РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БИНАРНОЙ УСТАНОВКОЙ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ TIA PORTAL ФИРМЫ SIEMENS

© М. А. Лабазанов, М. Р. Исаева, В. В. Пашаев

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

В данной работе представлены результаты исследований, связанные с возможностью реализации бинарной установки генерации электроэнергии для самообеспечения геотермальной станции на основе реализации циркуляционной схемы использования глубинного тепла Земли (ГСЦС). Авторами рассмотрена схема бинарной установки с включением экономайзера. Разработанная программа пользовательского интерфейса предназначена для реализации человеко-машинного интерфейса автоматизированной системы управления и контроля опытно-промышленной геотермальной станции на основе реализации циркуляционной схемы использования глубинного тепла Земли. Произведен подбор аппаратно-технических и программных средств для выполнения программы.

Ключевые слова: геотермальная станция, бинарный цикл, автоматизация, диспетчерское управление.

ГСЦС является первой опытно-промышленной геотермальной теплостанцией на территории Чеченской Республики, введенной в эксплуатацию в 2015 году. Мощность геотермальной электростанции составляет 6.98 МВт. Учитывая характеристики рассматриваемой геотермальной станции, существует возможность реализации бинарной установки генерации электроэнергии для самообеспечения ГСЦС. Разработана программа пользова-

тельского интерфейса, предназначенная для реализации человеко-машинного интерфейса автоматизированной системы управления и контроля опытно-промышленной геотермальной станции на основе реализации циркуляционной схемы использования глубинного тепла Земли [1].

Электростанции с бинарным циклом играют важную роль в мире, вырабатывая электроэнергию из геотермальных источников низкой

Рис. 1. Схема бинарного цикла с экономайзером

и средней температуры. Проведены исследования по выбору термодинамической модели электростанции с бинарным циклом и подбору ее компонентов. Смоделирован бинарный цикл с экономайзером для различных давлений на входе в турбину [2].

Проанализировано, как добавление экономайзера в цикл смещает максимальную точку производительности турбины, увеличивая производительность турбины для заданной температуры закачки и помогая, когда температура закачки ограничена химическим составом геотермальной воды. Анализ показал, что н-бутан является лучшим выбором низкокипящего рабочего тела для геотермальной станции с циркуляционной схемой отбора тепла на Ханкальском месторождении. Подобрана паровая турбина. Выбраны датчики и исполнительные механизмы.

Существующая система автоматизированного управления технологическим процессом (АСУТП) ГСЦС состоит из трех уровней: нижний уровень (полевой), средний уровень (контроллер), верхний уровень (диспетчерское управление). К нижнему уровню относятся датчики и исполнительные механизмы, информация с датчиков передается на средний уровень, на котором расположен программируемый логический контроллер (ПЛК) Siemens серии Simatic S7–1500, предназначенный для выполнения основных функций автоматического логического управления. Так как программируемый логический контроллер имеет возможность расширения, его замены не требуется.

Информация со среднего уровня направляется на вышестоящий диспетчерский уровень, на котором располагается автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора со специализированным программным обеспечением типа SCADA для организации диспетчерского интерфейса. Эти функции на верхнем уровне АСУТП выполняет программное обеспечение TIA Portal фирмы Siemens [4].

Разработанная программа пользовательского интерфейса предназначена для реализации человеко-машинного интерфейса автоматизированной системы управления и контроля опытно-промышленной геотермальной станции на основе реализации циркуляционной схемы использования глубинного тепла Земли.

Данная программа обеспечивает связь между оператором и комплексом технических средств автоматизированной системы управления и контроля.

Программа позволяет отображать на экране автоматизированного рабочего места оператора оперативной информации по ходу технологического процесса на мнемосхемах геотермальной станции, а также внесение оперативных изменений в функционирование автоматизированной системы управления и контроля.

Программа автоматически производит ведение архивов по значениям всех температур, давлений и расходов с периодичностью 1 минута глубиной архива, ограниченной внутренней памятью панельного компьютера, но не менее 1 года.

Программа автоматически генерирует аварийные сообщения при достижении критических значений параметров безопасности.

Программа позволяет отображать и просматривать значения архивов на графиках за любой промежуток времени, а также отображать тренды реального времени по выбранным параметрам.

Аппаратно-технические средства для выполнения программы:

- Панельный компьютер Siemens IPC477D 15» Touch/Key PN/IE артикул 6AV7240-6CM0b-0PD0, в конфигурации Core i7-3517UE (2C/БТ, 1,7 ГГц, 3МБ Cache); 2xGigabit Ethernet (IE/PN); экран 15»; Сенсорная/кнопочная панель с разрешением 1280x800; 8 ГБ NVRAM; 1xRS232; SSD 160 ГБ; Питание 24 В [5];

- Действующее соединение ProfiNet IE с промышленным контроллером Siemens Simatic S7-1511-1 PN.

Программные средства для выполнения программы:

- Операционная система Windows Embedded Standard 7 SP1;

- Среда исполнения проекта реального времени WinCC RT Advanced 512PT.

Данная программа автоматически запускается на выполнение при подаче питающего напряжения на автоматизированное рабочее место оператора.

Дополнительных действий оператора для запуска программы не требуется.

Для остановки программы необходимо нажать на экране панельного компьютера кнопку «Выход», расположенную в правом нижнем углу. При остановке программы данным способом программа закрывается и на экране отображается операционная система. Для повторного запуска после отключения необходимо выбрать пункт «Запуск проекта» из главного меню операционной системы. Осуществлять остановку программы данным способом имеет право только системный администратор.

При снятии питающего напряжения с автоматизированного рабочего места оператора программа автоматически закрывает открытые файлы и отключается.

В данной программе предусмотрены два типа сообщений оператору:

- графические сообщения, выполненные в виде мнемосхем на экране панельного компьютера, с отображением оперативной информации о ходе технологического процесса в пункте бинарной установки;
- текстовые сообщений, представляющие собой аварийные сообщения при достижении критических значений параметров безопасности.

На начальном экране показана полная мнемосхема бинарной установки. Выведены параметры с датчиков температуры, давления, расхода и уровня. В нижнем левом углу указаны цвета каждого параметра. Также выведена частота оборотов насосов и компрессоров.

В нижней части находятся кнопки для перехода на другие экраны:

- ГСЦС;
- бинарная;
- паровая турбина;
- испаритель;
- холодильник;
- архив.

Кнопка «ГСЦС» отрывает основной экран геотермальной станции.

На экране «Испаритель бутана» возможно регулирование давления и температуры бутана, а также работающего насоса. При установке регулятора в режим АВТ насос реагирует на заданное значение давления термальной воды. При выборе режима РУЧ насос работает по заданной скорости вращения.

На экране «Холодильник» регулирование температуры бутана в холодильной установке.

На экране «Паровая турбина» выведены все параметры, необходимые для контроля системы.

На экране архивов есть возможность просмотра нужных архивов: архива температур и давлений, архива производительности и расходов или архива сообщений. На каждой графике отображается информация по всем аналоговым показателям работы всей геотермальной станции.

В случае возникновения неисправности оборудования автоматизированная система предпримет все необходимые меры для обеспечения безопасности и сохранности оборудо-

Рис. 2. Экран бинарной установки

Рис. 3. Экран испарителя

Рис. 4. Экран холодильника

Рис. 5. Экран управления паровой турбиной

Рис. 6. Экран архива сообщений

дования. Оператору необходимо квитировать сигнал аварии и проследить за работой системы в аварийном режиме системы. После включения аварийного режима работы системы необходимо вызвать ремонтную бригаду для диагностики и устранения неисправности.

Для программирования был использован язык FBD (Function Block Diagram) и STL (Список команд). Графическая форма представления алгоритма, простота в использова-

нии, повторное использование функциональных диаграмм и библиотеки функциональных блоков делают язык FBD незаменимым при разработке программного обеспечения ПЛК.

Язык FBD (Functional Block Diagram, Диаграмма Функциональных Блоков) является языком графического программирования, так же как и LD, использующий аналогию с электрической (электронной) схемой. Программа на языке FBD представляет собой сово-

Рис. 7. Фрагмент программы регулирования давления

купность функциональных блоков (functional blocks, FBs), входы и выходы которых соединены линиями связи (connections). Эти связи, соединяющие выходы одних блоков с входами других, являются по сути дела переменными программы и служат для пересылки данных между блоками. Каждый блок представляет собой математическую операцию (сложение,

умножение, триггер, логическое «или» и т.д.) и может иметь, в общем случае, произвольное количество входов и выходов. Начальные значения переменных задаются с помощью специальных блоков – входов или констант, выходные цепи могут быть связаны либо с физическими выходами контроллера, либо с глобальными переменными программы.

Рис. 8. Программа ПИД-регулирования температуры в испарителе

Рис. 9. Программа регулирования уровня в ресивере

Рис. 10. Программа ПИД-регулирования температуры в холодильнике

Рис. 11. Настройка ПИД-регулятора

Коэффициенты ПИД-регулятора подбираются самой системой. Для этого настраиваются критические моменты для системы. Далее

запускается специальная программа, которая высчитывает коэффициенты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

азработанная программа пользовательского интерфейса предназначена для реализации человеко-машинного интерфейса автоматизированной системы управления и кон-

троля опытно-промышленной геотермальной станции на основе реализации циркуляционной схемы использования глубинного тепла Земли.

Программное обеспечение TIA Portal фирмы Siemens по техническим характеристикам является наиболее эффективным и обеспечива-ет связь между оператором и комплексом технических средств автоматизированной системы управления и контроля на должном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексный проект по созданию опытно-промышленной геотермальной станции на основе реализации циркуляционной схемы использования глубинного тепла Земли: отчет о НИОКР/ Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова; Ш.Ш. Заурбеков, М.Ш. Минцаев; А.А. Шаипов и др. Грозный, 2013. 134 с.
2. Петренко В.Н., Мокрова Н.В. Разработка системы горячего водоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии // Инженерный вестник Дона. 2013. №2 / В.Н. Петренко, Н.В. Мокрова URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1617.
3. Сидорович В. Мировая энергетическая революция: Как возобновляемые источники энергии изменят наш мир / В. Сидорович. М.: Альпина Паблишер, 2015. 208 с.
4. Siemens. Паровые турбины. Вебсайт: <https://new.siemens.com/ru/ru/produkty/energetika/proizvodstvo-energii/parovye-turbiny.html>
5. Industry Mall. Вебсайт: <https://mall.industry.siemens.com/goos/WelcomePage.aspx?language=ru®ionUrl=/ru>

DEVELOPMENT OF A BINARY INSTALLATION DISPATCH SYSTEM BASED ON THE SIEMENS TIA PORTAL SOFTWARE

© M. A. Labazanov, M. R. Isaeva, V. V. Pashaev
GSOTU named after acad. M. D. Millionschikov, Grozny, Russia

This article presents the results of studies related to the possibility of implementing a binary installation of electricity generation for self-support of a geothermal station based on the implementation of the circulation scheme for using the Earth's deep heat (GSCS). The authors considered a binary installation scheme with the economizer on. The developed user interface program is designed to implement a human-machine interface of an automated control and monitoring system for a pilot industrial geothermal station based on the implementation of the circulation scheme for using the Earth's deep heat. The selection of hardware and software and software for the program.

Keywords: geothermal station, binary cycle automation, supervisory control.

REFERENCES

1. Zaurbekov, Sh. Sh., Mintshev, M. Sh., Shaipov, A. A. and others. (2013) Kompleksnyi proekt po sozdaniyu opytно-promyshlennoi geotermal'noi stantsii na osnove realizatsii tsirkulyatsionnoi skhemy ispol'zovaniya glubinnogo tepla Zemli: otchet o NIOKR/ Groznenskii gosudarstvennyi neft'anoi tekhnicheskii universitet imeni akademika M. D. Millionshchikova. [A comprehensive project to create a pilot industrial geothermal station based on the implementation of the circulation scheme for the use of the Earth's deep heat: R&D report / Grozny State Oil Technical University named after academician M. D. Millionschikov] Grozny. p. 134.
2. Petrenko V.N. and Mokrova N.V. (2013) 'Razrabotka sistemy goryachego vodosnabzheniya s ispol'zovaniem vozobnovlyаемых istochnikov energii'. *Inzhenernyi vestnik Dona*. [Development of a hot water system using renewable energy sources. Engineering Bulletin of the Don]. №2. Available at: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1617.
3. Sidorovich V. (2015) Mirovaya energeticheskaya revolyutsiya: Kak vozobnovlyаемые istochniki energii izmenyat nash mir. [World Energy Revolution: How renewable energy will change our world]. M.: Al'pina Publisher. p. 208.
4. Siemens. Parovye turbiny. Available at: <https://new.siemens.com/ru/ru/produkty/energetika/proizvodstvo-energii/parovye-turbiny.html>
5. Industry Mall. Available at: <https://mall.industry.siemens.com/goos/WelcomePage.aspx?language=ru®ionUrl=/ru>