

# Системы безопасности с двуручным управлением\*

О.Г. Левченко, д.т.н.; С.Ф. Каштанов, к.т.н., НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского»; А.П. Олейник, ДП «Итон Электрик» (Киев)

*При эксплуатации любого промышленного оборудования, особенно в сфере сварочного производства, имеют место многочисленные риски, связанные с возникновением потенциально опасных и вредных производственных факторов. Это риски, связанные с возможностью получения травм и профессиональных заболеваний производственным персоналом, а также негативного влияния данного оборудования на окружающую среду. Для обеспечения требуемого уровня безопасности промышленного оборудования, контроля и снижения рисков необходимы специальные технические средства – системы управления безопасностью.*

В состав таких систем, как правило, входят устройства безопасности для управления настройками промышленного оборудования, а также защитные ограждения, световые барьеры, устройства аварийной остановки, датчики и т. п. Кроме того, выполнение всех технологических операций должно в обязательном порядке постоянно контролироваться, а само оборудование, в случае необходимости (аварийная ситуация, отказ, отключение электроснабжения, выбросы вредных веществ и т. п.) должно гарантировано приводиться в безопасное состояние и периодически тестироваться.

Требования безопасности сварочного оборудования должны закладываться еще на стадии его проектирования. Но как показывает опыт системы (устройства) безопасности в отечественном сварочном оборудовании, как правило, далеко не совершенны или вообще отсутствуют. А разрабатывать новые системы, соответствующие современным мировым требованиям, на сегодня бессмысленно, поскольку они уже существуют в мировой практике.

Целью данной статьи является анализ возможности повышения безопасности сварочного оборудования за счет применения в нем специальных систем безопасности широко известной корпорации «EATON». Причем эти системы (устройства) не предназначены для конкретного производственного оборудования – они выполнены в виде отдельных блоков (устройств), которые можно монтировать как на самом оборудовании, так и использовать отдельно на рабочем месте.

Для начала рассмотрим возможности применения в сварочном оборудовании реле безопасности ESR5-NZ-21-24VAC-DC, разработанного корпора-

цией «EATON» специально для использования в системах безопасности с двухпозиционным (двуручным) управлением в соответствии с существующими требованиями современных европейских и международных стандартов [1-7].

Следует отметить, что дополнительно к специализированному реле безопасности ESR5-NZ-21-24VAC-DC электротехнической группой «EATON» спроектирован и специализированный двухпозиционный (двуручный) пульт управления «Two-hand control panel», при этом их комплексное использование позволяет обеспечить возможность получения максимальной четвертой категории безопасности, а также возможность:

- двухпозиционного (двуручного) управления с контролем одновременности (синхронизма) < 0,5 с, что согласно EN 574 и ISO 13851 соответствует типу IIIС (применение до 4-ой категории безопасности);
- двухпозиционного (двуручного) управления с контролем одновременности (синхронизма) < 0,5 с и контролем количества контактов, что согласно EN 574 и ISO 13851 соответствует типу IIIС (применение до 4-ой категории безопасности);
- контроль управляющих и защитных устройств в соответствии с требованиями EN 1088 с контролем одновременности (синхронизма) < 0,5 с (применение до 4-ой категории безопасности).

Необходимо отметить, что контроль импульсной последовательности в защитном реле типа ESR5-NZ-21-24VAC-DC может осуществляться как при питании от источника переменного, так и постоянного тока. Что касается предотвращения непредвиденных запусков оборудования (повторных перезапусков), то все реле безопасности серии ESR5 практически полностью исключают такую возможность, в т. ч. и возможность автоматического перезапуска оборудования при восстановлении напряжения, поскольку это может привести к возникновению очень опасных ситуаций. Именно благодаря логике алгоритма работы реле безопасности серии ESR5, в случае восстановления напряжения в электросети, оборудование может быть запущено только лишь с помощью принудительной команды «Пуск».

В зависимости от типа реле безопасности серии ESR5 могут иметь не только различные категории безопасности, но и различные структуры, обеспечи-

\* Продолжение серии статей: часть 1 – «Сварщик» № 3, часть 2 – № 6 – 2018 г.

вающие возможность осуществления контроля за безопасностью функционирования систем управления с заданными характеристиками (EN 954-1 и EN ISO 13849-1). Так например, специализированное реле безопасности ESR5-NZ-21-24VAC-DC обеспечивает категорию 4 по безопасности и имеет двуканальную структуру, представленную на *рис. 1*.

Одна ошибка в связанных с безопасностью частях системы управления, не приводит к потере функции безопасности всей системы. При использовании функции самоконтроля эта ошибка должна быть обнаружена немедленно или до момента возникновения следующей потенциальной опасности. Если это невозможно, то должны быть обеспечены условия, при которых накопление неисправностей не должно приводить к потере функции безопасности всей системы управления.

Следует также подчеркнуть, что помимо своей основной функции контроля двухпозиционного (двуручного) управления (типа I, II, III), специализированное реле безопасности ESR5-NZ-21-24VAC-DC позволяет одновременно обеспечить выполнение и др. функций безопасности, например, таких как:

- аварийное отключение оборудования;
- контроль подвижных (съёмных) защитных ограждений (без блокировки или с блокировкой);
- контроль открытых зон опасности;
- контроль световых барьеров;
- предотвращение непредвиденного запуска оборудования (повторных перезапусков) и др.

В *табл. 1* приведены основные параметры безопасности ESR5-NZ-21-24VAC-DC. Это категория безопасности (Cat), структура, а также уровни эксплуатационной безопасности (PL - EN ISO 13849) и полноты безопасности (SIL - IEC 62061).

Следует еще раз подчеркнуть, что именно комплексное применение специализированных реле безопасности ESR5-NZ-21-24VAC-DC и двухпозиционного (двуручного) пульта управления «Two-hand control panel» позволяет в полной мере обеспечить выполнение всех требований стандарта ISO 13851 [7].

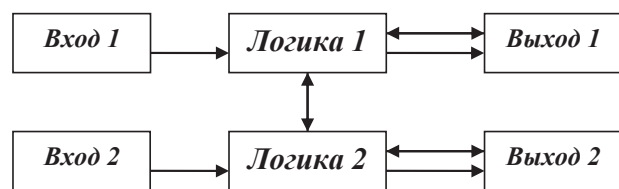


Рис. 1. Двуканальная структура с функцией самоконтроля (категория 4)

Таблица 1. Основные параметры безопасности ESR5-NZ-21-24VAC-DC

Тип реле безопасности серии ESR5	Категория безопасности Cat	Структура	Уровень эксплуатационной безопасности	Уровень полноты безопасности
ESR5-NZ-21_24VAC-DC	4	Двуканальная с функцией самоконтроля	PLe	SIL 3

Данный стандарт устанавливает широкий спектр требований к безопасности двухпозиционных (двуручных) устройств управления. В т. ч. требования и руководства по выбору на основе оценки риска конструкций двуручных устройств управления, требования по предотвращению возможности обхода их защитного действия, а также требования и руководства по проектированию двуручных устройств управления, содержащих программируемые электронные системы.

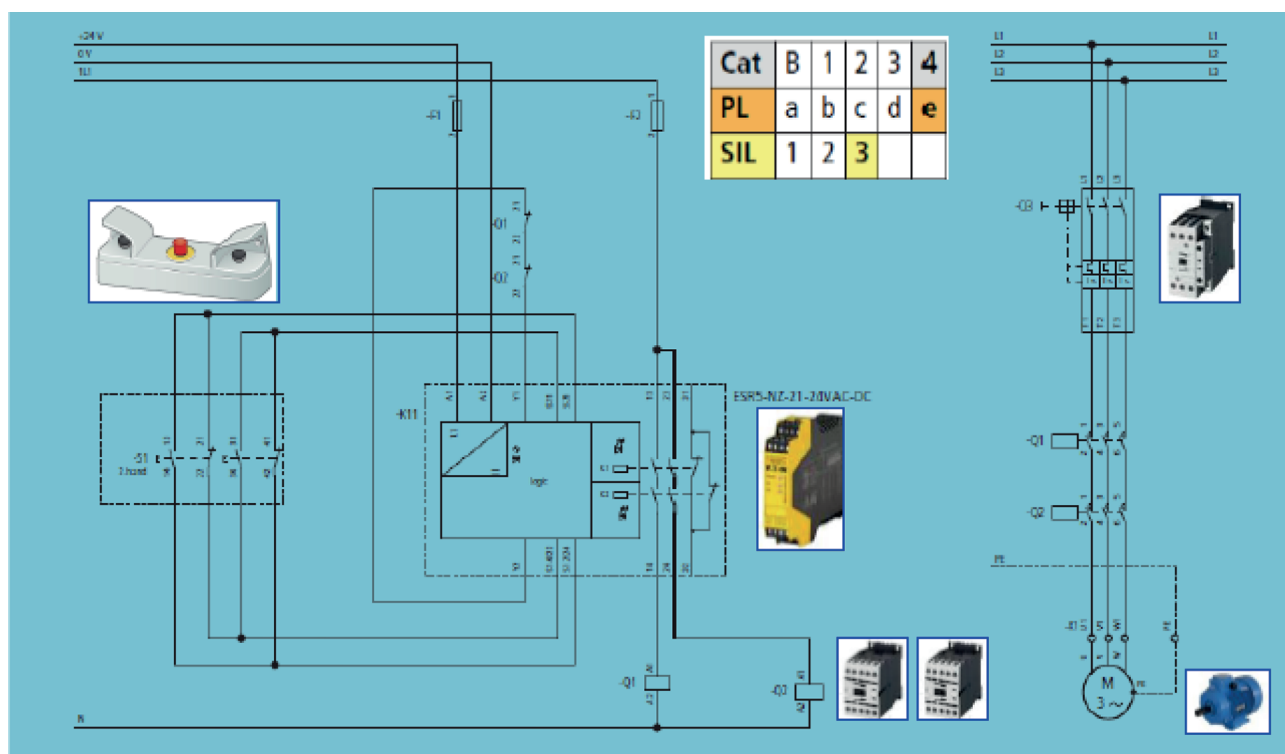
Главной отличительной особенностью стандарта ISO 13851 является то, что он определяет требования к основным характеристикам двуручных устройств управления именно с позиций безопасности, и при этом подробно описывает допустимые комбинации их функциональных характеристик и минимальные требования по безопасности в зависимости от типа двуручных устройств: I, II, III A, III B и III C. Действие этого стандарта распространяется на любые двуручные устройства управления независимо от вида используемой энергии, в т. ч.:

- двуручные устройства управления, которые являются или не являются неотъемлемой составной частью машины;
- двуручные устройства управления, состоящие из одного или нескольких отдельных блоков.

На *рис. 2* представлена схема управления электросварочной установкой с двухпозиционным (двуручным) контролем в соответствии с типом III C, выполненная с применением специализированного защитного реле ESR5-NZ-21-24VAC-DC.

Данная схема может применяться для обеспечения безопасности попадания рук оператора-сварщика в опасную зону (под сварочный электрод), например, при контактной точечной сварке, поскольку его руки в этот момент заняты одновременным включением двух пусковых кнопок на пульте управления. Такое устройство может использоваться и при применении многих др. способов контактной и дуговой автоматической сварки, когда есть риск попадания части тела сварщика в опасную зону.

Предлагаемое техническое решение, в случае применения реле безопасности ESR5-NZ-21-24VAC-DC совместно с двуручным пультом управления «Two-hand control panel», позволяет, при условии выполнения всех необходимых рекомендаций специалистов электротехнической группы «EATON/MOELLER» [8], гарантированно обеспечить необходимые стандарты безопасности производственного оборудования и выполнения всех






**Реле безопасности  
ESR5-NZ-21-24VAC-DC**



**22 мм двухпозиционный (двуручный) пульт управления  
(EN 574 та ISO 13851) M22-DP-Y + M22-AK11**



**Контакторы  
DILM-12      DILM-25**



**Исполнительный элемент (двигатель) рабочей головки  
электросварочной установки**

Рис. 2. Двухпозиционный (двуручный) контроль (тип III C) с применением реле безопасности ESR5-NZ-21-24VAC-DC в системе управления электросварочной установкой

**Таблица 2. Параметры безопасности при использовании в системе управления двухпозиционного (двуручного) контроля (тип III C) с применением реле безопасности ESR5-NZ-21-24VAC-DC**

Параметры безопасности	EN ISO 13849	Параметры безопасности	IEC 62061
Структура	Структура Cat.4	Структура	Структура SS D, симметричная
MTTF <sub>d</sub>	51-70 лет	PFH <sub>d</sub>	1,59 x10 <sup>-8</sup>
B10 <sub>d</sub>	18000	B10	S1: 4000000, Q1, Q2: 975000
n <sub>оп</sub>	B1, Q1: 12960, Q2 - Q3: 6500	λ <sub>d</sub> /λ	S1: 0,2, Q1, Q2: 0,75
CCF	80	CSA	3,125
DC <sub>avg</sub>	99 %	B	0,05
PL	e	DC	99 %
T10 <sub>d</sub>	K1: 5-7 лет, все др.: > 20 лет	SIL	3

требований EN ISO 13849 и IEC 62061.

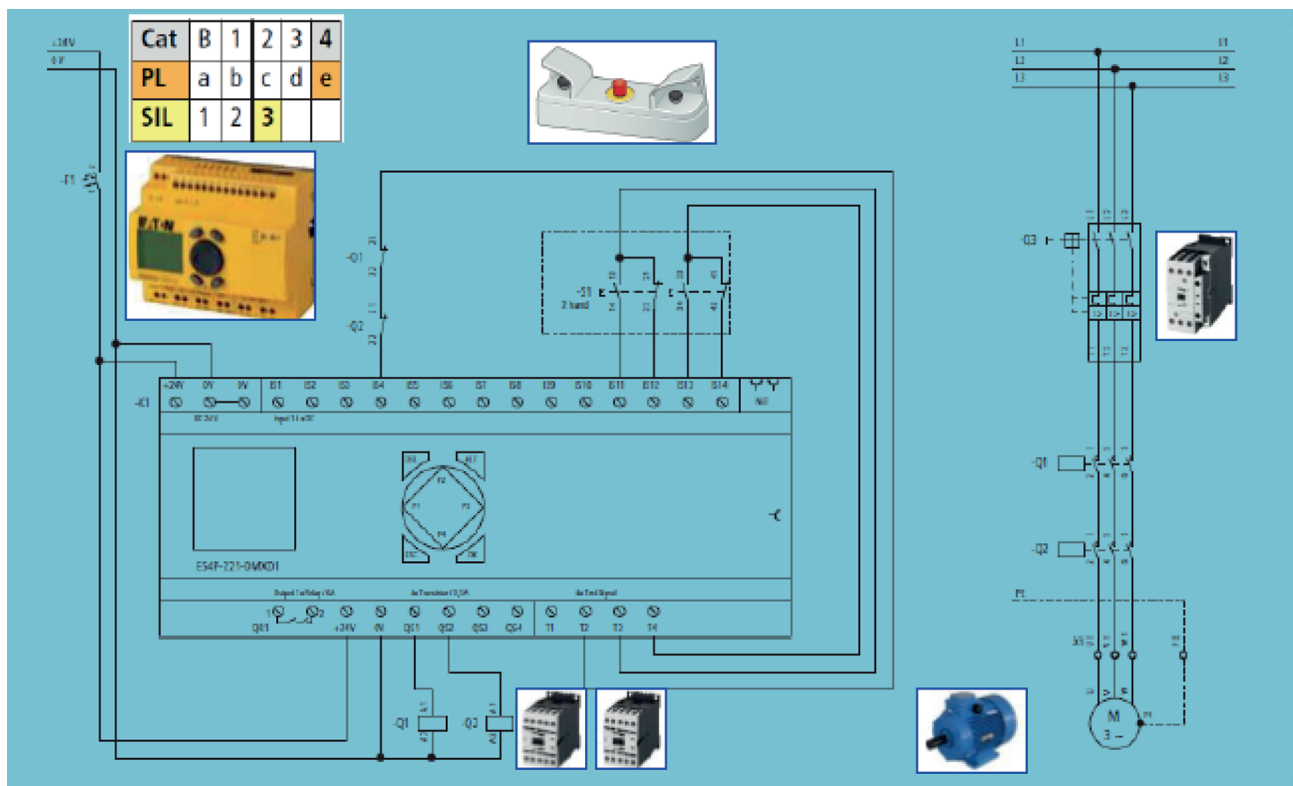
На рис. 3 представлен еще один возможный вариант выполнения схемы управления электросварочной установкой с двухпозиционным (двуручным) контролем в соответствии с типом III С.

В отличие от предыдущего, данный вариант предполагает использование программируемого реле безопасности ES4P-221-DMXD1, что дает возможность обеспечить для системы управления электросварочной установкой еще большие, чем при использовании реле безопасности ESR5-NZ-21-24VAC-DC, функциональные возможности и более высокий уровень надежности.

Согласно расчетам, которые выполнены по ме-

тодикам, приведенным в [1, 5, 8], предлагаемые схемы двухпозиционного (двуручного) контроля (тип III С) в системе управления электросварочной установкой обеспечивают следующие параметры безопасности (табл. 2 и 3).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение реле безопасности серий ESR5 и ES4P в сфере сварочного производства, дает возможность гарантированно обеспечивать максимально высокий уровень безопасности производственного оборудования в процессе его эксплуатации, а также обеспечить выполнение всех существующих требований EN ISO 13849 (ДСТУ EN ISO 13849) и IEC 62061.



	
Программируемое реле безопасности ES4P-221-DMXD1	22 мм двухпозиционный (двуручный) пульт управления (EN 574 та ISO 13851): M22-DP-Y + M22-AK11
	
Контакторы DILM-12	DILM-25
	
Исполнительный элемент (двигатель) рабочей головки электросварочной установки	

Рис. 3. Двухпозиционный (двуручный) контроль (тип III С) с применением программируемого реле безопасности ES4P-221-DMXD1 в системе управления электросварочной установкой

**Таблица 3. Параметры безопасности при использовании в системе управления двухпозиционного (двуручного) контроля (тип III C) с применением программируемого реле безопасности ES4P-221-DMXD1**

Параметры безопасности	EN ISO 13849	Параметры безопасности	IEC 62061
Структура	Структура Cat.4	Структура	Структура SS D, симметричная
MTTF <sub>d</sub>	100 лет	PFH <sub>d</sub>	1,33x10 <sup>-8</sup>
B10 <sub>d</sub>	B1: 20000000, Q1 - Q3: 1300000	B10	S1: 4000000, Q1, Q2: 975000
n <sub>оп</sub>	18000	λ <sub>d</sub> /λ	S1: 0,2, Q1, Q2: 0,75
CCF	80	CSA	3,125
DC <sub>avg</sub>	99 %	B	0,05
PL	E	DC	99 %
T10 <sub>d</sub>	> 20 лет	SIL	3

#### Литература

1. IEC 62061 «Safety of machinery. Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems».

2. Постанова КМ України від 30.01.2013 р. № 62 про затвердження Технічного регламенту безпеки машин (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 632 від 28.08.2013 р.).

3. EN ISO 12100-1/2 «Safety of machinery – General principles for design and risk evaluation. Basic concepts».

4. ДСТУ EN 954-1: 2003 «Безпечність машин. Елементи безпечності систем керування. Частина 1. Загальні принципи проектування».

5. ДСТУ EN ISO 13849-1: 2016 «Безпечність машин. Деталі систем управління, пов'язані з забезпеченням безпеки. Частина 1. Загальні принципи проектування».

6. Machinery Directive: Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17.05.2006. / Official Journal of the European Union – 09.06.2006. – L157. – pp. 24-86.

7. ISO 13851 «Safety of machinery – Two-hand control devices – Functional aspects and design principles»

8. Safety Manual: «Safety technology for machines and systems in accordance with the international standards EN ISO 13849-1 and IEC 62061».

●# 1



