

УДК 004.9

***РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО
ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА***

Кряжева Е. В.,

к.псих.н., доцент,

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского,

Калуга, Россия

Махнев А.О.,

студент,

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского,

Калуга, Россия

Аннотация.

В статье рассмотрены вопросы модернизации системы управления приточно-вытяжной вентиляцией на предприятии. Описаны российские программируемые логические контроллеры; сформулированы основные требования к ним как к программно-аппаратному комплексу. Описана предложенная готовая система автоматизированного управления вентиляцией на ПЛК Matrix с языком программирования FBD. Предложен графический интерфейс разработки, в том числе, и готовый вариант пользовательского интерфейса. В конце сделаны выводы по работе.

Ключевые слова: предприятие, приточно-вытяжная вентиляция, программируемый логический контроллер, контроллер Matrix, язык программирования FBD, интерфейс.

***DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED VENTILATION CONTROL
SYSTEM BASED ON A PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER***

Kryazheva E. V.,

Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor,

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky,

Kaluga, Russia

Makhnev A.O.,

Student,

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky,

Kaluga, Russia

Annotation.

The article discusses the issues of modernization of the supply and exhaust ventilation control system at the enterprise. Russian programmable logic controllers are described; the basic requirements for them as a software and hardware complex are formulated. The proposed ready-made system of automated ventilation control on the Matrix PLC with the FBD programming language is described. A graphical development interface is proposed, including a ready-made version of the user interface. In the end, conclusions are drawn on the work.

Keywords: enterprise, supply and exhaust ventilation, programmable logic controller, Matrix controller, FBD programming language, interface.

Промышленная вентиляция представляет собой комплекс специальных технических устройств и технологических приборов, которые выводят отработанный воздух, при необходимости очищая его от вредных примесей, наружу и обеспечивают приток в производственные помещения свежего, также очищая его при заборе из окружающей среды. С помощью вентиляции промышленные объекты поддерживают температуру и уровень влажности в соответствии с нормативными требованиями к таким помещениям. Для эффективного управления комплексом вентиляционных установок и

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

соблюдения должного режима энергосбережения применяются автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП) [7]. При изучении автоматизации вентиляционных установок встала задача модернизации вентиляции в помещениях, проектируемых как чистые, т. е. помещения, где в воздухе поддерживаются в определённом заданном диапазоне размер и число на кубический метр воздуха таких частиц, как пыль, микроорганизмы, аэрозольные частицы и химические пары. Возник вопрос о пригодности действующей системы приточно-вытяжной вентиляции к требованиям, предъявляемым помещению в его новой роли.

В связи с уходом компании Siemens с Российского рынка, было принято решение разработать автоматизированную систему управления вентиляцией на базе независимого свободно программируемого логического контроллера (далее ПЛК) отечественного производителя и уже после ввода в эксплуатацию интегрировать ее в действующую SCADA-систему. ПЛК предназначены как для автоматизации инженерных систем жизнеобеспечения зданий, так и управления различными технологическими процессами и отдельным оборудованием. В том числе подходят в качестве управляющего электронного логического устройства (контроллера) для промышленных систем вентиляции. В проекте, на базе которого проводилось исследование был использован ПЛК Matrix. Данные ПЛК производятся Российской фирмой Signetics. Контроллер Matrix построен на базе ARM-процессора с частотой 1 ГГц, работает на ОС Linux и легко программируется с помощью инструментальных средств, представленных компанией Segnetics и находящихся в открытом доступе: SMLogix, SMArt, SMConstructor и других.

Операционная система контроллера позволяет запускать как собственные программы, написанные на общедоступных языках (C, C++, java, python, php, js и прочие) так и пользоваться всеми встроенными средствами доступа и управления периферией. Стандартные варианты исполнения контроллера содержат широкий набор каналов ввода-вывода, слот SD-карты, дисплей и

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

клавиатуру. Он обладает продвинутыми коммуникационными возможностями, среди которых высокоскоростная системная шина MTBus и два порта для подключения интерфейса RS-485 [9]. Набор коммуникационных портов может быть дополнительно расширен установкой опционального сетевого модуля для обеспечения связи по протоколу TCP/IP. Для управления вентиляционной установкой контроллер был расширен дополнительным сетевым модулем и модулем расширения для обеспечения дополнительных цифровых и аналоговых блоков ввода-вывода.

Сформулируем основные требования к ПЛК как программно-аппаратному комплексу.

1. Количество аналоговых и дискретных входов, а также аналоговых и дискретных выходов должно быть достаточным для обеспечения реализации управления процессом вентиляции.

2. В ПЛК должен присутствовать сетевой модуль для связи по протоколу TCP/IP с верхним иерархическим уровнем.

3. Интерфейс контроллера должен быть понятным и удобным при обращении наличными средствами навигации.

4. ПО контроллера должно обеспечивать как управление из локального интерфейса, так и управление из системы, удаленной диспетчеризации.

5. ПО контроллера должно обеспечивать регулирование процесса вентиляции, соответствующее требованиям ГОСТ Р 56638–2015.

Программное обеспечение для контроллера разрабатывалось поставщиком оборудования, однако при проведении пуско-наладочных работ удалось изучить как сам программный продукт, так и инструментарий для программирования и отладки программного обеспечения. Совместно с поставщиком проводилось тестирование и участие в отладке программного обеспечения контроллера, как представителя заказчика [3]. При тестировании готовой системы автоматизированного управления вентиляцией были изучены инструменты программирования для ПЛК Segnetics, такие как SMLogix и SMArt, а также Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

SMConstruct. В использованном для автоматизации приточно-вытяжной вентиляционной установки ПЛК Matrix в качестве языка для программирования функций контроллера используется язык FBD (Function block diagram англ. диаграммы функциональных блоков). Это графический язык программирования стандарта МЭК 61131–3. Он специально предназначен для создания программ, для программируемых логических контроллеров. Элементная база языка FBD выглядит как функциональные блоки, соединенные между собой в электрическую цепь. При программировании на этом языке используются как наборы библиотечных блоков, так и собственные блоки, также написанные на FBD или других языках МЭК 61131-3. Каждый блок (элемент) — может являться подпрограммой, функцией или функциональным блоком. Создание программного обеспечения для ПЛК Segnetics происходит в 2 этапа.

1. Создание FBD схемы (написание программного кода).
2. Создание графической оболочки (пользовательского интерфейса) и привязка ее к программному коду.

Создание простейшей FBD схемы для автоматизации системы приточно-вытяжной вентиляции возможно из конструктора SMConstruct, разработанного компанией Segnetics, и предназначенного для компоновки распространенных схем автоматизации, в том числе и для вентиляции. Также возможно создание программы полностью вручную, при помощи инструментария SMLogix и SMLogix. Для того чтобы контроллер воспринимал программы, написанные на SMLogix, в него «зашило» ядро. Ядро — это специальная программа, которая циклически выполняет обработку FBD-блоков логической схемы, созданной в SMLogix, и, одновременно, взаимодействует с периферией самого контроллера.

Обработка блоков происходит последовательно блок за блоком, причем в SMLogix принят следующий порядок обработки: сверху/вниз, слева/направо. Длительность цикла обработки всех блоков зависит от быстродействия контроллера и количества блоков в схеме. В SMLogix предусмотрена возможность установки «Тика системы» (англ Tick). Тик системы — это период

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

времени, за который ядро обрабатывает всю схему. Тик системы должен быть больше, чем максимальное время цикла программы. В связи этим длительность «Тика системы», рекомендуется устанавливать таким, чтобы он был заведомо больше суммы времени обработки всех блоков схемы.

При изучении проекта были выявлены некоторые особенности работы в инструментальной среде SMLogix и SMarT (рис.1).



Рис. 1 - Переменные SCADA (составлено авторами)

При построении FBD-схемы слева располагаются группы блоков задействованные как переменные для системы удаленной диспетчеризации. Они опрашиваются и выполняются первыми (рисунок 2). Следом за ними опрашиваются входы аналоговые и цифровые (рисунок 3). Если программой контроллера не предусмотрена удаленная диспетчеризация, то слева будут располагаться блоки опроса входов. Следом принято располагать блоки имеющие поля ввода переменных. Данные с входов преобразуются по установленным связям через блоки логических элементов и макросы. Прохождение данных через эти преобразования формируют управляющие сигналы на выходы, после чего цикл программы повторяется.

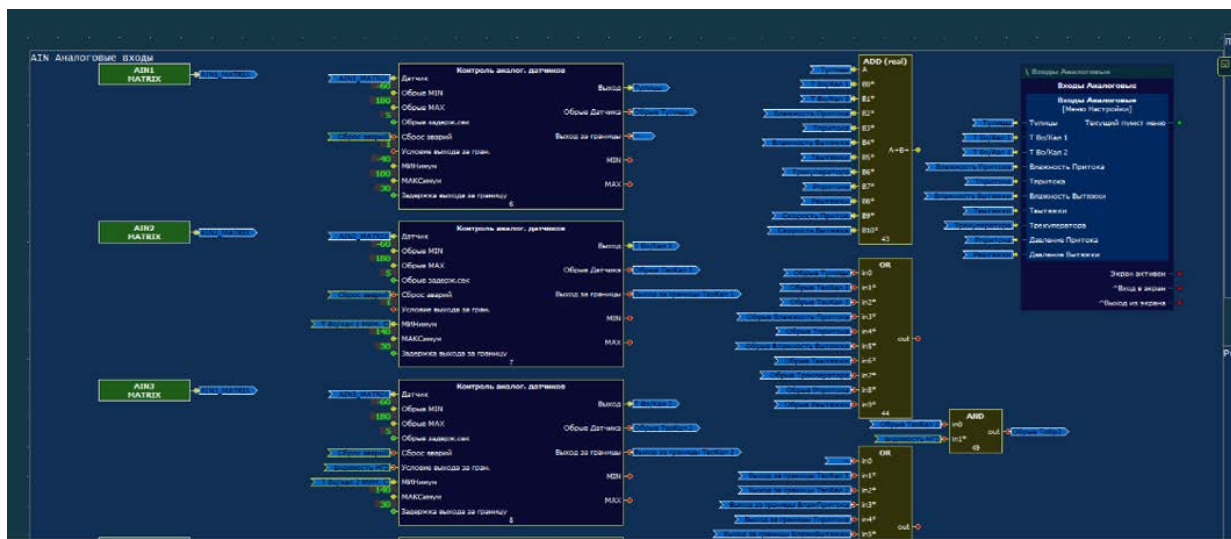


Рис. 2 - Входы и блоки обработки (составлено авторами)

Расстановка элементов при конструировании программы из FBD-блоков очень важна, ведь опрос переменных ведется сверху-вниз и слева-направо, а значит если расположить блок, выдающий переменную правее или ниже блока, которому эта переменная нужна для обработки случится конфликт команд, так называемая «игла». В процессе отладки результатов программирования именно на наличие «игл» смотрят в первую очередь, когда контроллер ведет себя некорректно.

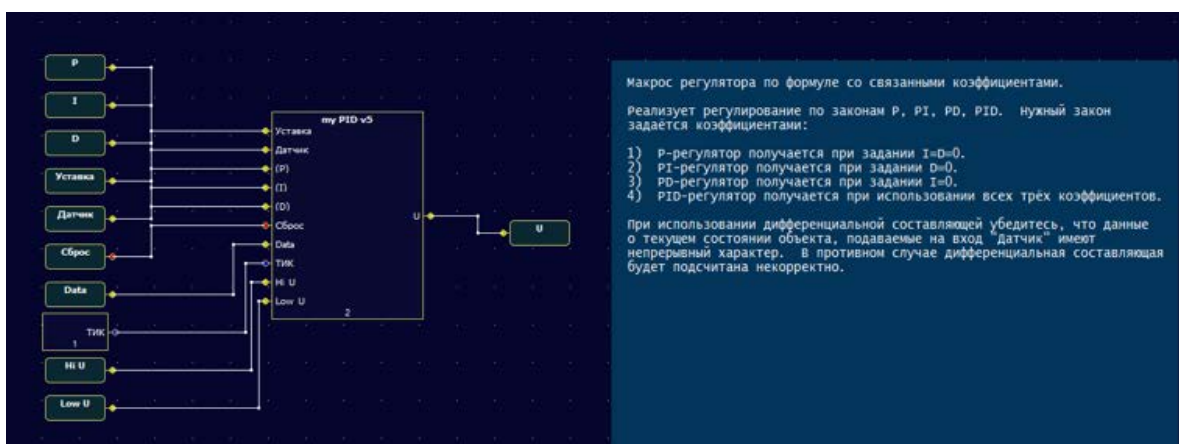


Рис. 3 - Макрос ПИД регулятора (составлено авторами)

В процессе программирования на языке FBD, для облегчения программирования повторяющихся функций и улучшения наглядности основной схемы, использовались макросы сложных функций. Макросы в блочном программировании удобны тем, что позволяют избежать кропотливых сборок из блоков повторяющихся сложных функций, состоящих из, более чем десятка логических элементов. В исследуемом ПО были через макрос, например реализованы такие инструменты управления как ПИД регуляторы (Рисунок 3).

ПИД-регулирование или пропорционально-интегрально-дифференциальное регулирование — процесс, используемый в сфере промышленной автоматизации. Он сложный и ресурсоемкий, так как предполагает взаимодействие нескольких параметров и функций.

Основная цель — корректировка и поддержание заданного значения температуры, давления, оборотов двигателя и пр., то есть контроль над постоянством заданных значений в системе автоматического управления. Поэтому ПИД-регулятор — ключевой элемент при программировании подобных систем. После того как сформировано «тело программы» приступаем к графическому интерфейсу. Его можно опустить если контроллер управляется только через диспетчерскую программу, однако если допускается автономная работа дружественный графический интерфейс необходим.

Графический интерфейс для контроллеров Signetics создается в инструментальной среде SMarT, там достаточно просто создать набор экранов меню и привязать их к FBD-проекту. Создание проекта начинается с чистого экрана (рисунок 4). На этом экране располагаются графические элементы меню, мнемосхема работающего оборудования или пользовательское меню для ввода параметров работы вентиляционной установки. Формируются экраны для ввода установок температуры и влажности воздуха, а также установок мощности вентилятора. Все поля ввода и интерактивные шкалы на уровне FBD-блоков наделяются свойствами и связями, через которые конкретные шкалы или числовые значения привязываются к конкретным переменным.

Все переменные, которые программист хочет сделать доступными к ручному регулированию необходимо отразить в графическом интерфейсе. В противном случае регулировка этих параметров будет доступна только через программу отладки, что неудобно при отсутствии удаленного интерфейса.

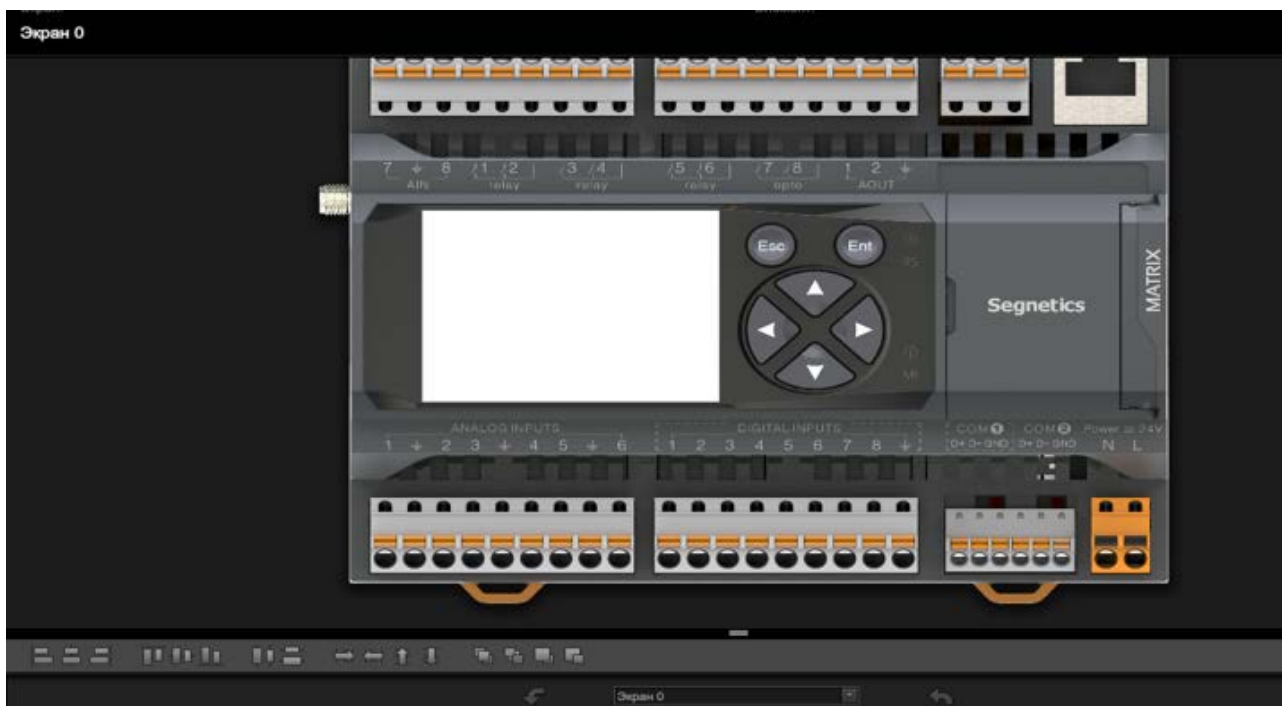


Рис. 4 - Начальный экран в SMarT (составлено авторами)

Когда оформление экранов закончено, в программной среде стали формироваться связи переходов между экранами, «дерево UI» (от англ. User Interface) (Рисунок 5).



Рис. 5 - Результат работы в SMART (составлено авторами)

Первичная проверка работоспособности программного обеспечения проходит на стенде, имитирующем периферийные устройства системы без силовой нагрузки. В контроллер «заливается» программное обеспечение и запускается, так эмулируется работа будущей установки. Идет проверка правильного отклика датчиков, совпадение их реальных показаний с тем, как они отражаются на переменных, отвечающих за входы им соответствующие.

Также проверяются выходы. Проводится проверка управляемости исполнительных механизмов, правильного их ответа на управляющие сигналы контроллера. После того как была проведена стендовая отладка контроллер устанавливают в собранный щит автоматики, где производится доналадка под реальную установку.

Этап стендовой отладки помогает выявить неточности в расстановке программных блоков, исключить при наладке неточность периферийного оборудования и отстроить контроллер на эталонных датчиках и исполнительных механизмах. Результатом становится исключение контроллера из списка слабых мест оборудования. Иначе говоря, если щит автоматики был собран и не заработал, то причина в периферии, а не в программном обеспечении. В целом программирование ПЛК в языке FBD, при наличии должного инструментария,

на начальном этапе представляется достаточно простым. Несложные алгоритмы автоматизации можно реализовать буквально «на коленке», однако с усложнением алгоритмов управления растет и ресурсоемкость проекта.

Библиографический список:

1. Алексеев Г. В. Компьютерные технологии при проектировании и эксплуатации технологического оборудования : учеб. пособие для вузов /Г. В. Алексеев, И. И. Бриденко, В. А. Головацкий и др. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб. : ГИОРД, 2012. – 252 с.
2. Афонин А. М. Теоретические основы разработки и моделирования систем автоматизации: учеб. пособие для сред. проф. образования /А. М. Афонин Ю. Н. Царегородцев, А. М. Петрова и др. – М. : Форум, 2011. – 190 с.
3. Белов А.В. Конструирование устройств на микроконтроллерах /А.В. Белов. . Санкт-Петербург : Наука и техника, 2005. . 256 с.
4. Венделева М. А. Информационные технологии управления : учеб. пособие / М. А. Венделева, Ю. В. Вертакова. – М. : Юрайт, 2012. – 462 с.
5. Зюбин В.Е. Программирование ПЛК : языки МЭК 61131-3 и возможные альтернативы / В.Е. Зюбин // Промышленные АСУ и контроллеры. . № 11. 2005. С. 31.35.
6. Максимычев О.И. Программирование логических контроллеров (PLC) : учебное пособие / О.И. Максимычев, А.В. Либенко, В.А. Виноградов. . Москва : МАДИ, 2016. . 188 с.
7. Минаев И.Г. Программируемые логические контроллеры. Практическое руководство для начинающего инженера / И.Г. Минаев, В.В. Самойленко. Ставрополь : АГРУС, 2009. . 100 с.
8. Парр Э. Программируемые контроллеры: руководство для инженера: пер. с англ. / Э. Парр. . Москва : БИНОМ : Лаборатория знаний, 2007. . 516 с.

9. Сергеев А.И. Программирование контроллеров систем автоматизации: учебное пособие / А.И. Сергеев, А.М. Черноусова, А.С. Русяев. Оренбург: ОГУ, 2016. 125 с.

10. Схиртладзе А. Г. Автоматизация технологических процессов и производств : учебник для вузов / А. Г. Схиртладзе, А. В. Федотов, В. Г. Хомченко. – М. : Высш. шк. ; Абрис, 2012. – 565 с.

Оригинальность 87%