

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ БАЗИСНОГО ТОПЛИВОХРАНИЛИЩА

Караев Али Фикретович, студент 2 курса магистратуры

*Уфимский государственный нефтяной технический
университет, г. Уфа, Россия*

AUTOMATION OF THE FIRE PROTECTION WATER SUPPLY SYSTEM FOR A BASIC FUEL STORAGE FACILITY

*Karaev Ali Fikretovich, 2nd-year master's student
Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia*

Аннотация. В статье рассмотрены принципы построения интегрированной системы автоматизации и дистанционного управления для реконструируемой системы противопожарного водоснабжения базисного топлиохранилища ПАО «ОДК-УМПО». Выявлены недостатки существующей системы управления (ручной режим, отсутствие мониторинга, зависимость от персонала). Предложена трёхуровневая архитектура автоматизации: полевой уровень (датчики и исполнительные механизмы), уровень контроллеров (ПЛК с алгоритмами автоматического пуска, поддержания давления и пополнения запаса) и уровень диспетчеризации (SCADA-система с центральным пультом и мнемосхемой). Обоснована необходимость внедрения насоса-жокея с частотным регулированием, автоматического ввода резерва (АВР) от дизель-генератора и взрывозащищённого исполнения оборудования во взрывоопасных зонах. Предложены алгоритмы работы системы для дежурного режима (поддержание давления), режима автоматического пуска (по падению давления) и режима дистанционного управления от кнопочных постов у защищаемых объектов. Реализация предложенных решений обеспечивает сокращение времени готовности системы с нескольких минут до 10–15 секунд, исключает гидравлические удары и минимизирует влияние человеческого фактора.

Ключевые слова: автоматизация пожаротушения, противопожарное водоснабжение, ПЛК, SCADA, насос-жокей, программируемый логический контроллер, взрывозащищённое оборудование.

Abstract. The article discusses the design principles of an integrated automation and remote control system for the reconstructed fire protection water supply system of the basic fuel storage facility of PAO "ODK-UMPO". The disadvantages of the existing control system (manual mode, lack of monitoring, dependence on personnel) are identified. A three-level automation architecture is proposed: the field level (sensors and actuators), the controller level (PLCs with algorithms for automatic start-up, pressure maintenance, and reserve replenishment), and the supervisory control level (SCADA system with a central control panel and a mimic diagram). The necessity of implementing a jockey pump with variable frequency drive, automatic transfer switch (ATS) powered by a diesel generator, and explosion-proof equipment in hazardous areas is substantiated. Operating algorithms for the system are proposed for standby mode (pressure maintenance), automatic start-up mode (triggered by pressure drop), and remote control mode activated from push-button stations located near protected facilities. The implementation of the

proposed solutions reduces the system readiness time from several minutes to 10–15 seconds, eliminates hydraulic shocks, and minimizes the human factor.

Keywords: fire suppression automation, fire protection water supply, PLC, SCADA, jockey pump, programmable logic controller, explosion-proof equipment.

Современный уровень требований к пожарной безопасности промышленных объектов, особенно относящихся к категории взрывопожароопасных, невозможен без внедрения интеллектуальных систем автоматизации. Противопожарное водоснабжение базисного топливохранилища (БТХ) не является исключением. Ручное управление, фрагментарный контроль параметров и отсутствие дистанционного мониторинга, характерные для многих действующих систем, не позволяют обеспечить мгновенную готовность и гарантированную подачу воды в условиях развивающегося пожара [1, 2].

Как показал анализ существующей системы БТХ цеха 76 ПАО «ОДК-УМПО», управление насосами и задвижками осуществляется в основном вручную с местных щитов, отсутствует централизованный контроль давления в кольцевом водопроводе и уровней в резервуарах запаса, нет интеграции с системой пожарной сигнализации. Это приводит к задержкам в принятии решений, невозможности оперативного выявления отказов и, как следствие, снижению общего уровня безопасности.

Целью данной статьи является разработка архитектуры и алгоритмов работы системы автоматизации, обеспечивающей перевод противопожарного водоснабжения БТХ на качественно новый уровень оперативности и надёжности.

Структура и функции системы автоматизации

Предлагаемая система автоматизации имеет трёхуровневую иерархическую структуру (рис. 1), что соответствует современным стандартам проектирования АСУ ТП для опасных производственных объектов [3].

Уровень 1: Полевой уровень (датчики и исполнительные механизмы)

На этом уровне размещаются первичные измерительные преобразователи и исполнительные устройства:

1 Датчики давления на напорном коллекторе насосной станции и в контрольных точках кольцевого водопровода (сигнал 4–20 мА, взрывозащищённое исполнение).

2 Датчики уровня в резервуарах запаса воды (радарные или гидростатические, с дискретизацией по трём порогам: минимальный, средний, максимальный).

3 Датчики положения задвижек с электроприводом (концевые выключатели «открыто/закрыто»).

4 Электроприводы запорной арматуры (во взрывозащищённом исполнении Ex d, с ручным дублёром).

5 Частотные преобразователи для управления насосом-жokeем (поддержание давления с переменной скоростью вращения).

Уровень 2: Уровень контроллеров (ПЛК)

Программируемый логический контроллер (ПЛК) является «мозгом» системы. Он непрерывно обрабатывает сигналы от датчиков и в соответствии с заложенными алгоритмами формирует управляющие воздействия. В проекте предусматривается применение промышленного ПЛК средней производительности (например, серии с поддержкой резервирования и работы во взрывоопасных зонах через искробезопасные барьеры).

Основные алгоритмы работы ПЛК:

Алгоритм 1 — Поддержание дежурного давления (насос-жokeй):

— ПЛК получает текущее значение давления из кольцевого водопровода.

— Если давление падает ниже уставки $P_{\text{мин}}$ (например, 0,6 МПа), частотный преобразователь увеличивает обороты насоса-жokeя.

— Если давление превышает $P_{\text{макс}}$ (0,7 МПа), обороты снижаются.

— При длительном падении давления (например, из-за разрыва трубопровода или открытия пожарного гидранта) после истечения заданной задержки (3–5 с) ПЛК инициирует пуск основного насоса №1.

Алгоритм 2 — Автоматическое пополнение запаса воды:

— ПЛК контролирует уровень в каждом резервуаре.

— При снижении уровня до отметки «автопополнение» (например, 85% от полного) контроллер открывает электроприводную задвижку на подпиточной линии от производственного водопровода.

— При достижении уровня 100% задвижка закрывается.

— Аварийная сигнализация формируется при достижении минимального уровня (20%) или при отсутствии повышения уровня в течение заданного времени.

Алгоритм 3 — Пуск основных насосов при пожаре:

— Пуск может быть инициирован: (а) автоматически — по сигналу от системы пожарной сигнализации или по падению давления ниже аварийного порога; (б) дистанционно — с центрального пульта оператором; (в) локально — с кнопочного поста у защищаемого резервуара.

— Алгоритм предусматривает последовательный пуск: сначала насос-жокей (уже работает), затем основной насос №1, через 5–10 с — основной насос №2 (при необходимости). Контроль роста давления после каждого пуска.

— При отказе насоса №1 (отсутствие роста давления) автоматически запускается резервный насос №3.

— Сигнализация «Неисправность насоса» выводится на пульт.

Уровень 3: Уровень диспетчеризации (SCADA)

Верхний уровень реализован на базе SCADA-системы (например, MasterSCADA, Trace Mode или аналогичной) [4]. Основные функции:

1 Визуализация — единая мнемосхема системы противопожарного водоснабжения с отображением всех технологических параметров в реальном времени (давление, уровни, состояние насосов и задвижек).

2 Управление — дистанционный пуск/останов насосов, открытие/закрытие задвижек, подтверждение аварийных сигналов.

3 Архивация — хранение истории параметров и событий (не менее 1 года) для последующего анализа.

4 Протоколирование — автоматическое формирование отчётов о работе системы, времени наработки оборудования, количестве пусков.

5 Интеграция — обмен данными с общезаводской АСУ БТХ и системой пожарной сигнализации (по протоколам Modbus TCP, OPC UA).

Центральный пульт управления размещается в операторной цеха 76. Дополнительно предусматриваются локальные кнопочные посты дистанционного пуска у резервуаров РВС-2000 и на сливной эстакаде (взрывозащищённое исполнение).

Обеспечение надёжности и безопасности

Для системы автоматизации, управляющей объектом повышенной опасности, предусмотрен комплекс мер по обеспечению надёжности:

1. Резервирование питания — все ответственные компоненты (ПЛК, SCADA-сервер, сетевые коммутаторы) запитываются от двух независимых вводов с автоматическим переключением, а также от источника бесперебойного питания (ИБП) на 2 часа автономной работы.

2. Резервирование каналов связи — обмен между ПЛК и SCADA осуществляется по резервируемой сети Ethernet (кольцевая топология, протокол RSTP).

3. Диагностика — непрерывный контроль целостности цепей управления насосами и задвижками (на «обрыв» и «короткое замыкание»), формирование аварийных сигналов.

4. Взрывобезопасность — всё оборудование, устанавливаемое во взрывоопасных зонах (зоны класса В-1г у резервуаров, эстакады), имеет сертификат ТР ТС 012/2011 и степень защиты не ниже IP54/Ex d IIC T6 [5].

5. Автономность — при полном отключении внешнего электроснабжения система управления питается от аккумуляторных батарей (через ИБП), а силовые насосы — от дизель-генераторной установки с автоматическим вводом резерва (АВР).

Ожидаемые результаты внедрения автоматизации

Внедрение разработанной системы автоматизации позволит:

1. Сократить время готовности системы с нескольких минут до 10–15 секунд — за счёт постоянного поддержания давления насосом-жокеем и автоматического пуска по сигналу падения давления.

2. Исключить гидравлические удары и связанные с ними риски повреждения трубопроводов — за счёт отсутствия осушения сети в дежурном режиме и плавного пуска насосов.

3. Минимизировать влияние человеческого фактора — ключевые алгоритмы (поддержание запаса, поддержание давления, пуск резерва) выполняются автоматически.

4. Обеспечить диагностику оборудования в реальном времени — оператор видит состояние каждого насоса, задвижки, уровень воды и давление, что позволяет своевременно выявлять неисправности.

5. Обеспечить интеграцию с общезаводскими системами безопасности — передача аварийных сигналов и статусов в АСУ БТХ и на пульт пожарной охраны (ПЧ-28).

Выводы

1. Существующая система управления противопожарным водоснабжением БТХ цеха 76 ПАО «ОДК-УМПО» морально устарела и не соответствует современным требованиям по оперативности, надёжности и информативности.

2. Предложенная трёхуровневая архитектура автоматизации (полевой уровень — ПЛК — SCADA) позволяет перевести систему на качественно новый уровень, обеспечивая автоматическое поддержание параметров, дистанционное управление и непрерывный мониторинг.

3. Ключевыми элементами автоматизации являются: насос-жокей с частотным регулированием для поддержания дежурного давления; ПЛК с алгоритмами пуска, резервирования и диагностики; SCADA-система с центральным пультом и мнемосхемой.

4. Реализация предложенных решений обеспечивает сокращение времени приведения системы в рабочее состояние с нескольких минут до 10–15 секунд, исключает гидравлические удары и создаёт условия для эффективного взаимодействия с мобильными силами пожарной охраны.

Список использованных источников

1. Ройзенман М.И., Смирнов А.В. Автоматизация систем пожарной безопасности на опасных производственных объектах. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2021. — 178 с.
2. Шпилькин А.П., Потапова С.О. Противопожарное водоснабжение на предприятиях хранения нефтепродуктов // Научная статья. — 2022. — CyberLeninka. — URL: <https://cyberleninka.ru>
3. Руководство по проектированию SCADA-систем для объектов ТЭК. — НИИ «Промышленная безопасность». — М., 2022.
4. Каталог оборудования промышленной автоматизации. — ООО «Техноавтоматика». — URL: <https://www.ta.ru>
5. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах».

6. ГОСТ Р МЭК 61131-2-2016 «Контроллеры программируемые. Часть 2. Требования к оборудованию и испытания».
7. Отраслевой форум «Безопасность объектов ТЭК. Интеграция, инновации, иммунитет». — URL: <https://beztek.ru>
8. СП 8.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности». — Раздел 11 (Электрооборудование, технологический контроль, автоматизация).