

**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра охорони праці, промислової та цивільної безпеки**

***ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 (ТЕФ)
з дисципліни «Охорона праці та цивільний захист»***

Тема роботи:
**«ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ В СИСТЕМАХ
УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ
РЕЛЕ БЕЗПЕКИ СЕРІЇ ESR5»**

Укладачі: к.т.н., доцент Каштанов Сергій Федорович
к.т.н., доцент Демчук Гліб Вікторович

Затверджено на засіданні кафедри ОПЦБ протокол № 5 від 23.01.2019 р.
Обладнання для лабораторних стендів надано міжнародною електротехнічною
Групою «EATON» (Ітон електрик -Україна)

Теоретичні положення

Функціональні можливості реле безпеки серії ESR5

Для забезпечення необхідного рівня безпеки, особливо на потенційно небезпечних об'єктах (ПНО), необхідне застосування відповідних систем управління безпекою промислового обладнання. До складу таких систем, повинні входити пристрої безпеки для управління налаштуваннями промислового обладнання, захисні огорожі, світлові бар'єри, пристрої аварійної зупинки 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 тощо) повинно гарантовано приводитися у безпечний стан та періодично тестуватися.

Саме для підвищення ефективності та надійності роботи проєктованих систем управління безпекою промислового обладнання електротехнічна Група «EATON» і розробила за інноваційними технологіями 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.

Метою даної роботи є визначення основних особливостей функціонування та застосування в системах управління безпекою промислового обладнання захисних реле серії ESR5 розроблених за новими інноваційними технологіями електротехнічною Групою «EATON».

Основні функції безпеки, які можуть бути реалізовані за допомогою захисних реле серії ESR5 в системах управління виробничого обладнання, в тому числі і на потенційно небезпечних об'єктах, це:

- контроль відкритих зон небезпеки;
- аварійне відключення обладнання;
- запобігання непередбаченого запуску обладнання (повторних перезапусків);
- контроль світлових бар'єрів;
- контроль рухомих (з'ємних) захисних бар'єрів /огорожень/ (без блокування або з блокуванням);
- контроль двопозиційного управління (типу I, II або III) тощо.

У разі аварійного відключення та контролю рухомих захисних огорожень, внутрішня логіка захисних реле контролює ланцюг забезпечення безпеки (аварійна зупинка, захисне блокування) і запускає алгоритм розблокування лише тільки після усунення існуючих несправностей. При цьому ланцюг управління розблокуванням відключається як у випадку приведення в дію захисних пристроїв, так і у разі наявності несправності обладнання. Також слід зазначити, що несправності, які можуть мати місце в ланцюгах управління обладнанням, включаючи коротке замикання на землю, коротке замикання між проводами або обриви в ланцюгах управління, надійно і швидко виявляються. Крім того, і це дуже важливо, приведення в дію алгоритму розблокування, в разі несправності обладнання, повністю виключено.

Також в окремих типах захисних реле серії ESR5 передбачена можливість застосування відповідної затримки їх спрацювання, наприклад для ESR5-VE3-42 діапазон регулювання затримки складає від 0,3 сек. до 3 сек., для ESR5-NV-30 це діапазон від 0,1 сек. до 30 сек., а для ESR5-NV-300 можливий діапазон регулювання затримки спрацювання захисного реле складає вже від 0,2 сек. до 300 сек., що безумовно, надає можливість ще більше підвищити рівень безпеки промислового обладнання.

При використанні захисних реле серії ESR5 в системах управління безпекою обладнання, позиція рухомих (з'ємних) захисних огорожень визначається завдяки використанню позиційних перемикачів і безконтактних датчиків, стан яких постійно контролюється і оцінюється логічними елементами захисних реле, що і надає можливість забезпечити необхідний ступінь зниження ризиків щодо можливості отримання травм працюючими.

У разі використання світлових бар'єрів всі випадкові або несанкціоновані проникнення в небезпечні зони також миттєво і надійно визначаються і оцінюються логічними елементами захисними реле серії ESR5.

Для контролю двопозиційного (дворучного) управління розроблено спеціалізоване захисне реле ESR5-NZ-21-24VAC-DC, а також дворучний пульт керування - «Two-hand control panel», які забезпечують:

- 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;

- доручне управління з контролем одночасності (синхронізму) $<0,5$ с і контролем кількості контактів, що згідно з EN 574 відповідає типу ШС, 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 захисні реле 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 захисних реле ESR5, у разі відновлення напруги в електромережі, обладнання може бути запущено лише за допомогою примусової команди «Reset» та «Пуск».



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). Існуючі на даний час захисні реле серії ESR5 забезпечують наступні категорії безпеки та мають наступні структури згідно цих категорій.

• **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.

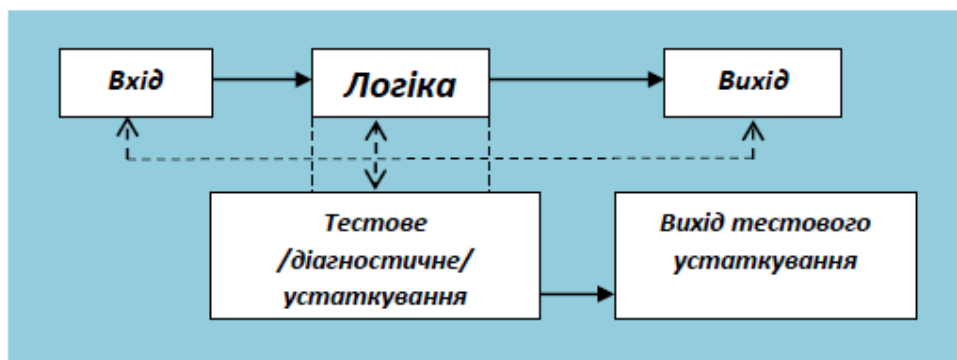


Рис.1.Одноканальна контрольована структура (категорія 2)

- **Категорія 3** (відповідна цій категорії структура представлена на рис. 2).

Одна помилка у частинах системи управління, що пов'язані з безпекою, не призводить до втрати функції безпеки всієї системи. В той же час, оскільки в системі управління не використовується функція самоконтролю і тому не всі несправності можуть бути виявлені, то накопичення таких невиявлених несправностей все ж таки може з часом викликати небезпечну ситуацію.

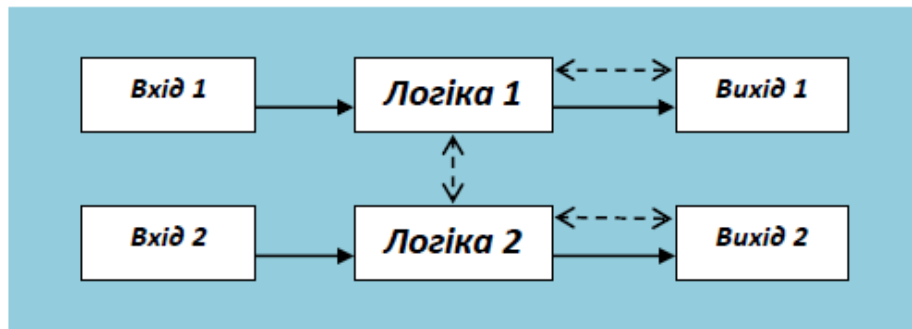


Рис.2. Двоканальна структура без функції самоконтролю (категорія 3)

- **Категорія 4** (відповідна цій категорії структура представлена на рис.3).

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, при яких накопичення несправностей не повинно призводити до втрати функції безпеки всієї системи управління.

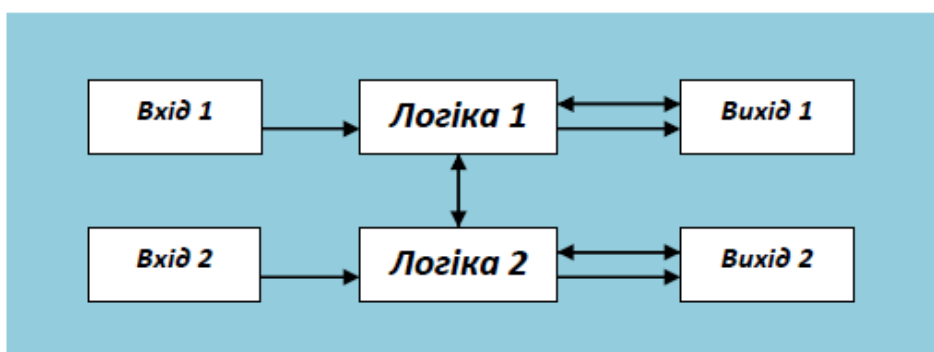


Рис.3. Двоканальна структура із функцією самоконтролю (категорія 4)

У таблиці 1 для деяких із перелічених вище типів захисних реле серії ESR5 наведені їх основні показники щодо категорії безпеки **Cat**, структури та рівнів експлуатаційної безпеки **PL** (EN ISO 13849) і повноти безпеки **SIL CL** (IEC 62061).

Таблиця 1.

Тип захисного реле серії ESR5	Категорія безпеки Cat	Структура	Рівень експлуатаційної безпеки	Рівень повноти безпеки
ESR5-NO-21-24VAC-DC	4	Двоканальна із функцією самоконтролю	PLe	SIL 3
ESR5-NO-31-24VAC-DC	4	Двоканальна із функцією самоконтролю	PLe	SIL 3
ESR5-NO-41-24VAC-DC	2	Одноканальна контрольована	PLd	SIL 3
ESR5-NO-51-24VAC-DC	4	Двоканальна із функцією самоконтролю	PLe	SIL 3
ESR5-NZ-21_24VAC-DC	4	Двоканальна із функцією самоконтролю	PLe	SIL 3
ESR5-VE3-42	2	Одноканальна контрольована	PLd	SIL 3

Застосування захисних реле 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 та високу надійність роботи систем управління, а також в повній мірі забезпечити виконання всіх існуючих вимог EN ISO 13849 (ДСТУ EN ISO 13849) та IEC 62061.

Опис лабораторного стенду

Загальний вигляд лабораторного стенду з дослідження особливостей функціонування обладнання електротехнічної групи «EATON», що призначено для застосування у сфері промислової безпеки, представлено на рис. 4, а. У боксі № 4 цього стенду (див. рис. 4, б) розташоване обладнання, яке дозволяє проаналізувати алгоритм роботи пов'язаної з безпекою електричної системи управління (ПБЕСУ) виробничим обладнанням підвищеної небезпеки, а також набутти необхідних практичних навичок щодо особливостей експлуатації подібних ПБЕСУ. Слід зазначити, що спроектована спеціалістами електротехнічної групи «EATON» система управління, яка використовується у цьому стенді, виконана із застосуванням реле безпеки серії ESR5, що дозволяє реалізовувати одночасно одразу декілька функцій безпеки.

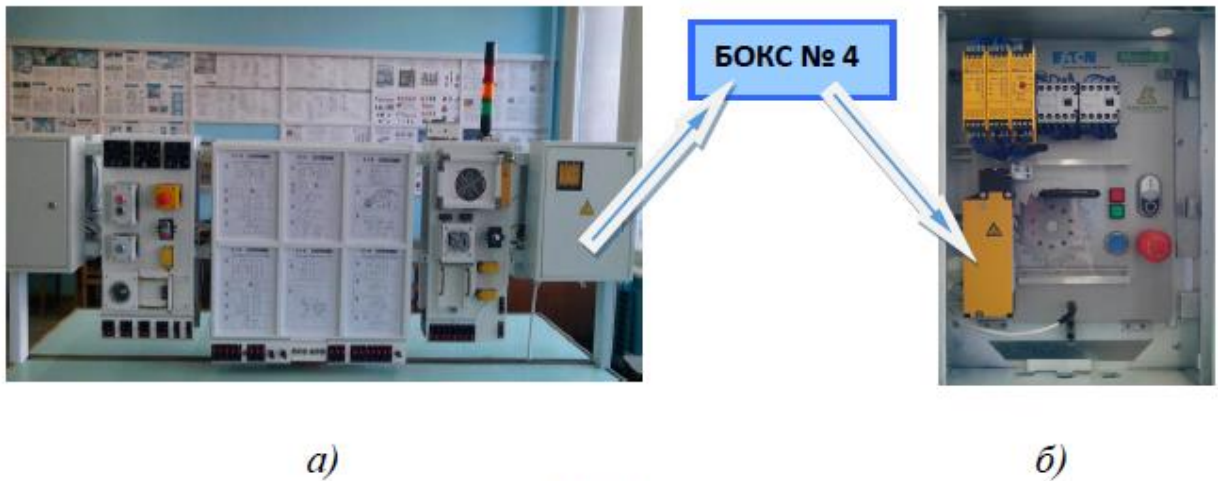


Рис. 4.

До основних функцій безпеки, які можуть бути реалізовані даною схемою ПБЕСУ, в першу чергу, можна віднести:

- контроль стану рухомих захисних бар'єрів (огорожень) виробничого обладнання;
- гарантоване блокування рухомого захисного бар'єру (огороження) при роботі обладнання підвищеної небезпеки;
- контроль часу затримки розблокування рухомого захисного бар'єру (огороження) після вимкнення виробничого обладнання;
- аварійне відключення виробничого обладнання;
- запобігання неконтрольованого запуску або повторного перезапуску виробничого обладнання після його аварійного відключення, а також у разі непередбаченого відключення напруги живлення.

Основне обладнання, що встановлено у Боксі № 4:

- Реле безпеки 1 (ESR5-NO-41-24VAC-DC);
- Реле безпеки 2 (ESR5-NO-31-24VAC-DC);
- Реле безпеки 3 (ESR5-VE3-42);
- Міні контактори 1 та 2 (DIL EM-01-G);
- Кінцевий вимикач з електромагнітним блокуванням (LS-S02-24DMT-ZBZ/X);
- Кнопка аварійного відключення (M22-PV/KC02/TY);
- Кнопка Reset (M22-D-X);
- Світловий індикатор аварійного стану обладнання (Q18-RT);
- Світловий індикатор нормального режиму роботи обладнання (Q18-GN);
- Електронний імітатор роботи виробничого обладнання підвищеної небезпеки;
- Роз'єм для підключення зовнішнього блоку живлення +24 В.

На рис. 5 представлений детальний опис обладнання, що входить до складу ПБЕСУ, та показано його взаємне розташування у Боксі № 4.

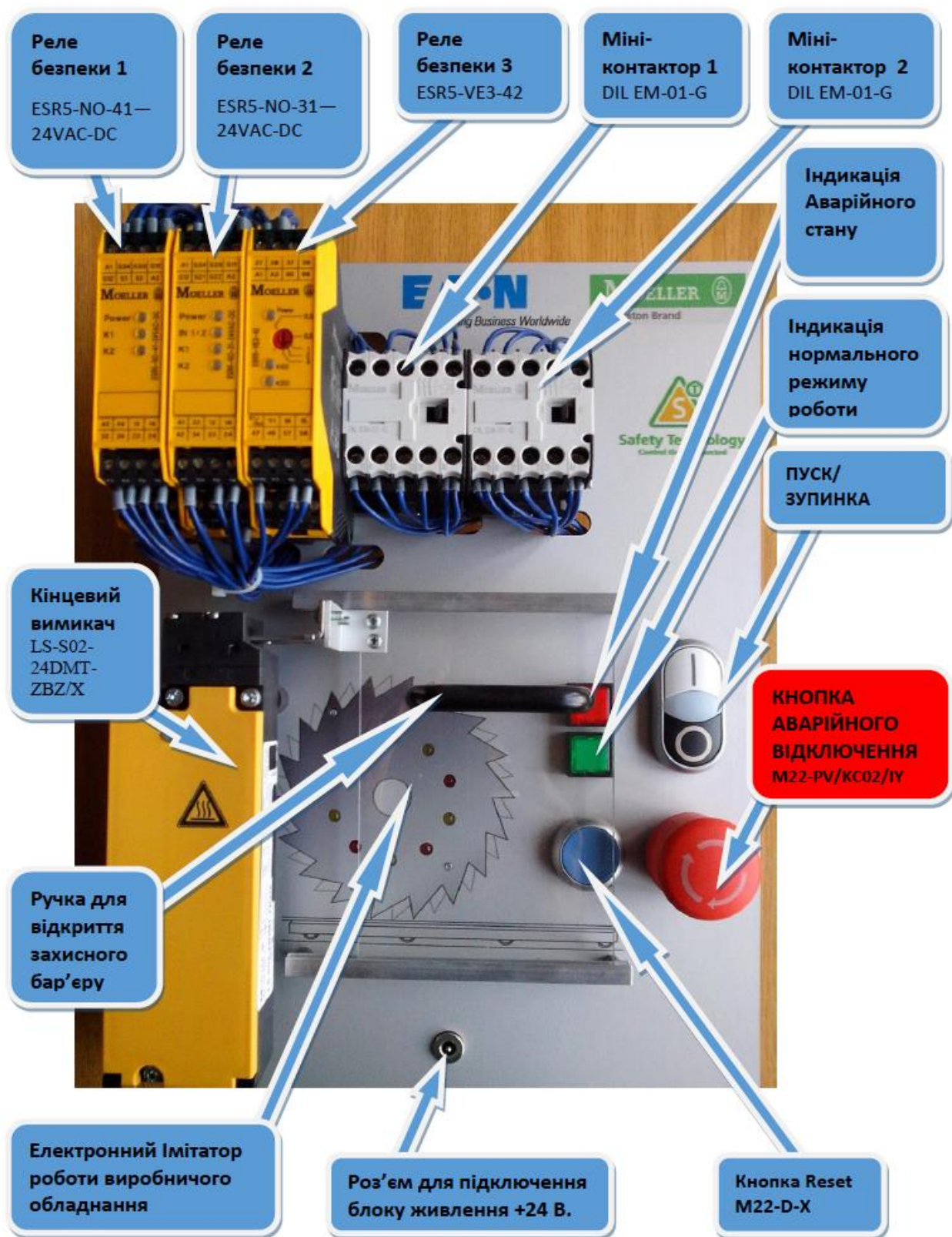


Рис. 5. Опис та взаємне розташування обладнання у боксі № 4.

У Додатках 1, 2, 3 приведені основні параметри та блок схеми реле безпеки (релейних модулів), які входять до складу обладнання у боксі № 4 (рис. 5), а також представлені рекомендовані варіанти їх можливого застосування в ПБЕСУ.

У додатку 4 приведений опис конструкції запобіжного пристрою контролю та блокування захисного огороження LS-S02-24DMT-ZBZ (кінцевого вимикача із функцією блокування) і надано алгоритм його роботи.

Розташування світлодіодних індикаторів функціонального стану релейних модулів безпеки, що входять до складу обладнання у боксі № 4, а також розташування поворотного перемикача для встановлення необхідної часової затримки щодо розблокування захисного огороження приведено на рис. 6.

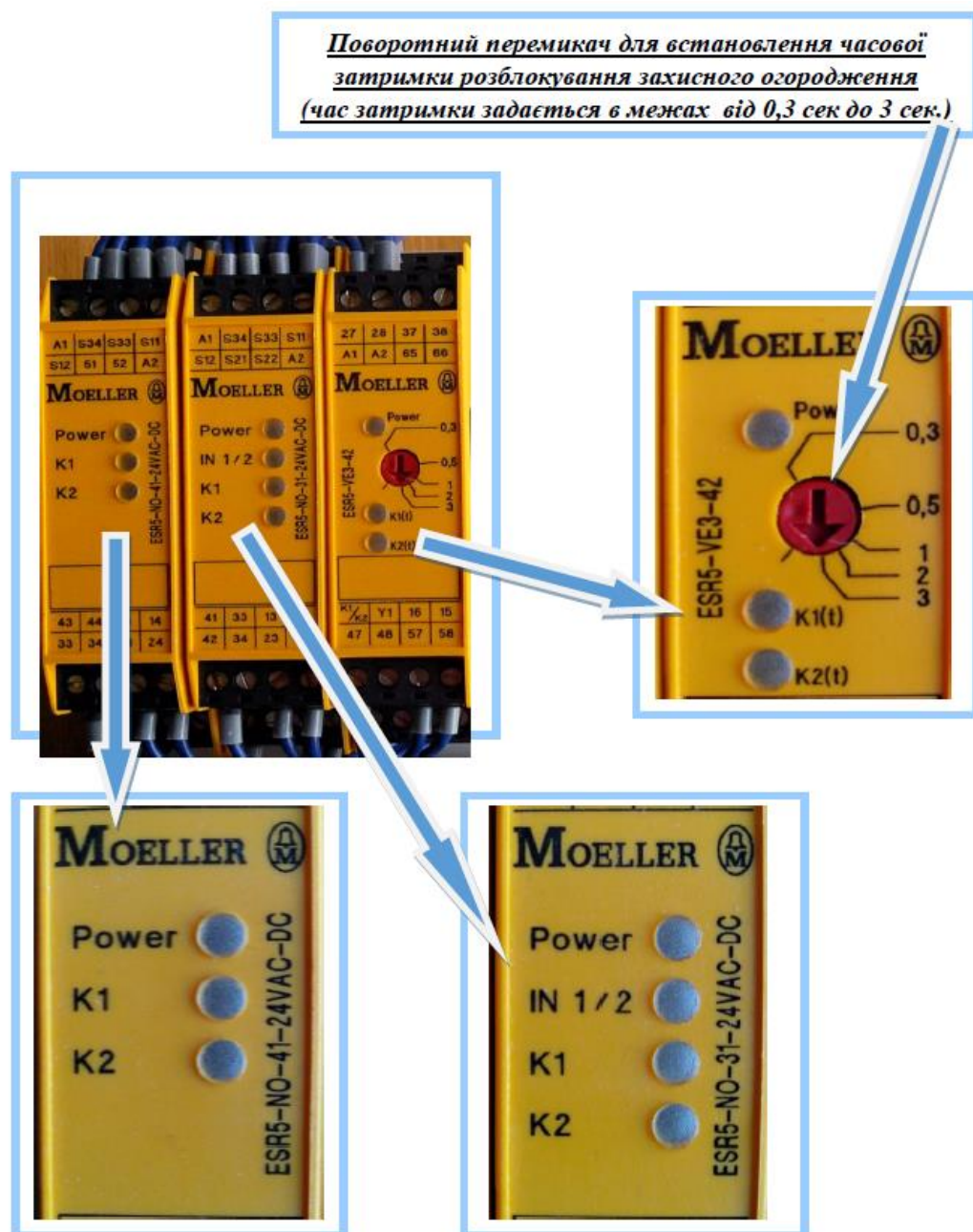


Рис. 6. Розташування світлових індикаторів функціонального стану релейних модулів безпеки, а також поворотного перемикача для встановлення необхідної часової затримки розблокування захисного огороження

Завдання № 1

Визначити відповідність алгоритму роботи даної ПБЕСУ (рис. 5) існуючим вимогам з безпеки щодо виконання наступних функцій:

- контроль стану рухомих захисних бар'єрів (огорожень);
- гарантоване блокування рухомого захисного бар'єру (огороження).

Порядок виконання завдання № 1.

П.1. Відкрити рухоме захисне огороження виробничого обладнання із підвищеною небезпекою (див. рис. 5).

П.2. Підключити електроживлення до стенду ПБЕСУ. Проконтролювати стан світлових індикаторів нормального (зелений колір) та аварійного (червоний колір) режимів роботи обладнання, а також стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ (див. рис. 5 та рис. 6). Отримані результати занести до таблиці 2.

Таблиця 2. Стан світлових індикаторів режиму роботи обладнання та світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ за П.2 - Завдання 1.

ESR5-NO-41-24VAC-DC		ESR5-NO-31-24VAC-DC		ESR5-VE3-42	
Індикатор	Стан	Індикатор	Стан	Індикатор	Стан
«Power»		«Power»		«Power»	
«K1»		«IN ½»		«K1(t)»	
«K2»		«K1»		«K2(t)»	
		«K2»			
Індикатори режиму роботи обладнання					
Індикатор			Стан		
Червоний					
Зелений					

**Примітка: Стан кожного індикатора визначати як «+», якщо він світиться, або «-», якщо він не світиться.*

П.3. Перевірити можливість запуску виробничого обладнання при відкритому захисному огороженні (див. рис.5 – подвійна кнопка «Пуск/Зупинка»).

П.4. Закрити рухоме захисне огороження.

П.5. Проконтролювати чи змінився стан світлових індикаторів нормального (зелений колір) та аварійного (червоний колір) режимів роботи обладнання та стан світлодіодних індикаторів релейних модулів.

П.6. Перевірити можливість запуску виробничого обладнання при закритому захисному огороженні (див. рис.5 – подвійна кнопка «Пуск/Зупинка»).

П.7. Для приведення виробничого обладнання у робочий стан нажати кнопку «Reset» (див. рис. 5) та проконтролювати як змінився стан світлових індикаторів нормального (зелений колір) та аварійного (червоний колір) режимів роботи обладнання, а також стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ. Отримані результати занести до таблиці 3.

Таблиця 3. Стан світлових індикаторів режиму роботи обладнання та світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ за П.7 - Завдання 1.

ESR5-NO-41-24VAC-DC		ESR5-NO-31-24VAC-DC		ESR5-VE3-42	
Індикатор	Стан	Індикатор	Стан	Індикатор	Стан
«Power»		«Power»		«Power»	
«K1»		«IN ½»		«K1(t)»	
«K2»		«K1»		«K2(t)»	
		«K2»			
Індикатори режиму роботи обладнання					
<i>Індикатор</i>			<i>Стан</i>		
Червоний					
Зелений					

П.8. Запустити виробниче обладнання (див. рис.5 – подвійна кнопка «Пуск/Зупинка») та проконтролювати як змінився стан світлових індикаторів нормального (зелений колір) та аварійного (червоний колір) режимів роботи обладнання, а також стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ. Отримані результати занести до таблиці 4.

Таблиця 4. Стан світлових індикаторів режиму роботи обладнання та світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ за П.8 - Завдання 1.

ESR5-NO-41-24VAC-DC		ESR5-NO-31-24VAC-DC		ESR5-VE3-42	
Індикатор	Стан	Індикатор	Стан	Індикатор	Стан
«Power»		«Power»		«Power»	
«K1»		«IN ½»		«K1(t)»	
«K2»		«K1»		«K2(t)»	
		«K2»			
Індикатори режиму роботи обладнання					
<i>Індикатор</i>			<i>Стан</i>		
Червоний					
Зелений					

П.9. Перевірити можливість відкриття рухомого захисного огороження з електромагнітним блокуванням при працюючому виробничому обладнанні підвищеної небезпеки.

П.10. Вимкнути електроживлення виробничого обладнання (див рис.5 – подвійна кнопка «Пуск/Зупинка») та проконтролювати як змінився стан світлових індикаторів нормального (зелений колір) та аварійного (червоний колір) режимів роботи обладнання, а також стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ після остаточної зупинки виробничого обладнання. Отримані результати занести до таблиці 5.

Таблиця 5. Стан світлових індикаторів режиму роботи обладнання та світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ за П.10 - Завдання 1.

ESR5-NO-41-24VAC-DC		ESR5-NO-31-24VAC-DC		ESR5-VE3-42	
Індикатор	Стан	Індикатор	Стан	Індикатор	Стан
«Power»		«Power»		«Power»	
«K1»		«IN ½»		«K1(t)»	
«K2»		«K1»		«K2(t)»	
		«K2»			
Індикатори режиму роботи обладнання					
Індикатор			Стан		
Червоний					
Зелений					

П.11. Перевірити можливість повторного запуску та подальшої зупинки обладнання без відкриття захисного огороження.

П.12. При зупиненому виробничому обладнанні відкрити рухоме захисне огороження та перевірити чи відповідає стан світлових індикаторів нормального (зелений колір) та аварійного (червоний колір) режимів роботи обладнання, а також стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ тим результатам, що були отримані за П.2. (див. таблицю 2).

П.13. Додатково перевірити можливість запуску виробничого обладнання при відкритому захисному огороженні, використовуючи для цього не тільки подвійну кнопку «Пуск/Зупинка», а і кнопку «Reset».

П.13. Вимкнути електроживлення стенду ПБЕСУ (див. рис.5).

П.14. Зробити висновок про відповідність алгоритму роботи даної ПБЕСУ існуючим вимогам з безпеки стосовно виконання таких функцій як контроль стану рухомого захисного огороження та його гарантоване блокування при роботі обладнання підвищеної небезпеки.

Завдання № 2

Визначити відповідність алгоритму роботи даної ПБЕСУ (рис. 5) існуючим вимогам з безпеки щодо виконання наступної функції:

- контроль часу затримки розблокування захисного бар'єру (огородження) після зупинення виробничого обладнання.

**Примітки:*

1. Час затримки розблокування захисного бар'єру (огородження) визначається затримкою часу спрацювання електричних кіл активації та сигнального електричного кола реле безпеки ESR5-VE3-42.

2. Порядок налаштування часу затримки спрацювання електричних кіл активації та сигнального електричного кола реле безпеки ESR5-VE3-42 викладений у Додатку 3.

ОБЕРЕЖНО!!!!!! Якщо під час роботи лабораторного стенду поворотний перемикач, яким виставляється час затримки реле безпеки ESR5-VE3-42 (див. рис. 6 та рис. 23), буде повернений, то реле безпеки перейде в режим налаштування і всі світлодіодні індикатори одночасно замиготять. У цьому разі реле безпеки буде готове до роботи лише тільки після того, як буде вимкнено електроживлення, проведені відповідні налаштування поворотного перемикача ESR5-VE3-42 і знову відновлено електроживлення.

Порядок виконання завдання № 2.

П.1. Вибрати необхідний час розблокування $t_{розбл}$ рухомого захисного бар'єру (огородження) після зупинки виробничого обладнання за допомогою подвійної кнопки «Пуск/Зупинка» (див. таблицю 4).

Час розблокування $t_{розбл}$ захисного бар'єру визначається часом затримки (t_3) спрацювання реле безпеки ESR5-VE3-42, який повинен перевищувати час остаточної зупинки виробничого обладнання після вимкнення електроживлення за допомогою подвійної кнопки «Пуск/Зупинка».

**Примітка:* В графі $t_{розбл}$ таблиці 6, навпроти вибраного часу затримки, проставити позначку «+». Кількість вибраних варіантів може бути від одного до п'яти.

Таблиця 6. Час розблокування $t_{розбл}$ захисного огородження (визначається часом затримки спрацювання реле безпеки ESR5-VE3-42) П.1 - Завдання 2.

№ варіанту	1	2	3	4	5
t_3	0.3 сек.	0.5 сек	1 сек.	2 сек.	3 сек.
$t_{розбл}$					

П.2. На реле безпеки ESR5-VE3-42 за допомогою поворотного перемикача (див. рис. 6) виставити необхідне значення $t_{розбл}$ (t_3).

П.3. Закрити рухоме захисне огороження виробничого обладнання (див. рис. 5).

П.4. Підключити електроживлення до стенду ПБЕСУ (див. рис. 5).

П.5. Для приведення виробничого обладнання у робочий стан нажати кнопку «Reset» (див. рис. 5)

П.6. Перевірити спрацювання світлового індикатору нормального режиму роботи (колір – «зелений») та проконтролювати стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ (див. табл. 3).

П.7. Запустити виробниче обладнання (див рис.5 – подвійна кнопка «Пуск/Зупинка»).

П.8. Перевірити можливість відкриття рухомого пересувного захисного огороження з електромагнітним блокуванням при працюючому виробничому обладнанні підвищеної небезпеки.

П.9. Вимкнути електроживлення виробничого обладнання (див рис.5 – подвійна кнопка «Пуск/Зупинка») та перевірити можливість відкриття рухомого захисного огороження до моменту закінчення вибраного часу затримки (t_3) реле безпеки ESR5-VE3-42, тобто до моменту остаточної зупинки виробничого обладнання після вимкнення його електроживлення.

П.10. Проконтролювати стан світлових індикаторів нормального (зелений колір) та аварійного (червоний колір) режимів роботи обладнання, а також стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ після остаточної зупинки виробничого обладнання (див. табл. 5).

П.11. Відкрити рухоме захисне огороження виробничого обладнання.

П.12. Вимкнути електроживлення стенду ПБЕСУ.

П.13. Зробити висновок про відповідність алгоритму роботи даної ПБЕСУ існуючим вимогам з безпеки щодо можливості виконання ПБЕСУ таких функцій, як контроль часу затримки розблокування рухомого захисного бар'єру (огороження) після вимкнення виробничого обладнання підвищеної небезпеки.

**Примітка: Якщо викладачем передбачається виконання одразу декількох можливих варіантів встановлення часу затримки t_3 реле безпеки ESR5-VE3-42, то у цьому разі в обов'язковому порядку необхідно: перед тим як встановлювати поворотним перемикачем реле безпеки ESR5-VE3-42 нове значення t_3 (див. рис. 6), вимкнути напругу живлення лабораторного стенду ПБЕСУ (див. Додаток 3) і лише тільки потім повторно виконати П.2-П.11.*

Завдання № 3

Визначити відповідність алгоритму роботи даної ПБЕСУ (рис. 5) існуючим вимогам з безпеки щодо виконання таких функцій, як:

- аварійне відключення виробничого обладнання;
- запобігання неконтрольованого запуску або повторного перезапуску виробничого обладнання після його аварійного відключення або у разі непередбаченого відключення напруги живлення.

Порядок виконання завдання № 3.

П.1. Закрити рухоме захисне огороження виробничого обладнання із підвищеною небезпекою (див. рис. 5).

П.2. Підключити електроживлення до стенду ПБЕСУ. Проконтролювати стан світлових індикаторів нормального (зелений колір) та аварійного (червоний колір) режимів роботи обладнання, а також стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ(див. табл. 2).

П.3. Для приведення виробничого обладнання у робочий стан натиснути кнопку «Reset» (див. рис. 5) та проконтролювати як змінився стан світлових індикаторів нормального (зелений колір) та аварійного (червоний колір) режимів роботи обладнання, а також стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ (див. табл. 3).

П.4. Запустити виробниче обладнання (див. рис.5 – подвійна кнопка «Пуск/Зупинка») та проконтролювати як змінився стан світлових індикаторів нормального (зелений колір) та аварійного (червоний колір) режимів роботи обладнання, а також стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ (див. табл. 4).

П.5. Натиснути кнопку аварійного відключення виробничого обладнання. (див. рис.5 – кнопка «Аварійне відключення»). Проконтролювати процес зупинки виробничого обладнання та перевірити механічну фіксацію кнопки «Аварійне відключення», а також спрацювання світлових індикаторів нормального та аварійного режиму роботи («зелений» - нормальний, «червоний» - аварійний режим роботи). Також проконтролювати стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ. Отримані результати занести до таблиці 7.

Таблиця 7. Стан світлових індикаторів режиму роботи обладнання та світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ за П.5 - Завдання 3.

ESR5-NO-41-24VAC-DC		ESR5-NO-31-24VAC-DC		ESR5-VE3-42	
Індикатор	Стан	Індикатор	Стан	Індикатор	Стан
«Power»		«Power»		«Power»	
«K1»		«IN ½»		«K1(t)»	
«K2»		«K1»		«K2(t)»	
		«K2»			

Індикатори режиму роботи обладнання	
<i>Індикатор</i>	<i>Стан</i>
Червоний	
Зелений	

П.5. Перевірити можливість запуску виробничого обладнання за допомогою подвійної кнопки «Пуск/Зупинка» та кнопки «Reset» (див рис.5) при заблокованій кнопці «Аварійне відключення».

П.6. Привести кнопку «Аварійне відключення» у вихідне положення (необхідний напрям обертання відображений на її головці – за часовою стрілкою), що забезпечить можливість запуску виробничого обладнання.

П.7. Нажати кнопку «Reset» (див. рис. 5). Перевірити чи згасла індикація аварійного режиму роботи (колір – «червоний») і чи загорілася індикація нормального режиму роботи (колір – «зелений»), а також проконтролювати стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ (див. табл. 3).

П.8. Запустити виробниче обладнання за допомогою подвійної кнопки «Пуск/Зупинка» (див рис.5).

П.9. З метою перевірки можливості неконтрольованого повторного перезапуску виробничого обладнання у разі непередбаченого відключення напруги живлення даного обладнання, необхідно при працюючому виробничому обладнанні вимкнути і через деякий час знову ввімкнути електроживлення лабораторного стенду ПБЕСУ.

П.10. Проконтролювати стан світлових індикаторів нормального (зелений колір) та аварійного (червоний колір) режимів роботи обладнання, а також стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ (див. табл. 2).

П.11. Перевірити можливість запуску виробничого обладнання за допомогою подвійної кнопки «Пуск/Зупинка».

П.12. Привести виробниче обладнання у робочий стан – нажати кнопку «Reset» (див. рис. 5) та проконтролювати стан світлових індикаторів нормального (зелений колір) та аварійного (червоний колір) режимів роботи обладнання, а також стан світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ (див. табл. 3).

П.13. Запустити виробниче обладнання за допомогою подвійної кнопки «Пуск/Зупинка» (див рис.5) та перевірити надійність блокування рухомого захисного огороження.

П.14. Зупинити виробниче обладнання та відкрити рухоме захисне огороження після остаточної зупинки виробничого обладнання.

П.15. Вимкнути електроживлення стенду ПБЕСУ.

П.16. Зробити висновок про відповідність алгоритму роботи даної ПБЕСУ існуючим вимогам з безпеки щодо можливості виконання ПБЕСУ таких функцій, як аварійне відключення виробничого обладнання та запобігання неконтрольованого запуску або повторного перезапуску

виробничого обладнання після його аварійного відключення або у разі неконтрольованого відключення напруги живлення.

***Примітки:**

1. Кількість та порядок виконання поставлених завдань при виконанні лабораторної роботи визначається викладачем з урахуванням спеціалізації та рівня професійної підготовки студентів.
2. Перед виконанням лабораторної роботи необхідно роздрукувати робочі таблиці, що приведені у Додатку 5.

Список літератури

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. Safety Manual: «Safety technology for machines and systems in accordance with the international standards EN ISO 13849-1 and IEC 62061».
<http://moeller.kiev.ua/rukovodstvo-po-bezopasnosti>

Реле безпеки ESR5-NO-31-24VAC-DC

1. Застосування відповідно до призначення.

Контроль електричних кіл аварійного відключення і зупинки. Даний релейний модуль забезпечує безпечне розмикання електричних кіл.

2. Основні параметри (зовнішній вигляд реле безпеки /релейного модуля/ та його блок схема представлені відповідно на рис. 7 та рис. 8):

- структура двоканальна із функцією самоконтролю, категорія безпеки 3;
- 3 електричних кіл активації /3 замикаючих контактних групи 13/14, 23/24, 33/34/ у безпечному стані, без затримки;
- 1 сигнальне електричне коло /1 розмикаюча подвійна контактна група 42/43 для передачі повідомлень/, без затримки;
- 1- або 2- канальний режим аварійного відключення і зупинки та управління захисними огороженнями;
- автоматичне скидання параметрів при переході у вихідний стан;
- тип підключення - гвинтові затискачі;
- номінальна напруга живлення (UN) - 24 V DC;
- допустимий діапазон (щодо UN) - 0,85 ... 1,1;
- струм навантаження (щодо UN) - 84 mA
- час повернення в стан готовності - 1 s.
- максимальна напруга, що комутується - 250 V AC / DC;
- мінімальна напруга, що комутується - 15 V AC / DC;
- максимальний струм тривалого навантаження на замикання – 6 A, на розмикання - 3 A;
- мінімальний струм, що комутується - 25 mA;
- захист від короткого замикання у вихідних електричних колах;
- посилена ізоляція між вхідними та вихідними електричними колами, що витримує напругу до 6 кВ;
- діапазон робочих температур – (-20 ° C ... 55 ° C);
- ступінь захисту від пилу та вологи - IP20;
- категорія/рівень:
експлуатаційної безпеки EN 13849 - 4/e;
повноти безпеки SIL / SIL CL IEC 61508 / EN 62061 - 3 / SIL 3.

3. Вказівки щодо підключення та вводу в експлуатацію.

1. У разі подачі номінальної напруги живлення на контакти A1 і A2 загоряється індикатор "Power" (див. рис. 6).

2. Двоканальне управління - після замикання вхідних електричних кіл (контакти S11/S12 та S21/S22) загоряється індикатор "IN 1/2" (див. рис. 6).

3. Для автоматичної активації вихідних електричних кіл (3 замикаючих контактних груп 13/14, 23/24, 33/34 та 1 розмикаючої подвійної контактної групи 42/43 для передачі повідомлень) необхідно замкнути контакти S33/S34. Загоряться індикатори "K1" і "K2" (див. рис. 6).

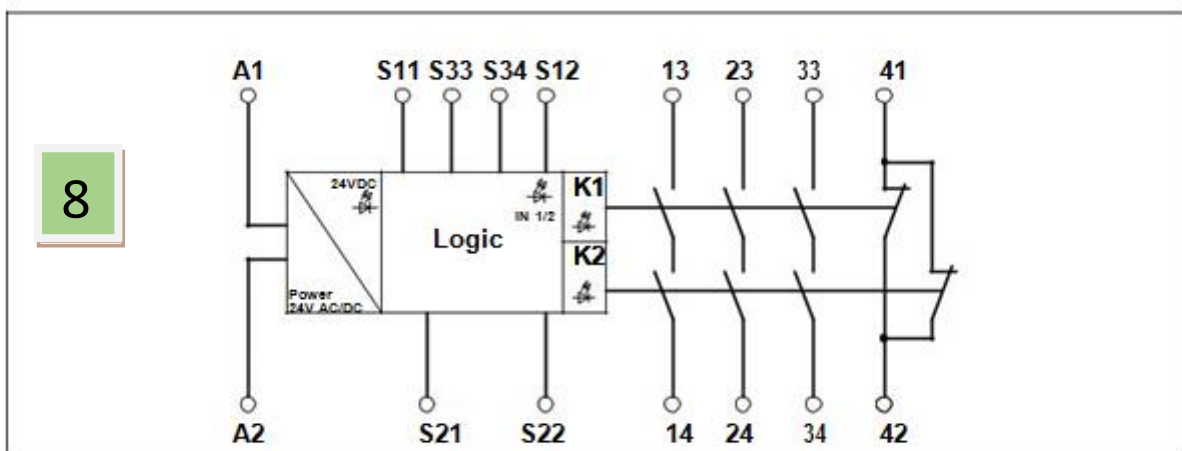
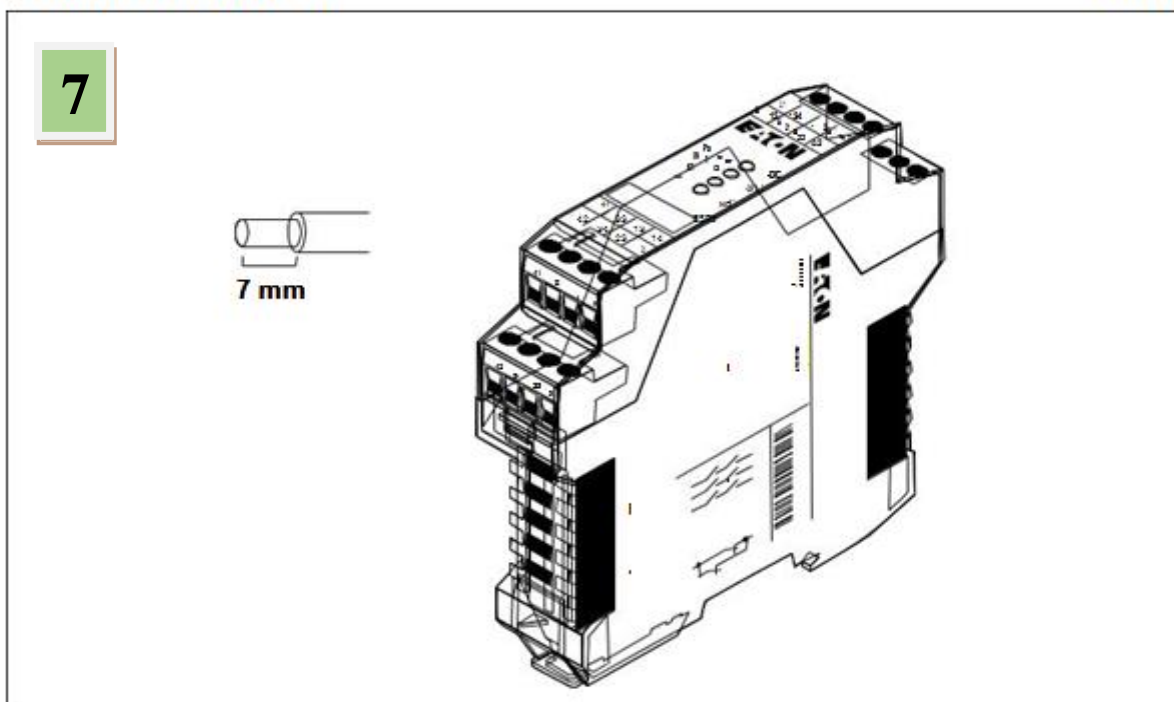
4. При розмиканні, як мінімум, одного з вхідних електричних кіл, активується безпечний стан контактів. Релейний модуль може бути повторно включений лише тільки після розмикання і повторного замикання обох вхідних електричних кіл.

5. У разі використання індуктивних навантажень необхідно застосовувати відповідну схему захисту і підключати її паралельно навантаженню, а не паралельно контакту, що комутується.

6. При експлуатації релейних модулів необхідно стежити за дотриманням існуючих вимог щодо рівнів випромінювання електромагнітних завад для електричного і електронного обладнання (EN 61000-6-4) і в разі потреби вжити відповідних заходів.

ESR5-NO-31-24VAC-DC

118702



Рисунки 7, 8

4. Варіанти підключення ESR5-NO-31-24VAC-DC в ПБЕСУ.

1. Електричні кола запуску та зворотного зв'язку:

- автоматична активація (рис.9);

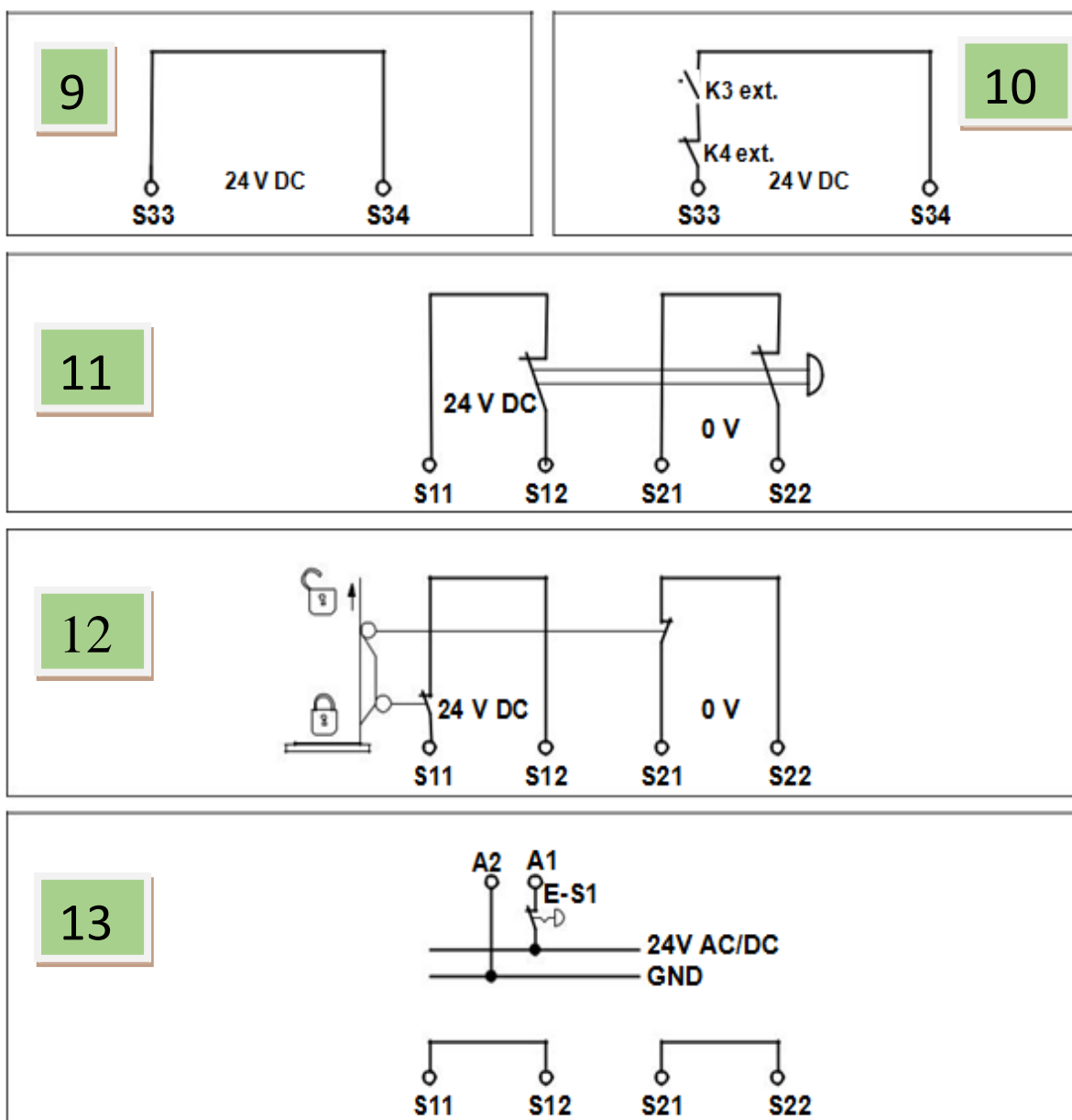
- автоматична активація з контролем положення зовнішніх контактів К3 і К4 (рис.10).

2. Вхідні електричні кола (датчики, перемикачі, вимикачі тощо):

- двоканальний пристрій аварійної зупинки з контролем поперечного підключення, 2 розмикаючих контактів (рис.11)

- двоканальний пристрій контролю захисного огороження, 2 розмикаючих контактів (рис.12)

- одноканальний пристрій аварійної зупинки, необхідне встановлення перемичок на контактах S11/S12 та S21/S22 (рис.13).



Рисунки 9, 10, 11, 12, 13

Реле безпеки ESR5-NO-41-24VAC-DC

1. Застосування відповідно до призначення.

Контроль електричних кіл аварійного відключення і зупинки. Даний релейний модуль забезпечує безпечне розмикання електричних кіл.

2. Основні параметри (зовнішній вигляд реле безпеки /релейного модуля/ та його блок схема представлені відповідно на рис. 14 та рис. 15):

- структура одноканальна контрольована, категорія безпеки 2;
- 4 електричних кіл активації (4 замикаючих контактних груп 13/14, 23/24, 33/34, 43/44) у безпечному стані, без затримки;
- 1 сигнальне електричне коло /1 розмикаюча подвійна контактна група 51/52 для передачі повідомлень/, без затримки;
- 1- канальний режим роботи;
- автоматичний або ручний запуск;
- тип підключення - гвинтові стискачі;
- номінальна напруга живлення (UN) - 24 V DC;
- допустимий діапазон (щодо UN) - 0,85 ... 1,1;
- струм навантаження (щодо UN) - 84 mA
- час повернення в стан готовності - 1 s.
- максимальна напруга, що комутується - 250 V AC / DC;
- мінімальна напруга, що комутується - 15 V AC / DC;
- максимальний струм тривалого навантаження на замикання – 6 A, на розмикання - 3 A;
- мінімальний струм, що комутується - 25 mA;
- захист від короткого замикання у вихідних електричних колах;
- посилена ізоляція між вхідними та вихідними електричними колами, що витримує напругу до 6 кВ;
- діапазон робочих температур – (-20 ° C ... 55 ° C);
- ступінь захисту від пилу та вологи - IP20;
- категорія/рівень:
експлуатаційної безпеки EN 13849 - 2/d;
повноти безпеки SIL / SIL CL IEC 61508 / EN 62061 - 3 / SIL 3.

3. Вказівки щодо підключення та вводу в експлуатацію.

1. У разі подачі номінальної напруги живлення на контакти A1 і A2 загоряється індикатор "Power" (див. рис. 6).

2. Попередньо необхідно замкнути вхідне електричне коло (контакти S11/S12) – див. рис. 15.

3. Для автоматичної активації вихідних електричних кіл (4 замикаючих контактних груп 13/14, 23/24, 33/34, 43/44 та 1 подвійної розмикаючої контактної групи 51/52) необхідно замкнути контакти S33/S34. Загоряться індикатори "K1" і "K2" (див. рис. 6).

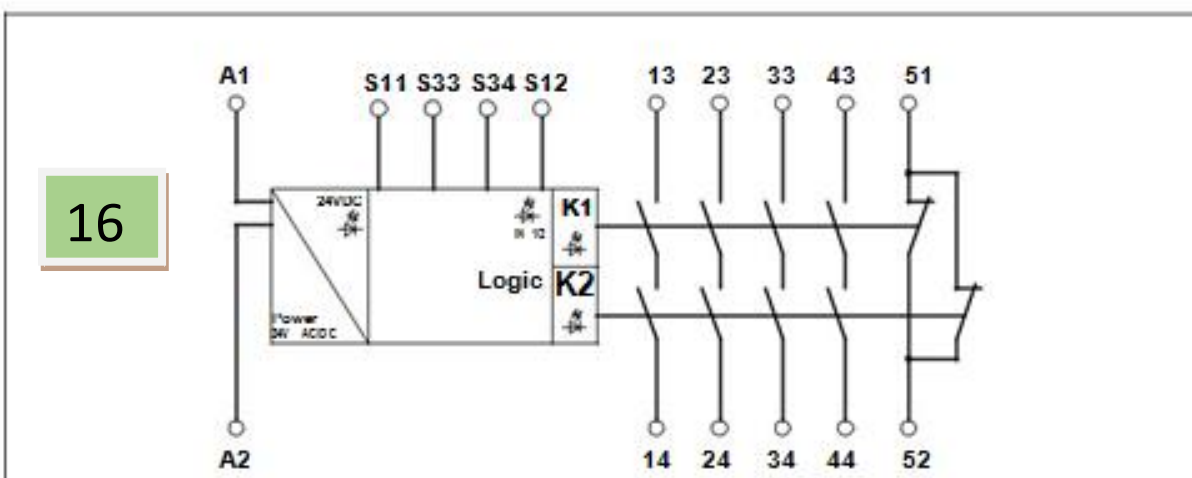
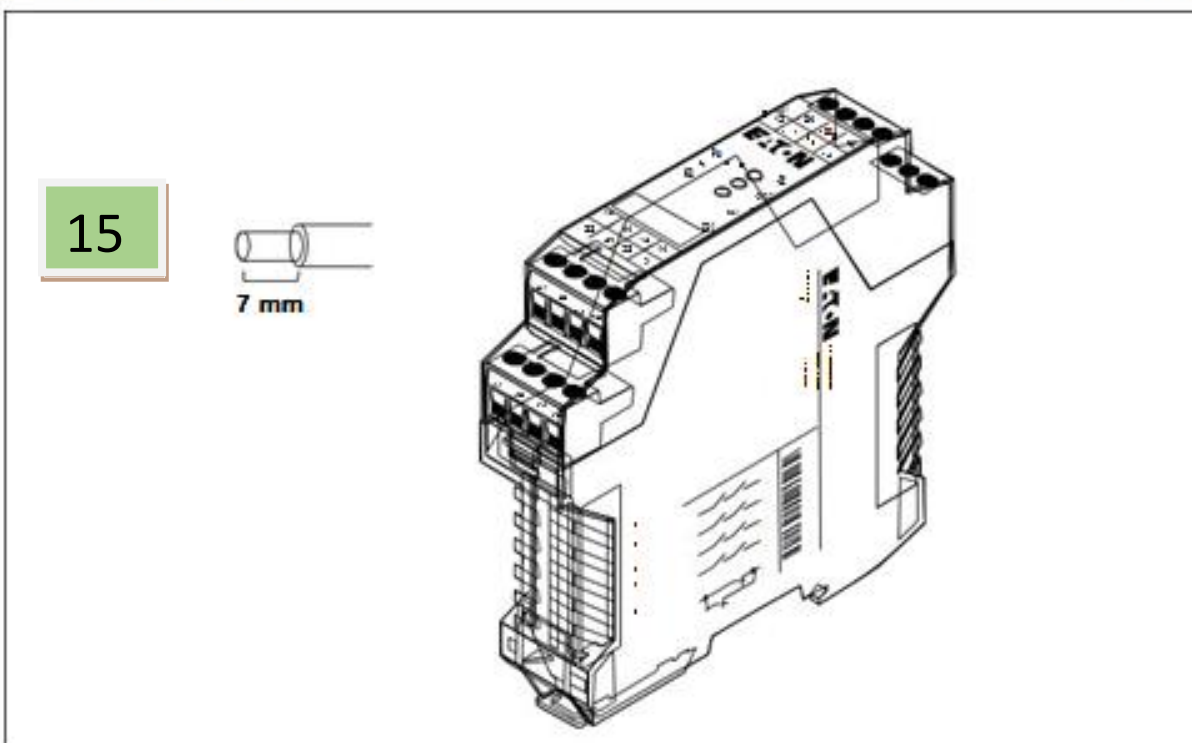
4. Для контролю зовнішніх запобіжних пристроїв і пристроїв розширення з контактами із примусовим розмиканням в електричному колі S33/S34 повинні бути передбачені відповідні розмикаючі контакти .

5. У разі використання індуктивних навантажень необхідно застосовувати відповідну схему захисту і підключати її паралельно навантаженню, а не паралельно контакту, що комутується.

6. При експлуатації релейних модулів необхідно стежити за дотриманням існуючих вимог щодо рівнів випромінювання електромагнітних завад для електричного і електронного обладнання (EN 61000-6-4) і в разі потреби вжити відповідних заходів.

ESR5-NO-41-24VAC-DC

118701



Рисунки 14, 15

4. Варіанти підключення ESR5-NO-41-24VAC-DC в ПБЕСУ.

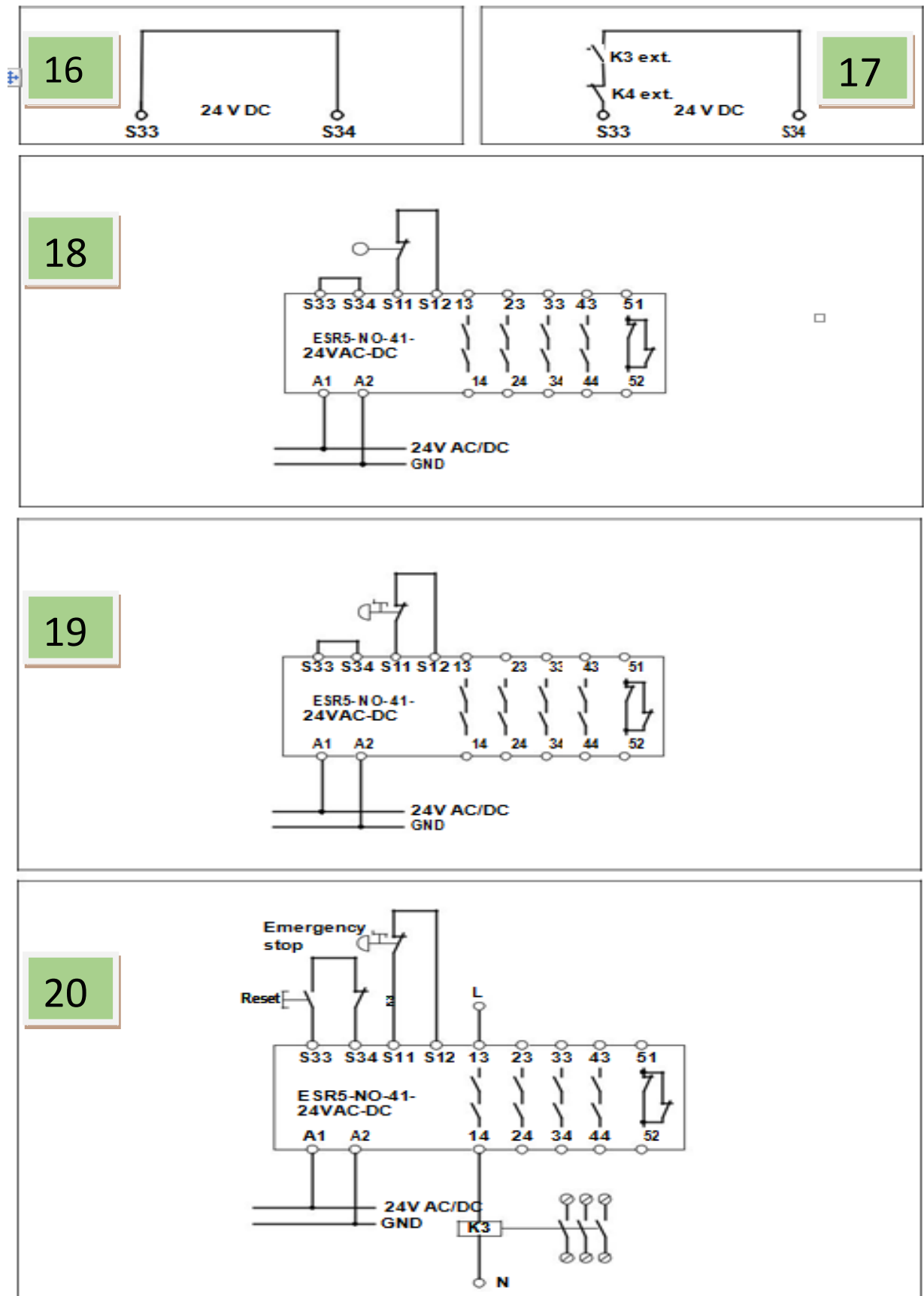


Рис. 16, 17, 18, 19, 20

1. Електричні кола запуску та зворотнього зв'язку:
 - автоматична активація (рис.16);
 - автоматична активація з контролем положення зовнішніх контактів К3 і К4 (рис.17).
2. Електричне коло підключення датчиків, перемикачів тощо:
 - одноканальна схема контролю відкриття-закриття захисного огороження з автоматичною активацією (рис.18).
 - одноканальна схема аварійної зупинки з автоматичною активацією (рис.19).
 - одноканальна схема аварійної зупинки з ручною активацією і контролем положення контактів (рис.20).

Додаток 3.

Реле безпеки ESR5-VE3-42

1. Застосування відповідно до призначення.

Використання реле безпеки в якості блоку збільшення числа контактів згідно DIN EN 60204-1 / VDE 0113 частина 1. Такий пристрій розширення може використовуватися для збільшення числа контактів базового пристрою (релейних модулів аварійної зупинки і пристроїв із двопозиційним управлінням).

2. Основні параметри (зовнішній вигляд реле безпеки /релейного модуля/ та його блок схема представлені відповідно на рис. 21 та рис. 22):

- структура одноканальна контрольована, категорія безпеки 3;
- 4 електричних кіл активації (4 замикаючих контактних груп 27/28, 37/38, 47/48, 57/58) у безпечному стані, із затримкою (регулювання часу затримки в діапазоні 0,3-3 сек.);
- 1 сигнальне електричне коло /1 розмикаюча подвійна контактна група 65/66 для передачі повідомлень /, із затримкою (регулювання часу затримки в діапазоні 0,3-3 сек.);
- 1 електричне коло зворотного зв'язку;
- одноканальний режим роботи, контрольований;
- автоматичний або ручний запуск;
- тип підключення - гвинтові стискачі;
- номінальна напруга живлення (UN) - 24 V DC;
- допустимий діапазон (щодо UN) - 0,85 ... 1,1;
- струм навантаження (щодо UN) - 84 mA
- час повернення в стан готовності - 1 s.
- максимальна напруга, що комутується - 250 V AC / DC;
- мінімальна напруга, що комутується - 15 V AC / DC;

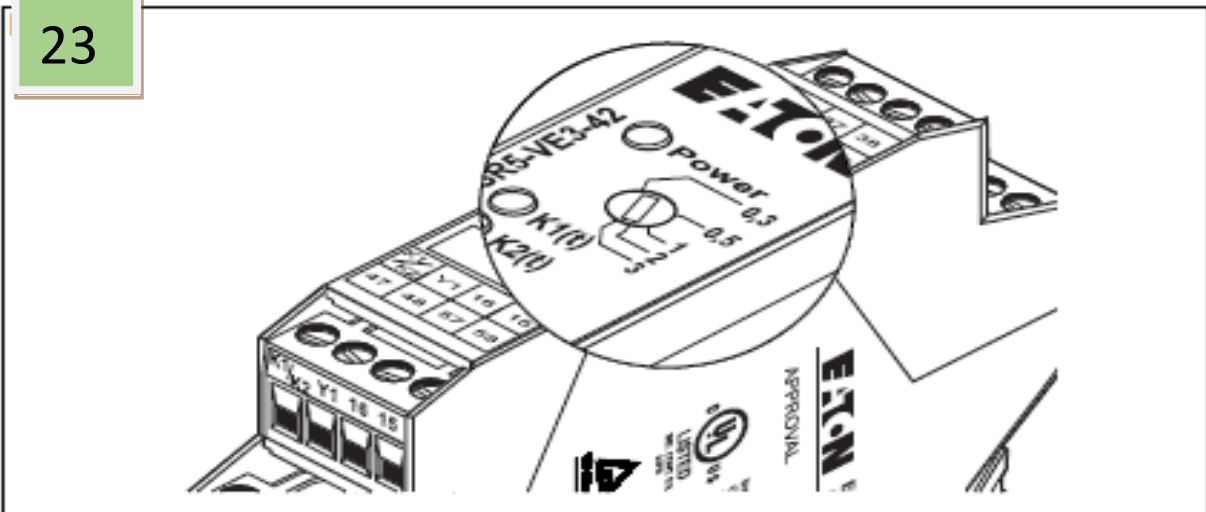
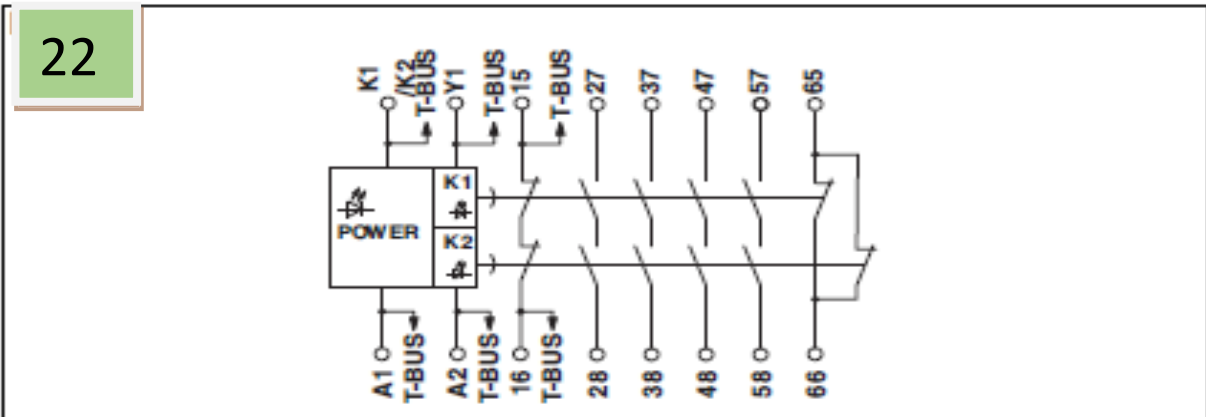
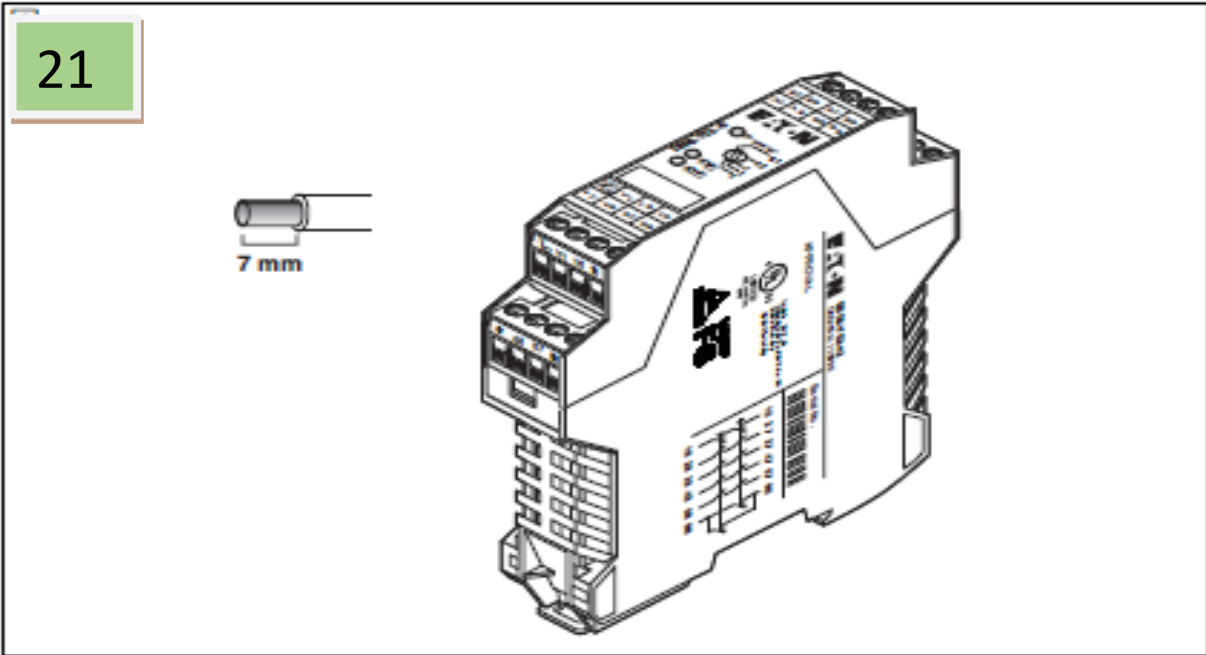


Рис 21, 22, 23

- максимальний струм тривалого навантаження на замикання – 6 А, на розмикання - 3 А;
- мінімальний струм, що комутується - 25 mA;

- захист від короткого замикання у вихідних електричних колах;
- посилена ізоляція між вхідними та вихідними електричними колами, що витримує напругу до 6 кВ;
- діапазон робочих температур – (-20 ° С ... 55 ° С);
- ступінь захисту від пилу та вологи - IP20;
- категорія/рівень:
експлуатаційної безпеки EN 13849 - 2/d;
повноти безпеки SIL / SIL CL, IEC 61508 / EN 62061 - 3 / SIL 3.

3. Вказівки щодо підключення та вводу в експлуатацію.

1. Застосовується одноканальний режим роботи з підключенням електричного кола зворотного зв'язку (контакти 15/16 пристрою розширення підключаються до контактів 33/34 базового пристрою). Категорія безпеки 3 (рис.24).

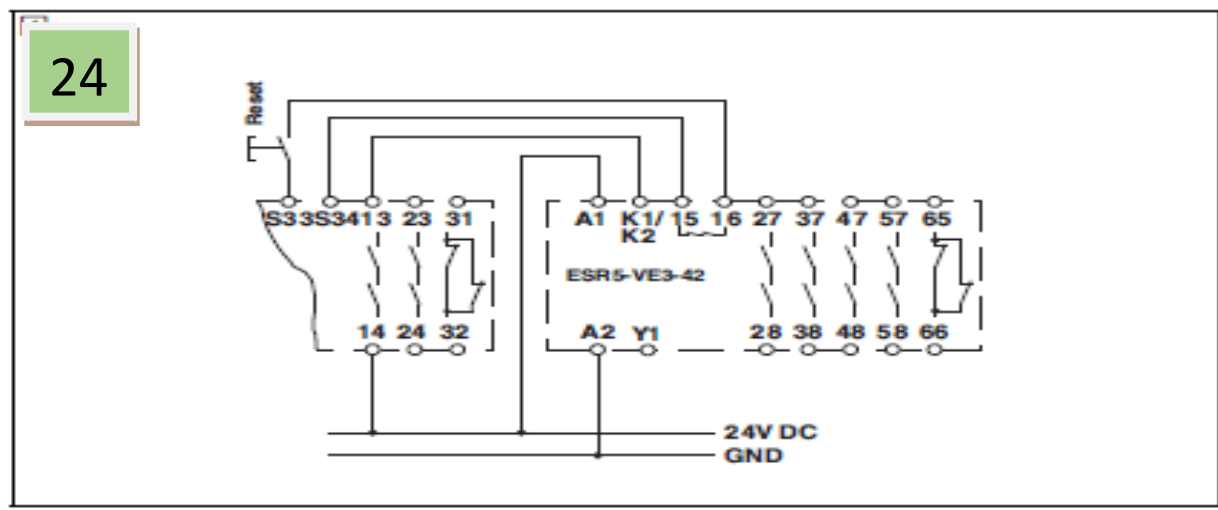


Рис. 24

2. У разі подачі номінальної напруги живлення на контакти A1 і A2 (див. рис. 24) - загоряється світлодіодний індикатор "Power" (див. рис. 6 та рис. 23).

3. При подачі напруги 24 В постійного струму на вхід (контакт «K1/K2»), активуються обидва реле безпеки (базовий пристрій та пристрій розширення). При цьому загоряються усі світлодіоди, контакти електричних кіл активації 27/28, 37/38, 47/48 і 57/58 замикаються, а контакти сигнального електричного кола 65/66 розмикаються.

При відключенні напруги на вході (контакт «K1/K2»), через встановлений проміжок часу розмикаються контакти електричних кіл активації і замикаються контакти сигнального електричного кола.

4. У разі використання індуктивних навантажень необхідно застосовувати відповідну схему захисту і підключати її паралельно навантаженню, а не паралельно контакту, що комутується.

5. При експлуатації релейних модулів необхідно стежити за дотриманням існуючих вимог щодо рівнів випромінювання електромагнітних

завад для електричного і електронного обладнання (EN 61000-6-4) і в разі потреби вжити відповідних заходів.

3. Налаштування часу затримки спрацювання електричних кіл активації та сигнального електричного кола:

- Відключити реле безпеки від електроживлення.
- Задати необхідний час затримки за допомогою поворотного перемикача. (див. рис. 6 та рис. 23).
- Відновити подачу електроживлення.

**Примітки:*

1. При ручному запуску: необхідно натиснути кнопку скидання «Reset», яка встановлюється в електричному колі зворотного зв'язку. У разі успішного налаштування всі 4 електричних кола активації будуть замкнуті і загоряться усі світлодіоди.

2. При автоматичному запуску: почекайте заданий час, поки не будуть замкнуті 4 електричних кола активації і не загоряться усі світлодіоди.

ОБЕРЕЖНО: Небезпека через невірну налаштування часу затримки!

Після установки перевірте налаштований час затримки!

3. ОБЕРЕЖНО: Якщо під час роботи поворотний перемикач буде повернений, реле безпеки перейде в режим налаштування і всі світлодіоди одночасно замиготять. У цьому разі реле безпеки буде готове до роботи лише тільки після того, як буде вимкнено електроживлення, проведені відповідні налаштування і знову відновлено електроживлення.

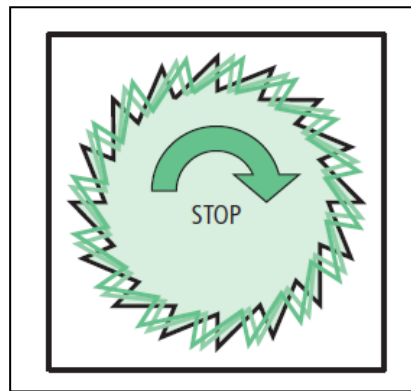
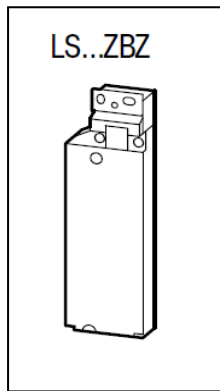
Додаток 4.

Запобіжний пристрій контролю та блокування захисного огороження LS-S02-24DMT-ZBZ (кінцевий вимикач із функцією блокування)

1. Застосування відповідно до призначення.

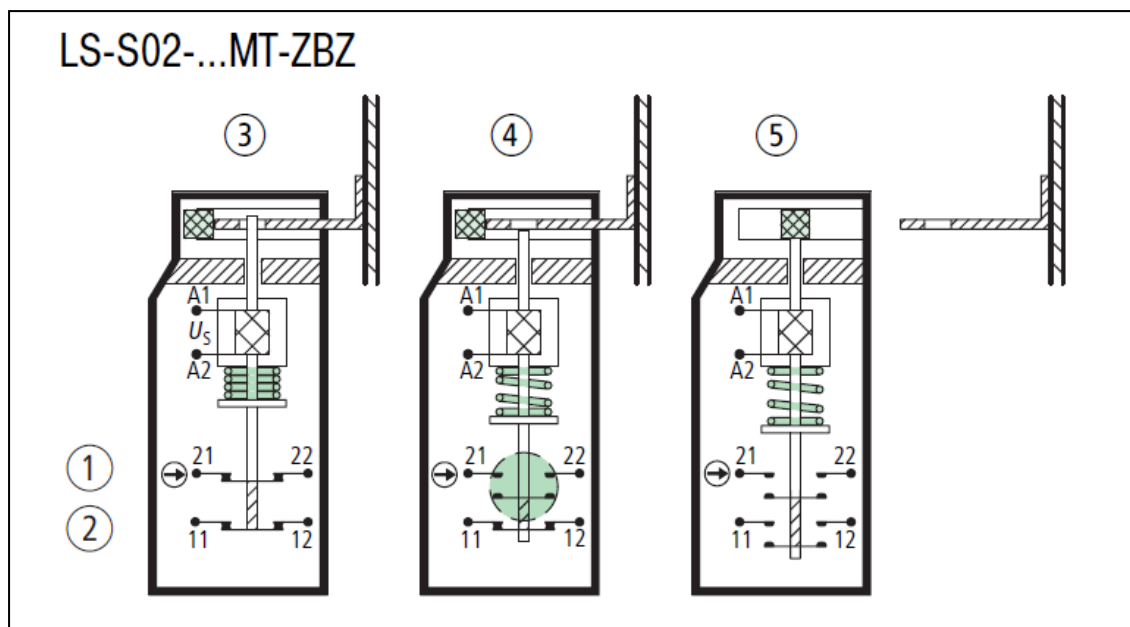
Забезпечує підвищений рівень захист персоналу при експлуатації виробничого обладнання з підвищеним рівнем небезпеки:

- контроль розташування рухомого захисного огороження;
- електромагнітне блокування захисного огороження при працюючому виробничому обладнанні.



1. Команда «Стоп»
2. Час очікування (затримки)
3. Зупинка виробничого обладнання
4. Розблокування захисного огороження
5. Можливий доступ до виробничого обладнання – небезпека відсутня

2. Конструкція та принцип дії .



- 1 – Запобіжний контакт. 2 – Сигнальний контакт.
 3 - Рухоме захисне огороження закрито і заблоковано.
 4 – Рухоме захисне огороження закрито і розблоковано.
 5 – Рухоме захисне огороження відкрито.

Алгоритм роботи

3. Рухоме захисне огороження закрито і заблоковано

- 3.1. На контакти (A1, A2) котушки електромагнітного блокуючого пристрою подається напруга живлення.
- 3.2. Запобіжний контакт (21 – 22) замкнутий.
- 3.3. Сигнальний контакт (11 – 12) замкнутий.

4. Рухоме захисне огороження закрито і розблоковано

- 4.1. Котушки електромагнітного блокуючого пристрою знеструмлена (не подається напруга живлення на контакти (A1, A2).
- 4.2. Запобіжний контакт (21 – 22) розмикається.
- 4.3. Сигнальний контакт (11 – 12) залишається замкнутим.

5. Рухоме захисне огороження відкрито

- 5.1. Відкриття рухомого захисного огороження можливе лише за умови, що запобіжний пристрій розблоковано.
 - 5.2. Обидва контакти, як сигнальний (11 – 12) так і запобіжний (21 – 22), знаходяться у розімкнутому стані.
- *Примітка: Управління пристроєм контролю та блокування рухомого захисного огороження (LS-S02-24DMT-ZBZ) здійснюється за допомогою реле безпеки, що входять до складу стенду ПБЕСУ.*

Додаток 5.

Робочі таблиці

Таблиця 2. Стан світлових індикаторів режиму роботи обладнання та світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ за П.2- Завдання 1.

ESR5-NO-41-24VAC-DC		ESR5-NO-31-24VAC-DC		ESR5-VE3-42	
Індикатор	Стан	Індикатор	Стан	Індикатор	Стан
«Power»		«Power»		«Power»	
«K1»		«IN ½»		«K1(t)»	
«K2»		«K1»		«K2(t)»	
		«K2»			
Індикатори режиму роботи обладнання					
Індикатор			Стан		
Червоний					
Зелений					

**Примітка: Стан кожного індикатора визначати як «+», якщо він світиться, або «-», якщо він не світиться.*

Таблиця 3. Стан світлових індикаторів режиму роботи обладнання та світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ за П.7- Завдання 1.

ESR5-NO-41-24VAC-DC		ESR5-NO-31-24VAC-DC		ESR5-VE3-42	
Індикатор	Стан	Індикатор	Стан	Індикатор	Стан
«Power»		«Power»		«Power»	
«K1»		«IN ½»		«K1(t)»	
«K2»		«K1»		«K2(t)»	
		«K2»			
Індикатори режиму роботи обладнання					
Індикатор			Стан		
Червоний					
Зелений					

**Примітка: Стан кожного індикатору визначати як «+», якщо він світиться, або «-», якщо він не світиться.*

Таблиця 4. Стан світлових індикаторів режиму роботи обладнання та світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ за П.8- Завдання 1.

ESR5-NO-41-24VAC-DC		ESR5-NO-31-24VAC-DC		ESR5-VE3-42	
Індикатор	Стан	Індикатор	Стан	Індикатор	Стан
«Power»		«Power»		«Power»	
«K1»		«IN ½»		«K1(t)»	
«K2»		«K1»		«K2(t)»	
		«K2»			
Індикатори режиму роботи обладнання					
Індикатор			Стан		
Червоний					
Зелений					

**Примітка: Стан кожного індикатору визначати як «+», якщо він світиться, або «-», якщо він не світиться.*

Таблиця 5. Стан світлових індикаторів режиму роботи обладнання та світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ за П.10- Завдання 1.

ESR5-NO-41-24VAC-DC		ESR5-NO-31-24VAC-DC		ESR5-VE3-42	
Індикатор	Стан	Індикатор	Стан	Індикатор	Стан
«Power»		«Power»		«Power»	
«K1»		«IN ½»		«K1(t)»	
«K2»		«K1»		«K2(t)»	
		«K2»			
Індикатори режиму роботи обладнання					
Індикатор			Стан		
Червоний					
Зелений					

*Примітка: Стан кожного індикатора визначати як «+», якщо він світиться, або «-», якщо він не світиться.

Таблиця 6. Час розблокування $t_{розбл}$ захисного огороження (визначається часом затримки спрацювання реле безпеки ESR5-VE3-42) П.1- Завдання 2.

№ варіанту	1	2	3	4	5
t_3	0.3 сек.	0.5 сек	1 сек.	2 сек.	3 сек.
$t_{розбл}$					

Таблиця 7. Стан світлових індикаторів режиму роботи обладнання та світлодіодних індикаторів релейних модулів ПБЕСУ за П.5- Завдання 3.

ESR5-NO-41-24VAC-DC		ESR5-NO-31-24VAC-DC		ESR5-VE3-42	
Індикатор	Стан	Індикатор	Стан	Індикатор	Стан
«Power»		«Power»		«Power»	
«K1»		«IN ½»		«K1(t)»	
«K2»		«K1»		«K2(t)»	
		«K2»			
Індикатори режиму роботи обладнання					
Індикатор			Стан		
Червоний					
Зелений					

*Примітка: Стан кожного індикатора визначати як «+», якщо він світиться, або «-», якщо він не світиться.