

## ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ РЭМТЭК С ФУНКЦИЕЙ БЕЗОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ С РАСШИРЕННОЙ СИСТЕМОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ НАДЕЖНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРОЙ

**Николаев П.И.**

*Инженер-электроник, инженерно-технический центр,  
ООО НПП «ТЭК»*

Обеспечение надежности и увеличение уровня безопасности в задачах управления трубопроводной арматурой на объектах газовой и нефтехимической промышленности является приоритетной задачей на сегодняшний день. Чем опаснее технологический процесс, тем более серьезные требования предъявляются к надежности оборудования и его предохранительным функциям. В зависимости от технологической задачи и положения безопасности технологической установки определяется функция безопасности, которая выполняется системой арматура – электропривод в случае обнаруженных опасных ситуаций. При этом выходное звено электропривода переводится в безопасное положение: нормально открыто (НО) либо нормально закрыто (НЗ).

Величина, характеризующая способность системы обеспечить функцию безопасности согласно ГОСТ Р МЭК 61508, определяется как Safety Integrity Level (SIL) и имеет 4 уровня полноты безопасности: SIL 1, SIL 2, SIL 3 и SIL 4, где SIL 4 соответствует самым высоким требованиям безопасности, а SIL 1 – самым низким [1]. Для каждого уровня определены различные степени вероятности отказа, которые не должны превышать способность системы выполнять функции безопасности.

**Таблица 1 – Допустимые значения показателей безопасности [1]**

SIL интегральный уровень безопасности	PFDavg средняя вероятность отказа на запрос в год (низкая интенсивность запросов)	(1-PFDavg) готовность безопасности	RRF фактор снижения риска	PFDavg средняя вероятность отказа на запрос в час (высокая интенсивность запросов)	Теоретически допустимое количество отказов при запросе выполнения функции безопасности
SIL 4	$\geq 10^{-5} - < 10^{-4}$	От 99,99% до 99,999%	От 100 000 до 10 000	$\geq 10^{-9} - < 10^{-8}$	Допускается один опасный сбой раз в 10000 лет
SIL 3	$\geq 10^{-4} - < 10^{-3}$	От 99,9% до 99,99%	От 10 000 до 1000	$\geq 10^{-8} - < 10^{-7}$	Допускается один опасный сбой раз в 1000 лет
SIL 2	$\geq 10^{-3} - < 10^{-2}$	От 99% до 99,9%	От 1000 до 100	$\geq 10^{-7} - < 10^{-6}$	Допускается один опасный сбой раз в 100 лет
SIL 1	$\geq 10^{-2} - < 10^{-1}$	От 90% до 99%	От 100 до 10	$\geq 10^{-6} - < 10^{-5}$	Допускается один опасный сбой раз в 10 лет

## Секция 2.

*Эксплуатация и обслуживание объектов энергетики и вспомогательного оборудования.*

Энергоэффективные электроприводы РэмТЭК «91» с функцией безопасного состояния НО/НЗ разработаны R&D центром ООО НПП «ТЭК» с целью применения на объектах, предъявляющих высокие требования к функциональной безопасности, в системах пожаротушения и противоаварийной защиты (ПАЗ), они имеют высокие сертифицированные показатели отказоустойчивости, соответствующие уровню полноты безопасности SIL2. При дублировании устройств управления может быть достигнут уровень SIL 3.

**Таблица 2 – Показатели функциональной безопасности неполнооборотного электропривода РэмТЭК «91» РэмТЭК.П.2000.6 [2]**

Функции безопасности	Safe ESD Открыто, Safe ESD Закрыто, Safe Stop с PVST при наличии основного питания								Safe ESD Открыто, Safe ESD Закрыто, Safe Stop с PVST работа от НО/НЗ										
	$\lambda s \cdot 10^{-6}$	$\lambda d \cdot 10^{-6}$	$\lambda s \cdot 10^{-6}$	$\lambda dd \cdot 10^{-6}$	$\lambda du \cdot 10^{-6}$	SFF	PFD $\cdot 10^{-4}$	RRF	DCd	SIL	$\lambda d \cdot 10^{-6}$	$\lambda s \cdot 10^{-6}$	$\lambda dd \cdot 10^{-6}$	$\lambda du \cdot 10^{-6}$	SFF	PFD $\cdot 10^{-4}$	RRF	DCd	SIL
РэмТЭК.П.2000.6	39,37	10,43	28,94	10,24	0,194	99,51	1,53	6521,9	98,14	2	26,74	12,63	26,49	0,257	99,35	3,07	3262,38	99,04	2

Расчет показателей произведен согласно нормативной базе ГОСТ Р МЭК 61508-2012.

Для определения показателей безопасности был проведен:

- расчет интенсивности отказов (расчет надежности) [3];
- выделены элементы функции безопасности [4];
- FMEA анализ [4], [5];
- расчет интенсивности отказов по категориям  $\lambda_{safe}$ ,  $\lambda_{dangerous\ detected}$ ,  $\lambda_{dangerous\ undetected}$  [5];
- расчет показателей функциональной безопасности PFD, SFF, HFT, RRF, DCd [1];
- определен уровень SIL [1].



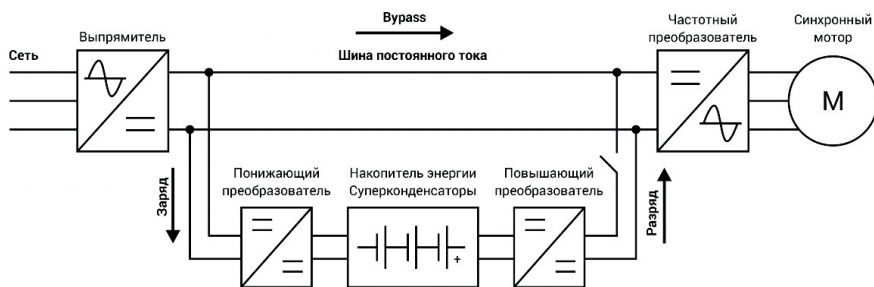
**Рисунок 1 – Электропривод РэмТЭК П.2000.6.9100.В**

Электропривод РэмТЭК «91» предназначен для управления запорной, отсечной или регулирующей трубопроводной арматурой с переводом положения затвора арматуры в безопасное состояние при снятии силового питания либо по команде перевода в «Безопасное состояние» [2].

Использование современных технических решений в электроприводе РэмТЭК позволяет реализовать режим штатного управления арматурой на малой скорости с обеспечением высокой точности позиционирования и поддержания технологического параметра. При этом при вызове функции безопасности переход в безопасное состояние может быть сделан на максимально доступной скорости движения, что обеспечивает быстрое приведение установки в безопасное состояние.

Энергоэффективность электропривода РэмТЭК «91» достигается применением в его составе редуктора с высоким КПД (волновые или циклоидальные передачи), вентильного синхронного высокоэффективного электродвигателя с постоянными магнитами, а также встроенного частотного преобразователя с алгоритмом векторного управления.

Входное переменное сетевое напряжение, пройдя через выпрямитель, поступает на встроенный частотный преобразователь для управления синхронным двигателем. После подачи входной сети электропривод сразу готов к работе благодаря схеме байпаса силового питания. С шины постоянного тока при помощи понижающего преобразователя происходит заряд накопителя энергии – суперконденсаторов. В случае пропадания входной сети энергия, накопленная в суперконденсаторах, обеспечивает питание частотного преобразователя и работу электродвигателя при помощи повышающего преобразователя. Привод получает команду на движение и переводит выходное звено в безопасное положение, НО/НЗ.



**Рисунок 2 – Структурная схема электропривода РэмТЭК «91»**

Электропривод РэмТЭК «91» в состоянии ДУ (дистанционное управление) может работать в следующих режимах по управлению:

- основной режим;
- безопасное состояние.

Электропривод РэмТЭК «91» имеет несколько функций безопасности, которые могут быть использованы при проектировании и эксплуатации систем безопасности – это Безопасное ОТКРЫТИЕ (Safe ESD OPEN), Безопасное ЗАКРЫТИЕ (Safe ESD CLOSE), Безопасный СТОП (Safe STOP), Безопасное ОТКРЫТИЕ с последующим Безопасным СТОП (Safe ESD OPEN + Safe STOP), Аварийное ЗАКРЫТИЕ с последующим аварийным СТОП (Safe ESD CLOSE + Safe STOP), Аварийный переход в безопасное положение (Safe POSITION).

Активация функции безопасности может быть выполнена посредством нескольких управляющих воздействий:

- выделенный дискретный вход для активации функции перевода в безопасное состояние;
- срабатывание функции при пропадании силового питания;
- срабатывание функции при обрыве сигнала управления;
- пользователь с помощью программной настройки определяет необходимое положение безопасности, задержку и фильтрацию событий, по которым выполняется перевод в положение безопасности, задает требуемую скорость движения.

В электроприводе РэмТЭК реализован тест частичного хода клапана (PVST-Partial valve stroke test) для проверки функции безопасности. Тест предназначен для проверки функционирования комплекта «привод – арматура» и запускается с заданной периодичностью для тестирования и диагностики всех элементов контура управления, участвующих в функции безопасности, включая контроллер, кабельные линии, электропривод и саму арматуру.

Для оценки текущего и прогнозирования будущего состояния энергонакопителя РэмТЭК производит постоянный мониторинг основных параметров: электрическая емкость SOC, внутреннее сопротивление, уровень SOH. Для электронных модулей накопителя реализован тест основных электронных узлов с применением встроенного диагностического программного обеспечения. На основании измеренных данных реализован предиктивный анализ основных параметров энергонакопителя с учетом количества циклов заряд – разряд, температуры и токов разряда. Эти меры обеспечивают информацию о состоянии накопителя электрической энергии и служат основой для принятия своевременных мер по обеспечению надежности.

Особенности и преимущества электропривода РэмТЭК «91»:

- вентильный синхронный двигатель с постоянными магнитами и высоким КПД;
- встроенный частотный преобразователь;
- циклоидальные редукторы и редукторы с ПТК;
- алгоритм векторного управления двигателем;
- высокоточный датчик положения выходного звена;
- встроенный в оболочку электропривода блок суперконденсаторов с вторичным источником питания и разряда;
- суперконденсаторы с двойным слоем диэлектрика, с количеством циклов заряда-разряда не менее 50 000 и широким температурным диапазоном заряда и разряда;

- запас энергии от 1 до 10 циклов перемещения выходного звена в зависимости от исполнения электропривода и применяемой арматуры;
- полная диагностика состояния и готовности к выполнению технологической операции;
- наличие встроенного Wi-Fi-интерфейса и сервисного программного обеспечения.

Электроприводы РэмТЭК включены в Единый реестр материально-технических ресурсов ПАО «Газпром», имеют сертификаты СДС ИНТЕРГАЗСЕРТ (ОГНО.RU.1102.B00464, ОГНО.RU.1102.B01501) и соответствуют СТО Газпром 2-4.1-212–2008.

Интеллектуальный электропривод РэмТЭК «91» с функцией безопасного состояния является надежным решением в управлении трубопроводной арматурой. Реализация предиктивного анализа и применение специального диагностического программного обеспечения дает возможность в полной мере прогнозировать будущее поведение электропривода. Наличие высоких сертифицированных показателей отказоустойчивости, соответствующих уровню полноты безопасности SIL2, позволяет применять электропривод РэмТЭК «91» на объектах повышенной опасности.

#### **Список использованных источников:**

1. ГОСТ Р МЭК 61508-2012-2,6. *Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Термины и определения, Руководство по применению ГОСТ Р МЭК 61508-2 и ГОСТ Р МЭК 61508-3. Утвержден и введен в действие Приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 октября 2012 г. n 587-ст, n 591-ст: Дата введения 2013-08-01.*

2. *Электроприводы для трубопроводной арматуры – РэмТЭК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xn--j1adlj7cc.xn--p1ai/> (Дата обращения 11.09.2023).*

3. ГОСТ 27.301-95. *Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. Утвержден и введен в действие Постановлением Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 26 июня 1996 г. N 430. Дата введения 1997-01-01.*

4. ГОСТ Р 27.310-95. *Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. Утвержден и введен в действие Постановлением Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 26 июня 1996 г. N 429. Дата введения 1997-01-01.*

5. ГОСТ Р 51901.12-2007 (МЭК60812:2006). *Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2007 г. N 572-ст: Дата введения 2008-09-01.*