

УДК 62-52

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОКРАСОЧНОЙ КАМЕРОЙ

Курилец А.С., студент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь

Шпак И.И. – канд. техн. наук, доцент каф. ИСиТ

Аннотация. В статье приведены результаты, полученные в процессе создания автоматизированной системы управления покрасочной камерой. Разработанная система осуществляет управление приточно-вытяжной вентиляцией окрасочно-сушильной камеры с поддержанием заданного подпора и требуемой температуры воздуха для выбранного режима работы. Осуществляется контроль уровня дозрывоопасных концентраций с применением специального сертифицированного датчика-газоанализатора. Предусмотрена возможность удаленного контроля через интерфейс RS-485. Автором статьи выполнено схемотехническое проектирование системы, разработаны алгоритм и программное обеспечение ее функционирования, а также конструкция печатного узла, с применением САПР.

Ключевые слова. покрасочная камера, автоматизированная система, микроконтроллер, контроль температуры, контроль уровня дозрывоопасных веществ, схемотехническое проектирование, разработка алгоритма и программного обеспечения, конструкторское проектирование.

Введение. Технологическим объектом автоматизации является покрасочная камера для покраски автомобильных кузовов. Для поддержания температурного режима и вентиляции камеры используется двухконтурная система, дополнительно оборудованная вентилятором, выполняющим роль вытяжки. Покрасочный комплекс обладает функцией рециркуляции, что позволяет экономить ресурсы для обогрева. Воздух в таком случае начинает циркулировать по замкнутому кругу. Использовать такой режим рационально при сушке нескольких свежеекрасочных деталей или всего авто.

Основная часть. Покрасочное помещение должно иметь развитую систему вентиляции. Засасываемый воздух проходит двойную степень фильтрации: перед вентилятором и перед попаданием в рабочее помещение. Попадающий воздух должен быть чистым, иначе теряется смысл использования покрасочной камеры – пыль и сор будут налипать на свежеекрасочные элементы. Фильтрующий элемент обязателен в местах отвода воздуха. В режиме рециркуляции в камеру должен подаваться чистый воздух. Очистка препятствует загрязнению окружающей среды, что также немаловажно. [1]

Автоматизированная система управления покрасочной камерой представляет комплекс аппаратных и программных средств для обеспечения полного контроля за температурным режимом, вентиляцией и концентрацией паров растворителей в пространстве камеры. Разработан микроконтроллерный блок управления сушильной камерой, который должен обеспечивать:

— автоматическую работу приточно-вытяжной вентиляции окрасочно-сушильной камеры с поддержанием заданного подпора и требуемой температуры воздуха для выбранного режима работы;

— контроль уровня дозрывоопасных концентраций;

— визуальную индикацию на дисплее текущего состояния системы, отображение сообщений, возможность удаленного контроля с ПК.

Технические характеристики разработанной автоматизированной системы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики автоматизированной системы управления покрасочной камерой

Параметр	Значение
Контролируемый диапазон температуры в камере	20...100 °C±1°C
Диапазон контролируемого перепада давления воздуха в системе вытяжной вентиляции	0...500 Па ± 1 Па
Контроль уровня дозрывоопасных концентраций	0...50 % НКПР
Аналоговые входы	4...20 мА, (2x0-10 В)
Дискретные выходы	2 А (~220 В/50 Гц)
Индикация	LED дисплей
Интерфейс	RS-485
Питание – сеть 220 В ±15%, 50Гц.	сеть 220 В ±15%, 50Гц.

Одним из важнейших параметров для газоанализаторов является НКПР – это нижний концентрированный предел распространения пламени. Данная аббревиатура обозначает минимальную концентрацию горючего вещества в смеси с окислителем, при которой пламя может распространиться на любое расстояние от очага возгорания. В качестве горючего вещества выступают пары растворителей лакокрасочных материалов. Для контроля НКПР применяются специальные датчики газоанализаторы концентрации паров. Уровень НКПР регламентирован в ТКП 474-2013 [2].

Микроконтроллерный блок сохраняет свои параметры в пределах норм, установленных техническим заданием, стандартами или техническими условиями, после и в процессе воздействия климатических факторов, значения которых установлены ГОСТ 15150-69. Устройство устойчиво к воздействию относительной влажности воздуха до 80 % при температуре 25 °С, до 95 % при температуре 35 °С.

Разработанная система рассчитана для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемые климатическими условиями, например, в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых производственных и других помещениях (с отсутствием воздействия атмосферных осадков, прямого солнечного излучения, ветра, песка, пыли, наружного воздуха, отсутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги), а конкретнее - в лабораториях, капитальных жилых и других подобного типа помещениях. Следовательно, проектируемое устройство относится к категории исполнения 4.2. Микроконтроллерный блок управления должен соответствовать климатическому исполнению УХЛ 4.2.

Требования к конструкции микроконтроллера блока управления автоматизированной системы покрасочной камеры вытекают из его функционального назначения и условий его эксплуатации. Конструкция блока должна обеспечивать ремонтпригодность, удобство в эксплуатации, иметь, по возможности малые габариты и вес, и высокую надежность в работе. Эстетические требования должны соответствовать ГОСТ 23852 – 79. Конструкция прибора должна отвечать требованиям к технологичности по ГОСТ18831 – 73 и ГОСТ 14205 – 83.

Управление осуществляется согласно управляющей программы микроконтроллера. В программу заложен алгоритм ПИ-регулятора температуры с ШИМ выходом. Один дискретный релейный выход формирует закрывающие импульсы на сервопривод горелки калорифера, а второй – открывающие. В зависимости от вида нагревателя калорифера может использоваться и один управляющий дискретный выход, если нагрев осуществляется электрическими ТЭНами. Предусматриваются любые варианты исполнения системы нагрева воздуха в камере. Дискретные выходы для управления исполнительного механизма заслонки формируют сигналы по сигналу датчика перепада давления на вытяжном вентиляторе. При превышении концентрации паров к предельному значению 50 % НКПР происходит полное открытие воздушной заслонки. При нулевом перепаде давления формируется сигнал аварийного отключения горелки и передается соответствующее тревожное сообщение на диспетчерский ПК.

Для реализации всех перечисленных функций схема электрическая структурная системы будет иметь вид, приведённый на рисунке 1.

Система управления автоматизированной покрасочной камеры состоит из 12 основных узлов. Все узлы непосредственно связаны лишь с блоком управления.

Блок управления осуществляет сохранение заданной температуры покрасочной камеры, измеряет и обрабатывает сигналы от датчиков и клавиатуры, формирует команды остальным узлам системы управления. В качестве основы блока управления используется 8-битный микроконтроллер.

Дисплей отображает графическую информацию для пользователя. Данный дисплей выводит необходимую информацию о режиме работы покрасочной камеры, значения текущей и заданной температуры, давления, концентрации.

С помощью клавиатуры пользователь задает температурную уставку и производит запуск и остановку оборудования камеры: приточно-вытяжных вентиляторов и горелки. Возможно их отдельное включение или отключение по выбору пользователя. Данная клавиатура состоит из трех кнопок. Этого достаточно для использования кнопок в качестве навигации по меню и ввода значений путем многократного нажатия.

Датчик температуры служит в качестве элемента обратной связи для регулирования температуры внутри покрасочной камеры. Регулировка осуществляется горелкой, водяным или электрическим теплообменником, в зависимости от желания и потребностей заказчика. Будет использоваться датчик температуры с встроенным преобразователем с унифицированным выходным сигналом 0...10 В и точностью не ниже ± 1 °С.

Датчик давления воздуха формирует аналоговый сигнал 0...10 В, пропорциональный перепаду давления 0...500 Па в вентиляционном канале.

Датчик газоанализатора – необходим для выявления токсичных веществ в атмосфере и их концентрацию по сравнению с данными предельно допустимых значений этих веществ. В качестве этого датчика выбирается специальный сертифицированный датчик концентрации горючих паров растворителей с унифицированным аналоговым выходом 4...20 мА.

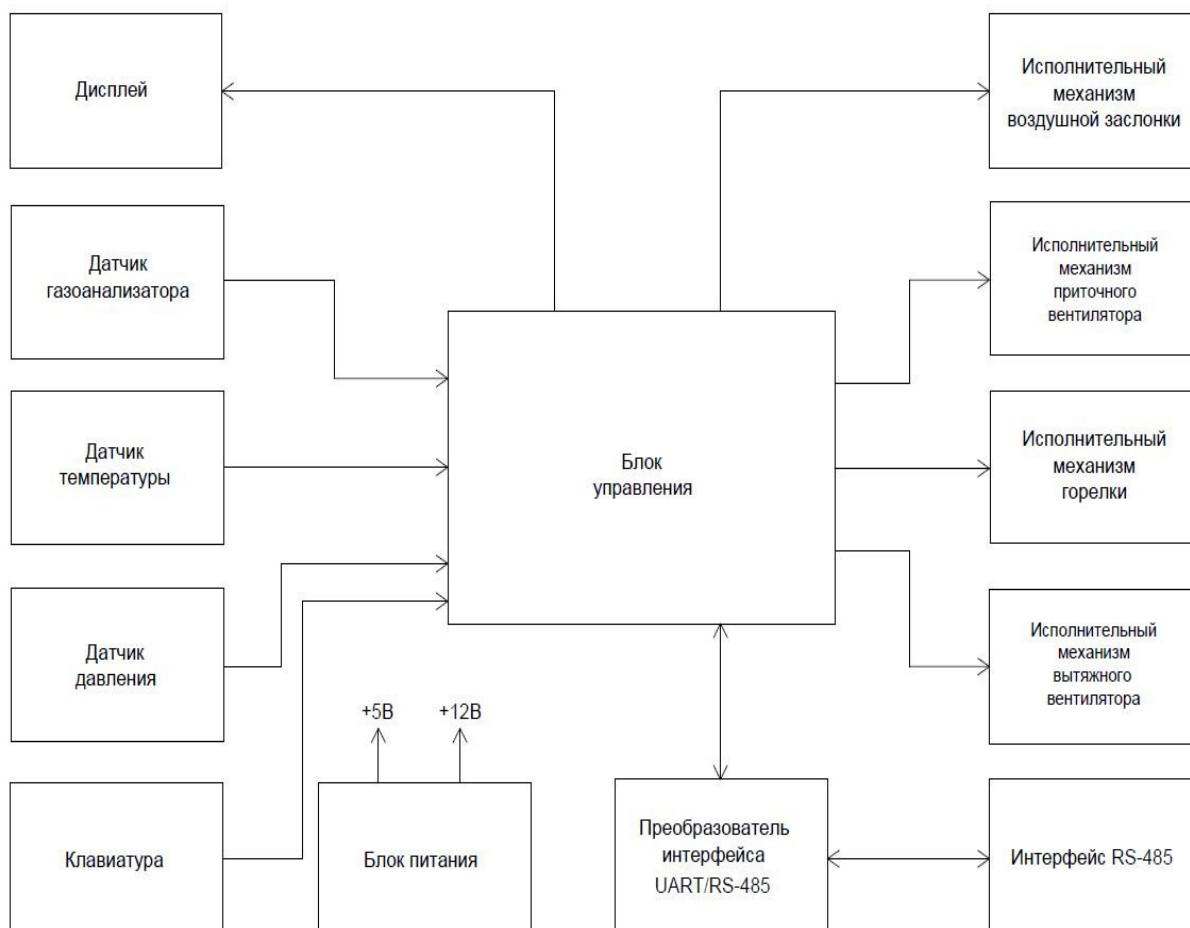


Рисунок 1 – Схема электрическая структурная автоматизированной системы управления покрасочной камерой

Преобразователь интерфейса UART/RS-485 служит для согласования последовательного асинхронного приемопередатчика микроконтроллера с интерфейсом RS-485. RS-485 является наиболее распространенным для связи вторичных приборов систем автоматизации с ПЛК или промышленными компьютерами. Для подключения к USB ПК или Ethernet могут применяться любые преобразователи интерфейсов различных фирм-производителей.

Интерфейс RS-485 реализуется на основе микросхемы помехозащищенного трансивера UART/RS-485 рассчитанного для работы в неблагоприятных промышленных условиях. Шинные выводы этих устройств устойчивы к высоким уровням кратковременных выбросов напряжения и электростатическому разряду (ESD) по IEC, что исключает необходимость в дополнительных защитных компонентах на системном уровне.

Для проекта выбран микроконтроллер с встроенным многоканальным АЦП. Многоканальность означает, что на входе единственного модуля АЦП установлен аналоговый мультиплексор, который может подключать этот вход к различным выводам микроконтроллера для осуществления измерений нескольких независимых аналоговых величин с разнесением по времени. Входы мультиплексора могут работать по отдельности (в несимметричном режиме для измерения напряжения относительно "земли") или (в некоторых моделях) объединяться в пары для измерения дифференциальных сигналов. Иногда АЦП дополнительно снабжается усилителем напряжения с фиксированными значениями коэффициента усиления 10 и 200. Разрешающая способность АЦП в микроконтроллерах AVR \square 10 двоичных разрядов, чего для большинства типовых применений достаточно.

ATmega324PA используется для встраиваемых, недорогих приложений реального времени. Микроконтроллер имеет высокое соотношение производительность/потребление, максимальную тактовую частоту 20 МГц весь необходимый набор аппаратных модулей. Имеется выбор программных средств разработки для данных микроконтроллеров и примеров применения. Поэтому выбор остановлен конкретно на этом микроконтроллере. [3]

ATmega324PA это 8-разрядный AVR-микроконтроллер с внутрисистемно-программируемой Flash памятью размером 32 Кбайт.

Основные характеристики ATmega324PA:

- 32Кб Flash память программ;
- 2 Кб SRAM памяти;
- 1 Кб EEPROM;
- питание 1,8...5,5 В;

- 8 x 10-бит АЦП;
- 32 входов/выходов совместимых с 5 В;
- часы реального времени;
- 1 watchdog таймер;
- I2C – 1 шина;
- UART – 2 шины;
- SPI – 1 шина;
- таймер 8 бит – 2;
- таймер 16 бит – 1;
- таймер ШИМ – 6 каналов.

Заключение. Отличительная особенность и преимущество предлагаемой разработки заключается в том, что она представляет собой специализированное компактное программируемое устройство, которое выполняет полный контроль и управление покрасочной камерой в автоматическом режиме. Для решения подобных задач в настоящее время для управления данным процессом необходимо применять несколько различных приборов или более дорогостоящие решения на базе программируемых логических контроллеров.

Новая автоматизированная система осуществляет управление приточно-вытяжной вентиляцией окрасочно-сушильной камеры с поддержанием заданного подпора и требуемой температуры воздуха для выбранного режима работы. Осуществляется контроль уровня взрывоопасных концентраций с применением специального сертифицированного датчика-газоанализатора. Дисплей блока управления обеспечивает наглядную индикацию текущего состояния системы, отображение сообщений. Предусмотрена возможность удаленного контроля через интерфейс RS-485.

Конструкция блока управления была реализована в виде небольшого блока на основе выбранной современной элементной базы, и проведённого электрического расчёта всех функциональных узлов. Поэтапно были разработаны алгоритм работы блока управления и программное обеспечение [4] для микроконтроллеров.

Топология печатной платы и печатного узла на её основе были спроектированы с использованием системы автоматизированного проектирования Altium Designer.

Применение результатов, полученных в процессе разработки системы управления, при изготовлении, монтаже и наладке покрасочных камер на территории заказчика ООО «Профикарлайн» позволило сократить затраты на производство систем управления покрасочных камер [5].

Список использованных источников:

1. Комбинированные окрасочно-сушильные камеры [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.matrixplus.ru/index1-014.htm> (дата обращения: 02.11.2022).
2. ТКП 474-2013 Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
3. ATmega 324A/324PA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <Datasheet/Atmel/2048001.pdf> Дата доступа: 02.04.2023.
4. Языки программирования микроконтроллеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mcscru.ru/index.php/soft/42-lmcsu/67-programmlang>. Дата доступа: 02.04.2023.
5. Справка о внедрении результатов дипломного проекта на тему «Автоматизированная система управления покрасочной камерой» студента факультета компьютерных технологий ИИТ БГУИР Курильца Артема Сергеевича в производство на ООО «Профикарлайн».

UDC 62-52

AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF THE PAINTING CHAMBER

Kurilec A.S.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Shpak I.I. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Annotation. The article presents the results obtained in the process of creating an automated control system for the paint chamber. The developed system controls the supply and exhaust ventilation of the paint-drying chamber with the maintenance of a given backstop and the required air temperature for the selected operating mode. The level of pre-explosive concentrations is monitored using a special certified gas analyzer sensor. The possibility of remote control via the RS-485 interface is provided. The author of the article performed circuit design of the automated system, developed an algorithm and software for its operation, as well as the design of the printed unit of the control unit, using modern CAD.

Keywords. Painting chamber, automated system, microcontroller, temperature control, explosive level control, circuit design, algorithm and software development, design engineering.