ЗАСТОСУВАННЯ РЕЛЕ БЕЗПЕКИ ESR5-NO-41-24VAC-DC В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМ ОБЛАДНАННЯМ

Левченко О. Г., д.т.н., проф., Каштанов С. Ф., к.т.н., доц.
(каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського);
Олійник А. П., керівник техн. відділу ДП «Ітон Електрик»

Будь-яке виробниче обладнання, у тому числі і те, що застосовується в галузі зварювального виробництва, є потенційним джерелом чисельних небезпек, які створюють відповідні ризики для виробничого персоналу щодо отримання травм та професійних захворювань, а також ризики негативного впливу даного обладнання на оточуюче середовище, і це, безумовно, повинно відповідним чином регулюватися і контролюватися, у першу чергу, на технічному рівні.

Для забезпечення необхідного рівня безпеки виробничого обладнання, особливо на потенційно небезпечних об’єктах, необхідно застосовувати відповідні системи управління безпекою даного обладнання. До складу таких систем повинні входити пристрої безпеки для управління налаштуваннями виробничого обладнання, захисні огорожі, світлові бар'єри, пристрої аварійної зупинки, датчики тощо. При цьому, виконання всіх технологічних операцій на будь-якому обладнанні, в обов'язковому порядку, повинно постійно контролюватися, а саме обладнання, у разі необхідності (аварійна ситуація, відмова, відключення електропостачання, викиди шкідливих речовин тощо) повинно гарантовано приводитися в безпечний стан та періодично тестуватися.

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

Метою даної роботи є визначення основних особливостей функціонування та застосування реле безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC в пов’язаних з безпекою системах управління виробничим обладнанням, а також можливості їх застосування у сфері зварювального виробництва.

Захисні реле серії ESR5, в 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 реле безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC, то воно забезпечує категорію безпеки 2 і має структуру, що відображена на рисунку 1.

• **Категорія 2** (відповідна цій категорії структура представлена на рис. 1).

Функції елементів системи управління, які пов'язані з безпекою, повинні періодично контролюватися (тестування, діагностика) з відповідними часовими

інтервалами. Як правило, тестування (діагностика) здійснюється періодично під час роботи з урахуванням аналізу існуючих ризиків. Тестування (діагностика) може здійснюватися автоматично або вручну, але обов'язково при кожному запуску і, бажано, перед виникненням можливої небезпечної ситуації.

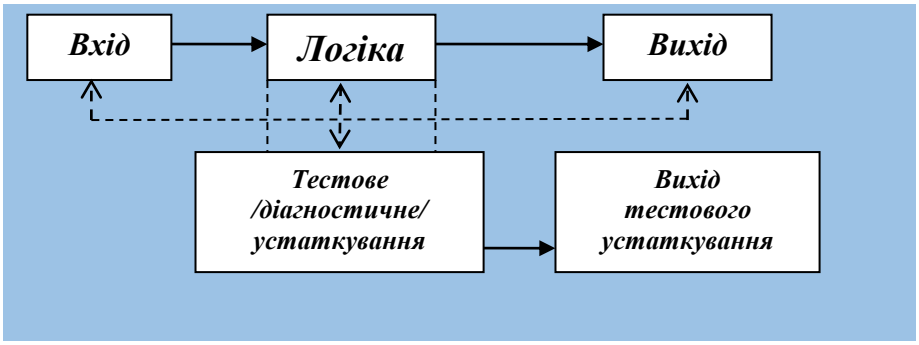


Рис.1. Одноканальна контрольована структура (категорія 2)

Основні показники безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC, категорія безпеки **(Cat),** структура, а також рівні експлуатаційної безпеки (**PL –** EN ISO 13849) і повноти безпеки **(SIL –** IEC 62061) наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Основні показники безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC

Тип захисного реле серії ESR5	**Категорія безпеки Cat**	**Структура**	**Рівень експлуатаційної безпеки**	**Рівень повноти безпеки**
ESR5-NO-41-24VAC-DC	2	*Одноканальна контрольована*	PLd	SIL 3

При застосуванні в пов’язаних з безпекою системах управління виробничим обладнанням реле безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC дозволяє забезпечити виконання таких функцій безпеки як, наприклад: аварійне відключення обладнання; контроль рухомих (з’ємних) захисних огороджень (без блокування або з блокуванням); контроль відкритих зон небезпеки; контроль світлових бар’єрів; запобігання непередбаченого запуску обладнання (повторних перезапусків) тощо.

Що стосується запобігання непередбачуваних запусків обладнання (повторних перезапусків), то реле безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC, як і всі інші реле безпеки серії ESR5 практично повністю виключають таку можливість, у тому числі і можливість автоматичного перезапуску обладнання при відновленні напруги, оскільки це може привести до виникнення дуже небезпечних ситуацій. Також завдяки алгоритму роботи логіки захисних реле ESR5 у разі відновлення напруги в електромережі обладнання може бути запущено лише за допомогою примусової команди «Пуск».

На рис. 2 представлено зовнішній вигляд реле безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC (рис. 2, а), а також його блок схема (рис. 2, б).

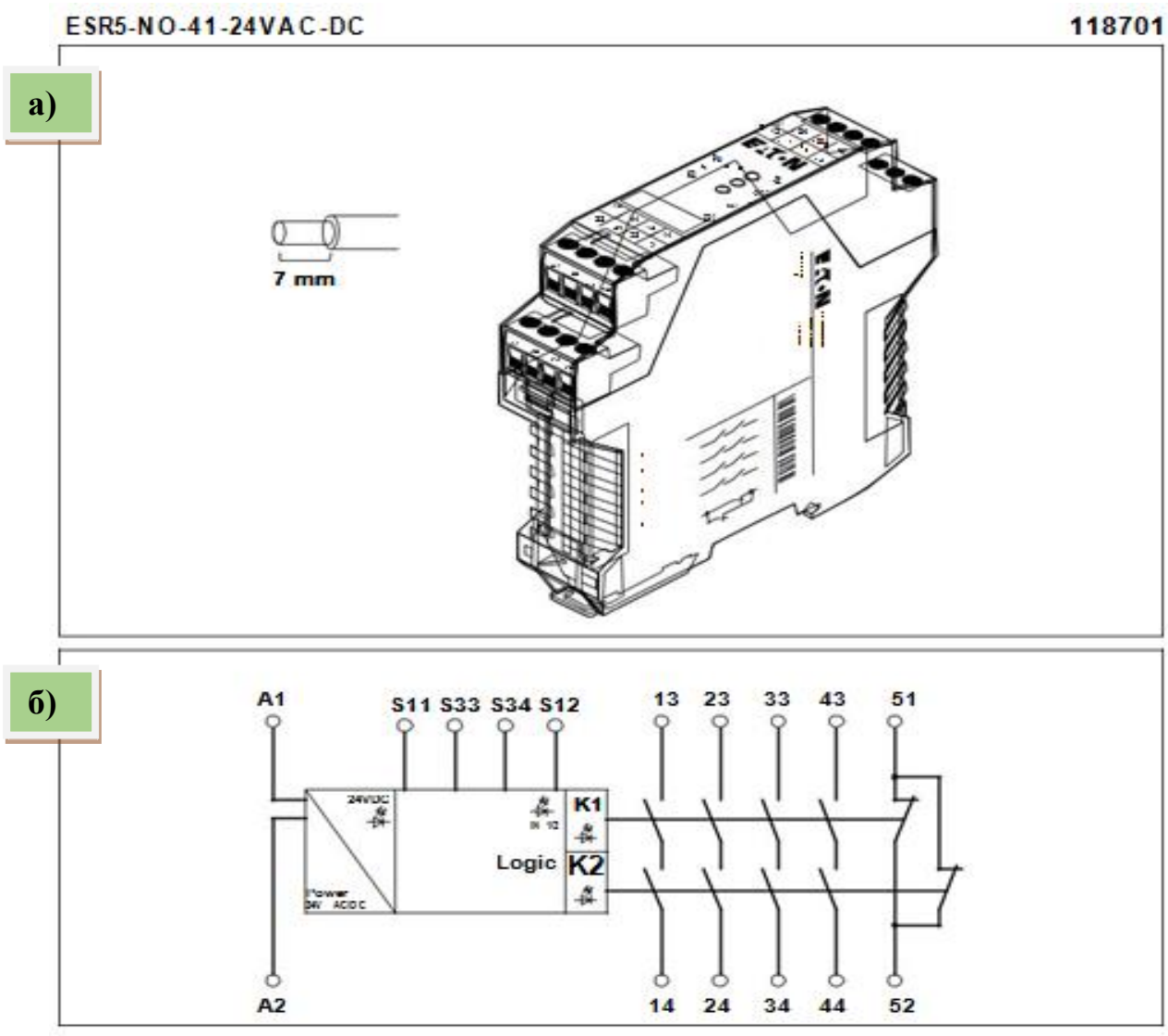


Рис. 2

1. Основні особливості:

- 4 електричних кола активації, без затримки;
- 1 контакт передачі повідомлень, без затримки;
- одноканальний режим роботи;
- автоматичний або ручний пуск.

2. Рекомендовані варіанти підключення (див. рис. 3).

2.1 Пускове і зворотне електричні кола:

- автоматична активація (рис. 3, а);
- автоматична активація з контролем положення зовнішніх контактів К3 і К4 (рис. 3, б).

2.2 Електричне коло датчика:

- одноканальна схема контролю відкриття-закриття захисної двері з автоматичною активацією безпеки (рис. 3, в);
- одноканальна схема аварійної зупинки з автоматичною активацією (рис. 3, г);
- одноканальна схема аварійної зупинки з ручною активацією і контролем положення контактів (рис. 3, д).

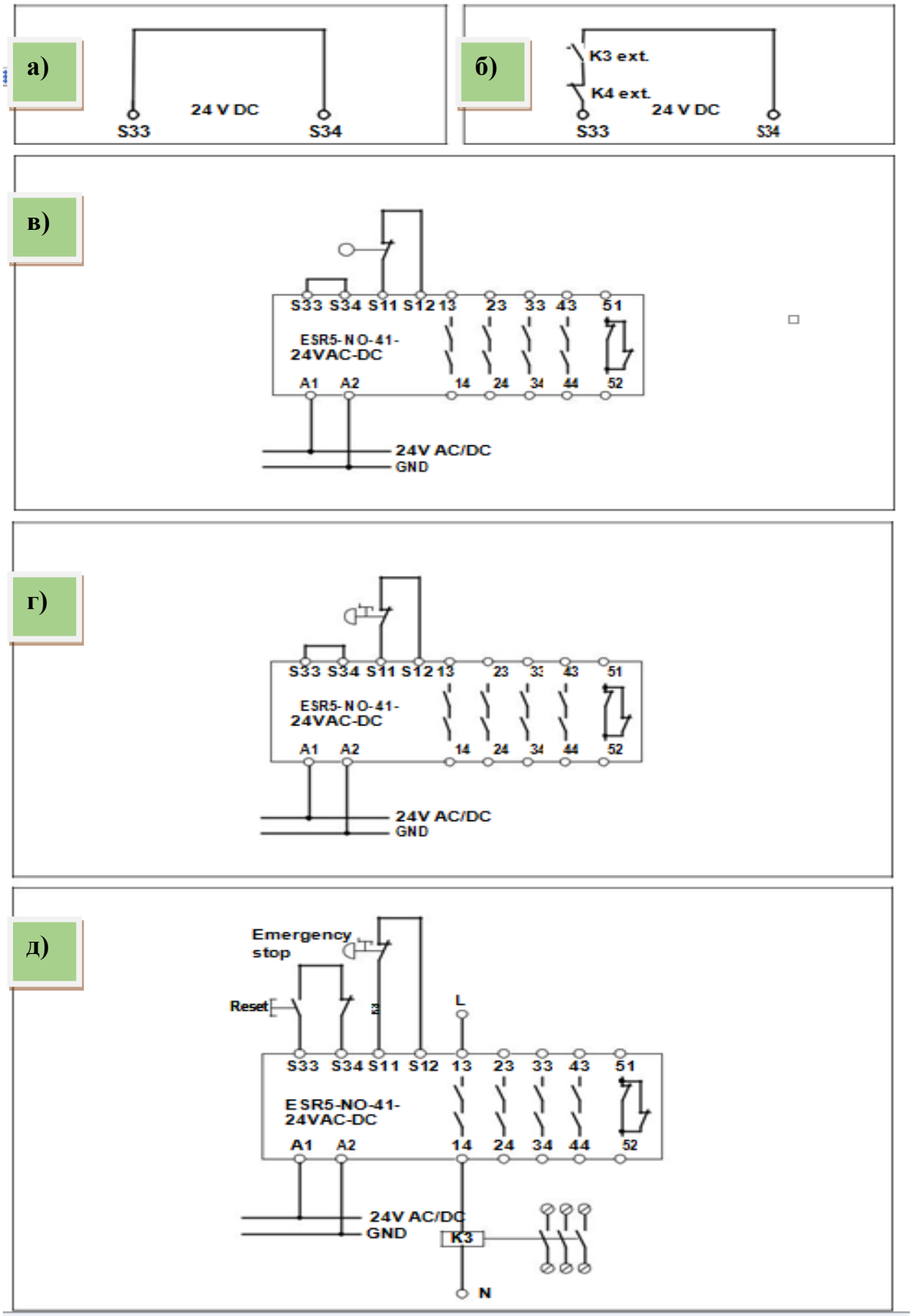

а)
24 V DC
S33
S34
б)
K3 ext.
K4 ext.
24 V DC
S33
S34
в)
S33 S34 S11 S12 13 23 33 43 51
ESR5-NO-41-
24VAC-DC
A1 A2 14 24 34 44 52
24V AC/DC
GND
г)
S33 S34 S11 S12 13 23 33 43 51
ESR5-NO-41-
24VAC-DC
A1 A2 14 24 34 44 52
24V AC/DC
GND
д)
Emergency
stop
Reset
L
S33 S34 S11 S12 13 23 33 43 51
ESR5-NO-41-
24VAC-DC
A1 A2 14 24 34 44 52
24V AC/DC
GND
K3
N

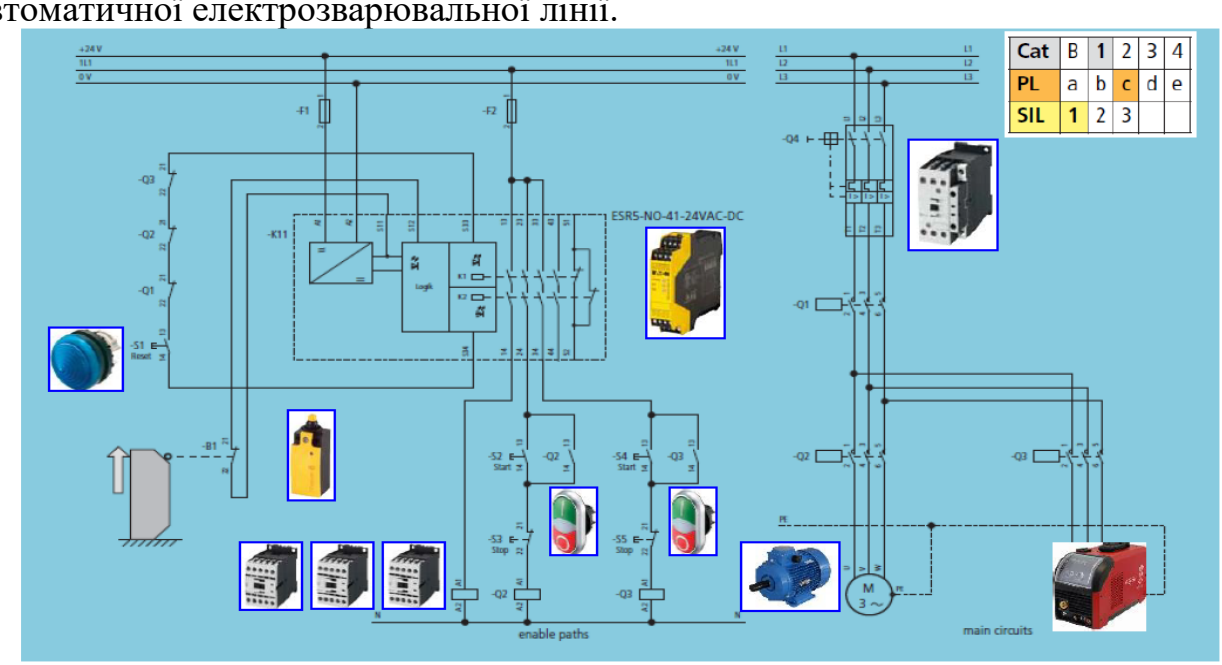
Рис. 3

**Примітки:*

1. Для контролю зовнішніх запобіжників і пристроїв розширення з контактами з примусовим розмиканням у колі S33 і S34 повинні бути передбачені відповідні розмикаючі контакти (рис 3, б, г).

2. Порядок введення в експлуатацію: Подати номінальну вхідну напругу на клеми A1 і A2 - контролюється індикатором живлення. З'єднати клеми S11 і S12, потім клеми S33 і S34. Модуль запускається. Контакти 13/14, 23/24, 33/34 і 43/44 замикаються. Контакт 51/52 розмикається. Загоряються індикатори K1 і K2.

На рис. 4 представлена схема моніторингу рухомого захисного огородження з використанням реле безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC для автоматичної електрозварювальної лінії.



а)

б)

Рис. 4: а) схема моніторингу рухомого захисного огородження з реле безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC для автоматичної електрозварювальної лінії; б) захисні, керуючі та виконавчі пристрої

За даною схемою може бути виконана та частина системи управління роботою автоматичної електрозварювальної лінії, яка відповідає за безпеку. У разі несанкціонованого зняття захисного огородження ця схема гарантує надійне блокування роботи виконавчих пристроїв (електричних двигунів та електрозварювального устаткування), за допомогою яких безпосередньо забезпечується переміщення заготовок та сам процес зварювання, що виключає можливість отримання травм обслуговуючим персоналом.

У разі застосування реле безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC запропоноване технічне рішення, виконане з урахуванням усіх необхідних рекомендацій спеціалістів електротехнічної Групи «EATON/MOELLER», дозволяє гарантовано забезпечити необхідні стандарти безпеки виробничого обладнання і виконання всіх вимог EN ISO 13849 та IEC 62061.

Основні функції безпеки, які можуть бути реалізовані за допомогою запропонованої схеми управління, це:

- контроль відкритих зон небезпеки;
- аварійне відключення обладнання;
- запобігання непередбаченого запуску обладнання (повторних перезапусків);
- максимальний струмовий захист.

Згідно з проведеними розрахунками, які були виконані за методиками, приведеними в [1, 5, 7], розроблена схема моніторингу рухомого захисного огородження з реле безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC для автоматичної електрозварювальної лінії дає змогу забезпечити наступні показники безпеки (таблиця 2).

Таблиця 2.

Показники безпеки для схеми моніторингу рухомого захисного огородження з реле безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC (EN ISO 13849 та IEC 62061)

Показники безпеки	**EN ISO 13849**		**Показники безпеки**	**IEC 62061**
Структура	Структура Cat.1		Структура	Структура SS A
$MTTF_d$	100 years		PFH_d	$5.24x10^{-8}$
$B10_d$	B1: 20000000, Q1 - Q3: 1300000		B10	B1: 4000000, Q1 – Q3: 975000
n_{op}	B1, Q1: 12960, Q2 – Q3: 6500		λ_d/λ	B1: 0.2, Q1 - Q3: 0.75
CCF	80		CSA	B1, Q1: 2.25, Q2 – Q3: 11.285
DC_{avg}	90.79 %		β	0.05
PL	C		DC	B1: 0 %, K1: 90 %, Q1 - Q3: 99 %
$T10_d$	K1: 10 years, all others: > 20 years		SIL	1

У разі необхідності розглянута схема може бути ще і додатково модернізована з метою захисту обслуговуючого персоналу не тільки від небезпечних переміщень заготовок та робочих елементів автоматичної електрозварювальної лінії, а й від негативного впливу на персонал ультрафіолетового випромінювання (УФВ) та небезпечних речовин, що виділяються в повітря робочої зони при проведені технологічного процесу електрозварювання. Для цього необхідно послідовно з нормально замкнутими (НЗ) контактами кінцевого перемикача LS11 підключити НЗ контакти додаткового датчика рівня УФВ та НЗ контакти датчика концентрації небезпечних речовин, які б реєстрували перевищення гранично допустимий рівень (ГДР) УФВ та гранично допустимої концентрації (ГДК) небезпечних речовин на робочому місці оператора автоматичної лінії.

Приведені матеріали свідчать про те, що застосування реле безпеки серії ESR5 електротехнічної Групи «EATON» при виконанні відповідних рекомендацій спеціалістів «Eaton/Moeller» [7], дозволяє гарантовано забезпечити максимально високий рівень безпеки виробничого обладнання в процесі його експлуатації за рахунок високої надійності роботи пов'язаних 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 віл 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. Safety Manual: «Safety technology for machines and systems in accordance with the international standards EN ISO 13849-1 and IEC 62061».