

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
Факультет Электротехнический
Кафедра автоматики
Направление подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

Голощанов С. С.

2021 г.

Система контроля параметров энергоносителя в баке

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 27.03.04.2021.135.15 ПЗ ВКР

Автор ВКР

студент группы МиЭт- 529

подпись

/ Черняков А.Ю.

ФИО

2021 г.

Руководитель работы

д. физ.-мат.н., профессор

должность

подпись

/ Голощанов С. С.

ФИО

2021 г.

Консультант

Гл.инженер ТЭЦ

должность

подпись

/ Гневывшев Е.А.

ФИО

2021 г.

Нормоконтроль

старший преподаватель

должность

подпись

/ Елисеев В.П.

ФИО

2021 г.

Аннотация

Черняков А.Ю. Система контроля параметров энергоносителя в баке: Выпускная квалификационная работа. – Миасс: ЮУрГУ, Кафедра Автоматики, – 528С, 2021 г., 72л., 20 ил., 5табл, 16 библ., 2021г., 2 листа чертежей ф. А3.

В данной выпускной квалификационной работе разработана система контроля параметров энергоносителя в баке.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью контроля и поддержания параметров температуры и уровня энергоносителя в баке на предприятии. Целью выпускной квалификационной работы является замена старого прибора уровнемера и установка датчика температуры на бак с передачей данных на место оператора.

В процессе выпускной квалификационной работы разработаны структурная, функциональная, электрическая принципиальная схемы, а также электрическая схема соединений.

					ЮУрГУ – 27.03.04 2021.135.15 ПЗ ВКР			
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	Система контроля параметров энергоносителя в баке	Лит	Лист	Листов
Разработ	Черняков						3	
Провер	Гневыхев							
Н.контр.	Елисеев							
Утверд	Голощанов					Кафедра А и У		

Оглавление

Введение	5
1. Постановка и анализ выпускной квалификационной работы.....	7
2. Анализ технического задания.....	10
2.1 Описание объекта управления.....	12
3. Разработка аппаратной части	14
3.1 Разработка структурной схемы.....	14
3.2 Разработка функциональной схемы.....	15
3.3 Выбор элементной базы.....	16
3.3.1 Выбор датчика измерения уровня.....	16
3.3.2 Выбор датчика температуры.....	25
3.3.3 Выбор метода изменения.....	27
3.2.4 Устройство и работа.....	28
3.4 Разработка преобразователя.....	29
3.4.1 Микроконтроллер Atmega 16.....	29
3.4.2 RS 485.....	32
3.4.3 Питание.....	34
3.4.4 Индикация.....	36
3.4.5 RVC 420.....	37
4. Разработка программы.....	38
4.1 Разработка алгоритма работы программы.....	38
4.2 Разработка программы микроконтроллера.....	43
4.2.1 Генерация кода для инициализации и начальной настройки микроконтроллера.....	43
Заключение	
Библиографический список	
Приложение А	

					<i>27.03.04 2021.135.15 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

Введение.

Электроэнергетика- это область хозяйственной деятельности ориентирована на обслуживание человека всеми типами энергии, в частности, электрической, тепловой, механической. Без соответствующего уровня развития систем генерации, преобразования, распределения энергии осуществление хозяйственной и экономической деятельности в тех видах и объёмах, которых требует наша цивилизация на современном этапе развития, невозможно. Характерными отличительными чертами энергетики с точки зрения экономики считаются также высокий уровень капитальных затрат, продолжительный промежуток окупаемости планов, продолжительные сроки эксплуатации устанавливаемого оборудования.

В данной работе рассмотрена система контроля параметров энергоносителя в баке. Под параметрами энергоносителя мы рассмотрим температуру и уровень, а за энергоноситель возьмем конденсат.

Температура как физическая величина является одним из определяющих параметров состояния, позволяющих контролировать протекание самых различных производственных процессов. Определение температуры – главный источник информации о ходе физических явлений и об изменении состояния вещества.

В то же время измерению температуры контактными методами с помощью термометров, приводимых в тепловой контакт с объектом измерения, присущи характерные проблемы, стремительно растущие согласно грани увеличения температуры. Данные проблемы объединены с подбором материала для чувствительного элемента, которые бы гарантировали устойчивость показаний и наименьшее влияние в предмет замеров, с подбором изолирующих материалов для электрических термометров. Погрешности, связанные при контактных измерениях с несовершенством теплового равновесия между термометром и объектом, с плохим тепловым контактом и посторонними тепловыми влияниями могут быть значительными.

									Лист
									5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

Определение температуры по тепловому излучению формирует вероятность обойти все эти трудности, таким образом отсутствует прямое воздействие температуры на конструкционные материалы измерительного устройства, а само измерение выполняется бесконтактно.

Уровнемеры – это специальное оборудование, которые применяются для установления уровня жидкостей, порошков и других материалов или сырья в конкретных резервуарах, в которых они хранятся, или в рабочей среде.

Уровнемеры еще именуют датчиками (сигнализаторами) уровня или же преобразователями уровня. Но основные отличия уровнемера и сигнализатора уровня – способность измерять общие градации полного уровня, в отличие от сигнализатора уровня, которые меряет только граничные отметки.

Уровнемеры – абсолютно требуемое оборудование в современной индустрии.

На настоящий период уровнемеров имеется огромное число, с разными функциями, для разных материалов, уровень которых необходимо определять и контролировать. И самое существенное отличие разных уровнемеров – это технологии и принципы их работы, от которых также зависит применение приборов, качество их работы, стоимость и доступность.

					<i>27.03.04 2021.135.15 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						6
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1. Постановка и анализ выпускной квалификационной работы.

Техническое задание на разработку аппаратуры

1.1 Общие требования

Полное наименование аппаратуры: “Система контроля параметров энергоносителя в баке”.

Результаты проделанной работы по разработке аппаратуры (ее частей) должны быть оформлены в соответствии с требованиями, предъявленными к выпускной квалификационной работе по специальности ”Управление в технических системах”.

1.2 Назначение и цели разработки аппаратуры

1.2.1 Назначение аппаратуры

Обеспечение контроля параметров (уровня и температуры) энергоносителя в баке.

1.2.2 Цели разработки аппаратуры

Разработанное изделие должно обеспечить:

- Измерение уровня энергоносителя в баке с заданной точностью. Энергоносителем выступает конденсат. Диапазон измерения уровня от 0 до 4 метра;
- Измерение температуры энергоносителя с заданной точностью. Диапазон измерения температуры от 0 до 100 С°;
- Индикацию уровня и температуры энергоносителя непосредственно у бака;
- Передача измеренных параметров на рабочее место оператора. Интерфейс передачи данных RS-485, протокол передачи данных UART, скорость передачи данных 115200, режим 8-N-1. Частота передачи показаний на рабочее место должно быть не чаще одного раза в 5 секунд.

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

1.3 Требования к аппаратуре

1.3.1 Требования к составу аппаратной части

Аппаратная часть должна состоять из:

- датчиков для регистрации: температуры, уровня;
- АЦП-преобразователя для преобразования аналогового сигнала в цифровой вид;
- передатчика для передачи данных по интерфейсу RS485.

1.3.2 Требования к точности измерения:

- Точность измерения уровня энергоносителя в баке не менее $\pm 2,5\%$;
- Точность измерения температуры энергоносителя в баке не менее $\pm 3^\circ\text{C}$;

1.3.2 Требования к надёжности:

- наработка на отказ аппаратуры управления и сбора данных – 10000 часов;
- вероятность безотказной работы ПО – 0,97;

1.3.3 Требования к безопасности:

- изделие должно быть электробезопасно;
- изделие должно быть пожаровзрывобезопасно.

1.3.4 Требования к эргономике и технической эстетике

Аппаратура должна удовлетворять современным требованиям технической эстетики и быть удобной в эксплуатации.

1.3.5 Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению аппаратуры

1.3.5.1 Аппаратура должна быть удобна и комфортна в эксплуатации;

1.3.5.2 Аппаратура должна сохранять свои характеристики неизменными и быть работоспособной при следующих условиях окружающей среды:

- температура окружающей среды от 0 до $+ 75^\circ\text{C}$
- влажность от 0 до 100 % при температуре $+ 70^\circ\text{C}$;

1.4 Требования к документации

1.4.1 Материалы выпускной квалификационной работы должны быть оформлены в соответствии с требованиями к выпускной квалификационной

					<i>27.03.04 2021.135.15 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

проектированию по специальности "Управление в технических системах"
ЮУрГУ.

На основе анализа, проведенного в п.1.1, можно сделать вывод, что разработка система контроля параметров энергоносителя в баке является актуальной темой для производства. Для выполнения всех требований технического задания необходимо обеспечить выполнение следующих мероприятий:

- разработать структурную схему;
- разработать функциональную схему;
- разработать схему электрическую принципиальную;
- разработать электрическую схему соединений;
- разработать блок-схему алгоритма работы программы;
- разработать программу для микроконтроллера;
- произвести расчет надежности системы.

					<i>27.03.04 2021.135.15 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>9</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

2. Анализ технического задания

Согласно техническому заданию необходимо разработать систему контроля параметров энергоносителя в баке.

Данное устройство поможет быстро получать информацию на персональный компьютер. В дальнейшем данного рода информация может быть использована для контроля уровня и температуры конденсата.

Техническое задание не оговаривает никаких требований по цене, габаритам, массе и эксплуатационным условиям для прибора, поэтому при разработке будем руководствоваться принципом достижения максимальной экономической эффективности, малых габаритов и достижения максимальной надежности прибора.

Можно предположить, что датчики будут работать при повышенной температуре и большой влажности, следовательно, нужна специальная защита прибора. Рабочий температурный режим для источника питания – от +5 до +75°C, разрешённая относительная влажность воздуха при 70°C от 40 до 90%.

Разрабатываемая конструкция системы обязана быть технологична. Технологичность конструкции – это совокупность свойств конструкции изделия, обеспечивающая оптимизацию расходов при производстве, эксплуатации и ремонте с учетом установленных характеристик свойства.

С учетом потребностей производства, занимающихся контролем за теплоносителями и различными средами находящимися на ТЭЦ.

					<i>27.03.04 2021.135.15 ПЗ</i>	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.1. Описание объекта управления

В качестве объекта контроля выступает конденсат. Основными элементами, входящими в состав оборудования, являются приборы контроля и система автоматизации процесса.

Основные принципы работы.

Дренажные баки скапливают чистейший дренаж, что необходимо для питания котлов. Для возможности сбора таких дренажей баки иногда устанавливают до 2 - 3 м от уровня пола конденсационного помещения. Это позволяет отводить конденсат и из дренажных баков как при переливе их, так и при опорожнении в баки низких точек. В некоторых случаях в качестве охлаждения используют очищенную воду, сбрасывая ее затем в дренажные баки. Если она не загрязняется при этом продуктами коррозии, то вместе с дренажными конденсатами ее используют для питания котлов. На некоторых станциях используют для охлаждения конденсат турбин, не содержащий кислорода, сбрасывая его после холодильников в дренажные баки. При дальнейшем использовании охлаждающей воды очень важно, чтобы она не загрязнялась пылью и газами, не насыщалась кислородом из воздуха и не обогащалась продуктами коррозии. Еще более важно, чтобы не загрязнялись отбираемые пробы воды и пара.

Конденсат как теплоноситель.

Образующийся при конденсации пара конденсат представляет собой вторичный тепловой ресурс. Конденсат выходит из теплообменников с температурой насыщения соответствующей давлению греющего пара в аппарате, либо с более низкой, если в установке предусматривается дополнительно охлаждение конденсата. Температура конденсата может достигать 100-150 °С и это позволяет использовать его в качестве греющего теплоносителя. Достоинством конденсата как теплоносителя являются сравнительно высокий коэффициент теплообмена, большая удельная теплоемкость, возможность

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

транспортирования по трубопроводам на значительные расстояния (при этом понижение температуры потока в хорошо изолированном трубопроводе составляет не более 1 °С на 1 км).

Такое двухступенчатое использование теплоты, содержащейся в исходном паре, наилучшим образом отвечает требованиям эффективного и экономичного потребления энергоресурсов. Однако реализация второй ступени, то есть использование теплоты конденсата, предполагает наличие на производстве постоянных потребителей низкотемпературной теплоты, а это не всегда имеет место. Предпочтительнее, если это возможно, охлаждать конденсат в теплоиспользующем аппарате, куда подается исходный пар.

Наиболее распространенным способом использования конденсата является возврат его в котельную или на теплоэлектростанцию для питания паровых котлов. Разумеется, это лучше делать после охлаждения конденсата на производстве. Возврат конденсата экономически весьма выгоден. Одна тонна возвращаемого конденсата позволяет экономить до <10 кг условного топлива. Качество возвращаемого конденсата при этом должно быть таким, чтобы выдерживались нормы по физическому и химическому составу питательной воды для паровых котлов.

Конденсат в промышленной индустрии может включать в себе значительные количества кислорода и углекислоты. Кислород, а так же и углекислый газ хорошо впитываются конденсатом из воздуха при взаимодействии с ним в открытых баках или проникают через не плотности в аппаратах, работающих под разрежением. Наличие в конденсате значительного количества свободных кислорода и углекислоты считается фактором коррозионного разрушения металла стенок конденсатопроводов, в следствии чего конденсат обогащается соединениями железа. Для этого конденсат отправляется во 2-3 деаэраторы, чтобы очистить его от кислорода и углекислого газа. Там конденсат нагревается до 102-104 °С, из 2-3 деаэратора попадает в 4-5

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

деаэратор и нагревается до 158 °С. Затем подается на питательный электронасос(ПЭН) и через подогреватель высокого давления(ПВД) в паровой котел, где происходит превращение в острый пар отправляется на турбогенератор с параметрами 535 °С и 90 кгс/см. С целью создания благоприятных условий для работы ширмовых поверхностей нагрева пароперегревателя во время растопки, температура воды в экранах и барабане котла (до розжига форсунки) должна быть не менее 80 °С. При более низкой температуре следует частично или полностью заменить воду более горячей, путем дренирования ее через нижние точки экранов. Разница температур воды и стенки барабана при его заполнении не должна превышать 40°С.

Дренажные баки так же используются как аккумуляторные для резерва на случай аварии для собственных нужд ТЭЦ.

В состав механической группы входят дренажный бак, насосы для перекачки конденсата.

Разработку “Системы контроля параметров энергоносителя в баке” необходимо начать с выбора элементной базы.

					<i>27.03.04 2021.135.15 ПЗ</i>	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Разработка аппаратной части

3.1 Разработка структурной схемы.

В ходе анализа технического задания и поставленных задач были выделены структурные блоки и построена структурная схема системы контроля параметров энергоносителя в баке.

Структурная схема Системы контроля параметров энергоносителя в баке предоставлена на рисунке 1.

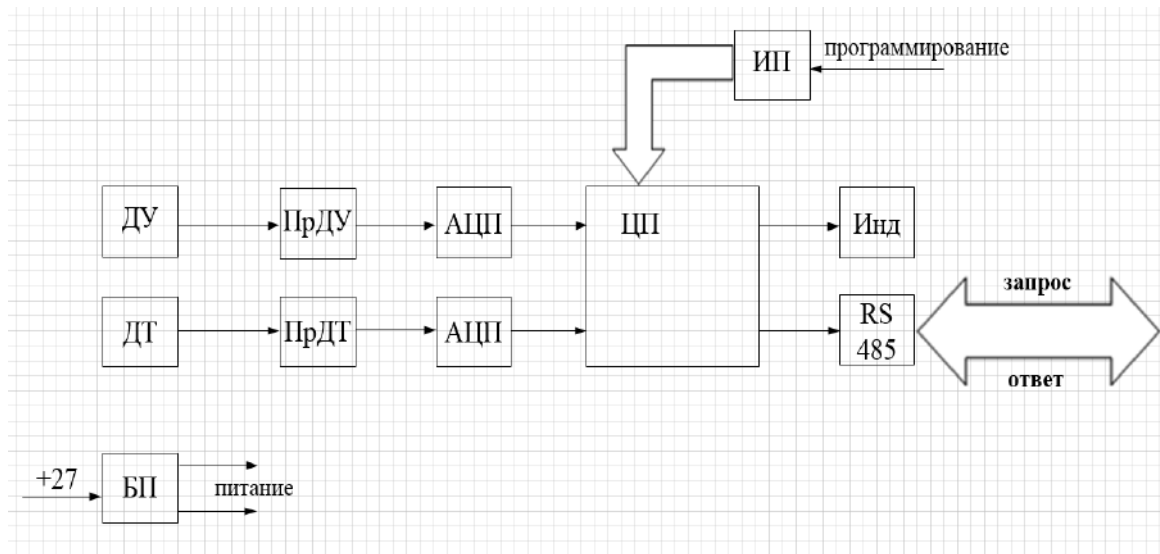


Рис. 1 Структурная схема системы

Источником данных являются датчик уровня и датчик температуры которые передают данные на рабочее место оператора и блок индикацию. Сигнал перед подачей на АЦП необходимо преобразовать и привести к требуемому уровню входного напряжения АЦП.

После АЦП оцифрованные данные обрабатываются ЦП, формируется код для вывода в блоке индикации и формируется кадр ответа для ПК оператора. Обработанные данные выводятся на блок индикации чтобы получать данные непосредственно у бака с энергоносителем.

Требуется осуществлять обмен информацией между системой сбора данных и системой регистрации по последовательному каналу передачи данных в полудуплексном режиме на основе интерфейса RS485. Линия связи, построенная на интерфейсе RS-485, представляет собой приемопередатчики, соединенные при помощи витой пары. В основе интерфейса RS-485 лежит принцип

дифференциальной (балансной) передачи данных. Аппаратная реализация интерфейса - микросхемы приемопередатчиков с дифференциальными входами/выходами и цифровыми портами.

Через интерфейс программирования (ИП) осуществляется программирование ЦП.

Более подробно работа системы сбора данных будет рассмотрена на функциональной схеме.

3.2 Разработка функциональной схемы.

Разработка функциональной схемы выполнялась по структурной схеме на основе анализа требований ТЗ.

Функциональная схема Системы контроля параметров энергоносителя в баке предоставлена на рисунке 2.

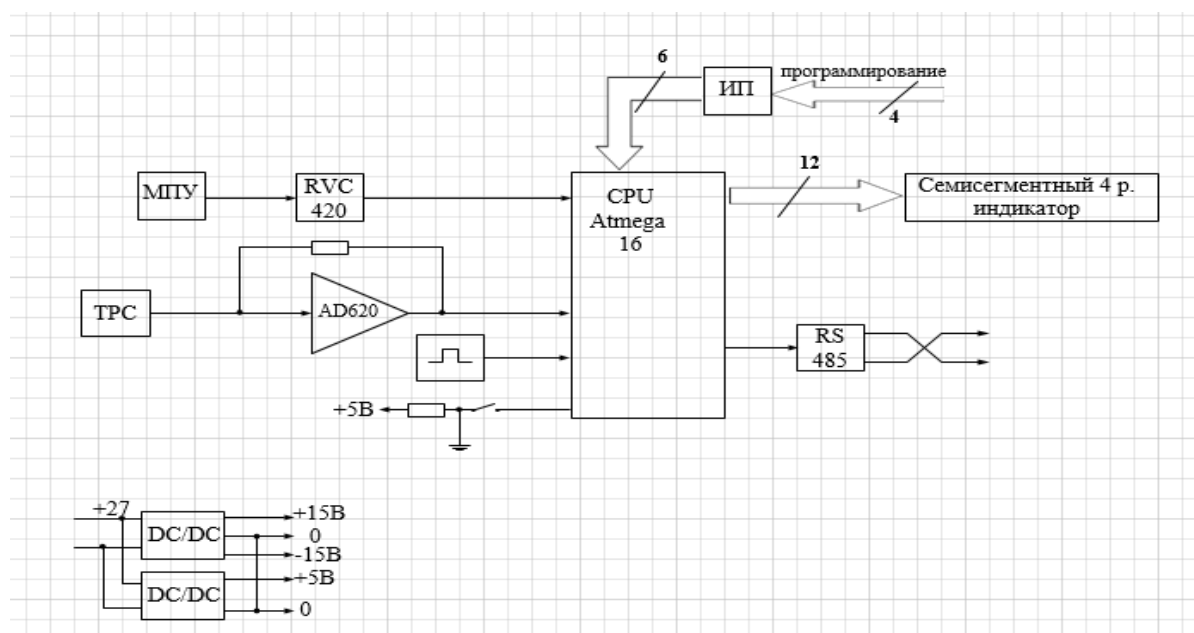


Рис. 2 функциональная схема системы

Анализ работы функциональной схемы системы контроля параметров энергоносителя в баке.

Сигнал с датчика уровня поступает на унифицированный преобразователь RVC420. Далее преобразованный сигнал поступает в CPU в встроенный АЦП. Сигнал с датчика температуры поступает на вход инструментального усилителя и далее преобразованный сигнал также поступает на в CPU в встроенный АЦП.

Оцифрованные данные обрабатываются, формируется кадр ответа для ПК оператора и формируется код для вывода на семисегментный индикатор.

Определившись с функциональными особенностями каждого блока схемы, сформируем требования и подберём элементную базу исходя из этих требований.

3.3 Выбор элементной базы.

Правильно сделанный выбор элементов во многом определяет надежность блока, технологичность его конструкции, и, в конечном счете, экономичность разрабатываемой конструкции в целом. Выбор элементов производится с учетом:

- соответствия номиналов элементов указанным в схеме электрической принципиальной значениям;
- наличия данных элементов на производстве;
- технических требований предъявляемых к разрабатываемой конструкции;
- уменьшение габаритов схемы;
- экономической целесообразности.

3.3.1 Выбор датчика измерения уровня.

Для измерения уровня есть несколько способов:

1. Уровнемеры с визуальным отсчетом;
2. Поплавковые уровнемеры;
3. Гидростатические уровнемеры;
4. Акустические уровнемеры;
5. Емкостные;

					<i>27.03.04 2021.135.15 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Уровнемеры с визуальным отсчетом.

Самый простой способ измерения уровня, основанный на методе сообщающихся сосудов. То есть к технологическому аппарату через запорные вентили подключается стеклянная трубка, по которой и наблюдается столб жидкости.

Недостатки: имеется возможность загрязнения трубки, вплоть до полного исчезновения видимости уровня, а также возможность образования воздушных пузырьков внутри стеклянной трубки, что устраняется с помощью дренажного вентиля.

Применяется для контроля уровня жидких и прозрачных веществ по месту.

Поплавковые уровнемеры.

Принцип действия основан на возникновении выталкивающей силы при погружении поплавка или буйка в жидкость (закон Архимеда), которая либо преобразуется в стандартный токовый сигнал 4-20 мА, либо пневматический 0.2-1.0 кгс/см² для последующей передачи информации на вторичные приборы, по которым оператор наблюдает показания уровня. Гораздо реже можно встретить поплавковые уровнемеры типа УДУ с контролем показаний по месту.

Гидростатические уровнемеры.

Гидростатический метод измерения уровня основан на том, что в жидкости существует гидростатическое давление, пропорциональное уровню, которое преобразуется в стандартный токовый сигнал 4-20 мА. Прибор нуждается в обогреве в зимнее время. Пример: Сапфир ДГ

Емкостные уровнемеры.

Принцип действия емкостных уровнемеров основан на зависимости электрической емкости системы «электрод-измерительная среда» от изменения уровня.

					<i>27.03.04 2021.135.15 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Акустические уровнемеры. (Ультразвуковые)

Принцип действия основан на локализации уровня звуковыми импульсами, проходящими через газовую среду, отходящую над контролируемой жидкостью и явлении отражения этих импульсов от границы раздела. Разновидностью ультразвукового уровнемера являются радарные уровнемеры типа АРЕХ, обладающие высокой точностью, надежностью и возможностью эксплуатации в различных средах.

Для разработки «Системы контроля параметров энергоносителя в баке» я выбрал Ультразвуковые датчики измерения уровня, так как они имеют следующие преимущества:

- Нет контакта с измеряемой средой;
- Точность измерения не зависит от физических свойств анализируемого продукта;
- Экономичное решение для простых условий;

В качестве датчика измерения уровня был выбран ультразвуковой датчик уровня МПУ-УР 01.005.

Ультразвуковой датчик уровня предназначен для непрерывного измерения уровня жидкостей или сыпучих продуктов. Типичным применением является измерение уровня жидкостей в резервуарах-хранилищах или открытых бассейнах. Бесконтактный метод измерения не зависит от свойств продукта и позволяет выполнять начальную установку прибора без измеряемой среды.

Принцип измерения.

Сенсор прибора направляет импульсы в направлении поверхности измеряемого продукта. Затем они отражаются, и происходит получение отраженного сигнала сенсором. Прибор измеряет время t между передачей и получением импульса. Прибор использует время t (и скорость звука c), чтобы высчитать расстояние D между мембраной сенсора и поверхностью измеряемого продукта: $D = c t/2$. Устройство распознает расстояние и рассчитывает уровень

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

следующим образом $L = H - D$. D: значение расстояния L: значение уровня В: слепая зона F: горизонтальный пролет Встроенный сенсор температуры компенсирует изменения скорости звука, вызванные изменениями температуры. Калибровка: введите значения H и F для осуществления калибровки прибора.

Таблица 1. Характеристики датчика уровня МПУ-УР 01.005.

Производитель	Мера Прибор
Диапазон измерений	
Рабочая температура	-35 °С ~ 75 °С
Точность измерений	
Точность	0.2%
Общие характеристики	
Степень защиты	IP68
Диапазон	4.00 / 6.00 / 8.00 / 12.00 / 20.00 / 30.00
Материалы	ABS антенна PTFE&304SS / PVC&AL
Технологические присоединения	резьба / фланец
Технология измерения	Время пролетный метод
Выходные сигналы	DC4~20mA, HART, RS485, Bluetooth (опция)
Питающее напряжение	DC24V (±10%) 30mA
Интеграция в систему управления	Система контроля уровня Level-Visio-LI
Мераприбор	

Подключение датчика температуры ТПС Pt 500 необходимо выполнять по мостовой схеме, так как изменение сопротивления датчика от изменения температуры невелико.

Для измерения температуры датчик нужно подключить к измерительной схеме, на выходе которой формируется напряжение, пропорциональное

температуре. Разновидностью такой схемы является измерительный мост (или мост Уитстона) (рис. 3).

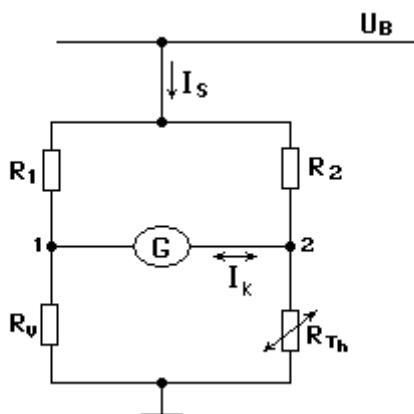


Рис. 3 Измерительный мост

Принцип измерения сопротивления основан на уравнивании потенциала средних выводов двух ветвей («плечей»). Схема представляет собой два резистивных делителя. Необходимым условием является равенство всех резисторов, включая сопротивление терморезистора R_{th} (для расчета берется сопротивление терморезистора, соответствующее минимальной температуре измерения). При соблюдении условия разность потенциалов будет равна 0 и при изменении температуры терморезистора будет изменяться разность потенциалов пропорционально изменению температуры.

Для выбранного термодатчика минимальное сопротивление берется из таблицы:

Таблица 2. Градуировочная таблица.

Pt500										
°C.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	500,000	501,954	503,907	505,860	507,812	509,764	511,715	513,665	515,615	517,564
10	519,513	521,461	523,408	525,355	527,302	529,247	531,192	533,137	535,081	537,025
20	538,968	540,910	542,852	544,793	546,733	548,673	550,613	552,552	554,490	556,428
30	558,365	560,301	562,237	564,173	566,107	568,042	569,975	571,908	573,841	575,773
40	577,704	579,635	581,565	583,495	585,424	587,352	589,280	591,207	593,134	595,060
50	596,986	598,911	600,835	602,759	604,682	606,605	608,527	610,448	612,369	614,290
60	616,210	618,129	620,047	621,965	623,883	625,800	627,716	629,632	631,547	633,462
70	635,376	637,289	639,202	641,114	643,026	644,937	646,848	648,758	650,667	652,576
80	654,484	656,392	658,299	660,205	662,111	664,017	665,921	667,826	669,729	671,632
90	673,535	675,437	677,338	679,239	681,139	683,038	684,937	686,836	688,734	690,631
100	692,528	694,424	696,319	698,214	700,108	702,002	703,896	705,788	707,680	709,572
110	711,463	713,353	715,243	717,132	719,021	720,909	722,796	724,683	726,569	728,455
120	730,340	732,225	734,109	735,992	737,875	739,757	741,639	743,520	745,400	747,280
130	749,160	751,038	752,917	754,794	756,671	758,548	760,424	762,299	764,174	766,048
140	767,922	769,795	771,667	773,539	775,410	777,281	779,151	781,020	782,889	784,758
150	786,626	788,493	790,360	792,226	794,091	795,956	797,820	799,684	801,547	803,410
160	805,272	807,133	808,994	810,855	812,714	814,574	816,432	818,290	820,148	822,004

Pt500, IEC 751 Поправка 2-1995-07

Диапазон измерения температуры 0-100 С°, соответственно диапазон изменения сопротивления исходя из таблицы будет от 500,000 Ом до 692,528 Ом

Ближайший номинал остальных резисторов берется из ряда E192 и составляет 499 Ом с точностью 1%. Разница в 1 Ом терморезистора, а также разброс в 1% сопротивления резистора и сопротивление проводников до датчика температуры компенсируется программно. Для расчета сопротивление терморезистора возьмем равным 499 Ом, сопротивлением проводников и разбросом резисторов пренебрежем.

Схема представляет собой два параллельных резистивных делителя напряжения, каждый делитель – «плечо» моста Уитстона (см рис. 3), Напряжение питания $U_{в} = 5В$, в точках 1 и 2 напряжение будет согласно формуле расчета делителя напряжения:

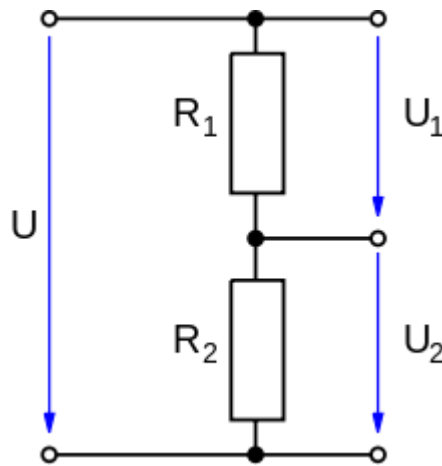


Рис. 4 Мост Уитстона

$$U_2 = IR_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

U_t – падение напряжение на терморезисторе (первое плечо)

U_{et} – падение напряжение на противоположном плече.

$$U_t = 5 * \frac{499}{499+499} = 2.5 \quad (2)$$

Так как все сопротивления моста равны, то $U_t = U_{et}$ и разность потенциалов в точке «1» и «2» соответственно равно 0. Это напряжение соответствует 0 C°.

Найдем разность потенциалов для максимальной измеряемой температуры.

$$U_{tmax} = 5 * \frac{692,528}{499+692,528} = 2.906 \quad (3)$$

$$U_{tmax} - U_{et} = 2.906 - 2.5 = 0.406 \quad (4)$$

Диапазон изменения напряжения составляет от 0 до 0.406 В для изменения температуры от 0 до 100 C°.

Перед подачей сигнала на вывод АЦП микроконтроллера сигнал нужно усилить.

Для мостовой схемы подключения для усиления сигнала используется дифференциальное подключение операционного усилителя либо использование инструментального усилителя.

Инструментальный усилитель обладает лучшими характеристиками по сравнению с дифференциальным подключением операционного усилителя:

- установка коэффициента усиления одним резистором, что упрощает расчет и исключает «уплывание» из-за допусков резисторов для дифф. подключения;

- очень низкое напряжение смещения и низкий дрейф напряжения смещения;

- низкий шум.

Для системы решено использовать инструментальный операционный усилитель AD620.

Особенности и преимущества AD620:

• ПРОСТОТА ПРИМЕНЕНИЯ

- Установка коэффициента усиления одним внешним резистором (Диапазон коэффициентов усиления от 1 до 10000)
- Широкий диапазон напряжений питания (от ± 2.3 В до ± 18 В)
- Лучшие показатели по сравнению с инструментальными усилителями на трех ОУ
- Выпускается в 8-выводных корпусах DIP и SOIC
- Низкое энергопотребление: потребляемый ток 1.3 мА, макс.

• НИЗКИЙ ШУМ

- Входной шум напряжения 9 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$ на 1 кГц,
- Размах 0.28 мкВ (в полосе 0.1 Гц до 10 Гц)

• ПРЕВОСХОДНЫЕ СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (ГРАДАЦИЯ В)

- Входное напряжение смещения 50 мкВ, макс.
- Дрейф входного напряжения смещения 0.6 мкВ/ $^{\circ}\text{C}$, макс.
- Входной ток смещения 1.0 нА, макс.
- Коэффициент ослабления синфазного сигнала 100 дБ, мин. ($G = 10$)

• ПРЕВОСХОДНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Ширина полосы 120 кГц ($G = 100$)
- Время установления до 0.01%: 15 мкс

						27.03.04 2021.135.15 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			23

Расчет коэффициента усиления для AD620

Коэффициент усиления инструментального операционного усилителя AD620 задается одним резистором (см. рис. 5)

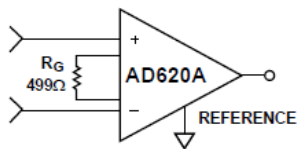


Рис. 5 Операционный усилитель

Формула для расчета резистора предоставлена в документации на AD620

$$R_G = \frac{49.4k\Omega}{G-1} \quad (5)$$

Расчет коэффициента усиления G . Необходимо усилить входной сигнал с 0.406 В до 5 В АЦП.

$$G = \frac{5}{0.406} = 12.315 \quad (6)$$

Расчет резистора для AD620

$$R_g = \frac{49.4k\Omega}{12.315-1} = 4.365k\Omega \quad (7)$$

Ближайший номинал из ряда E192 – 4.37 кОм

3.3.2 Выбор датчика температуры.

Теория измерения температуры.

С развитием измерительной техники, наиболее удобными техническими видами термометров стали те, в которых термометрическим признаком является электрический сигнал. Это термосопротивления (металлические и полупроводниковые) и термопары.

- В металлическом термометре сопротивления измерение температуры основано на явлении роста сопротивления металла с ростом температуры. Для большинства металлов вблизи комнатной температуры эта зависимость близка к линейной, а для чистых металлов относительное изменение их сопротивления при повышении температуры на 1 К (температурный коэффициент сопротивления) имеет величину близкую к $4 \cdot 10^{-3}$ 1/К. Термометрическим признаком является электрическое сопротивление термометрического тела - металлической проволоки. Чаще всего используют платиновую проволоку, а также медную проволоку или их различные сплавы. Диапазон применения таких термометров от водородных температур (~20 К) до сотен градусов Цельсия. При низких температурах в металлических термометрах зависимость сопротивления от температуры становится существенно нелинейной, и термометр требует тщательной калибровки.

- В полупроводниковом термометре сопротивления (термисторе) измерение температуры основано на явлении уменьшения сопротивления полупроводников с ростом температуры. Так как температурный коэффициент сопротивления полупроводников по абсолютной величине может значительно превосходить соответствующий коэффициент металлов, то и чувствительность таких термометров может значительно превосходить чувствительность металлических термометров.

Специально изготовленные полупроводниковые термосопротивления могут быть использованы при низких (гелиевых) температурах порядка нескольких

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

кельвин. Однако следует учитывать то, что в обычных полупроводниковых сопротивлениях возникают дефекты, обусловленные воздействием низких температур. Это приводит к ухудшению воспроизводимости результатов измерений и требует использования в термосопротивлениях, специально подобранных полупроводниковых материалов.

- Другой принцип измерения температуры реализован в термопарах. Термопара (рис. № 4) представляет собой электрический контур, спаянный из двух различных металлических проводников, один спай которых находится при измеряемой температуре (измерительный спай), а другой (эталонный спай) - при известной температуре, например, при комнатной температуре. Из-за разности температур спаев возникает электродвижущая сила (термо-ЭДС), измерение которой позволяет определять разность температур спаев, а следовательно, температуру измерительного спаев.

В таком термометре термометрическим телом является спай двух металлов, а термометрическим признаком - возникающая в цепи термо-ЭДС. Чувствительность термопар составляет от единиц до сотен мкВ/К, а диапазон измеряемых температур от нескольких десятков кельвин (температуры жидкого азота) до полутора тысяч градусов Цельсия. Для высоких температур применяются термопары из благородных металлов. Наибольшее применение нашли термопары на основе спаев следующих материалов: медь-константан, железо-константан, хромель-алюмель, платинородий - платина.

					<i>27.03.04 2021.135.15 ПЗ</i>	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.3.3 Выбор метода изменения

1 Термометры расширения от - 260 до +700 °С, основанные на изменении объемов жидкостей или твердых тел при изменении температуры.

2 Манометрические термометры от - 200 до +600 °С, измеряющие температуру по зависимости давления жидкости, пара или газа в замкнутом объеме от изменения температуры.

3. Термометры электрического сопротивления стандартные от --270 до +750 °С, преобразующие изменение температуры в изменение электрического сопротивления проводников или полупроводников.

4. Термоэлектрические термометры (или пирометры), стандартные от --50 до +1800 °С, в основе преобразования которых лежит зависимость значения электродвижущей силы от температуры спая разнородных проводников.

Пирометры излучения от 500 до 100000 °С, основанные на измерении температуры по значению интенсивности лучистой энергии, испускаемой нагретым телом,

Термометры, основанные на электрофизических явлениях от -272 до +1000 °С (термошумовые термоэлектрические преобразователи, объемные резонансные термопреобразователи, ядерные резонансные термопреобразователи).

Для разработки «Системы контроля параметров энергоносителя в баке» я выбрал датчик температуры ТПС РТ 500, потому что он хорошо зарекомендовал себя с хорошей стороны за все время использования его в производстве.

Назначение.

Термопреобразователи сопротивления «ВЗЛЕТ ТПС» предназначены для измерения температуры и разности температур путем погружения в жидкую, газообразную или сыпучую среду и могут применяться в теплоэнергетике, атомной, химической, пищевой и других отраслях промышленности. ТПС могут

									Лист
									27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

использоваться в составе теплосчетчиков, измерительных систем, автоматизированных систем управления технологическими процессами.

3.3.4 Устройство и работа

Принцип работы ТПСРТ500 основан на использовании зависимости электрического сопротивления материала чувствительного элемента от температуры.

Резистор чувствительного элемента выполнен напылением или в виде спирали из платиновой проволоки и помещен в защитную оболочку. Выводы резистора подключены попарно к четырем проводникам.

Монтаж и эксплуатация

Эксплуатация ТПС должна производиться в условиях воздействующих факторов, не превышающих допустимых значений, оговоренных в п.1.2.2.

Установка ТПС и подготовка к эксплуатации должны осуществляться в соответствии с настоящим руководством и эксплуатационной документацией на прибор, в комплекте с которым используются ТПС. ТПС допускается монтировать в горизонтальный, вертикальный или наклонный трубопровод. Варианты монтажа ТПС на трубопроводе, а также вид поставляемых бобышек, привариваемых на трубопровод.

При монтаже кабеля в гофрированной трубе, для ее фиксации в ТПС необходимо открутить два шурупа в гайке упорной, вставить в нее гофрированную трубу и закрепить ее, затянув шурупы. Внутренний диаметр гайки упорной – 14 мм. Рекомендуется использовать гофрированную трубу такого диаметра, чтобы она была надежно закреплена внутри гайки упорной.

Для монтажа ТПС на трубопроводе с высокой вибрацией или пульсацией потока могут поставляться усиленные гильзы. Для измерения температуры окружающего воздуха допускается использовать ТПС без защитной гильзы.

При установке ТПС в трубопровод с защитной гильзой соединение ТПС и защитной гильзы нужно опломбировать. Теплоизоляция ТПС должна быть съемной для визуального контроля целостности пломб на крышке монтажной

					27.03.04 2021.135.15 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

коробки и пломбы между ТПС и защитной гильзой. 2.1.6. После завершения монтажа крышку монтажной коробки ТПС следует опломбировать, а трубопровод в месте установки ТПС и узел крепления ТПС – теплоизолировать.

Выбор преобразователя данных с датчика уровня и температуры.

На рынке имеются готовые решения для работы с датчиками уровня и температуры, но они отличаются дороговизной, отсутствием внешней индикации, использованием отличных от RS485 протоколов обмена, избыточной функциональностью. (добавить теории по готовым преобразователям).

3.4 Для «Системы контроля параметров энергоносителя в баке» было решено разработать свой преобразователь.

3.4.1 В качестве микроконтроллера для преобразователя решено использовать Atmega 16.

Atmega 16.

Как и все микроконтроллеры AVR фирмы Atmel, микроконтроллеры семейства MEGA являются 8-разрядными микроконтроллерами. Они изготавливаются по малопотребляющей КМОП-технологии, которая вместе с усовершенствованной RISC-архитектурой позволяет достичь наилучшего соотношения быстродействие/энергопотребление. В данной работе подробно рассмотрен один из наиболее мощных на сегодняшний день микроконтроллеров – модель ATmega16.

Atmega16 - 8-разрядный микроконтроллер с 16 К байтами внутрисистемной программируемой Flash памяти. Микроконтроллер ATmega16 имеет прогрессивную RISC архитектуру и энергонезависимую память программ и данных, Интерфейс микроконтроллера JTAG совместим с IEEE 1149.1. Встроенная периферия микроконтроллера содержит таймеры/ счетчики, 8-канальный 10-разрядный аналого-цифровой преобразователь, встроенный аналоговый компаратор и другие функциональные устройства. Микроконтроллер выполняет и специальные микроконтроллерные функции,

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

такие как: сброс по подаче питания, программируемую индикацию кратковременного снижения напряжения питания, шесть режимов пониженного потребления и снижения шумов ADC и др. Питание микроконтроллера осуществляет источника постоянного напряжения 4,5 - 5,5 В. Тактовая частота работы микроконтроллера лежит в диапазоне 0 – 16 МГц.

Ядро микроконтроллеров AVR выполнено по усовершенствованной RISC-архитектуре (enhanced RISC). Арифметико-логическое устройство (АЛУ), выполняющее все вычисления, подключено непосредственно к 32 рабочим регистрам, объединенным в регистровый файл. Благодаря этому АЛУ выполняет одну операцию (чтение содержимого регистров, выполнение операции и запись результата обратно в регистровый файл) за один машинный цикл.

Практически каждая из команд (за исключением команд, у которых одним из операндов является 16-разрядный адрес) занимает одну ячейку памяти программ. Файл регистров быстрого доступа содержит 32 8-разрядных рабочих регистра общего назначения связанных непосредственно с ALU. За один тактовый цикл из файла регистров выбираются два операнда, выполняется операция и результат вновь возвращается в файл регистров. Все регистры ввода-вывода (РВВ) условно можно разделить на две группы – служебные регистры микроконтроллера и регистры, относящиеся к конкретным периферийным устройствам. Микроконтроллер ATmega16 имеет в своем составе три таймера-счетчика с условными именами T0, T1 и T2. По функциональности 8-разрядные таймеры T0 и T2 аналогичны. Таймеры в процессе своей работы используют некоторые внешние выходы микроконтроллера в режиме альтернативных функций. Для этого соответствующие линии портов должны быть сконфигурированы. Микроконтроллеры ATmega16 оснащены 10-разрядным АЦП последовательного приближения. Аналого-цифровой преобразователь характеризуется абсолютной погрешностью ± 2 МЗР, интегральной нелинейностью ± 0.5 МЗР и быстродействием до 15 тысяч выборок за секунду. На входе модуля АЦП всех моделей имеется 8-канальный аналоговый мультиплексор, предоставляющий в распоряжение пользователя 8 каналов с

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

несимметричными входами. В качестве источника опорного напряжения для АЦП может использоваться как напряжение питания микроконтроллера, так и внутренний либо внешний источник напряжения. АЦП может функционировать в двух режимах: - режим одиночного преобразования, когда запуск каждого преобразования инициируется пользователем; - режим непрерывного преобразования, когда выполняется непрерывно через определенные интервалы времени.

Преимущества:

- Наличие АЦП с достаточной точностью и скоростью преобразования
- Большое количество выводов
- Распространённость
- Цена

									Лист
									31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

3.4.2 Для «Системы контроля параметров энергоносителя в баке» согласно ТЗ используется интерфейс RS485.

В системах промышленной автоматики и автоматизации применяется ряд удаленных устройств сбора данных, которые передают и принимают информацию через центральный модуль, предоставляющий доступ к данным пользователя и другим процессорам. Для таких приложений типичны регистраторы данных и считывающие устройства.

Линия передачи данных для этой цели определена стандартом RS-485, который связывает устройства сбора данных кабелем на основе витой пары.

Таблица 3. Параметры RS - 485.

- Стандарт RS - 485

Режим работы	Дифференциальный
Допустимое число Tx и Rx	32 Tx и 32 Rx
Максимальная длина кабеля	1200 м
Максимальная скорость передачи данных	10Мбит/с
Минимальный выходной диапазон драйвера	$\pm 1,5$ В
Максимальный выходной диапазон драйвера	± 5 В
Максимальный ток короткого замыкания драйвера	250 мА
Сопротивление нагрузки Tx	54 Ом
Чувствительность по входу Rx	± 200 мВ
Максимальное входное сопротивление Rx	12кОм
Диапазон напряжений входного сигнала Rx	От -7 до +12 В
Уровень логической единицы Rx	200мВ
Уровень логического нуля Rx	<200 мВ

Преимущества.

- Используется однополярный источник питания +5В, который используется для питания большинства электронных приборов и микросхем. Это упрощает конструкцию и облегчает согласование устройств.

- Мощность сигнала передатчика RS-485 в 10 раз превосходит мощность сигнала передатчика RS-232. Это позволяет подключать к одному передатчику RS-485 до 32 приёмников и таким образом вести широковещательную передачу данных.

-Использование симметричных сигналов, у которой имеется гальваническая развязка с нулевым потенциалом питающей сети. В результате исключено попадание помехи по нулевому проводу питания

- Хорошая помехоустойчивость.
- Большая дальность связи.
- Однополярное питание +5 В.
- Простая реализация драйверов.
- Возможность широковещательной передачи.
- Многоточечность соединения.

Для реализации интерфейса RS-485 используем микросхему MAX485.

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

3.4.3 Для «Системы контроля параметров энергоносителя в баке» было решено взять TMR 3-2411 и TMR 3-2423, потому что требуется гальваническая развязка.

Таблица 4. Характеристики TMR 3-2411.

Производитель	TRACO POWER
Корпус	SIP8
Размеры	
посмотрите	
Мощность	3Вт
Серия	TMR3
Рабочая температура	-40...70°C
КПД	78%
Выходной ток	600мА
Защита от	КЗ
Количество выходов	1
Выходное напряжение	5В DC
Входное напряжение	18...36В
Напряжение изоляции	1500В
Внешние размеры	21,8x11,1x9,2мм
Вес	4,8г
Тип преобразователя	DC/DC
Частота переключения	100кГц

Таблица 5. Характеристики TMR 3-2423.

Производитель	TRACO POWER
Корпус	SIP8
Размеры	
посмотрите	
Мощность	3Вт
Серия	TMR3

Рабочая температура	-40...70°C
КПД	81%
Выходной ток	100мА
Защита от	КЗ
Количество выходов	2
Выходное напряжение	15В DC
Входное напряжение	18...36В
Напряжение изоляции	1500В
Внешние размеры	21,8x11,1x9,2мм
Вес	4,8г
Выходное напряжение 2	-15В DC
Ток на выходе 2	-100мА
Тип преобразователя	DC/DC
Частота переключения	100кГц

3.4.4 Индикация.

Для вывода на стационарном месте бака я использовал семисегментный индикатор.

Одноразрядные семисегментные индикаторы могут быть устроены на светодиодах, лампах тлеющего разряда, электровакуумные индикаторы (катодолюминесцентные, накаливаемые), нити накаливания[а], жидкие кристаллы и т. д. На больших табло наподобие цен на бензин могут применяться механические индикаторы, или блинкерные индикаторы, переключающиеся с помощью электромагнитов.

В обычном светодиодном индикаторе используется девять выводов: один идёт к катодам (минусам) всех сегментов, и остальные восемь — к аноду каждого из сегментов, включая точку. Эта схема называется «схема с общим катодом», существуют также схемы с общим анодом, где имеется общий анод (плюс) и индивидуально подключенные катоды. Часто делают не один, а два общих вывода на разных концах корпуса — это упрощает разводку, не увеличивая габаритов.

Многоразрядные индикаторы часто работают по динамическому принципу: выводы одноимённых сегментов всех разрядов соединены вместе. Чтобы вывести информацию на такой индикатор, управляющая микросхема должна циклически подавать ток на общие выводы всех разрядов, в то время как на выводы сегментов ток подаётся в зависимости от того, зажжён ли данный сегмент в данном разряде. Таким образом, чтобы получить десятиразрядный экран микрокалькулятора, нужны всего восемнадцать выводов (8 анодов и 10 катодов) — а не 81.

Существуют специальные микросхемы семисегментных дешифраторов, переводящие четырёхбитный код в его семисегментное представление. К примеру, отечественные (КР)514ид1 для индикаторов с общим катодом или (КР)514ид2 с общим анодом. Иногда дешифраторы встраивают прямо в индикатор. В настоящее время, в связи с широким распространением

однокристальных микроконтроллеров с GPIO, семисегментные светодиодные индикаторы подключаются напрямую к выводам микроконтроллера.

Преимущества:

- простота подключения;
- дешевизна;
- имеется множество литературы.

Для индикации я выбрал 4-х разрядный индикатор CC56-12GWA.

3.4.5 Для преобразования сигнала с датчика уровня я выбрал RVC 420.

Основой преобразователя унифицированного напряжения 4-20 мА является специализированная интегральная микросхема RCV420. RCV420 обеспечивает полное преобразование 4-20 мА в 0-5 В с общей точностью 0,1%, CMR 86 дБ и синфазным входным диапазоном ± 40 В.

Основная область применения интерфейса токовая петля 4-20 мА это передача аналоговых сигналов на расстояние до десятков метров. Этот интерфейс широко применяется в различных аналоговых датчиках (давления, температуры и т. п.). Ненулевое начальное значение токового сигнала 4 мА, так же это значение используется для контроля работы интерфейса, если ток менее 4 мА – признак неисправности.

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

4. Разработка программной части.

4.1 Разработка алгоритма работы программы.

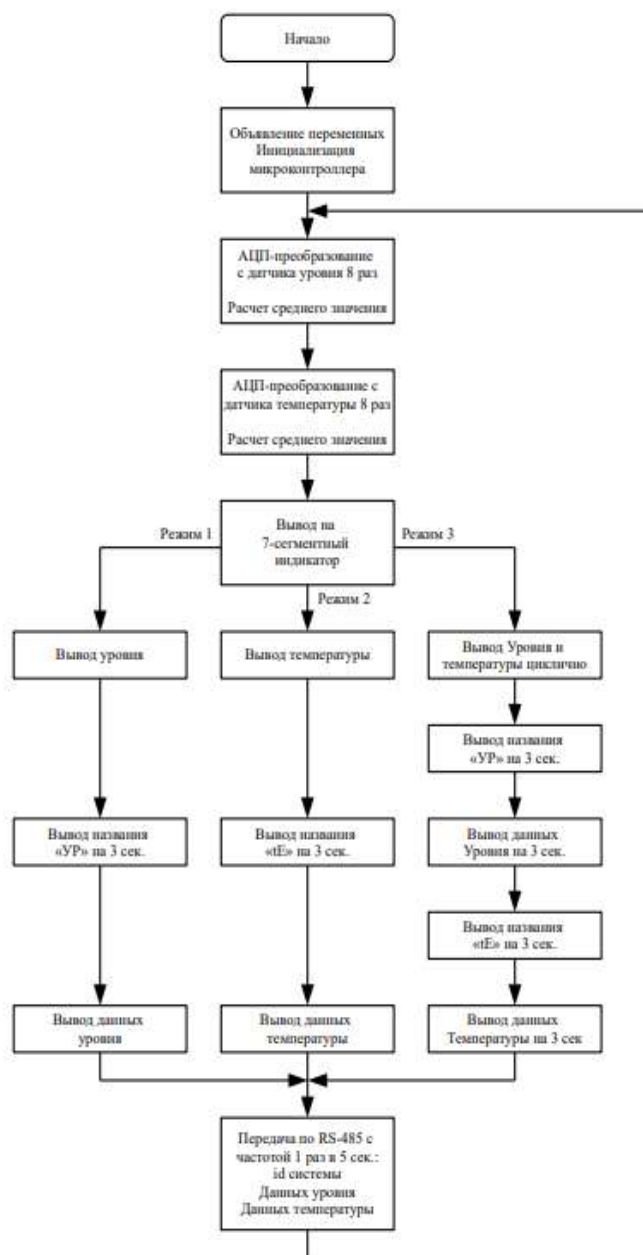


Рис.6 Алгоритм основной части.

В начале задаем переменные и настраиваем микроконтроллер. Далее производим расчет среднего значения по 8 запросам к датчику уровня и датчику температуры. Производим вывод на семисегментный индикатор.

Режим 1 вывод названия «УР» на 3 секунды, далее выводится числовое значения уровня.

Режим 2 вывод названия «tE» на 3 секунды, далее выводится числовое значения температуры.

Режим 3 вывод названия «УР» на 3 секунды, далее выводится числовое значения уровня, затем вывод названия «tE» на 3 секунды, далее выводится числовое значения температуры.

Данные с датчика температуры и датчика уровня на рабочее место оператора передается с помощью RS485 с частотой один раз в 5 секунд.

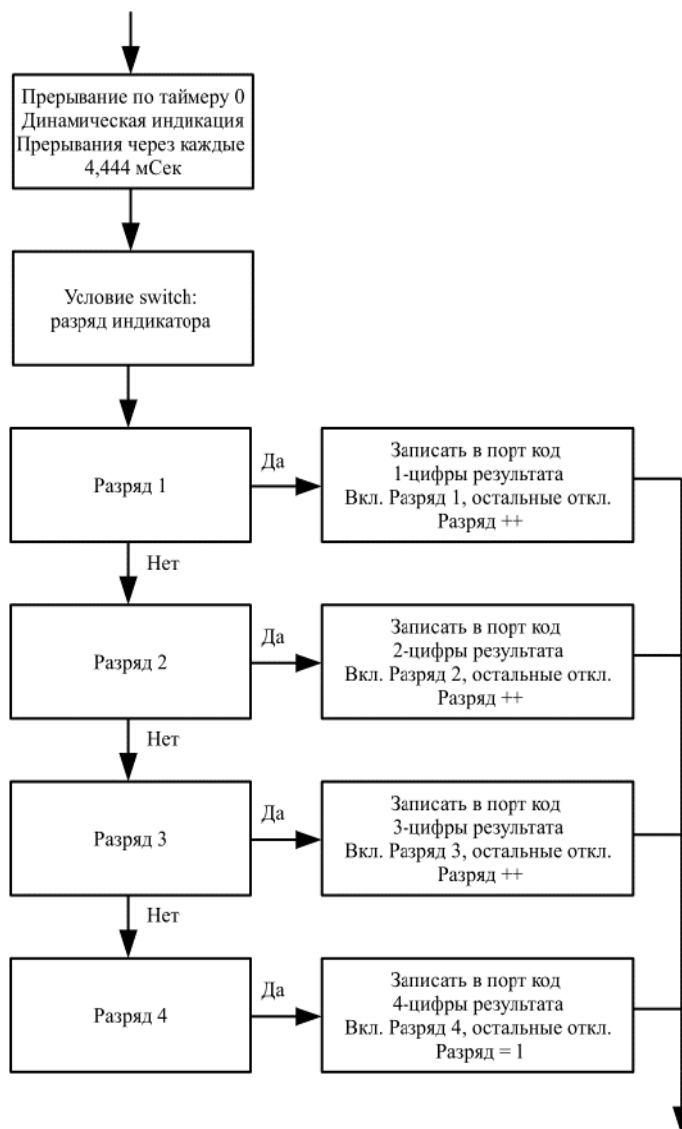


Рис.7 Описание блока динамической индикации.

Динамическая индикация не зависит от алгоритма основной программы и построен по принципу прерывания по таймеру «0».

Динамическая индикация широко применяется для отображения различной информации, например температуры, напряжения, времени или просто количества срабатывания каких-либо устройств или датчиков. Динамическая индикация на базе семисегментных индикаторов отлично согласуется в совместной работе с микроконтроллерами. Однако в литературе по программированию микроконтроллеров AVR данный вопрос рассмотрен очень поверхностно и далеко не в каждой книге, посвященной соответствующей тематике. Поэтому более подробно рассмотрим, как подключить семисегментный индикатор с динамической индикацией к микроконтроллеру, в данном случае – к ATmega8, но аналогия сохраняется для МК AVR любой серии.

									Лист
									40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

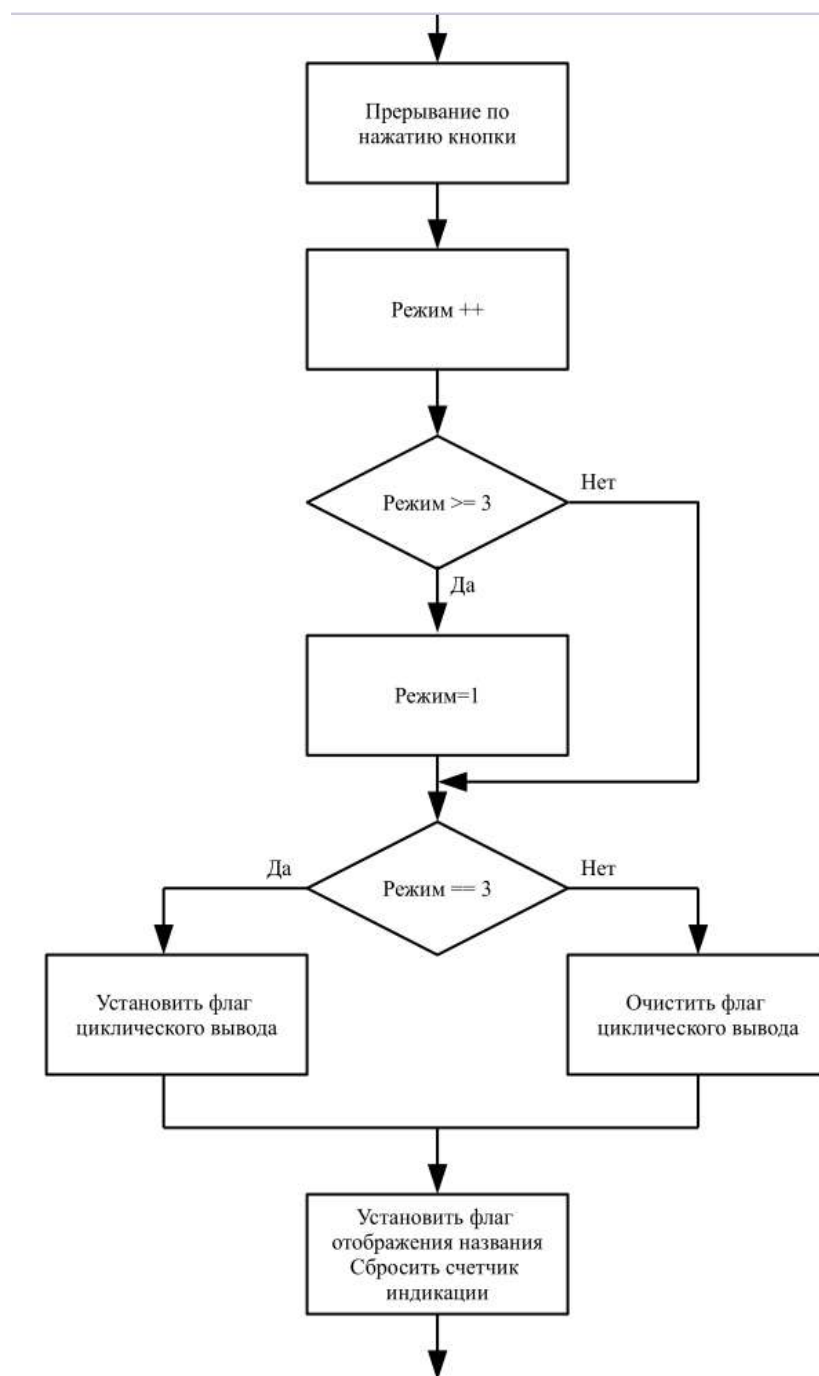


Рис.8 Обработка нажатия кнопки реализации на прерывание.

Три режима работы прибавляем единичку к режиму работы. Если значение режима работы стало 4 то переключается на первый и записываем 1.

Если режим работы 3 то устанавливаем флаг циклического вывода, в остальных случаях убираем флаг циклического вывода.



Рис.9 Описание прерывания.

Прерывание по таймеру 1 происходит один раз в секунду. Это прерывание предназначено для отсчета времени в секундах. Каждое прерывание «каждую секунду», счетчик индикации и RS485 увеличивается на 1.

Далее счетчик индикации используется для вывода названия на семисегментный индикатор в течении 3 секунд, а счетчик для RS485 используется для передачи данных с частотой один раз в пять секунд.

4.2 Разработка программы микроконтроллера.

4.2.1 Генерация кода для инициализации и начальной настройки микроконтроллера.

Для написания программы решено использовать компилятор CodeVisionAVR, так как CodeVisionAVR включает в себя следующие компоненты:

- компилятор Си-подобного языка для AVR;
- компилятор языка ассемблер для AVR;
- модуль взаимодействия с отладочной платой STK-500;
- модуль взаимодействия с программатором;
- редактор исходного кода с подсветкой синтаксиса;
- терминал.
- встроенный программный модуль для прошивки микроконтроллера и конфигурирования фьюзов AVR fuse прямо в схеме устройства.
- встроенный мощный и функциональный генератор кода CodeWizardAVR, который облегчает инициализацию и настройку периферии, и уменьшает шанс ошибочной настройки микроконтроллера.

Также у CodeVisionAVR существует бесплатная ознакомительная версия с ограничением ряда возможностей, в частности, размер программного кода ограничен 4 килобайтами и не включён ряд библиотек.

Данное ограничение не является существенным, так как полученный в результате написания программный код составил 1652 байта и не использует не включенные в бесплатную версию библиотеки.


					<i>27.03.04 2021.135.15 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Генератор кода CodeWizardAVR

Генератор кода CodeWizardAVR – удобный и мощный инструмент, встроенный в компилятор CodeVisionAVR, позволяет быстро настроить всю необходимую периферию микроконтроллера и существенно уменьшить шанс неправильной инициализации микроконтроллера.

Запускаем CodeVisionAVR, создаем новый проект File -> New -> Project, во всплывающем окне нажимаем «No», затем выбираем место и имя для проекта, нажимаем «Ok».

В следующем окне из списка выбираем ATmega16A, нажимаем «Ok», затем еще раз нажимаем «Ok».

Для того что бы открыть генератор кода нажимаем кнопку  на панели инструментов. Открывается окно:

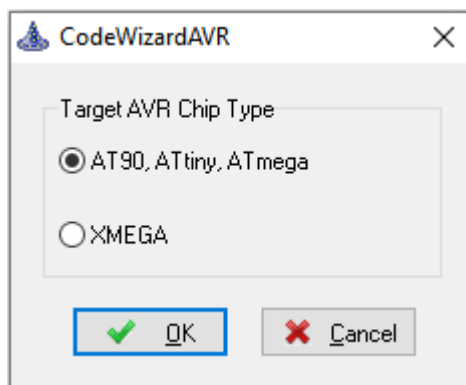


Рис.10 CodeWizardAVR

Выбираем тип AT90, ATtiny, ATmega, нажимаем «Ok».

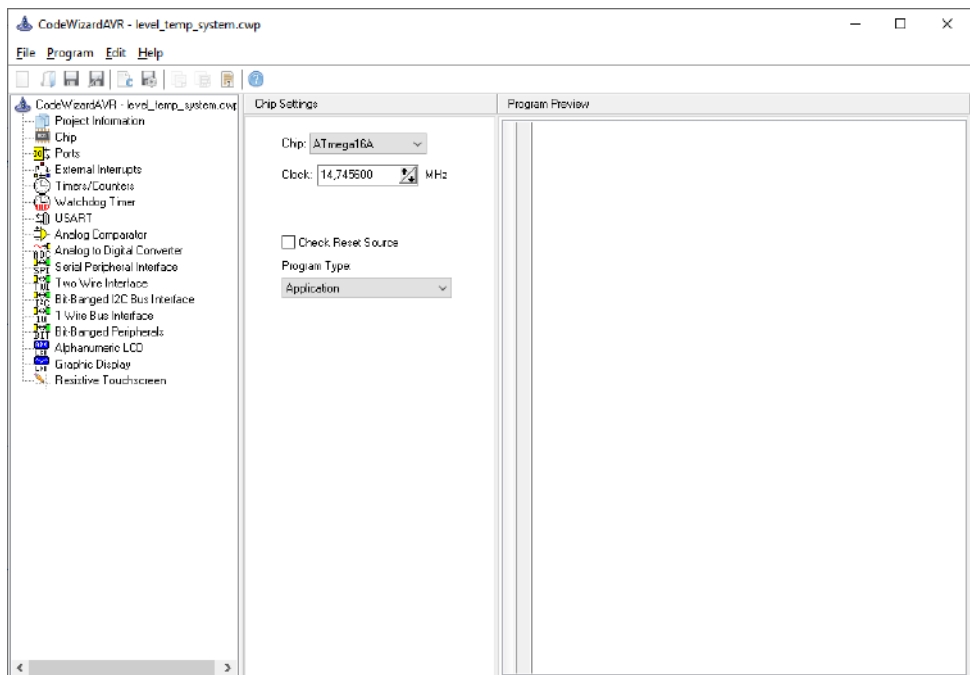


Рис.11 Chip settings

В открывшемся окне выбираем чип ATmega16A и указываем частоту работы 14.7456 МГц. Данная частота выбрана исходя из технических требований по скорости передачи по RS-485

Далее настраиваем параметры по списку сверху вниз:

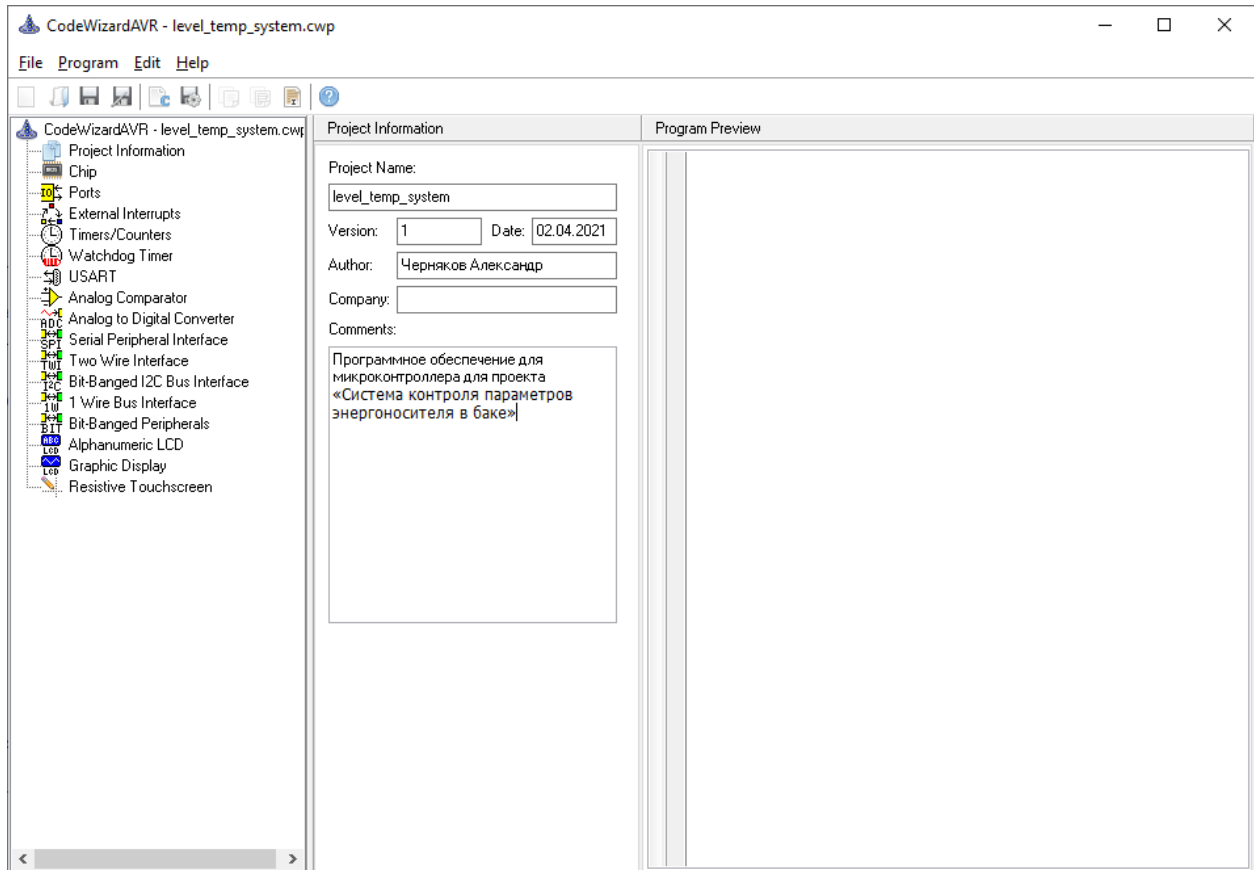


Рис.12 Project information

Заполняем данные по проекту: версия, дата, Автор, комментарий

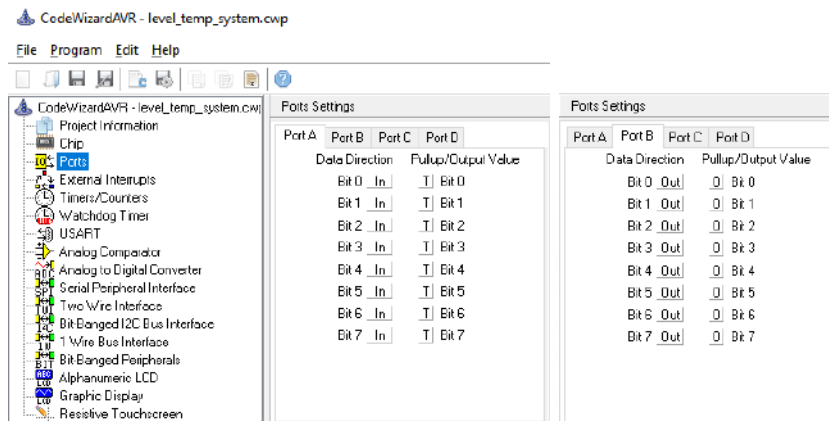


Рис.13 Ports settings

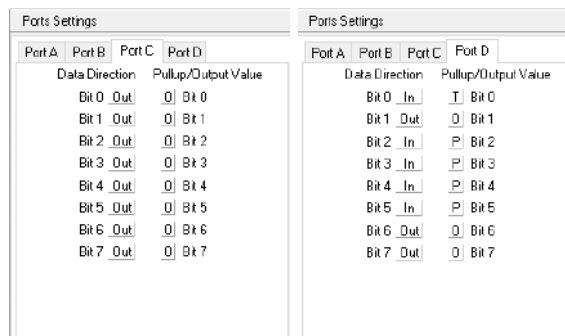


Рис.14 Ports settings

Настраиваем порты ввода-вывода микроконтроллера опираясь на схему электрическую принципиальную.

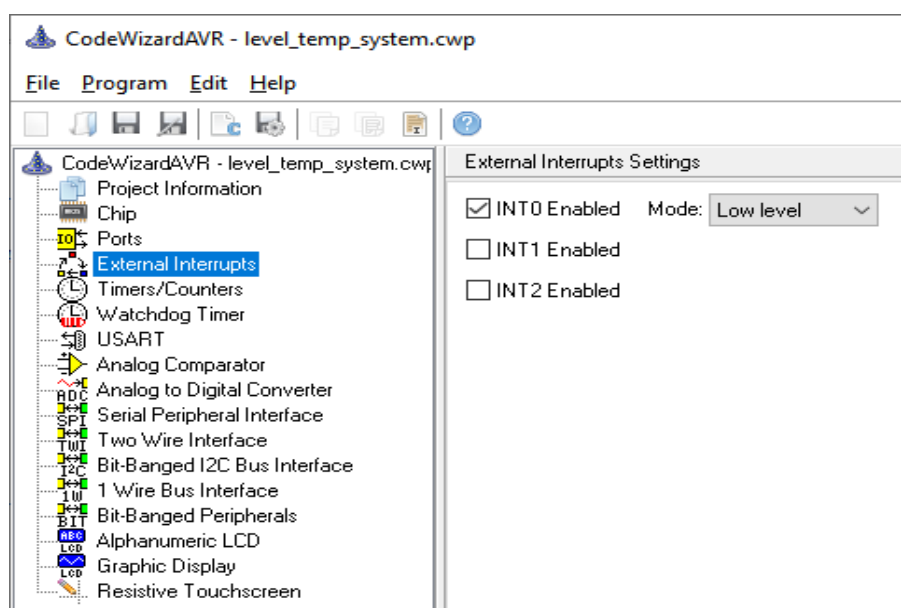


Рис.15 External interrupts settings

Настраиваем работу внешнего прерывания – на это прерывание подключена кнопка переключения режимов работы индикатора.

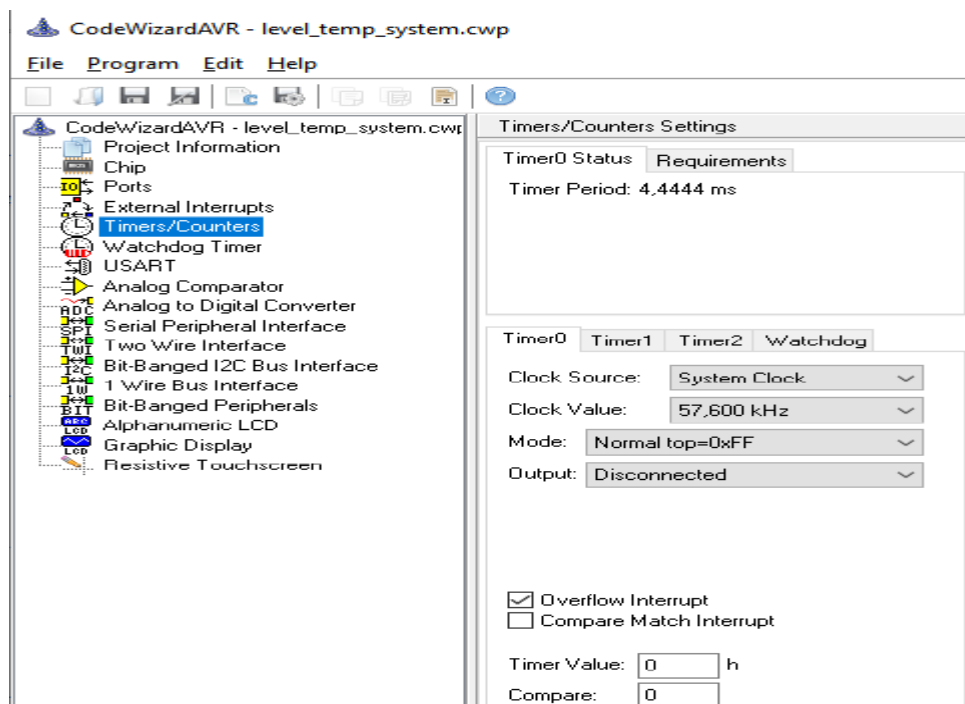


Рис.16 Timers/ counters settings

Настраиваем работы Таймера 0 для динамической индикации. Через 4,4444 мСек наступит прерывание, в этом прерывании согласно алгоритму работы программы переключиться следующий разряд данных. Такое время обеспечит очень быстрое и незаметное глазу переключение разрядов создавая эффект одновременной работы все разрядов 7-сигментного индикатора.

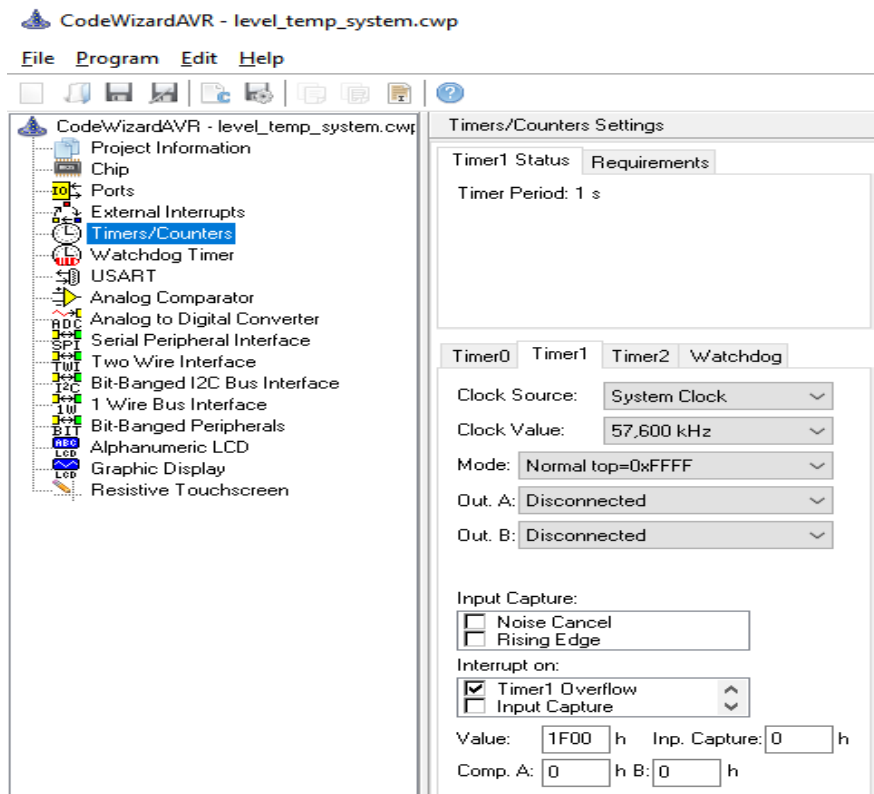


Рис.17 Timers/ counters settings

Настраиваем таймер 1 для отчета секундных интервалов для передачи данных по RS-485 (раз в 5 секунд по техническим требованиям) и для вывода названия параметра и данных на индикатор в течении 3 сек. (согласно алгоритму работы программы).

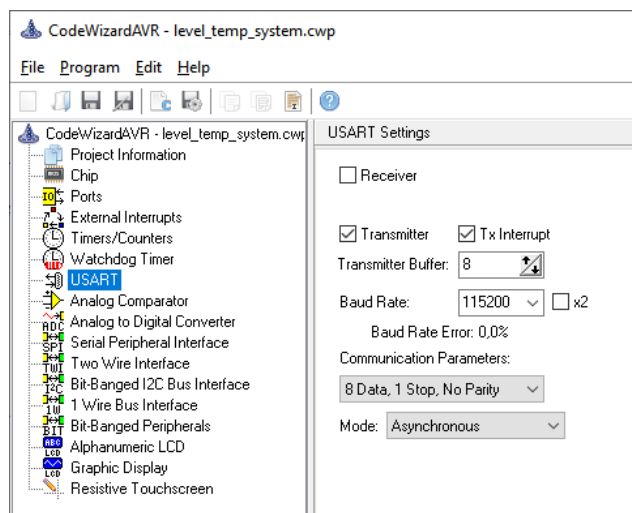


Рис.18 USART settings

Настраиваем USART для передачи данных через интерфейс RS-485
согласно техническим требованиям

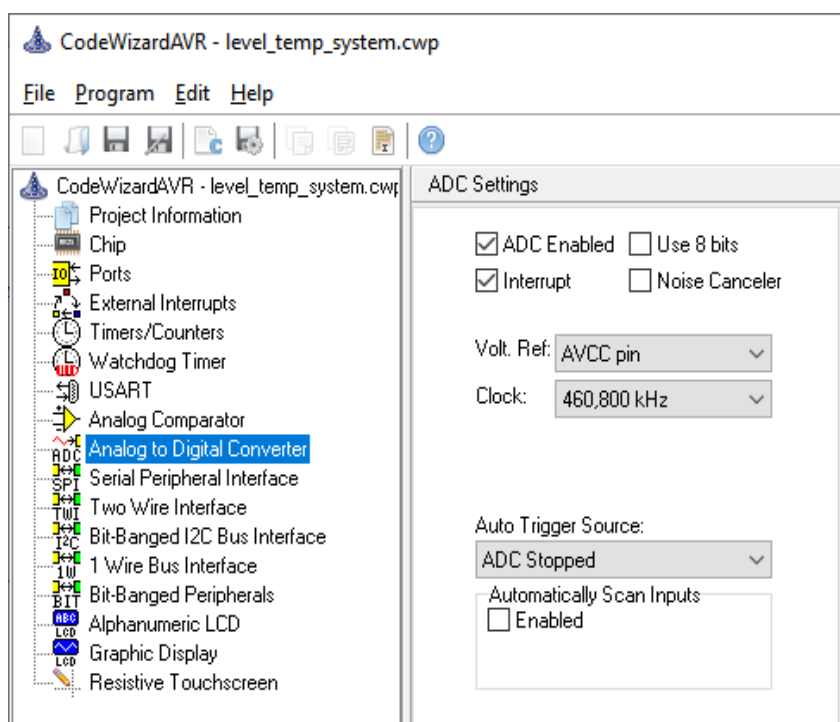


Рис.19 ADC settings

Настраиваем АЦП для работы с датчиком уровня и датчиком температуры.

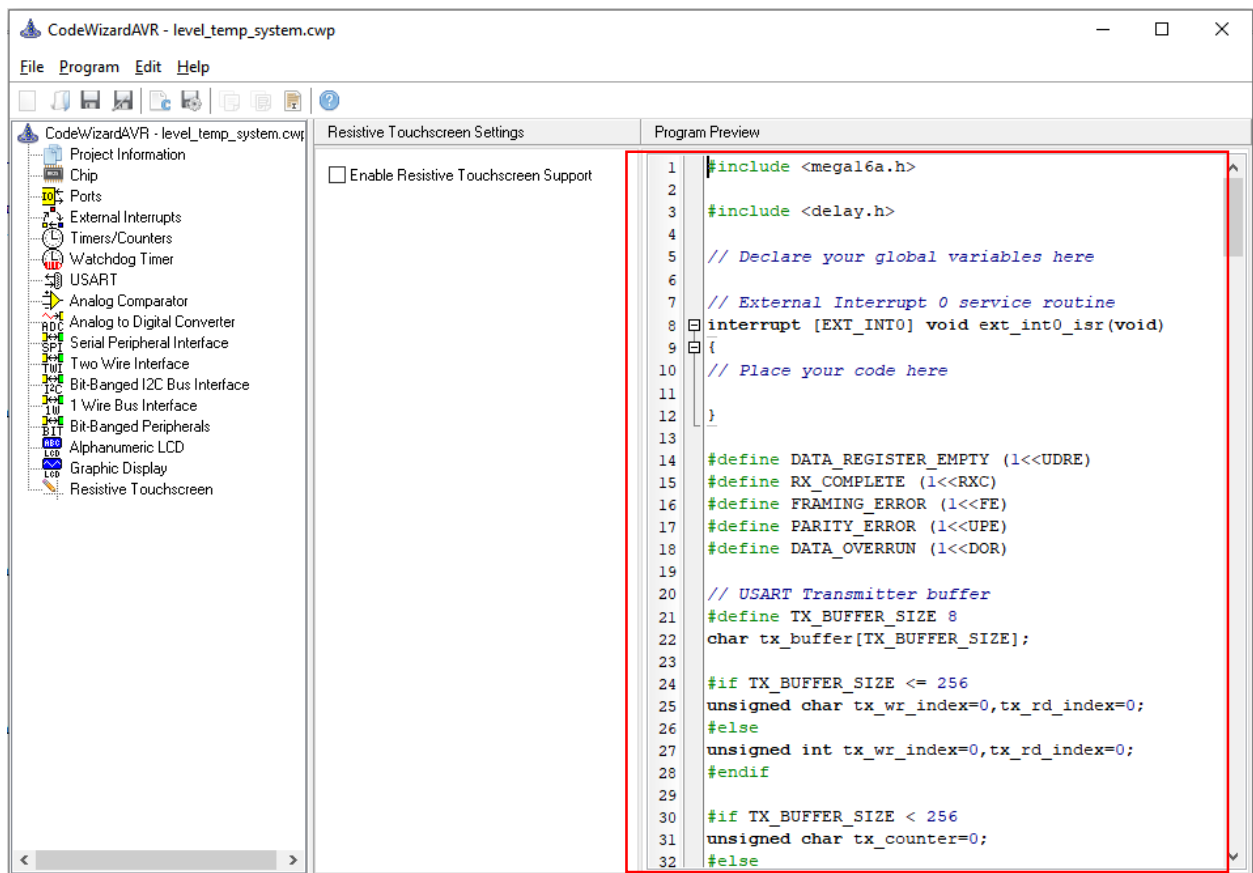


Рис.20 Program preview

Далее нажимаем Program -> Generate и копируем код из крайнего правого окна в ранее созданный проект.

Листинг программы для микроконтроллера представлен в приложении А.

Заключение.

За время выпускной квалификационной работы была разработана система контроля параметров энергоносителя в баке, которая включает в себя датчик уровня и датчик температуры и передатчик данных на рабочее место оператора.

Данная автоматизация позволит контролировать параметры конденсата и улучшит работу ТЭЦ.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью контроля и поддержания параметров температуры и уровня энергоносителя в баке на предприятии. Целью выпускной квалификационной работы является замена старого прибора уровнемера и установка датчика температуры на бак с передачей данных на место оператора.

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				

Библиографический список.

1. А.Ф. Дьяконов «Правила эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.» 1995г.;
2. С.М. Лосев «Паровые турбины.» 1954г.;
3. Руководство по эксплуатации датчика уровня без дисплея МПУ-УР 01.005.;
4. Руководство по эксплуатации термопреобразователи сопротивления Взлет ТПС.;
5. Яценков В. С. Микроконтроллеры Microchip®. Практическое руководство. -2-е издание испр. И дополн. –М.: Горячая линия–Телеком, 2005. -280с.: ил.;
6. . ГОСТ 2.105 – 79 ЕСКД Общие требования к текстовым документам.;
7. . ГОСТ 2.106 – 96 ЕСКД Текстовые документы.;
8. Пейтон А.Дж. и Волш. В. «Аналоговая электроника на операционных усилителях» - М.: БИНОМ, 1994 – 352 с.: ил. – ISBN 5-7503-0013-7;
Титце У., Шенк К. «Полупроводниковая схемотехника». 12-е изд. Том II: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 942 с.: ил.;
9. Волович Г.И. «Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых устройств». – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2005 –528 с.;
- 10.https://vzljot.ru/catalogue/izmerenie_temperatury/.;
- 11.<https://mera.nt-rt.ru/>.;
- 12.SURFACE MOUNT FAST SWITCHING DIODE «Data Sheet»;
- 13.FOUR DIGIT NUMERIC DISPLAY «Data Sheet»;
- 14.MAXIM Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers «Data Sheet»;
- 15.ATMEL 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash ATmega16 «Data Sheet»;
- 16.Traco Power «Application note»;

									Лист
									53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04 2021.135.15 ПЗ				