катушками на напряжение 24 В постоянного тока, что позволит использовать для управления ими выходные модули ПЛК с увеличенным числом выходов (32 или 48) и с транзисторными силовыми ключами. Это обеспечит значительное снижение числа и стоимости выходных модулей.

3. Составление таблиц источников сигналов и исполнительных элементов

Итогом решения вопросов первого этапа является установление фактических ИС и ИЭ, которые необходимо подключать к входам и выходам ПЛК, что позволяет составить таблицы с перечнем ИС и ИЭ для новой системы управления. По этим таблицам определяется количество входов и выходов ПЛК, питающие напряжения для входных и выходных цепей, что дает возможность произвести выбор типов и числа входных и выходных модулей ПЛК.

Для анализа ИС и ИЭ заполняют соответствующие таблицы, фрагменты которых представлены в таблицах 1 и 2. В заголовке таблицы подчеркивают вид сигналов (входные или выходные), которые заносят в таблицу и внизу указывают, сколько листов таблицы занимает перечень данного вида сигналов и номер текущего листа.

В первом столбце таблицы указывают наименование (функцию) сигнала, во втором – приводят его позиционное обозначение из принципиальной схемы ИСУ, далее выписывают из спецификации тип ИС или ИЭ, что необходимо для последующего уточнения возможных режимов их работы (по напряжению питания, по роду тока и т.д.) или подбора элементов для их замены.

В четвертом столбце таблицы указывают точку подключения ИС или ИЭ. Например, указывают, что сигнал поступает в шкаф автосклейки (ША), на клеммную колодку X10, на контакт 3 проводом 89. Номер провода записывается в кружочке для наглядности и удобства последующего использования при разработке принципиальной и других электрических схем новой системы управления: $\textcircled{89}$ – ША – X10 – 3.

В пятом столбце таблицы указывают род тока и величину напряжения питания ИС, а для ИЭ – напряжение питания, род и величину тока, потребляемого нагрузкой.

Сведения этого столбца используют для выбора типов модулей ПЛК. Типы модулей записывают в шестом столбце таблицы. Номер модуля указывает порядок их расположения в центральном блоке ПЛК или блоках расширения.

В седьмом столбце можно указать адрес, присвоенный входу или выходу модуля ПЛК, к которому будет подключен данный ИС или ИЭ (на этапах размещения модулей в ПЛК или разработки программы). Заполняется после выбора ПЛК и определения местоположения модулей.

Приведенная форма таблицы для систематизации и анализа ИС и ИЭ отличается наглядностью и информативностью и может быть рекомендована для подготовки информации об исходной системе с целью модернизации. Заполнение такой таблицы полезно и при разработке системы управления с ПЛК для вновь проектируемого технологического оборудования.

Составление таблицы дает возможность выбрать типы и количество модулей ПЛК, решить вопрос об их размещении и адресации, и далее разрабатывать принципиальную схему, а затем схему соединений.

По результатам анализа табл. 1 видно, что в исходной системе управления питание ИС (переключатели и конечные выключатели) осуществлялось напряжением 110 В постоянного тока, что было связано с используемой элементной базой, в качестве которой применялись блоки матричной логики. Поскольку в составе ПЛК УПУ-ТП-2М отсутствуют входные модули с таким напряжением питания, но имеются входные модули, рассчитанные на напряжение питания входных цепей напряжением 110 В переменного тока (тип МВД-02), они и были использованы для СУ ПЛК. При этом питание ИС и их входных цепей было осуществлено непосредственно от выходных обмоток трансформатора, с которых подавалось напряжение на выпрямители для получения напряжения 110 В постоянного тока в исходной системе управления. Такой прием оказался рациональным, поскольку исключалась необходимость применения дополнительного источника питания.

Таким образом, при разработке СУ ПЛК для модернизации исходной системы управления очень важен тщательный её анализ.

Таблица 1

Входные сигналы агрегата РЗ

Наименование сигнала	Позиционное обозначение источника (приемника) сигнала	Тип источника (приемника) сигнала	Местоположение сигнала (контакт, разъем, модуль)	Характеристика сигнала (напряжение/ток ^x)	Тип (номер) модуля ПЛК и N контакта ^{xx}	Адрес ^{xx}	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Ручной режим склейки – полный цикл	S227	Выключатель КЕ011УХЛЗ, исполнение 3, черный «С»	Ⓢ9 – ША-Х10-3	=110В			
2. Ручной режим склейки – неполный цикл	S228	«-»	Ⓢ9 – ША-Х10-9	=110В			
3. Стоп авто-склейки	S242	Выключатель КЕ011УХЛЗ, исполнение 2, красный «С»	Ⓢ9 – ША-Х9-10	=110В			
4. Рама вверх	S241	Выключатель КЕ011УХЛЗ, исполнение 3, черный «С»	Ⓢ4 – ША-Х9-10	=110В			
5. Контроль рамы сверху	S243.1	Выключатель путевой ВП-15Д-21Б 221-54У2.8	Ⓢ5 – ША-Х10-6	=110В			
	S243.2		Цепь 15 – 136	~220В			Рулонная зарядка
Общий провод (-) (-)	Источник питания БП (G3)		Ⓢ8 – ША-Х13 Х14	+24В =110В			

Примечание: ^x – ток для ИЭ^{xx} – заполняется после выбора ПЛК и определения местоположения модулей.

Всего листов:

Лист .

Таблица 2

Выходные сигналы агрегата РЗ

Наименование сигнала	Позиционное обозначение источника (приемника) сигнала	Тип источника (приемника) сигнала	Местоположение сигнала (контакт, разъем, модуль)	Характеристика сигнала (напряжение/ток ^х)	Тип (номер) модуля ПЛК и N контакта ^{хх}	Адрес ^{хх}	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Вводной вентиль	Y53	Пневмораспределитель МПР ПТУ2-053-553-81	87 – ША-Х10-1	$U=24В$ $I=0.15А$	МДВ-01		
2. Блокировка рамы на защелке	Y54	Пневмораспределитель МПР ПТУ2-053-553-81	123 – ША-Х12-7	$U=24 В$ $I \leq 0,15 А$	МДВ-01		$R_{об. п.} = 250 Ом$
3. Рама вниз 1. 2.	Y55 Y57	«-» «-»	124 – ША-Х12-8 126 – ША-Х12-10	$U=24 В$ $I \leq 0,15 А$	МДВ-01		
4. Рама вверх 1. 2.	Y56 Y58	«-» «-»	125 – ША-Х12-9 127 – ША-Х13-1	$U=24 В$ $I \leq 0,15 А$	МДВ-01		
5. Поддув полотна, нож	Y59	«-»	123 – ША-Х13-2	$U=24 В$ $I \leq 0,15 А$	МДВ-01		

Всего листов:

Лист

Библиографический список

1. Управление автоматическими линиями с помощью ЭВМ / В.В. Крыленко [и др.]. – М.: Машиностроение, 1983. – 140 с.
2. **Синичкин С.Г.** Программируемые контроллеры и их применение для модернизации систем управления технологическим оборудованием: учеб. пособие / С.Г. Синичкин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2008. – 211 с.

*Дата поступления
в редакцию 10.06.2014*

S.G. Sinichkin

ANALYSIS OF THE ORIGINAL CONTROL SYSTEM FOR ITS MODERNIZATION ON THE BASE OF PROGRAMMABLE CONTROLLER

The Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

The method of analysis of the control system for its modernization based on the programmable controller is used. General procedure of designing a control system with programmable controller and two stages of analysis of the original control system are shown. The form of tables and method of their filling in process of analysis signal sources and executive elements for control system with programmable controller are shown.

Key words: programmable logic controllers, modernization, the original control system, sources of signals, actuators.