ИНЖЕНЕРНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Pump Station Demo

Описание проекта — Siemens S7-1200 / TIA Portal V19 / WinCC Unified

PLC-логика · HMI · interlock · диагностика · проверка

Pump Station Demo - Описание проекта

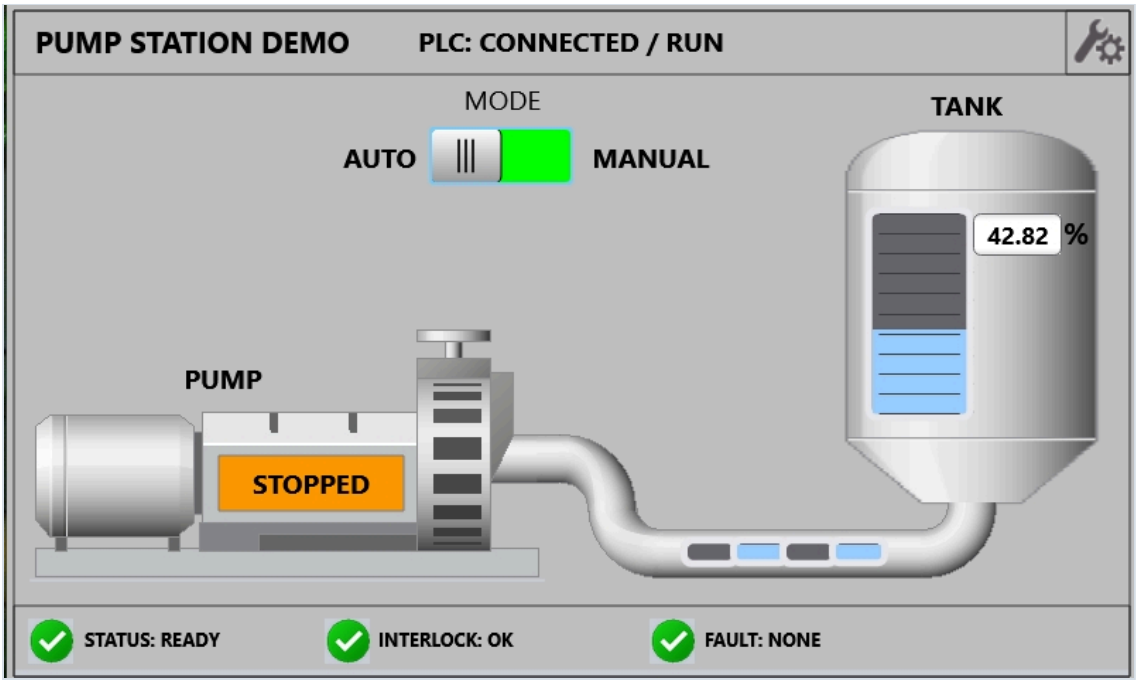
1. Обзор проекта

Pump Station Demo — инженерный проект Siemens PLC и HMI, разработанный как компактная демонстрация функций промышленной автоматизации для симулированной насосной станции.

Проект объединяет PLC-управление, обработку аналогового сигнала уровня, автоматический и ручной режимы работы насоса, interlock-защиты, мониторинг обратной связи оборудования, обработку неисправностей, настройки оператора и WinCC Unified HMI.

Проект был разработан и функционально протестирован как полностью симулированная система. Физическое полевое оборудование к установке не подключено.

Инженерная среда

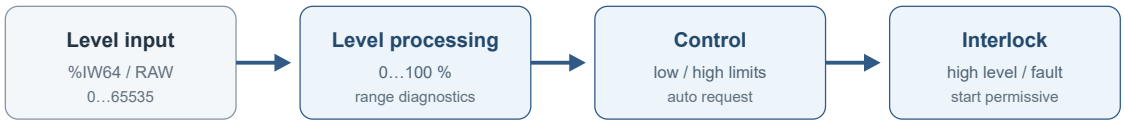


Normal Operation — основной экран HMI.

- PLC: Siemens S7-1200 CPU 1214C
- Инженерное ПО: TIA Portal V19
- Симуляция PLC: S7-PLCSIM V19
- HMI: WinCC Unified
- Устройство HMI: MTP 700 Unified Comfort
- Разрешение HMI: 800 x 480

2. Описание процесса

Process control path



Путь управления от измерения уровня до разрешения на запуск насоса.

Симулированный процесс представляет собой бак с аналоговым датчиком уровня и насосом, используемым для управления уровнем в баке.

Датчик уровня формирует симулированный аналоговый сигнал. Исходное значение входа проверяется и преобразуется в процентный уровень, используемый логикой управления.

Насос поддерживает два режима работы:

- Manual mode — оператор может подавать команды START и STOP с HMI.
- Automatic mode — PLC управляет насосом в соответствии с настроенными пределами Low Level и High Level.

Автоматическое управление использует отдельные нижний и верхний пороги, обеспечивая гистерезис между условиями запуска и остановки насоса.

3. Архитектура системы

Система PLC/HMI организована вокруг технологических данных, настраиваемых параметров, instance data blocks и специализированных функциональных блоков управления.

- db_settings — настраиваемые технологические и диагностические параметры.
- db_process — текущие технологические и управляющие данные.
- fb_level_sensor / db_level_sensor — обработка аналогового уровня и диагностика.
- fb_level_control / db_level_control — автоматическое управление уровнем.
- fb_tank_interlock / db_tank_interlock — разрешения по уровню бака и interlock-защиты насоса.
- fb_pump / db_pump_1 — команда насоса, feedback, timeout и логика неисправностей.

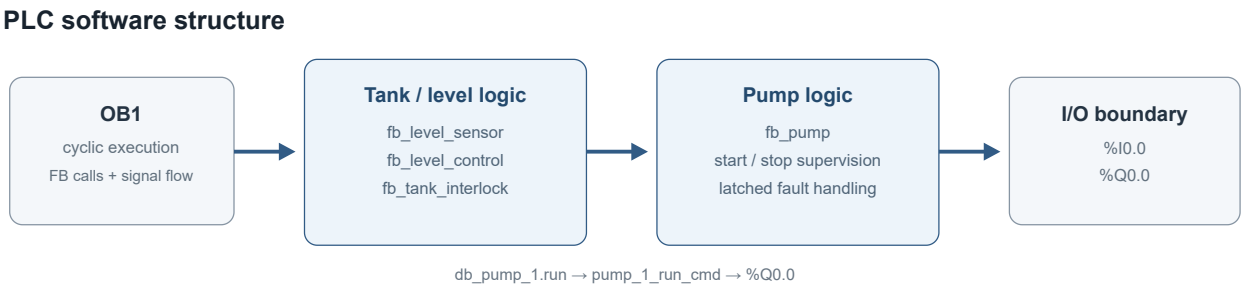
Функциональную взаимосвязь можно представить следующим образом:

Analog Level Input -> Level Signal Processing -> Level Control -> Pump Control -> Pump Command

PLC получает Running feedback от симулированного насоса через настроенный feedback-вход. Состояния неисправности насоса формируются внутри pump control block на основе диагностики start, stop и running feedback; отдельного внешнего pump fault input в текущей таблице PLC tags нет.

HMI предоставляет интерфейс оператора, а PLC содержит логику управления процессом и оборудованием.

4. Программная архитектура PLC



Структура программного обеспечения PLC и основная граница I/O.

PLC-приложение разделено на функциональные области вместо размещения всей логики процесса в одном циклическом блоке.

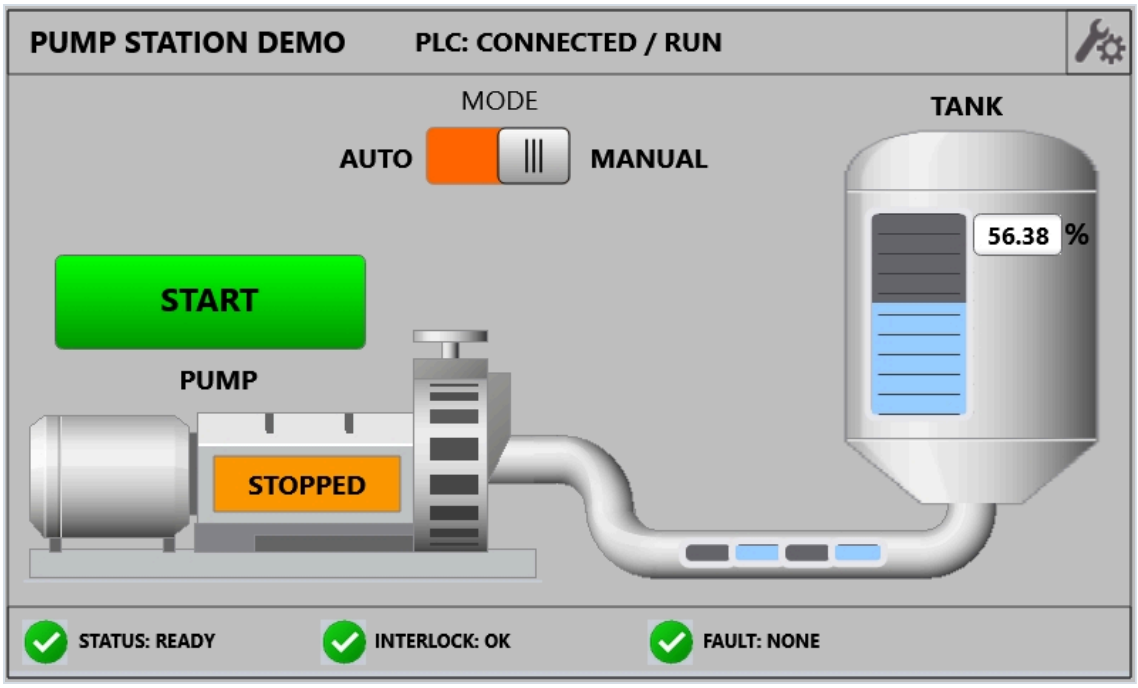
Основные функциональные области:

- Запуск и циклическое выполнение программы.
- Обработка и проверка сигнала уровня.
- Автоматическое управление уровнем.
- Управление насосом и обработка состояний.
- Обработка interlock.
- Диагностика feedback и timeout.
- Настройки процесса и runtime-данные.

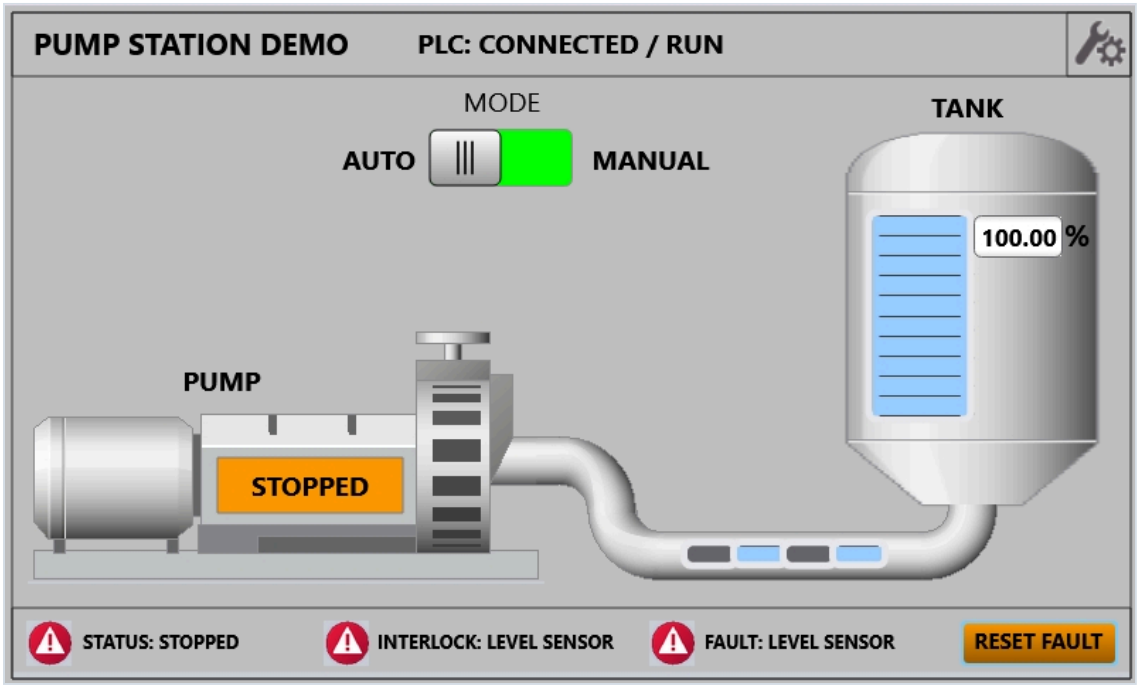
Текущий проект использует отдельные data blocks и functional blocks для этих задач. Это разделяет технологические функции и упрощает тестирование и сопровождение приложения.

5. Режимы работы

Manual Mode



Manual Mode

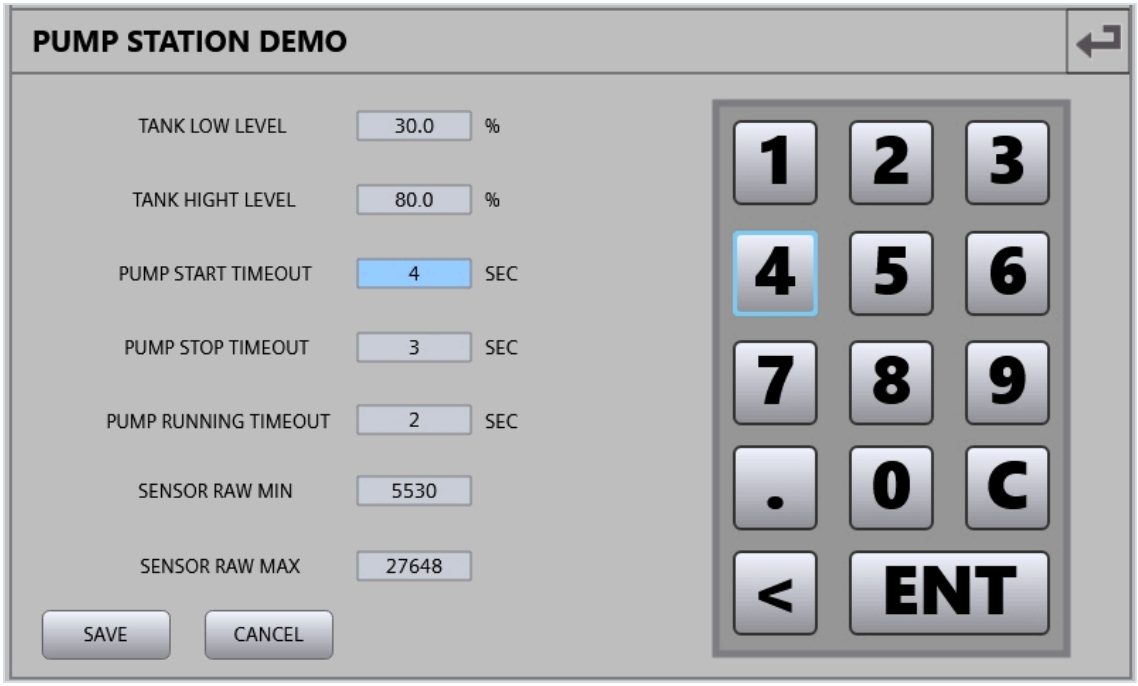


Under Range

В режиме Manual оператор может управлять насосом с HMI с помощью отдельных команд START и STOP.

Ручная команда по-прежнему проверяется совместно с действующими permissive, interlock и fault-условиями. Поэтому ручная команда не обходится защитную логику.

Automatic Mode



Settings Screen — редактирование параметров с интегрированной keypad.

В режиме Automatic запрос на работу насоса формируется логикой управления уровнем в соответствии с настроенными параметрами Low Level и High Level.

Автоматическая последовательность использует диапазон регулирования low/high.

Когда уровень ниже порога Low Level, level control формирует Auto Request.

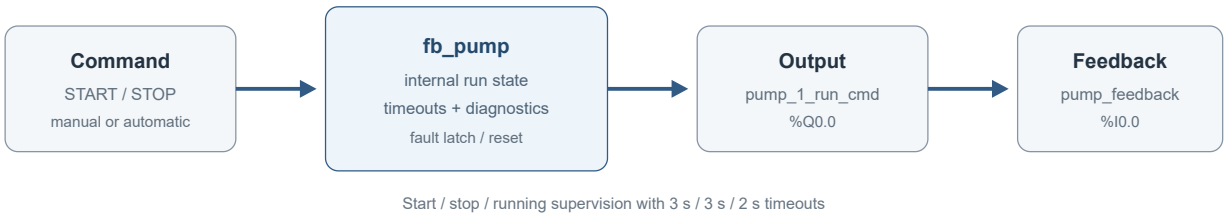
Когда уровень поднимается выше порога High Level, Auto Request снимается.

Дополнительно tank interlock останавливает насос на настроенном уровне High Level или выше и снимает start permissive, пока активно состояние high-level.

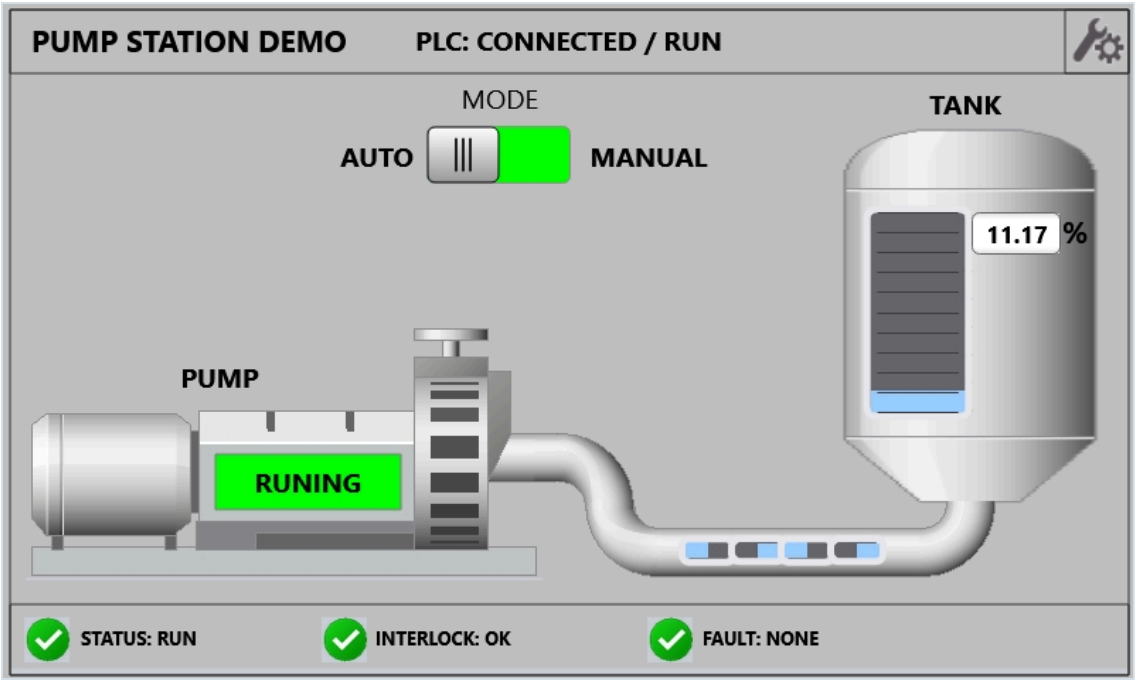
Такое разделение Auto Request и tank interlock обеспечивает эффективный гистерезис и предотвращает неограниченную работу насоса при высоком уровне.

6. Управление насосом и диагностика

Pump control and supervision



Команда насоса, внутреннее состояние run, физический выход и контроль feedback.



Pump Running — рабочее состояние на HMI.

Насос реализован как отдельный functional block, отвечающий за обработку команд, мониторинг feedback и диагностику, связанную с насосом.

Реализованные функции насоса:

- Обработка команды Start.
- Обработка команды Stop.
- Формирование Run command.
- Мониторинг Running feedback.
- Обработка Pump fault.
- Контроль Start timeout.
- Контроль Stop timeout.
- Контроль timeout Running feedback.
- Fault reset.
- Оценка interlock.

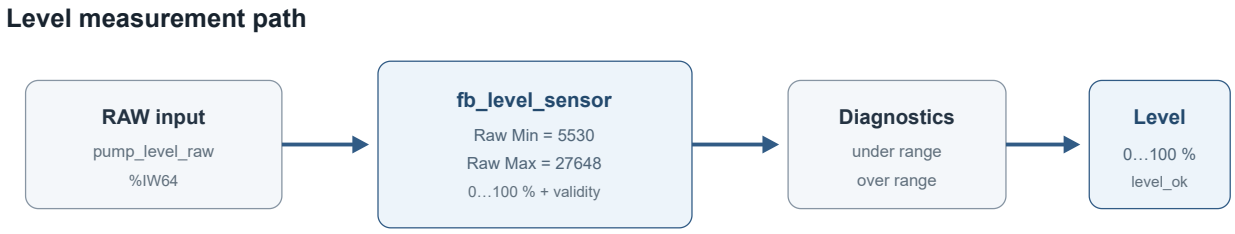
PLC разделяет требуемое состояние насоса и фактический Running feedback. Это позволяет обнаруживать ситуации, когда PLC запрашивает определённое состояние, но симулированное оборудование не подтверждает ожидаемый feedback.

Start failure определяется, когда подана команда start и ожидаемый Running feedback не получен в течение настроенного Start Timeout.

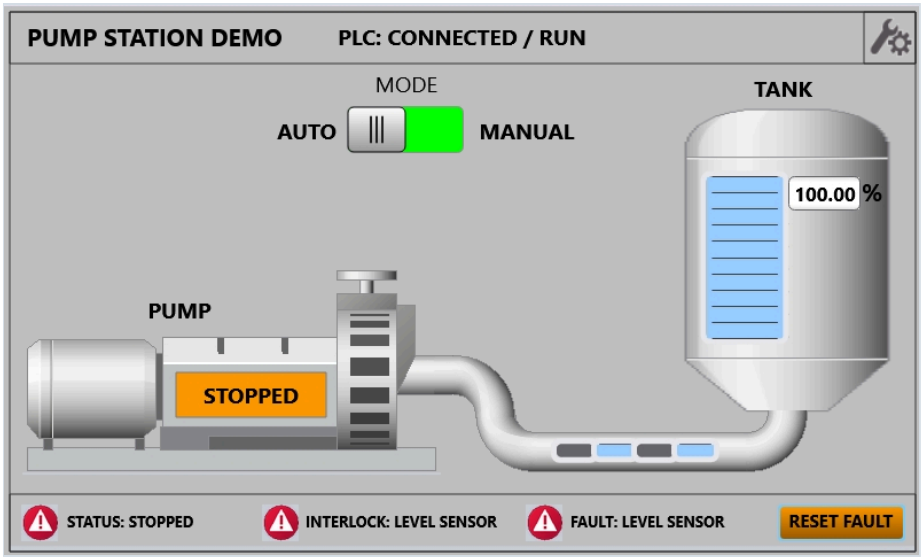
Stop failure определяется, когда подана команда stop и ожидаемый feedback не снимается в течение настроенного Stop Timeout.

Дополнительный контроль Running feedback выполняется с использованием настроенного Running Timeout.

7. Измерение уровня и диагностика



Получение RAW-уровня, масштабирование и диагностика достоверности.



Under Range — диагностическое состояние HMI.

Симулированный датчик уровня представлен raw analog input значением, соответствующим диапазону измерения 4-20 mA.

Настроенный диапазон инженерного преобразования:

- Raw minimum: 5530
- Raw maximum: 27648

Обработка сигнала преобразует корректное raw input значение в процентный уровень.

Диагностика уровня различает три основных состояния:

- Under Range — raw signal ниже настроенного минимума.
- Valid — raw signal находится внутри настроенного диапазона.
- Over Range — raw signal выше настроенного максимума.

Проект сохраняет Under Range и Over Range как отдельные диагностические состояния. Это позволяет HMI показывать конкретную причину недействительного сигнала уровня вместо общего sensor fault.

Когда сигнал уровня недействителен, рассчитанный level не должен рассматриваться как корректное технологическое измерение для функций, зависящих от достоверного сигнала уровня.

8. Interlock

> **Interlock:** Запросы на запуск проверяются с учётом разрешающих условий (permissive), достоверности сигнала уровня и текущих состояний неисправности. Итоговая команда насоса разрешается только после выполнения этих проверок.

Команда насоса подчиняется условиям interlock и permissive.

Концепция interlock отделяет запрос оператора или автоматический запрос от окончательного разрешения на работу насоса.

К важным блокирующим условиям относятся invalid level signal и состояния, показывающие, что логика управления не разрешает работу насоса.

Проект также предотвращает неправильный запуск, когда процесс уже находится в состоянии high-level или full-tank.

Итоговый путь управления можно представить так:

Start Request -> Interlock and Permissive Evaluation -> FB_Pump -> db_pump_1.run -> pump_1_run_cmd (%Q0.0)

Путь feedback:

pump_feedback (%I0.0) -> FB_Pump.running_feedback

Если необходимые interlock-условия не выполнены, итоговая команда насоса блокируется даже при наличии start request.

Это разделение позволяет HMI показывать как выбранный режим работы, так и причину, по которой насос не имеет разрешения на работу.

9. HMI

Интерфейс оператора реализован в WinCC Unified и предназначен для устройства MTP 700 Unified Comfort с разрешением экрана 800 x 480.

HMI разделён на два основных экрана: Main и Settings.

Main Screen

Main screen является основным экраном оператора и процесса. Он объединяет визуализацию процесса, команды управления и диагностическую информацию.

Main screen предоставляет:

- Индикацию Tank level.
- Графический статус насоса.
- Выбор режима AUTO / MANUAL.
- Команды оператора START и STOP.
- Состояние interlock или permissive.
- Индикацию Pump fault.
- Индикацию Running feedback.
- Команду RESET FAULT.
- Индикацию соединения PLC и его рабочего состояния.
- Переход на Settings screen.

Отображаемый level является обработанным инженерным значением, а не raw analog input.

В Automatic mode насос управляется в соответствии с настроенными порогами Low Level и High Level. В Manual mode оператор может подавать прямые команды START и STOP, при этом действующие interlock и fault-условия остаются активными.

Main screen также различает состояние PLC и состояние насоса. Например, PLC в состоянии CONNECTED / RUN может одновременно корректно существовать при остановленном насосе.

Рабочее состояние PLC получается через HMI PLC operating-state tag и отображается в виде понятной оператору информации о состоянии.

Main Screen Diagnostics

Main screen содержит отдельные диагностические области для состояния процесса, interlock и fault.

Диагностическая информация предназначена для отображения причины блокировки или ненормальной работы, а не только факта, что насос находится в состоянии OFF.

RESET FAULT является функциональной PLC-командой. Это не просто визуальное подтверждение сообщения; команда связана с соответствующей логикой сброса fault.

Settings Screen

Settings screen представляет собой отдельный интерфейс конфигурации параметров, влияющих на логику управления PLC.

Реализованные параметры:

- Low Level: десятичное значение, 0–100 %.
- High Level: десятичное значение, 0–100 %.
- Start Timeout: целое значение, 0–60 s.
- Stop Timeout: целое значение, 0–60 s.
- Running Timeout: целое значение, 0–60 s.
- Raw Min: целое значение, 0–65535.
- Raw Max: целое значение, 0–65535.

Параметры концептуально разделены на группы process thresholds, pump diagnostics и analog sensor configuration.

Оператор сначала выбирает параметр, затем вводит значение с помощью специальной numeric keypad.

Keypad предоставляет функции digit entry, decimal input, clear, backspace и подтверждения ввода.

Settings Transaction Model

Редактирование не изменяет сохранённую конфигурацию немедленно.

Оператор работает с редактируемой draft-копией настроек. Draft можно изменить, а затем сохранить или отменить.

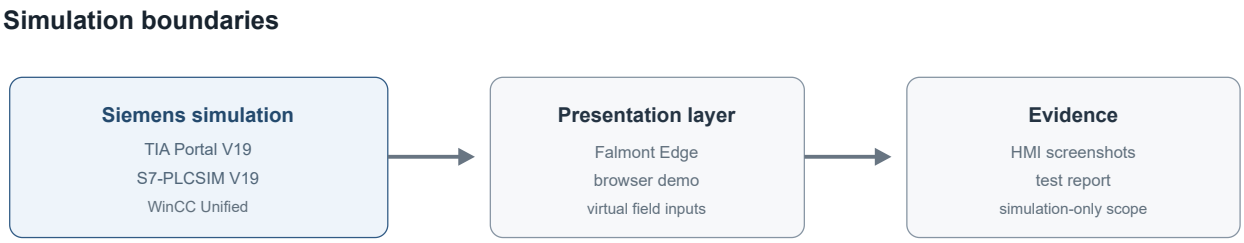
Операция SAVE проверяет полный набор параметров перед принятием изменений. Только корректная конфигурация принимается как новая сохранённая конфигурация.

Операция CANCEL отменяет текущие изменения и восстанавливает ранее сохранённые значения.

При ошибке проверки используется специальный Settings Error popup. Popup блокирует обычное взаимодействие, пока оператор не подтвердит ошибку.

При открытии Settings screen перед доступностью интерфейса конфигурации на короткое время отображается состояние INITIALIZING с сообщением Please wait.

10. Среда симуляции



Границы между инженерной симуляцией Siemens, презентационным слоем Falmont Edge и проектными материалами.

PLC- и HMI-приложение было разработано и функционально проверено в симулированной среде Siemens.

Инженерная среда состоит из:

- TIA Portal V19.
- Siemens S7-1200 CPU 1214C.
- S7-PLCSIM V19.
- WinCC Unified.
- Конфигурации MTP 700 Unified Comfort HMI.

PLCSIM используется для предоставления симулированного PLC runtime, а также для изменения или мониторинга симулированных технологических входов и feedback оборудования во время функционального тестирования.

Симуляция позволяет проверять реализованные функции управления без физического полевого оборудования.

Проверенные функциональные области включают масштабирование и проверку аналогового сигнала, диагностику Under Range и Over Range, Manual и Automatic operation, interlock, pump feedback, обработку pump fault, timeout diagnostics, HMI-команды, HMI-настройки и отображаемые состояния PLC/процесса.

11. Браузерная демонстрация

Для портфолио Falmont Edge была разработана отдельная браузерная реализация.

Браузерная демонстрация воспроизводит основное поведение и модель взаимодействия оператора исходного проекта Siemens PLC/HMI в web-среде.

Браузерная реализация является отдельным presentation и simulation layer. Она не заменяет исходный проект TIA Portal, S7-PLCSIM, S7-1200 или WinCC Unified.

Браузерная версия содержит дополнительную панель Simulation Control, используемую только для эмуляции полевых сигналов в web-демонстрации.

Simulation Control не является частью Siemens HMI. Она предоставляет симулированные значения для сигналов, которые в обычной системе поступали бы от полевого оборудования, например от датчика уровня и feedback насоса.

Связь выглядит следующим образом:

Original Engineering Project -> Browser Demonstration

TIA Portal / S7-1200 / PLCSIM / WinCC Unified -> Web-based demonstration layer

Оригинальный проект Siemens остаётся инженерным reference. Браузерная демонстрация предоставляет доступный способ наблюдать и взаимодействовать с той же концепцией управления без необходимости использовать инженерное ПО Siemens.

12. Объём и ограничения

Этот проект является симуляцией и инженерной демонстрацией, а не введённой в эксплуатацию промышленной установкой.

Проект не заявляет наличие физической полевой проводки, изготовления шкафа, реальной калибровки приборов, полевой пусконаладки, SAT или эксплуатации подключённого технологического оборудования.

Описанные в данном документе функции PLC и HMI относятся к реализованному симулированному проекту.

Браузерная демонстрация является независимым presentation layer портфолио и не должна рассматриваться как исходный PLC runtime.

Проект демонстрирует:

- Функциональное программирование PLC.
- Обработку и проверку аналоговых сигналов.
- Ручное и автоматическое управление.
- Interlock и permissive.
- Мониторинг feedback оборудования.
- Диагностику fault и timeout.
- Разработку WinCC Unified HMI.
- Обработку параметров оператора с validation и поведением save/cancel.
- Функциональную проверку на основе симуляции.

Цель проекта — продемонстрировать полный PLC/HMI-концепт управления в контролируемой симулированной среде и предоставить компактный инженерный пример для портфолио.

Приложение А - Структура программы PLC (OB1)

Полный экспорт схемы OB1 предоставлен отдельно в файле Main.pdf в составе комплекта.