

УДК 621.31

АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

¹Григорьева А.М., ²Федоров О.В.

¹Политехнический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» в г. Мирном, Мирный, e-mail: gamfug@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», Нижний Новгород, e-mail: fov52@mail.ru

В данной статье описана суть критического обзора и разработка технического решения автоматизации турбокомпрессорной установки. Проведен анализ автоматизации турбокомпрессорной установки. Описаны системы управления известных технических решений. Рассмотрены основные функции, выполняемые контроллером на базе оборудования ControlLogix5555. Описана система управления центробежным компрессором фирмы Centac, построенная на базе микропроцессорного устройства. Рассмотрена структура турбокомпрессора с автоматическим частотным регулированием двигателя и перспективы их дальнейшего совершенствования. Сделаны выводы и заключения о преимуществах использования асинхронного двигателя с частотным преобразователем, который позволяет не только уменьшить потери и сэкономить электроэнергию, а также плавно регулировать скорость вращения электродвигателя от минимального до номинального значения при сохранении максимального момента на валу. Обоснованно, что применение частотного преобразователя позволит увеличить срок службы и повысить надежность электропривода и оборудования.

Ключевые слова: компрессоры, компрессорные установки, турбокомпрессоры, автоматизация, система управления, режимы работы

AUTOMATION OF COMPRESSOR EQUIPMENT OPERATION MODES

¹Grigor'eva A.M., ²Fedorov O.V.

¹Polytechnic institute (branch) of North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov in Mirny, e-mail: gamfug@mail.ru

²Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, e-mail: fov52@mail.ru

This article describes the essence of the critical review and the development of a technical solution for the automation of a turbo-compressor unit. The analysis of automation of a turbo-compressor unit is carried out. The control systems of known technical solutions are described. The main functions performed by the controller based on the ControlLogix5555 equipment are considered. The Centac centrifugal compressor control system, based on a microprocessor device, is described. The structure of the turbocharger with automatic frequency control of the engine and prospects of their further improvement are considered. Conclusions and conclusions are drawn about the advantages of using an asynchronous motor with a frequency converter, which allows not only to reduce losses and save electricity, but also smoothly regulate the rotation speed of the electric motor from the minimum to the nominal value while maintaining the maximum torque on the shaft. It is justified that the use of the frequency converter will increase the service life and increase the reliability of the electric drive and equipment.

Keywords: compressors, compressor units, turbochargers, automation, control system, operating modes

Введение. Компрессоры относятся к группе механизмов, получивших широкое распространение на всех промышленных предприятиях. Компрессоры применяют для получения сжатого воздуха или другого газа давлением свыше 0,4 МПа с целью использования его энергии в приводах пневматических молотов и прессов, в пневматическом инструменте, в устройствах пневмоавтоматики и получения газообразного кислорода.

График потребления сжатого воздуха на промышленных предприятиях, как правило, имеет переменный характер в течение суток. Для обеспечения нормальной работы потребителей необходимо, чтобы давление воздуха поддерживалось постоянным – это является одним из основных требований, предъявляемых при автоматизации ком-

прессорных установок. Давление в воздухопроводной сети зависит от потребления воздуха и производительности компрессора. Когда расход воздуха равен производительности компрессора, давление в сети будет номинальным. Если потребление воздуха становится больше производительности, то давление падает, и наоборот.

В настоящее время регулирование работы турбокомпрессора осуществляется дросселированием, что сужает диапазон регулирования давления и является экономически невыгодным. В связи с этим актуальной задачей является повышения эффективности работы турбокомпрессора за счет внедрения автоматического частотного регулирования работы приводного двигателя [1-4].

Для проверки правильности выбора типа электродвигателя и системы управления компрессорной установки можно воспользоваться математическим моделированием в среде MatLab и методиками, описанными в [5-7].

Критический обзор технических решений автоматизации турбокомпрессорной установки. Компрессорные установки являются весьма энергоемкими объектами. Следовательно, эффективное использование сжатого воздуха и снижение затрат на его производство имеют большое значение. Успешное решение этой задачи во многом зависит от мероприятий, связанных не только с совершенствованием компрессорных установок, а также и с совершенствованием системы пневмоснабжения, под которым понимают сокращение (в 2–3 раза) утечек сжатого воздуха, введение учета, нормирования и диспетчерского контроля давления и потребления воздуха.

Все применяемые в промышленности системы регулирования автоматизированы и основаны на принципе дросселирования воздуха на входе компрессора. Среди существующих решений выделим систему управления фирмы ALLEN-Bradley RockwellAutomation на базе контроллера ControlLogix5555. Подсистема защит и управления компрессором состоит из двух основных частей: основной контроллер; сигнализатор помпажа. Для организации рабочего места машиниста-оператора используется локальная станция PanelView промышленного исполнения шкафного монтажа, либо, в случае автоматизации компрессорной станции, рабочее место организуется на базе PC промышленного исполнения с программным обеспечением RSVIEW SE.

Основной контроллер выполнен на базе оборудования ControlLogix5555 и предназначен для выполнения следующих основных функций:

- защита оборудования и технологии от опасных режимов работы и перевод компрессорной установки в безопасное состояние при срабатывании аварийных блокировок;
- предупредительная сигнализация и запрет пуска при выходе параметров компрессорной установки за допустимые пределы;
- автоматическая подготовка к пуску (включая выполнение предпусковых операций, безударный выход в сеть, разгрузки при выходе из сети и т.п.);
- отработка защиты компрессора, включая обеспечение алгоритмов стратегии «выживания» при выходе из строя полевого КИП, либо единичных каналов измерения;

- технологическое регулирование (автоматическое поддержание на заданном уровне давления всасывания, давления нагнетания или расхода газа), а также автоматическое регулирование требуемых параметров компрессорной установки (давления и температуры масла в коллекторе смазки, температуры после байпасного холодильника и т.п.);

- обеспечение оптимального распределения нагрузки при параллельной или последовательной работе нескольких компрессоров в один коллектор.

Параметры алгоритмов антипомпажного регулирования, заложенные в основной контроллер, устойчивы к изменениям состава компримируемого газа и учитывают динамику приближения рабочей точки к границе помпажа. К недостаткам такого технического решения относится низкая энергоэффективность из-за использования дросселирования.

Система управления аппаратурой типа УКАС. Унифицированный комплект аппаратуры автоматизации шахтных компрессорных станций типа УКАС предназначен для автоматического управления шахтными компрессорными станциями, оборудованными поршневыми и центробежными компрессорами [8].

В аппаратуре учтены вопросы использования привода компрессоров с тиристорной или бесщеточной системой возбуждения, использования герметизированных релейно-контактных и бесконтактных логических элементов и применения регулируемого привода компрессорных агрегатов. В состав УКАС входят: узел задания команд и адресов программы, задатчик-распределитель программы работы станции, система управления и регулирования соответственно агрегатами 1-м и n-м, регулятор давления воздуха в пневмосети, датчик теплотехнического контроля, 1-й и n-й агрегаты, магистраль сжатого воздуха; ВЭП1- ВЭПn – регуляторы противопомпажной защиты 1-го и n-го компрессорных агрегатов соответственно.

Система управления и регулирования агрегата обеспечивает обработку команд задатчика-распределителя, технологические защиты и регулирование производительности компрессорного агрегата. Недостатком данной аппаратуры является отсутствие современной системы управления, что влечет за собой снижение энергоэффективности [9].

Система управления фирмы Centac. Система управления центробежным компрессором фирмы Centac построена на базе

микропроцессорного устройства, так называемая панель СМС. Она выполняет все функции управления и текущего контроля, а также управление вспомогательной аппаратурой управления, такой, как пускатель главного электродвигателя, маслоподогреватель и насос предпусковой смазки. Панель СМС оборудована изготовленной по особому заказу компьютерной платой, названной базовым управляющим модулем (ВСУМ). Эта плата оснащена микроконтроллером и микросхемами памяти, которые определяют действия панели при различных сочетаниях, измеряемых давления, температуры и вибрации. Все технические средства для анализа данных, число каналов ввода и вывода (I/O) и системная память оптимально подобраны для точного управления и защиты компрессоров Centac.

Технические характеристики системы СМС: простота использования - всего двенадцать кнопок управления для оператора; многофункциональность, графический дисплей для представления данных и текущего состояния; усовершенствованный контроль, распознавание и управление перенапряжением; ограничение по наибольшему току для защиты главного привода электродвигателя; первичная индикация и регистрация ситуации для определения основной причины отключения компрессора; сигнализация вибрации шестерни и останова компрессора на любой стадии; обязательный порт для подключения к рассредоточенной управляющей системе (DCS) через протокол MODBUS.

Для управления системой сжатого воздуха СМС использует методологии управления рабочими параметрами и импульсного управления. Управление рабочими параметрами. СМС располагает тремя стандартными режимами управления рабочими параметрами или методами эксплуатации. Это - разгрузка, модуляция, автоматическое двойное управление для типового воздушного компрессора, работающего в условиях постоянного давления. Недостатком данной системы управления является регулирование методом дросселирования.

Разработка технического решения автоматизации турбокомпрессорной установки. Структура турбокомпрессора с автоматическим частотным регулированием двигателя, предполагает наличие датчиков давления в расходной сети и на выходе компрессора, датчиков температуры двигателя, подшипников и масла, датчика уровня масла, давления масла и частоты вращения электродвигателя.

Фактическое давление воздуха в пневматической сети измеряется датчиком давления на выходе компрессора, сигнал которого поступает на модуль управления, где производится сравнение с уставкой. При возникновении сигнала рассогласования, модуль управления дает команду блоку частотного преобразователя, который, в свою очередь, формирует сигнал на увеличение или уменьшение частоты вращения приводного электродвигателя турбокомпрессора. В ходе работы установки непрерывно снимаются и анализируются показания датчиков температуры двигателя, подшипников и температуры масла. Работа маслонасоса, в процессе работы турбокомпрессора осуществляется за счет измерения давления масла на выходе насоса. При понижении давления масла или его уровня в маслобаке ниже заданных, модуль управления останавливает компрессор и включает сигнализацию. Во время пуска компрессора информация с датчиков уровня масла, давления масла и его температуры поступает в модуль, где анализируется и вырабатывается сигнал на включение основного электродвигателя компрессора.

Основным элементом устройства является микроконтроллер, который предназначен для обработки информации от датчиков и органов управления, принятия логических решений и своевременного формирования управляющего сигнала на частотный регулятор. Сигналы в микроконтроллер поступают через блок согласования входного сигнала, где осуществляется преобразование сигналов, гальваническая развязка линии связи устройства с контактными датчиками и органами управления. Блок согласования выходного сигнала предназначен для преобразования выходного сигнала микроконтроллера в сигналы управления пусковой аппаратурой приводного электродвигателя маслонасоса и клапанами. Для передачи информации между устройством и ЭВМ оператора компрессорной станции устройство содержит специальный адаптер передачи данных интерфейса RS-485.

Результаты исследований. Дальнейшее качественное совершенствование автоматизации должно развиваться в направлении получения переходных процессов запуска турбокомпрессорной установки. Регулирование скорости асинхронного двигателя с использованием частотного преобразователя позволит не только уменьшить потери и сэкономить электроэнергию, а также плавно регулировать скорость вращения электродвигателя от минимального значения до но-

минального значения при сохранении максимального момента на валу. Применение частотного преобразователя позволит увеличить срок службы и повысить надежность электропривода и оборудования [10-12].

Список литературы

1. Semenov A.S. Lower the economic losses in electric networks // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 12. С. 57-59.
2. Бондарев В.А., Семёнов А.С. Оценка основных факторов энергосбережения // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-1. С. 228-229.
3. Голубцов Н.В., Ефремов Л.Г., Федоров О.В. Проблема эффективности использования энергоресурсов // Вестник Чувашского университета. 2014. № 2. С. 18-22;
4. Грунтович Н.В., Грунтович Н.В., Ефремов Л.Г., Федоров О.В. Совершенствование систем управления энергетической эффективностью и экономической безопасностью промышленных предприятий // Вестник Чувашского университета. 2015. № 3. С. 40-48;
5. Семёнов А.С. Разработка системы электроснабжения добычного участка подземного рудника // Мир современной науки. 2013. № 1 (16). С. 12-15;
6. Семёнов А.С. Моделирование режимов работы системы электроснабжения насосной станции // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-2. С. 314-319;
7. Семёнов А.С., Хубиева В.М., Петрова М.Н. Математическое моделирование режимов работы двигателя постоянного тока в среде MATLAB // Фундаментальные исследования. 2015. № 10-3. С. 523-528;
8. Автоматизация компрессоров [Электронный ресурс] / НИИ турбокомпрессор – Режим доступа к статье: <http://www.niitk-kazan.ru...>;
9. Типовые решения САУ компрессоров [Электронный ресурс] / НИИ Промышленная автоматизация. – Режим доступа к статье: <http://www.indautomation.ru...>;
10. Турбокомпрессоры: Учеб. пособие / Галеркин Ю.Б., Козаченко Л.И. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 374 с.;
11. Хисамаев И.Г., Максимов В.А., Баткис Г.С., Гузельбаев Я.З. Проектирование и эксплуатация промышленных центробежных компрессоров. – Казань: Изд-во «ФЭН», 2010. – 671с.;
12. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. – 2-е изд., – М.: Энергоатомиздат. 1984. – 416 с.