

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ КОРПОРАЦІЇ «EATON» ДЛЯ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ З ДВОПОЗИЦІЙНИМ УПРАВЛІННЯМ

*Левченко О. Г., д.т.н., проф., зав. каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського;
Каиштанов С. Ф., к.т.н., доц. (каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

Анотація. Проаналізовано основні параметри та особливості функціонування розроблених електротехнічною групою «EATON» інноваційних спеціалізованих реле безпеки ESR5-NZ-21-24VAC-DC для систем управління з дворучним управлінням та надані відповідні рекомендації щодо особливостей їх практичного застосування.

Ключові слова: безпека, системи управління, реле безпеки, дворучне управління.

Abstract. The basic parameters and operation features of the innovative specialized safety relays ESR5-NZ-21-24VAC-DC developed by the EATON Electrotechnical Group have been analyzed for the two-hand control systems and appropriate recommendations for their practical application have been made.

Keywords: safety, control systems, safety relays, two-hand control.

Вступ. Експлуатація будь-якого промислового обладнання, у тому числі і того, що застосовується в галузі зварювального виробництва в більшості випадків призводить до виникнення чисельних джерел небезпек, які створюють для виробничого персоналу реальні потенційні ризики щодо отримання травм та професійних захворювань і це повинно відповідним чином регулюватися і контролюватися, особливо на технічному рівні.

Аналіз стану питання. Забезпечення необхідного рівня безпеки промислового обладнання вимагає застосування пов'язаних з безпекою систем управління, до складу яких повинні входити відповідні пристрої для керування налаштуваннями промислового обладнання, у тому числі з дворучним управлінням, а також захисні огорожі, світлові бар'єри, пристрої аварійної зупинки тощо. Крім того, у разі необхідності (аварійна ситуація, відмова, відключення електропостачання тощо), виробниче обладнання, повинно гарантовано приводитися в безпечний стан та періодично тестуватися.

Саме для підвищення ефективності й надійності роботи проєктованих систем управління безпекою промислового обладнання електротехнічна Група «EATON» і розробила за інноваційними технологіями реле безпеки (захисні реле) серії ESR5, що відповідають всім існуючим вимогам Директив та Технічних регламентів, а також стандартам Європейського Союзу та України [1-6], в тому числі EN ISO 13849-1/-2 (ДСТУ EN ISO 13849-1) та IEC 62061.



Основні функції безпеки, які можуть бути реалізовані за допомогою реле серії безпеки ESR5 в

системах управління виробничого обладнання, у тому числі і у сфері зварювального виробництва, це:



- контроль відкритих зон небезпеки;
- аварійне відключення обладнання;
- запобігання непередбаченого запуску обладнання (повторних перезапусків);
- контроль світлових бар'єрів;
- контроль рухомих (з'ємних) захисних огорожень (без блокування або з блокуванням);
- контроль двопозиційного управління (тип I, II або III);
- контроль концентрації небезпечних речовин у повітрі робочої зони;
- контроль рівня шкідливих випромінювань тощо.

Для контролю двопозиційного (дворучного) управління електротехнічною Групою «EATON» розроблено спеціалізовані реле безпеки ESR5-NZ-21-24VAC-DC та дворучний пульт керування – «Two-hand control panel», які гарантовано забезпечують найвищий рівень безпеки систем управління виробничим обладнанням.



Мета роботи: визначення основних особливостей функціонування та застосування спеціалізованого реле безпеки ESR5-NZ-21-24VAC-DC, спроектованого корпорацією «EATON» для систем безпеки з двопозиційним (дворучним) управлінням відповідно до існуючих вимог сучасних європейських та міжнародних стандартів [1-7], а також надання практичних рекомендацій щодо його застосування у сфері зварювального виробництва.

Методики, матеріали і результати досліджень. Розроблені електротехнічною Групою «EATON» реле безпеки серії ESR5, у залежності від їх типу, забезпечують різні категорії безпеки, а також мають різні структури щодо можливості забезпечення контролю за безпекою систем управління із заданими характеристиками (EN 954-1 та EN ISO 13849-1). Що стосується спеціалізованого реле безпеки ESR5-NZ-21-24VAC-DC, то воно забезпечує 4 категорію безпеки і має структуру, що відображена на рисунку 1.

• Категорія 4

Одна помилка у частинах системи управління, що пов'язані з безпекою, не призводить до втрати функції безпеки всієї системи. При використанні функції самоконтролю ця помилка повинна бути виявлена негайно або до виникнення наступної потенційної небезпеки. Якщо це неможливо, то повинні бути забезпечені умови, за яких накопичення несправностей не повинно призводити до втрати функції безпеки всієї системи управління.

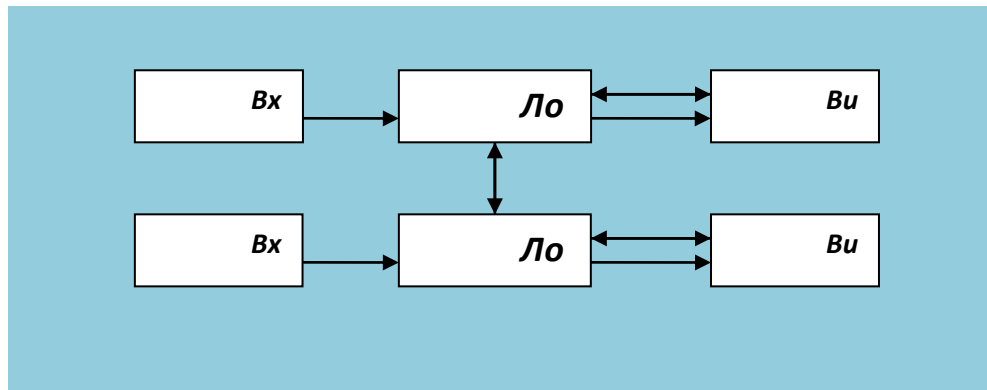


Рис.1. Двоканальна структура із функцією самоконтролю (категорія 4)

Також слід відзначити, що крім своєї основної функції, а саме контроль двопозиційного (дворучного) управління (типу I, II або III), спеціалізоване реле безпеки ESR5-NZ-21-24VAC-DC дозволяє одночасно забезпечити виконання і інших функцій безпеки, наприклад, таких функцій, як:

- аварійне відключення обладнання;
- контроль рухомих (з'ємних) захисних огорожень (без блокування або з блокуванням);
- контроль відкритих зон небезпеки;
- контроль світлових бар'єрів;
- запобігання непередбаченого запуску обладнання (повторних перезапусків) тощо.

Слід зазначити, що додатково до спеціалізованого реле безпеки ESR5-NZ-21-24VAC-DC електротехнічною Групою «EATON» був спроектований також і спеціалізований двопозиційний (дворучний) пульт керування – «Two-hand control panel», і саме їх комплексне використання дозволяє забезпечити можливість отримання як максимальної 4-ої категорії безпеки, так і виконання всіх вимог стандарту ISO 13851 [7]:

- дворучне управління з контролем одночасності (синхронізму) $<0,5$ с, що згідно з EN 574 відповідає типу IIIС, і також надають можливість отримання максимальної 4-ої категорії безпеки;
- дворучне управління з контролем одночасності (синхронізму) $<0,5$ с і контролем кількості контактів, що згідно з EN 574 відповідає типу IIIС, і також надають можливість отримання максимальної 4-ої категорії безпеки;
- контроль керуючих та захисних пристроїв у відповідності до вимог EN 1088 з контролем одночасності (синхронізму) $<0,5$ с, і також надають можливість отримання максимальної 4-ої категорії безпеки.

Необхідно також зазначити, що контроль імпульсної послідовності може здійснюватися в ESR5-NZ-21-24VAC-DC як у разі живлення від джерела змінного, так і постійного струму.

Що стосується запобігання непередбаченого запуску обладнання (повторних перезапусків, непередбачуваних запусків), то реле безпеки серії ESR5 практично повністю виключають можливість автоматичного перезапуску

обладнання при відновленні напруги, оскільки це може привести до виникнення дуже небезпечних ситуацій. Також завдяки алгоритму роботи логіки реле безпеки серії ESR5, у разі відновлення напруги в електромережі, обладнання може бути запущено лише за допомогою примусової команди «Пуск».

У таблиці 1 наведено основні показники безпеки ESR5-NZ-21-24VAC-DC. Це категорія безпеки (**Cat**), структура, а також рівні експлуатаційної безпеки (**PL** – EN ISO 13849) і повноти безпеки (**SIL** – IEC 62061).

Таблиця 1

Основні показники безпеки ESR5-NZ-21-24VAC-DC

Тип реле безпеки серії ESR5	Категорія безпеки Cat	Структура	Рівень експлуатаційної безпеки	Рівень повноти безпеки
ESR5-NZ-21_24VAC-DC	4	Двоканальна із функцією самоконтролю	PLe	SIL 3

На рис. 2 наведено блок схему реле безпеки ESR5-NZ-21-24VAC-DC (рис. 2, а), а на рис. 3 представлені рекомендовані варіанти його підключення у системі управління безпекою виробничого обладнання.

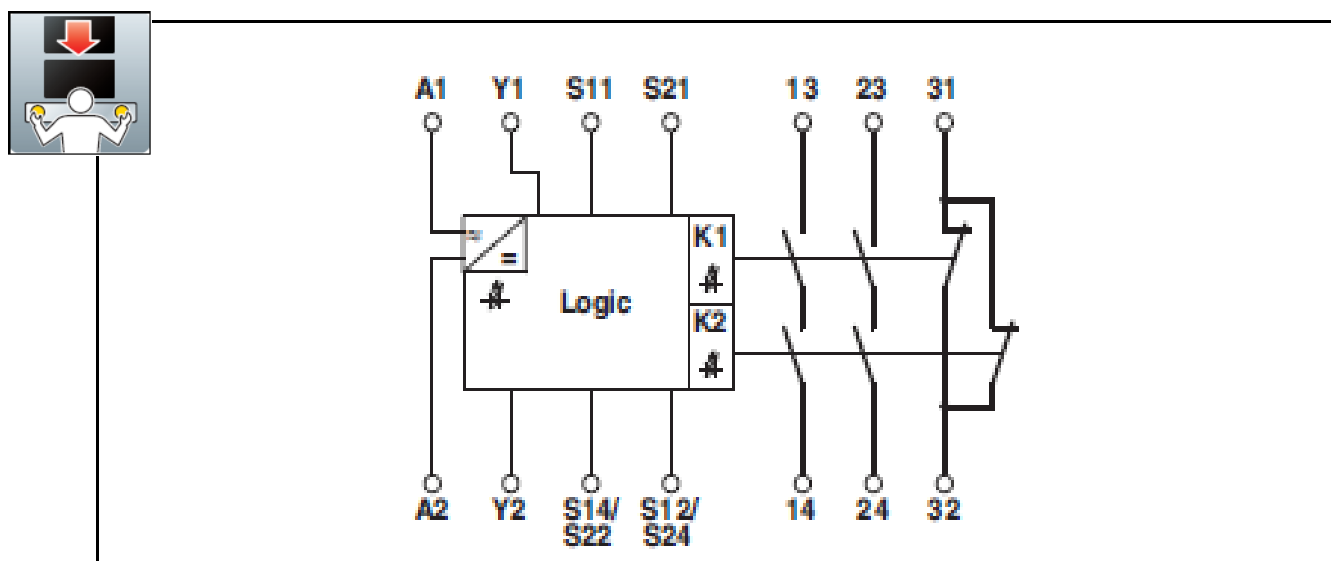


Рис. 2. Блок схема ESR5-NZ-21-24VAC-DC

Основні особливості:

- 2 електричних кола активації, без затримки;
- 1 контакт передачі повідомлень, без затримки;
- двоканальний режим роботи;
- автоматичний пуск;
- контроль зовнішніх контакторів/пристроїв розширення.

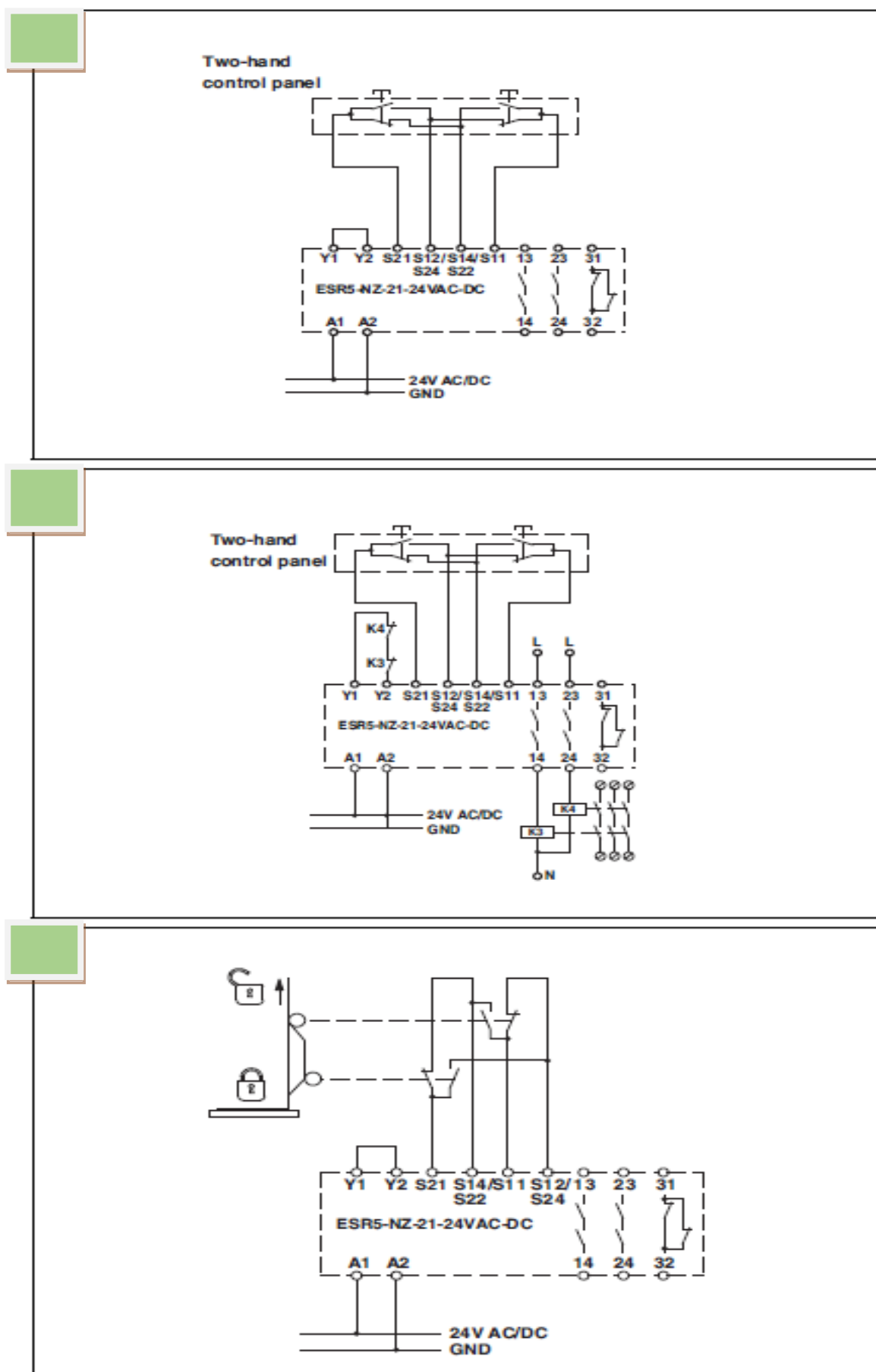


Рис. 3. Рекомендовані варіанти підключення ESR5-NZ-21-24VAC-DC

Рекомендовані варіанти підключення (рис. 3).

- двопозиційне (дворучне) управління з контролем одночасності (синхронізму) $<0,5$ с, що згідно з EN 574 відповідає типу ІІС, застосування до 4-ої категорії безпеки (рис. 3, а);
- двопозиційне (дворучне) управління з контролем одночасності (синхронізму) $<0,5$ с і контролем кількості контактів, що згідно з EN 574 відповідає типу ІІС, застосування до 4-ої категорії безпеки (рис. 3, б);
- контроль керуючих та захисних пристроїв у відповідності до вимог EN 1088 з контролем одночасності (синхронізму) $<0,5$ с, застосування до 4-ої категорії безпеки (рис.3, в).

****Примітки:***

1. Номінальна вхідна напруга (24 V DC) подається на клеми A1 і A2 - контролюється індикатором живлення.
2. Для підготовки реле безпеки до експлуатації необхідно замкнути клеми Y1 і Y2.
3. Для контролю зовнішніх контакторів або пристроїв розширення необхідно включити відповідні розмикаючі контакти в електричне коло між клемми Y1 і Y2.
4. У разі одночасного натискання кнопок пульта двохпозиційного управління або кінцевих перемикачів захисних огорожень протягом $<0,5$ с контакти 13/14 і 23/24 замикаються, а контакт 31/32 розмикаються (загоряються індикатори K1 і K2).

Слід ще раз зауважити, що саме комплексне застосування спеціалізованого реле безпеки ESR5-NZ-21-24VAC-DC та спеціалізованого двопозиційного (дворучного) пульта керування – «Two-hand control panel» дозволяє в повній мірі забезпечити виконання всіх вимог стандарту ISO 13851 [7].

Цей стандарт встановлює широкий спектр вимог до безпеки двопозиційних (дворучних) пристроїв управління. У першу чергу, це вимоги та керівництва щодо вибору на основі оцінки ризику конструкцій дворучних пристроїв управління, вимоги щодо запобігання можливості обходу їх захисної дії, а також вимоги і керівництва щодо проектування дворучних пристроїв управління, що містять програмовані електронні системи.

Даний стандарт визначає основні характеристики дворучних пристроїв управління саме з позицій безпеки і описує допустимі комбінації їх функціональних характеристик та мінімальні вимоги з безпеки в залежності від типу дворучних пристроїв: І, ІІ, ІІА, ІІВ і ІІС. Дія цього стандарту розповсюджується на будь-які дворучні пристрої управління незалежно від виду використовуваної енергії, у тому числі:

- дворучні пристрої управління, які є або не є невід'ємною складовою частиною машини;
- дворучні пристрої управління, які складаються з одного або декількох окремих блоків.

На рис. 4 представлено схему управління електрозварювальною установкою з двопозиційним (дворучним) контролем у відповідності до типу ІІС з використанням спеціалізованого захисного реле ESR5-NZ-21-24VAC-DC.

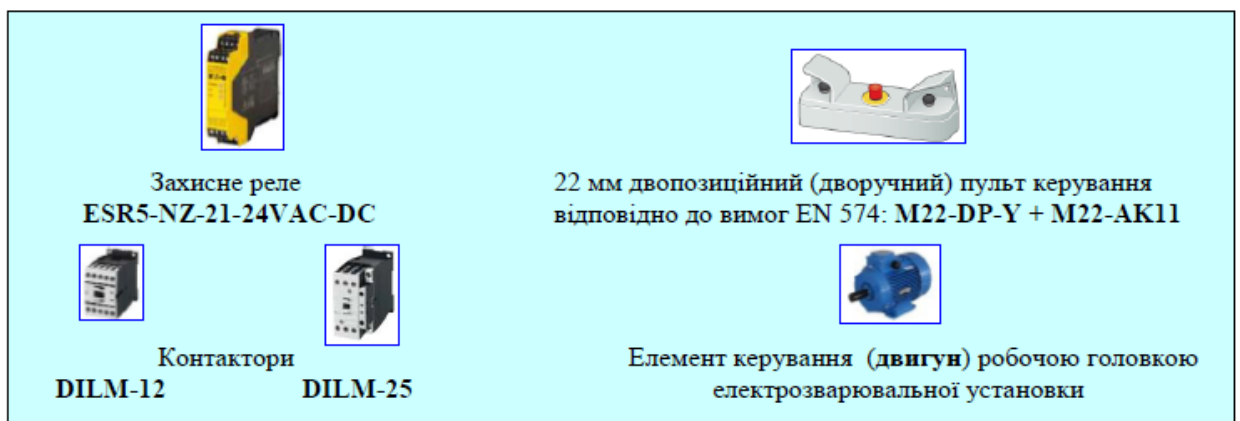
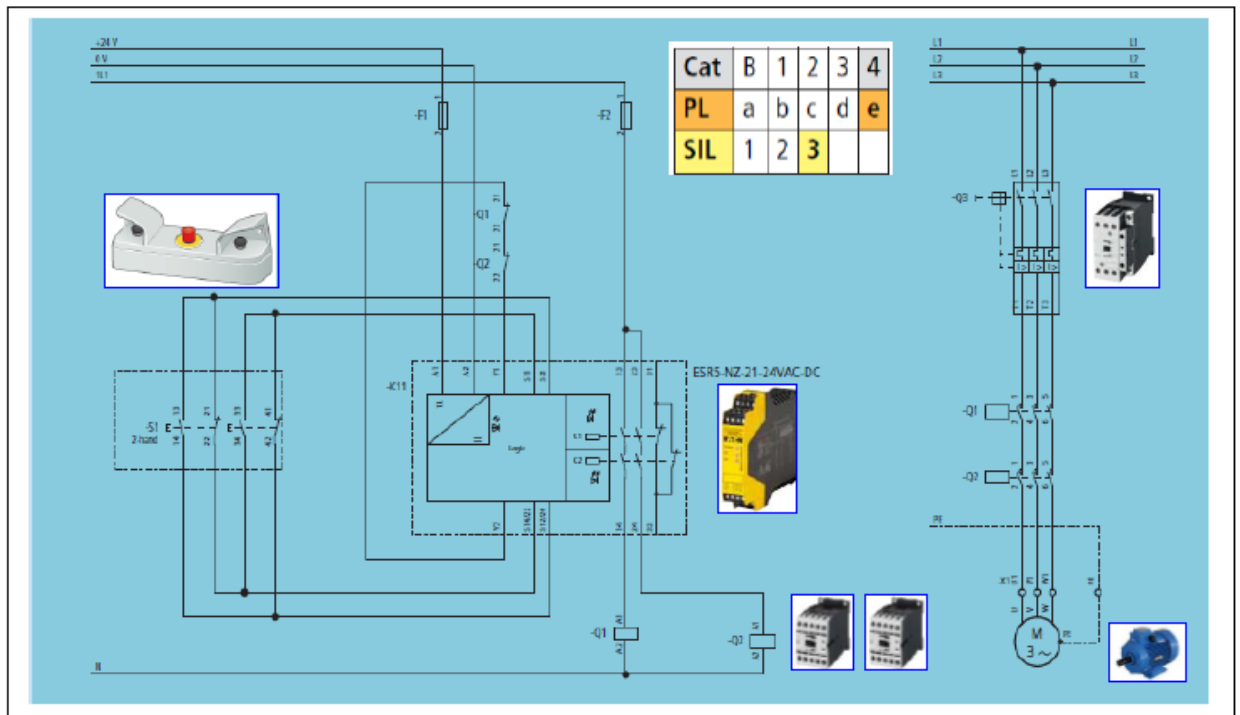


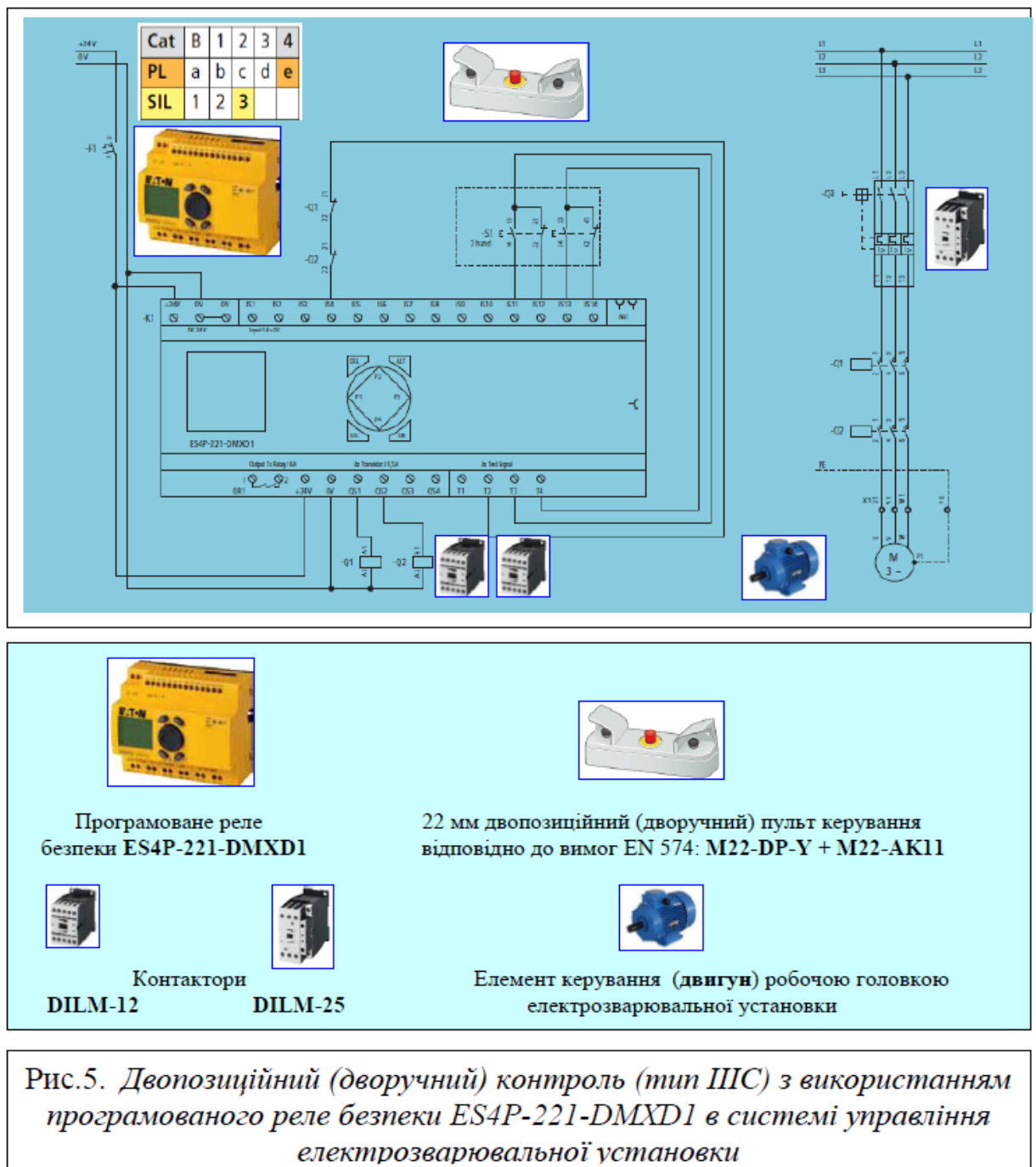
Рис.4. Двопозиційний (дворучний) контроль (тип ІІІС) з використанням захисного реле ESR5-NZ-21-24VAC-DC DMXD1 в системі управління електрозварювальної установки

У разі застосування реле безпеки ESR5-NZ-21-24VAC-DC та спеціалізованого двопозиційного (дворучного) пульта керування – «Two-hand control panel», запропоноване технічне рішення, що виконане з урахуванням усіх необхідних рекомендацій спеціалістів електротехнічної Групи «EATON/MOELLER», дозволяє гарантовано забезпечити необхідні стандарти безпеки виробничого обладнання й виконання всіх вимог EN ISO 13849 та IEC 62061.



На рис. 5 наведено ще один можливий варіант виконання схеми управління електрозварювальною установкою з двопозиційним (дворучним) контролем у відповідності до типу ІІІС, але вже з використанням програмованого реле безпеки ES4P-221-DMXD1 електротехнічної Групи

«EATON», що забезпечує для системи управління ще більші, ніж з реле безпеки ESR5-NZ-21-24VAC-DC функціональні можливості та більш високий рівень надійності.



Згідно з проведеними розрахунками, які були виконані за методиками, приведеними в [1], [5] та [8], розглянуті схеми двопозиційного (дворучного) контролю (тип ІІІС) у системі управління електрозварювальної установки забезпечують наступні показники безпеки (див. таблицю 2 та таблицю 3).

Таблиця 2

Показники безпеки для схеми двопозиційного (дворучного) контролю (тип III C) при використанні реле безпеки ESR5-NZ-21-24VAC-DC в системі управління електрозварювальної установки (EN ISO 13849 та IEC 62061)

Показники безпеки	EN ISO 13849	Показники безпеки	IEC 62061
Структура	Структура Cat.4	Структура	Структура SS D, symmetrical
MTTF _d	51.74 years	PFH _d	1.59 x10 ⁻⁸
B10 _d	18000	B10	S1: 4000000, Q1, Q2: 975000
n _{op}	B1, Q1: 12960, Q2 - Q3: 6500	λ_d/λ	S1: 0.2, Q1, Q2: 0.75
CCF	80	CSA	3.125
DC _{avg}	99 %	β	0.05
PL	e	DC	99 %
T10 _d	K1: 5.7 years, all others: > 20 years	SIL	3

Таблиця 3

Показники безпеки для схеми двопозиційного (дворучного) контролю (тип IIIC) при використанні програмованого реле безпеки ES4P-221-DMXD1 в системі управління електрозварювальної установки (EN ISO 13849 та IEC 62061)

Показники безпеки	EN ISO 13849	Показники безпеки	IEC 62061
Структура	Структура Cat.4	Структура	Структура SS D, symmetrical
MTTF _d	100 years	PFH _d	1.33x10 ⁻⁸
B10 _d	B1: 20000000, Q1 - Q3: 1300000	B10	S1: 4000000, Q1, Q2: 975000
n _{op}	18000	λ_d/λ	S1: 0.2, Q1, Q2: 0.75
CCF	80	CSA	3.125
DC _{avg}	99 %	β	0.05
PL	e	DC	99 %
T10 _d	> 20 years	SIL	3

Висновки. Отримані результати свідчать про те, що застосування реле безпеки серій *ESR5* та *ES4P* електротехнічної Групи «EATON» при виконанні відповідних рекомендацій спеціалістів «Eaton/Moeller» [8], дозволяє гарантовано забезпечити максимально високий рівень безпеки виробничого обладнання в процесі його експлуатації за рахунок високої надійності роботи, пов'язаної з безпекою систем управління, а також у повній мірі забезпечити виконання всіх існуючих вимог EN ISO 13849 (ДСТУ EN ISO 13849) та IEC 62061.

Література

1. IEC 62061 «Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems».
2. Постанова КМ України від 30 січня 2013 р. № 62 про затвердження Технічного регламенту безпеки машин (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 632 від 28.08. 2013 року).
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 May 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».