

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С АДАПТИВНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ ДЛЯ БРАГОРЕКТИФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ СПИРТОВОГО ЗАВОДА

Шишов О. В. к.т.н., доцент кафедры электроники и нанoeлектроники Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68. e-mail: Olegshishov@yandex.ru

Славкин А. С. магистрант кафедры электроники и нанoeлектроники Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68. e-mail: slavckin2009@yandex.ru

Дорофеев А. М. ведущий инженер ООО «АВЕЛКОН», 430034, г. Саранск, ул. А. Невского, 101А, лит. А, оф. 5, e-mail: amd_86@mail.ru

Аннотация. Рассматривается разработка системы управления брагоректификационной установкой нижнего и верхнего уровня (уровней ПЛК и SCADA) с использованием адаптивных ПИД-регуляторов. Используются прямые алгоритмы адаптивного управления, в которых параметры регулятора обновляются в зависимости от текущего состояния замкнутой системы. Это позволило повысить точность регулирования температуры установки. Система управления разрабатывалась на базе аппаратных средств и программного обеспечения компаний ОВЕН, Siemens и Weintek.

Ключевые слова: брагоректификационная установка, промышленная автоматизация, программируемые логические контроллеры, SCADA-система, OPC-сервер, цифровые промышленные сети, адаптивный ПИД-регулятор.

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM WITH ADAPTIVE CONTROLLERS FOR DISTILLER OF THE DISTILLERY

Shishov O. V. Ph. D., associate Professor, Department of electronics and nanoelectronics of Ogarev Mordovia State University, 430005, Russia, Saransk, street Bolshevist, d. 68. e-mail: Olegshishov@yandex.ru

Slavkin A. S. master student of the Department of electronics and nanoelectronics of Ogarev Mordovia State University, 430005, Russia, Saransk, street Bolshevist, d. 68. e-mail: slavckin2009@yandex.ru

Dorofeev A. M. leading engineer AVELKON LLC, 430034, Russia, Saransk, street A. Nevskogo, d. 101A, cab, 5, e-mail: amd_86@mail.ru

Abstract. Discusses the development of control system for distillation and rectification installation of the lower and upper level (PLC and SCADA) using adaptive PID controllers. Direct adaptive control algorithms are used, in which the controller parameters are updated depending on the current state of the closed system. This made it possible to improve the accuracy of temperature control of the installation. The control system was developed on the basis of hardware and software companies OWEN, Siemens, and Weintek.

Keywords: distiller, industrial automation, programmable logical controllers, SCADA system, OPC-server, digital industrial networks.

Кемлянский спиртовой завод является крупнейшим спиртовым заводом республики Мордовия. Он неоднократно реконструировался с целью увеличения объема и улучшения качества выпускаемой продукции.

Производственное подразделение завода состоит из отделения варки, бражного отделения, брагоректификационной установки (далее установка) и котельной. Установка состоит из пяти колонн: бражной, элюционной, разгонной, ректификационной и окончательной очистки. В каждой колонне происходит выпаривание определенной фракции спирта. Температуры кипения каждой фракции различны и находятся в достаточно узких пределах, поэтому необходимо поддерживать температуру загруженной в колонну массы в строго определенных рамках. От точности ее поддержания зависит к.п.д. установки и качество выпускаемой продукции.

Принцип поддержания температуры колонн заключается в изменении объема прокачиваемого через трубы испарителя каждой колонны водяного пара, через поверхность теплопередачи которого тепло передается кипящему кубовому остатку. Обогрев бражной колонны осуществляется путем непосредственной подачи греющего пара в объем колонны. Пар на колонны по трубопроводу поступает с котельной. Регулировка объема водяного пара производится с помощью запорно-регулирующих клапанов. Принцип поддержания температуры спирта в холодильнике заключается в изменении объема прокачиваемой через трубы теплообменника холодильника холодной воды.

До недавнего времени контроль и управление температурой всех колонн осуществлялось оператором вручную путем открытия/закрытия необходимых вентилей подачи пара (для колонн) и воды (для холодильника). Это обеспечивало точность поддержания температуры в колоннах на уровне 3–5 % и позволял выпускать спирт не выше класса экстра. Выпуск спирта класса люкс и альфа требуют более высокой точности поддержания температуры в колоннах – с погрешностью не более 0,3–1 %. Одновременно это требует установки колонны для дополнительной очистки спирта, так называемой сивушной колонны. Все это привело к необходимости проведения модернизации системы управления установкой с применением современной цифровой программируемой техники управления.

Модернизированная система управления была построена на программируемом логическом контроллере ПЛК160 компании ОВЕН. Регулирование в программе контроллера осуществляется с помощью функциональных блоков ПИД регуляторов. Для расширения количества входов-выходов контроллера используются модули аналогового ввода/вывода компании ОВЕН. К контроллеру они подключены по цифровой сети (интерфейс RS-485, протокол Modbus RTU). К входным модулям подключены датчики давления и температуры, к выходным – запорно-регулирующие клапаны (для регулировки подачи пара и воды) и преобразователь частоты (для регулировки объема подачи бражки). Поскольку производство спирта является взрывоопасным, то все датчики и исполнительные устройства подключены к модулям ввода/вывода через барьеры искрозащиты ИСКРА компании ОВЕН. Состав системы представлен на рисунке 1.

Желание оперативного и полного получения информации о работе установки, удобного и своевременного внесения поправок в параметры ее работы потребовало включения в

систему управления установкой системы диспетчеризации и сбора данных – SCADA-системы WinCC компании Siemens. Она позволяет на экране персонального компьютера отображать и задавать необходимые параметры установки, а также извещать об авариях и вести архив необходимых данных.

Брагоректификационная установка занимает достаточно большую площадь и оператору необходимо часто перемещаться по установке для внешнего зрительного контроля его узлов и ручной подстройке исполнительных механизмов. Для постоянного контроля за параметрами установки оператору предоставлен планшет под управлением операционной системой Android, подключенный к серверу сMT-SVR-100 компании Weintek. Данный сервер дублирует основные функции SCADA-системы.

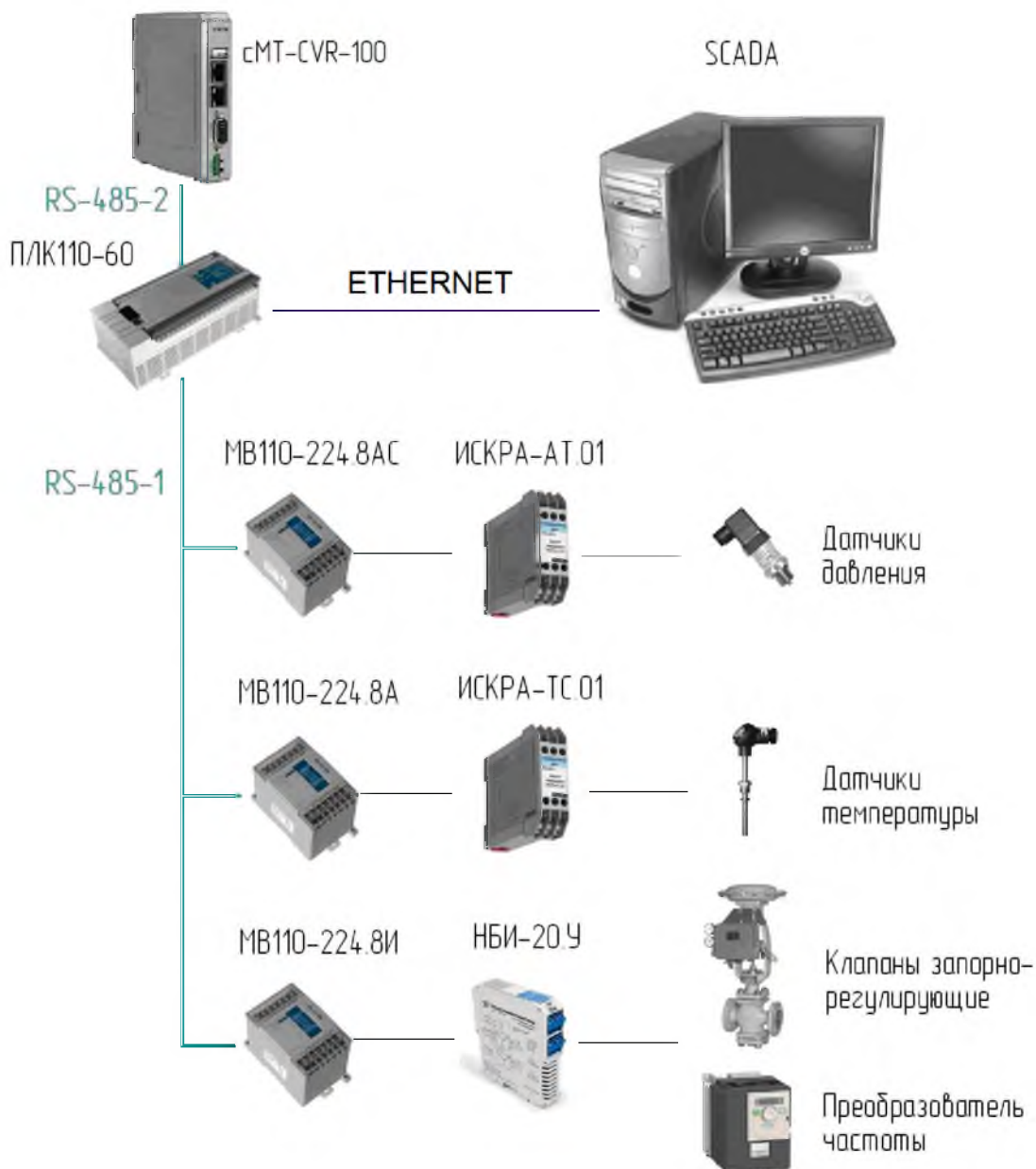


Рисунок 1 – Состав системы управления брагоректификационной установкой

В итоге реализованная система обеспечивает необходимый разброс технологических параметров необходимый для выпуска спирта класса люкс и альфа. Однако, в процессе дальнейшей эксплуатации выявились и ее недостатки, главным из которых является

достаточно сильное влияние колонн друг на друга в процессе их прогрева до рабочих температур. ПИД-регуляторы температуры колонн настроены на ее эффективное поддержание в рабочем режиме. Большие отклонения текущей температуры от уставок и ее быстрое изменение в режиме прогрева регуляторы пытаются скомпенсировать существенными и резкими открытиями и закрытиями вентилей подачи пара, наблюдается перерегулирование, колебание температуры. Это приводит к резким броскам давления пара в общей трубе подачи пара от котельной, негативно влияет на устойчивость системы. Динамика поведения системы не позволяет определить оптимальные значения параметров регулятора и на выходе котельной. До настоящего момента негативное поведение системы компенсировалось вручную, обычно просто постепенным увеличением подачи пара при начале разогрева.

Таким образом, следующим шагом в модернизации данной системы управления должно было стать применение регуляторов, подстраивающихся под динамическое изменение параметров объектов регулирования. Необходимо было проанализировать возможные решения этой проблемы, остановиться на том, который был бы прост в реализации, но обеспечивал удовлетворительные результаты.

Адаптивное управление подразумевает постоянную или периодическую корректировку коэффициентов ПИД-регулятора. Выделяют не прямые и прямые алгоритмы адаптивного управления. Непрямые алгоритмы основаны на идентификации модели объекта управления и корректировке на ее основе коэффициентов ПИД-регулятора. Прямые алгоритмы корректируют коэффициенты ПИД-регулятора на основе анализа регулируемой переменной.

Непрямые алгоритмы подразумевают идентификацию модели объекта управления с помощью различных численных методов. Для реализации таких ПИД-регуляторов используются алгебраические методы синтеза, либо методы оптимизации. Неотъемлемой частью работы данных с такими регуляторами является их первоначальная настройка. Она осуществляется по результатам эксперимента в разомкнутом контуре. Затем последующая коррекция коэффициентов ПИД-регулятора осуществляется по результатам анализа реакции системы на ступенчатое изменение задающего воздействия или управления. При этом измеряется амплитуда и период возникших автоколебаний, по значениям которых затем синтезируется ПИД-регулятор.

Применение не прямых алгоритмов адаптации невозможно в рассматриваемой системе, поскольку для идентификации ее текущих параметров нельзя обеспечить возможность ступенчатого или частотного воздействия на систему во время ее работы.

В прямых алгоритмах адаптивного управления параметры регулятора обновляются непосредственно, по определенному закону, который зависит от текущего состояния замкнутой системы. Принцип действия основан на имитации действий наладчика, который, анализируя состояние выхода системы, при изменении задающего воздействия, корректирует параметры ПИД-регулятора. При корректировке ищется компромисс между наименьшим временем переходного процесса и запасами устойчивости. Типичные правила настройки ПИД-регулятора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Правила настройки ПИД-регулятора

	Время переходного процесса	Перерегулирование	Запасы устойчивости
Увеличение k_C	Уменьшается	Увеличивается	ухудшаются
Увеличение k_I	Медленно уменьшается	Увеличивается	ухудшаются
Увеличение k_D	Медленно уменьшается	Уменьшается	улучшаются

Для управления объектами, поведение которых описывается сложными и/или нелинейными моделями, часто используют таблицы. При этом выделяются определенные режимы работы объекта управления, на которых цель управления достигается с теми или иными коэффициентами ПИД-регулятора. Режим работы определяется по одной из переменных состояния доступных измерению или задающему воздействию, а коэффициенты ПИД-регулятора выбираются из таблицы в зависимости от текущего режима. Коэффициенты каждого режима, как правило, определяют в лабораторных или экспериментальных условиях при разработке системы управления.

Благодаря своей простоте, такие адаптивные системы наиболее распространены в производстве. Были они применены и в данной разработке.

Поскольку брагоректификационная установка является объектом со сложной моделью поведения, то решено использовать таблицы коэффициентов. Несмотря на то, что в установке осуществляется регулирование температур колонн, по желанию заказчика в качестве переменных состояния использованы измеряемые требуемые рабочие давления колонн. Выделено два режима работы установки – режим прогрева и режим устойчивой работы. Для каждого режима определены необходимые коэффициенты ПИД-регуляторов и занесены в память контроллера. Реализована возможность изменения оператором данных коэффициентов.

Библиографический список

1. Шишов О. В. Современные технологии промышленной автоматизации / О. В. Шишов. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2009. – 276 с.
2. Страбников В. Н. Перегонка и ректификация этилового спирта / В. Н. Страбников. Москва : Пищевая промышленность, 1969. – 456 с.
3. Цыганков П. С. Ректификационные установки спиртовой промышленности / П. С. Цыганков. Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 336 с.
4. Александров А. Г., Паленов М. В. Состояние и перспективы развития адаптивных ПИД-регуляторов // Автоматика и телемеханика, 2014, № 2, С.16–30
5. Ротач В. Я. Теория автоматического управления: учебник для ВУЗов – 5-е изд. перераб. и доп. – Москва Издательский дом МЭИ, 2008. – 396 с.
6. Шубладзе А. М., Гуляев С. В., Шубладзе А. А. Адаптивные автоматически настраиваемые ПИД-регуляторы // Промышленные АСУ и контроллеры. 2003. № 6. С.20–25.