

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет

Вычислительной техники

Кафедра

Вычислительная техника

Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

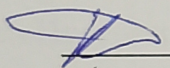
Профиль «Вычислительные машины, комплексы, системы и
сети»

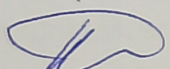
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ СТУПЕНЧАТЫМ

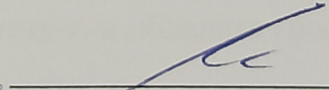
ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ ВЕНТИЛЯТОРА

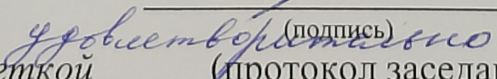
Студент  11.06.2025 Кривенков И.В.
(подпись, дата)

Руководитель  16.06.2025 Тарасов Д.А.
(подпись, дата)

Нормоконтролёр  16.06.25 А.С. Бычков
(подпись, дата)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от
28.05.2025 г. № 16)

Заведующий кафедрой  М.А. Митрохин
(подпись)

Работа защищена с отметкой  (протокол заседания ГЭК от 20.06.25 № 14)

Секретарь ГЭК  Гурин Е.И.
(подпись)

Пенза, 2025

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет
вычислительной техники

Кафедра
«Вычислительная техника»

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой
М.А. Митрохин
«06» 05 2025 г.

**ЗАДАНИЕ
НА БАКАЛАВРСКУЮ РАБОТУ**

1. Студент Кривенков Илья Валентинович гр.21ВВВ1 факультета вычислительной техники.
2. Тема работы: «Программа управления ступенчатым выключателем вентилятора»

Тема утверждена приказом ПГУ № 601/о от "06" мая 2025 г.

3. Руководитель бакалаврской работы доцент, к.т.н. Тарасов Д.А.

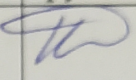
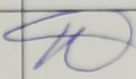
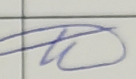
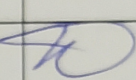
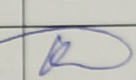
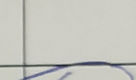
4. Задание на работу (назначение разработки, исходные данные и т.п.)

Требуется разработать программу управления ступенчатым выключателем вентилятора, которая должна соответствовать приведенным ниже функциональным и техническим требованиям. Программа должна обеспечивать включение и выключение вентилятора, переключение уровней скорости вентилятора, работу от датчика и обладать графическим пользовательским интерфейсом на панели оператора.

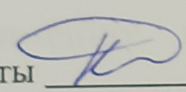
5. Перечень подлежащих разработке вопросов

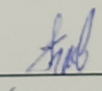
Требуется произвести анализ предметных областей: изучить аналоги существующих решений, изучить их основные преимущества, изучить разработку приложений на FBD и его различный функционал.

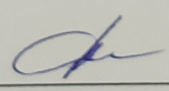
6. Календарный график выполнения работы

№ п/п	Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя
1.	Изучение предметной области	15	06.05.2025-08.05.2025	
2.	Анализ требований	5	09.05.2025-10.05.2025	
3.	Выбор технологий, применяемых при проектировании и разработке	10	11.05.2025-12.05.2025	
4.	Описание алгоритмов	20	13.05.2025-16.05.2025	
5.	Разработка программы на языке FBD, создание интерфейса панели оператора	60	16.05.2025-28.05.2025	
6.	Оформление пояснительной записки	15	29.05.2025-30.05.2025	

Дата выдачи задания "06" мая 2025 г.

Руководитель бакалаврской работы  06.05.2025 Тарасов Д.А.
(подпись, дата)

Задание к исполнению принял студент  06.05.2025 Кривенков И.В.
(подпись, дата)

Работу к защите допустить
Декан факультета  17.06.2025 Фионова Л.Р.
(подпись, дата)

Реферат

Бакалаврская работа содержит 80 листов, 113 рисунков, 4 таблицы, 6 источников и 3 приложения.

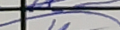
ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ СТУПЕНЧАТЫМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ ВЕНТИЛЯТОРА

Цель работы – разработать программу, позволяющую управлять вентилятором на базе ПЛК «ОВЕН ПР200» и панели оператора «ОВЕН СП270».

Объектом разработки является управляющая программа, которая должна обеспечивать управление вентилятором с панели оператора и при помощи датчика. Система должна обладать графическим пользовательским интерфейсом на панели оператора.

Разработка проводилась в среде программирования «OWEN Logic» и в программе «Конфигуратор СП200». В качестве языка программирования был выбран язык функциональных блоков FBD.

В результате проведенной работы разработана система, удовлетворяющая поставленной задаче, а именно: интуитивно понятный пользовательский интерфейс и организация управления вентилятором.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Программа управления ступенчатым выключателем вентилятора Пояснительная записка	Лит.			Лист		Листов	
Разраб.		Кривенков И.В.		16.06.25					2		80	
Провер.		Тарасов Д.А.		16.06.25								
И. Контр.		Бычков А.С.		16.06.25								
Утверд.		Митрохин М.А.		16.06.25	ФВТ, каф. ВТ гр. 21ВВВ1							

Содержание

Перечень сокращений и обозначений	5
Введение	6
1 Программа управления ступенчатым выключателем вентилятора	8
1.1 Предпроектный анализ	8
1.1.1 Актуальность	8
1.1.2 Обзор аналогов	9
1.1.3 Анализ требований к разработке	10
1.1.4 Выбор архитектуры программы	11
1.1.5 Выбор языка программирования	12
1.1.6 Выбор среды программирования.....	13
1.2 Проектирование и разработка.....	24
1.2.1 Конфигурирование ПЛК ОВЕН ПР200	24
1.2.2 Разработка управляющей программы	29
1.2.3 Конфигурирование панели оператора ОВЕН СП270.....	39
1.3 Тестирование программы.....	54
1.3.1 Тестирование и отладка программы в редакторе OWEN Logic.....	54
1.3.2 Тестирование и отладка интерфейса панели оператора СП270.....	57
1.3.3 Тестирование проекта на стенде целевой платформы	58
2 Охрана труда.....	64
2.1 Анализ негативных факторов, воздействующих на оператора ПЭВМ и способы их устранения	64
2.1.1 Оборудование рабочего места	64
2.1.2 Освещенность рабочего места	66
2.2 Меры безопасности при работе с ПЛК ОВЕН ПР200 и панелью оператора ОВЕН СП270.....	66
Заключение	68
Список использованных источников	69

Приложение А - UML-диаграммы.....	70
Приложение Б - Схемы функциональных блоков программ.....	73
Приложение В - Презентация	77

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Перечень сокращений и обозначений

ОВЕН СП270 – панель оператора фирмы ОВЕН модель СП270

ПЗУ – постоянное запоминающее устройство

ПК – персональный компьютер

ПЛК – программируемый логический контроллер

ПЛК ОВЕН ПР200 – программируемый логический контроллер фирмы ОВЕН модель ПР200

ПЧ – Преобразователь частоты

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

FBD (Function Block Diagram) – графический язык диаграмм функциональных блоков, который предназначен для визуального программирования

IEC 61131 – международный стандарт, описывающий языки программирования для программируемых логических контроллеров

Modbus RTU – коммуникационный протокол, основан на архитектуре ведущий-ведомый

OWEN Logic – среда программирования для создания алгоритмов работы программируемых логических контроллеров

RS-485 (англ. Recommended Standard 485) – стандарт физического уровня для промышленных сетей

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления

USB (Universal Serial Bus) – последовательный интерфейс для подключения периферийных устройств к вычислительной технике

Введение

Современные системы вентиляции играют ключевую роль в обеспечении комфортного микроклимата в жилых, промышленных и общественных зданиях. В зависимости от наличия определённого оборудования, а также исходя из габаритов помещения и его предназначения, необходимо продумывать специфические решения. Важно обеспечить достаточную гибкость и точность в управлении вентиляторами в системе вентиляции, ведь в противном случае это может привести к различным негативным последствиям, например: избыточному расходу электроэнергии, снижению срока службы оборудования, некомфортным условиям труда на производстве. В связи с этим актуальной задачей становится разработка программного обеспечения для автоматического управления вентилятором с использованием современных средств автоматизации.

Взаимодействие между человеком и техническим устройством следует рассматривать как целостный рабочий комплекс. Главная цель управления в этом случае - обеспечить эффективное преобразование операторских команд в управляющие сигналы, одновременно предоставляя пользователю достоверные данные о состоянии управляемого объекта.

Автоматизация процессов в управляющей системе влечёт за собой её усложнение. Такая система представляет собой комбинацию различных видов оборудования. С другой стороны такой системой легче управлять, что в итоге благоприятно скажется на её эффективности.

Когда речь идет о специализированном интерфейсе для управления автоматизированными технологическими процессами, используется термин SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Хотя буквально это означает «диспетчерское управление и сбор данных», сегодняшние SCADA-системы предлагают обширный набор функций, значительно превышающий значение этого термина.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Программа управления ступенчатым выключателем вентилятора

1.1 Анализ предметной области

1.1.1 Актуальность

Проект на тему «Управление ступенчатым выключателем вентилятора» является актуальным поскольку имеет практическую значимость как для бытового, так и для промышленного применения.

В жилых и офисных помещениях важно поддерживать комфортный микроклимат, поскольку неправильная вентиляция приводит к накоплению пыли и аллергенов, что может оказать негативное влияние на здоровье и самочувствие человека. Слишком высокая или низкая температура в помещении может вызвать перегрев или переохлаждение, снижая иммунитет и увеличивая риск простудных заболеваний. Дискомфортный микроклимат является особенно серьёзной проблемой в офисных и промышленных помещениях, поскольку плохое самочувствие сотрудников непременно окажет негативное влияние на продуктивность. Ступенчатое регулирование скорости вентилятора обеспечивает плавное изменение воздушного потока, что позволит создать комфортные условия пребывания в помещении.

Ступенчатые вентиляторы позволяют регулировать производительность в зависимости от текущих потребностей, что снижает энергопотребление по сравнению с системами, работающими на постоянной мощности. Программное управление обеспечивает оптимизацию работы вентилятора, минимизируя затраты на электроэнергию.

В итоге можно сказать, что система с возможностью точно настраивать работу ступенчатого выключателя вентилятора будет необходима в большинстве типов помещений. Целью данной дипломной работы является разработка и реализация подобной системы управления, которая обеспечит необходимую скорость вентилятора.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В контингент потребителей войдут преимущественно разработчики вентиляционных систем. Поскольку на рынке нет готовых систем климат контроля, им может пригодиться готовая система управления, которая впоследствии может быть модифицирована в зависимости от конкретных нужд. Это снизит затраты на разработку и позволит производить более конкурентноспособные решения.

1.1.2 Обзор аналогов

Существует несколько решений, на базе которых можно разработать систему управления. Каждое устройство имеет свои преимущества и недостатки.

Релейно-контактные схемы (РКС) — это электрические схемы, состоящие из проводников и двухпозиционных контактов, через которые источник тока связан с потребителями. Контакты подразделяются на замыкающие и размыкающие. Схема создаётся из отдельных деталей, соединяемых между собой посредством проводного монтажа.

Преимущества:

- низкая стоимость;
- высокая надежность;
- работа в тяжёлых условиях.

Недостатки:

- нет гибкости, для изменения алгоритма нужно переделать схему.

Микроконтроллерные системы (МК) – это электронные платы на базе программируемых чипов.

Преимущества:

- низкая стоимость;
- гибкость программирования.

Недостатки:

- низкая надежность в промышленных условиях.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) – это промышленный компьютер, предназначенный для автоматизации технологических процессов.

Преимущества:

- высокая надежность;
- гибкость программирования;
- модульность и масштабируемость;
- простота обслуживания;

Недостатки:

- высокая стоимость.

На основании анализа аналогов можно сделать вывод, что программа на базе ПЛК может выгодно выделиться среди аналогов благодаря гибкости программирования и высокой надёжности.

1.1.3 Анализ требований к разработке

В рамках проекта разрабатывается программа контроля и управления ступенчатым вентилятором на базе ПЛК.

Требуется следующий функционал:

- включение/выключение вентилятора;
- увеличение/уменьшение скорости вентилятора путём выбора между заранее установленными уровнями частоты;
- аналоговый режим работы;
- интерфейс для взаимодействия с пользователем.

Управление программой будет осуществляться через панель оператора ОВЕН СП200.

На рисунке 1 представлена диаграмма вариантов использования.



Рисунок 1 – UML-диаграмма вариантов использования

1.1.4 Выбор архитектуры программы

Требуется организовать взаимодействие между пользователем и управляющей программой ПЛК. Работу прибора можно представить в виде последовательно выполняемых шагов (рабочий цикл):

- логическое состояние входов автоматически записывается в ячейки памяти входов (количество ячеек равно числу входов – $I1 \dots In$);
- программа считывает значения из ячеек памяти входов и выполняет над ними логические операции в соответствии с алгоритмом работы;
- после обработки всей программы результаты записываются на физические выходы прибора (для включения выходных элементов $Q1 \dots Q4$);
- переход к первому шагу данной последовательности (после выполнения всех предыдущих шагов обработки программы цикл работы прибора повторяется с первого шага).

Время выполнения всех шагов зависит от сложности алгоритма программы [1]. Функциональная схема выполнения программы на ПЛК показана на рисунке 2.

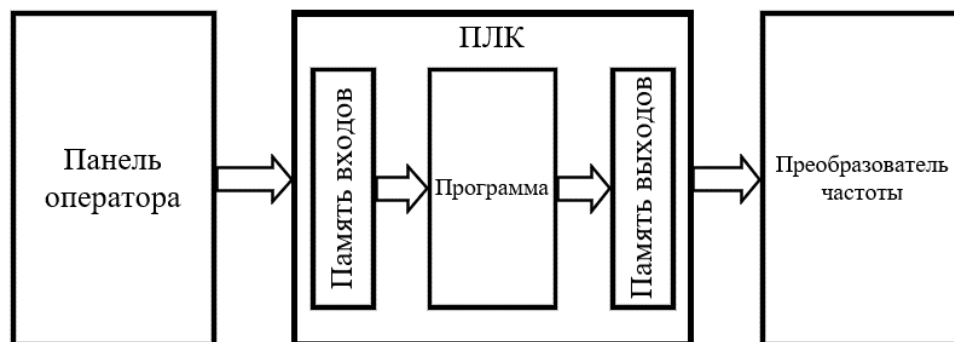


Рисунок 2 – Функциональная схема выполнения программы ПЛК

Взаимодействие будет организовано через панель оператора, работающую как master-устройство (ведущее), к которой, по интерфейсу RS485, подключен ПЛК в режиме slave (ведомое). В RS-485 для передачи и приёма данных используется витая пара. Передача данных осуществляется с помощью дифференциальных сигналов, а это в свою очередь обеспечивает высокую устойчивость к синфазной помехе. Разница напряжений одной полярности означает логическую единицу, разница другой полярности означает логический ноль [2].

Исходя из требуемого функционала, планируемой архитектуры проекта и выбранной целевой платформы был определен следующий набор инструментов разработки: язык функциональных блоков FBD стандарта IEC 61131-3, среда разработки OWEN Logic, конфигуратор панели оператора СП200, ОС Microsoft Windows 10. Создание графического интерфейса панели оператора для взаимодействия с пользователем происходит в программе «Конфигуратор СП200».

1.1.5 Выбор языка программирования

Для разработки был выбран язык FBD.

Язык функциональных блоков FBD – графический язык программирования стандарта IEC 61131-3. Данный язык предназначен для создания управляющих программ программируемых логических контроллеров (ПЛК). Алгоритм создается на языке функциональных блоков FBD с помощью готовых компонентов [3].

Блок – это подпрограмма, функция или функциональный блок (И, ИЛИ, НЕ, триггеры, таймеры, счётчики, блоки обработки аналогового сигнала, математические операции и др.) [3].

Каждая отдельная цепь представляет собой выражение, составленное графически из отдельных элементов. К выходу блока подключается следующий блок, образуя цепь. Внутри цепи блоки выполняются строго в порядке их соединения. Результат вычисления цепи записывается во внутреннюю переменную либо подается на выход ПЛК [3].

Язык FBD прост в изучении, нагляден и удобен для прикладных специалистов, не имеющих специальной подготовки в области информатики. Жесткая последовательность выполнения приводит к простой внутренней структуре команд, которая транслируется в быстрый и надежный код. FBD четко отражает взаимосвязь входов и выходов диаграммы. При условии качественной проработки алгоритма с позиции передачи сигналов, его представление в виде FBD диаграммы получается нагляднее чем в текстовых языках программирования [3].

1.1.6 Выбор среды разработки

В качестве среды программирования, исходя из целевой платформы проекта, была взята OWEN Logic. Для создания графического интерфейса используется программа «Конфигуратор СП200» (далее: конфигуратор). OWEN Logic – среда программирования, предназначенная для создания алгоритмов работы коммутационных приборов, относящихся к классу программируемых реле, в частности приборов серий ПР1хх, ПР200 и панели ИПП120 производства компании ОВЕН. Полный перечень приборов, для программирования которых может использоваться OWEN Logic, представлен на сайте компании ОВЕН [3].

Среда позволяет пользователю разработать программу автоматизации системы по собственному алгоритму и записать ее в энергонезависимую память прибора [3]. Для составления программы используется графический язык FBD стандарта IEC 61131-3.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Бесплатная среда программирования распространяется через сайт производителя, который показан на рисунке 3.

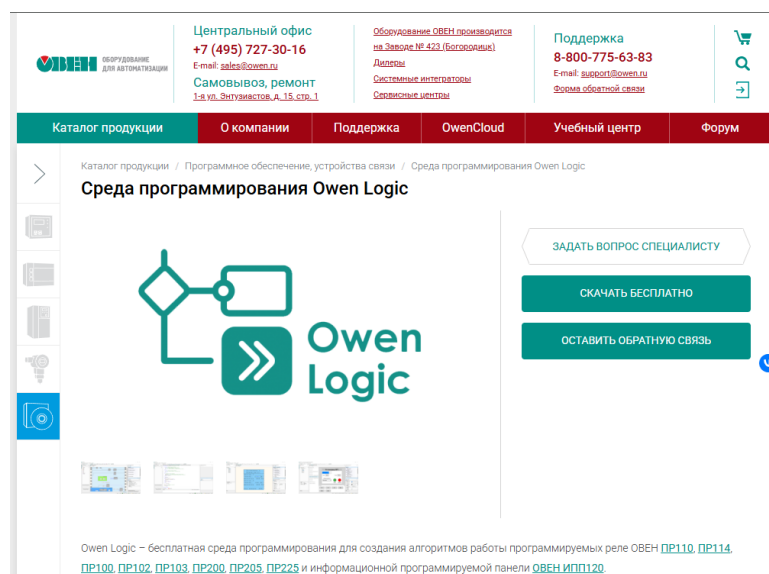


Рисунок 3 – Страница загрузки среды программирования на сайте производителя

На странице среды Owen Logic содержится информация о функциональных возможностях, дистрибутивы, техническая документация, форму для обратной связи, ссылки на обучающие ролики, а также примеры алгоритмов созданных в Owen Logic. Для того чтобы загрузить установочный файл среды Owen Logic требуется нажать «Скачать бесплатно» в области загрузки.

Перед началом загрузки сайт запросит подтверждение, показанное на рисунке 4, что пользователь ознакомился с условиями лицензионного соглашения и согласен с ними.

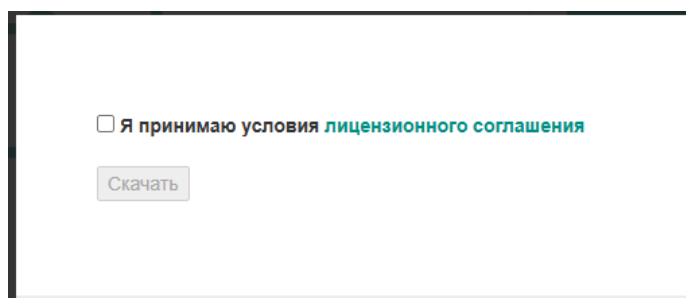


Рисунок 4 – Окно подтверждения

После нажатия кнопки «Скачать» начинается загрузка архива, содержащего исполняемый файл установки Owen Logic. Процесс загрузки представлен на рисунке 5.

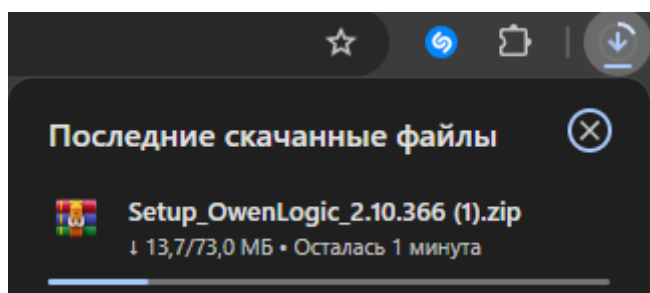


Рисунок 5 – Загрузка архива с установочным файлом

Загруженный архив требуется разархивировать. Установка начинается после запуска исполняемого файла setup_Owenlogic_2.10.366.exe.

После запуска исполняемого файла появляется окно Мастера установки среды Owen Logic. Чтобы продолжить процесс установки, необходимо нажать кнопку «Далее». Окно мастера установки представлено на рисунке 6.

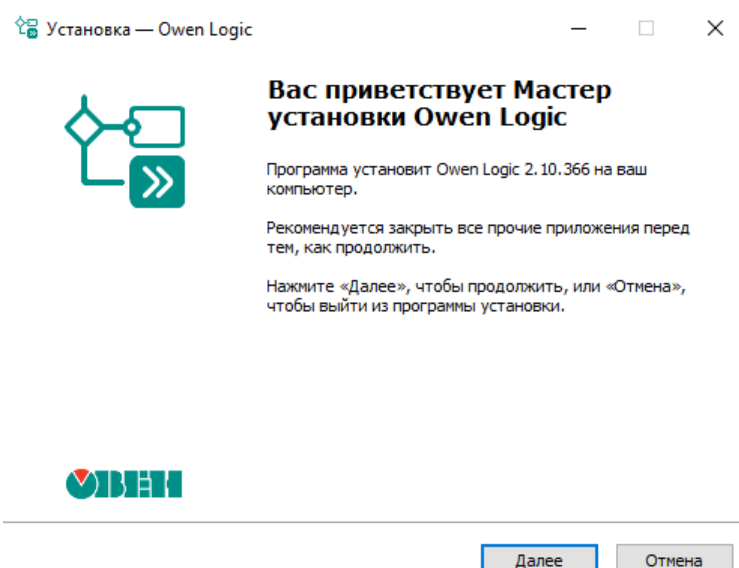


Рисунок 6 – Мастер установки Owen Logic

Далее пользователю нужно будет прочитать лицензионное соглашение и подтвердить его принятие для продолжения установки. Окно с лицензионным соглашением представлено на рисунке 7.

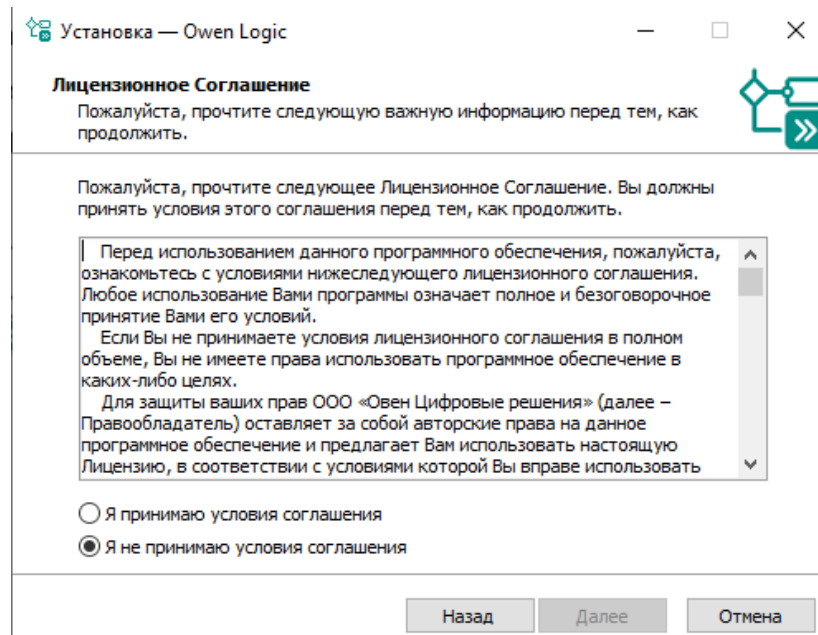


Рисунок 7 – Лицензионное соглашение

На рисунке 8 изображено окно для выбора папки установки среды Owen Logic. Для того чтобы указать нужный путь требуется нажать на клавишу «Обзор...». Если нет необходимости изменять расположение, то можно оставить это поле со значением по умолчанию.

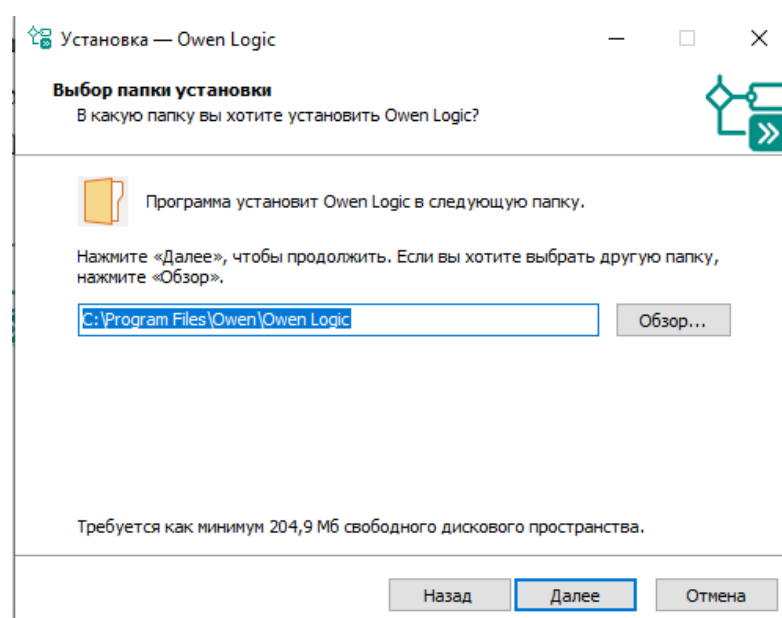


Рисунок 8 – Выбор папки для установки среды программирования

На рисунке 9 изображено окно для выбора дополнительных настроек.

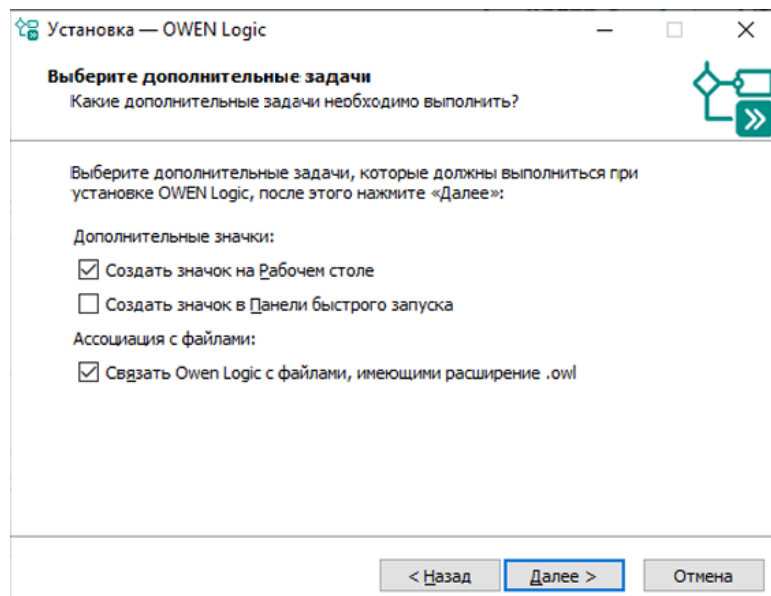


Рисунок 9 – Выбор папки для установки среды программирования

В окне, показанном на рисунке 10, требуется проверить все дополнительные опции и начать инсталляцию.

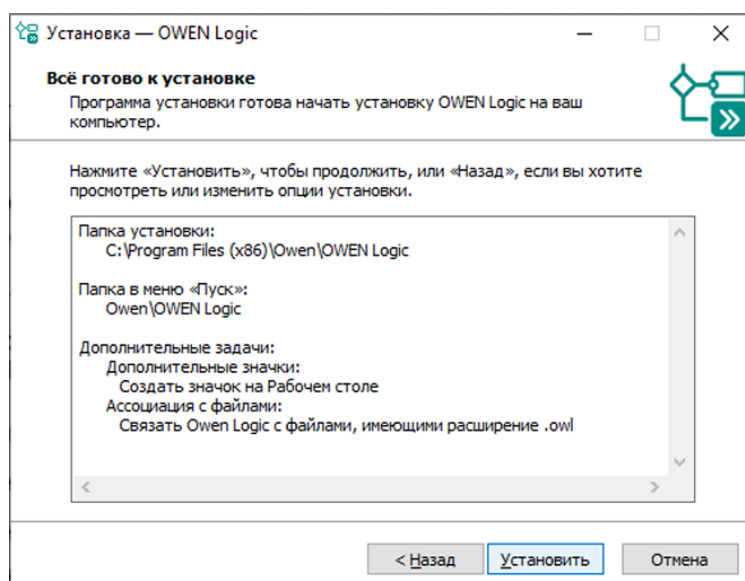


Рисунок 10 – Просмотр опций установки

После запуска OWEN Logic открывается окно, изображённое на рисунке 11.

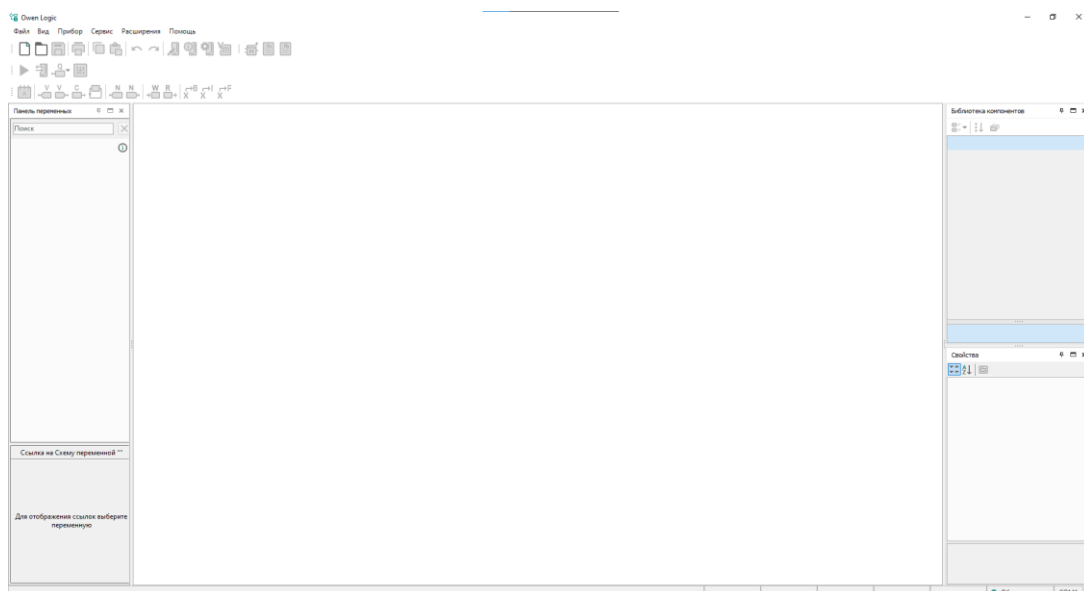


Рисунок 11 – Окно OWEN Logic

Для дальнейшей настройки среды программирования требуется создать новый проект через меню «Файл». Меню изображено на рисунке 12.

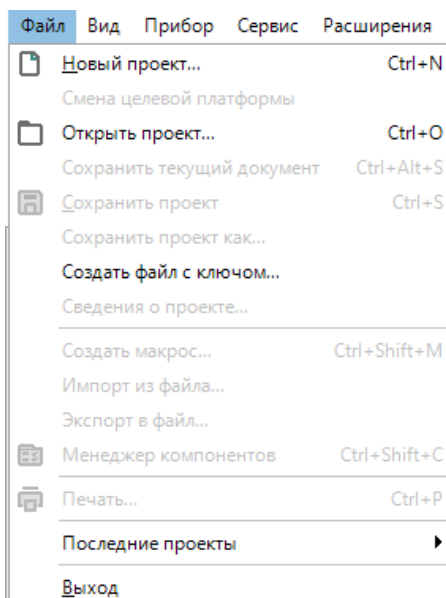


Рисунок 12 – Начало создания нового проекта в среде OWEN Logic

На рисунке 13 показана панель инструментов среды программирования OWEN Logic.

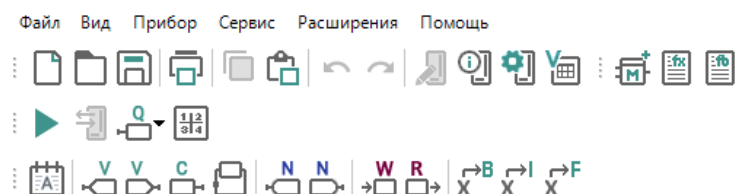


Рисунок 13 – Панель инструментов OWEN Logic

Панель инструментов, как и другие компоненты интерфейса, можно настроить. Имеется возможность перемещать, или выносить отдельные элементы интерфейса в окна.

В режиме эмуляции на панели инструментов появляются дополнительные элементы, что можно увидеть на рисунке 14. Эти элементы также можно настроить.

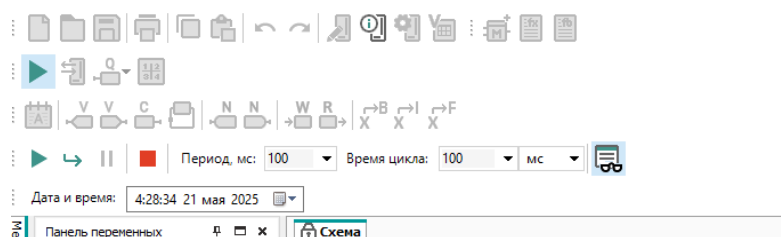


Рисунок 14 – Панель инструментов в режиме эмуляции

На рисунке 15 представлен рабочий холст проекта, который используется для проектирования логики управляющей программы. В окне свойств документа можно изменить размер холста, задав значения высоты и ширины.

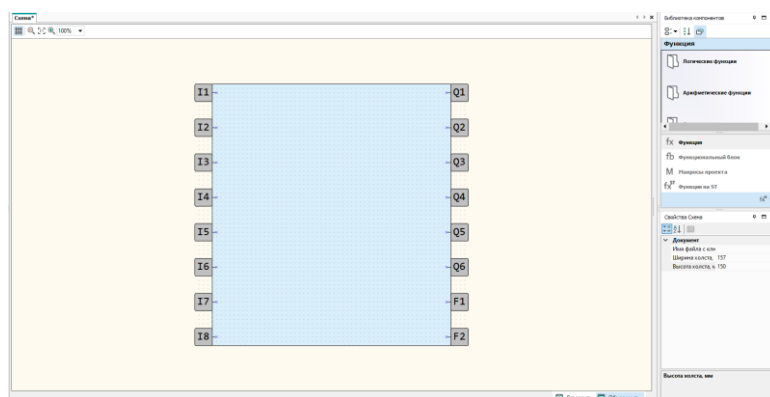


Рисунок 15 – Рабочий холст проекта среды OWEN Logic

Также на Главном экране среды Owen Logic имеется Библиотека компонентов, показанная на рисунке 16, которая содержит функциональные блоки языка FBD, а также макросы проекта.

На рисунке 16 продемонстрировано окно библиотеки компонентов, содержащее функциональные блоки и макросы.

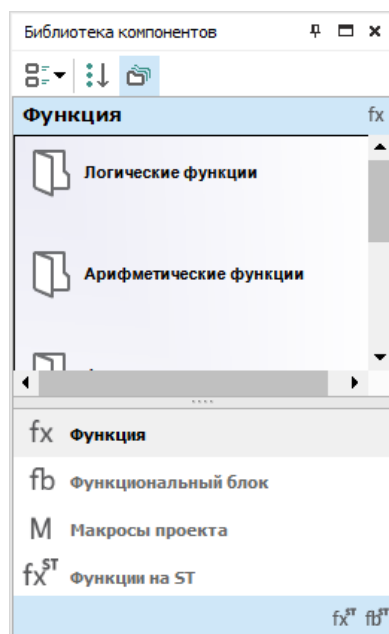


Рисунок 16 – Библиотека компонентов

Быстрый доступ к переменным проекта можно получить в Панели переменных, изображённой на рисунке 17.

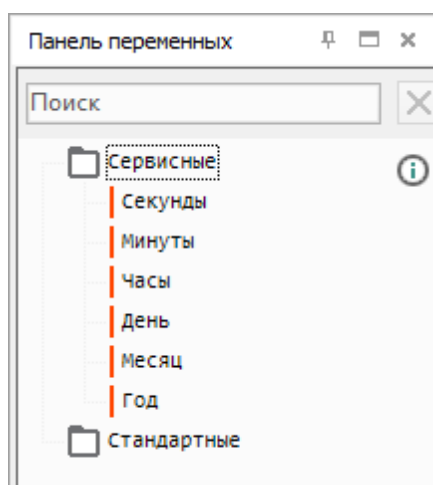


Рисунок 17 – Панель переменных

Для настройки монохромного текстового ЖК-дисплея ПЛК в среде Owen Logic предусмотрен специальный инструмент - «Менеджер экранов», изображённый на рисунке 18. Данная функция позволяет выводить на символьный дисплей значения переменных и текстовые сообщения.

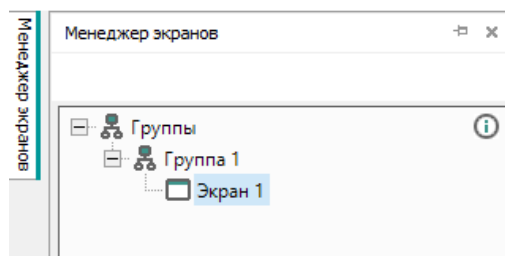


Рисунок 18 – Окно раздела «Менеджер экранов»

Для дальнейшего подключения ПЛК к ПК через USB порт требуется изменить настройки подключения прибора, показанные на рисунке 19. После установки требуемых драйверов в графе «Порт» будет определяться подключённый ПЛК.

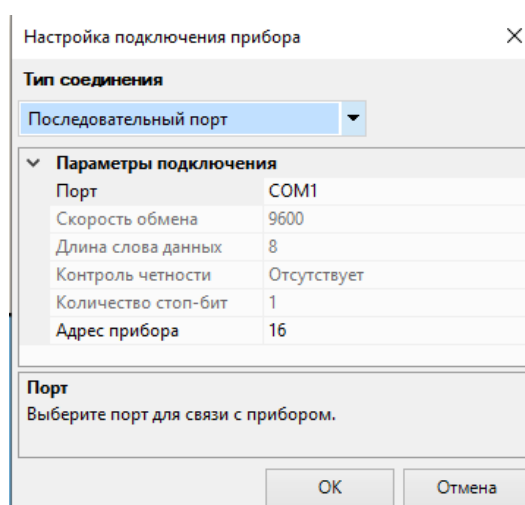


Рисунок 19 – Окно раздела «Менеджер экранов»

Для создания графического интерфейса была установлена программа Конфигуратор СП200. Программа «Конфигуратор» – это прикладное программное обеспечение, предназначенное для программирования (создания конфигурации) панели оператора [4].

Программа-конфигуратор позволяет сформировать конфигурацию панели оператора – «проект» – произвольной степени сложности, соответствующий конкретному комплексу процедур, управление которыми должна выполнять панель оператора [4]. Созданный проект загружается в панель оператора, определяя текущие значения ее параметров.

Процесс установки программы «Конфигуратор СП200» показан на рисунках 20–24. На рисунке 20 показан мастер установки программы.

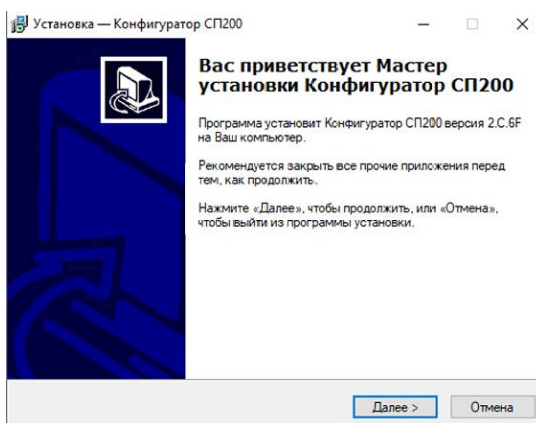


Рисунок 20 – мастер установки конфигуратора

На рисунке 21 продемонстрирован этап, на котором требуется выбрать будущее расположение установки программы «Конфигуратор СП200» на дисковом накопителе ПК. Для этого нужно нажать на «Обзор», в открывшемся окне указать нужное расположение. В случае если изменять расположение не требуется оставить это поле со значением по умолчанию.

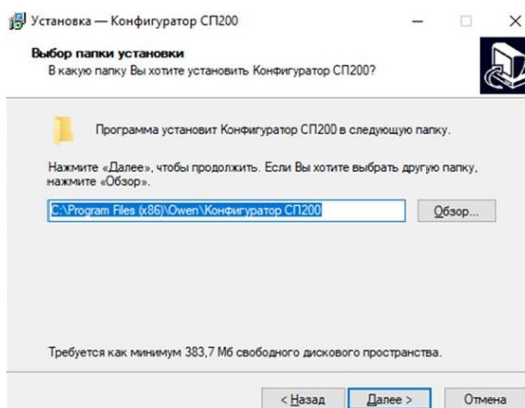


Рисунок 21 – Выбор директории для установки конфигуратора

В следующем окне предлагается создать значок на рабочем столе. Для того чтобы создать значок требуется поставить флажок рядом с соответствующим пунктом, как показано на рисунке 22.

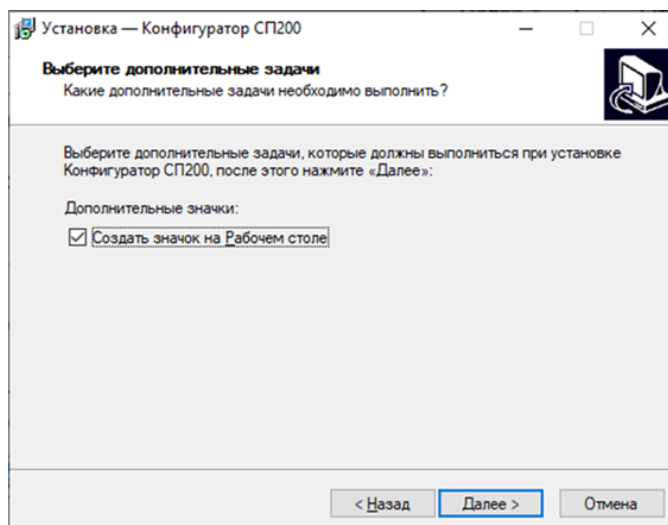


Рисунок 22 – Дополнительные настройки мастера установки конфигулятора

В представленном на рисунке 23 окне показаны все выбранные опции установки программы «Конфигуратор СП200».

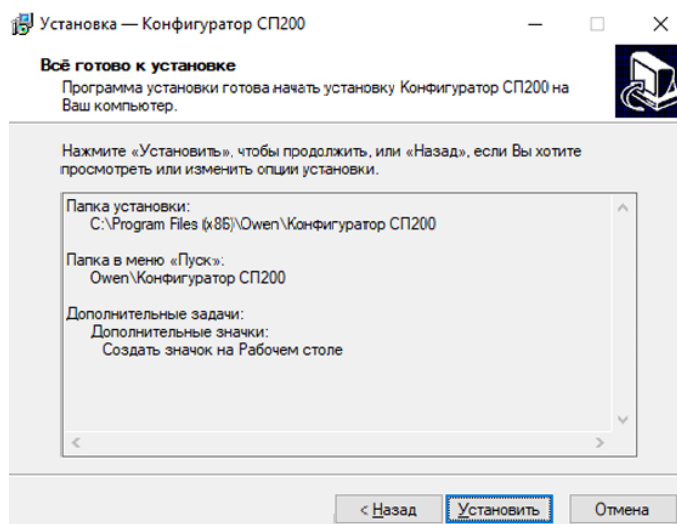


Рисунок 23 – Окно просмотра заданных настроек

На рисунке 24 показано окно завершения установки программы «Конфигуратор СП200». Если после завершения установки необходимо сразу запустить «Конфигуратор СП200», то нужно оставить флажок рядом соответствующим пунктом.

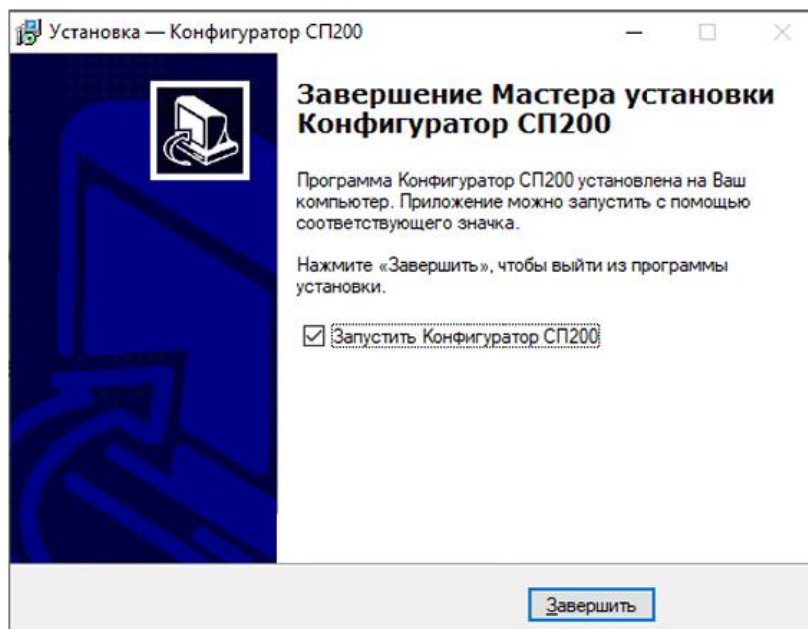


Рисунок 24 – Завершение установки программы

На рисунке 25 показано Главное окно, открывающееся после запуска «Конфигуратор СП200». Для взаимодействия с данным ПО также необходимо создать новый проект.

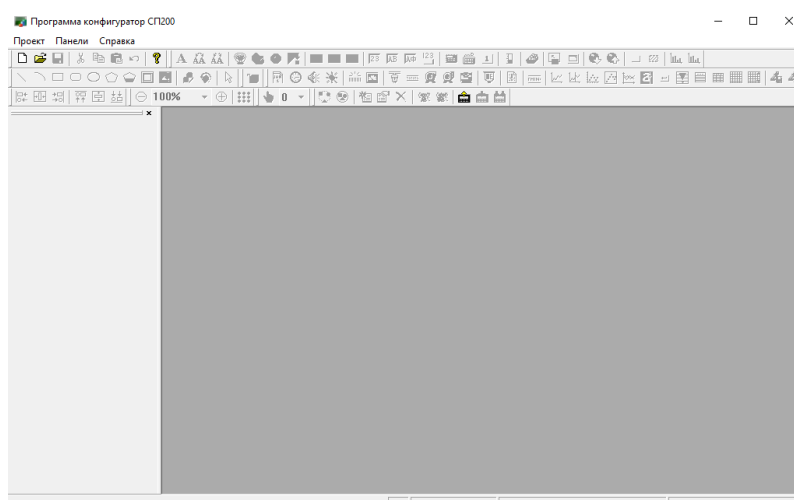


Рисунок 25 – Окно программы «Конфигуратор СП200»

На рисунке 26 представлена панель инструментов программы «Конфигуратор СП200». Данная панель, как и в случае со средой «OWEN Logic», также может настроена для удобства эксплуатации.



Рисунок 26 – Панель инструментов

В открывшемся окне имеется древо элементов для удобства навигации по проекту. Вид древа для нового проекта продемонстрирован на рисунке 27.

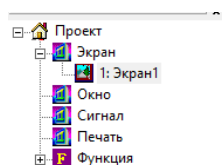


Рисунок 27 – Окно элементов проекта

1.2 Проектирование и разработка

Проект включает в себя программу управления и сконфигурированный интерфейс операторской панели. После подачи питания запускается ПЛК с загруженной программой, панель оператора и вентилятор, подключённый к ПЛК через преобразователь частоты. Управление программой контроллера осуществляется пользователем через графический интерфейс панели и датчик.

Пользователь может управлять вентилятором либо в ступенчатом режиме работы, переключаясь между четырьмя уровнями мощности при помощи графического интерфейса панели оператора, либо в аналоговом, регулируя скорость вращения при помощи датчика.

1.2.1 Конфигурирование ПЛК ОВЕН ПР200

Овен ПР200 - программируемое реле с дисплеем. Прибор выпускается в корпусе 7 DIN и имеет на борту до 24 каналов ввода/вывода [4]. Для расширения собственных входов/выходов предусмотрено подключение по внутренней шине модулей расширения. Для интеграции в SCADA-системы и управления внешними

устройствами в прибор может быть установлено до двух интерфейсов RS-485 с поддержкой протоколов Modbus RTU/ASCII [2]. На рисунке 28 представлен внешний вид прибора.



Рисунок 28 – Овен ПР200

Программа была разработана в «OwenLogic» на языке FBD. Загрузка алгоритма производится путём соединения прибора и ПК с помощью USB кабеля.

При создании нового проекта в редакторе «OWEN Logic» в окне «Выбор модели» был выбран тип устройства ПР200-24.2(4).Х, соответствующий целевой платформе проекта.

Следующим шагом стала настройка интерфейса в пункте «Настройки прибора» во вкладке «Прибор». В появившемся окне во вкладке «Интерфейсы» в разделе «Слот 1» оставлены стандартные настройки. В параметрах прибора был изменён адрес, а также добавлены сетевые переменные. Настройки, указанные для организации сетевого обмена между контроллером и панелью оператора, показаны на рисунках 29 и 30.

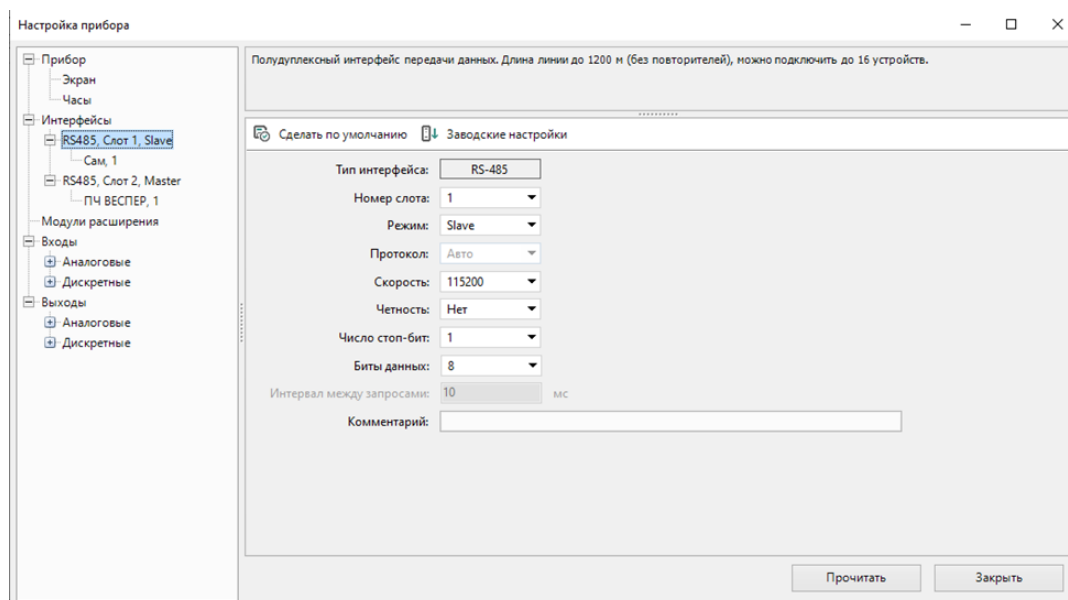


Рисунок 29 – Сетевые настройки ПЛК

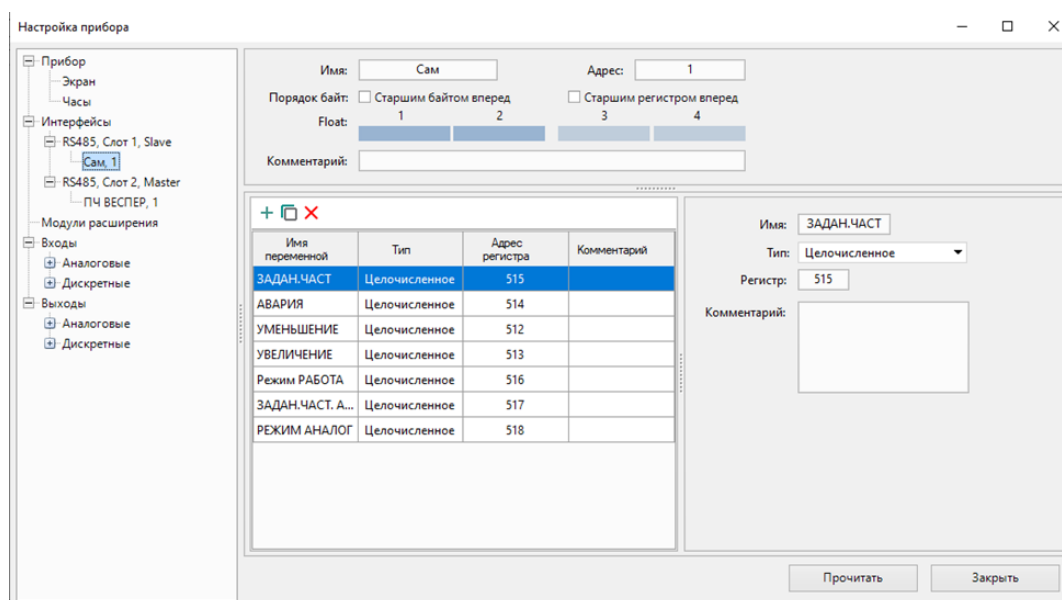


Рисунок 30 – Сетевые переменные ПЛК

Следующим шагом необходимо настроить обмен данными между контроллером и преобразователем частоты. Для этого через контекстное меню раздела «Слот 2» было добавлено новое устройство. В настройках устройства был указан адрес, а также добавлены сетевые переменные. Настройки, указанные для организации сетевого обмена между контроллером и преобразователем частоты показаны на рисунках 31 и 32.

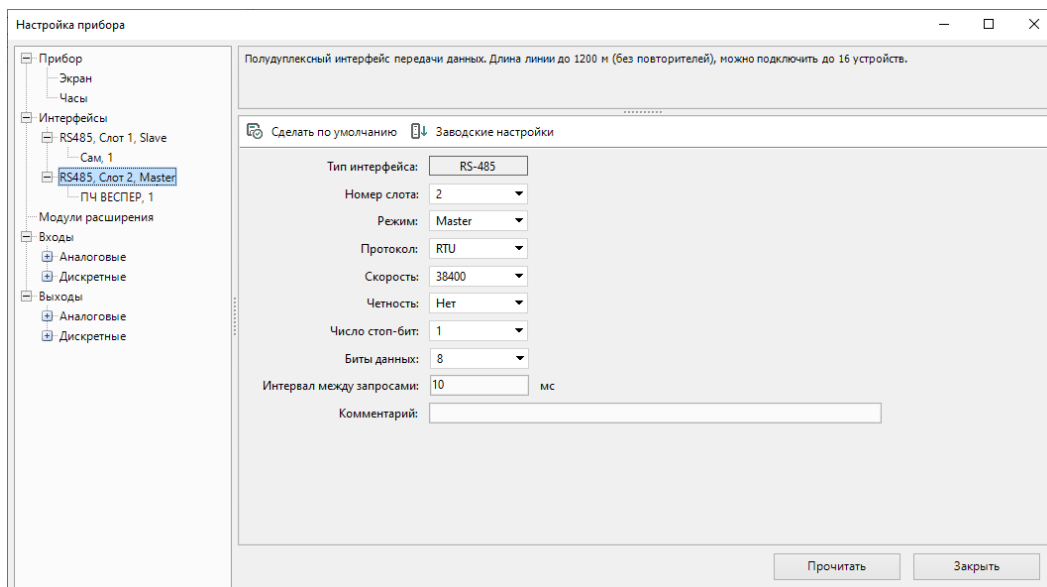


Рисунок 31 – Сетевые настройки ПЧ

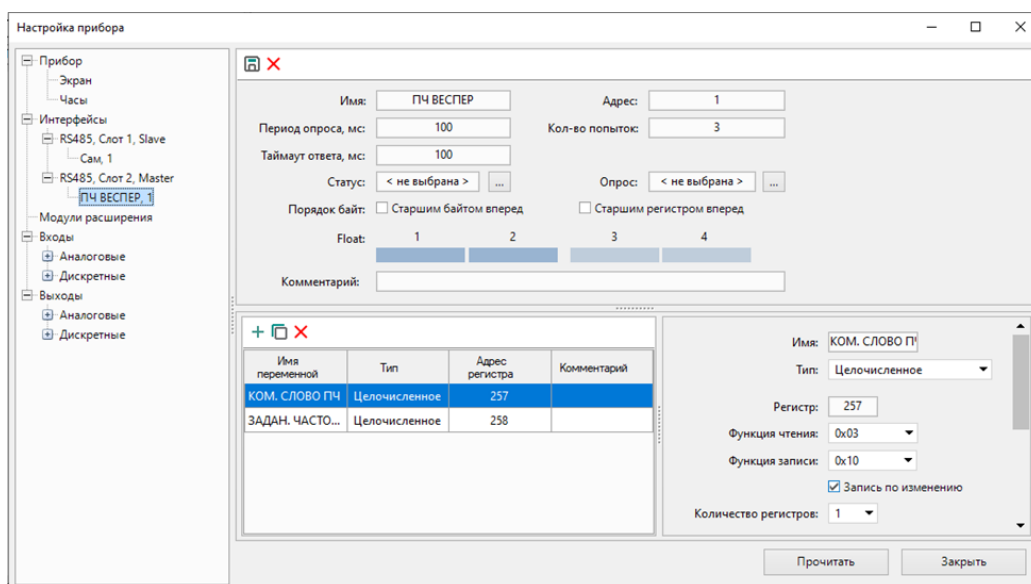


Рисунок 32 – Сетевые переменные ПЧ

В таблице 1 указаны все сетевые переменные программы с адресами регистров.

Таблица 1 - Таблица переменных проекта

Имя переменной	Тип переменной	Адрес регистра
ЗАДАН.ЧАСТ	Целочисленное	515
АВАРИЯ	Целочисленное	514

Имя переменной	Тип переменной	Адрес регистра
УМЕНЬШЕНИЕ	Целочисленное	512
УВЕЛИЧЕНИЕ	Целочисленное	513
Режим РАБОТА	Целочисленное	516
ЗАДАН.ЧАСТ.АНАЛОГ	Целочисленное	517
РЕЖИМ АНАЛОГ	Целочисленное	518
КОМ. СЛОВО ПЧ	Целочисленное	257
ЗАДАН. ЧАСТОТА ПЧ	Целочисленное	258

Сетевые переменные необходимы для взаимодействия ПЛК ОВЕН ПР200 с панелью оператора ОВЕН СП270 и преобразователем частоты Веспер Е2-8300-S2L по протоколу Modbus RTU через интерфейс RS-485 в режиме slave.

Для передачи значений между элементами FBD были добавлены локальные переменные, показанные на рисунке 33.

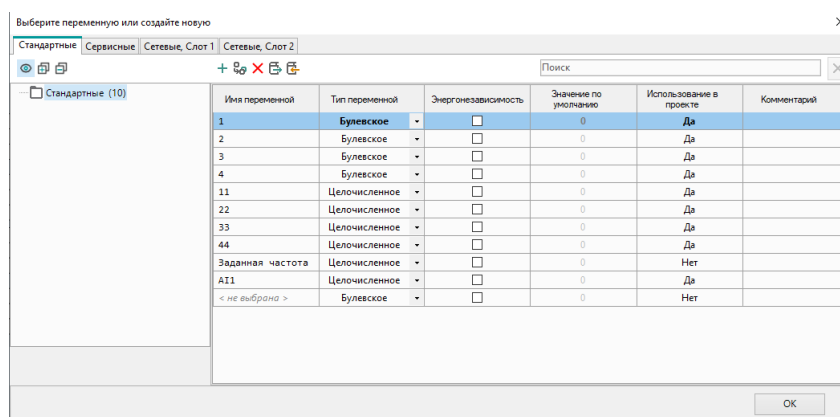


Рисунок 33 – Локальные переменные проекта

В таблице 2 указаны локальные переменные.

Таблица 2 - Таблица локальных переменных проекта

Имя переменной	Тип переменной
1	Булевское
2	Булевское
3	Булевское

Имя переменной	Тип переменной
4	Булевское
11	Целочисленное
22	Целочисленное
33	Целочисленное
44	Целочисленное
Заданная частота	Целочисленное
AI1	Целочисленное

1.2.2 Разработка управляющей программы

Исходя из поставленной задачи, была построена схема работы управляющей программы, представленная на рисунке.

Для организации переключения между уровнями скорости вентилятора использован следующий алгоритм. Включение вентилятора осуществляется. Нажатием клавиши «Увеличение». После этого вентилятор запустится на первом уровне скорости. Также клавиша «Увеличение» отвечает за повышение уровня мощности на один уровень до четвертого уровня включительно. Клавиша «Уменьшение» отвечает за снижение уровня мощности вентилятора с четвёртого уровня по первый включительно. Нажатие на клавишу на первом уровне скорости приведёт к выключению вентилятора. При нажатии на одну из клавиш соответствующей локальной переменной будет присвоено значение логической единицы.

Увеличение уровня мощности происходит с помощью функционального блока «STU1» и функций «AND» и «NOT», после чего сигнал поступает на функциональный блок «CTN1», где происходит увеличение выходного сигнала. Активация клавиши Уменьшение активирует сброс счётчика «STU1». Алгоритм уменьшения уровня мощности устроен аналогичным образом. В зависимости от значения выходного сигнала с помощью функции «EQ» будет активен один из четырёх выходов. Полный алгоритм переключения между уровнями скорости вентилятора представлен на рисунке 34.

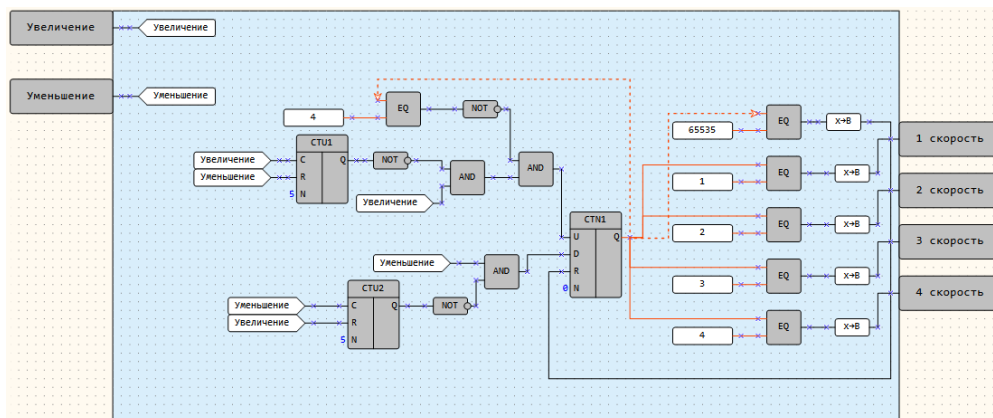


Рисунок 34 – Алгоритм переключения уровней скорости вентилятора

Инкрементный счетчик (CTU), изображённый на рисунке 35, используется для подсчета числа импульсов, приходящих на вход C. На выходе Q счетчика появится импульс сигнала логической «1», если число приходящих на вход импульсов достигнет установленного значения на входе N (N – уставка) [3]. Работу счетчика поясняет приведенная на рисунке 36 диаграмма.

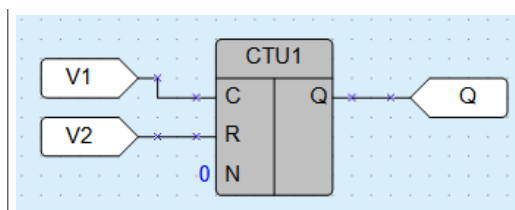


Рисунок 35 – Инкрементный счётчик

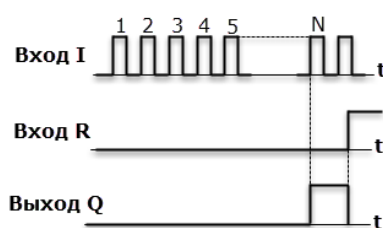


Рисунок 36 – Временная диаграмма инкрементного счётчика

Принцип действия для блока функции «И» (AND) продемонстрирован на рисунке 37 - если на оба входа блока функции поступают сигналы логической «1» (все входы включены – контакты замкнуты), то на выходе появляется сигнал логической «1» (выход включен) [3].

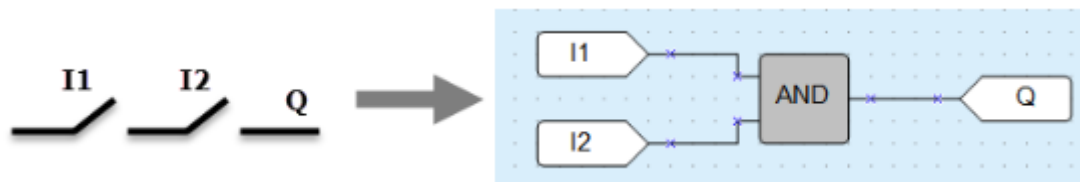


Рисунок 37 – Блок функции «AND»

Принцип действия для функции «EQ», изображённого на рисунке 38 - если на оба входа блока функции поступают одинаковые сигналы, то на выходе появляется сигнал логической «1» (выход включен). В остальных случаях сигнал на выходе равен логическому «0» (выход выключен) [3].

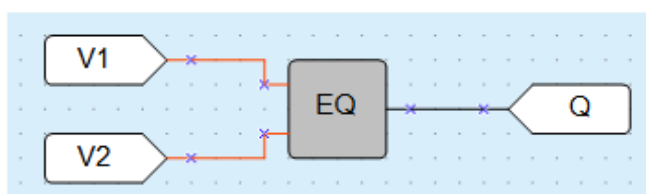


Рисунок 38 – Блок функции «EQ»

Принцип действия блока функции «НЕ» («NOT») показан на рисунке 39 – если на вход блока функции поступает сигнал логического нуля (контакты разомкнуты), то на выходе элемента появляется логическая единица (выход включен), и наоборот: сигнал инвертируется [3].

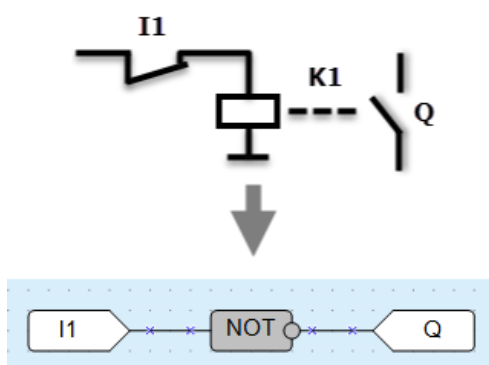


Рисунок 39 – Блок функции «NOT»

Для экономии пространства на рабочем холсте программы, на основе алгоритма переключения между уровнями скорости вентилятора был создан

пользовательский функциональный блок - макрос. К входам макроса присоединены сетевые переменные «УВЕЛИЧЕНИЕ» и «УМЕНЬШЕНИЕ», необходимые для взаимодействия с панелью оператора. К выходам макроса привязаны локальные переменные «1», «2», «3», «4» необходимые для взаимодействия со следующим фрагментом программы. Данный макрос продемонстрирован на рисунке 40.

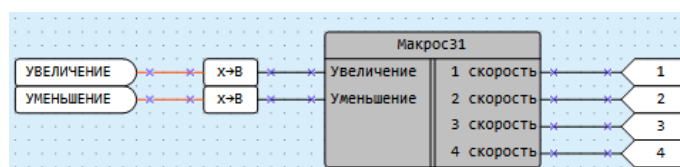


Рисунок 40 – «Макрос31»

Следующий фрагмент программы отвечает за определение частоты вращения каждого из четырёх уровней. Алгоритм выполнен с использованием функции «SEL».

Принцип действия функции «Тернарная условная операция сравнения» (SEL), показанной на рисунке 41 - если V1 равен логическому «0», то результатом выполнения операции блока на выходе является входной сигнал V2. Если V1 равен логической «1», то результатом выполнения операции блока на выходе является входной сигнал V3 [3].

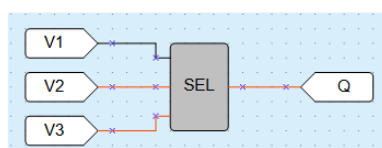


Рисунок 41 – Блок функции SEL

В данном случае выходным сигналом будут локальные переменные «11», «22», «33», «44». Когда вентилятор выключен, либо работает в аналоговом режиме, значения переменных равно нулю. При выборе одного из уровней, в переменную, соответствующую данному уровню, будет записано фиксированное значение. Данный алгоритм приведён на рисунке 42.

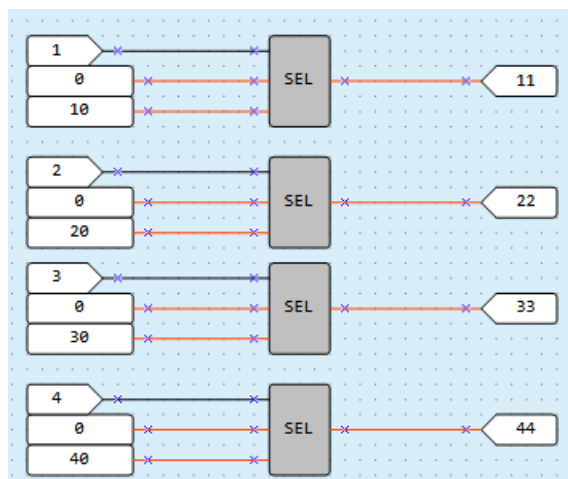


Рисунок 42 – Установка частоты уровней

Сетевая переменная «ЗАДАН.ЧАСТ. АНАЛОГ» была подключена к аналоговому входу ПЛК, для реализации аналогового режима работы. Данный фрагмент программы изображён на рисунке 43.

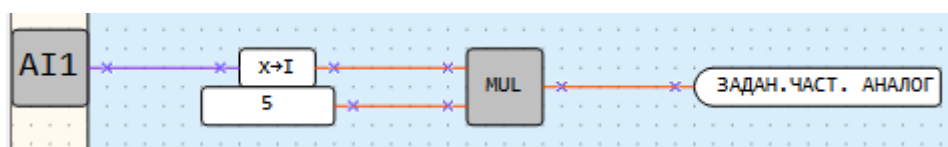


Рисунок 43 – Подключение аналогового входа

Умножение входного значения на 5 было осуществлено, поскольку датчик выдаёт значение в диапазоне от 0 до 10 В, а частота вращения вентилятора будет изменяться в диапазоне от 0 до 50 Гц.

На рисунке 44 изображён фрагмент программы, в котором в сетевую переменную «ЗАДАН.ЧАСТ» записывается значение частоты вращения вентилятора. Значение записывается в зависимости от выбранного режима работы с помощью сетевой переменной «РЕЖИМ АНАЛОГ». Если переменная «РЕЖИМ АНАЛОГ» равна логическому нулю, то с помощью функции «ADD» и функционального блока «SEL» в переменную «ЗАДАН. ЧАСТ» записывается частота активного уровня мощности. Если переменная «РЕЖИМ АНАЛОГ» равна логической единице, то в переменную «ЗАДАН. ЧАСТ» записывается значение переменной «ЗАДАН.ЧАСТ.АНАЛОГ».

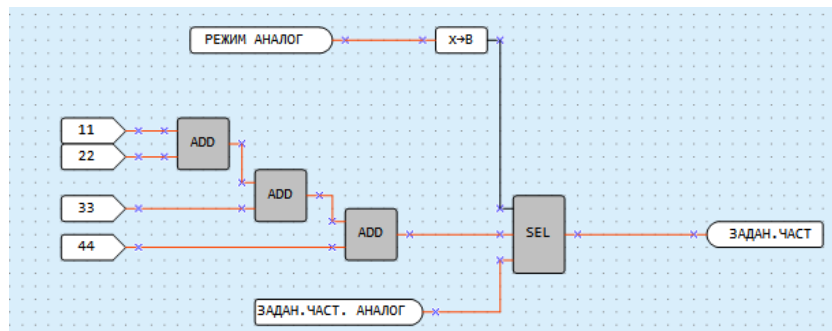


Рисунок 44 – Запись значения в сетевую переменную «ЗАДАН.ЧАСТ»

Результатом операции функции «Сложение» (ADD), показанной на рисунке 45, является сумма входных значений.

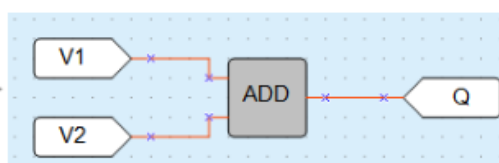


Рисунок 45 – Блок функции «ADD»

На рисунке 46 изображён фрагмент программы, предназначенный для организации управления преобразователем частоты ВЕСПЕР Е2-8300.

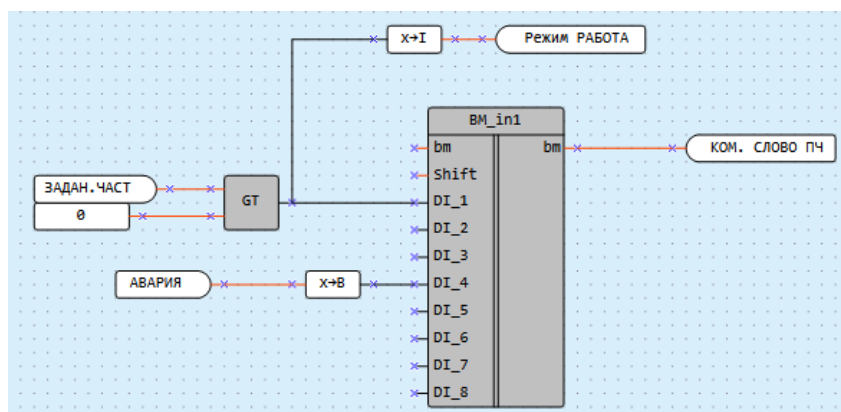


Рисунок 46 – Формирование командного слова

Работа по протоколу Modbus RTU предполагает взаимодействие с регистрами - ячейками памяти, содержащими данные. Каждый регистр имеет уникальный номер, который может быть указан как в десятичной системе исчисления, так и в шестнадцатеричной. Шестнадцатеричное число определяется

наличием символа «h» от английского слова «hexadecimal» – шестнадцатеричный.

Один из основных регистров преобразователя частоты – это «Командное слово». С помощью него можно запускать привод, останавливать его, определять направление вращения, осуществлять сброс аварийного состояния.

«Командное слово» состоит из набора бит. Каждому биту соответствует определенная команда. Однако по интерфейсу RS-485 при работе по протоколу Modbus RTU всегда передается целочисленное значение. Данное значение получается путем кодирования отдельных бит при помощи стандартной битовой маски. Другими словами, двоичный код кодируется в целочисленное значение и передается по интерфейсу.

На рисунке 47 представлен функциональный блок «BM_IN» из онлайн-базы «Менеджер компонентов», предназначенный для сбора дискретных сигналов в битовую маску

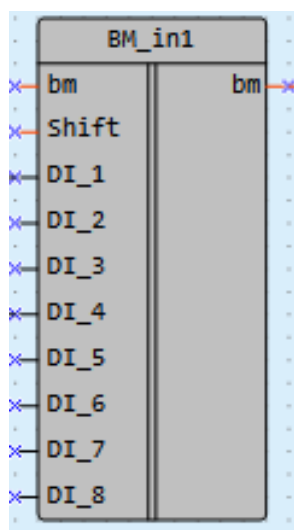


Рисунок 47 – Функциональный блок «BM_IN»

Реализация функционального блока «BM_IN» представлена на рисунке 48. Она состоит из функций «MUL», «ADD» и «PUTBIT».

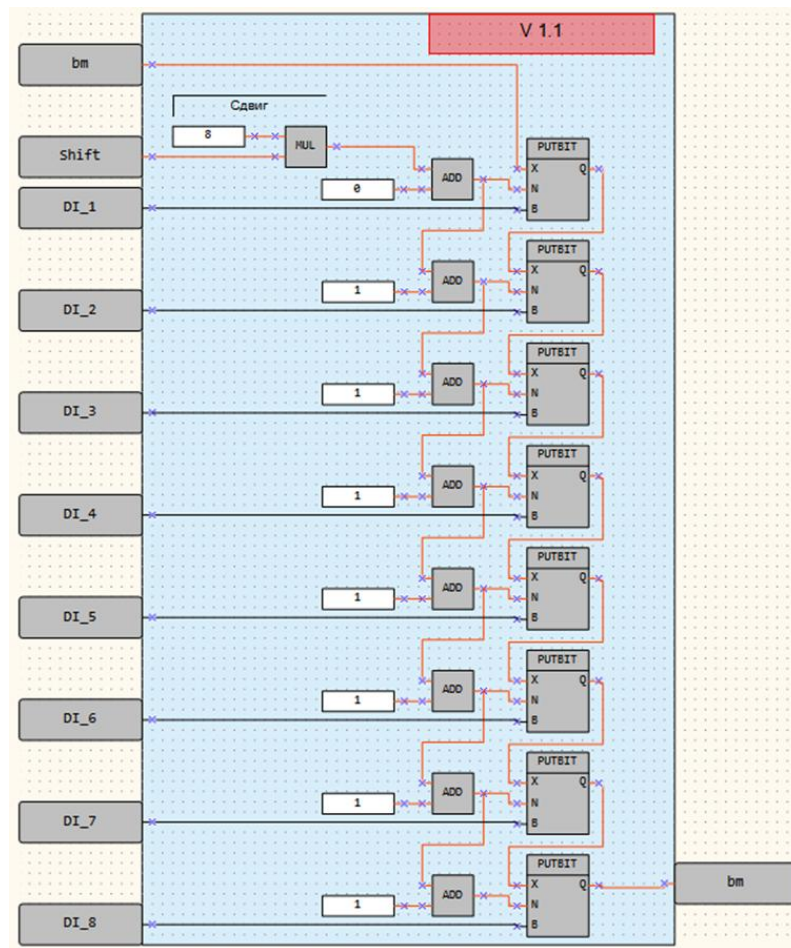


Рисунок 48 – Реализация функционального блока «BM_IN»

Функция «Запись бита» (PUTBIT), показанная на рисунке 49, используется для выполнения операции записи в числе X значения бита N в состояние, указанное на входе B (логические «0» или «1»). Число на входе X задается в десятичной системе. Выходное значение Q – целочисленное [3].

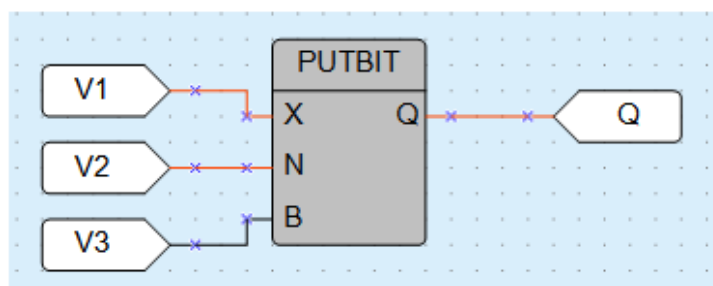


Рисунок 49 – Реализация функционального блока «BM_IN»

На рисунке 50 продемонстрирован пример работы функции «PUTBIT».

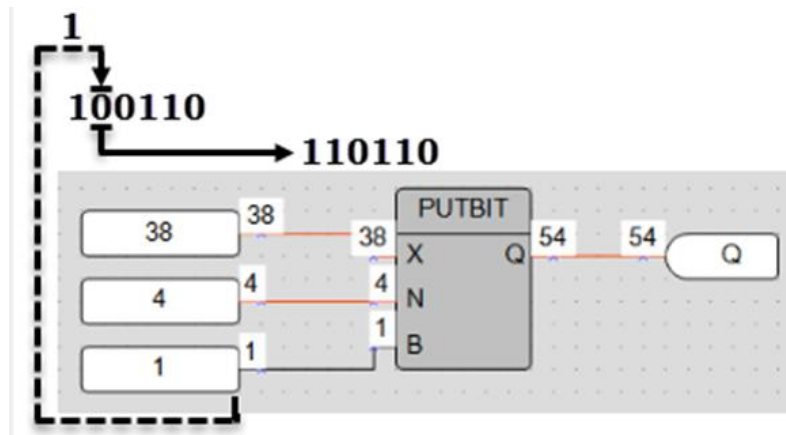


Рисунок 50 – Пример работы функции «PUTBIT»

Когда сетевая переменная «ЗАДАН.ЧАСТ» больше нуля, тогда при помощи функции сравнения «GT» на вход «DI_1» поступает логическая единица и нулевой бит командного слова принимает значение логической единицы. Также изменяется значение сетевой переменной «Режим РАБОТА», необходимый для взаимодействия с панелью оператора.

Когда сетевая переменная «АВАРИЯ» больше нуля, тогда на вход «DI_3» поступает логическая единица и третий бит командного слова принимает значение логической единицы.

Биты формирования сигналов управления преобразователя частоты указаны в таблице 3.

Таблица 3 - Биты формирования сигналов управления ПЧ

№ регистра	Описание битов			
0101h	Сигналы управления	Бит	0	1
		0	Стоп	Пуск
		3	Нет сброса	Сброс ошибки

Функция «Сравнение на большее значение» (GT), показанная на рисунке 51, используется для сравнения целочисленных значений. Если входной сигнал $V1 > V2$, то значение на выходе будет равно логической единице, в иных случаях значение на выходе будет равно нулю [3].

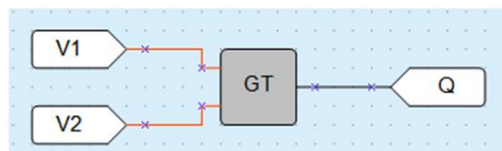


Рисунок 51 – Функция «GT»

На рисунке 52 продемонстрирован фрагмент программы, отвечающий за умножение сетевой переменной «ЗАДАН.ЧАСТ» на 100 и запись итогового значения в сетевую переменную «ЗАДАН. ЧАСТ ПЧ».

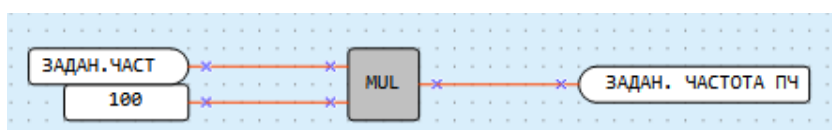


Рисунок 52 – Умножение сетевой переменной «ЗАДАН.ЧАСТ»

Это необходимо поскольку значение переменной «ЗАДАН.ЧАСТ» имеет диапазон от 0 до 50 Гц., а значение частоты при работе с преобразователем частоты задаётся в диапазоне от 0 до 5000, где значению 5000 будет соответствовать 50 Гц.

Итоговый вид управляющей программы представлен на рисунке 53.

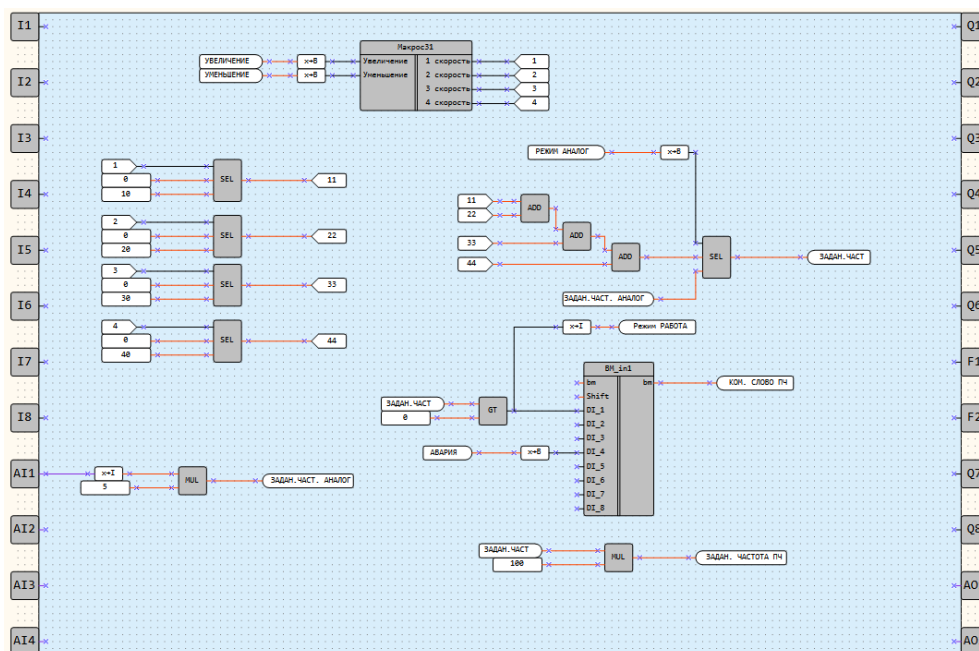


Рисунок 53 – Итоговый вид управляющей программы

Необходимо загрузить готовую управляющую программу в контроллер. Подключение устройства к ПК выполняется через кабель mini USB B – USB A. Способ подключения изображён на рисунке 54.

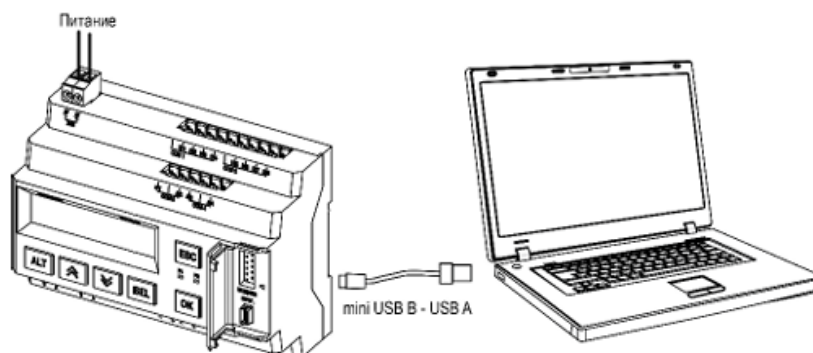


Рисунок 54 – Схема подключения ПЛК к ПК

1.2.3 Конфигурирование панели оператора ОВЕН СП270

На рисунке 55 представлена UML-диаграмма деятельности.



Рисунок 55 – UML-диаграмма деятельности

После анализа возможных сценариев использования панели и алгоритма взаимодействия пользователя и системы был начат процесс конфигурирования интерфейса панели оператора.

Был создан новый проект в «Конфигураторе СП200». При создании проекта был указан протокол связи Modbus RTU (Панель мастер) для порта PLC, как показано на рисунке 56.

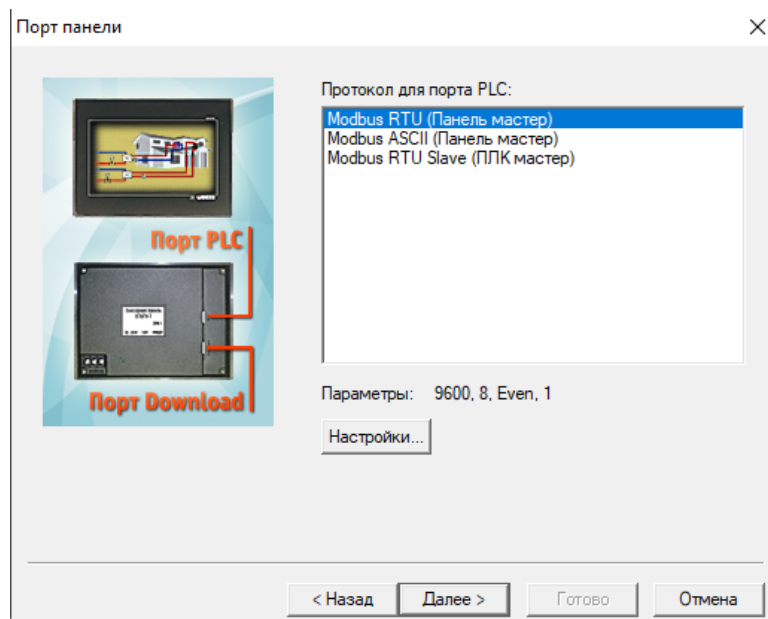


Рисунок 56 – Выбор протокола для порта PLC

В окне «Настройки параметров соединения» были указаны следующие сетевые параметры, которые показаны на рисунке 57, совпадающие с настройками подключения контроллера.

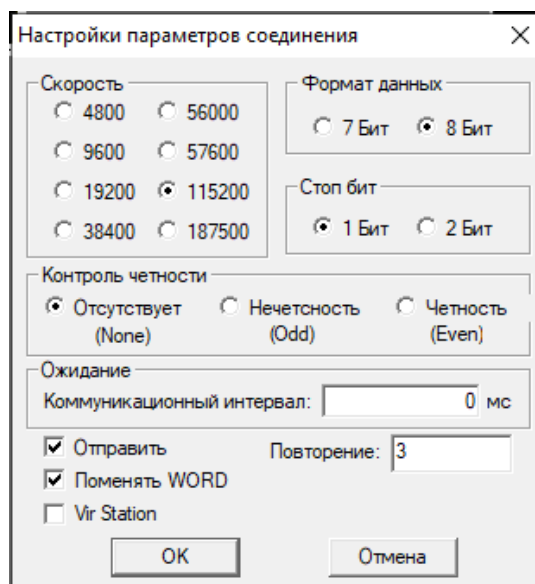


Рисунок 57 – Настройки параметров соединения

Во вкладке Настройки в разделе порт Download, показанном на рисунке 58, в параметре Модель было указано, что Порт загрузки не используется.

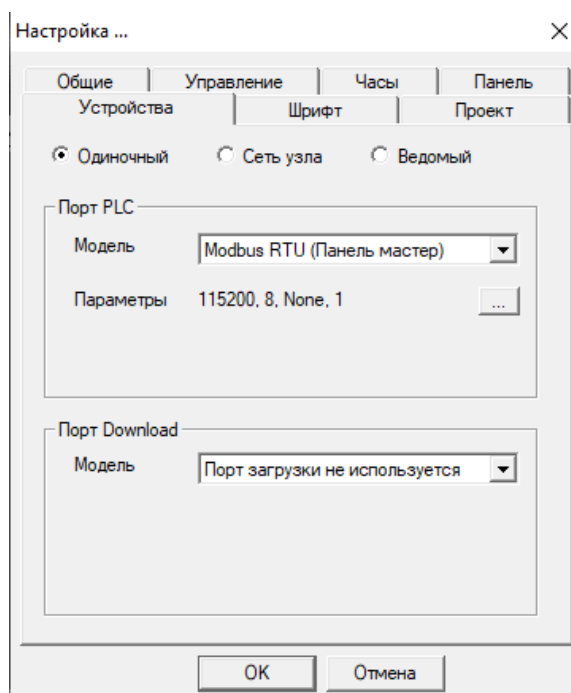


Рисунок 58 – Порт Download

В таблице 4 содержатся сетевые переменные ПЛК.

Таблица 4 - Сетевые переменные ПЛК

Имя переменной	Адрес регистра	Тип элемента интерфейса
ЗАДАН.ЧАСТ	515	Цифровой дисплей
АВАРИЯ	514	Кнопка управления битом
УМЕНЬШЕНИЕ	512	Кнопка управления битом
УВЕЛИЧЕНИЕ	513	Кнопка управления битом
Режим РАБОТА	516	Двигатель, Вентилятор
ЗАДАН.ЧАСТ.АНАЛОГ	517	Измеритель
РЕЖИМ АНАЛОГ	518	Кнопка управления битом

Для визуализации клавиш увеличения, уменьшения и аварийного сброса был использован элемент «Кнопка управления битом», показанный на рисунке 59.



Рисунок 59 – Кнопка управления битом

В свойствах элемента «Кнопка управления битом» для клавиши указан регистр с адресом 513, который связан с сетевой переменной «УВЕЛИЧЕНИЕ». На рисунке 60 представлено окно настройки связи между этим элементом интерфейса и переменной управляющей программы.

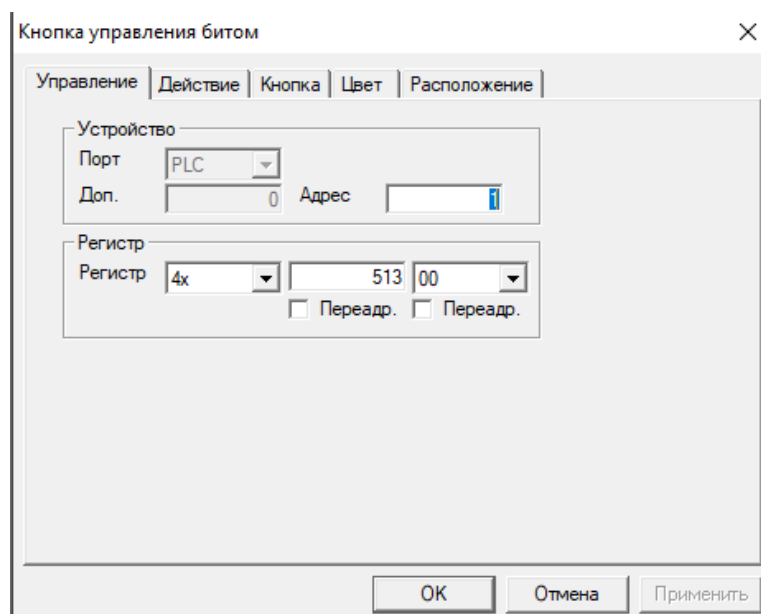


Рисунок 60 – Окно настройки связи элемента «Кнопка управления битом»

Также необходимо настроить внешний вид и расположение элемента в свойствах клавиши. Результат настройки изображён на рисунках 61 и 62.

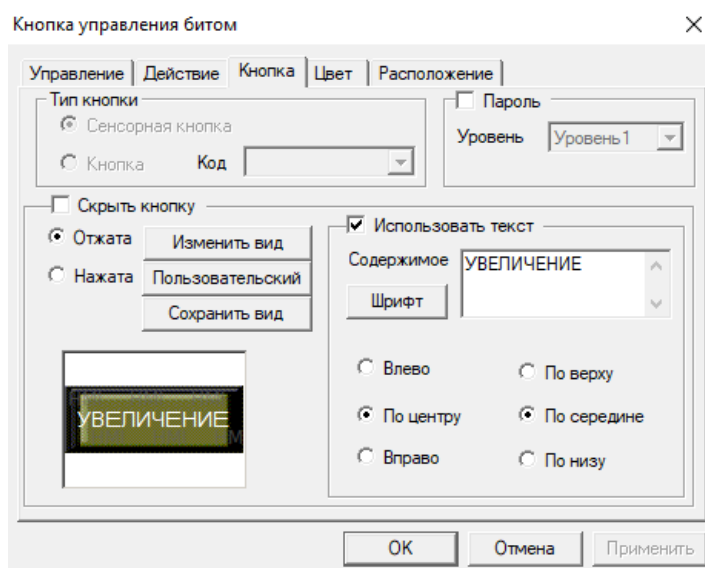


Рисунок 61 – Окно настройки элемента «Кнопка управления битом»

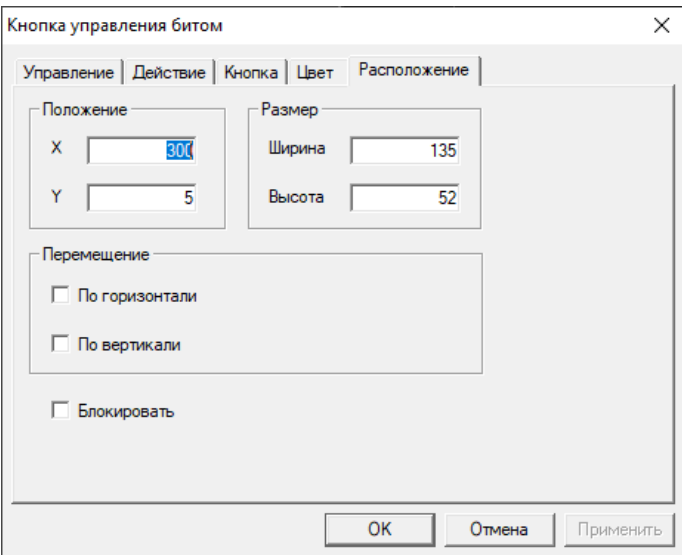


Рисунок 62 – Окно настройки расположения элемента «Кнопка управления битом»

Подобные действия необходимо проделать для всех элементов «Кнопка управления битом». Внешний вид всех кнопок показан на рисунке 63.



Рисунок 63 – Все элементы Кнопка управления битом

Для мониторинга выходной частоты был добавлен элемент «Цифровой дисплей», показанный на рисунке 64.

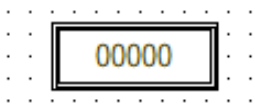


Рисунок 64 – Цифровой дисплей

В свойствах элемента «Кнопка управления битом» для клавиши указан регистр с адресом 515, который связан с сетевой переменной «ЗАДАН.ЧАСТ».

На рисунке 65 представлено окно настройки связи между этим элементом интерфейса и переменной управляющей программы.

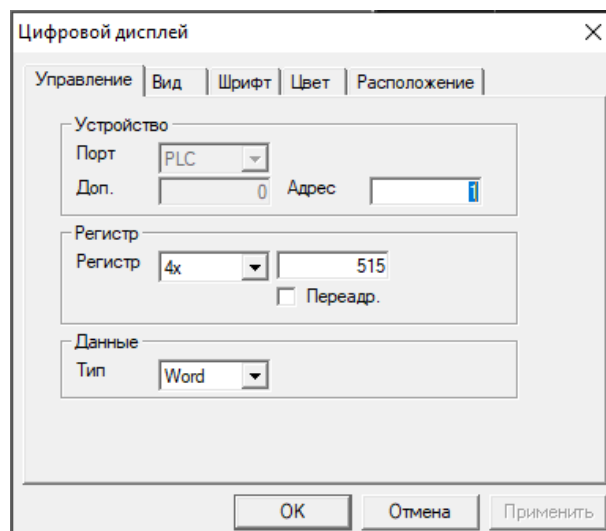


Рисунок 65 – Окно настройки связи элемента «Цифровой дисплей»

В свойствах дисплея было изменено расположение. Результаты настройки показаны на рисунке 66.

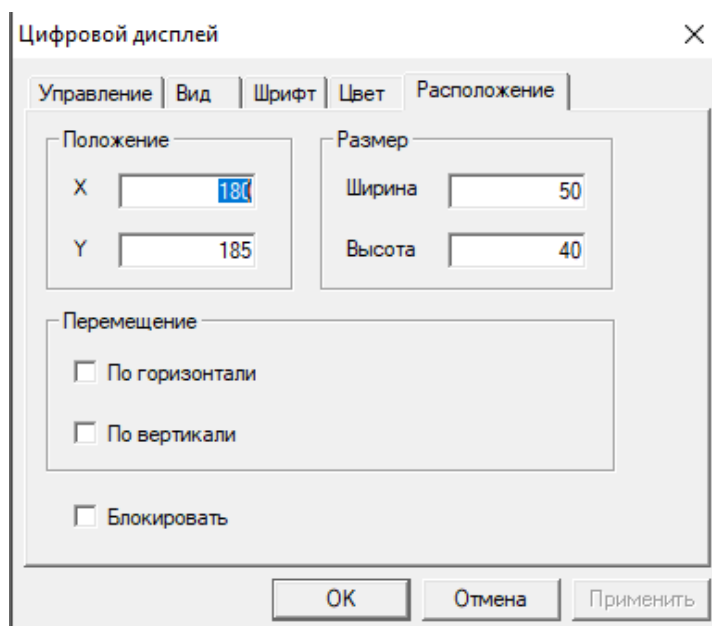


Рисунок 66 – Окно настройки расположения элемента «Цифровой дисплей»

Рядом с дисплеем для информативности был добавлен текстовый блок. Результат изображён на рисунке 67.

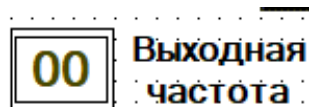


Рисунок 67 – Подпись цифрового дисплея

Для индикации работы вентилятора были добавлены элементы «Двигатель» и «Вентилятор», представленные на рисунках 68 и 69.

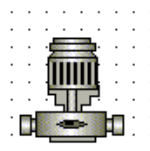


Рисунок 68 – Вентилятор

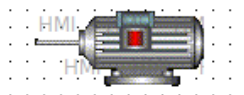


Рисунок 69 – Двигатель

В свойствах элементов «Двигатель» и «Вентилятор» указан регистр с адресом 516, который связан с сетевой переменной «Режим РАБОТА». На рисунке 70 представлено окно настройки связи между элементом интерфейса «Двигатель» и переменной управляющей программы. Настройки для элемента «Вентилятор» будут аналогичны.

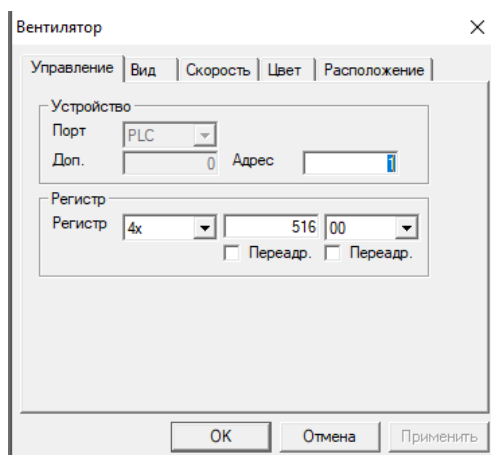


Рисунок 70 – Окно настройки связи элемента «Вентилятор»

В свойствах объекта «Вентилятор» были внесены изменения во вкладках «Вид», «Скорость» и «Расположение». Результаты настройки изображены на рисунках 71, 72, 73.

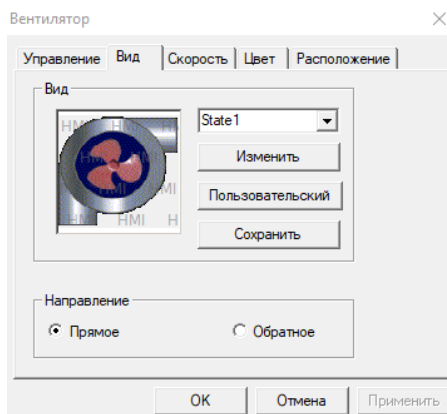


Рисунок 71 – Окно настройки вида элемента «Вентилятор»

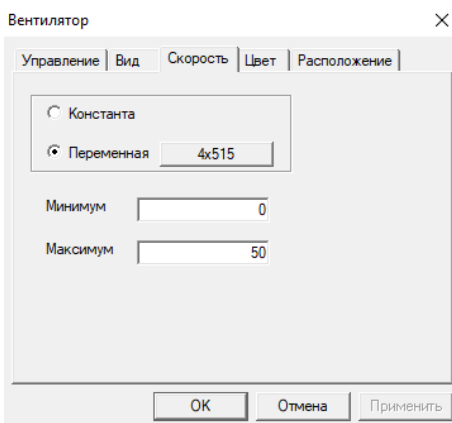


Рисунок 72 – Окно настройки скорости элемента «Вентилятор»

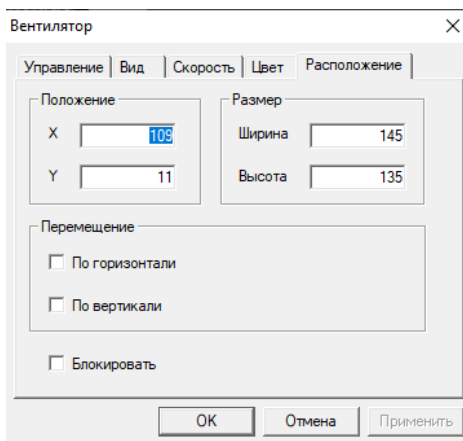


Рисунок 73 – Окно настройки расположения элемента «Вентилятор»

В свойствах объекта «Двигатель» были внесены изменения во вкладках «Вид» и «Расположение». Результаты настройки изображены на рисунках 74 и 75.

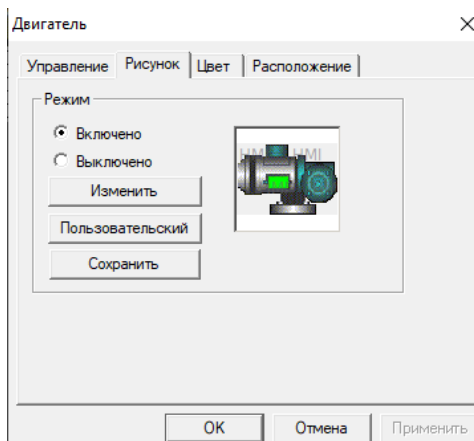


Рисунок 74 – Окно настройки вида элемента «Двигатель»

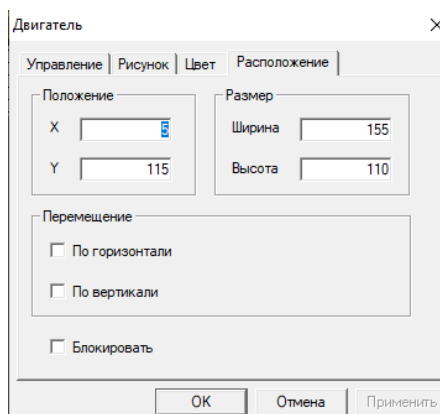


Рисунок 75 – Окно настройки расположения элемента «Двигатель»

Итоговый фрагмент интерфейса панели оператора продемонстрирован на рисунке 76.

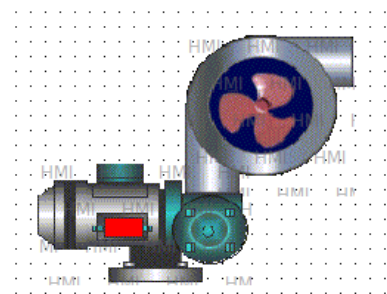


Рисунок 76 – Окно настройки расположения элемента «Двигатель»

Когда сетевая переменная «Режим РАБОТА» больше нуля, то красный цвет индикатора двигателя сменяется зелёным, а вентилятор крутится со скоростью, меняющейся в зависимости от показателя выходной частоты.

Следующим шагом был добавлен элемент «Переход на экран», показанный на рисунке 77.



Рисунок 77 – Окно настройки расположения элемента «Переход на экран»

В свойствах кнопки было указано ID экрана, а также изменён внешний вид и расположение клавиши. Результаты настройки изображены на рисунках 78, 79 и 80.

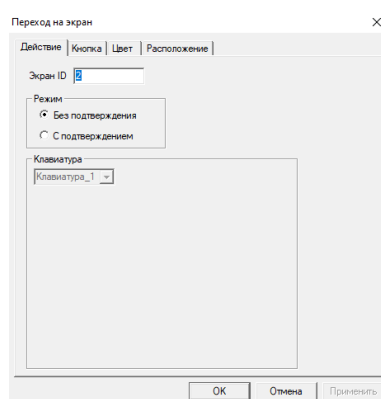


Рисунок 78 – ID элемента «Переход на экран»

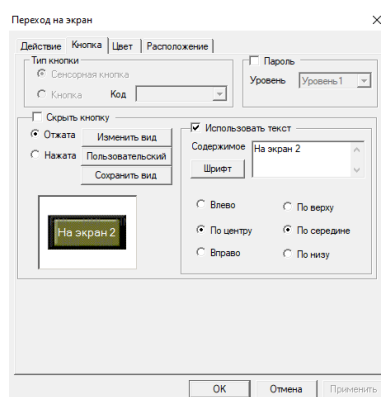


Рисунок 79 – ID элемента «Переход на экран»

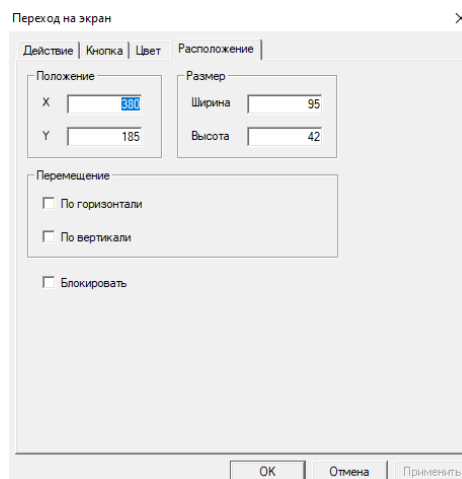


Рисунок 80 – Расположение элемента «Переход на экран»

Итоговый внешний вид элемента представлен на рисунке 81.

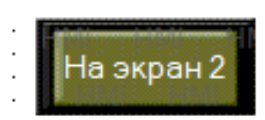


Рисунок 81 – Элемент «Переход на экран»

Внешний вид первого экрана, предназначенного для управления вентилятором в ступенчатом режиме показан на рисунке 82.

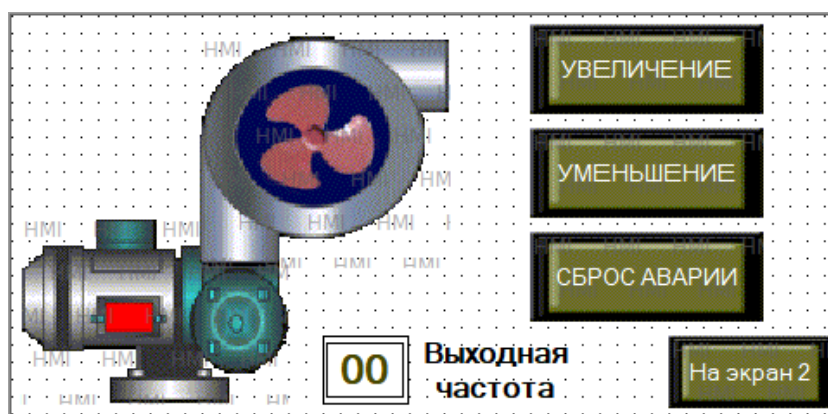


Рисунок 82 – «Экран 1»

Следующим шагом в дереве проекта был добавлен «Экран 2», как показано на рисунке 83.

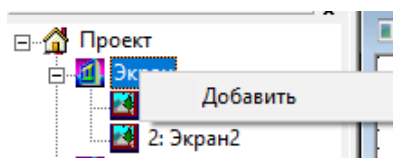


Рисунок 83 – Добавление второго экрана

Для переключения вентилятора в аналоговый режим работы был добавлен элемент «Кнопка управления битом». В свойствах элемента указан регистр с адресом 518, который связан с сетевой переменной «РЕЖИМ АНАЛОГ». На рисунке 84 представлено окно настройки связи между этим элементом интерфейса и переменной управляющей программы.

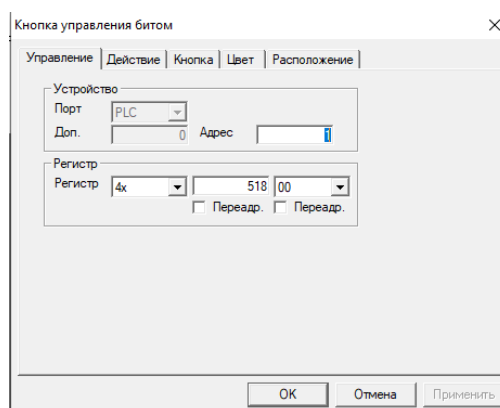


Рисунок 84 – Настройки управления элемента «Кнопка управления битом»

Во вкладке Действие в разделе Кнопка был выбран режим «Реверс». Окно с настройкой представлено на рисунке 85.

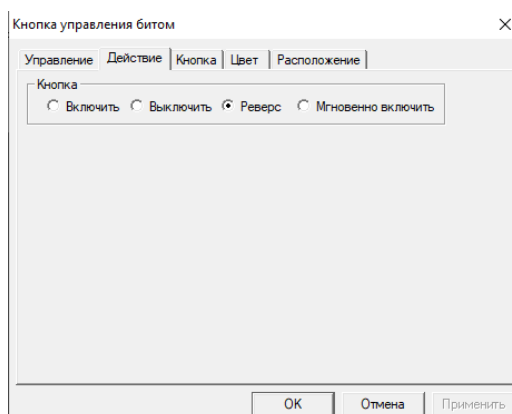


Рисунок 85 – Настройки действия элемента Кнопка управления битом

Также был изменён внешний вид клавиши во вкладке «Кнопка», и параметры во вкладке «Расположение». Результаты изменений показаны на рисунках 86 и 87.

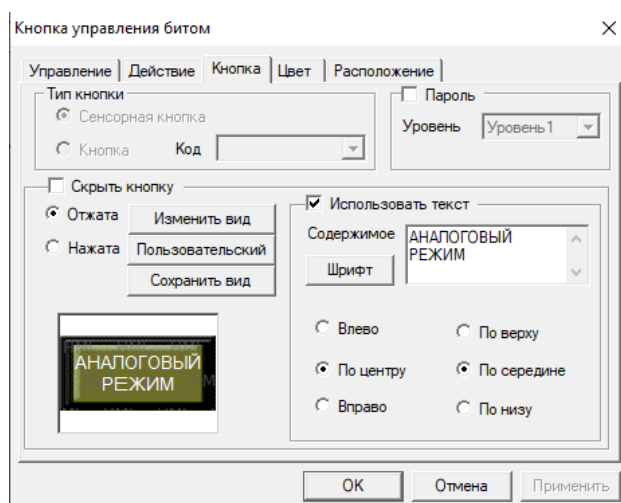


Рисунок 86 – Настройки действия элемента «Кнопка управления битом»

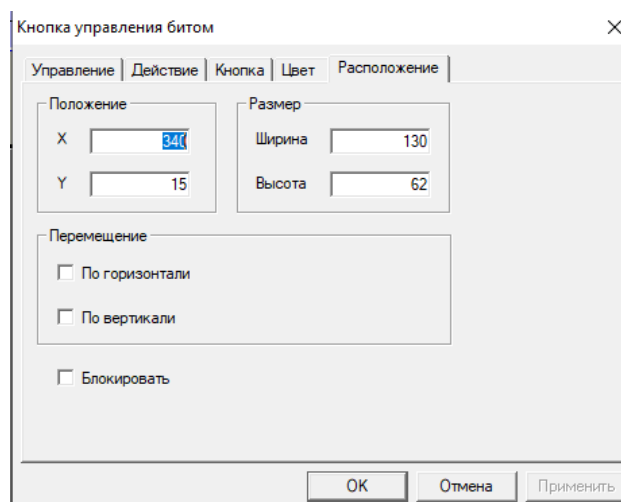


Рисунок 87 – Настройки расположения элемента «Кнопка управления битом»

Для просмотра частоты вентилятора в аналоговом режиме работы был добавлен элемент «Измеритель». В свойствах элемента указан регистр с адресом 517, который связан с сетевой переменной «ЗАДАН.ЧАСТ.АНАЛОГ». На рисунке 88 представлено окно настройки связи между этим элементом интерфейса и переменной управляющей программы.

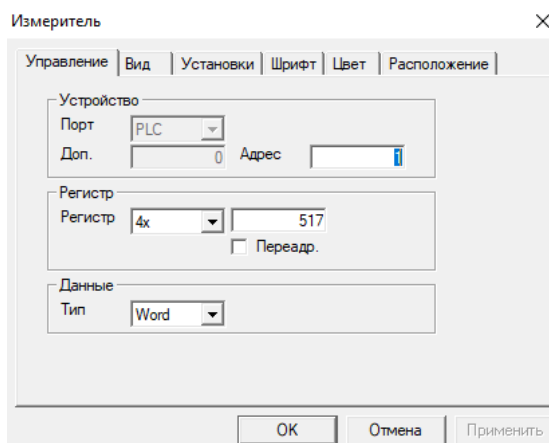


Рисунок 88 – Настройки расположения элемента «Кнопка управления битом»

Итоговые настройки вкладок «Вид», «Установки» и «Расположение» показаны на рисунках 89, 90, 91.

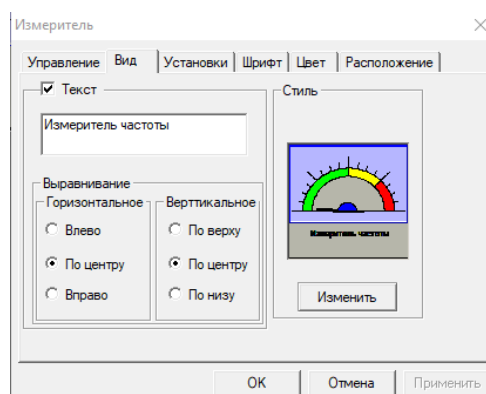


Рисунок 89 – Настройки вида измерителя

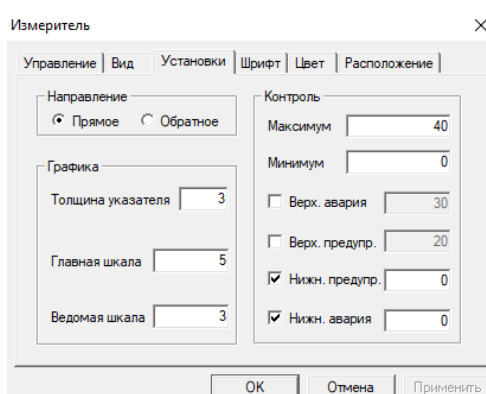


Рисунок 90 – Установки измерителя

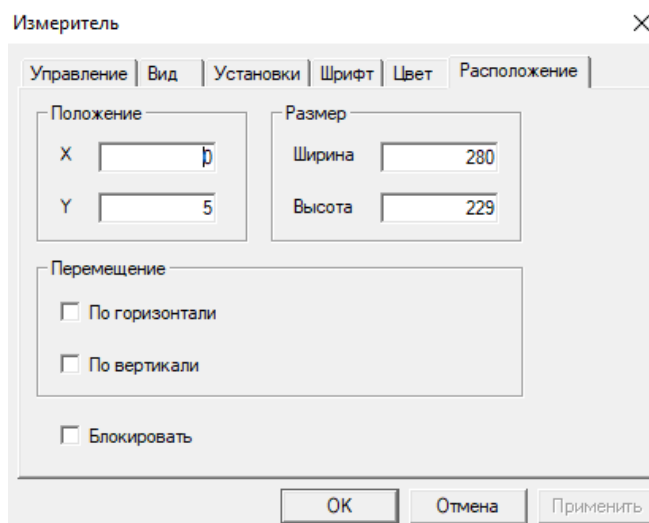


Рисунок 91 – Расположение измерителя

На рисунке 92 представлен итоговый вид измерителя частоты.

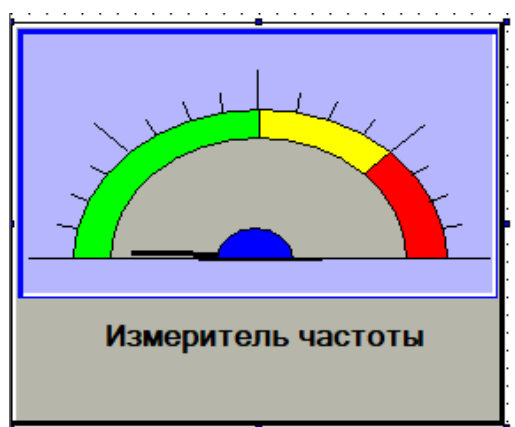


Рисунок 92 – Итоговый вид измерителя частоты

В соответствии с первым экраном панели оператора, на втором также были добавлены элементы «Цифровой дисплей» и «Переход на экран». Свойства элемента «Цифровой дисплей» не отличаются от идентичного элемента на первом экране. В свойствах элемента «Переход на экран», было указано ID первого экрана, что изображено на рисунке 93, в остальных вкладках были указаны аналогичные с первым дисплеем параметры.

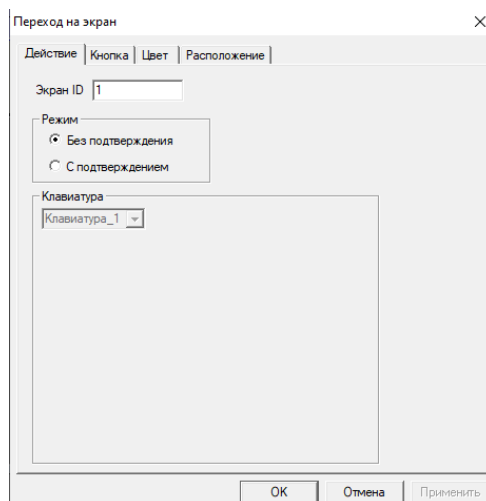


Рисунок 93 – ID экрана элемента «Переход на экран»

На рисунке 92 представлен итоговый вид интерфейса второго экрана.

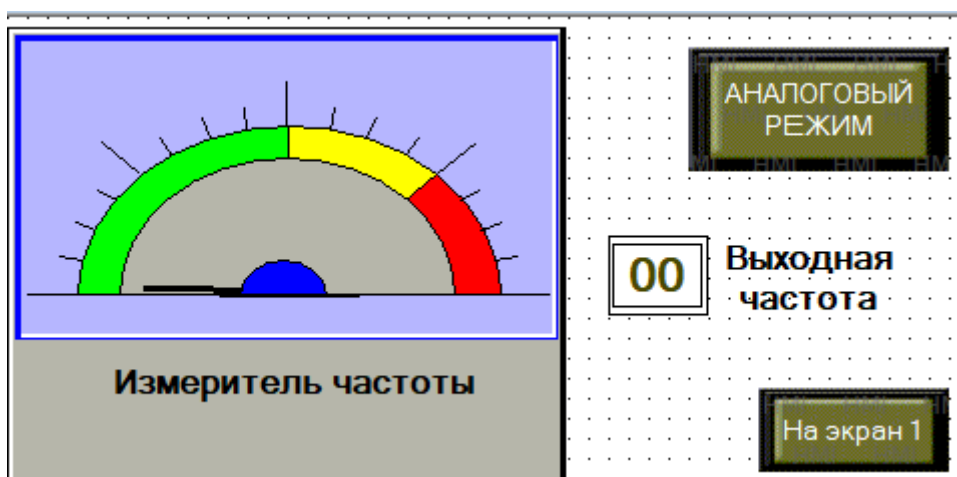


Рисунок 94 – «Экран 2»

1.3 Анализ результатов

1.3.1 Тестирование и отладка программы в редакторе OWEN Logic

После написания управляющей программы было проведено тестирование в режиме симуляции с целью проверки работы всего алгоритма.

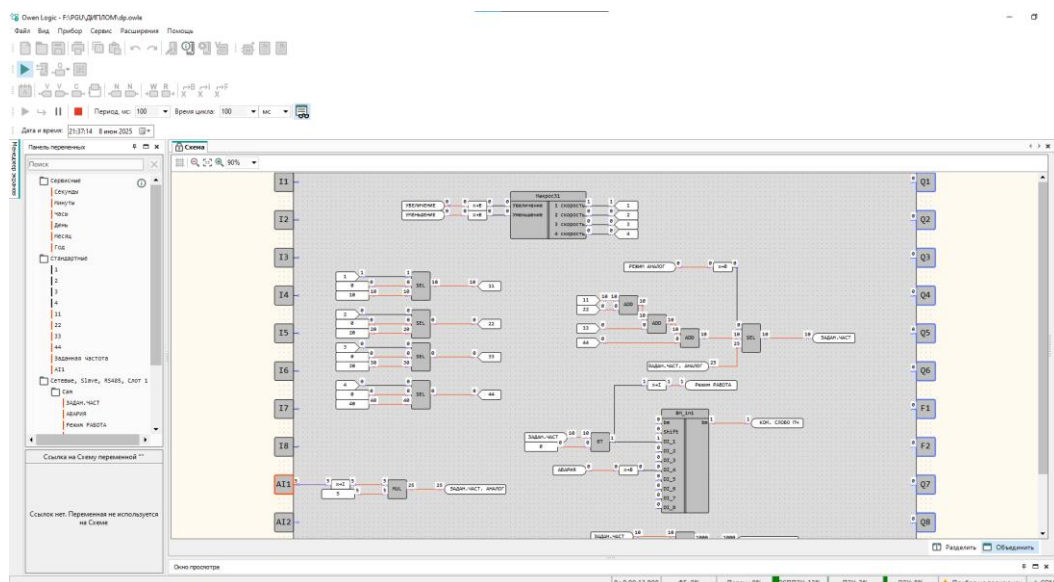


Рисунок 95 – Проект в режиме симуляции

Нажатие клавиш «Увеличение» и «Уменьшение» переключает режимы скорости в соответствии с поставленной задачей. Нажатие на клавишу «Увеличение» при выбранной максимальной скорости из четырёх доступных, не изменяет значения переменных на выходе. При нажатии на клавишу «Уменьшение» при выбранной минимальной скорости выключает вентилятор. На рисунке 96 представлен макрос «Макрос31» в режиме симулятора.

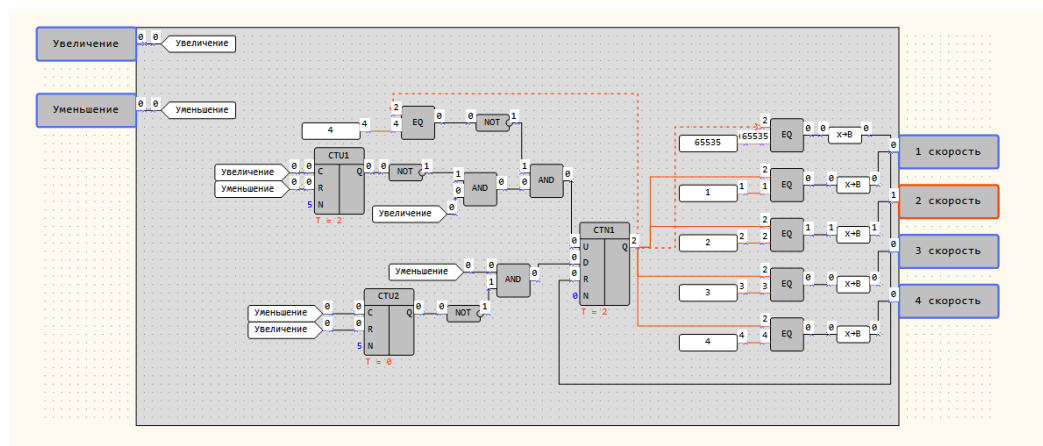


Рисунок 96 – «Макрос31» в режиме симулятора

При подаче сигнала на вход «А11», в сетевую переменную «ЗАДАН.ЧАСТ. АНАЛОГ» было записано требуемое значение.

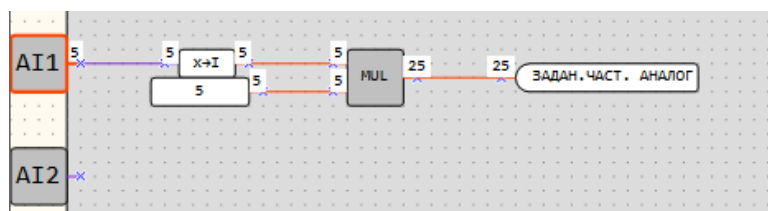


Рисунок 97 – Подача сигнала на вход «AI1»

В зависимости от выбранного режима работы, в переменную «ЗАДАН.ЧАСТ» было записано требуемое значение, что изображено на рисунках 98 и 99.

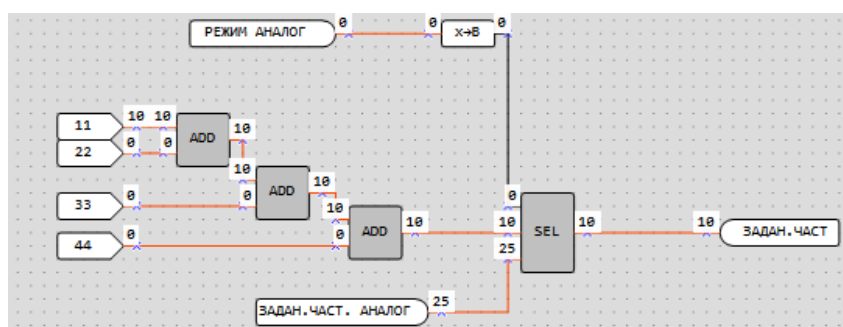


Рисунок 98 – Запись значения в переменную «ЗАДАН.ЧАСТ» в ступенчатом режиме работы

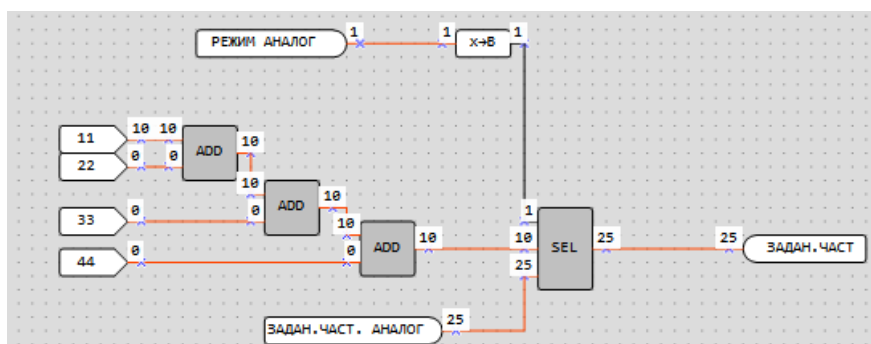


Рисунок 99 – Запись значения в переменную ЗАДАН.ЧАСТ в аналоговом режиме работы

Формирование командного слова и передача значения в преобразователь частоты также осуществляется в соответствии с поставленной задачей. Результат проверки изображён на рисунке 100.

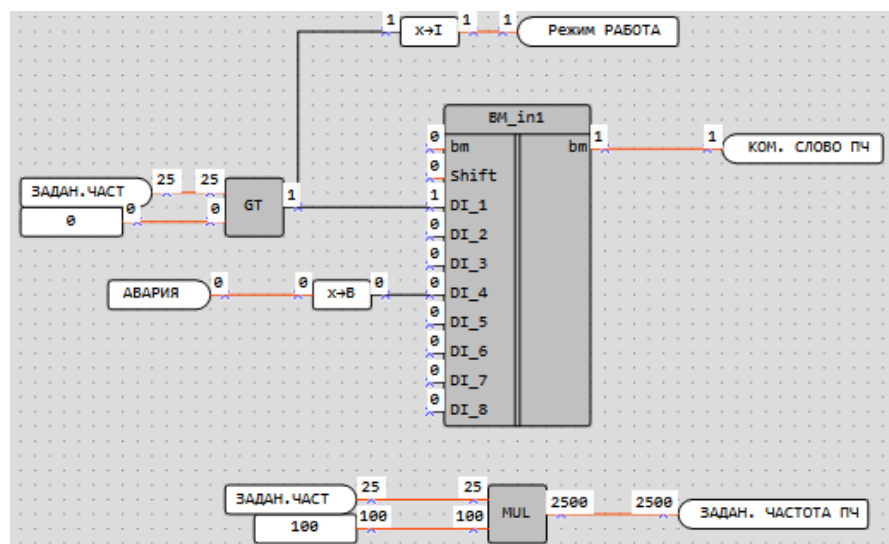


Рисунок 100 – Проверка формирования командного слова и задания частоты ПЧ

Результаты проверки показали, что программа управления работает верно.

1.3.2 Тестирование и отладка интерфейса панели оператора ОВЕН СП270

Для проверки работы интерфейса, проект был запущен в режиме эмуляции «Пуск Offline (M)». Результаты проверки изображены на рисунках 101 и 102.

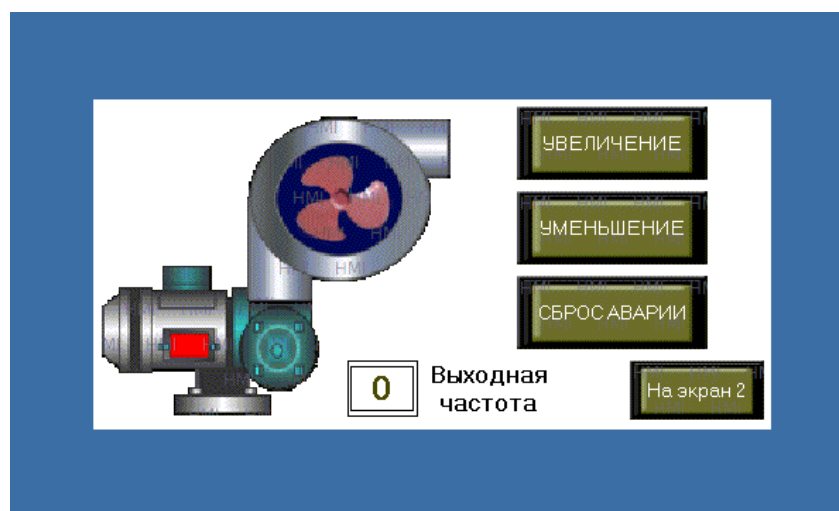


Рисунок 101 – Проверка корректности отображения первого экрана

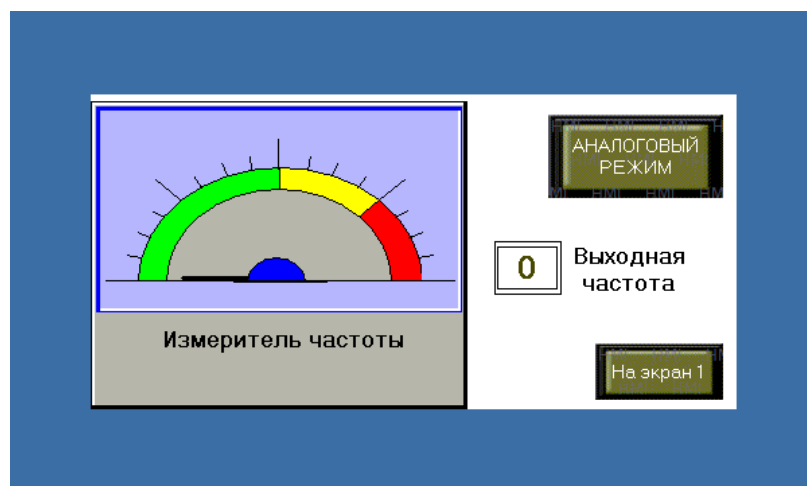


Рисунок 102 – Проверка корректности отображения второго экрана

1.3.3 Тестирование проекта на стенде целевой платформы

Следующий этап отладки был произведён на лабораторном стенде целевой платформы. На рисунке 103 представлены подключенные: панель оператора, датчик, ПЛК с загруженной управляющей программой, преобразователь частоты и асинхронный двигатель.

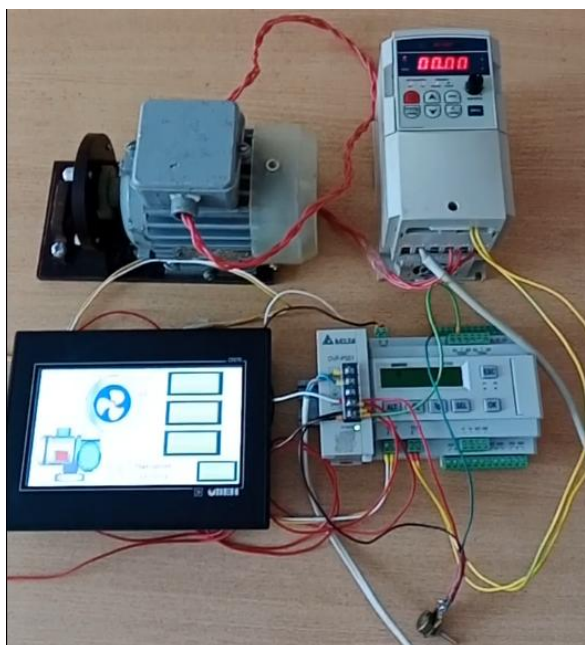


Рисунок 103 – Лабораторный стенд

По умолчанию двигатель выключен и вентилятор не крутится, что можно увидеть на рисунке 104, благодаря индикации на панели оператора.



Рисунок 104 – Индикация вентилятора в выключенном состоянии

При нажатии на клавишу «Увеличение» двигатель начинает работу с заданной частотой. Индикация меняет своё состояние, что изображено на рисунке 105.

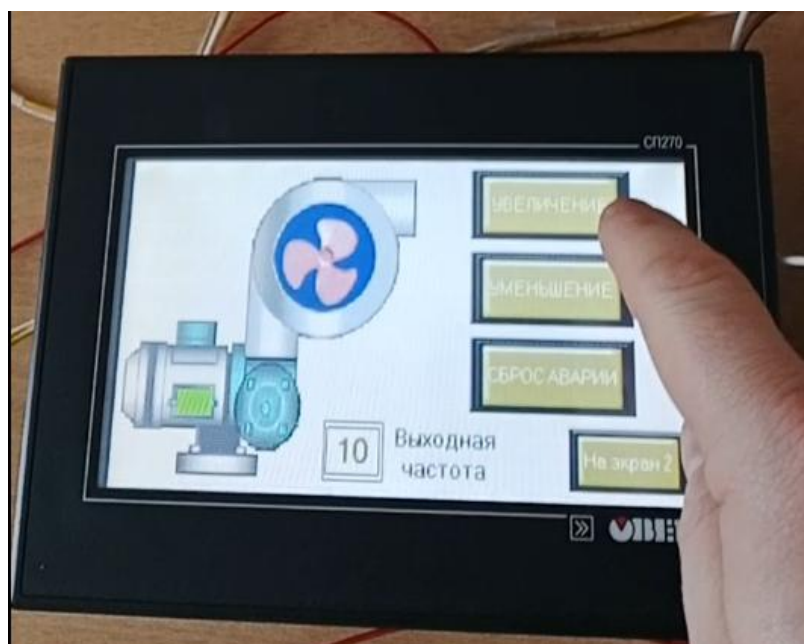


Рисунок 105 – Индикация вентилятора в выключенном состоянии

При повторном нажатии на клавишу «Увеличение», частота вентилятора увеличивается, что изображено на рисунке 106.

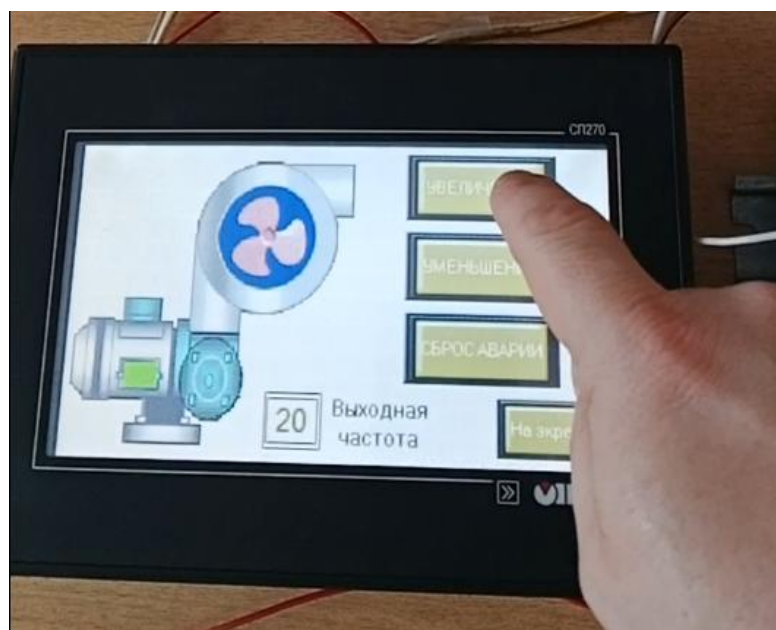


Рисунок 106 – Увеличение частоты вращения вентилятора

При нажатии на клавишу «Уменьшение», частота вентилятора уменьшается, что показано на рисунке 107.

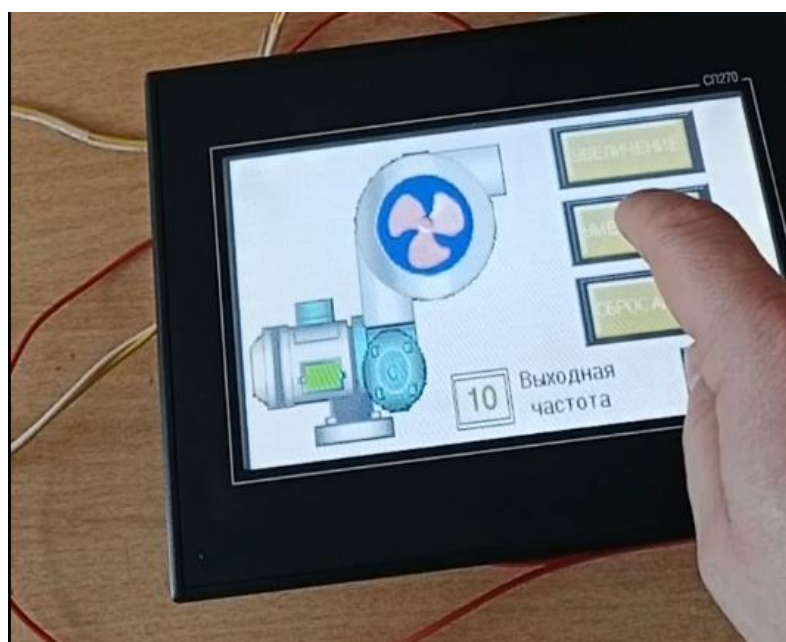


Рисунок 107 – Уменьшение частоты вращения вентилятора

При повторном нажатии на клавишу «Уменьшение» при активной минимальной частоте вращения, вентилятор выключается, что изображено на рисунке 108.

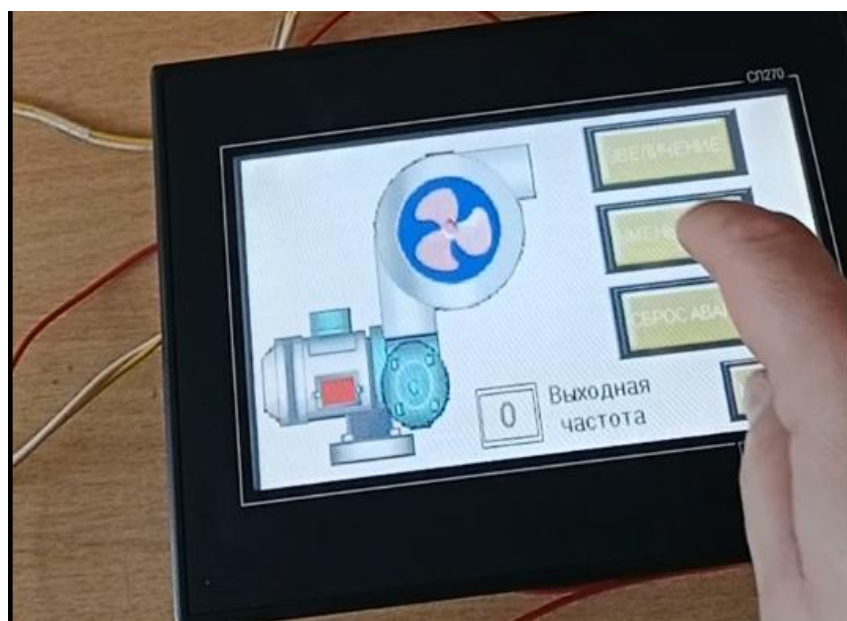


Рисунок 108 – Выключение вентилятора

При нажатии на клавишу «Сброс авария», вентилятор можно выключить на любом уровне скорости, что изображено на рисунке 109.

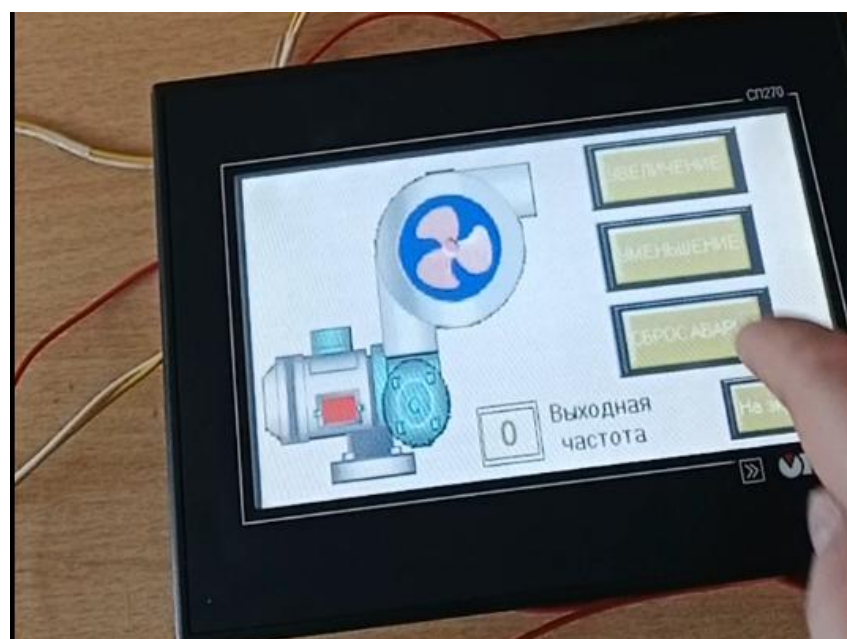


Рисунок 109 – Аварийное выключение вентилятора

При нажатии на клавишу «На экран 2», будет выполнен переход на экран, предназначенный для управления вентилятором в аналоговом режиме.



Рисунок 110 – «Экран 2»

При нажатии на клавишу «Аналоговый режим», будет осуществлено переключение на режим работы от датчика, что показано на рисунке 111.



Рисунок 111 – Переключение на аналоговый режим работы

На рисунке 112 показано изменение индикации на панели оператора в зависимости от информации, поступающей с датчика.



Рисунок 112 – Измеритель частоты при работающем вентиляторе

Проведённое тестирование подтвердило корректность работы управляющей программы.

2 Охрана труда

Данный раздел посвящен нормам безопасности и охраны труда для пользователей ПЭВМ в процессе разработки программного обеспечения, установки и эксплуатации ПЛК и операторских панелей, а также способам уменьшения негативного влияния на организм.

2.1 Анализ негативных факторов, воздействующих на оператора ПЭВМ и способы их устранения

Долгая, непрерывная работа за компьютером может вызвать ряд негативных последствий таких как: снижение работоспособности, усталость, раздражительность, физические недомогания. При долгом сидении позвоночник испытывает постоянное напряжение. Неестественная поза вызывает боли в мышцах, нагрузку на суставы рук, онемение ног и переутомление спины и шеи, что в итоге ухудшает самочувствие.

Следование следующим указаниям поможет позволит в разы снизить риск многих заболеваний, связанных с сидячей профессиональной деятельностью:

- на мониторе не должны появляться блики во время использования. Избегайте прямого попадания солнечного или искусственного света на монитор;
- в темное время суток нужно работать за компьютером при включенном свете;
- для сохранения осанки и общего снижения нагрузки на всю опорно-двигательную систему, спину необходимо держать прямо;
- регулярно вставайте из-за стола, разминайтесь, делайте упражнения для глаз;
- руки при работе рекомендуется держать в согнутом положении;
- используйте специальные коврики для мыши, ортопедические клавиатуры, а также специальные подставки для рук, для предотвращения дискомфорта при длительном печатании.

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.1.1 Оборудование рабочего места

Для обеспечения комфортной работы рабочее место должно удовлетворять следующим требованиям:

- расстояние от монитора до глаз должно составлять 500–700 мм;
- высота рабочего стола должна быть в пределах 680–800 мм;
- клавиатура должна располагаться на расстоянии 100–300 мм от края стола;
- рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм;
- монитор должен располагаться ниже уровня глаз. Угол между направлением при взгляде прямо и направлением на центр экрана должен составлять 10–15 градусов.

На рисунке 113 изображена схема рабочего места, отвечающего всем требованиям.

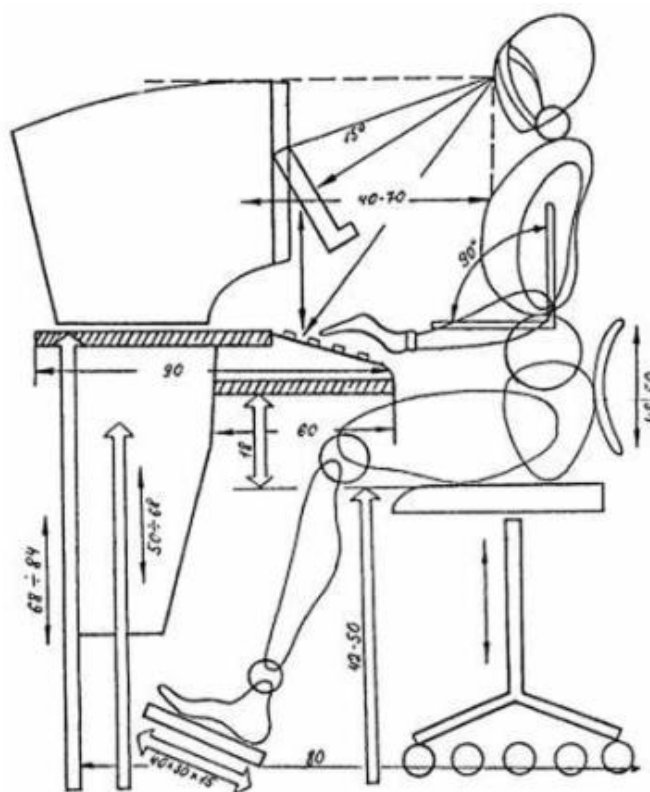


Рисунок 113 – Схема рабочего места

2.1.2 Освещённость рабочего места

Нормы освещенности устанавливают с учетом характера выполняемой работы, места и поверхности. Для пультов ЭВМ и дисплеев – комбинированное освещение не менее 400 люкс, а общее освещение не менее 200 люкс [6].

На рабочем месте необходимо обеспечивать большую равномерность яркости, исключая наличие ярких и блестящих предметов, для снижения монотонности в поле зрения рекомендуется отдельные пестрые поверхности.

Для освещения используются в основном потолочные или встроенные светильники с люминесцентными лампами. Для исключения засвечивания экранов прямыми световыми потоками светильники общего освещения располагают сбоку от рабочего места, параллельно линии зрения оператора [6].

2.2 Меры безопасности при работе с ПЛК ОВЕН ПР200 и панелью оператора ОВЕН СП270

По способу защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током прибор относится к классу II ГОСТ IEC 61131-2-2012 [4].

Во время эксплуатации, технического обслуживания и поверки прибора следует соблюдать требования ГОСТ 12.3.019–80, «Правил эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил охраны труда при эксплуатации электроустановок» [5].

Во время эксплуатации прибора открытые контакты клеммника находятся под опасным для жизни напряжением. Прибор следует устанавливать в специализированных шкафах, доступных только квалифицированным специалистам [5].

Любые подключения к прибору и работы по его техническому обслуживанию следует производить только при отключенном питании прибора и подключенных к нему устройств [5].

Не допускается попадание влаги на контакты выходного разъема и внутренние электро-элементы прибора. Прибор запрещено использовать в агрессивных средах с содержанием в атмосфере кислот, щелочей, масел и т.п. [5].

Панель оператора работает с безопасными для жизни человека постоянными напряжениями (до 26 В). По способу защиты от поражения электрическим током соответствует классу III по ГОСТ 12.2.007.0 (не требует специальной защиты обслуживающего персонала от соприкосновения с токоведущими частями) [4].

Любые работы по подключению и техническому обслуживанию панели необходимо производить только при отключенном питании и отсутствии напряжения в линиях связи [4].

Заключение

В рамках данной дипломной работы была разработана программа управления ступенчатым вентилятором на языке FBD.

В процессе выполнения задания были получены навыки конфигурирования контроллера в среде OWEN Logic на языке функциональных блоков FBD и панели оператора OWEN СП270, поиска и анализа существующих методов разработки управляющих программ под ПЛК, анализа документации, сравнения существующих методов разработки SCADA–систем.

В дальнейшем проект может быть расширен путем добавления возможности управления несколькими вентиляторами.

Список использованных источников

1. Конфигурирование и моделирование работы основных элементов промышленной автоматики: учеб.-метод. пособие / Д. А. Тарасов, А. Е. Шаралапов, К. И. Никишин, М. А. Митрохин. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2021. – 166 с.
2. RS485 — стандарт промышленных сетей. Какими особенностями обладает микросхема приемопередатчика? [Электронный ресурс] – URL: <https://habr.com/ru/companies/milandr/articles/540084/> свободный.
3. OWEN Logic. Руководство пользователя. ООО «Производственное Объединение ОБЕН». [Электронный ресурс] – URL: https://docs.Owen.ru/product/programmnoe_obespechenie_Owen_logic/986/83304#topic-83304.
4. Панель оператора СП270. Паспорт и руководство по эксплуатации КУВФ.421449.003 РЭ. ООО «Производственное Объединение ОБЕН». [Электронный ресурс] – URL: https://www.Owen.ru/uploads/re_sp270_1312.pdf.
5. ПР200. Устройство управляющее многофункциональное. Руководство по эксплуатации. ООО «Производственное Объединение ОБЕН». [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.Owen.ru/product/pr200/80/79940#topic-79940>.
6. Требования по обустройству помещений и рабочих мест, предназначенных для работы на компьютере и прочей офисной технике. [Электронный ресурс] – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_18895/df3eaac6ab127894002172933f9cd660e61df962.

Приложение А

(обязательное)

Программа управления ступенчатым переключателем вентилятора

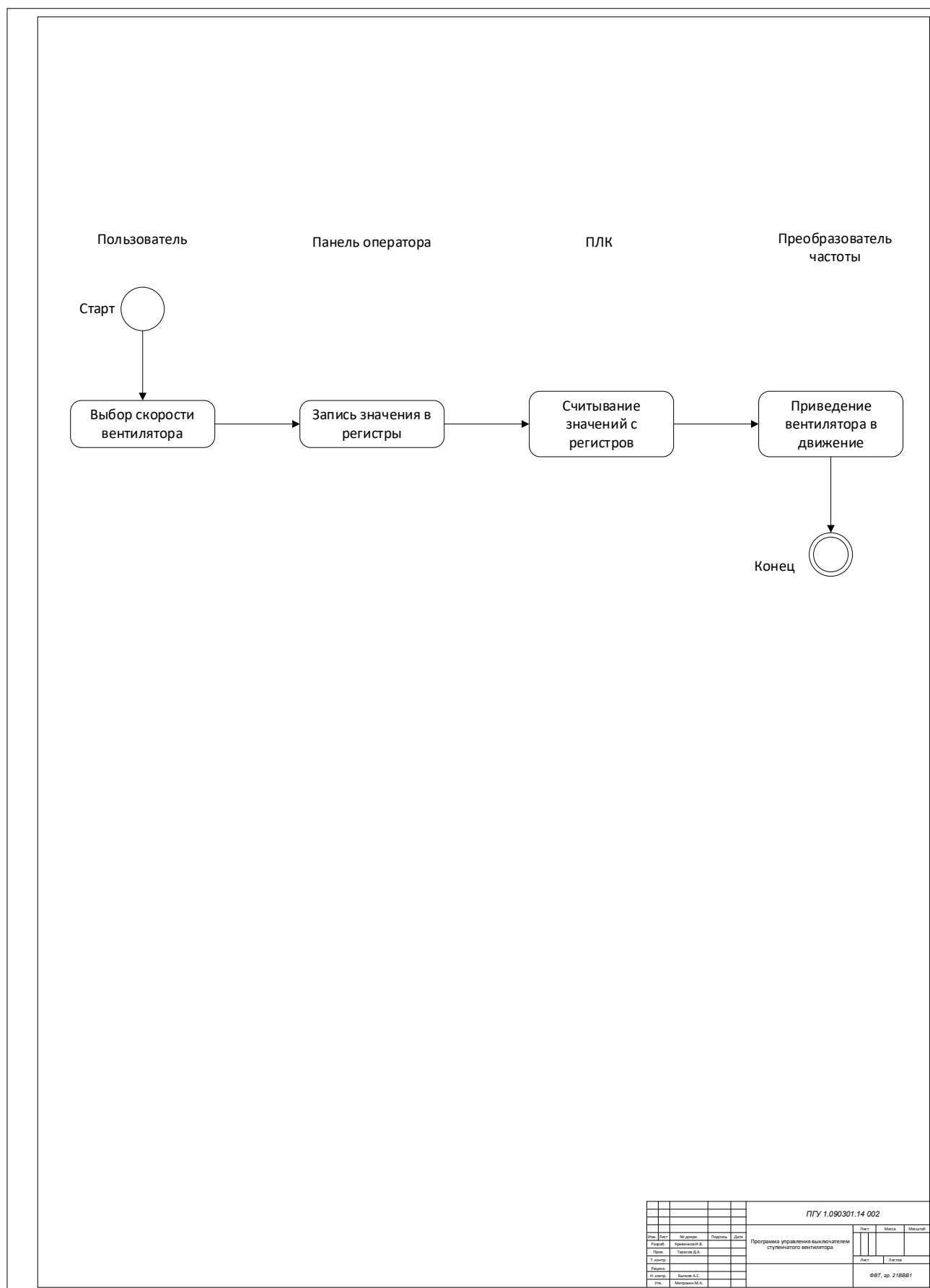
UML-диаграммы

Приложение А.1 – UML-диаграмма вариантов использования



				ПГУ 1.090301.14.001			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Программа управления выключателем ступенчатого вентилятора		
Разраб.		Михайлов И.А.					
Проект.		Таракан Д.А.					
Т.эксперт							
Разраб.		Богдан А.С.			ФЭТ, стр. 218881		
И.эксперт		Михайлов И.А.					

Приложение А.2 – UML-диаграмма деятельности



Приложение Б

(обязательное)

Программа управления ступенчатым переключателем вентилятора

Схемы функциональных блоков программ

Схема функ

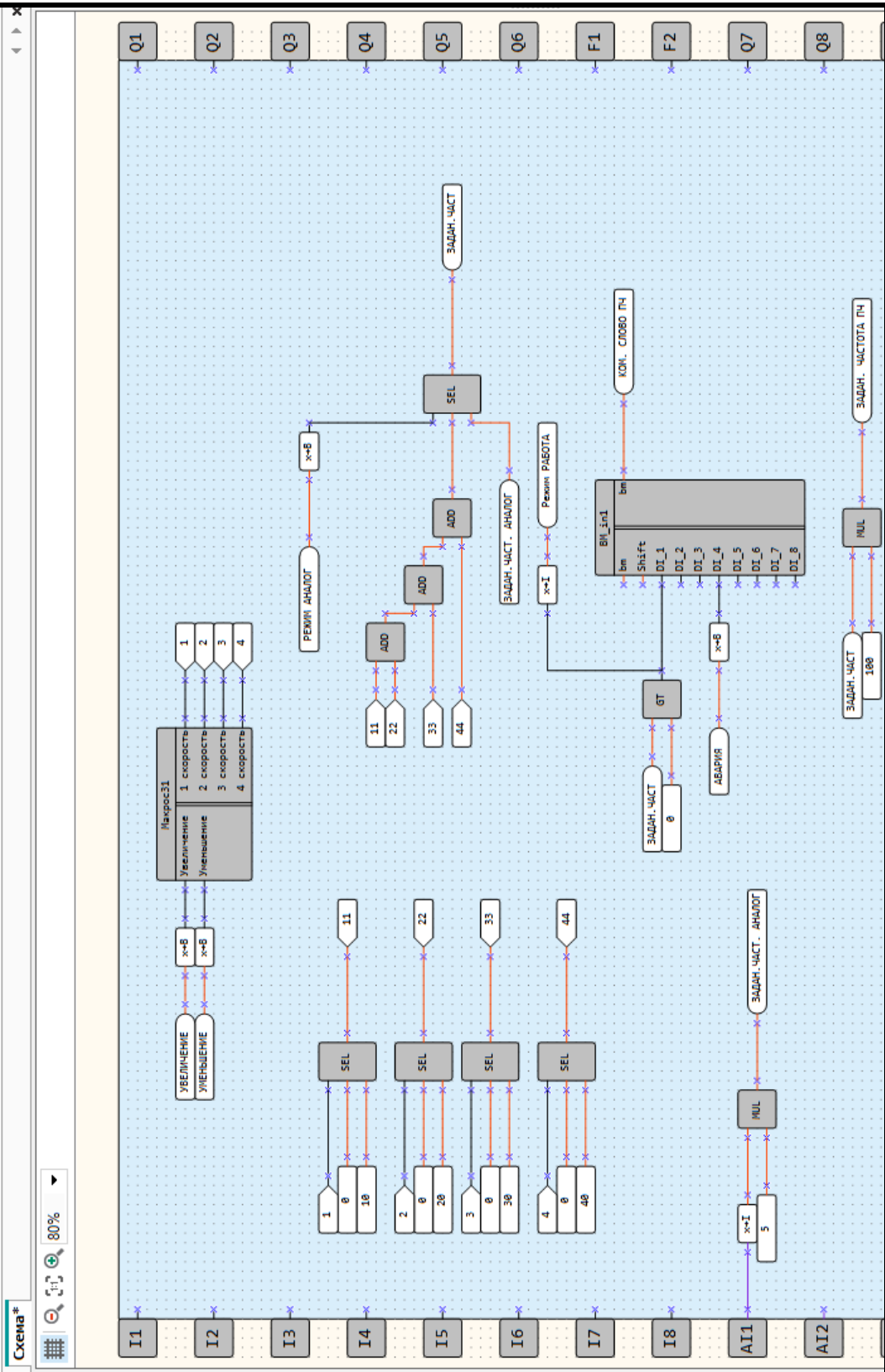


Схема функци

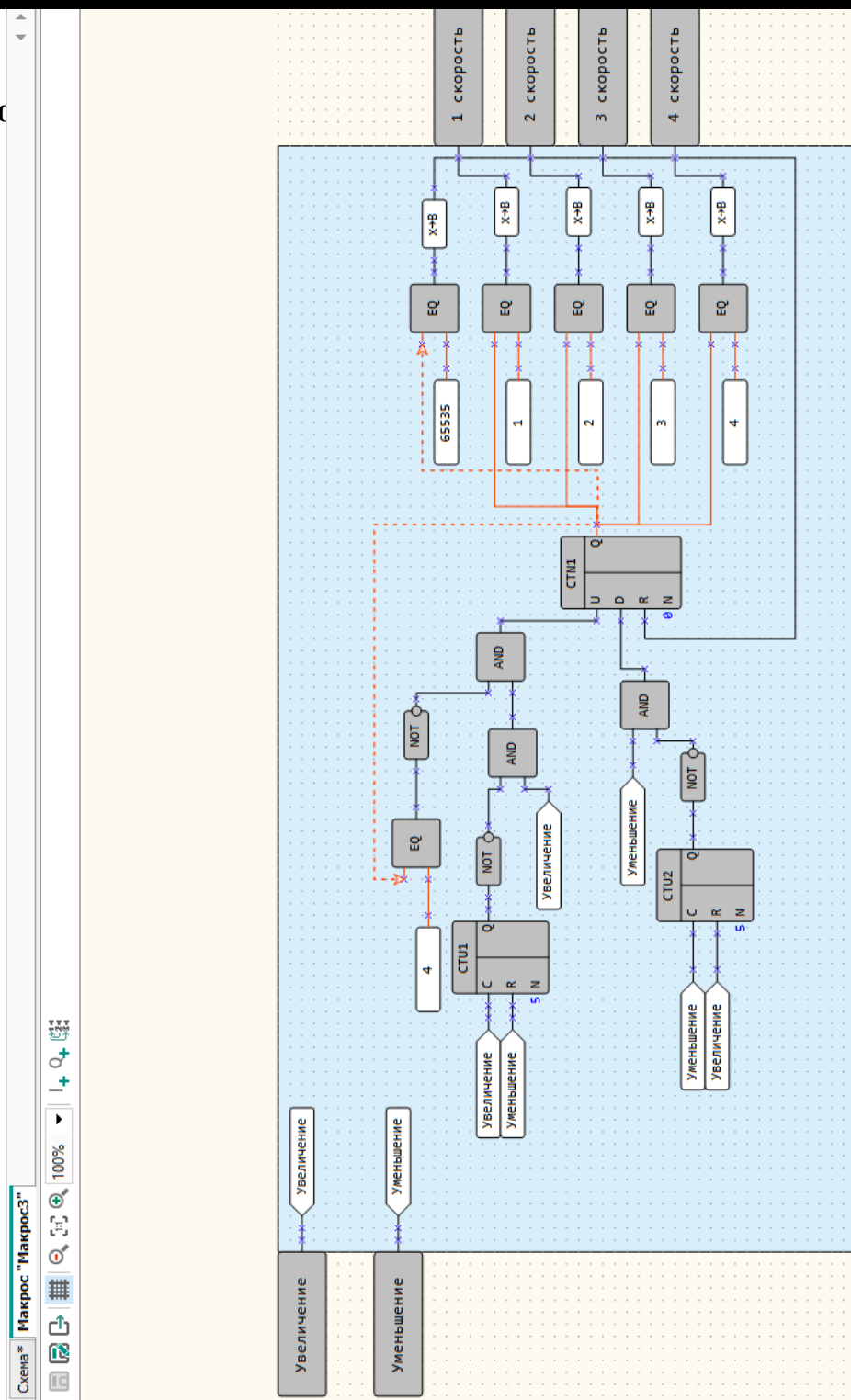
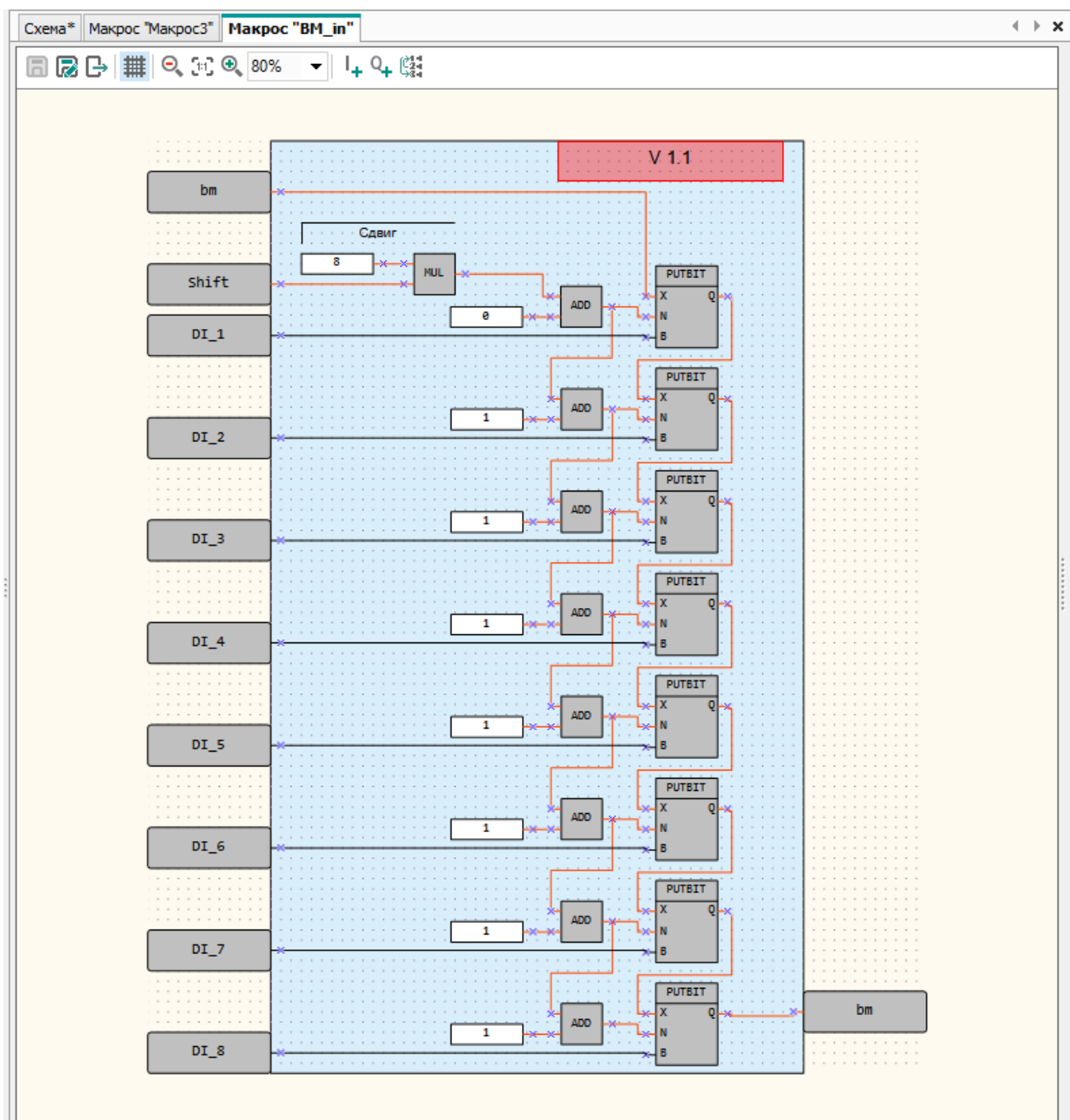


Схема функциональных блоков макроса «BM_in»



Приложение В

(обязательное)

Программа управления ступенчатым переключателем вентилятора

Презентация

					ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Пензенский государственный университет
Кафедра вычислительной техники
Выпускная квалификационная работа бакалавра

Программа управления ступенчатым выключателем вентилятора

Автор работы: студент гр. 21BBB1 Кривенков И.В.
Научный руководитель: доцент, к.т.н. Тарасов Д.А.

Цели и задачи

В процессе разработки был определён следующий функционал для реализации:

- Управление вентилятором в ступенчатом режиме
- Управление вентилятором от аналогового датчика
- Аварийное выключение
- Графический интерфейс взаимодействия с пользователем панели оператора

Выбор решения

Язык разработки:

- Язык функциональных блоков FBD

Среды разработки:

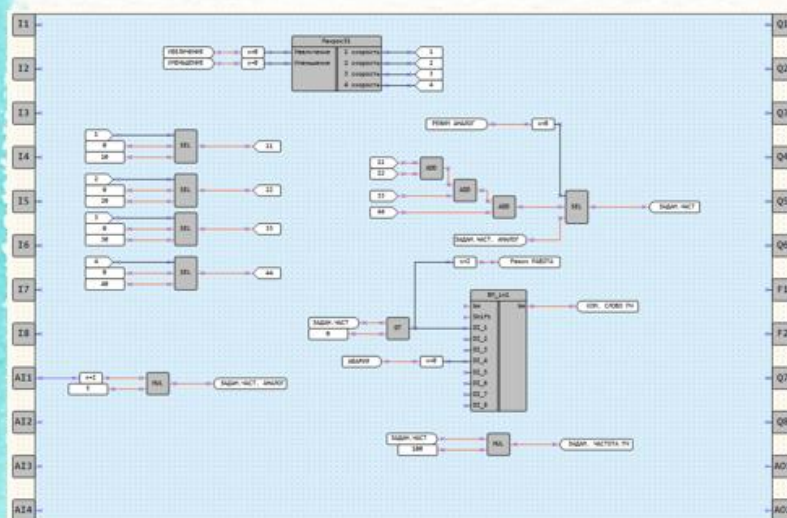
- OWEN Logic
- Конфигуратор СП200

Целевая платформа:

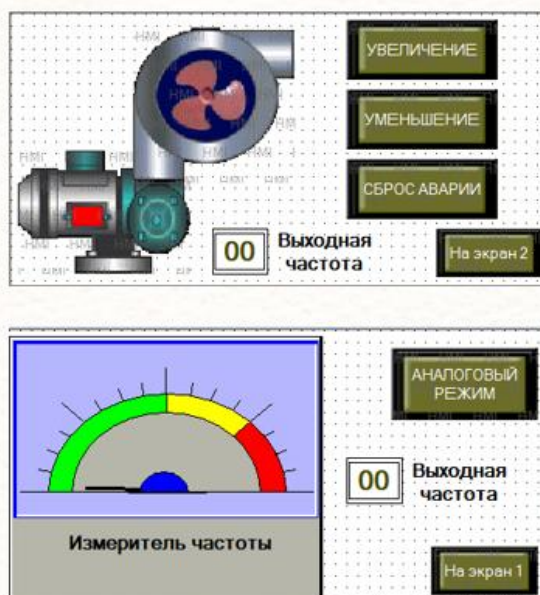
- ПЛК ОВЕН ПР200
- Панель оператор ОВЕН СП270

Другие ресурсы разработки: ПК, ОС Microsoft Windows 10, драйверы для взаимодействия элементов целевой платформы и ПК

Итоговая схема управляющей программы



Интерфейс панели оператора



Заключение

В рамках данной дипломной работы была разработана программа управления ступенчатым вентилятором на языке FBD.

В процессе выполнения задания были получены навыки конфигурирования контроллера в среде OWEN Logic на языке функциональных блоков FBD и панели оператора OWEN СП270.

В дальнейшем проект может быть расширен путем добавления возможности управления несколькими вентиляторами.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090301.14.001 ПЗ

Лист

80