

Системы управления и мониторинга технологическими процессами при производстве полимерно-битумных лент.

Кириенко А. С., Денисов А.В.

*Представительство ОАО «Оргэнергогаз» в Республике Беларусь
Минск, Республика Беларусь, ac-kirienko@mail.ru*

Введение

Газотранспортная система является важным инженерным сооружением как с технической стороны, так и с экономической стороны. Ключевыми проблемами при эксплуатации данной системы являются безопасность и бесперебойность поставок углеводородного топлива. Наибольшее негативное влияние на условия эксплуатации и срок службы подземных металлических сооружений оказывают коррозионная и биокоррозионная агрессивность окружающей среды, а также блуждающие постоянные токи, источником которых является рельсовый электрифицированный транспорт, и переменные токи промышленной частоты. Воздействие каждого из указанных факторов и тем более их сочетания создает все необходимые и достаточные условия для протекания процесса электрохимической коррозии и может в несколько раз сократить срок службы стальных подземных сооружений, что приведет к необходимости преждевременной перекладки морально не устаревших трубопроводов и кабелей.

Воздействие каждого из указанных факторов и тем более их сочетания создает все необходимые и достаточные условия для протекания процесса электрохимической коррозии и может в несколько раз сократить срок службы стальных подземных сооружений, что приведет к необходимости преждевременной перекладки морально не устаревших трубопроводов и кабелей.

Единственно возможным способом борьбы с этим негативным явлением является своевременное применение мер по противокоррозионной защите стальных подземных сооружений.

Согласно ГОСТ 9.602-2005 [2]:

а) при разработке проекта строительства подземных металлических сооружений одновременно разрабатывают проект защиты их от коррозии;

б) при определении метода защиты от коррозии подземных металлических сооружений предусматривают:

- выбор защитных покрытий;
- выбор вида электрохимической защиты;
- ограничение блуждающих токов на их источниках.

В настоящее время в Республике Беларусь и за ее пределами при строительстве, реконструкции и ремонте подземных стальных нефтегазопроводов, нефтепродуктопроводов и водопроводов для защиты от коррозии их наружной поверхности широко применяются конструкции защитных покрытий на основе битумно-полимерных лент, а именно конструкции № 18 усиленного типа и № 21 нормального типа по СТБ ГОСТ Р 51164-2001 [3], а также конструкция № 5 весьма усиленного типа по ГОСТ 9.602-2005 [2].

До недавнего времени на территории Республики Беларусь битумно-полимерные ленты не производились, вследствие чего возникала потребность их импорта, который, в условиях нестабильной экономической ситуации страны-импортера, время от времени был затруднен по тем или иным причинам. Как следствие организации, выполняющие работы по строительству, реконструкции и ремонту подземных стальных трубопроводов,

испытывали трудности, выражающиеся в нехватке необходимых для производства работ материалов. Таким образом сформировался устойчивый спрос на отечественную битумно-полимерную ленту высокого качества, не уступающую по своим характеристикам импортным аналогам.

В 2012 году по программе импортозамещения общество с ограниченной ответственностью «Белпромизоляция» запустило производство ленты битумно-полимерной «БПИ» ТУ ВУ 391471580.001-2012 [1].

1. Постановка задачи

Изучив и проанализировав работу линии по производству ленты, а так же отдельных ее узлов, выделив их достоинства и недостатки была поставлена следующая задача.

Модернизировать систему управления устройством автоматической намотки битумно-полимерных лент на бобины и разработать систему мониторинга, которая обеспечит удаленный контроль технологических процессов намотки бобин.

Ввиду сложности системы управления, постановка задачи сводится к выделению следующих промежуточных подзадач:

- сформировать основную концепцию системы мониторинга и разработать схему информационных потоков;
- произвести анализ рынка предложений программных и аппаратных средств, с последующим выбором их оптимальной конфигурации;
- выполнить модернизацию системы управления объектом мониторинга в части реализации возможности дистанционного управления;
- разработать пользовательский интерфейс системы мониторинга;
- выполнить пуско-наладочные работы.

2. Описание установки

Система управления устройством автоматической намотки битумно-полимерных лент на бобины состоит из аппаратной и программной частей.

Аппаратная часть системы управления представляет собой совокупность программируемых логических устройств, исполнительных механизмов, датчиков, электромагнитных реле, сигнальных ламп и прочих элементов.

Программная часть системы управления представляет собой список инструкций в виде релейных диаграмм, а также перечень констант программирования для применяемых программируемых логических устройств управления.

Система управления разделена на несколько управляющих узлов, относящихся к одноименным узлам объекта управления соответственно.

Для управления узлами системы и обеспечения их согласованной работы используется программируемый логический контроллер (далее ПЛК) семейства MELSEC FX серии FX3U производства Mitsubishi [4].

Таким образом, ПЛК коммуницирует с другими программируемыми контроллерами, а также с регулирующими системами и интерфейсами “человек-машина”. Для этого предусмотрена возможность, во-первых, встраивать ПЛК в сети в качестве локальных станций и, во-вторых, применять его в качестве подчиненных устройств в открытых сетях (например, PROFIBUS/DP);

Структурная схема системы управления устройством автоматической намотки битумно-полимерных лент на бобины представлена на рисунке 2.1.

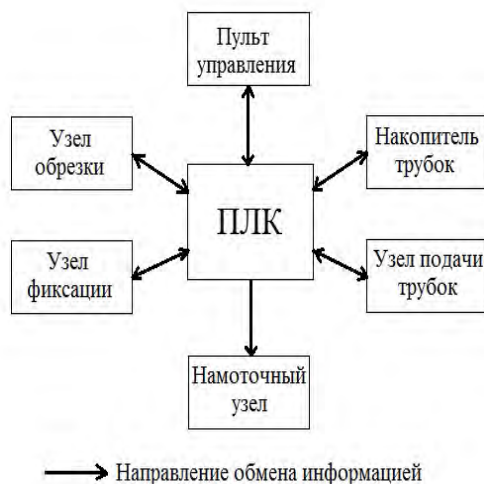


Рисунок 2.1. – Структурная схема системы управления устройством автоматической намотки битумно-полимерных лент на бобины.

Объект управления представляет собой установку состоящую из нескольких узлов:

- накопитель трубок

Накопитель трубок состоит из клинообразного корыта с отсутствующим дном и четырех втягивающих электромагнитных реле, работающих попарно, для реализации функции штучной подачи трубок к узлу их подачи.

Для определения наличия трубок в накопителе используется емкостной датчик марки KI0016 производитель Ifm electronic;

- узел подачи трубок (рисунок 2.2.)

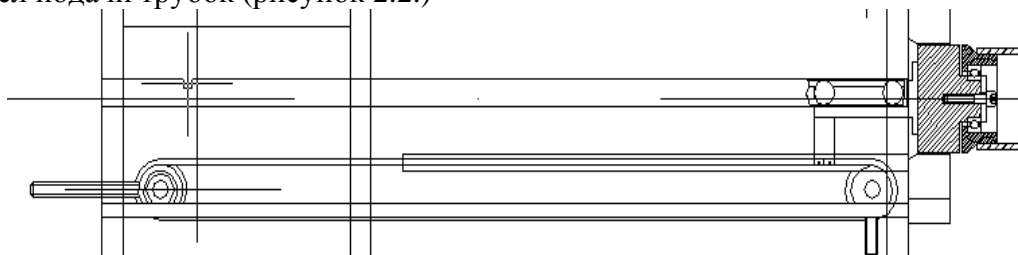


Рисунок 2.2. – Узел подачи трубок

Представляет собой возвратно-поступательный механизм для перемещения трубок и фиксации их в положении намотки, приводимый в движение «электродвигателем со встроенным редуктором РД-09» и имеющий три датчика положения.

Для обеспечения обратной связи с ПЛК в узле предусмотрены датчики положений, реализованные концевыми выключателями OMRON серии D4C.

В концевых выключателях предусмотрены сигнальные диоды для осуществления визуального контроля за их функционированием.

- намоточный узел (рисунок 2.3.)

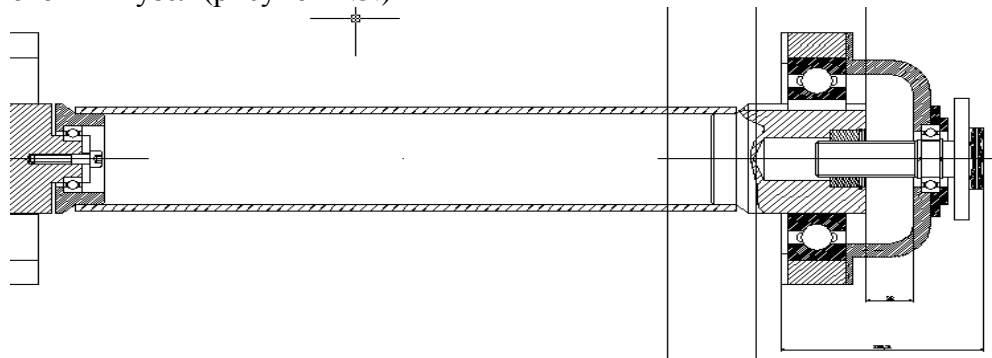


Рисунок 2.3. – Намоточный узел

Основной узел системы, обеспечивающий фиксацию трубки в рабочем положении, а также непосредственно процесс наматывания на нее битумно-полимерной ленты, путем вращения трубки вокруг продольной оси.

Для приведения в движение узла используется общепромышленный асинхронный электродвигатель АИР80В8.

Для передачи крутящего момента установлен 2-х ступенчатый соосно-цилиндрический редуктор.

Для регулирования скорости вращения выходного вала мотор-редуктора, а так же поддержания постоянной силы натяжения битумно-полимерной ленты используется промышленный преобразователь частоты переменного тока (далее ПЧ).

В качестве ПЧ используют малогабаритный преобразователь частоты переменного тока на IGBT-транзисторах, модель E2-MINI, модификация 001H, исполнение IP20, производитель ВЕСПЕР.

В качестве датчика радиуса бобины для регулирования скорости ее вращения и поддержания постоянного натяжения битумно-полимерной ленты используют фотоэлектрический датчик.

- узел фиксации ленты на бобине (рисунок 2.4.)

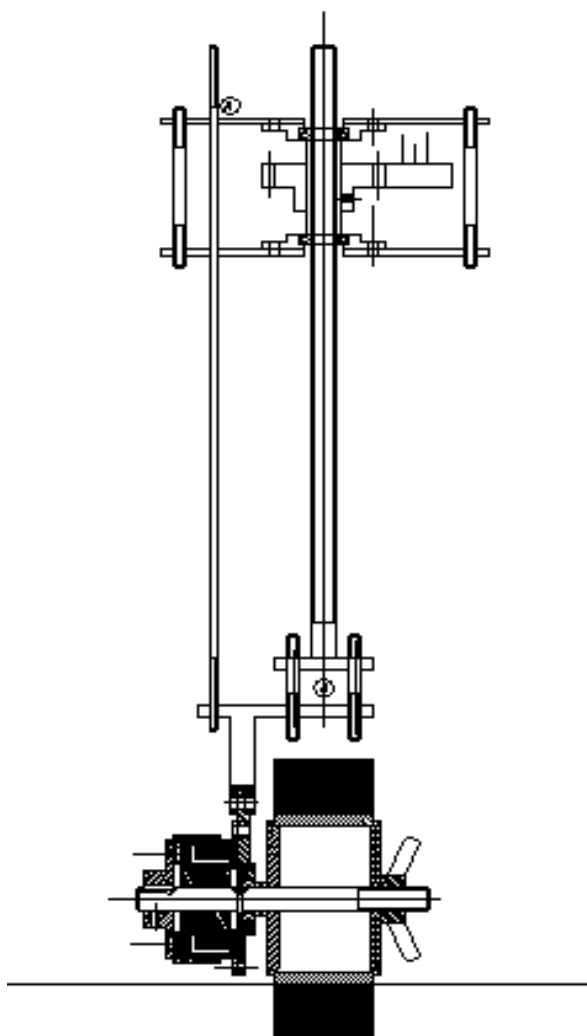


Рисунок 2.4. – Узел фиксации ленты на бобине

Для реализации функций выполняемых узлом фиксации, система управления узлом предусматривает два электродвигателя обеспечивающие перемещение по горизонтальной и вертикальной осям, четыре датчика положений, датчик счета оборотов рулона клейкой

ленты, а также тормозная электромагнитная муфта, обеспечивающая блокировку вращения рулона клейкой ленты для обрыва последней.

В качестве электродвигателей используется «электродвигатель со встроенным редуктором РД-09», а в качестве датчиков положения и счета - концевые выключатели OMRON серии D4C.

В качестве электромагнитной муфты используют муфту марки Magneta (Германия) серии 14.110.05.101.

- узел обрезки ленты

Предназначен для разделения сплошного полотна битумно-полимерной ленты на равные отрезки. Для реализации этих функций в системе управления узлом предусмотрен электродвигатель и два датчика положения.

В качестве электродвигателей используется «электродвигатель со встроенным редуктором РД-09», а в качестве датчиков положения и счета - концевые выключатели OMRON серии D4C.

3 Концептуальная модель системы мониторинга

Система мониторинга условно делится на четыре уровня, иерархическая схема системы приведена на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1. – Иерархическая схема системы мониторинга

Первый или нижний уровень системы представляет собой сервисы сбора первичных данных об объекте мониторинга и их предварительной обработки, к которым относятся:

- датчики, выполняющие непосредственный сбор первичных данных о состоянии автомата, пространственном положении его узлов и механизмов, а также наличии расходных материалов;
- частотный преобразователь, поддерживающий необходимую скорость вращения выходного вала силового привода в зависимости от стадии производственного цикла;

- программируемый логический контроллер, принимающий и обрабатывающий собранную информацию о состоянии объекта мониторинга, отдельных его узлов и механизмов, а также осуществляющий управляющее воздействие на объект.

Второй промежуточный уровень представляет собой сервисы распределения (доставки данных), к которым относятся:

- шина Modbus RTU с определенным методом доступа - это модель Ведущий/Ведомый; процесс Ведущего всегда является Клиентом, а Процессы Ведомых – Серверами, что значит, что Ведущий отсылает запросы, которые могут относиться к индивидуальному Ведомому узлу или ко всем Ведомым, последние в свою очередь их обрабатывают;

- сервисы Ethernet, реализующие процесс пакетной передачи данных, прошедших предварительную обработку в ПЛК и , к сервисам аналитической обработки и представлению информации мониторинга;

Третий промежуточный уровень представляет собой сервисы аналитической обработки и представления информации мониторинга, к которым относятся:

- операторская станция с предустановленной SCADA системой, которая принимает сигналы от контроллера и преобразует их в теги, а затем экспортирует в расположенное на сервере хранилище данных в формате СУБД MS Acces (таблицы Excel);

- сервер, на котором хранится информация;

- АРМы сотрудников (начальника цеха и технолога) с предустановленными SCADA-клиентами, отображающие информацию о технологическом процессе.

- интерфейс передачи данных WI-FI, а также DSL – маршрутизатор.

Четвертый или верхний уровень структурной модели системы управления представляет собой ситуационный центр, реализованный смартфоном с предустановленной мобильной версией SCADA-клиента, имеющим доступ к хранилищу данных на сервере предприятия посредством GSM-канала, отображающим актуальную информацию о состоянии производства необходимую для принятия управленческих решений.

Схема информационных потоков

Информация «образуется» в датчиках, интегрированных непосредственно в объект управления и «перемещается» согласно схеме информационных потоков.

Схема информационных потоков приведена на рисунке 3.2.

Процесс передачи информации можно разделить на несколько этапов:

- сигналы датчиков поступают в контроллер, где оцифровываются, представляются в виде регистров данных и передаются на АРМ оператора через шину Modbus RTU;

- предустановленная на АРМе оператора SCADA-система получает регистры данных, формирует соответствующие теги и графический интерфейс пользователя, а также экспортирует полученные данные в хранилище (а в режиме управления импортирует из хранилища) данных на сервере в формате СУБД MS Access посредством Ethernet;

- SCADA-клиенты, установленные на АРМах начальника цеха и технолога импортируют данные из хранилища (а в режиме управления импортируют в хранилище) данных на сервере посредством Ethernet и формируют пользовательский интерфейс;

- данные из хранилища через DSL-маршрутизатор попадают в телефонную линию, далее в городскую АТС;

- с городской АТС данные поступают на базовую GSM-станцию и, оттуда, через GSM-канал (3G) попадают на смартфон с предустановленным мобильным SCADA-клиентом;

- мобильный SCADA-клиент на базе операционной системы Android принимает данные и формирует пользовательский интерфейс;

- управленческое воздействие с помощью мобильного SCADA-клиента возвращается в хранилище данных (изменяет значения в таблице на сервере), а из него на контроллер и объект управления, аналогичным образом в обратной последовательности.

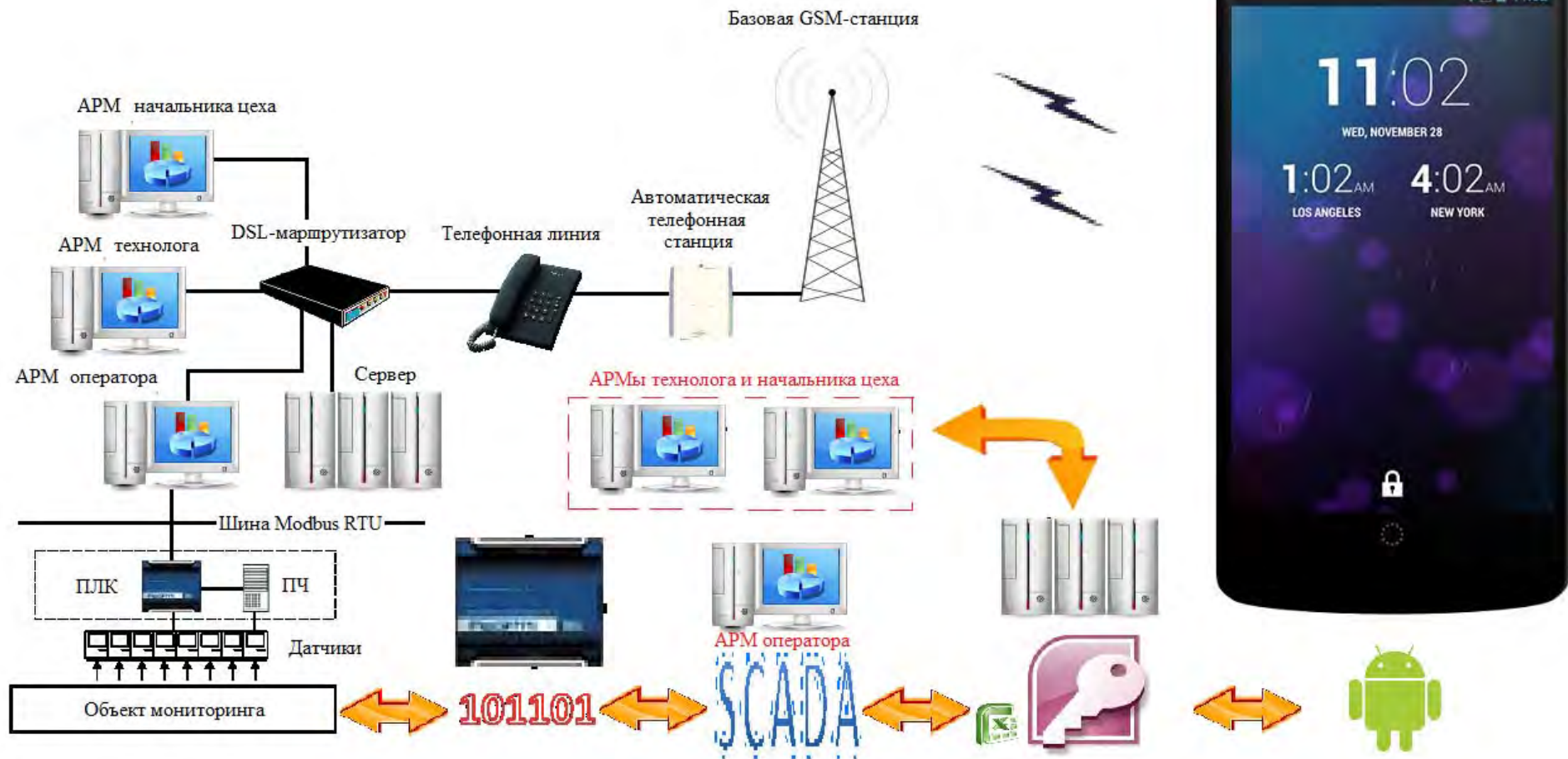


Рисунок 3.2. – Схема информационных потоков

4 Основные требования

4.1.1 Выбор мобильного SCADA-системы

Для выбора SCADA – системы надо сформулировать основные требования, обусловленные спецификой технологических процессов при производстве битумно-полимерных лент и перспективными планами развития предприятия в будущем.

SCADA-система должна обладать следующими функциональными возможностями:

- разработка архитектуры всей системы автоматизации (на этом этапе определяется функциональное назначение каждого узла системы автоматизации);
- решение вопросов, связанных с возможной поддержкой распределенной архитектуры, необходимостью введения узлов с горячим резервированием и т.п;
- создание прикладной системы управления для каждого узла, где специалист в области автоматизируемых процессов наполняет узлы архитектуры алгоритмами, совокупность которых позволяет решать задачи автоматизации;
- приведение параметров прикладной системы в соответствие с информацией, которой обмениваются устройства нижнего уровня (ПЛС, АЦП, ЦАП) с внешним миром (датчиками температуры, давления и др.);
- отладка созданной прикладной программы в режиме эмуляции и реальном режиме;

SCADA-система должна иметь следующие технические характеристики:

- реализована на MS Windows-платформах (Windows NT);
- поддержка сетевых сред с использованием стандартных протоколов (Netbios, TCP/IP и др.), а также наиболее популярных сетевых стандартов из класса промышленных интерфейсов (Profibus, Canbus, LON, Modbus и т.д.);
- встроенные языки высокого уровня, Basic-подобные языки, для создания фрагментов алгоритма, необходимых в решении задачи управления;
- поддержка SQL-синтаксиса, не зависящего от типа БД, что позволяет создавать независимые программы для анализа информации и использовать уже имеющееся ПО, ориентированное на обработку данных;
- поддержка стандартных функций GUI (Graphic Users Interface).

SCADA-система должна иметь интегрированную среду разработки со встроенными:

- редактором графических экранных форм;
- редактором программ на визуальном языке Techno FBD;
- редактором программ на визуальном языке Techno SFC;
- редактором программ на визуальном языке Techno LD;
- редактором программ на процедурном языке Techno ST;
- расширенными библиотеками готовых элементов (графических изображений и анимационных объектов);
- базой драйверов к контроллерам и платам вывода;
- базой алгоритмов обработки данных и управления.

В интегрированной среде должна поддерживаться функция многопользовательской разработки проекта.

Система должна поддерживать возможность автоматического обновления на удаленных серверах и быть снабжена специальным отладочным монитором реального времени – профайлером, протоколирующим свои действия в текстовом файле.

В системе должны быть реализованы прямые привязки между компонентами разных узлов системы, а также поддержка широкого перечня форматов данных.

Система должна быть снабжена графическим редактором с поддержкой трехмерной фотореалистичной графики, графические элементы (фигуры) должны обладать следующими свойствами:

- полупрозрачность;

- наложение текстур;
- произвольный базовый цвет;
- настраиваемое расположение источника света;
- коэффициенты отражения и рассеивания света;
- поворот на произвольный угол (в том числе в реальном времени);
- фигурные срезы цилиндров и труб;
- отображение внутренних поверхностей для рисования разрезов емкостей;
- RGB или HSV палитры цветов.

Система должна поддерживать:

- тренды, глубина которых не должна ограничиваться;
- Pop-up окна, с возможностью изменений их параметров;
- собственный генератор отчетов, позволяющий в реальном времени быстро создавать ясные и полнофункциональные HTML-отчеты, а также редактор шаблонов отчетов с возможностью их создания и редактирования;
- возможность интеграции с различными внешними базами данных и другими приложениями;
- редактор SQL-запросов;
- импорт и экспорт данных в различных форматах.

SCADA-система должна обладать следующими эксплуатационными характеристиками:

- Windows-подобный пользовательский интерфейс, что во многом повышает удобство их использования, как в процессе разработки, так и в период эксплуатации прикладной задачи.
- следующие уровни поддержки: услуги фирмы-разработчика, обслуживание региональными представителями фирмы-разработчика, взаимодействие с системными интеграторами, русификация программ и документации, горячая линия и решение проблем, связанных с индивидуальными требованиями заказчика и др.

4.1.2 Выбор мобильного SCADA-клиента

В основу выбора мобильного SCADA-клиента легли следующие критерии:

- совместимость с операционной системой Android;
- поддержка импорта и экспорта данных в формате XML/OPC XML;
- интегрированная библиотека элементов;
- поддержка трендов;
- интуитивный интерфейс.

4.2 Выбор аппаратных средств

Выбор автоматизированных рабочих мест.

Для выбора автоматизированных рабочих мест оператора, технолога и начальника цеха следует исходить из системных требований программного обеспечения SCADA-системы.

Выбор сервера.

Для выбора сервера нужно учитывать, что объём хранения данных должен быть максимально возможным, а также быстрота обращения к ним и их резервирования.

Выбор маршрутизатора.

Для передачи информации между устройствами системы управления и мониторинга, маршрутизатор следует выбирать из соображений требуемой скорости передачи данных и некоторых дополнительных возможностей.

5. Описание работы контроллера

При работе программируемых контроллеров данные вводятся, обрабатываются, а затем снова выводятся как результаты обработки. Этот процесс подразделяется на следующие уровни:

- уровень ввода;
- уровень обработки;
- уровень вывода.

Схема преобразования данных приведена на рисунке 5.1.

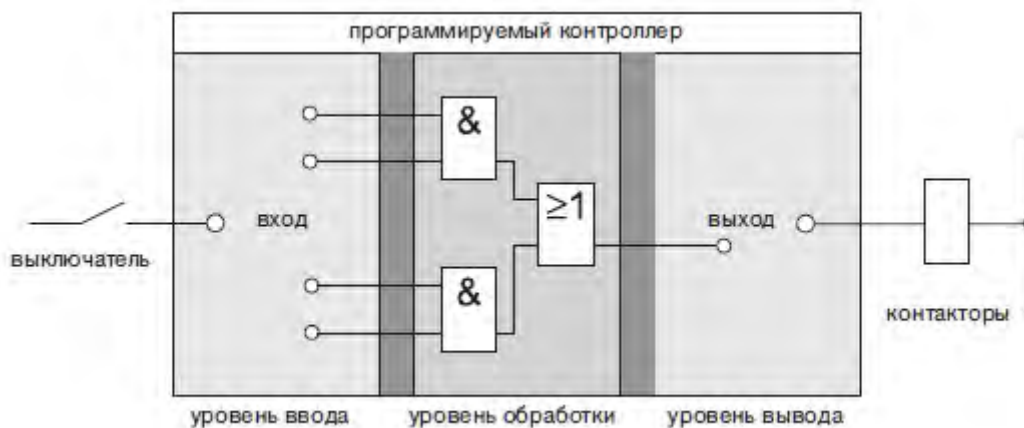


Рисунок 5.1. – Схема преобразования данных

Уровень ввода

Уровень ввода служит для того, чтобы передавать на уровень обработки управляющие сигналы, поступающие от выключателей, кнопок или датчиков.

Сигналы этих компонентов возникают по ходу процесса управления и подаются на входы контроллера в виде логических состояний. С уровня ввода уже предварительно подготовленные сигналы передаются на уровень обработки.

Уровень обработки

На уровне обработки сигналы, принятые и подготовленные на уровне ввода, обрабатываются хранящейся в памяти программой. При этом между ними устанавливаются логические взаимосвязи. Память для программы на уровне обработки свободно программируется. Имеется возможность в любое время изменить ход обработки, изменив или заменив хранящуюся в памяти программу.

Уровень вывода

На выходном уровне результаты, полученные при обработке входных сигналов программой, влияют на подключенные к выходам устройства, например, контакторы, сигнальные лампы, электромагнитные клапаны и т. п.

Выполнение программы контроллера

Программируемый контроллер работает по заданной программе, которая, как правило, создается вне контроллера, а затем передается в контроллер и хранится в его памяти. Для программирования важно знать, как контроллер обрабатывает программу.

Программа состоит из череды отдельных команд, определяющих функционирование контроллера. Контроллер одну за другой обрабатывает управляющие команды в запрограммированной последовательности.

Выполнение всей программы постоянно повторяется, т.е. происходит ее циклическое выполнение. Время, необходимое для выполнения программы, называется “временем цикла программы”.

В начале программного цикла состояния входов опрашиваются и сохраняются в промежуточной памяти, т.е. создается так называемое отображение входов. При обработке программы контроллер обращается не непосредственно ко входам и выходам, а к их отображению.

Схема алгоритма работы ПЛК изображена на рисунке 5.2.

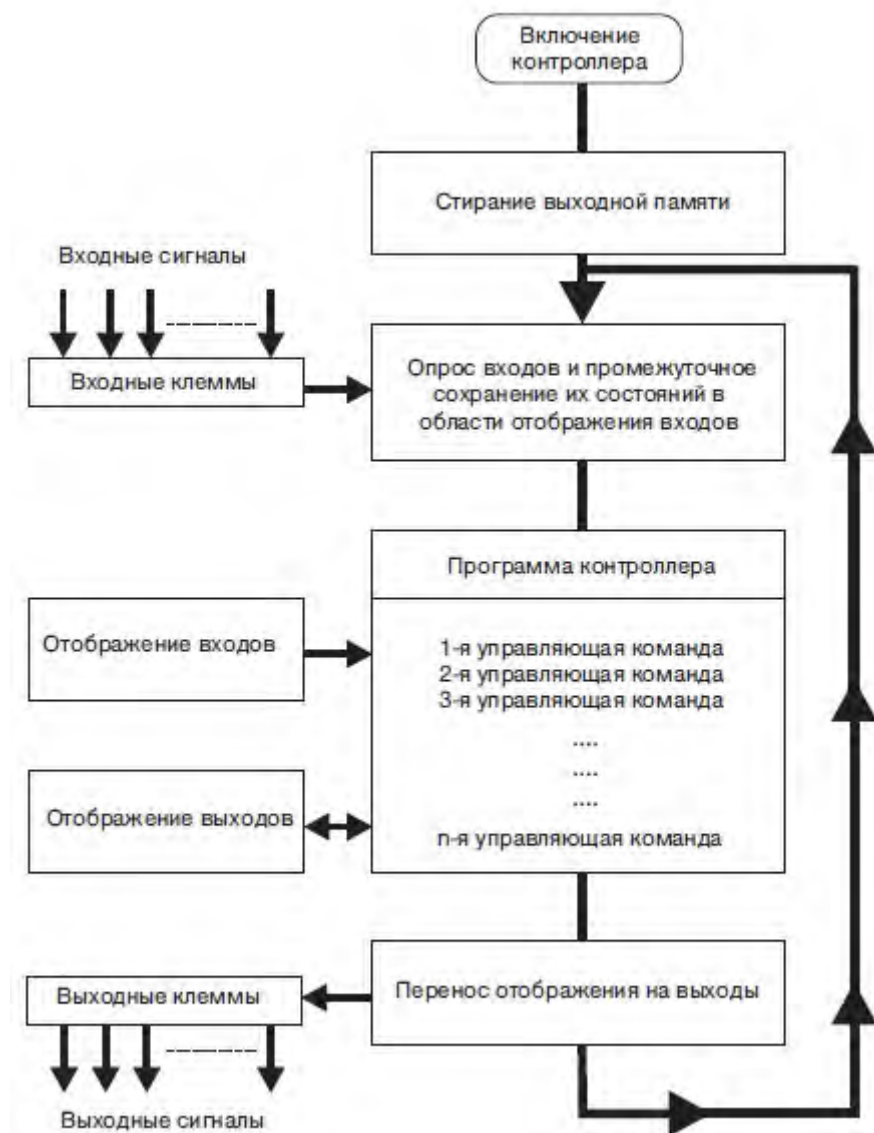


Рисунок 5.2. – Схема алгоритма работы ПЛК

Во время последующего прохождения программы контроллер обращается к состояниям входов, хранящимся в области отображения, поэтому изменения сигналов на входах распознаются лишь при следующем программном цикле.

Программа обрабатывается сверху вниз, в последовательности ее ввода. Промежуточные результаты можно использовать уже в том же программном цикле.

Схема процесса обработки программы контроллера представлена на рисунке 5.3.

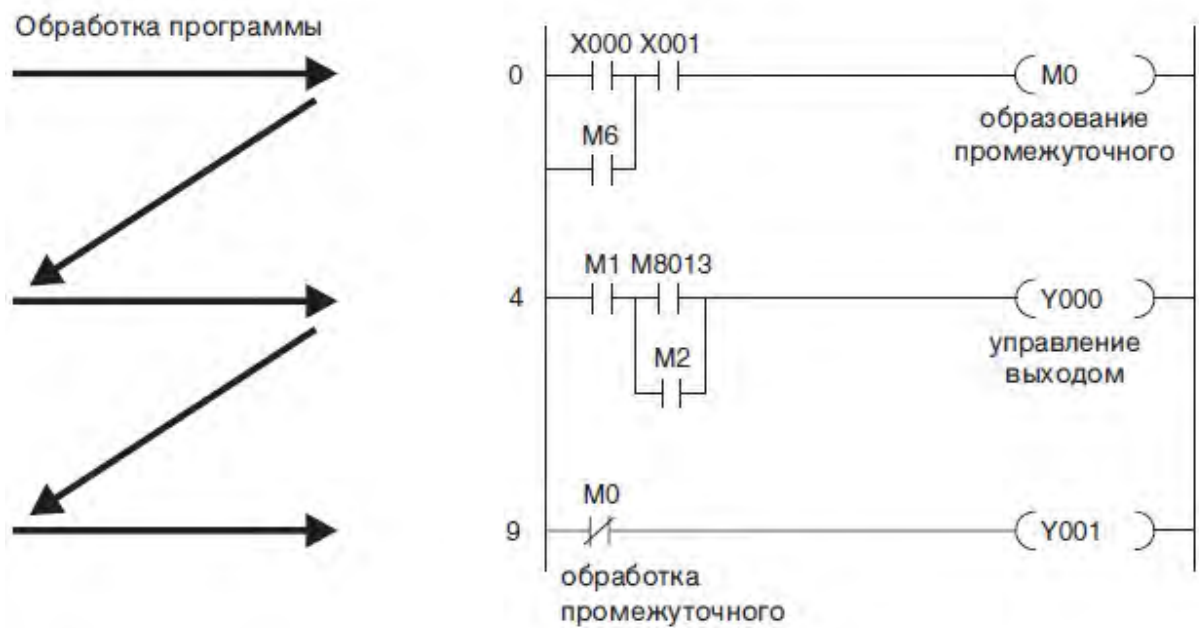


Рисунок 5.3. - Схема процесса обработки программы контроллера

Результаты логических операций, относящиеся к выходам, передаются в выходную буферную память (область отображения выходов). Лишь по окончании выполнения программы промежуточные результаты передаются на выходы. В выходной буферной памяти отображение выходов сохраняется до очередной перезаписи. После присвоения значений выходам программный цикл повторяется.

5.1.2 Структура программы

Программа состоит из череды отдельных управляющих команд, определяющих работу контроллера и выполняемых контроллером в запрограммированной последовательности. Поэтому при программировании сам процесс управления требуется разложить на отдельные команды. Управляющая команда является самой маленькой единицей прикладной программы контроллера.

Структура управляющей команды

Управляющая команда состоит из инструкции (команды) и операнда (в случае прикладных инструкций операндов может быть несколько). Некоторые управляющие команды могут обходиться и без операндов. Эти команды управляют выполнением программы в контроллере.

При программировании каждой управляющей команде автоматически присваивается номер шага, в результате чего однозначно устанавливается ее местонахождение в программе, так как одинаковые команды с одним и тем же операндом могут использоваться в программе многократно.

Изображения команды на языке релейных диаграмм (слева) и языке инструкций (справа) приведены на рисунке 5.4.



Рисунок 5.4. - Изображения команды на языке релейных диаграмм (слева) и языке инструкций (справа)

Команда указывает, что следует сделать, т. е. какую функцию должен выполнить контроллер. Операнд указывает, с чем требуется это сделать. Обозначение операнда состоит из буквенного признака типа и адреса.

Структура операнда приведена на рисунке 5.5.



Рисунок 5.5. – Структура операнда

Так как, например, входов можно быть несколько, указание адреса операнда позволяет идентифицировать определенный вход.

Примеры буквенных обозначений операндов приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. – Буквенные обозначения операндов

Буквенное обозначение операнда	Тип	Значение
X	вход	Входная клемма программируемого контроллера (например, выключатель)
Y	выход	Выходная клемма программируемого контроллера (например, контактор или лампа)
M	маркер	Промежуточная память в контроллере, способная принимать два состояния ("Вкл." или "Выкл.")
T	таймер	"Реле времени" для реализации функций, зависящих от времени
C	счетчик	Счетчик
D	регистр данных	Память в контроллере, в которой можно хранить, например, измеренные значения или результаты вычислений

Заключение

Внедрение данной системы позволит сократить время нахождения персонала в цеху по производству битумно-полимерных лент, что делает технологический процесс безвредным для организма человека.

Важнейшей заслугой системы является информационная обеспеченность, позволяющим оперативно и точно оценивать, анализировать текущую ситуацию, принимать обоснованные и своевременные управленческие решения. Также позволит руководителю предприятия находиться в своем офисе и из него удаленно наблюдать в режиме реального времени за работой всего производства и оборудования.

В целом данный проект повысит уровень качества, безопасности и информационной обеспеченности производства, позволит существенно увеличить производственные мощности линии в целом, уменьшить себестоимость готовой продукции и, в то же время, не потребует больших материальных затрат на его реализацию.

Список использованных источников

1. ТУ ВУ 391471580.001-2012. Технические условия. Денисов А.В. ООО «Белпромизоляция» 2012 г.
2. ГОСТ 9.602-2005. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
3. СТБ ГОСТ Р 51164-2001. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.
4. Программируемые контроллеры семейства MELSEC FX. Пособие. «Mitsubishi Electric» 2006 г.
5. Частотный преобразователь E2-MINI. Руководство по эксплуатации ВАЮУ.435Х21.006-02 РЭ. «Веспер» 2010 г.