

- tanker trucks//Progress in Organic Coatings – 2020 – V.146. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.105715> (дата обращения: 23.03.2022)
5. Diksha Dileep Thiruvoth, M. Ananthkumar, Evaluation of cerium oxide nanoparticle coating as corrosion inhibitor for mild steel//Materials Today: Proceedings.–2021 [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.157> (дата обращения: 23.03.2022)
6. Taghried A. Salman and Haider M. Electrophoresis Deposition of Tungsten oxide Nanoparticles for Corrosion Inhibition //Journal of Physics: Conference Series. – V.1664. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1664/1/012053> (дата обращения: 23.03.2022)

Чэнь Ян (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Курганов Василий Васильевич,
канд. техн. наук, доцент

СИСТЕМА ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Введение

Воздухоразделительные установки (ВРУ) –установки для разделения воздуха на компоненты.

Цель настоящей работы составлена на разработку приборных контуров защиты для параметров системы притивоаварийной защиты ВРУ.

Для опасных технологических процессов должны предусматриваться системы ПАЗ, предупреждающие возникновение аварии при отклонении от предусмотренных технологическим регламентом на производство продукции предельно допустимых значений параметров процесса во всех режимах работы и обеспечивающие безопасную остановку или перевод процесса в безопасное состояние по заданной программе [1].

Приборный контур защиты (SIF) системы ПАЗ воздухоразделительной установки

Назначение контура: перевод исполнительного механизма в безопасное состояние при достижении указанного условия.

В качестве примера рассмотрена одноканальная архитектура контура, состоящая из следующих элементов:

- ДД – датчик давления;
- PLC – программируемый логический контроллер в составе: контроллер, модуль аналогового ввода, модуль дискретного вывода;
- РЭ – релейный элемент (электромагнитное реле);
- ИМ – исполнительный механизм;
- ИП – источник питания постоянного тока входных и выходных цепей PLC.

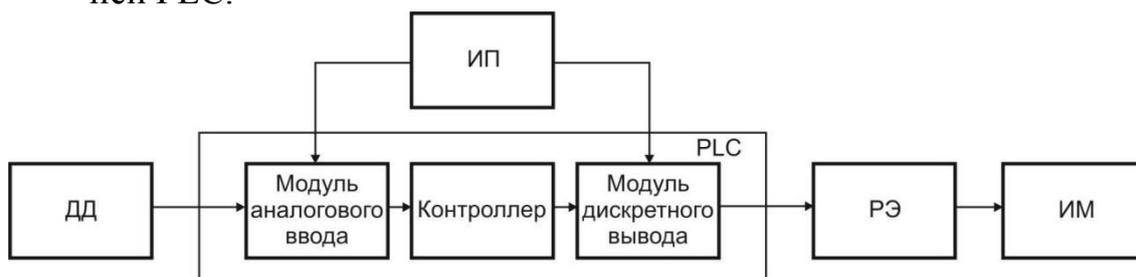


Рисунок 1. Приборный контур защиты (SIF) системы ПАЗ

В таблице 1 представлены параметры системы ПАЗ, выбранные на основании ранее проведённых исследований безопасности методом HAZOP.

В таблице 2 представлено оборудование для реализации контуров защиты, а в таблице 3 интегральные уровни полноты безопасности.

Таблица 1

Технологические параметры и показатели системы управления

№ п/п	Наим. параметра	Поз. обозн.	Диап. измер.	Ед. измер.	Уставк и контроля		Действие системы ПАЗ	Тип датчика / сигнала	УП Б(SIL)
					LL	НН			
Цех разделения воздуха									
1	Давление азота на всасе компрессора ТА 6000 М2	PIГ1499	0÷50	кПа		2	Предаварийная сигнализация «Останов компрессора» в ПАЗ, АСКУ. Противоаварийная защита: - останов компрессора.	Метран-150 TG1/4 – 20 мА	SIL 1

2	Давление азота на всасе компрессора 3ГП-12/15(1)	PIT1495	0÷50	кПа	2	Предаварийная сигнализация «Останов компрессора» в ПАЗ, АСКУ. Противоаварийная защита: - останов компрессора.	Метран-150 TG1/4 – 20 мА	SIL1
3	Давление азота на всасе компрессора 3ГП-12/15(2)	PIT1496	0÷50	кПа	2	Предаварийная сигнализация «Останов компрессора» в ПАЗ, АСКУ. Противоаварийная защита: - останов компрессора.	Метран-150 TG1/4 – 20 мА	SIL1

Таблица 2

Выбранные средства для реализации контуров

Наименование	Тип, марка
Программируемый логический контроллер	БАЗИС-100
Электромагнитное реле	PSR-PS20-1NO-1NC-24DC
Источник постоянного тока	QUINT4-PS/1AC/24DC/20
Многооборотный привод	SA.2 с AC 01.2-SIL/ACExC 01.2-SIL
Датчик давления	Метран-150 CGR

Таблица 3

Интегральные уровни безопасности [2]

SIL Интегральный уровень безопасности	PFD _{avg} Средняя вероятность отказа на запрос (низкая интенсивность запросов)
SIL4	$\geq 10^{-5} \dots < 10^{-4}$
SIL3	$\geq 10^{-4} \dots < 10^{-3}$
SIL2	$\geq 10^{-3} \dots < 10^{-2}$
SIL1	$\geq 10^{-2} \dots < 10^{-1}$

При 2-х годовых межтестовых испытаниях $PFD_{avg}(T1)$, где $T1=2$ года, возрастает в 2 раза, по сравнению с $PFD_{avg}(T1)$, где $T1=1$ год.

Результирующая вероятность отказа при запросе $PFD_{avg\Sigma}$ контура безопасности (таблицы 4), представленного на рисунке 1, вычисляется по формуле 1

$$PFD_{avg\Sigma} = \sum_{i=1}^n PFD_{avg_i} \quad (1)$$

где PFD_{avg_i} - вероятность отказа при запросе i -го компонента контура безопасности;

n – количество компонентов в контуре безопасности.

Таблица 4

Результат расчёта УПБ контура защиты параметров

Элементы SIF	PFDavg (1 год)	PFDavg (2 года)	Допустимый SIL
ДД – датчик давления	0,142E-03	0,282E-03	SIL2
ПЛК – программируемый логический контроллер	2,76E-03	5,52E-03	SIL2
РЭ – релейный элемент	2,36E-05	4,72E-05	SIL4

Продолжение таблицы 4

Результат расчёта УПБ контура защиты параметров

Элементы SIF	PFDavg (1 год)	PFDavg (2 года)	Допустимый SIL
ИМ – исполнительный механизм	1,72E-03	3,44E-03	SIL2
ИП – источник питания постоянного тока	1,30E-03	2,60E-03	SIL2
Общий SIF	5,94E-03	1,188E-02	SIL2 ¹ / SIL1 ²

¹ – для годовых межтестовых испытаний;

² – для 2-х годичных межтестовых испытаний.

Заключение

В ходе выполнения данной работы были изучены основы технологического процесса разделения воздуха на азот и кислород, работы установки разделения воздуха.

Изучены уровни полноты безопасности, разработаны приборные контуры защиты (SIF) системы ПАЗ воздухоразделительной установки, выбраны технические устройства для реализации контуров защиты, рассчитаны уровни полноты безопасности УПБ (SIL) разработанных приборных контуров защиты.

При реализации контуров защиты в соответствии с рисунком 1 на оборудовании, представленном в докладе, с двухгодичными межтестовыми испытаниями можно получить УПБ, соответствующий уровню SIL1. Для повышения уровня SIL необходимо менять структуру канала, использовать резервирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р МЭК 61511-1-2018, ГОСТ Р МЭК 61511-2-2018, ГОСТ Р МЭК 61511-3-2018 «Безопасность функциональная. Системы безопасности приборные для промышленных процессов».
2. Определение требуемых уровней полноты безопасности (SIL) для функций безопасности систем ПАЗ - SZMA [Электронный ресурс]. - режим доступа: <https://szma.com/funktsionalnaya-bezopasnost/sil/>
3. Резервирование ПЛК и устройств ввода-вывода [Электронный ресурс]. - режим доступа: https://www.bookasutp.ru/Chapter8_2.aspx

Шэ Лу (Китай), Чжан Цинжун(Китай),
Ци Мэнсюй (Китай), Козлов Виктор Николаевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Козлов Виктор Николаевич,
канд. техн. наук, доцент ТПУ

НАПЛАВЛЕНИЕ ПРОВОЛОКОЙ КАК СИНТЕЗ СВАРКИ И АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Аддитивные технологии на основе металлической проволоки (технология 3DMP/WAAM) –одни из самых перспективных аддитивных технологий современности [1, 2, 3]. Потому что они не только сокращают время производства, но и экономят материал для заготовки и утилизации металлической стружки. Одна из этих технологий, DED-W/WAAM/3DMP (Wire Direct Energy Deposition/Wire Arc Additive Manufacturing/3D Metall Print), позволяет выполнять 3Д печать изделия с использованием проволоки из металла на основе дуговой сварки.

Данные для управления траекторией движения головки, установки скорости перемещения по контуру, толщине наплавляемого слоя и пр., т.е. САД-данные компьютерной автоматизированной программы, можно передавать в проприетарное программное обеспечение для 3D-печати. Проволока обычно расплавляется горелкой, установленной в головке,