



## ПРОГРЕССИВНОЕ РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ПАЗ: DELTA V SIS С ТЕХНОЛОГИЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КРОССИРОВКИ

А.Д. Паршин, П.Н. Кирюшин (Компания Эмерсон)

Приводится сравнительный анализ систем ПАЗ, построенных по классической схеме и на базе электронной кроссировки, в области надежности системы, увеличения диагностического покрытия и снижения стоимости обслуживания.

Ключевые слова: противоаварийная защита, электронная кроссировка, характеристические модули, централизованная архитектура, распределенная архитектура.

При разработке систем противоаварийной защиты (ПАЗ) в первую очередь отдают предпочтение проверенным технологиям, чтобы обеспечить необходимый уровень безопасности протекания ТП, выполнить требования, предъявляемые Ростехнадзором, и обеспечить должный уровень надежности системы. Но часто предприятия сталкиваются с факторами, которые отрицательно влияют на срок сдачи проекта: это утраченная или неготовая документация и вносимые до последнего дня изменения в проект. Площадь аппаратной бывает ограничена и не располагает резервами для размещения кроссовых шкафов, а к системным шкафам предъявляются сверхвысокие требования по плотности монтажа. Традиционное множество полевых кабелей и трасс, а также необходимость межшкафных перемычек являются значительными статьями в бюджете проекта.

Рассмотрим пути преодоления ограничений и сложностей существующего подхода к проектированию систем ПАЗ. Выявим преимущества новой технологии электронной кроссировки. Покажем варианты ее применения в системах ПАЗ.

При создании или модернизации системы ПАЗ в рамках АСУТП выделим ключевые возможности по сокращению затрат при сохранении необходимых показателей безопасности и надежности:

- сокращение номенклатуры элементов, упрощение структуры системы ПАЗ;
- выбор в пользу унифицированных решений (от типовых схем подключения до визуализации на станции оператора);
- минимизация влияния качества исходных данных на сроки сдачи и качество проекта системы автоматизации;
- упрощение интеграции со сторонними системами;

- повышение уровня диагностического покрытия (от датчика до исполнительного устройства).

Реализация многих из перечисленных возможностей стала доступной с появлением электронной кроссировки в системе ПАЗ. Проведем сравнительный анализ традиционного подхода построения системы ПАЗ с архитектурными возможностями, предоставляемыми технологией электронной кроссировки.

### Традиционное построение системы ПАЗ

Традиционная система ПАЗ включает следующие компоненты (рис. 1):

- 1) КИП и исполнительные механизмы с индивидуальными кабелями;
- 2) полевая клеммная коробка, служащая местом перехода от индивидуальных кабелей на групповой магистральный кабель;
- 3) кроссовый шкаф, необходимый для подключения группового магистрального кабеля к индивидуальным

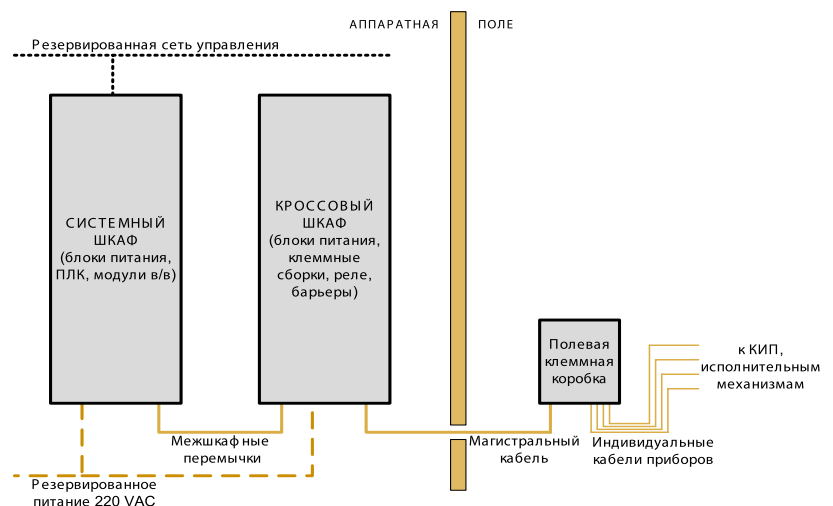


Рис. 1. Традиционный подход к построению системы ПАЗ в составе АСУТП

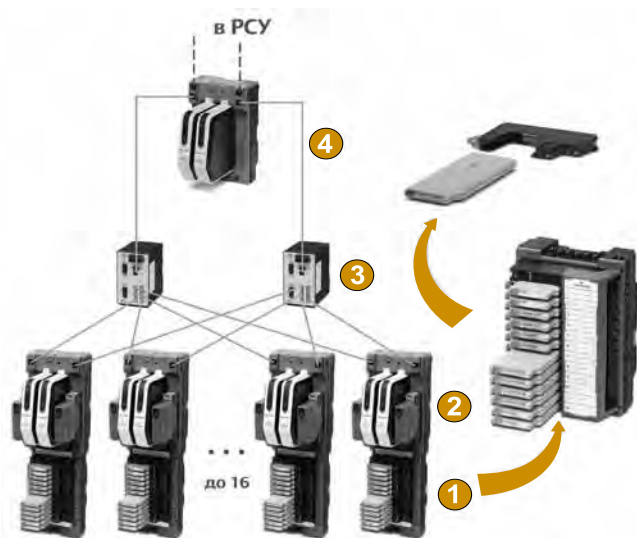


Рис 2. Пример архитектуры и компоненты DeltaV SIS с электронной кроссировкой

альным клеммам, реле, барьерам искробезопасности и т. д.;

4) системный шкаф, включая контроллер с модулями ввода/вывода и коммуникационным оборудованием для выхода в сеть управления. Связь с кроссовым шкафом осуществляется посредством межшкафных перемычек.

Отметим, что кроссовый шкаф на многих предприятиях служит границей разделения ответственности между службами: КИП отвечает за участок от датчика до кроссового шкафа, включая сам шкаф, служба АСУ — от кроссового шкафа и выше по иерархии уровней системы управления.

Традиционный подход к построению системы ПАЗ имеет следующие основные сложности реализации:

1) сроки реализации зависят от полноты и качества исходных данных, таких как таблицы ввода/вывода, функциональные схемы автоматизации, планы расположений;

2) огромный объем проводных подключений — это массивные кабельные трассы, пространство для размещения кросса, высокая вероятность ошибок подключения и надежность всей линии КИП;

3) поздние изменения проекта, такие как увеличение числа или изменение типа КИП и исполнительных устройств, могут потребовать прокладки дополнительных кабелей, изменение заказных спецификаций на крупногабаритные и дорогостоящие узлы системы, что сказывается на сроках реализации проекта;

4) большое число элементов требует значительных затрат на обслуживание;

5) система занимает много места в аппаратной;

6) уровень диагностического покрытия системы заканчивается на уровне модулей ввода/вывода.

#### Появление электронной кроссировки

Система ПАЗ подчиняется закону прогрессивного развития. Переход к новым моделям и поколениям

систем ПАЗ вызван необходимостью устранения в используемых технических системах выявленных недостатков или дефектов, что обычно связано с улучшением критериев эффективности и происходит при наличии необходимых и достаточных внешних факторов, таких как запросы пользователей и развитие технологического уровня производства [1].

Создание в 2009 г. компанией Эмерсон PCU DeltaV с электронной кроссировкой стало эволюцией технологий построения АСУТП. С 2012 г. электронная кроссировка стала успешно применяться в системах ПАЗ. В России систему ПАЗ с электронной кроссировкой сертифицировали в 2014 г.

Электронная кроссировка представляет собой отказ от классической аппаратной кроссировки и ее замену электронной. Новая технология обеспечивает гибкость при добавлении сигналов ввода/вывода, изменении типа подключения путем замены характеристических модулей без внесения изменений в шкафы управления, без замены полевой проводки.

Разработанная в соответствии с IEC 61508 и сертифицированная по уровню полноты безопасности SIL3 система DeltaV SIS с электронной кроссировкой является развитием классической системы ПАЗ DeltaV SIS (с вычислителями Smart Logic Solver 1508) с преемственными инструментами разработки прикладного ПО и обслуживания [3].

Основные аппаратные компоненты системы ПАЗ DeltaV SIS с электронной кроссировкой (рис. 2):

1. CHARM — характеристические модули для подключения «полевых» сигналов. Разработано более 20 видов модулей, включая искробезопасные и резервированные варианты;

2. CSLS — модуль ввода/вывода и процессорный модуль;

3. LSN — коммутаторы локальной сети безопасности;

4. SZ — контроллер связи с PCU, поддерживает прямой интерфейс с сетью управления DeltaV. Интеграция со сторонними PCU осуществляется посредством резервированного Modbus TCP.

*Основные технические характеристики системы DeltaV SIS с электронной кроссировкой:*

— технология четырехкратного резервирования (QMR, 2oo4D) модулей CSLS;

— дублированное системное и «полевое» питание;

— дублированные коммуникационные линии CHARM — CSLS — SZ — PCU;

— использование протокола HART в диагностике: обнаружение паразитного тока утечки в полевой линии 4...20 мА, завышающего показания от прибора, использование возможностей прогностической диагностики датчиков для своевременной реакции на их неисправности, которые могут привести к срабатыванию защит, тестирование частичным ходом (Partial Stroke Test — PST) отсеченных клапанов, станция инженера КИП (с ПО AMS Suite). Каждый характеристический одноканальный модуль CHARM 4...20 мА имеет индивидуальный встроенный

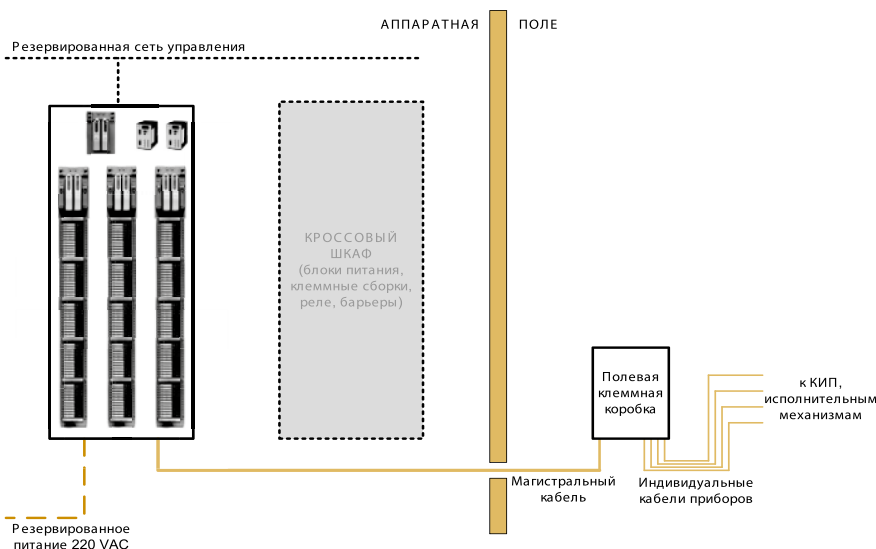


Рис. 3. Централизованная система ПАЗ DeltaV SIS с электронной кроссировкой

HART-процессор со скоростью опроса и обработки диагностической информации от датчиков 1 раз/с;

- до 96 каналов ввода/вывода на один модуль CSLS, до 16 модулей CSLS на один контроллер SZ, до 1536 каналов в рамках одной локальной сети безопасности LSN, возможно расширение числа сигналов ввода/вывода за счет глобальной сети безопасности GSN;

- до 480 каналов ввода/вывода на системный шкаф ПАЗ (800x800x2100 двухстороннего доступа);

- on-line замена модулей без останова ТП;

- on-line внесение изменений;

- система сертифицирована для установки во взрывоопасной зоне 2 (ATEX);

- рабочий диапазон температур компонентов системы — -40...70 °С.

#### Преимущества систем ПАЗ на базе электронной кроссировки

Функциональность системы DeltaV SIS с электронной кроссировкой соответствует функционально-

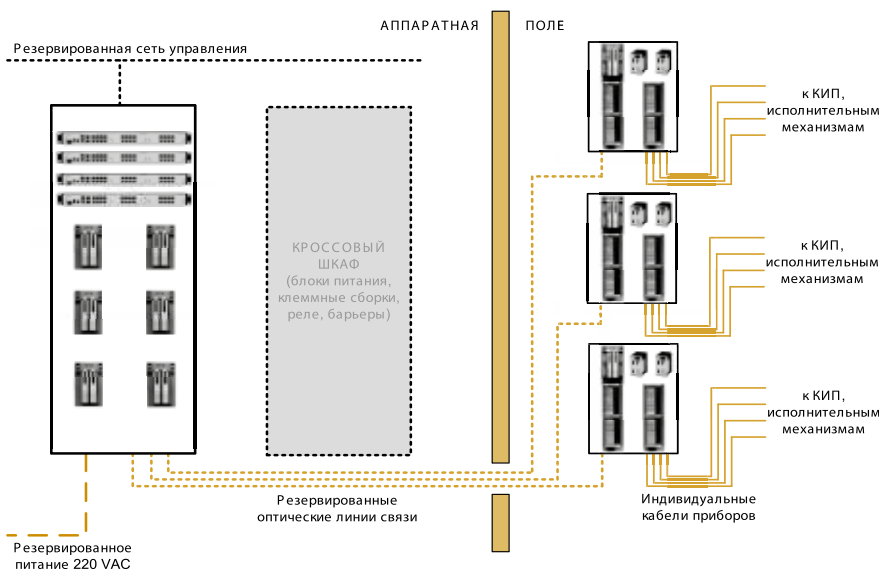


Рис. 4. Распределенная система ПАЗ DeltaV SIS с электронной кроссировкой

сти классической ПАЗ DeltaV SIS с увеличением числа сигналов ввода/вывода и программной памяти.

**Технология:** отказ от классического кросса и применение электронного обеспечивает компактность и легкость составных частей системы, повышение надежности за счет исключения лишних компонентов, увеличение диагностического покрытия от датчика до исполнительного устройства и упрощение обслуживания. Клеммная колодка модуля CHARM может служить границей разделения ответственности между службами КИП и АСУ на предприятии.

**Экономика:** сокращение объемов инженерных работ до 50% и нивелирование влияния поздних изменений

проекта с помощью установки конкретного типа модуля на завершающих этапах проекта внедрения. Вместе с тем, есть возможность уменьшения численности шкафного оборудования и экономии рабочего пространства помещения аппаратной более чем в 2 раза, что ведет к уменьшению сметы строительных и монтажных работ. Не требуются внешние барьеры искробезопасности и реле (в зависимости от токовой нагрузки).

**Эргономика:** снижение массогабаритных показателей, унификация схем подключения и шкафного оборудования.

Так, в одном из последних проектов по созданию АСУТП установки комплексной подготовки газа к транспорту выявилась проблема: вследствие продолжительного срока проектирования объекта и измененной политики поставщика по поставке оборудования площадь запроектированной аппаратной оказалась

недостаточной для размещения шкафов системы ПАЗ. Использование системы ПАЗ DeltaV SIS с электронной кроссировкой позволило не изменять строительную часть проекта и разместить оборудование на выделенной площади.

#### Подходы к построению системы ПАЗ на основе электронной кроссировки

Технология электронной кроссировки дает возможность реализации двух подходов к построению системы ПАЗ: централизованного и распределенного. Выбор подхода зависит от концепции автоматизации конкретного предприятия и осуществляется до того, как выполнено основное проектирование.

Централизованная система ПАЗ DeltaV SIS с электронной кроссировкой (рис. 3) не может ликвидировать «тяжелый» медный магистральный кабель, но позволяет избавиться от кроссового шкафа, сокращая необходимое для системы пространство на 50%.

В целях исключения магистрального кабеля и уменьшения в разы площади аппаратной была разработана распределенная архитектура системы ПАЗ DeltaV SIS с электронной кроссировкой (рис. 4).

В качестве полевых клеммных коробок применяются специализированные полевые шкафы СТО (Configure To Order) с установленным оборудованием: модули CHARM, CSLS, LSN, электрическая часть. В аппаратной располагается только сетевой шкаф системы ПАЗ с установленным оборудованием: SZ, LSN, GSN, электрическая часть.

Также используется сертифицированная версия шкафов СТО для установки во взрывоопасной зоне 2 (ATEX). Все оборудование системы DeltaV SIS с электронной кроссировкой работает в температурном диапазоне -40...70 °С.

Таким образом, большая часть системы переносится в «поле», освобождая пространство в аппаратной и позволяя заменить тяжелый магистральный кабель на резервированные оптические линии связи.

#### Безопасность системы ПАЗ DeltaV SIS с электронной кроссировкой

В системах ПАЗ критериями сравнения выступают показатели безопасности:

- SIL — уровень полноты безопасности;
- PFDavg — средняя вероятность отказа при наличии запроса на останов;
- RRF — фактор снижения риска.

Рассмотрим контур защиты на базе классической ПАЗ DeltaV SIS и системы ПАЗ с технологией электронной кроссировки (рис. 5).

Расчет выполнен с применением ПО exSILentia (EXIDA) со следующими допущениями:

— контур защиты (SIF) работает с низкой частотой запросов согласно ГОСТ Р МЭК 61508;

— архитектурные ограничения определяются в соответствии с табл. 2, 3 по ГОСТ Р МЭК 61508-2-2012;

— срок службы 15 лет (mission time);

— интервал тестирования элементов контура (proof test interval) — 24 мес.;

— интервал тестирования частичным ходом (PST) клапана — 3 мес. (покрытие теста — 70%), тестирование полным ходом — 24 мес.

Следует отметить, что каждый отдельный компонент имеет сертификацию SIL2 или SIL3, но при расчете вероятности отказа при запросе (PFD) элементов контура защиты складываются, и, исходя из типа прибора и доли безопасных отказов (SFF), учитываются архитектурные ограничения.

Из таблиц следует, что весь контур, представленный на рис. 5, соответствует уровню полноты безопасности SIL3. Применение DeltaV SIS с электронной кроссировкой позволяет улучшить показатели безопасности.

#### Надежность системы ПАЗ DeltaV SIS с электронной кроссировкой

Система ПАЗ с электронной кроссировкой обладает высоким уровнем надежности благодаря повышению уровня диагностического покрытия системы ввиду отсутствия внешних нормирующих устройств.

В сравнении с традиционной подсистемой ввода/вывода одноканальные характеристические модули CHARM являются аналогами одноканальных внешних характеристических преобразователей, которые применяются для нормализации входного/выходного сигнала перед подачей его на модули ввода/вывода. Примером таких преобразователей могут служить: искробезопасные изоляторы, гальваноразвязывающие преобразователи дискретного сигнала из 220 В переменного тока в 24 В постоянного тока или наоборот и т.п. Перечисленные нормирующие устройства систем с традиционным вводом/выводом

не имеют резервирования и внутренней диагностики своего состояния, которая была бы доступна оператору. Надежность входного/выходного канала фактически полностью определяется надежностью нормирующих устройств, если в системе управления применяются дублированные модули ввода/вывода. Не менее 90% входных/выходных сигналов имеют внешние нормирующие преобразователи (для проектов АСУТП в РФ).

Применение модулей CHARM обеспечивает надежность системы ПАЗ, их отличие от традиционных внешних нормирующих преобразователей заключается в следующем.

1. Со стороны модуля CSLS сигнал от/к модулям CHARM является циф-

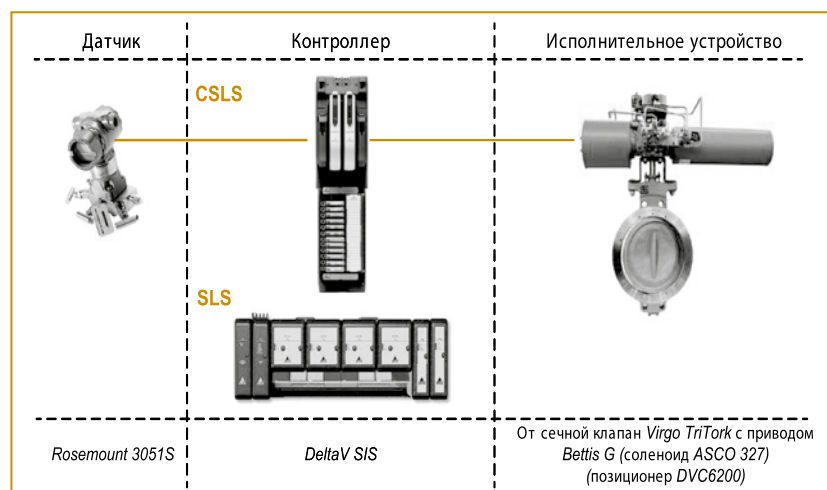


Рис. 5. Пример контура защиты системы ПАЗ с электронной или классической кроссировкой



ровым и идет по резервированной коммуникационной линии. Для традиционных нормирующих преобразователей сигнал от/к системе ПАЗ идет нерезервированным аналоговым или дискретным сигналом.

2. Модули CHARM имеют встроенную диагностику внутренних и внешних цепей, которая видна на экране и в архиве диагностики АСУТП. Таким образом, практически для всех внешних цепей доступна диагностика обрыва, короткого замыкания, рассогласования токового сигнала и параметров, передаваемых по цифровому протоколу HART. Для внешних нормирующих преобразователей доступ к их внутренней диагностике из АСУТП невозможен.

3. Для модулей CHARM внутрисистемные проводные межшкафные соединения отсутствуют в отличие от традиционной подсистемы ввода-вывода.

Возможный отказ модуля CHARM диагностируется системой и локализуется на уровне одного канала с возможностью замены модуля без останова ТП.

По результатам расчета на примере АСУТП на 1656 параметров ввода/вывода средняя наработка на отказ (MTBF) АСУТП с электронной кроссировкой в 3 раза выше по сравнению с традиционной АСУТП с резервированной подсистемой ввода/вывода.

Таблица. Результаты расчета контура

	SIL	PFDavg	RRF
DeltaV SIS	3	4.49E-04	2229
DeltaV SIS с электронной кроссировкой	3	3.93E-04	2542

### Заключение

Применение технологии электронной кроссировки позволяет нивелировать влияние качества исходных данных на процесс проектирования и повысить адаптивность к поздним изменениям, дает

возможность одновременно повысить надежность и сократить число тяжелых полевых кабелей, уменьшить площадь, занимаемую системой, повысить диагностическое покрытие системы за счет исключения внешних нормирующих преобразователей и обеспечить снижение стоимости обслуживания в силу меньшего числа компонентов и номенклатуры ЗИП. При этом система на базе электронной кроссировки включает все самое лучшее от классической системы ПАЗ DeltaV SIS [2].

С 2012 г. по всему миру свыше 60 установок химической, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и других отраслей находятся под защитой системы ПАЗ DeltaV SIS CHARM от Эмерсон, где применено более 20 тыс. модулей CHARM.

### Список литературы

1. Некрасов С.И., Некрасова Н.А. Философия науки и техники. 2010.
2. Выблый А.Ю. Инструментальная система безопасности DeltaV SIS // Автоматизация в промышленности. 2012. №6.

*Паршин Андрей Дмитриевич* — консультант по применению систем автоматизации,  
*Кирюшин Павел Николаевич* — эксперт по системам ПАЗ компании Эмерсон, TUV FS Eng 1633/09.  
 Контактный телефон +7(495)995-95-59.  
 E-mail: Pavel.Kiryushin@Emerson.com

## АНТИПОМПАЖНЫЕ КЛАПАНЫ FISHER В СИСТЕМАХ АНТИПОМПАЖНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И ЗАЩИТЫ КОМПРЕССОРОВ

Ю.Н. Автономов (Компания Эмерсон)

*Рассматриваются технические особенности конструкций, связанные с проектированием и производством антипомпажных клапанов, а также методические подходы к тестированию и настройке на примере антипомпажного регулирующего клапана Fisher.*

*Ключевые слова: антипомпажный клапан, система антипомпажного регулирования и защиты (САРiЗ) компрессоров.*

Компрессоры используются на многих производствах, при этом они могут быть основой всего производства в целом, например, на заводах производства сжиженного природного газа (СПГ) или производства этилена. Именно поэтому при запуске и эксплуатации компрессора основное место занимает надежная система его защиты от помпажа. Этот быстропотекающий процесс с высокой энергией способен полностью вывести из строя компрессор за короткое время [1, 2].

С одной стороны, для предотвращения помпажа компрессор должен работать в зоне, далекой от границы возникновения помпажа, но тогда полные возможности компрессора остаются нереализованными. Максимальное приближение рабочих характеристик

к точке помпажа увеличивает производительность компрессора и прибыльность производства. Задача управления компрессором в заданных границах становится особенно сложной на многоступенчатых компрессорах или при работе нескольких компрессоров параллельно.

Для максимального увеличения эффективности с учетом предотвращения помпажа интегрированная система управления применяет улучшенные алгоритмы с использованием техники открытых и замкнутых контуров. Для многоступенчатых компрессоров динамическая развязка между ступенями чрезвычайно важна для равномерного функционирования. На многоступенчатом компрессоре открытие