

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2023, Том 10, № 1 / 2023, Vol. 10, Iss. 1 <https://resources.today/issue-1-2023.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/46INOR123.pdf>

DOI: 10.15862/46INOR123 (<https://doi.org/10.15862/46INOR123>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Мехия Рамос, Б. Х. Адаптация и применение алгоритма решения изобретательских задач в проектировании автоматизированной системы управления насосной станцией водоснабжения / Б. Х. Мехия Рамос // Отходы и ресурсы. — 2023. — Т. 10. — № 1. — URL: <https://resources.today/PDF/46INOR123.pdf> DOI: 10.15862/46INOR123

For citation:

Mejia Ramos B.J. Adaptation and application of the Algorithm for Inventive Problem Solving in the design of the automatic control system for pumping water station. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2023; 10(1): 46INOR123. Available at: <https://resources.today/PDF/46INOR123.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/46INOR123

Мехия Рамос Брайан Хаир

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия
Аспирант Департамента машиностроение и приборостроение инженерной академии
E-mail: bry.mejra5@outlook.com

Адаптация и применение алгоритма решения изобретательских задач в проектировании автоматизированной системы управления насосной станцией водоснабжения

Аннотация. Реагировать на растущий спрос посетителей специализированных средств размещения, направленных к эколого-культурному туризму, требует решение проблемы оптимизации водных ресурсов, поскольку в отличие от общей концепции, они зависят исключительно от колодцев. Этот тип отелей растёт в странах Латинской Америки, таких как Мексика, Сальвадор, Эквадор, а также в европейских странах, таких как Испания.

Решение этой проблемы имеет первостепенное значение для такого рода туристических заведений.

Негативные последствия распространяются на экологическую сферу из-за растраты воды, а с другой стороны, на экономическую сферу предпринимателей из-за оплаты электроэнергии и счетов за частое техническое обслуживание.

Существует множество преимуществ, связанных с автоматизацией насосной системы — возможность сэкономить топливные ресурсы, уменьшение износа машины для технического обслуживания, а также время текущего ремонта. Очевидно, что такая экономия затрат и времени приведёт к максимизации прибыли отелей, в то время как нагрузка отдела технического обслуживания снижается благодаря отсутствию постоянного наблюдения за уровнем воды в резервуаре.

В этой статье рассматривается конкретный случай отеля в провинции Ла Либертад в Сальвадоре, данные которого будут проанализированы для определения первоначальных условий технической задачи. Применяется алгоритма решения изобретательских задач с целью разработки системы, выполняющая водоснабжения автоматически, получение сигналов с

помощью датчиков уровня, запуск или остановка насосов (при необходимости), обнаружение утечек воды с помощью датчиков давления, уменьшение траты воды и электроэнергии.

Ключевые слова: автоматизированная система управления; насосная система; техническое обслуживание; алгоритм решения изобретательских задач; эколого-культурный туризм; водоснабжение; Сальвадор

Введение

Нехватка питьевой воды в провинции Ла-Либертад в Сальвадоре побудила к приоритетной разработке различных проектов, мер и любых соображений, которые помогут предотвратить потерю этого ресурса. В этом географическом районе большое количество питьевой воды добывается из пресноводных колодцев, многие из которых летом снижают свой оптимальный уровень.

Бесперебойное снабжение питьевой водой очень важно для отелей, расположенных в сельской местности.

По этим причинам разработка автоматизированной системы управления насосной станцией водоснабжения в отеле является неотложной задачей. Их решение обеспечивает постоянную доступность питьевой воды и снимает нагрузку с отдела технического обслуживания, которому больше не нужно постоянно контролировать уровень в резервуарах, тем самым сокращая потребление воды и электроэнергии.

Проект предусматривает автоматизацию насосной системы отеля с использованием телеметрии для управления работой насосов с помощью 2 программируемых логических контроллеров (ПЛК) Siemens серии S7-1200 [1] и 2 коммуникационных модулей Siemens CP 1242-7. Для этого необходимо разработать программу, которая охватывает все различные условия, и сможет определить уровень воды, который должен быть размещён в резервуарах питьевой воды.

Телеметрия предназначена для устранения неблагоприятных условий при контроле работы насосов, так как они расположены в 5 км от отеля, где были пробурены скважины на воду. Это приводит к необходимости обмена сигналами между ПЛК и насосами, для чего нужны модули связи.

Также в этой статье рассматривается возможность контролировать утечки в трубах, соединяющих резервуары для воды, с электронными датчиками давления, подключёнными к ПЛК. Здесь требуется создание подсистемы предупреждения о наличии высокого перепада давления, вызванного утечкой на каком-либо участке трубы с использованием манометров, которые устанавливаются вдоль наиболее важного участка для раннего обнаружения утечки. Поскольку трубы закопаны, найти утечку в большинстве случаев может быть сложно.

Первоначальные условия технической задачи

В отеле есть резервуар для воды. Вода перекачивается 2 насосами. Первый центробежный насос мощностью 18700 Вт работает постоянно, а другой мощностью 22100 Вт, включается в случае неисправности первого насоса. При перекачке воды из глубокого колодца в резервуар отеля имеем насосную систему, включающую насос с двигателем мощностью 3700 Вт. Расход воды [2] во всей насосной системе от глубокого колодца до резервуара для хранения, а также от резервуара до отеля — $0,01 \text{ м}^3/\text{с}$.

Процесс начинается в глубоком колодце, где вода прокачивается для заполнения резервуара насосом мощностью двигателя 3800 Вт (N1), что ведёт из колодца до первого резервуар (R_1) расположен в городе около моря, с помощью центробежного насоса мощностью двигателя 18700 Вт (N2) до резервуара R_2 . Объем резервуаров: $R_1 = 70 \text{ м}^3$, $R_2 = 300 \text{ м}^3$.

В резервуарах для воды уже установлены измерители уровня с автоматическим управлением на одной из стен. Эти измерители уровня выдают 220 В при обнаружении присутствия воды. В резервуаре R_1 установлены 3 датчика жидкости, а в резервуаре для водоснабжения отеля R_2 установлены 4 датчика.

Управление насоса проводится с помощью двух панелей управления, расположенных около колодца.

С одной стороны, первый панель управления для насоса глубокого колодца (PU1), который управляет работой насоса по уровню воды в резервуаре R_1 . Автоматизация этого насоса, не производит ненужной работы насоса и потерь воды.

А с другой стороны второй панель управления для насосов N2 и N3 (U2). Именно здесь начинается проблема в текущем состоянии системы, так как они не имеют счётчиков воды, присутствующей в резервуаре отеля. Насосы управляются как вручную, так и *автоматически*, с помощью переключателей, таким образом в панели управления можно выбрать между насосами мощностью 18700 Вт или мощностью 22100 Вт. Существуют также другие переключатели, которые помогают переключать работу каждого насоса в ручной режим, и переключатель включения и выключения, который с помощью таймеров запускает и останавливает насос в зависимости от времени.

Применение алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ)

Проанализируем работу системы насосов с помощью АРИЗ и принципов взаимодействия её элементов. Алгоритм решения изобретательских задач [3] — комплексная программа алгоритмического типа, основанная на законах развития технических систем и предназначенная для анализа и решения изобретательских задач. В Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) [4] такая форма постановки задачи называется изобретательской ситуацией.

Этапы алгоритма:

1. Анализ задачи.
2. Анализ модели задачи.
3. Определение идеального конечного результата и физического противоречия.
4. Мобилизация и применение вещественно-полевых ресурсов.
5. Применение информационного фонда.
6. Изменение или замена задачи.
7. Анализ способа устранения физического противоречия.
8. Применение полученного ответа.
9. Анализ хода решения.

Этап 1. Анализ задачи.

Для обеспечения питьевой воды в отель, текущая система управления в этот момент представляет случая отсутствия воды из-за отсутствия системы автоматизации и правильной работы насосов. Когда отель имеет высокий спрос воды, насосы не в состоянии, чтобы обеспечить необходимое количество, так как находятся под контролем нескольких таймеров, которые запускают и отключают насосы в определённое время.

Если в определённом промежутке времени отель не имеет обычный спрос на воду, то будет ненужная трата воды.

Шаг 1.1 Записать условия мини-задачи.

Техническая система предназначена для обеспечения питьевой воды в отель.

Система состоит из 2 насосов, 1 центробежный насос мощностью 18400 Ватт работающий постоянно, а другой запасной насос мощностью 22100 Ватт находящийся внутри колодца в случае неисправности или для технического обслуживания насоса мощностью 18400 Ватт. Так же есть 2 ПЛК Siemens S7-200.

Техническое противоречие 1 (ТП-1): если в определённом промежутке времени отель имеет высокий спрос воды, то насосы не смогут обеспечить необходимое количество воды.

Техническое противоречие 2 (ТП-2): если в определённом промежутке времени отель имеет низкий спрос воды, то будет ненужная трата воды.

Шаг 1.2 Определить конфликтующую пару: изделие и инструмент

Выделить и записать конфликтующую пару элементов: изделие и инструмент:

- Изделие: питьевая вода.
- Инструменты: насосы, плк, резервуар.

Состояния инструмента (насосов): включен, выключен.

Шаг 1.3 Построить наглядные графические схемы ТП-1, ТП-2 (рис. 1).

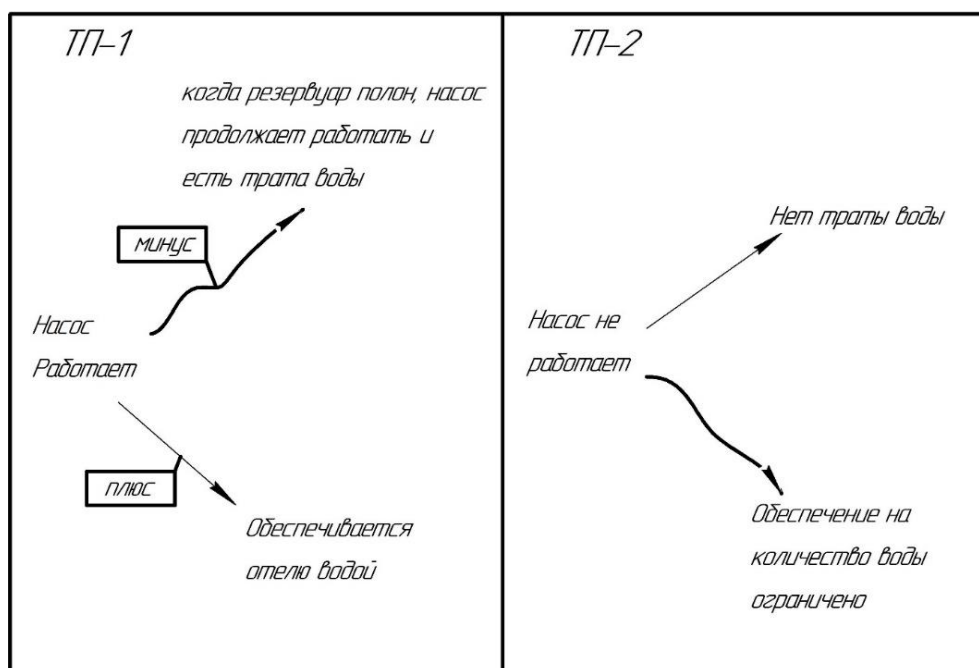


Рисунок 1. Графические схемы ТП-1, ТП-2 (составлено/разработано автором)

Шаг 1.4 Выбрать из схем конфликта ТП-1, ТП-2.

Выбираем первую схему, так как она обеспечивает наибольшее количество воды.

Шаг 1.5 Усилить конфликт, указав предельные состояния (действия) элементов.

При высоком спросе воды, насосы не в состоянии обеспечить необходимое количество воды отелю. При низком спросе воды, то будет ненужная трата воды.

Шаг 1.6 Записать формулировку модели задачи, указав:

Конфликтующую пару [5]:

- Инструмент: центробежный насос мощностью 18400 Ватт.
- Изделие: питьевая вода.

Усиленную формулировку конфликта:

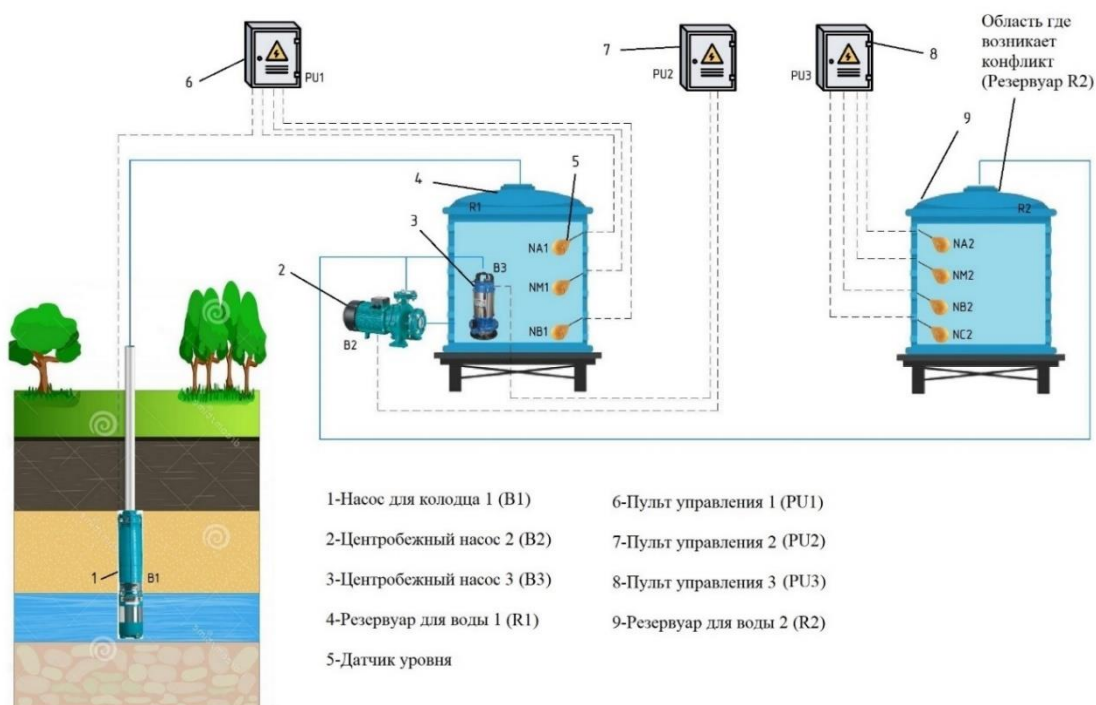
- В определённом промежутке времени, при высоком спросе воды, насосы не в состоянии обеспечить необходимое количество воды отелю.

Что должен сделать?

В систему необходимо ввести элемент, который обеспечит отелю необходимое количество воды пока резервуар не полон.

Этап 2. Анализ модели задачи.

Шаг 2.1 Определить оперативную зону



Оперативная зона показывается в рисунок 2.

Рисунок 2. Оперативная зона (составлено/разработано автором)

Шаг 2.2 Определить оперативное время.

Когда в определённом промежутке времени, насосы продолжают работать, и вода хватает в резервуаре.

Шаг 2.3 Определить вещественно-полевые ресурсы рассматриваемой системы, внешней среды и изделия. Составить список ресурсов.

1. Внутрисистемные:
 - а) насосы, панели управления, плк;
 - б) питьевая вода.
2. Внесистемные:
 - а) резервуары;
 - б) гравитация.

Этап 3. Определение идеального конечного результата и физического противоречия.

Шаг 3.1 Записать формулировку идеального конечного результата.

Элемент х (ПЛК) устраняет действие (трату или нехватку воды) в течение оперативного времени в пределах оперативной зоны, сохраняя способность инструмента совершать (избегать ненужные расходы на воду и персонал, обеспечить воду, когда необходимо).

Шаг 3.2 Усилить формулировку идеального конечного результата; при этом в систему нельзя вводить новые вещества и поля.

Автоматизация решает проблему траты и нехватки воды в насосной станции водоснабжения отеля с помощью 2 ПЛК Siemens серии S7-1200 и 2 коммуникационных модуля CP 1242-7. Для этого должна быть реализована программа, которая охватывает все различные условия, которые могут быть даны с уровнями воды и должны быть размещены в резервуарах для питьевой воды.

Шаг 3.3 Записать формулировку физического противоречия на макроуровне.

Резервуар в течение рабочего промежутка насосов должен быть наполненным водой, чтобы обеспечить отелю водой и не должна продолжать обеспечить водой, когда резервуар полон, чтобы избежать трату воды.

Шаг 3.4 Записать формулировку физического противоречия на микроуровне:

Резервуар в течение промежутка рабочего времени насосов должен быть наполненным водой, чтобы обеспечить отелю и не должна продолжать обеспечить водой, когда резервуар полон, чтобы избежать трату воды.

Шаг 3.5 Записать формулировку идеального конечного результата ИКР-2:

В течение промежутка рабочего времени, насосы должны сами обеспечивать водой, когда резервуар полон, чтобы избежать трату воды.

Шаги для осуществления проекта

1. Проводить анализ условия текущего оборудования и инфраструктуры, где будут оптимизированы объекты проекта.
2. Сбор информации: на этом этапе будет собрана необходимая информация о оборудовании, и условиях работы.
3. Калибровка оборудования: после разработки системы автоматизации насосной системы будут подробно описаны минимальные характеристики необходимого оборудования для последующей настройки.

4. Выбор необходимого оборудования: после того, как совершили соответствующие конструкции и определили размер предназначенного оборудования, оно должно быть выбрано, чтобы спроектированная система соответствовала требованиям.

Автоматизация насосной системы

Для разработки программы, которая будет использоваться в автоматизации насосной системы отеля, существуют некоторые методы, облегчающий работу, такие как так называемые диаграммы GRAFCET, которые упрощают программирование, поскольку они показывают пошаговую последовательность очень аккуратно и эффективно для обнаружения ошибок.

Другим методом является лестничная или контактная диаграмма, которая, как и GRAFCET, проста в программировании и облегчает его. В этом случае каждый выход активируется независимо от других выходов, поэтому ошибка в любом из них должна быть пересмотрена только в сегменте, соответствующий этому выходу. По причинам, изложенным выше, этим методом пользоваться для программирования ПЛК S7-1200.

Перед разработкой программы ПЛК необходимо выполнить необходимую документацию, такую как этапы работы процесса, входы и выходы, к которым подключены датчики [6] и другие устройства или оборудование. Только когда учитываются все предыдущие условия можно можно продолжить программировать бесперебойную последовательность для достижения оптимальной работы модуля сортировки.

Системные переменные

Переменные входов [7] и выходов, которые были выбраны для системы, будут подробно описаны в таблице 1 и в таблице 2. Входы, а также выходы должны быть правильно идентифицированы в ПЛК, чтобы иметь возможность осуществлять соответствующее соединение, так как это будет полезно для назначения адресов памяти входов и выходов в программе TIA Portal ПЛК Siemens.

Таблица 1

Список входов в систему

	Название входа	Обозначение	Физический адрес	Тип входа
1	Запуск	ARR	I0.0	Цифровой
2	Остановка	P	I0.1	
3	Низкий уровень резервуара 1	NB1	I0.2	
4	Средний уровень резервуара 1	NM1	I0.3	
5	Высокий уровень резервуара 1	NA1	I0.4	
6	Критический уровень резервуара 2	NC2	I0.5	
7	Низкий уровень резервуара 2	NB2	I0.6	
8	Средний уровень резервуара 2	NM2	I0.7	
9	Высокий уровень резервуара 2	NA2	I1.0	
10	Перенапряжение 1	SC1	I1.1	
11	Перенапряжение 2	SC2	I1.2	
12	Перенапряжение 3	SC3	I1.3	
13	Переключатель 1	S1	I1.4	
14	Переключатель 2	S2	I1.5	
15	Датчик давления на входе	MPE	IW.64	Аналоговый
16	Датчик давления на выходе	MPS	IW.66	

[7]

В таблицах 1 и 2, показывающих входы в систему, указывается вход, его тип, цифровой или аналоговый, его сокращённый символ и, самое главное, его физический адрес для правильного подключения к ПЛК. В основном есть цифровые входы с напряжением 24 В постоянного тока и 2 аналоговых входа, которые обеспечивают напряжение от 8 до 30 В переменного тока в соответствии с техническим паспортом датчика.

Таблица 2

Список выходов в систему

№	Название выхода	Обозначение	Физический адрес	Тип выхода
1	Ход системы	MG	Q0.0	Цифровой
2	Насос 1	B1	Q0.1	
3	Насос 2	B2	Q0.2	
4	Насос 3	B3	Q0.3	
5	Индикатор критического уровня резервуара 2	LNC2	Q0.4	
6	Индикатор низкого уровня резервуара 2	LNB2	Q0.5	
7	Индикатор среднего уровня резервуара 2	LNМ2	Q0.6	
8	Индикатор высокого уровня резервуара 2	LNA2	Q0.7	
9	Тревога перегрузки	AS	Q1.0	
10	Тревога утечки	AF	Q1.1	

[7]

Входы и выходы, которые управляют логикой проекта, представлены в рисунок 3, показывающем все системные переменные графическим образом.

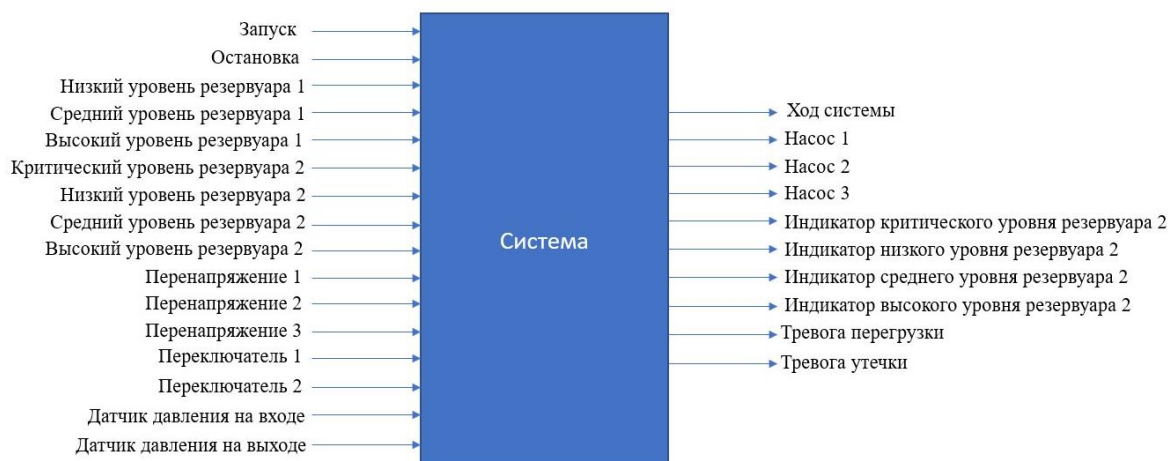


Рисунок 3. Схема входов и выходов системы
для автоматизации (составлено/разработано автором)

Последовательность процесса

Ниже подробно описаны шаги, которые алгоритм должен выполнить для запуска.

1. Нажимается кнопки запуска (Arr), которая активирует общую систему (Mg).
2. Датчики уровня резервуара 1 указывают уровень воды в первом резервуаре (NB1, NM1, NA1).
3. Если уровень воды в резервуаре 1 не составляет половины его емкости, насос 1 должен работать.

4. Датчик высокого уровня¹ бака 1 (NA1) отключает насос 1.
5. Селектор насоса (S1) указывает выбор насоса, который будет находиться в функционирование. Если он находится в положении 0, будет выбран насос 2, а если селектор находится в положении 1, включится насос 3.
6. Если селектор 2 (S2) включен, оба насоса будут работать. Он активируется, когда насос 2 включен, и этот селектор активирует насос 3, не выключая насос 2.
7. Датчики уровня резервуара 2 указывают уровень воды в резервуаре для водоснабжения отеля. (NC2, NB2, NM2, NA2).
8. Если резервуар 2 не находится на втором уровне измерения (NB2), а резервуар 1 имеет по крайней мере половину своей емкости воды, выбранный насос включается.
9. Если тревога утечки активируется, насос 2 выключится, и насос 3 включится.
10. Датчик высокого уровня резервуара 2 (NA2) отключает насосы 2 и/или 3.
11. Датчик критического уровня резервуара 2 включает индикатор $\frac{1}{4}$ уровня воды в резервуаре 2 (LNC2).
12. Датчик низкого уровня резервуара 2 включает индикатор $\frac{1}{2}$ уровня воды резервуара 2 (LNB2).
13. Датчик среднего уровня резервуара 2 включает индикатор $\frac{3}{4}$ уровня воды резервуара 2 (LNM2).
14. Датчик высокого уровня резервуара 2 включает индикатор максимального уровня воды резервуара 2 (LNA2).
15. Перегрузка 1 (SC1) выключает насос 1.
16. Перегрузка 2 (SC2) выключает насос 2.
17. Перегрузка 3 (SC3) отключает насос 3.
18. При включении любого из 3 перегрузок активируется тревога о перегрузке (AS) и выключает общую передачу и всю систему.
19. Аналоговые манометры (MPE, MPS) указывают системе, какое давление на входе и выходе основной трубы.
20. Таймер (Т) дает системе время, чтобы заполнить трубу и найти значение выходного давления, и не срабатывала тревога утечки при запуске, потому что давление будет считываться 0.
21. Разность давлений в основной трубе 69 кПа или больше вызывает тревогу утечки.
22. Тревога утечки (AF) выключите насос 2 и включите насос 3.
23. Нажимается кнопку остановки (Р), которая отключает общую передачу и систему.

¹ Сайт компании Siemens. Схемы подключения ПЛК S7-1200 CPU 1214C. [Электронный ресурс] // Siemens [сайт]. 2015. URL: <https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/91696622?c=60466702475&lc=es>.

GRAFCET

Для разработки GRAFCET и последующего программирования с этим типом языка необходимы определённые базовые знания участвующих элементов и способа работы метода.

GRAFCET — это графический метод системного моделирования для выполнения последовательных программ автоматизма [8]. Чтобы выполнить желаемую программу на языке GRAFCET, необходимо учитывать следующие основные принципы:

- Процесс разбивается на этапы, которые будут активированы один за другим.
- Для каждого из этапов будут связаны действия, которые будут эффективны только, когда стадия активна.
- Этап активируется при выполнении условия перехода, и он активирует предыдущий этап.
- Выполнение переходного условия включает активацию следующего этапа и деактивацию предыдущего этапа
- Не могут быть последовательных этапов или условий, они всегда должны быть размещены поочерёдно.

В рисунок 4. приведена диаграмма GRAFCET, предназначенная для процесса автоматизации в насосной системе.

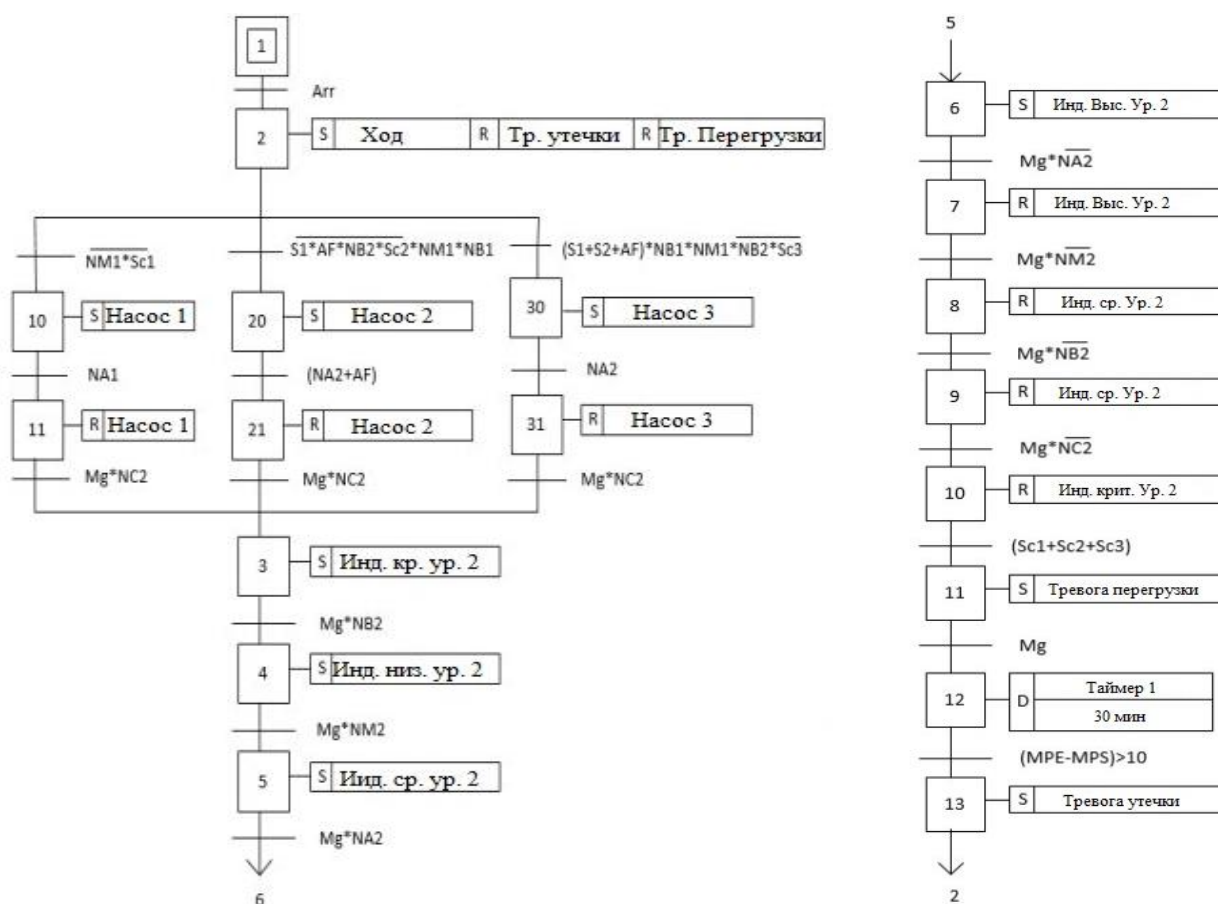


Рисунок 4. Диаграммы GRAFCET (составлено/разработано автором)

Определение уравнений

Уравнения получены из диаграммы GRAFCET, выполненной выше. Есть 10 выходов, и для каждого выхода своё уравнение.

$$MG = (ARR + MG) * P * \overline{AS}, \quad (1)$$

$$B1 = MG * \overline{SC1} * (\overline{NM1} + B1) * \overline{NA1}, \quad (2)$$

$$B2 = MG * \overline{S1} * \overline{SC2} * \overline{AF} * NB1 * [(\overline{NB2} * NM1) + B2] * \overline{NA2}, \quad (3)$$

$$B3 = MG * (S1 + S2 + AF) * \overline{SC3} * NB1 * [(\overline{NB2} * NM1) + B3] * \overline{NA2}, \quad (4)$$

$$LNC2 = MG * NC2, \quad (5)$$

$$LNB2 = MG * NC2 * NB2, \quad (6)$$

$$LNM2 = MG * NC2 * NB2 * NM2, \quad (7)$$

$$LNA2 = MG * NC2 * NB2 * NM2 * NA2, \quad (8)$$

$$AS = SC1 + SC2 + SC3, \quad (9)$$

$$AF = MG * T1 * [(MPE - MPS) > 70000], \quad (10)$$

Программирование ПЛК S7-1200

Для программирования ПЛК S7-1200 требуется программное обеспечение Siemens TIA Portal для этого проекта есть версия 16, которая обеспечивает простую в управлении среду для настройки логики контроллера, отображения HMI и сетевой связи. Для повышения производительности TIA Portal V16 предлагает два разных представления проекта: различные порталы, ориентированные на задачи и организованные в соответствии с функциями инструментов (представление портала) или представление, ориентированное на элементы проекта (представление проекта).

Язык программирования, который будет использоваться — это схема контактов (LD) или лестничная диаграмма. Этот язык использует элементы схемы, такие как, нормально замкнутые контакты, нормально разомкнутые контакты, катушки, и они объединяются, чтобы сформировать сегменты.

Сначала необходимо добавить устройство, в этом случае добавляется ПЛК S7-1200 1214C DC / DC / DC [9], чтобы иметь возможность войти в сегмент программы.

Программирование основного блока (OB1)

После того, как блок FC готов, он приступает к загрузке в главный блок системы, чтобы загрузить программу в ПЛК, как только у него уже установлен IP-адрес. При загрузке FC в основной блок должны быть загружены все переменные, содержащиеся в блоке, и они одновременно будут загружены в интерфейс, отображающий процессор выбранного автомата. В рисунке 5 и в рисунке 6 показаны функция, загруженная в основной блок (OB1), системные переменные в OB1 и переменные загружены в процессор.

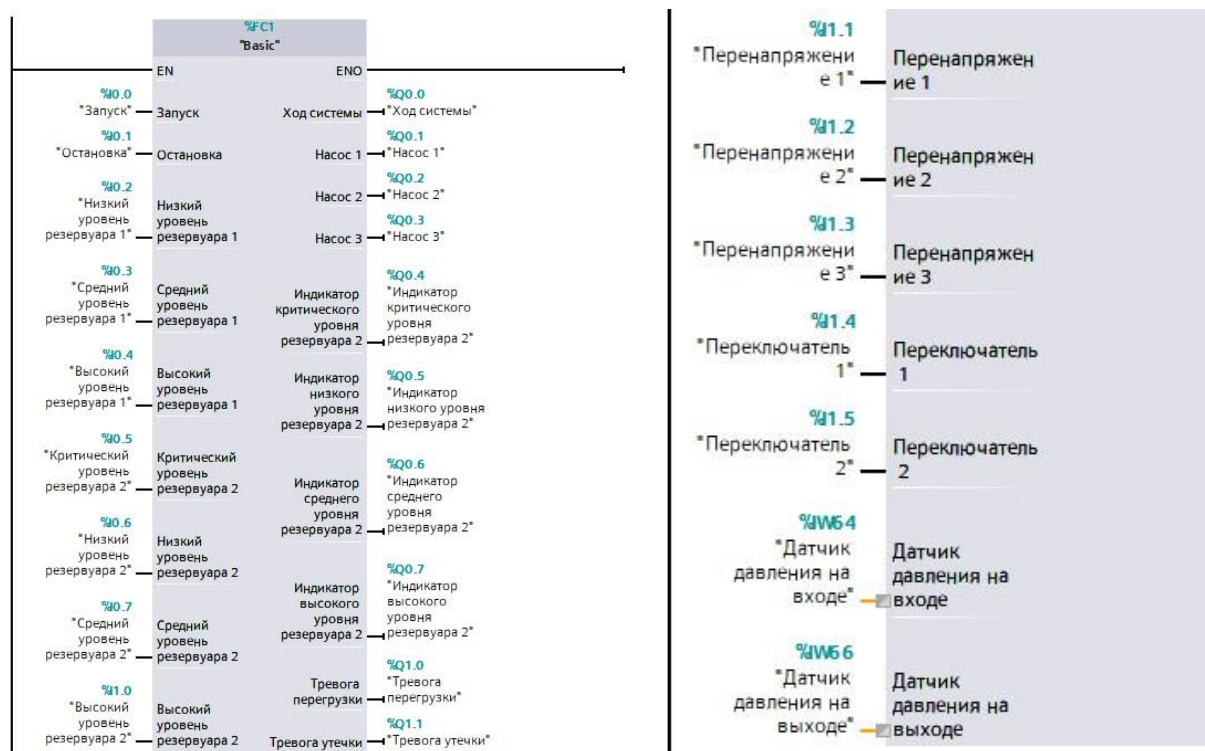


Рисунок 5. Функция загружается в основной блок (составлено/разработано автором)

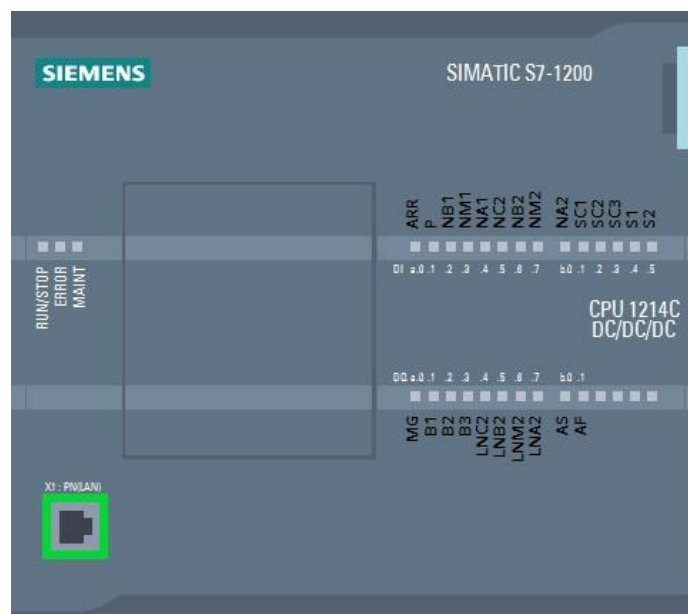


Рисунок 6. CPU 1214C с запрограммированными входами (составлено/разработано автором)

Обнаружение места утечки

Измерение давления будет производиться с помощью манометров, установленных вдоль основного трубопровода в разных точках. Благодаря точкам измерения давления можно более эффективно найти утечку. Когда давление значительно падает от одного измерения к другому, это будет означать, что на этом участке есть утечка воды.

Система трубопроводов имеет длину около 4 км, поэтому для эффективного и надёжного размещения манометров необходимо выбирать расстояние между измерениями. Система трубопроводов имеет критическую зону, в которой присутствуют все утечки, длина этой зоны составляет 300 метров. Таким образом, упрощается выбор расстояния между манометрами и количества манометров. Установленное расстояние между точками измерения составляет 50 метров, поэтому в этой критической зоне необходимо установить 7 манометров. В рисунке 7 представлена Схема распределения манометров по трубопроводной системе.

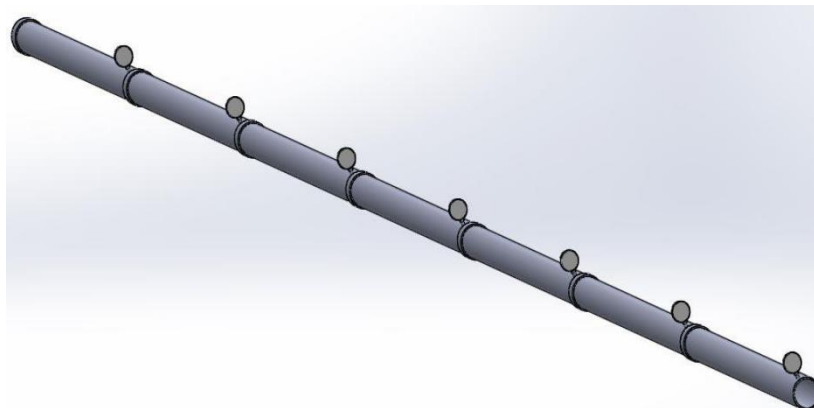


Рисунок 7. Распределение манометров по трубопроводной системе (составлено/разработано автором)

С помощью программы Tia Portal V16 (для программирования ПЛК) и CAD SIMU (для моделирования) в рисунке 8 можно отобразить предлагаемую автоматизированную систему управления насосной станцией водоснабжения. Работа ПЛК зависит полностью от сигналов датчиков уровня. При перегрузке насосов и наличии утечек в трубопроводной системе, активируются тревоги, которые останавливают процесс для защиты оборудования.

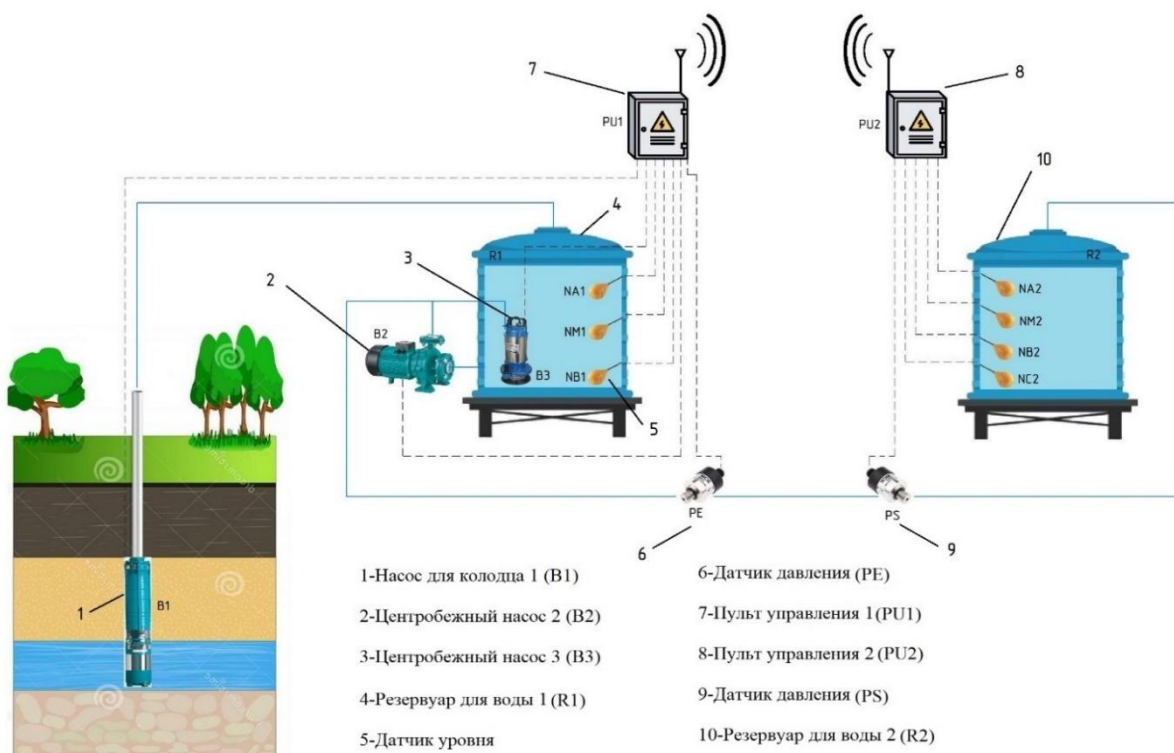


Рисунок 8. Схема насосной системы после оптимизации (составлено/разработано автором)

В данной работе показана перспективность проектировании автоматизированной системы управления насосной станцией водоснабжения. Проанализировали работу системы насосов с помощью АРИЗ и принципов взаимодействия её элементов. Также были установлены параметры для оптимизации работы системы управления, которые позволяют запустить и остановить насосы, для водоснабжения отеля с помощью ПЛК S7-1200. В итоге проанализировали программу на ПЛК Siemens S7-1200 CPU 1214C, чтобы подтвердить правильную работу процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Siemens AG. Step by Step S7-1200 — Step 7 Basic. Nurnberg, 2015 — 454 p.
2. CRESLINE. PVC Water Well Pipe and Casing. — Evansville, IN: Northwest, 2004 — 10 p.
3. Конопатов С. Алгоритмы решения нестандартных задач. Москва: ЭБС Лань. 2020 — 220 с.
4. Петров В. ТРИЗ. Теория решения изобретательских задач. Москва: Солон-пресс, 2019 — 216 с.
5. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. проф. В.П. Дьяконова. — М.: СОЛОН-Пресс, 2004. — 256 с.
6. Daneri P. PLC Automatización y Control Industrial. Valencia: HASA — 2008 — 184 p.
7. Минаев И.Г. Свободно программируемые устройства в автоматизированных системах управления / И.Г. Минаев, В.В. Самойленко, Д.Г. Ушкур, И.В. Федоренко — Ставрополь: АГРУС. 2016. — 168 с.
8. Ojeda F. Automatización con GRAFCET y Autómata programable problemas resueltos. [Автоматизация с GRAFCET и автоматизация программируемых задач в качестве результатов.] — Madrid: Ra-Ma, 2019 — 380 p.
9. Massieu W. Instalación y Operación de Controladores Lógicos Programables [Установка и эксплуатация программируемых логических программ управления.] — México D.F: Instituto Politécnico Nacional, 2008 — 51 p.

Mejia Ramos Bryan Jair

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

E-mail: bry.mejra5@outlook.com

Adaptation and application of the Algorithm for Inventive Problem Solving in the design of the automatic control system for pumping water station

Abstract. The growing demand of visitors to hotels oriented to the ecological and cultural tourism approach represents a challenge for the optimization of water resources, in contrast to traditional hotels, these depend exclusively on water wells. This type of commercial establishment is growing in Latin American countries such as Mexico, El Salvador, Ecuador, as well as in European countries such as Spain. The solution to this problem is of great importance for this type of tourist establishments.

The environmental and economic spheres are the most affected due to this problem. This is due to the waste of water and excessive payment for electricity.

There are many advantages related to the automation of the pumping system: the ability to save fuel resources, reduce machine wear for maintenance and repair time. This cost and time savings will increase the profits of the hotels, while the workload of the maintenance Department is reduced because the constant monitoring of the water level in the tanks would not be necessary.

This article focuses on the specific case of a hotel in the province of La Libertad in El Salvador. The data is analyzed to determine the initial conditions of the technical problem. An algorithm for Inventive Problem Solving is applied in order to develop a system that performs the water supply automatically, receives signals by means of level sensors, starts or stops the pumps (if necessary), and detects water leaks with the use of pressure sensors, reducing the waste of water and electricity.

Keywords: automatic control system; pumping system; maintenance; algorithm for inventive problem solving; ecological and cultural tourism; water supply; El Salvador