

**ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ**

**Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до практичних занять  
з дисципліни**

***«ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ»***

**Харків – 2016**

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем 22 лютого 2016 р., протокол №7.

Описано методику проектування друкованої плати засобами PCAD-подібних вільно поширюваних систем автоматизованого проектування KiCAD, EAGLE Layout Editor.

Методичні вказівки призначені для студентів напрямів «Комп'ютерна інженерія» та «Автоматика та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціальностей «Автоматика та автоматизація на транспорті» та «Спеціалізовані комп'ютерні системи», які вивчають дисципліну ОПСА, денної і заочної форм навчання та інституту перепідготовки кадрів.

Укладач

проф. М.А. Мірошник

Рецензент

проф. С.В. Лістровий

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять

з дисципліни

*«ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ»*

Відповідальний за випуск Мірошник М.А.

Редактор Решетилова В.В.

---

Підписано до друку 28.03.16 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 4,75. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

## Зміст

Вступ.....	4
1 Проектування схем автоматизації.....	7
1.1 Складання фрагментів схем автоматизації із зображенням комплектів вимірювальних приладів та схем керування.....	7
1.2 Складання фрагментів схем автоматизації при використанні мікропроцесорних контролерів та ПЕОМ.....	12
1.3 Вибір технічних засобів мікропроцесорних систем автоматизації.....	19
2 Проектування принципів мікропроцесорних схем.....	23
2.1 Принципові мікропроцесорні схеми з ломіконтами.....	23
2.2 Принципові мікропроцесорні схеми з реміконтами малої каналності.....	31
2.3 Принципові мікропроцесорні схеми з контролерами TSX.....	35
3 Проектування принципів релейних схем.....	56
3.1 Принципові схеми керування електроприводами виробничих механізмів.....	56
3.2 Принципові схеми керування електроприводами запірних пристроїв.....	64
3.3 Принципові схеми керування виконавчими механізмами регулювальних органів.....	70
3.4 Принципові схеми технологічної і виробничої сигналізації.....	77
Список літератури.....	86

## Вступ

Для зміцнення знань, отриманих студентами на лекціях, і одержання навичок, необхідних для самостійного розв'язання задач проектування систем автоматизації, навчальним планом зі спеціальної дисципліни «Основи проектування систем автоматизації», що викладається при підготовці бакалаврів 050102 Комп'ютерні науки та 050202 Автоматика та комп'ютерно-інтегровані технології, передбачається проведення практичних занять.

Дані методичні вказівки допоможуть студентам підготуватися до практичних занять і самостійної роботи. Розділи методичних вказівок відповідають розділам зазначеної дисципліни та практичних занять.

Практичне заняття складається з короткого повторення теорії, постановки задачі і її розв'язання. Для самостійної підготовки до практичного заняття необхідно вивчити матеріал за конспектом лекцій і літературними джерелами, зрозуміти методику розв'язання даних задач і скласти короткий конспект матеріалів занять. Час для самостійної підготовки до практичного заняття, як правило, відповідає тривалості заняття. Для кожного заняття наведені: тема, мета заняття, коротке викладення відповідного теоретичного підґрунтя, контрольні запитання для самоперевірки, контрольний приклад і його розв'язання, приклади для розв'язання безпосередньо під час заняття.

Практичне застосування елементів САПР при проектуванні систем автоматизації розглядається в лабораторному практикумі цієї дисципліни.

На сучасному етапі розвитку суспільства одним із пріоритетних завдань є подальший розвиток методів автоматизованого проектування на базі нових інформаційних технологій. У центрі уваги вищої школи постійно перебувають питання підготовки фахівців у галузі систем автоматизованого проектування. Особливою проблемою є аналіз ефективності застосування тих чи інших інформаційних технологій у навчальному процесі.

Використання промислових САПР в навчальному процесі дозволяє працювати з технічними засобами САПР, використовувати САПР в практичній роботі, навчати прийомів експлуатації системи і методів автоматизованого проектування, у яких той, хто навчається, бере активну участь.

Промислові САПР дозволяють проводити процес навчання так, щоб воно було ефективним як у плані засвоєння, так і в плані розвитку і закріплення у студентів творчих навичок у вирішенні завдань проектування електронно-обчислювальних засобів. Методика проведення лабораторного практикуму, викладена в методичних вказівках, охоплює весь цикл проектування ДП.

Впровадження в інженерну практику методів автоматизації проектувальних робіт дозволяє перейти від традиційного макетування розроблюваних електронних пристроїв до їхнього моделювання за допомогою персонального комп'ютера і реалізувати цикл наскрізного проектування, що передбачає:

- синтез структури і принципової схеми пристрою;
- аналіз характеристик пристрою в різних режимах роботи з урахуванням розкиду параметрів компонентів і наявності дестабілізуючих факторів;
- синтез топології, включаючи розміщення елементів на комутаційному полі і трасування міжз'єднань;
- верифікацію топології;
- проектування конструкцій виробів;
- випуск конструкторської документації.

Задачі структурного синтезу розв'язуються за допомогою вузькоспеціалізованих програм, орієнтованих на пристрої певного типу.

Процес синтезу принципів схем у наш час ще не достатньо автоматизований, тому що він являє собою складну, високоінтелектуальну діяльність, у якій цілком замінити людину поки що неможливо. Як правило, початковий варіант схеми створюється інженером "вручну" з наступним моделюванням і оптимізацією за допомогою ЕОМ. Засоби САПР дозволяють створити графічне зображення схеми, що використовується при подальшому проектуванні друкованого модуля.

Задачі автоматизації конструкторсько-технологічного проектування електронних апаратів успішно розв'язуються за

допомогою спеціалізованих систем вітчизняного та іноземного виробництва. Загальна структура САПР конструкторсько-технологічного призначення передбачає наявність інтегрованих бібліотек компонентів, засобів формування графічних зображень електричних схем і друкованих модулів, підсистем автоматизації проектних операцій, інженерних розрахунків і технологічної підготовки виробництв. Моделювання - це дослідження проєктованого об'єкта в середовищі, де передбачається його функціонування.

На сьогоднішній день основною проблемою при проєктуванні друкованих плат є їх підвищена складність і різке скорочення термінів проєктування при постійно зростаючих вимогах до їх якості. Поява мікросхем у корпусах з малим кроком, з кульковими виводами (BGA), зростання вимог до швидкодії схем та електромагнітної сумісності, вдосконалення технології виробництва та виготовлення друкованих плат на імпортному обладнанні призводить до використання САПР P-CAD, що має цілий ряд принципово нових можливостей.

За оцінкою фахівців, у наш час у промисловості України найбільш популярною серед систем автоматизованого проєктування є система P-CAD, що функціонує на персональних комп'ютерах класу IBM PC. Однак відчувається певний дефіцит інформації з методики роботи проєктувальника з цією системою.

Сучасні системи керування являють собою складний комплекс електромеханічних і електронних пристроїв. Створення систем керування, до складу яких входять обчислювальні машини, привело до збільшення кількості радіоелектронної апаратури (РЕА). Структура системи керування залежить від властивостей об'єкта керування і від його призначення.

У процесі експлуатації електронна апаратура піддається впливу різних факторів, що негативно впливають на її надійність. До них відносяться: нагрівання й охолодження; зміна тиску, вологості, хімічного і біологічного складу навколишнього середовища; попадання пилу і піску, що знаходяться в земній атмосфері; сонячна і штучна радіація; вібрація й удари. Для підвищення надійності ЕА необхідно при її конструюванні враховувати вплив цих факторів.

# 1 Проектування схем автоматизації

## 1.1 Складання фрагментів схем автоматизації із зображенням комплектів вимірювальних приладів та схем керування

*Мета заняття* – засвоєння методики складання фрагментів схем автоматизації із зображенням комплектів приладів, що вимірюють різні технологічні величини, сигналізують про їх граничні значення, а також фрагментів схем автоматизації із зображенням схем автоматизованого керування електроприводами виробничих механізмів.

Засоби вимірювання й автоматизації зображаються на схемі автоматизації відповідно до ГОСТ 21.404-85. Особливість зображень елементів вимірювальних комплектів за ГОСТ 21.404-85 полягає у тому, що відбірні пристрої не мають спеціального позначення, а являють собою тонку суцільну лінію, яка з'єднує технологічний трубопровід або апарат із зображенням первинного вимірювального перетворювача або приладу. При цьому для зображування перетворювачів або інших засобів вимірювань, вбудованих у технологічне устаткування і трубопроводи, або місцевого монтажу застосовується коло або еліпс, а при встановленні засобів вимірювання на щитах чи пультах – коло або еліпс, поділені навпіл горизонтальною лінією.

Перша літера у позначенні датчика, вбудованого у технологічне устаткування, і перетворювача місцевого монтажу завжди є найменуванням вимірюваної величини. Друга літера для первинного перетворювача – Е, для проміжного – Т. У тих випадках, коли первинний і проміжний перетворювачі становлять одне конструктивне ціле, їх можна зображати окремо розміщеними колами, але з однаковою позицією.

При зображенні схем автоматизованого керування електроприводами виробничих механізмів необхідно враховувати, що світлові і звукові сигналізатори зображаються так само, як і на принципових схемах, відповідно до стандартів ЄСКД, а для позначення їх і командоапаратів на схемі автоматизації також використовують позначення, вживані на принципових схемах.

**Література** [7, с. 334 – 344; 8, с. 339 – 346; 2, с. 28 – 43; 1, с. 39 – 51].

### **Контрольні питання**

1 Як зображається на схемі автоматизації (СА) первинний перетворювач, вбудований у технологічне устаткування і трубопроводи?

2 Як зображається на СА проміжний перетворювач місцевого монтажу?

3 Як зображається на СА вторинний прилад, встановлений на щиті?

4 У чому особливість зображення на СА перетворювачів сигналів і обчислювальних пристроїв, у позначенні яких використовується літера Y?

5 У чому особливість зображення на СА і позначення засобів вимірювань, у яких первинний і проміжний перетворювачі становлять одне конструктивне ціле?

6 За яких умов допускається на СА з допомогою одного зображення показувати кілька засобів вимірювань і які особливості їх позначення?

7 Як зображаються на СА схеми сигналізації і в чому особливість зображення засобів вимірювань, що мають технологічні контакти – приймальні елементи цих схем?

8 Які написи роблять на лініях функціонального зв'язку вимірювальних комплектів біля прямокутника "Прилади місцеві"?

9 Як проставляють на СА позиції засобів вимірювань одного вимірювального комплексу приладів?

10 Як проставити позиції вимірювальних комплектів, зображених на одній СА?

11 Яка апаратура схем керування і сигналізації показується на СА? У чому особливість її зображення і позначення на СА?

12 Як зображається на СА магнітний пускач?

13 Як зображаються і позначаються на СА перемикачі і кнопки?

14 У чому особливість зображення на СА і позначення світлових і звукових сигналізаторів?



## Контрольна задача

**Задача 1.1.0.** Складіть фрагмент СА із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів для вимірювання температури після підігрівника продукту (максимальне значення  $110^{\circ}\text{C}$ ), що складається з термоперетворювача опору, який має у своєму складі проміжний перетворювач зі струмовим вихідним сигналом  $0 - 5 \text{ мА}$  та вторинний міліамперметр із записом та показанням температури, що встановлений на щиті управління. Технологічна схема підігрівника і розв'язання задачі зображені на рисунку 1.1. На схемі через «К» позначений конденсатопровід, через «П» – паропровід, через «С» – сокопровід.

### Розв'язання

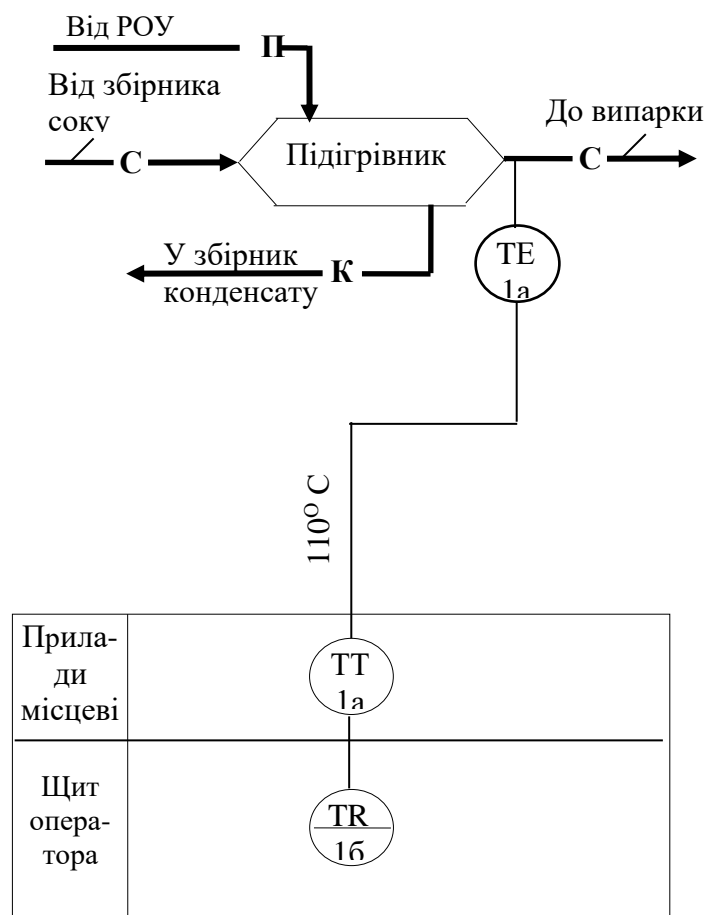


Рисунок 1.1

## Задачі для розв'язання

**Задача 1.1.1.** Складіть фрагмент СА із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів з трьох скляних тягонапоромірів для вимірювання тиску газу перед пальниками печі при максимальному його значенні 1кПа. Технологічна схема показана на рисунку 1.2. Через «Г» позначений газопровід.

**Задача 1.1.2.** Складіть фрагмент СА із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів для вимірювання температури у трьох точках технологічної схеми: на вході (максимальна температура 50°C), у другій секції (110°C) і на виході (80°C) апарата. Комплект приладів складається з трьох мідних термоперетворювачів опору, логометра і багатоточкового перемикача. Технологічна схема показана на рисунку 3. Через «Р» позначений трубопровід з розчином.

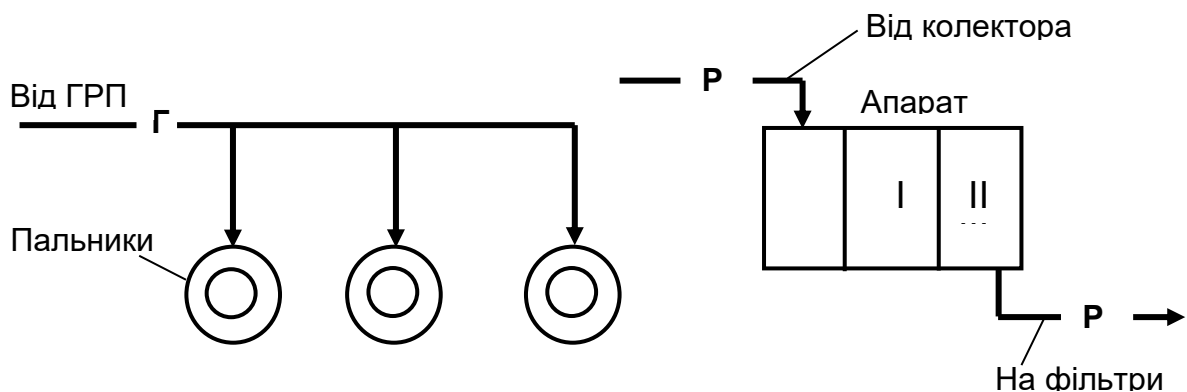


Рисунок 1.2

Рисунок 1.3

**Задача 1.1.3.** Складіть фрагмент СА із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів для вимірювання витрати пари (максимальне значення 25 т/год), що складається з камерної діафрагми, зрівняльних конденсаційних посудин, безшкального дифманометра-витратоміра з дифтрансформаторним датчиком, вторинного самописного приладу з інтегратором. Технологічна схема показана на рисунку 1.4. Через «П» позначений паропровід.

**Задача 1.1.4.** Складіть фрагмент СА із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів для сигналізації верхнього рівня у збірнику розчину (максимальне значення 2 м), що складається з сигналізатора рівня (з первинним електродним і вторинним релейним перетворювачами) і сигнального табло, встановленого на щиті (позначення у схемі сигналізації HL2). Технологічна схема показана на рисунку 5. Через «Р» позначений трубопровід з розчином.

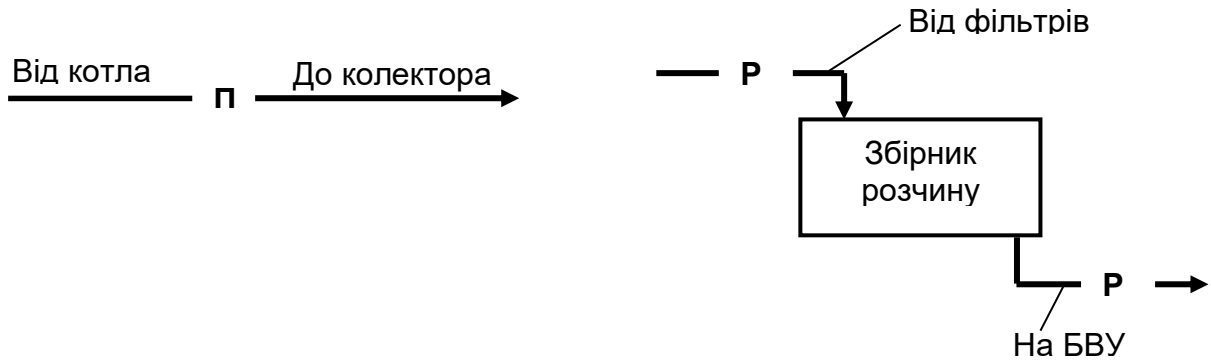


Рисунок 1.4

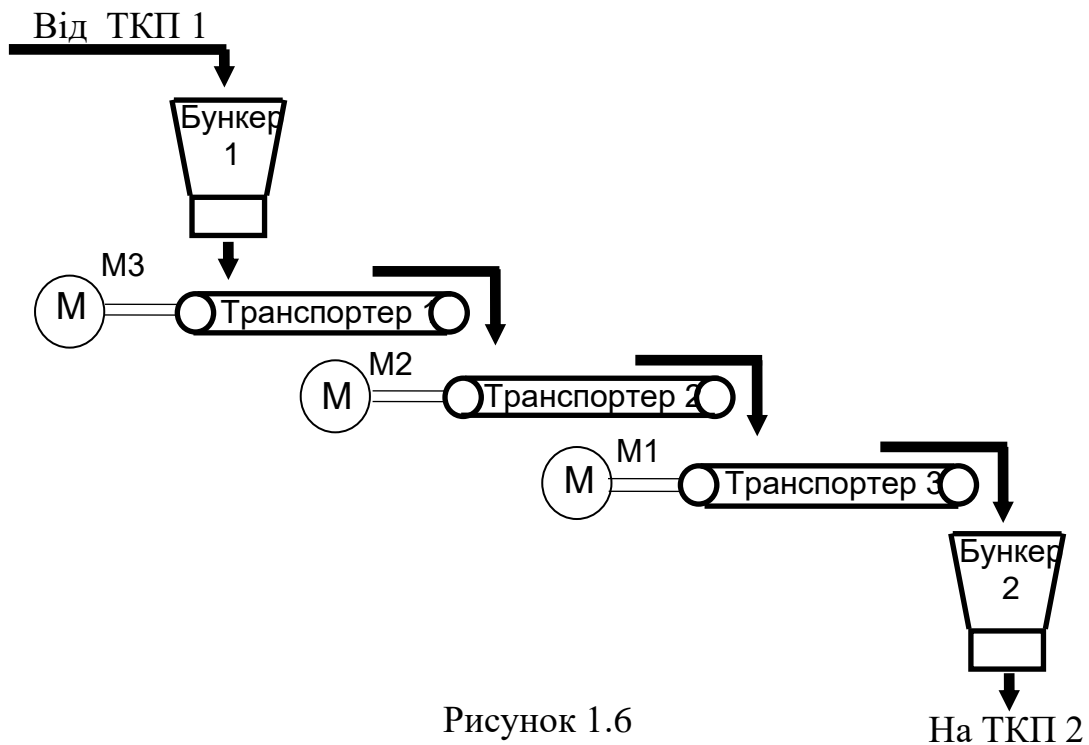
Рисунок 1.5

**Задача 1.1.5.** Складіть фрагмент СА із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів для вимірювання і сигналізації рівня у збірнику розчину (максимальне значення 2 м), що складається з п'єзометричної трубки з блоком живлення повітрям, дифманометра сифонного пневматичного, електроконтактного манометра і сигнального табло (позначення у схемі сигналізації HL3). Технологічна схема показана на рисунку 1.5.

**Задача 1.1.6.** Складіть фрагмент СА із зображенням за ГОСТ 21.404-85 схеми сигналізації, яка включає три сигнальних табло (позначення у схемі сигналізації HL1, HL2, HL3), кнопки знімання (SB1) та перевірки (SB2) сигналів й дзвінок голосного бою (НА).

**Задача 1.1.7.** Складіть фрагмент СА із зображенням за ГОСТ 21.404-85 схем керування і сигналізації потоково-транспортної системи, яка складається з трьох транспортерів зерна від одного технологічного комплексу переробки (ТКП 1) до

іншого (ТКП 2). Схема керування містить магнітні пускачі (позначення на електросхемі КМ1, КМ2, КМ3), кнопки місцевого керування (SB1, SB2, SB3), перемикач вибору режиму (SA), кнопки пуску і зупинка ділянки (SB4, SB5). Схема сигналізації складається з сигнальних ламп (HL1, HL2, HL3), кнопок зняття сигналу, вимкнення, ввімкнення ламп (SB6, SB7, SB8), двох дзвінків гучного бою для передпускової сигналізації (НА1, НА2) і сирени (НА3). Технологічна схема показана на рисунку 1.6.



## 1.2 Складання фрагментів схем автоматизації при використанні мікропроцесорних контролерів та ПЕОМ

*Мета заняття* – засвоєння методики складання фрагментів схем автоматизації із зображенням комплектів приладів, що вимірюють та регулюють різні технологічні величини, сигналізують про їх граничні значення у разі використання мікропроцесорних контролерів (МПК) та ПЕОМ.

При використанні МПК на щитових пунктах керування прямокутники найчастіше розміщують у такій послідовності: «Прилади місцеві», «Щит перетворювачів», «Щит установки»,

«МПК». На безщитових пунктах керування замість прямокутника «Щит установки» після прямокутника «МПК» розміщують прямокутник «ПЕОМ».

У прямокутнику ПЕОМ (МПК) проводять горизонтальні лінії, кожна з яких відповідає певній функції ПЕОМ (МПК). Ці лінії розміщують у такій послідовності (зверху вниз): Y – обробка інформації, I – індикація, C – автоматичне регулювання, A – сигналізація, S – керування (наприклад, схеми керування електродвигунами), B – передачі інформації у систему іншого рівня керування (зв'язок за інтерфейсними каналами). Кожна лінія функціонального зв'язку (ЛФЗ), що входить (виходить) у (з) прямокутник(а) ПЕОМ (МПК), повинна мати точки на перетині з відповідними горизонтальними лініями, якщо відповідна функція ПЕОМ (МПК) виконується у системі автоматизації, що проектується. При цьому всі без винятку лінії, що входять (виходять) у (з) прямокутник(а) МПК, повинні мати точки на перетині з лінією «Y». А всі лінії, що входять (виходять) у (з) прямокутник(а) ПЕОМ, повинні мати точки на перетині з лінією «B».

Якщо якусь з перерахованих функцій МПК (ПЕОМ) не виконує, то відповідна горизонтальна лінія не проводиться. Вхідні і вихідні лінії функціонального зв'язку одного контуру регулювання рекомендується розташовувати одну біля іншої, причому позиційний номер на датчиках, перетворювачах і командоапаратах повинен бути однаковим. Біля вхідних ліній розташовують також сигнальні лампи, якщо вхідний сигнал використовують для їх спрацьовування.

У разі, коли в системі автоматизації використовують і МПК, і ПЕОМ, зображують два послідовно розташованих прямокутнику (зверху вниз) МПК – ПЕОМ, причому у МПК будуть використовуватися тільки функції UCSB, у ПЕОМ – BIRCAS. Всі сигнали, що передають за інтерфейсними каналами, повинні мати точку на перетині з лінією B. Приклад зображення ЛФЗ у прямокутниках МПК і ПЕОМ для різних випадків регулювання наведений на рисунку 1.7.

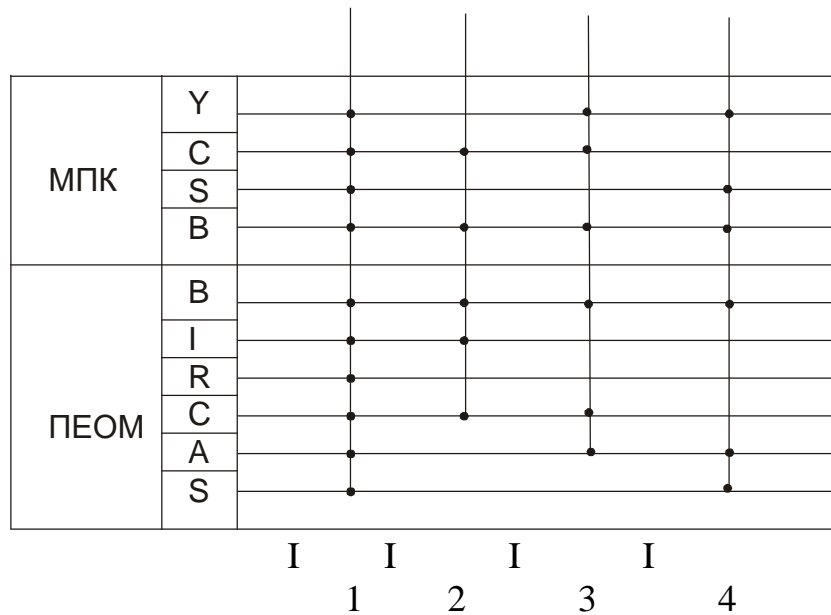


Рисунок 1.7

Тут 1 – вхідна мережа; 2 – вихідна мережа при неперервному регулюванні; 3 – вихідна мережа при позиційному регулюванні; 4 – вихідна мережа при керуванні двигуном.

**Література** [4, с. 21 – 24; 6, с. 16 – 18, 7, с. 334 – 344; 8 с. 339 – 346; 2 с. 28 – 43; 1, с. 39 – 51].

### Контрольні питання

1 Як зображують на схемі автоматизації (СА) блок ручного (дистанційного) керування, коли він є окремим конструктивним пристроєм?

2 Як зображують на СА виконавчий механізм? Які додаткові знаки застосовують для характеристики положення регульовальних органів у разі припинення подачі енергії або керуючого сигналу?

3 Як зображують на СА мікропроцесорні контролери та ПЕОМ?

4 Як позначають функції, що виконують МПК та ПЕОМ?

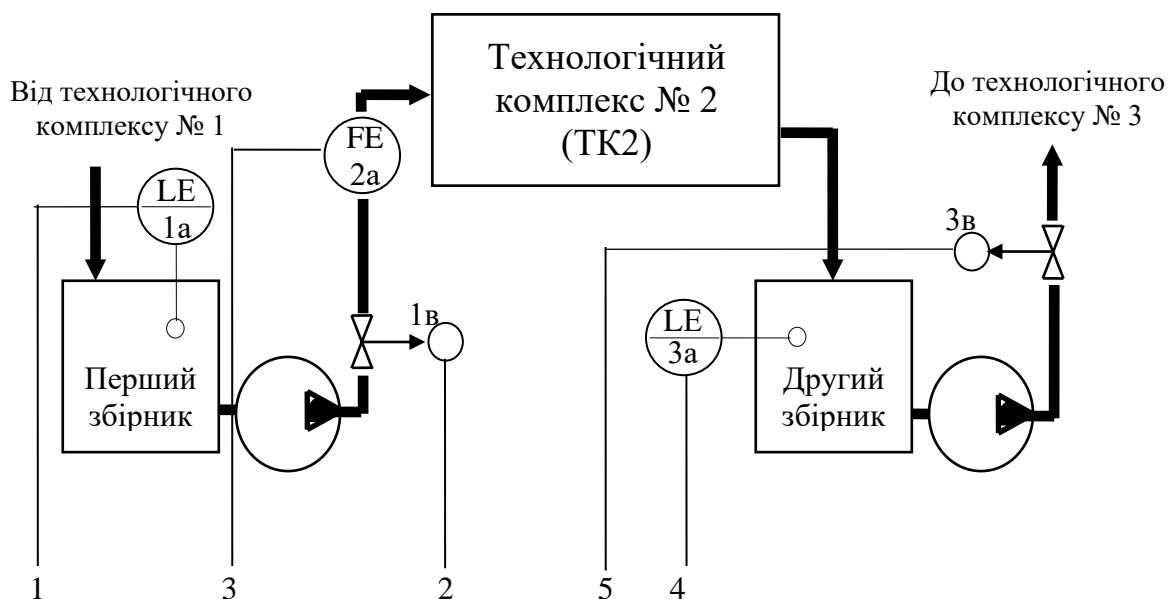
5 В чому особливість позиціонування елементів регульовальних та контролюючих контурів на СА?

6 В чому особливість зображення на СА контролерів та ПЕОМ при використанні безщитових пунктів управління?

## Контрольна задача

**Задача 1.2.0.** Складіть фрагмент схеми автоматизації із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплексу приладів для автоматизації потоку рідинних продуктів з допомогою усередненого регулювання рівня в каскаді буферних збірників на ділянці 2-го технологічного комплексу (ТК 2), технологічна схема якої наведена на рисунку 1.8. При цьому технічні засоби для керування ТК 2 і регулювання рівня у 1-му збірнику (БЗ) встановлені на локальній технологічній станції (ЛТС) ТК 2, а технічні засоби для керування ТК 3 (на рисунку не показана) і регулювання рівня у 2-му БЗ – на ЛТС ТК 3. Для регулювання рівня використовують поплавкові рівнеміри з вбудованим вторинним перетворювачем, що формує стандартний вихідний сигнал, електропневмоперетворювачі та мембранні пневматичні ВМ з регулювальними органами. Для контролю витрати рідинного продукту на ділянці між 1-м БЗ і ТК 2 застосовано звужувальний пристрій з дифманометром, що на виході формує стандартний сигнал, який передається на операторську (ОПС) та диспетчерську координуючу (ДКС) станції. На дисплейній мнемосхемі відповідної ЛТС проводиться індикація рівня у збірнику та положення ВМ, а також сигналізація досягнення рівнем критичних значень його у БЗ. Реєстрація і сигналізація критичних значень витрати виконується на дисплейній схемі ЛТС ТК 2, а індикація – на дисплейних схемах ЛТС ТК 2, ОПС і ДКС.

## Розв'язання



## Задачі для розв'язання

		1	2	3	4
		2 м		10 м <sup>3</sup> /год	2 м
Прилади місцеві		LT 1a		FT 26	LT 3a
Щит перетворювачів			LY <sup>Е/Р</sup> 16		ЛІ <sup>Е/Р</sup> 36
Л Т С Т К М 2	М	•	•	•	•
	У	•	•	•	•
	С	•	•	•	•
	В	•	•	•	•
	В	•	•	•	•
	І	•	•	•	•
	Р	•	•	•	•
	С	•	•	•	•
	А	•	•	•	•
	В	•	•	•	•
ОПС	В			•	
	І			•	
	В			•	
ДКС	В			•	
	І			•	

Рисунок 1.8



**Задача 1.2.1.** Складіть фрагмент схеми автоматизації із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів для регулювання тиску вторинної пари 1-го корпусу багатокорпусної випарної установки за допомогою Л-110. До комплекту, крім контролера, входять перетворювач тиску зі стандартним аналоговим вихідним сигналом (САВС), електричний блок дистанційного керування з САВС, міліамперметр для контролю положення виконавчого механізму (ВМ), виносний задавальник, аналоговий електропневмоперетворювач. На трубопроводі подачі гріючої пари встановлено пневматичний мембранний ВМ з позиціонером та регулювальним клапаном «повітря закриває». Індикація тиску вторинної пари (ТВП) здійснюється за допомогою пульта оператора МПК. До схеми сигналізації, яка реалізована програмно, включені дві сигнальні лампи НЛ1 та НЛ2 для сигналізації досягнення ТВП верхнього та нижнього обмежень. Сигнал за ТВП передається у систему верхнього рівня управління. Технологічна схема наведена на рисунку 9.

**Задача 1.2.2.** Складіть фрагмент схеми автоматизації із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів для регулювання тиску вторинної пари (ТВП) 1-го корпусу багатокорпусної випарної установки за допомогою Р-130. До комплекту, крім контролера з підсилювачем потужності, входять перетворювач тиску зі стандартним аналоговим вихідним сигналом (САВС), магнітний пускач та електродвигунний однооборотний ВМ, встановлений на регулювальному клапані трубопроводу подачі пари. Індикація ТВП та дистанційне керування ВМ здійснюються за допомогою лицьової панелі МПК та алгоритмів ОКО, ЗДН і РУЧ. До схеми сигналізації, яка реалізована на логічних алгоритмах контролера, включені дві сигнальні лампи НЛ1 та НЛ2 для сигналізації виходу ТВП за встановлені обмеження. Сигнал ТВП передається у систему верхнього рівня управління. Технологічна схема наведена на рисунку 9.

**Задача 1.2.3.** Складіть фрагмент схеми автоматизації із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів для регулювання тиску вторинної пари (ТВП) 1-го корпусу багатокорпусної випарної установки за допомогою Р-130 і

ПЕОМ. До комплекту, крім Р-130 і ПЕОМ, входять перетворювач тиску зі стандартним аналоговим вихідним сигналом, пневматична панель дистанційного управління, аналоговий електропневмоперетворювач. На трубопроводі подачі гріючої пари встановлено пневматичний мембранний ВМ з позиціонером та регулювальним клапаном «повітря закриває». Індикація ТВП, перехід на дистанційне управління та зворотно, сигналізація досягнення ТВП верхнього та нижнього обмежень здійснюється з допомогою дисплейної мнемосхеми. Технологічна схема наведена на рисунку 9.

**Задача 1.2.4.** Складіть фрагмент схеми автоматизації із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів для регулювання тиску вторинної пари (ТВП) 1-го корпусу багатокорпусної випарної установки за допомогою Л-110 і ПЕОМ. До комплекту, крім Л-110 і ПЕОМ, входять перетворювач тиску зі стандартним аналоговим вихідним сигналом, аналоговий електропневмоперетворювач. На трубопроводі подачі гріючої пари встановлено пневматичний мембранний ВМ з позиціонером та регулювальним клапаном «повітря закриває». Індикація ТВП, перехід на дистанційне керування та зворотно, сигналізація досягнення ТВП верхнього та нижнього обмежень здійснюється з допомогою дисплейної мнемосхеми. Технологічна схема наведена на рисунку 1.9.

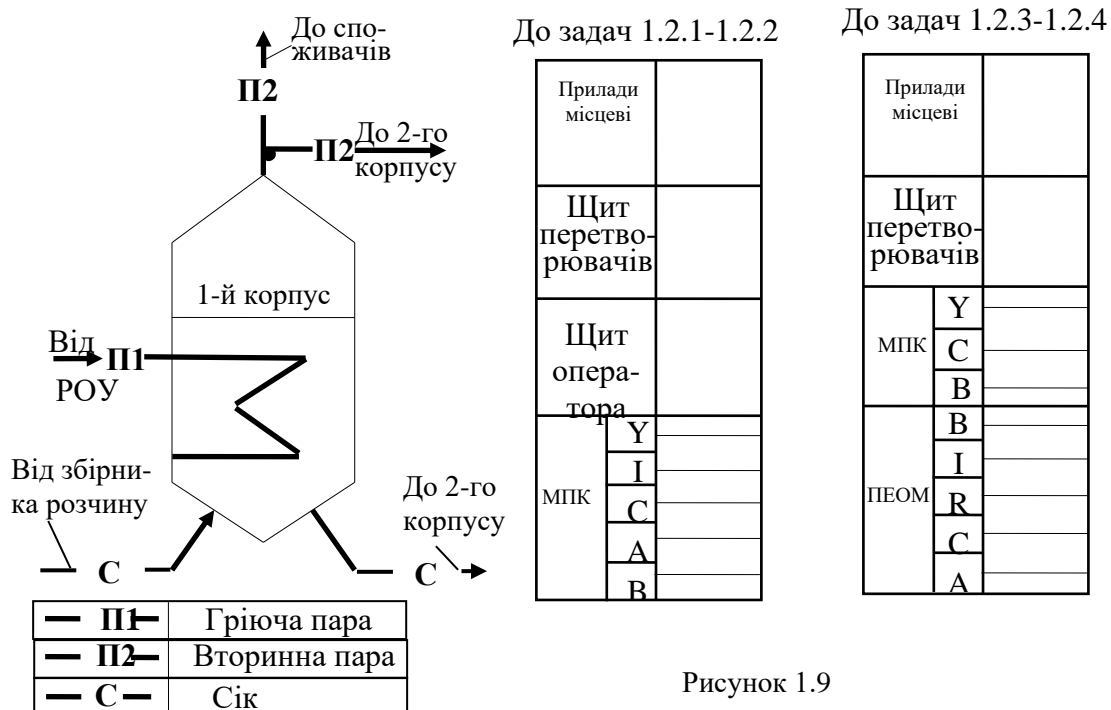


Рисунок 1.9

### **1.3 Вибір технічних засобів мікропроцесорних систем автоматизації**

*Мета заняття* – засвоєння методики вибору основного апаратного засобу мікропроцесорних систем автоматизації (МСА) – мікропроцесорного контролера (МПК) і розрахунок його апаратного складу. Вибір інших технічних засобів МСА, з допомогою яких отримують інформацію про стан об'єкту, подають інформацію оператору і реалізують керувальну дію, розглядається в інших дисциплінах.

Вибір типу МПК починають з перевірки наявності у бібліотеці контролера алгоритмів, які дозволять реалізувати функції системи автоматизації, наведені на схемі автоматизації. Якщо перевірка алгоритмічної відповідності дає позитивний результат, то переходять до вибору каналності контролера та їх кількості. Якщо результат негативний, то аналізують можливість застосування контролерів, які мають більш розвинуту бібліотеку алгоритмів, або розглядають можливість програмної реалізації потрібних алгоритмів.

Канальність контролера вибирають шляхом розв'язання задачі розробки структури ієрархічно-розподіленого обчислювального комплексу. При цьому використовують одну з двох постановок цієї задачі:

- забезпечити мінімально можливі витрати при надійності та живучості не нижче заданих;
- забезпечити максимально можливу надійність та живучість при витратах не вище заданих.

Оскільки вплинути на надійність технічних засобів проєктант не може, то йому приходится змінювати структуру системи керування. Живучість системи пов'язана з такими структурними характеристиками, як ступінь централізації (частка кількості каналів в одному МПК від загальної кількості каналів у системі) та каналність системи (загальна кількість каналів). Із зростанням ступеня централізації зменшується живучість системи та її вартість. Для підвищення надійності використовують дублюючі пристрої.

Якщо задача керування потребує великої каналності при помірних вимогах до надійності і живучості, то застосовують МПК великої каналності без дублюючих пристроїв (наприклад, Л-110 або TSX Premium). При підвищених вимогах до надійності використовують дубльовані моделі контролерів великої каналності (наприклад, Л-112) або застосовують додаткові МПК також великої каналності. Якщо вимоги до живучості підвищені, а до надійності помірні, то зменшують ступінь централізації системи, використовуючи замість одного контролера великої каналності кілька МПК середньої каналності (наприклад, Л-120 або TSX Micro). При підвищених вимогах і до живучості, і до надійності застосовують дубльовані моделі контролерів середньої каналності (наприклад, Л-122) або використовують додаткові МПК також середньої каналності. Аналогічно розв'язують задачу для випадку системи середньої каналності, застосовуючи при підвищених вимогах до живучості контролери малої каналності, а при підвищених вимогах до надійності - дублюючі пристрої.

Розрахунок апаратного складу МПК зводиться до вибору пристроїв зв'язку з об'єктом (ПЗО) або блоків входу / виходу в залежності від кількості вхідних і вихідних каналів різного типу.

**Література** [10, с.57 – 62, 107 – 112, 157 – 170, 189 – 193].

### **Контрольні питання**

1 З чого починають вибір мікропроцесорного контролера (МПК)?

2 Як проектувальник може вплинути на надійність та живучість мікропроцесорної системи автоматизації?

3 Як зміна вимог до живучості та надійності (помірковані – підвищені) впливає на вибір каналності МПК при великій та середній каналності системи?

4 Що розраховують при визначенні апаратного складу ломіконтів? Які тут існують обмеження?

5 Від чого залежить кількість модулів пристроїв зв'язку з об'єктом (ПЗО), блоків БПР-5 та наявність модуля МІС 2 при розрахунку апаратного складу ломіконтів?

6 Чим відрізняється розрахунок апаратного складу реміконтів малої каналності від розрахунку апаратного складу ломіконтів? Як визначають кількість блоків контролера БК, а також допоміжних блоків БУТ, БУС, БУМ та БПР?

7 У чому особливість конструктивної побудови контролерів TSX Nano, Micro та Premium? Як визначають кількість модулів цих контролерів?

### Контрольна задача

**Задача 1.3.0.** Виберіть МПК з контролерів типу „реміконт-ломіконт” та розрахуйте його апаратний склад для МСА підвищеної живучості та помірної надійності з 20 аналоговими входами (ВА) 0-5 мА, 20 ВА 0-20 мА та 15 ВА 0-10 В, 14 виконавчими механізмами типу МЕО і шістьма електромагнітними клапанами (ЕК) з одним електромагнітом. До складу МСА входить також схема технологічної сигналізації з 16 сигнальними табло, дзвоником, кнопкою перевірки та кнопкою квітування і схема захисту з 14 дискретними входами (ВД) та п'ятьма дискретними виходами (ДВ). До 55 ВА входять і 14 ВА показників положення МЕО.

### Розв'язання

1 Визначаємо загальну кількість входів / виходів різних типів: входів аналогових  $N_{ВА} = 55$ ; входів дискретних  $N_{ВД} = 14$  (схема захисту) + 2 (схема сигналізації) = 16; імпульсних виходів  $N_{ІВ} = 14$  (МЕО); дискретних виходів  $N_{ДВ} = 6$  (ЕК) + 17 (схема сигналізації) + 5 (схема захисту) = 28. Загалом  $N = 55 + 16 + 14 + 28 = 113$ .

2 Виходячи з кількості сигналів системи відносимо цю МСА до систем середньої каналності, тоді, зважаючи на вимоги до живучості та надійності, вибираємо контролер Р-130.

3 Вибираємо кількість блоків БК та їх модифікацію. Для реалізації імпульсного регулювання застосовуємо модуль МДА (тип 2), який має 8 ВА ( $n_{ВА} = 8$ ) та 2 ІВ ( $n_{ІВ} = 2$ ), тобто кількість МДА відносно імпульсних виходів буде

$$N_{\text{МДА}}^{\text{ІВ}} = N_{\text{ІВ}} / n_{\text{ІВ}} = 14 / 2 = 7,$$

а кількість МДА відносно аналогових входів буде

$N_{\text{МДА}}^{\text{ВА}} = N_{\text{ВА}} / n_{\text{ВА}} = 55 / 8 = 7$  (округлюємо до найбільшого цілого).

Залишилось 44 дискретних входи / виходи, враховуючи, що кожний з модулів МСД має по 16 входів / виходів, таких модулів повинно бути три, причому можливі різні варіанти сполучення різних типів цих модулів. Наприклад, 1-й варіант: один модуль МСД 0/16 (тип 3) і два модулі МСД 8/8 (тип 5); 2-й варіант: по одному модулю МСД 0/16, МСД 4/12 (тип 4), МСД 12/4 (тип 6).

4 У разі вибору 1-го варіанта отримаємо п'ять блоків БК таких модифікацій: три БК модиф. 22, один БК модиф. 25 і один БК модиф. 35. Перевіряємо загальну кількість сигналів:

$$N_{\text{ВА}} = 8 \text{ (МДА)} \times 7 = 56; N_{\text{ІВ}} = 2 \text{ (МДА)} \times 7 = 14; N_{\text{ВД}} = 8 \text{ (МСД 8/8)} \times 2 = 16; N_{\text{ДВ}} = 8 \text{ (МСД 8/8)} \times 2 + 16 \text{ (МСД 0/16)} \times 1 = 32.$$

### Задачі для розв'язання

**Задача 1.3.1.** Виберіть контролер з контролерів типу „реміконт-ломіконт” та розрахуйте його апаратний склад для мікропроцесорної системи автоматизації (МСА) помірної живучості та підвищеної надійності з 20 аналоговими входами (ВА) 0-5 мА, 20 ВА 0-20 мА та 15 ВА 0-10 В, 14 виконавчими механізмами типу МЕО і шістьма електромагнітними клапанами з одним електромагнітом. До складу МСА входять також схема технологічної сигналізації з 16 сигнальними табло, дзвоником, кнопкою перевірки та кнопкою квітирування. До 55 ВА входять і 14 ВА показчиків положення МЕО.

**Задача 1.3.2.** Виберіть контролер з контролерів типу TSX та розрахуйте його апаратний склад для мікропроцесорної системи автоматизації (МСА) підвищеної живучості та помірної надійності з 20 аналоговими входами (ВА) 0-5 мА, 20 ВА 0-20 мА та 15 ВА 0-10 В, 14 виконавчими механізмами типу МЕО і шістьма електромагнітними клапанами з одним електромагнітом.

До складу МСА входять також схема технологічної сигналізації з 16 сигнальними табло, дзвоником, кнопкою перевірки та кнопкою квітування та схема захисту з 14 дискретними входами і п'ятьма дискретними виходами. До 55 ВА входять і 14 ВА показників положення МЕО.

**Задача 1.3.3.** Виберіть контролер з контролерів типу TSX та розрахуйте його апаратний склад для мікропроцесорної системи автоматизації (МСА) помірної живучості та надійності з 20 аналоговими входами (ВА) 0-5 мА, 20 ВА 0-20 мА та 15 ВА 0-10 В, 14 виконавчими механізмами типу МЕО і шістьма електромагнітними клапанами з одним електромагнітом. До складу МСА входять також схема технологічної сигналізації з 16 сигнальними табло, дзвоником, кнопкою перевірки та кнопкою квітування та схема захисту з 14 дискретними входами і п'ятьма дискретними виходами. До 55 ВА входять і 14 ВА показників положення МЕО.

## **2 Проектування принципів мікропроцесорних схем**

### **2.1 Принципові мікропроцесорні схеми з леміконтами**

*Мета заняття* – засвоєння методики проектування принципів мікропроцесорних схем з леміконтами на прикладі схем технологічної і виробничої сигналізації.

Розробка принципів мікропроцесорних схем ведеться в такій послідовності:

- складають алгоритм роботи схеми, тобто короткий опис умов роботи *виконавчих елементів* схеми (сигналізаторів, магнітних пускачів тощо) при заданій послідовності впливу на *приймальні елементи* (контакти різних пристроїв, дискретні вхідні сигнали);

- розробляють програмно-конфігураційну схему (ПКС), на якій зображують тільки основні алгоблоки або фрагменти програми схеми, а також приймальні і виконавчі елементи без деталізації програмних та електричних другорядних зв'язків. Для цього послідовно перевіряють відповідність алгоритмічної

ємності задачі – алгоритмічній ємності МПК, інформаційної ємності задачі – інформаційній потужності МПК, розподіляють підзадачі за контролерами, програмують підзадачі;

- переходять до принципу схеми, формуючи входи / виходи контролера з розподілом їх за модулями;

- графічно виконують принципову схему, поділяючи поле креслення принципової схеми на п'ять зон, які розташовують зверху вниз або зліва направо: перша – зона джерел інформації або приймальних елементів (датчиків, задавальників, командоапаратів), для зображення яких застосовують стандарти на зображення електричних елементів або ГОСТ 21.404-85; друга – вхідних ПЗО, зображення яких довільне; третя – алгоблоків або фрагментів програми, зображення яких також довільне; четверта – вихідних ПЗО; п'ята – елементів навантаження або виконавчих елементів, для зображення яких також застосовують ті ж стандарти, що і для зображення джерел інформації або приймальних елементів.

**Література** [8, с. 72, 73; 11, с. 51 – 57; 3, с. 47, 49, 52, 6 – 16; 10, с. 95 – 103].

### **Контрольні питання**

1 Що показують на таких принципових схемах і чим ці схеми відрізняються від програмно-конфігураційних? Які п'ять зон можна виділити на них? Які задачі вирішують при проектуванні таких схем?

2 Які елементи та зв'язки необхідно маркувати при виконанні принципових схем з ломіконтами? Як маркують пристрої зв'язку з об'єктом (ПЗО)?

3 Як кодують електричні зв'язки і яка структура цього коду?

4 Як формують аналогові входи та виходи з струмовими сигналами? У чому відмінність між формуванням струмових входів і входів напруги?

5 Як формують активні та пасивні дискретні входи/виходи? Як живлять пасивні дискретні входи та дискретні виходи від блока живлення БПН-24?

7 Сформулюйте найбільш поширені алгоритми схем технологічної і виробничої сигналізації.



## Контрольна задача

**Задача 2.1.0.** Проаналізуйте схему технологічної сигналізації з повторною дією звукового сигналу, що реалізована за допомогою Л-110 і наведена на рисунку 2.1. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Визначте роботу схеми при замиканні спочатку технологічного контакту SQ1, а після зняття звукового сигналу НА при замиканні технологічного контакту SQ2. Поясніть роботу схеми при перевірці звукового НА та світлових НЛ сигналізаторів.

### Розв'язання

Схема має чотири технологічних контакти ( SQ1, ... , SQ4), чотири світових сигналізатори ( HL1, ..., HL4), звуковий сигналізатор НА, кнопку зняття сигналу SB1 та перевірки SB2. Алгоритм роботи схеми такий: із замиканням контакту сигналізатора SQ засвічується відповідна сигнальна лампа НЛ і вмикається звуковий сигналізатор НА. Звуковий сигнал знімають кнопкою зняття сигналу SB1, а сигнальна лампа залишається горіти до розімкнення контакту SQ. Перевірку сигналізаторів НЛ і НА здійснюють натисканням на кнопку SB2.

Структурно програма складається з трьох груп секцій. Перша секція (СК700) призначена для перевірки сигнальних ламп і звукового сигналу. Друга секція (СК701) призначена для управління звуковою сигналізацією. Третя секція (СК702) відповідає за роботу світлових сигналізаторів.

Секція 700 є головною і керує усією програмою технологічної сигналізації, у цій секції постійно аналізується стан кнопки перевірки SB2, яка підключена до входу дискретного ВД010. Якщо вона натиснена, виконується умова, записана у фрагменті 00. При цьому закриваються секції 701 і 702 і за допомогою алгоритму "масового засилання змінних" – АЛГ130 подається команда на вмикання звукового НА і всіх світлових НЛ сигналізаторів. Рекомендується звуковий і світлові сигналізатори підключити до дискретних виходів, які ідуть один за одним. У цьому випадку для режиму "перевірка" можна більш ефективно скористатись алгоритмом АЛГ130, бо це скорочує

кількість змінних цього алгоритму і термін його виконання. Кількість змінних  $N$  АЛГ130 встановлюють так, щоб вона дорівнювала кількості звукових та світлових сигналізаторів. Якщо кнопка SB2 не натиснена, програма переходить у "робочий" режим. Спочатку відкривається секція 701. У перших двох фрагментах відбувається припинення дії звукового сигналу, якщо програма до цього знаходилась у режимі "перевірки". Далі у програмі розміщені групи фрагментів (02 – 03, ..., 05 – 06, ...), кожна з яких аналізує стан окремих технологічних контактів SQ. Ці групи об'єднані одна з одною за допомогою логічного "ИЛИ". У свою чергу кожна група складається з двох фрагментів, об'єднаних між собою за допомогою логічного "И".

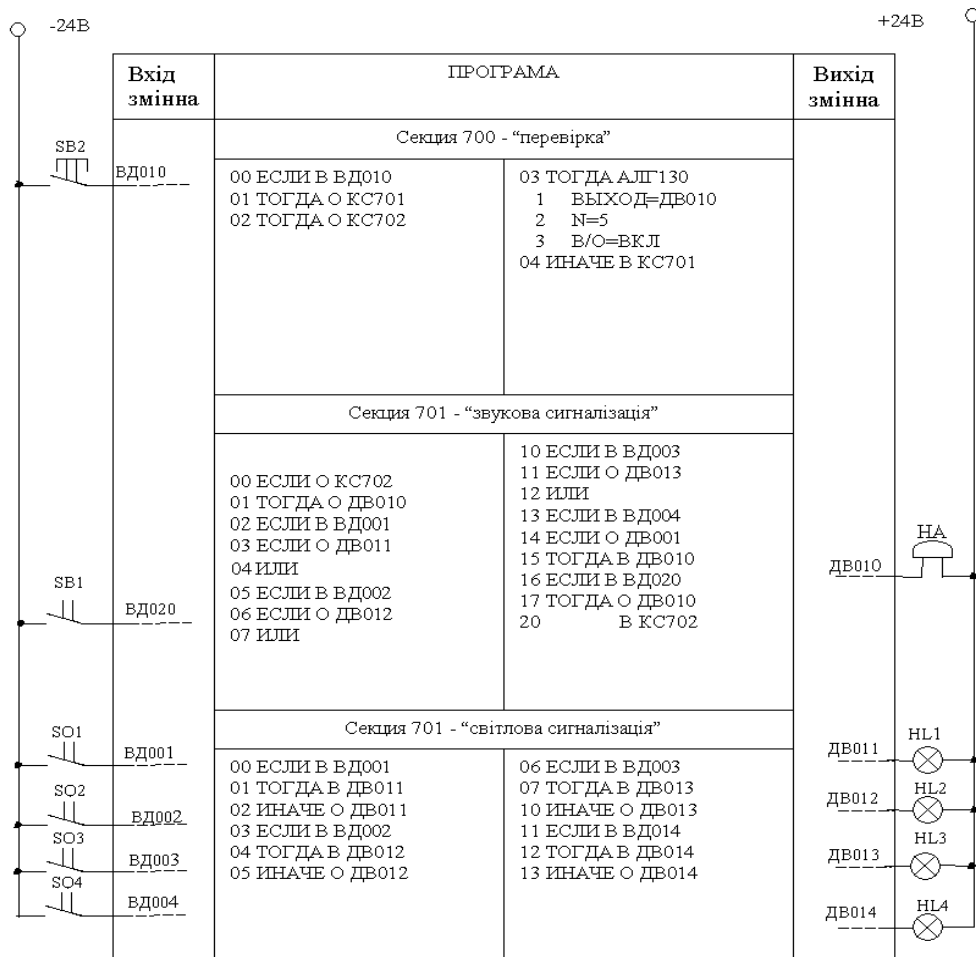


Рисунок 2.1

Якщо умови, записані в якійсь із груп, виконуються, це призводить до ввімкнення ДВ010 і відповідно спрацьовує звуковий сигнал НА. В разі натискання на кнопку квітирування SB1 (ВД020) подача звукового сигналу припиняється. В останньому фрагменті СК701 вмикається секція світлової сигналізації – 702. Вона складається також із груп, до складу кожної з яких входить три фрагменти (00 – 02, ..., 03 – 05, ...). За допомогою цих фрагментів аналізується стан окремих технологічних контактів.

Розглянемо, як працює програма в ситуації, коли кнопка не натиснена і програма знаходиться у "робочому" режимі, тобто секції 701 і 702 відкриті. В разі замикання, наприклад, технологічного контакту SQ1 і ввімкнення ВД001 спочатку аналізується ситуація в секції 701. Оскільки ВД001 увімкнувся, а відповідний йому світловий сигналізатор (ДВ011) ще не увімкнувся (це відбудеться тільки в наступній секції), то умови, записані у фрагментах 02 і 03, виконуються, вмикається ДВ010 і звуковий сигналізатор НА .

Подальше виконання програми у секції 702 призводить до того, що за умов фрагментів 00, 01 і 02 вмикається ДВ011 і засвічується відповідна сигнальна лампа. В разі натиснення на кнопку квітирування SB1 (ВД020) дія звукового сигналу припиняється, а лампа продовжує світити до розмикання SQ1. Оскільки ДВ011 увімкнувся, то повторного помилкового спрацьовування звукового сигналу не відбудеться, позаяк умови, що записані у фрагментах 02 і 03 секції 701, вже не виконуються. В разі замикання іншого технологічного контакту звукова сигналізація знов спрацьовує.

### **Задачі для розв'язання**

**Задача 2.1.1.** Проаналізуйте схему технологічної сигналізації з повторною дією звукового сигналу та миготінням, що реалізована за допомогою Л-110 і наведена на рисунку 2.2. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Визначте роботу схеми у разі замикання спочатку технологічного контакту SQ2, а після зняття звукового сигналу НА у разі замикання технологічного контакту SQ1. Поясніть роботу схеми під час миготіння світлового сигналізатора НЛ1, а також у разі перевірки звукового НА та світлових НЛ сигналізаторів.

**Задача 2.1.2.** Проаналізуйте схему виробничої сигналізації роботи електроприводів, не зв'язаних технологічною послідовністю вмикання, що реалізована за допомогою Л-110 і наведена на рисунку 2.3. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Визначте роботу схеми у разі нормальної роботи двигуна М1 (контакт магнітного пускача КМ1 замкнений), його аварійної зупинки, а також зупинки з допомогою кнопки SB1. Поясніть роботу схеми у разі перевірки звукового НА та світлових НЛ сигналізаторів.

**Задача 2.1.3.** Проаналізуйте схему виробничої сигналізації роботи електроприводів, зв'язаних технологічною послідовністю вмикання, що реалізована за допомогою Л-110 і наведена на рисунку 2.4. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Визначте роботу схеми у разі пуску та нормальної роботи лінії, аварійної зупинки двигуна М2, а також його зупинки з допомогою кнопки „Стоп”. Поясніть роботу схеми у разі перевірки звукового НА та світлових НЛ сигналізаторів.

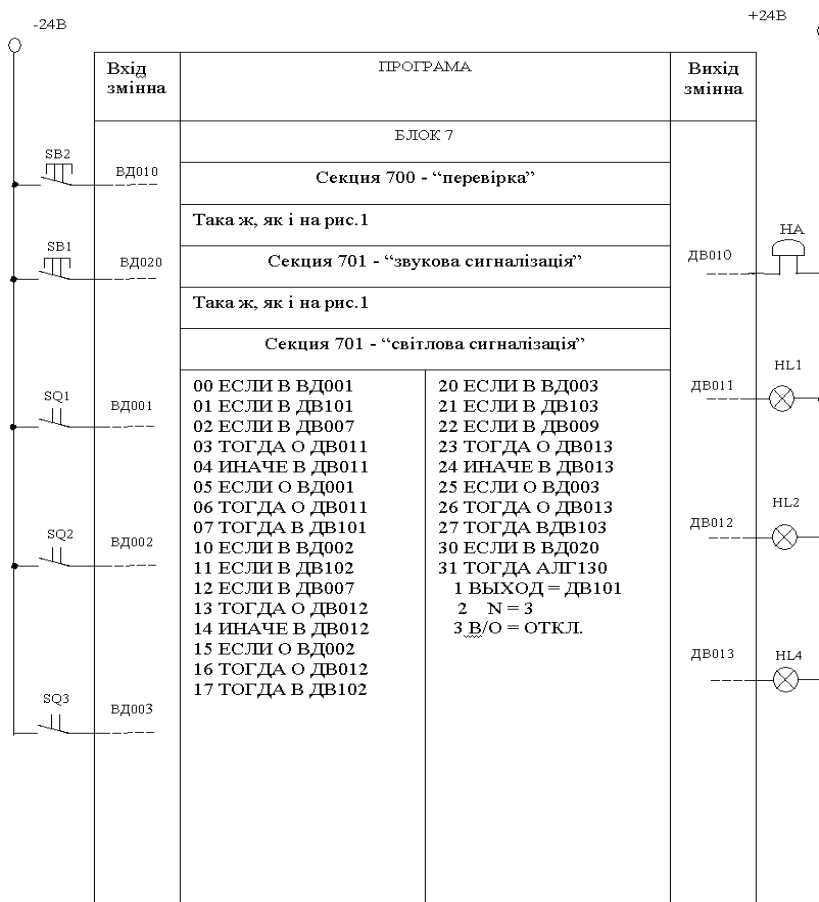


Рисунок 2.2

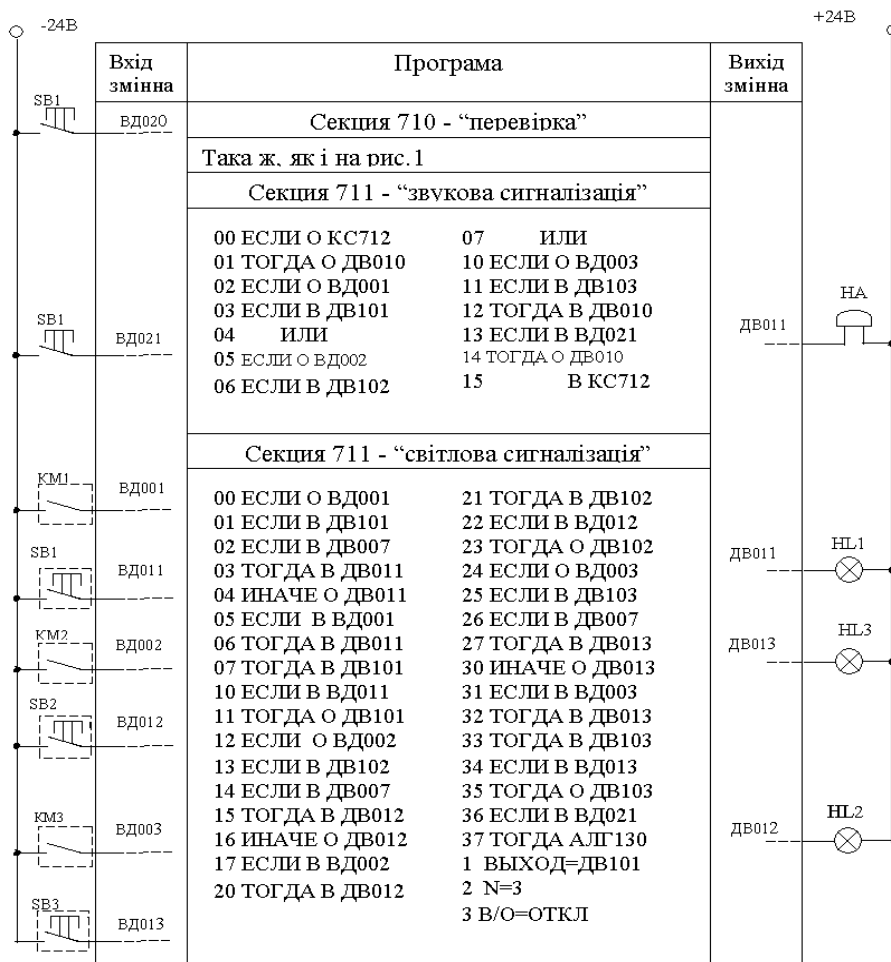


Рисунок 2.3

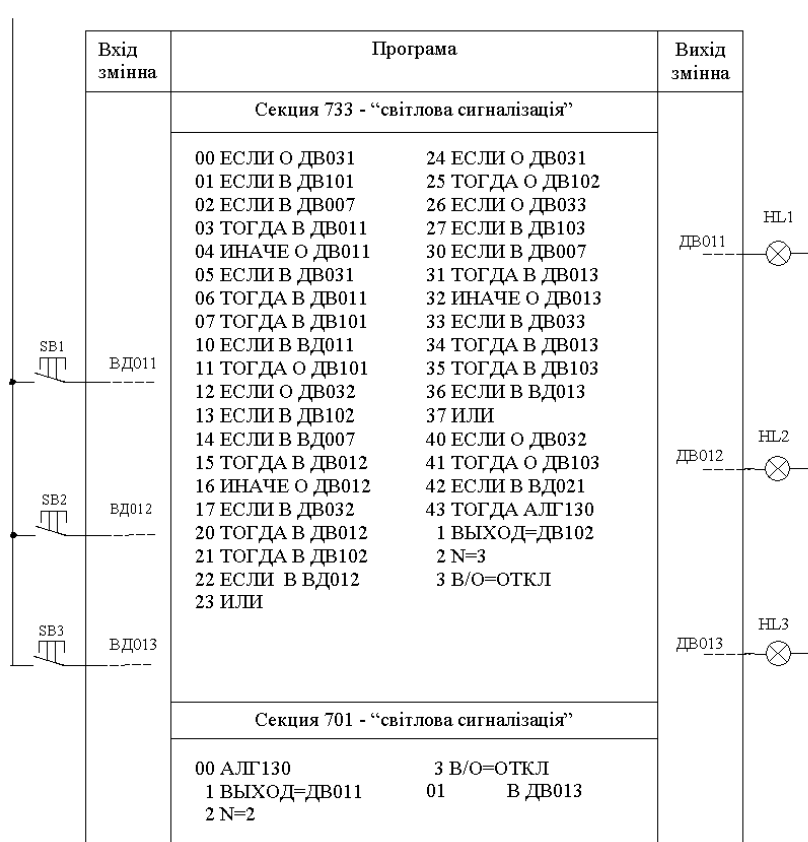
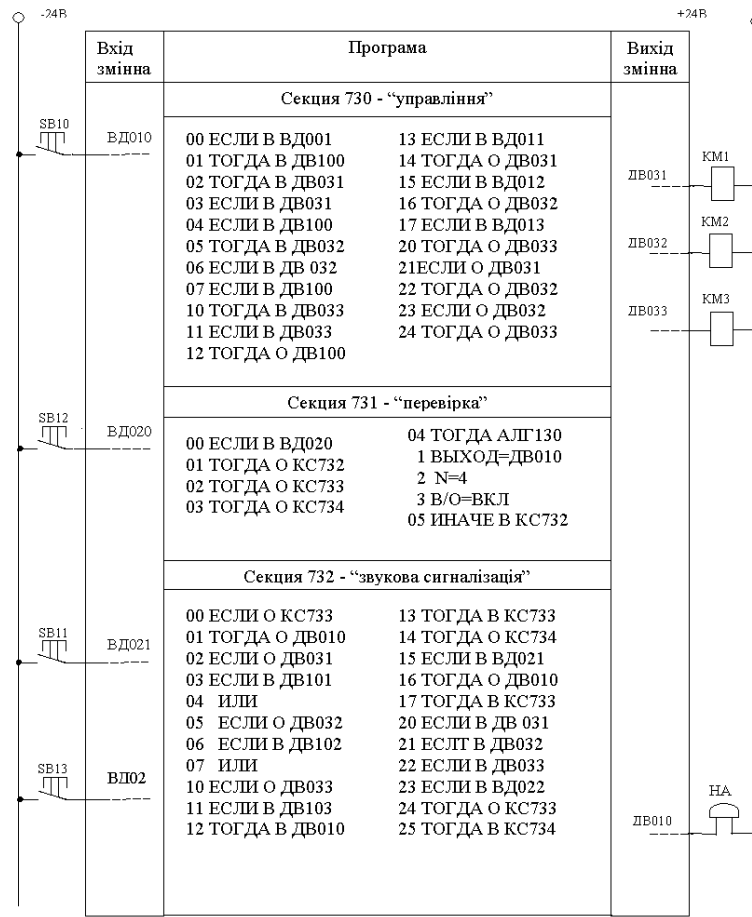


Рисунок 2.4

## 2.2 Принципові мікропроцесорні схеми з реміконтами малої каналності

*Мета заняття* – засвоєння методики розробки принципів мікропроцесорних схем з реміконтами малої каналності на прикладі схем технологічної і виробничої сигналізації.

Ремікони малої каналності (РМК) мають блочну структуру, причому ПЗО вмонтовані у блок контролера (БК), тому в цьому випадку на ПКС показують ПЗО, а при переході від ПКС до принципів схем формування входів та виходів зводиться тільки до формування мереж приймальних елементів (ПЕ) схеми (вторинних перетворювачів та контактів), що є джерелами інформації, та виконавчих елементів (ВЕ), що є навантаженнями, а також мереж живлення. На принципів електричних схемах з цими контролерами показують електричні зв'язки між ПЕ/ВЕ та БК та програмні зв'язки між алгоблоками у середині БК.

Електричні мережі, що підімкнуті до БК, маркують за правилами маркування мереж у принципів електричних схемах. Над прямокутником, що зображує алгоблок (АБ) наводять скорочену назву алгоритму, що занесено до АБ, та його бібліотечний номер. Програмні зв'язки не кодуються, але позначають номери входів АБ, до яких вони відносяться.

Кола ПЗО БК підмикають до рознімачів Х2 “Група А” та Х3 “Група Б” на 21 контакт кожний. Схема зовнішніх з'єднань залежить від типу модуля ПЗО (МАС, МДА, МСД,...), що зв'язаний з рознімачем відповідної групи. Аналогові входи, що є у ПЗО типів 1 і 2, підмикають до рознімачів Х2 і Х3: 1–16 (для кіл входу–виходу типу 1), вони розраховані на сигнал 0–2 В постійного струму. Перетворення сигналів 0–5, 0(4)–20 мА і 0–10 В у цей сигнал здійснюється за допомогою резисторів, які підмикають до проміжного клемника, або тих, які входять у склад клемника КБС-3. «+» ВА підмикають до непарних клем рознімача (1, 3, ...,15); «-» ВА – до парних (2, 4,...,16). Вибір сигналу 0–20 або 4–20 мА здійснюється програмно за допомогою алгоритма аналогового введення. Кожний аналоговий вхід гальванічно ізольований від інших аналогових входів і інших кіл контролера за допомогою трансформатора.

**Література** [3, с.47, 50, 53,54, 23 – 32; 10, с.150 – 153, 120, 129, 130, 134].

## Контрольні питання

1 Чим відрізняється програмно-конфігураційна схема (ПКС), що розробляється з допомогою реміконтів малої канальності (РМК)? від ПКС з леміконтами? Як переходять від ПКС до принципової схеми?

2 Як відповідно до стандартів маркують електричні кола та позначають елементи на принципових схемах ?

3 Як формують і позначають аналогові та дискретні входи / виходи в схемах з РМК?

4 Як живлять дискретні входи / виходи від блока живлення БП?

5 Як працюють стандартні алгоритми ВДА, ДВА, МИЛ, ИЛИ, ТРИ, ВЫФ і УДП?

6 Як працюють стандартні алгоритми ЛОИ і МУВ?

## Контрольна задача

**Задача 2.2.0.** Проаналізуйте схему технологічної сигналізації з повторною дією звукового сигналу, що реалізована за допомогою Р-130 і наведена на рисунок 2.5. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Визначте роботу схеми при замиканні спочатку технологічного контакту SQ2, а після зняття звукового сигналу НА при замиканні технологічного контакту SQ1. Поясніть роботу схеми у разі перевірки звукового НА та світлових НЛ сигналізаторів.

## Розв'язання

Ця схема має три технологічних контакти (SQ1 – SQ3), три світлових сигналізатори (НЛ1 – НЛ3), звуковий сигналізатор НА, кнопки зняття сигналу (квітирування) SB1 та перевірки SB2. Для її побудови використані стандартні алгоритми ВДА (увід дискретний групи А), ИЛИ (логічне ИЛИ), ВЫФ (виділення фронту), МИЛ (багатовихідне ИЛИ), ТРИ (тригер), ДВА (дискретний вивід групи А). Алгоритм роботи схеми такий: із замиканням контакту сигналізатора SQ засвічується відповідна сигнальна лампа НЛ і вмикається звуковий сигналізатор НА. Звуковий сигнал знімають кнопкою зняття сигналу SB1, а сигнальна лампа залишається горіти до розімкнення контакту сигналізатора. Вмикання сигналізаторів з метою їх перевірки здійснюється в разі натиснення кнопки перевірки SB2.





Технологічні контакти SQ та кнопки SB1 і SB2 підімкнені до дискретних входів контролера, які пов'язані з функціональними алгоритмами за допомогою алгоритму ВДА. Якщо натиснена кнопка перевірки SB2, сигнал дискретного входу 04 контролера (група А) подається на входи усіх окремих елементів ІЛИ алгоритму ІЛИ (алгоблок 11). Виходи цього алгоритму включають усі дискретні виходи контролера, до яких підімкнені сигнальні лампи НЛ і звуковий сигнал НА. В разі розмикання контактів кнопки SB2 схема повернеться у попередній стан.

В разі замикання технологічного контакту SQ сигнал з відповідного дискретного входу (група А) подається одночасно на один із відповідних йому елементів ІЛИ (алгоблок 11) та на один із алгоритмів ВІФ (13 – 15). Вихід алгоритму ІЛИ ввімкне відповідний дискретний вихід контролера (група А), до якого підімкнений світловий сигналізатор НЛ. У свою чергу сформований за допомогою алгоритму ВІФ імпульс подається на один із входів алгоритму МИЛ, вихід якого підімкнено до входу "Встановлення" алгоритму ТРИ. Останній через вхід 07 алгоблока 11 і вхід 04 алгоблока 12 вмикає звуковий сигнал. В разі натискання на кнопку квітирування SB1 сигнал з дискретного входу 05 (група А) подається на вхід "Скид" тригера (17) і скидає його. Подача звукового сигналу припиняється, а НЛ продовжує світити до розмикання SQ.

Використання алгоритмів ВІФ, МИЛ та ТРИ зв'язано з необхідністю створення умов для повторного спрацьовування звукової сигналізації при зами-канні іншого технологічного контакту в той час, коли попередній ще не розімкнувся.

### **Задачі для розв'язання**

**Задача 2.2.1.** Проаналізуйте схему технологічної сигналізації з повторною дією звукового сигналу, що реалізована за допомогою Р-130 і наведена на рисунку 2.6. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Визначте роботу схеми при замиканні спочатку технологічного контакту SQ2, а після зняття звукового сигналу НА при замиканні технологічного контакту SQ1. Поясніть роботу схеми при перевірці звукового НА та світлових НЛ сигналізаторів.

**Задача 2.2.2.** Проаналізуйте схему технологічної сигналізації з повторною дією звукового сигналу та миготінням, що реалізована за допомогою Р-130 і наведена на рисунку 2.7. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Визначте роботу схеми у разі замикання спочатку технологічного контакту SQ2, а після зняття звукового сигналу НА у разі замикання технологічного контакту SQ1. Поясніть роботу схеми під час миготіння світлового сигналізатора HL1, а також при перевірці звукового НА та світлових HL сигналізаторів.

**Задача 2.2.3.** Проаналізуйте схему виробничої сигналізації роботи електроприводів, не зв'язаних технологічною послідовністю вмикання, що реалізована за допомогою Р-130 і наведена на рисунку 2.8. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Визначте роботу схеми у разі нормальної роботи двигуна М1 (контакт магнітного пускача КМ1 замкнений), його аварійної зупинки, а також зупинки з допомогою кнопки SB1. Поясніть роботу схеми при перевірці звукового НА та світлових HL сигналізаторів.

## **2.3 Принципові мікропроцесорні схеми з контролерами TSX**

*Мета заняття* – засвоєння методики розробки принципів мікропроцесорних схем з контролерами TSX на прикладі схем технологічної і виробничої сигналізації, реалізованих з допомогою найбільш часто застосованого контролера TSX Micro.

Контролери TSX Micro являють собою проектно-компоновані вироби, для яких кількість і склад модулів вибирається в залежності від розв'язуваної задачі керування і необхідних характеристик вхідних і вихідних сигналів. Конструктивно різні моделі ПЛК TSX Micro будуються з використанням одного з двох базових шасі, в які інтегровані мікропроцесорний модуль і слоти для встановлення модулів. Базові шасі відрізняються функціональними можливостями процесорного модуля, напругою живлення ПЛК, кількістю вільних слотів (два або три), а також можливістю підключення до нього міні-шасі розширення

із двома додатковими слотами. До кожного базового шасі контролера входять: блок живлення на =24 В постійного струму (VDC) чи ~110...240 В змінного струму (VAC), процесорний модуль з енергонезалежною оперативною пам'яттю RAM і системою резервного збереження інформації на базі FLASH ERROM, дисплейний блок, термінальний порт і кнопка перезапуску ПЛК.

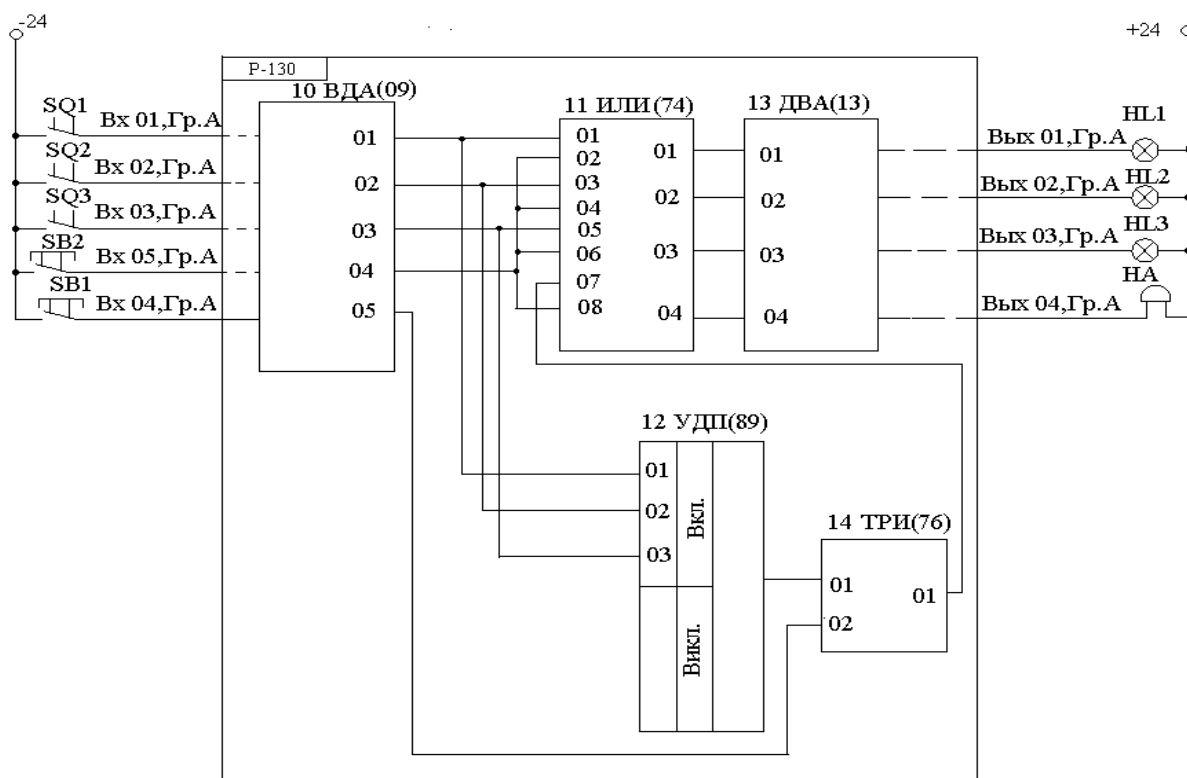


Рисунок 2.6

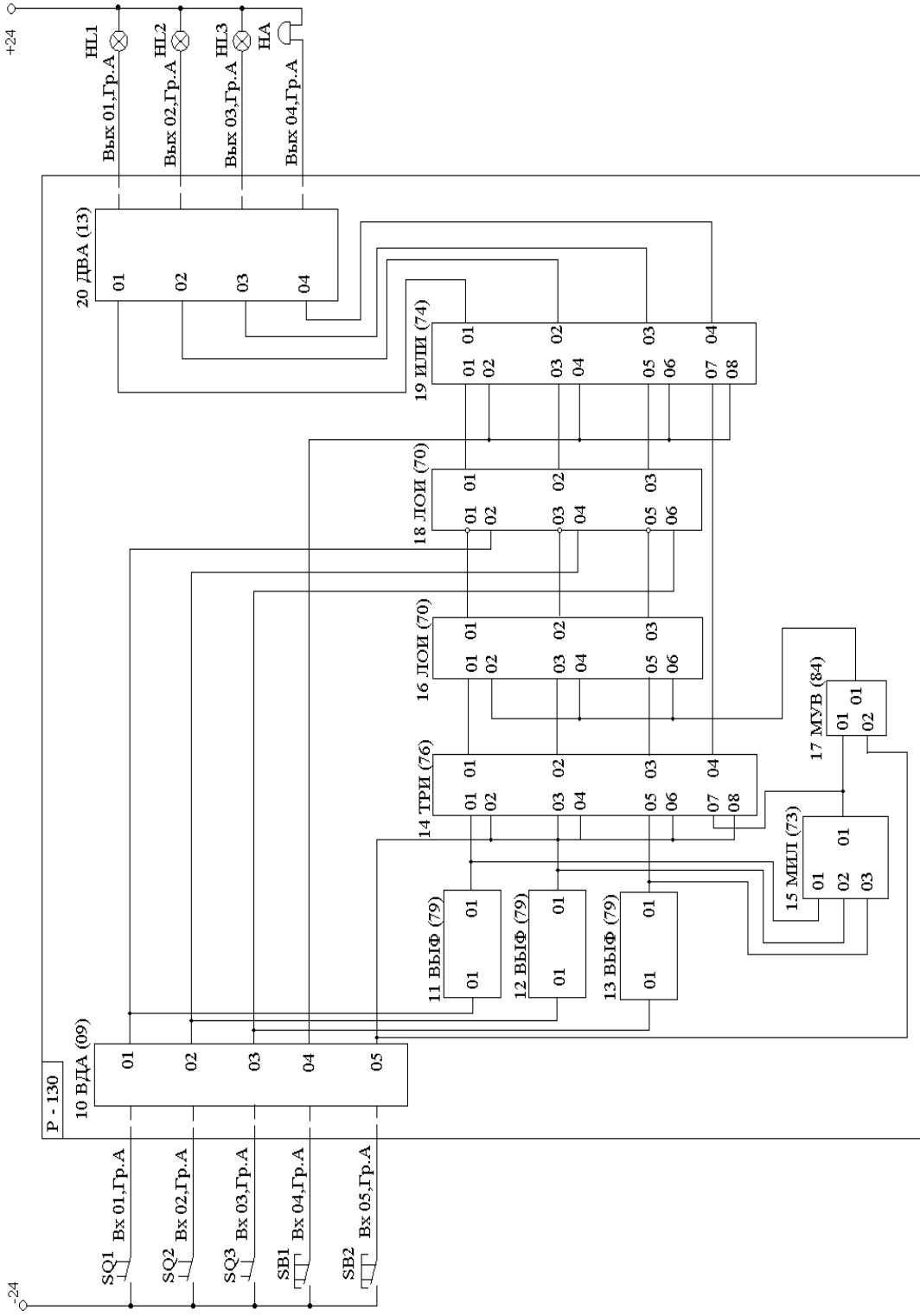


Рисунок 2.7

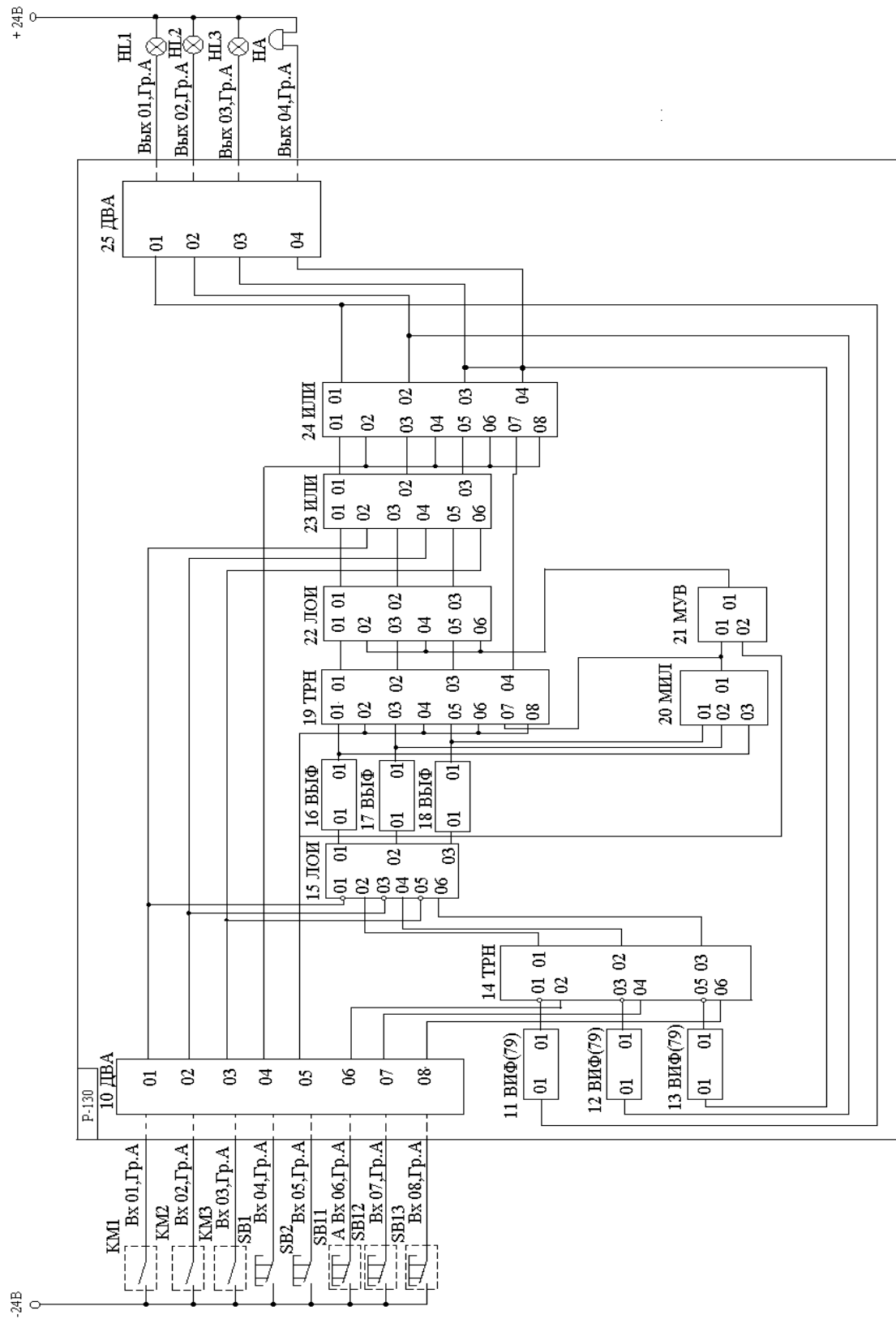


Рисунок 2.8

Випускається п'ять моделей ПЛК TSX Micro: TSX 3705, TSX 3708, TSX 3710, TSX 3721, TSX 3722, фізична структура яких, напруга живлення та тип модуля, встановленого у базовому шасі, наведені у таблиці 4.4 [4, с.166].

Для підключення аналогових та дискретних входів/виходів у TSX Micro використовуються дискретні (ДМ) і аналогові (АМ) модулі, причому ДМ доступні у двох форматах: стандартному, що займає слот цілком, і напівформатному, коли в один слот встановлюють два напівформатні модулі. Всі інші модулі – напівформатні, причому АМ можуть бути розташовані у всіх слотах ПЛК за виключенням першого, де завжди повинен бути встановлений повноформатний дискретний модуль.

Основними характеристиками ДМ є кількість каналів входів/виходів і типи сигналів, які до них можна під'єднувати, причому ДМ можуть мати як змішані (як вхідні, так і вихідні) так і незмішані (тільки вхідні або тільки вихідні) канали. Перші мають стандартний формат, другі можуть бути як стандартними, так і напівформатними. Вхідні дискретні сигнали можуть бути як змінного (VAC), так і постійного (VDC) струму різної напруги: 24 В VDC та 100...200 В VAC. Вихідні дискретні канали мають транзисторні або релейні виходи для комутації сигналів змінної чи постійної напруги зі струмом від 0,1 до 3 А. Типи ДМ і їх основні характеристики наведені у таблиці 4.5 [4, с.174].

АМ відрізняються призначенням, кількістю каналів, характеристиками й діапазоном вимірювання. Типи аналогових модулів та їх характеристики наведені у таблиці 2.1.

Крім того, у моделі TSX 3722 можна використати інтегровані у процесорний модуль вісім аналогових входів і один аналоговий вихід, що не забезпечують високої точності обробки аналогових сигналів. Максимальна кількість аналогових модулів для моделі TSX 3705/08/10 – два, а для моделі TSX 3721/22 – вісім (в усіх цих моделях аналогові модулі встановлюють у базовому шасі або в мінішасі розширення).

Таблиця 2.1

Позначення модуля	Кількість каналів	Характеристики каналів	Діапазон вимірювання
TSX AEZ 801	8 входів	Входи з загальною точкою, розрядність АЦП 12 біт	$\pm 10$ В або 0 – 10 В
TSX AEZ 802	8 входів	Входи з загальною точкою, розрядність АЦП 12 біт	0 – 20 мА або 4 – 20 мА
TSX AEZ 414	4 входи	Розрядність АЦП 16 біт	Термопари, 0–20, 4–20 мА, $\pm 10$ В, 0 – 10 В, 0–5 В (0-20 мА з зовнішніми шунтами) або 1–5 В (4-20 мА з зовнішніми шунтами)
TSX ASZ 401	4 виходи	Виходи з загальною точкою	$\pm 10$ В
TSX ASZ200	2 виходи	Виходи з загальною точкою	$\pm 10$ В, 0-20 мА, 4-20 мА

Адресація каналів в ПЛК TSX Micro географічна, тобто залежить від фізичного розміщення модуля в ПЛК або на шасі розширення. Оскільки базовим при адресації є модуль половинного формату, то модулі стандартного формату адресуються як два модулі половинного формату. На рисунку 2.9 показано, яким чином нумеруються позиції модулів на базовому шасі (номери 0 – 6 ) та мінішасі (7 – 10) для ПЛК TSX Micro 3721/22, а у таблиці 2.2 приклад адресації вх/вих для наведеного розташування модулів цього контролера.

TSX 37-21/22

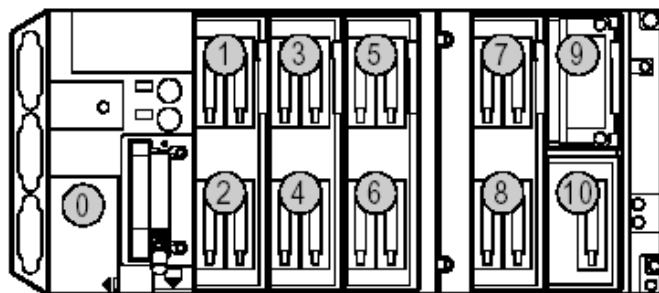


Рисунок 2.9



Таблиця 2.9

Номер позиції модуля на шасі	Тип і назва модуля, встановленого у слот	Адресація вх/вих
<b>ПЛК (базове шасі)</b>		
0	TSX3722101: модуль процесора + блок живлення + інтегровані аналогові входи	%IW0.2 – %IW0.9
1,2	TSXDZ64DTK: модуль дискретних вх/вих	%I1.0 – %I1.31, %Q2.0 – %Q2.31
3,4,5,6	TSXAEZ801: модулі аналогових входів (4 шт)	%IW3.0 – %IW3.7, %IW4.0 – %IW4.7, %IW5.0 – %IW5.7, %IW6.0 – %IW6.7
<b>Шасі розширення (мінішасі)</b>		
7,8	TSXDZ64DTK: модуль дискретних входів/виходів	% I7.0 – %I7.31, %Q8.0 – %Q8.31
9	TSXDSZ08R5: модуль дискретних виходів з сигналом потужністю до 3А	%Q9.0 – %Q9.7

**Література** [10, с. 170 –180, 306 – 313; 3, с. 12 – 17]

### **Контрольні питання**

- 1 Як формують аналогові входи / виходи в схемах з контролерами TSX?
- 2 Яка використовується система адресації аналогових входів / виходів?
- 3 Як формують дискретні входи / виходи в схемах з контролерами TSX?
- 4 Яка використовується система адресації дискретних входів / виходів?
- 5 Як живлять дискретні входи / виходи в схемах з контролерами TSX?

## Контрольна задача

**Задача 2.3.0.** Проаналізуйте схему технологічної сигналізації з повторною дією звукового сигналу, що реалізована за допомогою контролера TSX Micro. Схема і відповідна програма наведені на рисунку 2.10 і у таблиці 2.3. Схема має 20 термодатчиків (поз.1а – 20а) і 20 сигнальних ламп (HL1 – HL20), які спрацьовують при температурі, вищій за 90<sup>0</sup>С. Кнопка SB1 призначена для перевірки сигналізаторів, кнопка SB2 для квітирування сигналу. Визначте роботу схеми при перевищенні температурою, що вимірюється термодатчиком ТТ поз.1а, свого максимального значення, а після зняття звукового сигналу HA1 температура, що вимірюється термодатчиком ТТ поз.2а, також перевищить своє максимальне значення. Поясніть роботу схеми при перевірці звукового HA1 та світлових HL сигналізаторів.

### Розв'язання

Алгоритм роботи схеми технологічної сигналізації без миготіння з повторною дією звукового сигналу буде таким: при виході технологічного параметра (одного з двадцяти) за встановлені завданням межі відповідна сигнальна лампа загоряється рівним світлом і вмикається звуковий сигнал (дзвоник). При натисканні на кнопку знімання сигналу SB2 лампа горить рівним світлом без звукового сигналу до розмикання технологічного контакту. Перевірка справності світлових і звукових сигналізаторів здійснюється натисканням на кнопку перевірки SB1.

Розіб'ємо програму на блоки і пояснемо їх призначення:

блок № 1 – перевірка світлової сигналізації. Змінна %I1.0 відповідає кнопці SB1, при натисненні якої всі лампи повинні горіти рівним світлом;

блок № 2 – перевірка звукової сигналізації. Змінна %I1.1 відповідає кнопці SB2, при натисненні якої відбувається припинення подачі звукового сигналу (кнопка квітирування);

блок № 3 – основна частина програми, яка виконується при ненатисненій кнопці SB1;

блок № 3.1 – перевірка всіх 20 аналогових сигналів. Коли будь-який з них (%IW0.2 - %IW0.9, %IW3.0 - %IW3.7, %IW4.0 - %IW4.3) вийде за встановлені межі, ввімкнеться відповідна сигнальна лампа HL1- HL20 (%Q2.1 - %Q2.20);

блок № 3.2 – ввімкнення звукового сигналу НА1 (змінна %Q9.0) при першому загоранні будь-якої з сигнальних ламп;

блок № 3.2 – вимкнення звукового сигналу при натисненні на кнопку SB2.

TSX Micro 3722101.

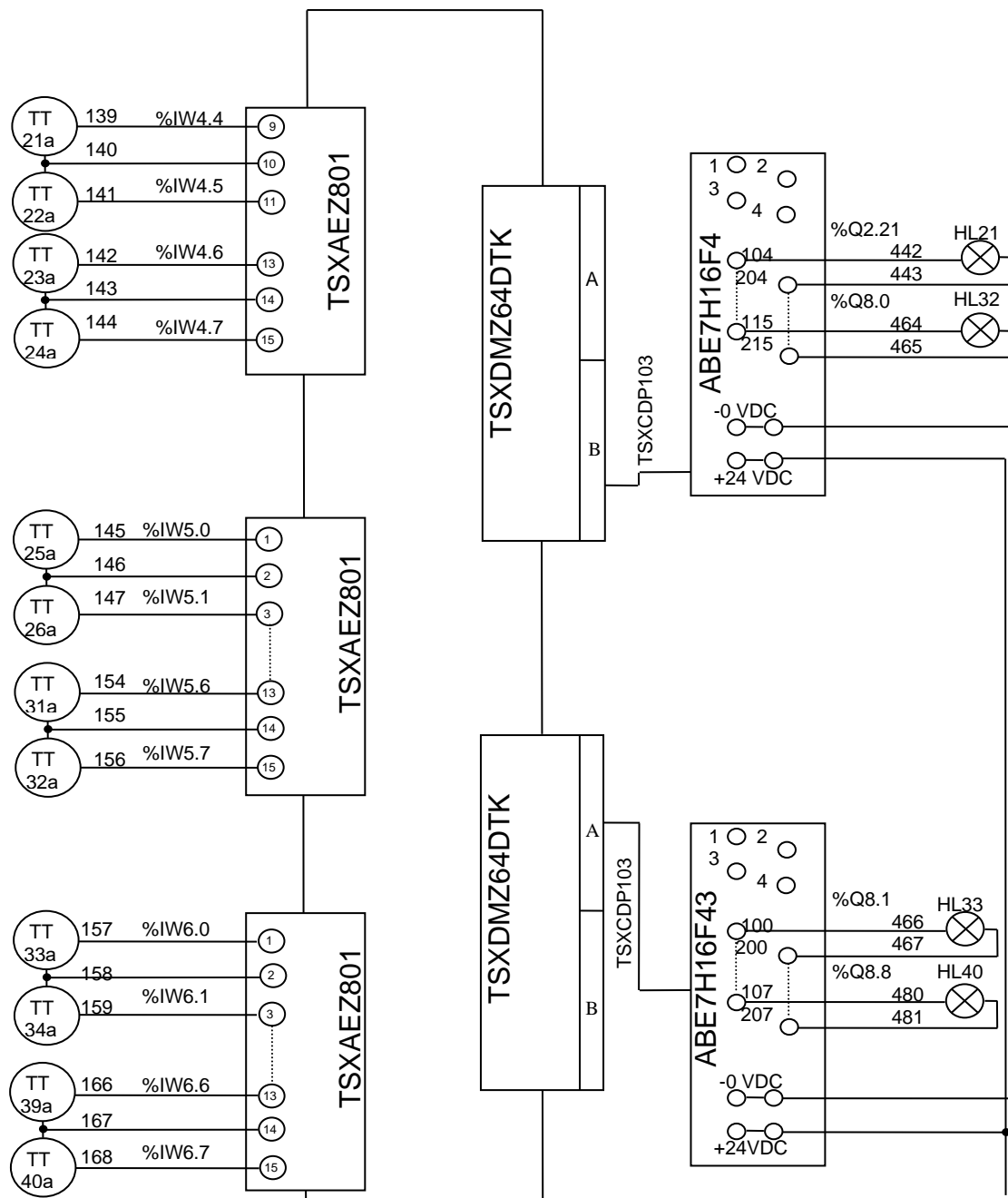


Рисунок 2.10, аркуш 1

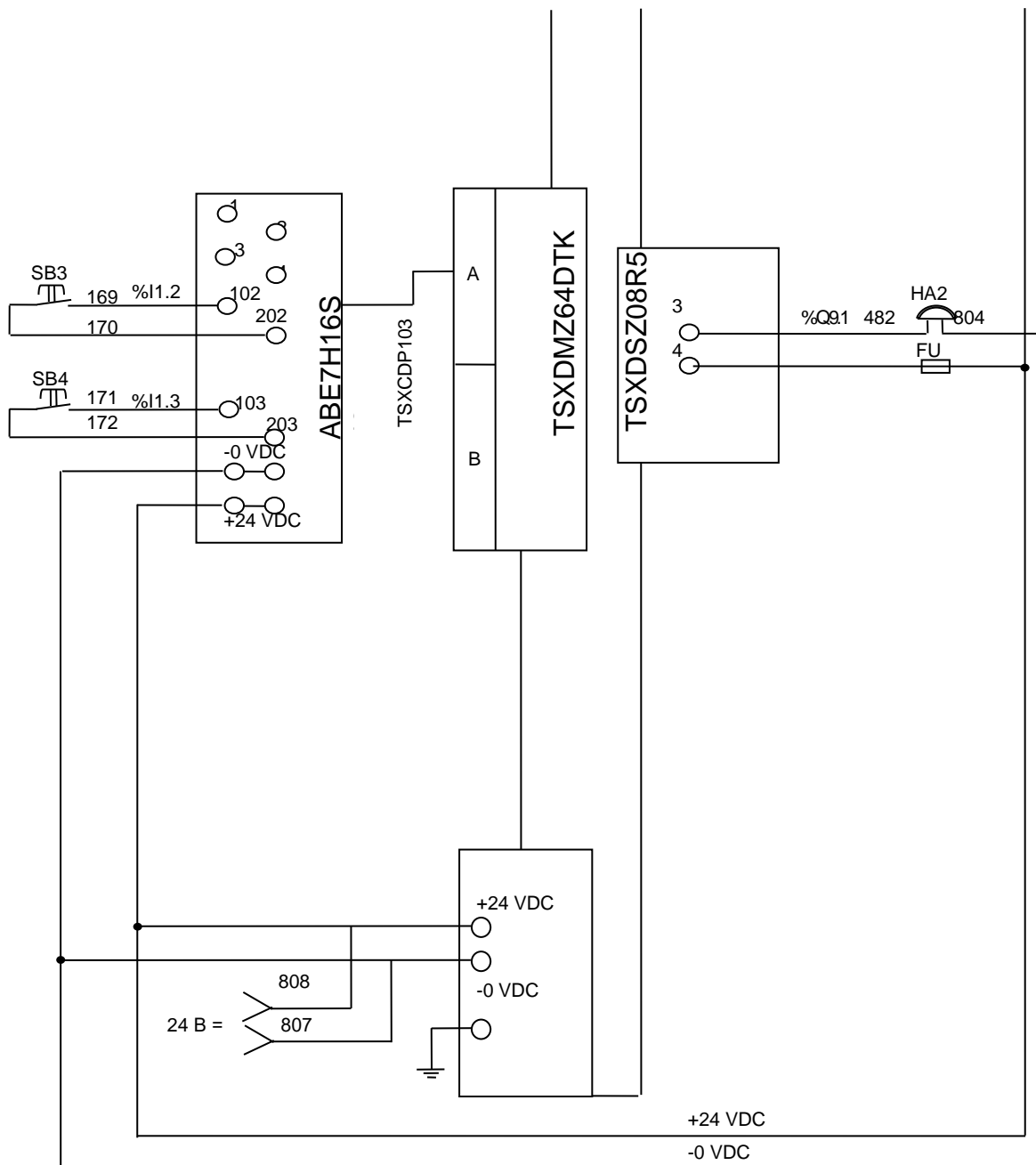


Рисунок 2.10, аркуш 2

Розглянемо роботу схеми при надходженні сигналу про перевищення температурою, що вимірюється датчиком поз.1а (вхідний сигнал %IW0.2), допустимої за технологічним регламентом межі в 90 °С (в програмі це буде 5000 – внутрішні одиниці контролера). Тоді загорасться лампа HL1 (%Q2.1) (блок № 3.1) і спрацює дзвоник (%Q9.0) (блок №3.2). При натисненні на кнопку зняття звукового сигналу (%I1.1) дзвоник

перестає працювати (блок № 3.3), а лампа горить до тих пір, поки температура не стане нижче 90°C. Наступного разу дзвоник спрацює, коли температура повторно перевищить встановлене значення (90°C).

Всі описані вище ситуації (блок № 3) відбуваються тоді, коли кнопка перевірки сигналізації SB1 (%I1.0) не натиснута. При натисканні кнопки SB1 світлові сигналізатори HL загоряються рівним світлом і вмикається дзвоник HA1 (блок № 1.2). Якщо при перевірці сигналізації натиснута кнопка зняття звукового сигналу SB2 (%I1.1), тоді будуть працювати тільки лампи (блок № 2).

Таблиця 2.3 – Програма схеми технологічної сигналізації без миготіння з повторною дією звукового сигналу

	БЛОК № 1	БЛОК № 3	AND	ORR	%Q2.2
LD	%I1.0	Блок № 3. 1	[%IW4.1>5000]	ORR	%Q2.3
ST	%Q2.1	LDN %I1.0	ST %Q2.18	.....	
ST	%Q2.2	MPS AND	MRD AND	ORR	%Q2.18
ST	%Q2.3	[%IW0.2>5000]	[%IW4.2>5000]	ORR	%Q2.19
ST	%Q2.19	ST %Q2.1	ST %Q2.19	ORR	%Q2.20
ST	%Q2.20	MRD AND	MPP AND	)	
	БЛОК № 2	[%IW0.3>5000]	[%IW4.3>5000]	S	%Q9.0
AND	%I1.1	ST %Q2.2	ST %Q2.20	Блок № 3. 3	
ST	%Q9.0	MRD AND	Блок № 3. 2	LDN	%I1.0
		[%IW0.4>5000]	LDN %I1.0	AND	%I1.1
		ST %Q2.3 MRD	AND(R %Q2.1	R	%Q9.0

### Задачі для розв'язання

**Задача 2.3.1.** Проаналізуйте схему технологічної сигналізації з повторною дією звукового сигналу, що реалізована за допомогою контролера TSX Micro. Схема і відповідна програма наведені на рисунку 2.11 і у таблиці 2.4. Схема має 20 термодатчиків (поз.21а – 40а) і 20 сигнальних ламп (HL21 – HL40), які спрацьовують при температурі, вищій за 90 °С. Кнопка SB3 призначена для перевірки сигналізаторів, кнопка SB4 – для квітирування сигналу. Визначте роботу схеми при перевищенні температурою, що вимірюється термодатчиком ТТ поз.22а, свого максимального значення, а після зняття звукового сигналу HA2 температура, що вимірюється термодатчиком ТТ поз.21а, також перевищить своє максимальне значення. Поясніть роботу схеми під час миготіння світлового сигналізатора HL21, а також у разі перевірки звукового HA2 та світлових HL сигналізаторів.

Таблиця 2.4 – Програма схеми технологічної сигналізації з миготінням з повторною дією звукового сигналу

БЛОК № 1 LD %I1.2 ST %Q2.21 ST %Q2.22 ..... ST %Q2.30 ST %Q2.31 ST %Q8.0 ST %Q8.1 ..... ST %Q8.7 ST %Q8.8 БЛОК № 2 ANDN %I1.3 ST %Q9.1 БЛОК № 3 Блок № 3. 1 LDN %I1.2 MPS AND [%IW4.4>5000] ST %QM.1 MRD ..... AND [%IW4.7>5000] ST %QM.4 MRD AND [%IW5.0>5000]	ST %QM.5 MRD AND [%IW5.1>5000] ST %QM.6 MRD AND [%IW5.7>5000] ST %QM.12 MRD AND [%IW6.0>5000] ST %QM.13 MRD AND [%IW6.1>5000] ST %QM.14 MRD ..... AND [%IW6.6>5000] ST %QM.19 MPP AND [%IW6.7>5000] ST %QM.20 Блок № 3. 2 LDN %I1.2 ANDR %M1 S %Q9.1 R %M43 S %M21	LDN %I1.2 ANDR %M2 S %Q9.1 R %M43 S %M22 LDN %I1.2 ANDR %M19 S %Q9.1 R %M43 S %M39 LDN %I1.2 ANDR %M20 S %Q9.1 R %M43 S %M40 Блок № 3. 3 LDN %I1.2 AND %I1.3 AND %M21 R %Q9.1 R %M21 S %M45 LDN %I1.2 AND %I1.3	AND %M40 R %Q9.1 R %M40 S %M45 Блок № 3. 4 LDN %I1.2 AND %M1 MPS AND %M21 [%Q2.21: = %M44] MPP ANDN %M21 [%Q2.21: = %M45] LDN %I1.2 ANDN %M1 [%Q2.21: = %M45] LDN %I1.2 AND %M2 MPS AND %M22 [%Q2.22: = %M44] MPP ANDN %M22 [%Q2.22: = %M45] LDN %I1.2 ANDN %M2 [%Q2.22: = %M45]
LDN %I1.2 AND %M10 MPS AND %M30 [%Q2.30: = %M44] MPP ANDN %M30 [%Q2.30: = %M45] LDN %I1.2 ANDN %M10 [%Q2.30: = %M45]	LDN %I1.2 AND %M11 MPS AND %M31 [%Q2.31: = %M44] MPP MPP ANDN %M32 [%Q8.0: = %M45] LDN %I1.2 ANDN %M12 [%Q8.0: = %M45]	LDN %I1.2 AND %M13 MPS AND %M33 [%Q8.1: = %M44] MPP ANDN %M33 [%Q8.1: = %M45] LDN %I1.2 ANDN %M13 [%Q8.1: = %M45]	LDN %I1.2 AND %M19 MPS AND %M39 [%Q8.7: = %M44] MPP ANDN %M39 [%Q8.7: = %M45] LDN %I1.2 ANDN %M19 [%Q8.7: = %M45]
LDN %I1.2 AND %M20 MPS AND %M40 [%Q8.8: = %M44]	MPP ANDN %M40 [%Q8.8: = %M45] LDN %I1.2 ANDN %M20	[%Q8.8: = %M45] БЛОК № 4 LDN %MN1.R S %MN0	LD %MN0.R ST %M44 LDN %MN0.R S %MN1

TSX Micro 3722101

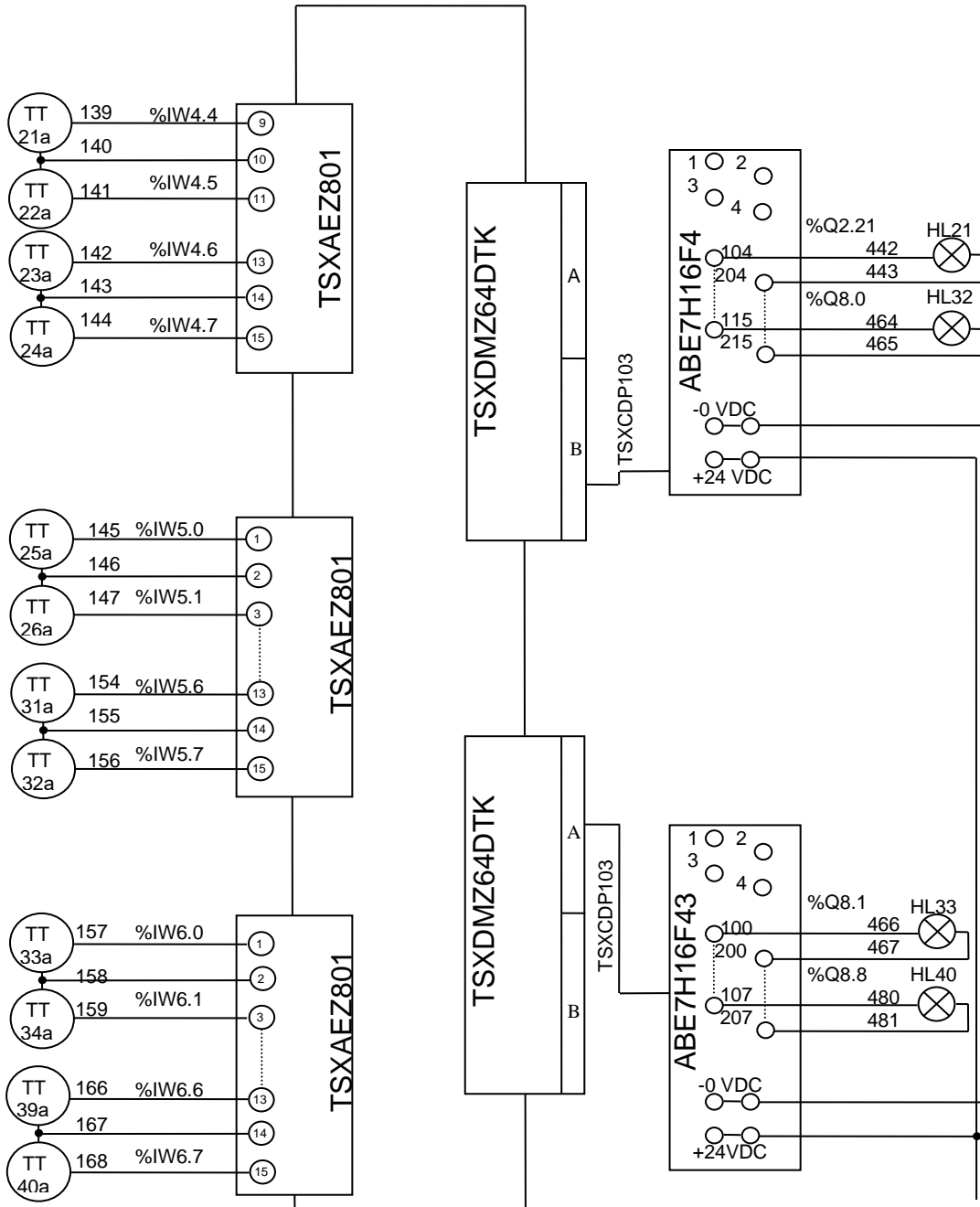


Рисунок 2.11, аркуш 1

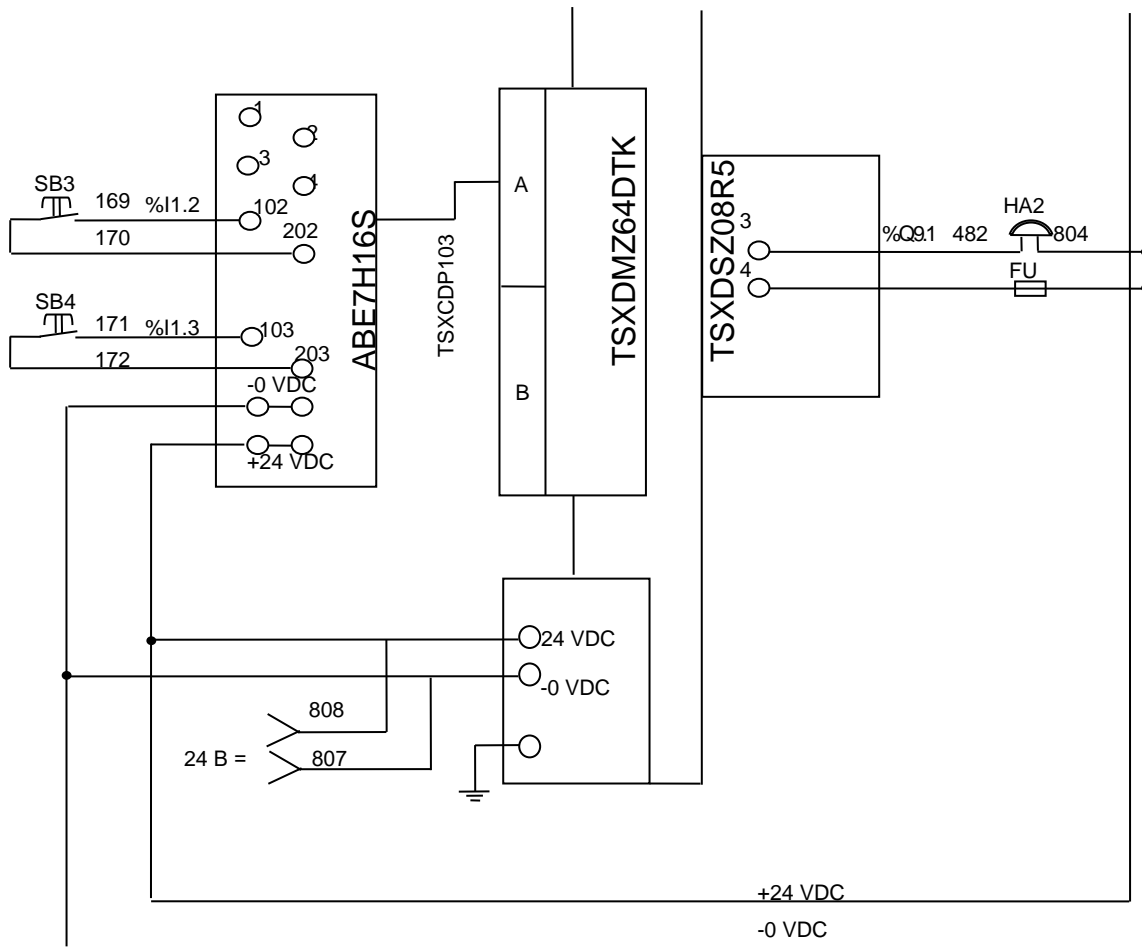


Рисунок 2.11, аркуш 2

**Задача 2.3.2.** Проаналізуйте схему виробничої сигналізації роботи електроприводів, не зв'язаних технологічною послідовністю вмикання, що реалізована за допомогою контролера TSX Micro. Схема сигналізує роботу 20 електродвигунів (M1 – M20) з допомогою 20 сигнальних ламп (HL41 – HL60). В цій схемі використані контакти магнітних пускачів електродвигунів (KM1 – KM20) та кнопки „Стоп” кожного електродвигуна (для M1 – SB7, для M2 – SB8, ..., для M20 – SB26). Кнопка SB5 призначена для перевірки сигналізаторів, кнопка SB6 – для квітирування сигналу. Схема і відповідна програма наведені на рисунку 2.12 і у таблиці 2.5. Визначте роботу схеми у разі нормальної роботи двигуна M1 (контакт магнітного пускача KM1 замкнений), його аварійної зупинки, а також зупинки з допомогою кнопки SB7. Поясніть роботу схеми у разі перевірки звукового HA3 та світлових HL сигналізаторів.



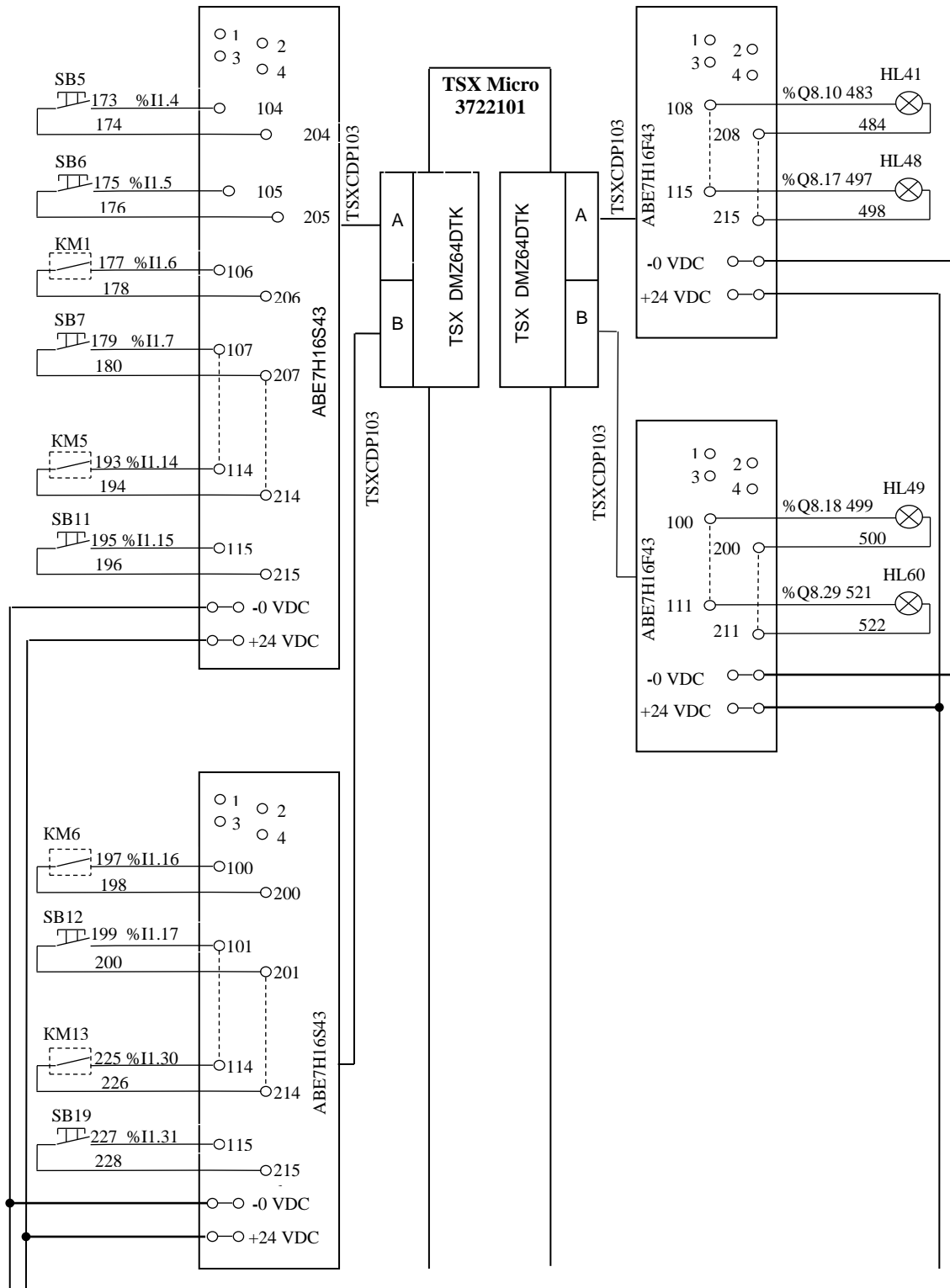


Рисунок 2.12, аркуш 1

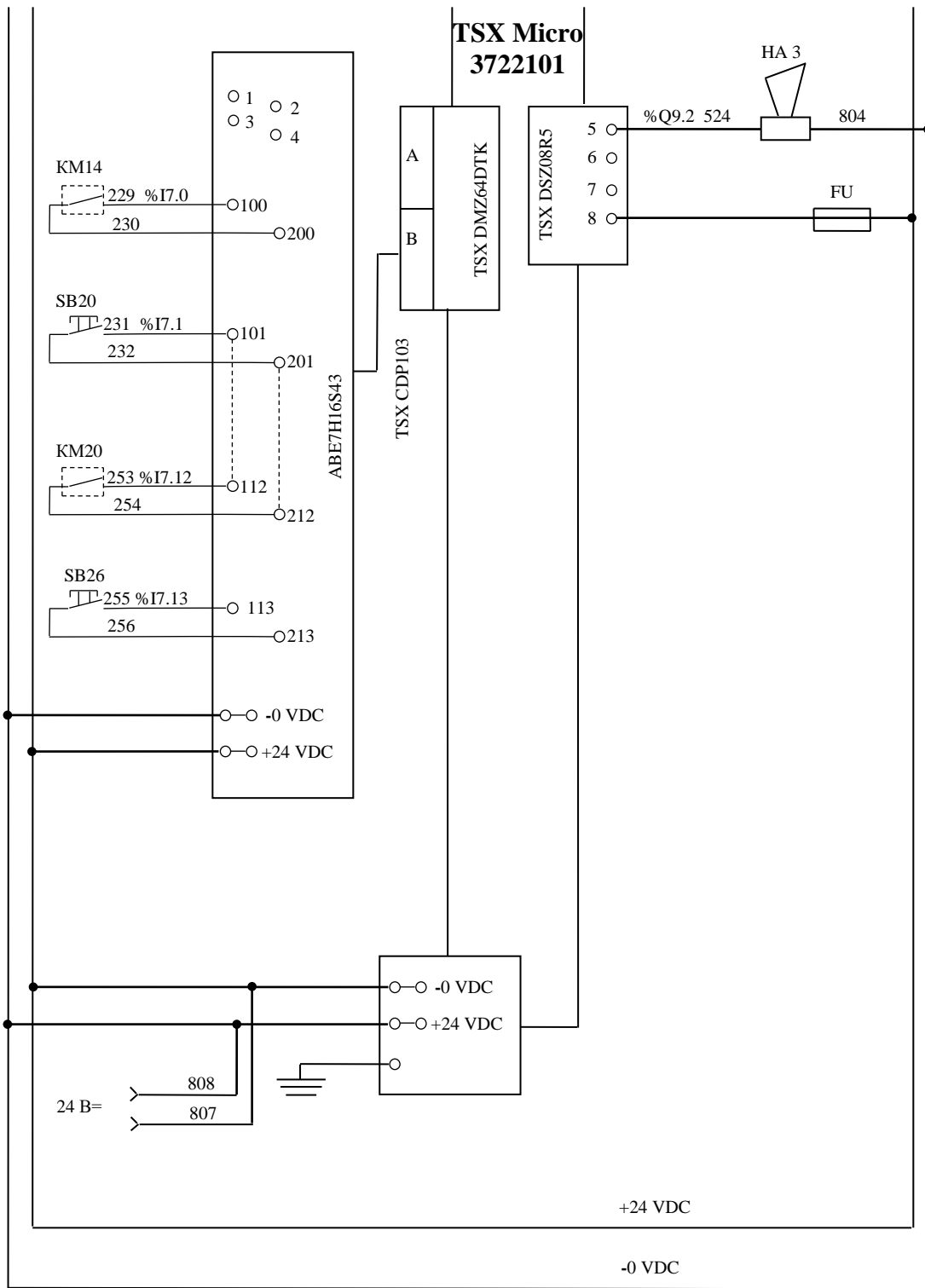


Рисунок 2.12, аркуш 2

Таблиця 2.5 – Програма схеми виробничої сигналізації двигунів, не зв'язаних технологічною послідовністю увімкнення

БЛОК № 1	MPP	LDN	%I1.4	LDN	%I1.4
LD %I1.4	AND %M44	AND	%I7.0	AND	%I7.5
ST %Q8.10	ST %Q8.11	S	%M53	R	%M61
ST %Q8.11	MPP	S	%M59	.....	
.....	ANDN %M47			LDN	%I1.4
ST %Q8.28	R %Q8.11	LDN	%I1.4	ANDN	%I7.10
ST %Q8.29		AND	%I7.1	MPS	
БЛОК № 2	LDN %I1.4	R	%M59	AND	%M64
ANDN %I1.5	AND %I1.10	LDN	%I1.4	MPS	
ST %Q9.2	S %Q8.12	ANDN	%I7.0	S	%Q9.2
БЛОК № 3	S %M48	MPS		MPP	
Блок № 3.1	LDN %I1.4	AND	%M59	AND	%M44
LDN %I1.4	AND %I1.11	MPS		ST	%Q8.28
AND %I1.6	R %M48	S	%Q9.2	MPP	
S %Q8.10	.....	MPP		ANDN	%M64
S %M46	LDN %I1.4	AND	%M44	R	%Q8.28
Блок № 3.2	ANDN %I1.28	ST	%Q8.23	LDN	%I1.4
LDN %I1.4	MPS	MPP		AND	%I7.12
AND %I1.7	AND %M57	ANDN	%M59	S	%Q8.29
R %M46	MPS	R		S	%M65
Блок № 3.3	S %Q9.2	%Q8.23			
LDN %I1.4	MPP	LDN	%I1.4	LDN	%I1.4
ANDN %I1.6	AND %M44	AND	%I7.2	AND	%I7.13
MPS	ST %Q8.21	S	%Q8.24	R	%M65
AND %M46	MPP	S	%M60		
MPS	ANDN %M57	LDN	%I1.4	LDN	%I1.4
S %Q9.2	R %Q8.21	AND	%I7.3	ANDN	%I7.12
MPP	LDN %I1.4	R	%M60	MPS	
AND %M44	AND %I1.30	LDN	%I1.4	AND	%M65
ST %Q8.10	S %Q8.22	AND	%I7.2	MPS	
MPP	S %M58	MPS	%Q9.2	S	%Q9.2
ANDN %M46	LDN %I1.4	AND	%M60	MPP	
R %Q8.10	AND %I1.31	MPS		AND	%M44
	R %M58	AND	%Q9.2	ST	%Q8.29
LDN %I1.4	LDN %I1.4	MPP		MPP	
AND %I1.8	ANDN %I1.30	AND	%M44	ANDN	%M65
S %Q8.11	MPS	ST	%Q8.24	R	%Q8.29
S %M47	AND %M58	MPP		Блок № 3. 4	
	MPS	ANDN	%M60	LDN	%I1.4
LDN %I1.4	S %Q9.2	R	%Q8.24	AND	%I1.5
AND %I1.9	MPP	LDN	%I1.4	R	%Q9.2
R %M47	AND %M44	AND	%I7.4	R	%M46
	ST %Q8.22	MPS	%Q9.2	R	%M47
LDN %I1.4	MPP	S	%M60	.....	
ANDN %I1.8	AND %M44	ANDN	%I7.2	R	%M64
MPS	ST %Q8.22	R	%Q8.24	R	%M65
AND %M47	MPP	LDN	%I1.4		
MPS	ANDN %M58	AND	%I7.4		
S %Q9.2	R %Q8.22	S	%Q8.25		
		S	%M61		

**Задача 2.3.3.** Проаналізуйте схему виробничої сигналізації роботи електроприводів, зв'язаних технологічною послідовністю вмикання, що реалізована за допомогою контролера TSX Micro. Схема сигналізує роботу 20 електродвигунів (M21 – M40) з допомогою 20 сигнальних ламп (HL61 – HL80). В цій схемі використані контакти магнітних пускачів електродвигунів (KM21 – KM40) та кнопки „Стоп” кожного електродвигуна (для M21 – SB31, для M22 – SB32, ..., для M40 – SB50). Кнопка SB27 призначена для перевірки сигналізаторів, кнопка SB28 – для квітирування сигналу, кнопка SB29 – для пуску всієї групи двигунів, кнопка SB30 – для вимкнення ламп перших 19 двигунів. Схема і відповідна програма наведені на рисунку 2.13 і у таблиці 2.6. Визначте роботу схеми у разі пуску та нормальної роботи лінії, аварійної зупинки двигуна M21, а також його зупинки з допомогою кнопки „Стоп”. Поясніть роботу схеми при перевірці звукового HA4 та світлових HL сигналізаторів.

Таблиця 2.6 – Програма схеми виробничої сигналізації двигунів, зв'язаних технологічною послідовністю увімкнення

БЛОК № 1	S	%Q5.9	R	%Q5.2	R	%Q6.4	
LD	%I1.0						
ST	%Q2.0	LD	%I3.0	LDN	%I1.25	LD	TRUE
ST	%Q2.1	AND	%M66	R	%Q5.3	R	%M100
.....		S	%Q5.10	.....		S	%M101
ST	%Q2.18	LD	%I3.1	LDN	%I1.30	Блок № 4. 2	
ST	%Q2.19	AND	%M66	R	%Q5.8	LDN	%I1.0
БЛОК № 2	S	%Q5.11	LDN	%I1.31	R	ANDN	%M90
ANDN	%I1.0	.....		R	%Q5.9	MPS	
ST	%Q5.0	LD	%I3.9	LDN	%I3.0	AND	%M100
БЛОК № 3	AND	%M66	LDN	%Q5.10	R	ST	%Q2.0
Блок № 3. 1	S	%Q6.3	R		ST	%Q2.1	
LD	%I1.2	LD	%I3.10	LDN	%I3.1	.....	
S	%M66	AND	%M66	R	%Q5.11	ST	%Q2.17
S	%Q5.1	S	%Q6.4	.....		ST	%Q2.18
Блок № 3. 2	LD	%I1.24	Блок № 3. 3	LDN	%I3.4	MPP	
AND	%M66	LD	%I3.11	R	%Q5.14	AND	%M101
S	%Q5.2	R	%M66	LDN	%I3.5	ST	%Q2.19
Блок № 3. 3	LD	%I1.25	Блок № 3. 4	R	%Q5.15	Блок № 4.3	
AND	%M66	LD	%I1.4	LDN	%I3.6	LDN	%I1.0
S	%Q5.3	R	%Q5.1	R	%Q6.0	AND	%M90
LD	%I1.26	LD	%I1.5	LDN	%I3.7	MPS	
AND	%M66	R	%Q5.2	R	%Q6.1	AND	%I1.24
S	%Q5.4	.....		LDN	%I3.8	S	%M70
LD	%I1.30	LD	%I1.22	R	%Q6.2	S	%Q5.0
AND	%M66	R	%Q6.3	LDN	%I3.9	MRD	
S	%Q5.8	LD	%I1.23	R	%Q6.3	AND	%I1.25
LD	%I1.31	R	%Q6.4	LDN	%I3.10	S	%M71
AND	%M66	БЛОК № 4		R		S	%Q2.1
		Блок № 4. 1		.....		MRD	
		LDN	%I1.24			AND	%I1.30
						S	%M76

Продовження таблиці 2.6

S	%Q2.6	ANDN	%M77	MRD		Блок № 4. 6	
MRD		AND	%M100	AND(	%I1.5	LDN	%I1.0
AND	%I1.31	ST	%Q2.7	ORN	%I1.24	AND	%Q5.0
S	%M77			)		R	%M70
S	%Q2.7	MRD		R	%M71	R	%M71
MRD		ANDN	%I3.0			.....	
AND	%I3.0	MPS		MRD		R	%M88
S	%M78	AND	%M78	AND(	%I1.6	R	%M89
S	%Q2.8	AND	%M44	ORN	%I1.25	Блок № 4. 7	
MRD		ST	%Q2.8	)		LDN	%I1.0
AND	%I3.1	MPP		R	%M72	AND(N	%I1.24
S	%M79	ANDN	%M78	.....		AND	%M70
S	%Q2.9	AND	%M100	MRD		OR(N	%I1.25
.....		ST	%Q2.8	AND(	%I1.11	AND	%M71
MRD		MRD		ORN	%I1.30	.....	
AND	%I3.10	ANDN	%I3.1	)		OR(N	%I1.30
S	%M88	MPS		R	%M77	AND	%M76
S	%Q2.18	AND	%M79	MRD		OR(N	%I1.31
MRD		AND	%M44	AND(	%I1.12	AND	%M77
AND	%I3.11	ST	%Q2.9	ORN	%I1.31	OR(N	%I3.0
S	%M89	MPP		)		AND	%M78
S	%Q2.19	ANDN	%M79	R	%M78	OR(N	%I3.1
Блок № 4. 4		AND	%M100			AND	%M79
MRD		ST	%Q2.9	MRD		.....	
ANDN	%I1.24	.....		AND(	%I1.12	OR(N	%I3.10
MPS		MRD		ORN	%I1.31	AND	%M88
AND	%M70	ANDN	%I3.10	)		OR(N	%I3.11
AND	%M44	MPS		R	%M78	AND	%M89
ST	%Q2.0	AND	%M88	MRD		)	
MPP		AND	%M44	AND(	%I1.13	)	
ANDN	%M70	ST	%Q2.18	ORN	%I3.0	),.....(20 елементів)...	
AND	%M100	MPP		R	%M79	S	%M90
ST	%Q2.0	ANDN	%M88	MRD		S	%Q5.0
MRD		AND	%M100	AND(	%I1.14	LDN	%I1.0
ANDN	%I1.25	ST	%Q2.18	ORN	%I3.1	Блок № 4. 8	
MPS		MRD		)		LD	%I1.1
AND	%M71	ANDN	%I3.11	R	%M80	R	%Q5.0
AND	%M44	MPS		MRD		LDN	%I1.0
ST	%Q2.1	AND	%M89	AND(	%I1.22	Блок № 4. 9	
MPP		AND	%M44	ORN	%I3.9	AND	%I1.3
ANDN	%M71	ST	%Q2.19	)		AND	%Q5.1
AND	%M100	MPP		R	%M88	AND	%Q5.2
ST	%Q2.1	ANDN	%M89	.....		.....	
MRD		AND	%M100	MRD		AND	%Q5.14
ANDN	%I1.31	ST	%Q2.19	AND(	%I1.23	AND	%Q5.15
MPS		Блок № 4. 5		ORN	%I3.10)	AND	%Q6.0
AND	%M77	MRD		)		AND	%Q6.1
AND	%M44	AND	%I1.4	R	%M89	AND	%Q6.2
ST	%Q2.7	R	%M70	MRD		AND	%Q6.3
MPP				AND(	%I1.23	R	%M90
				ORN	%I3.10)		
				R	%M89		

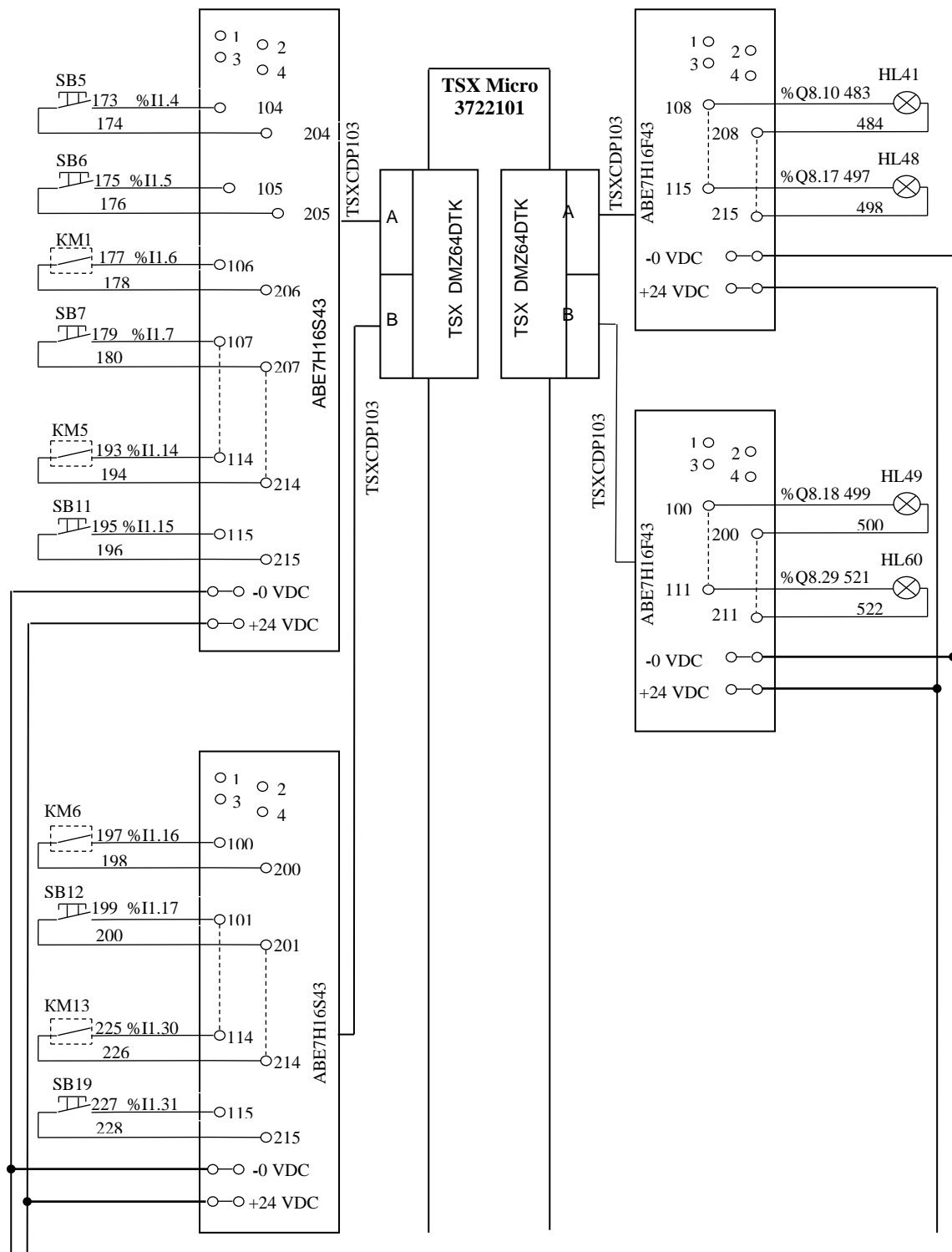


Рисунок 2.13, аркуш 1

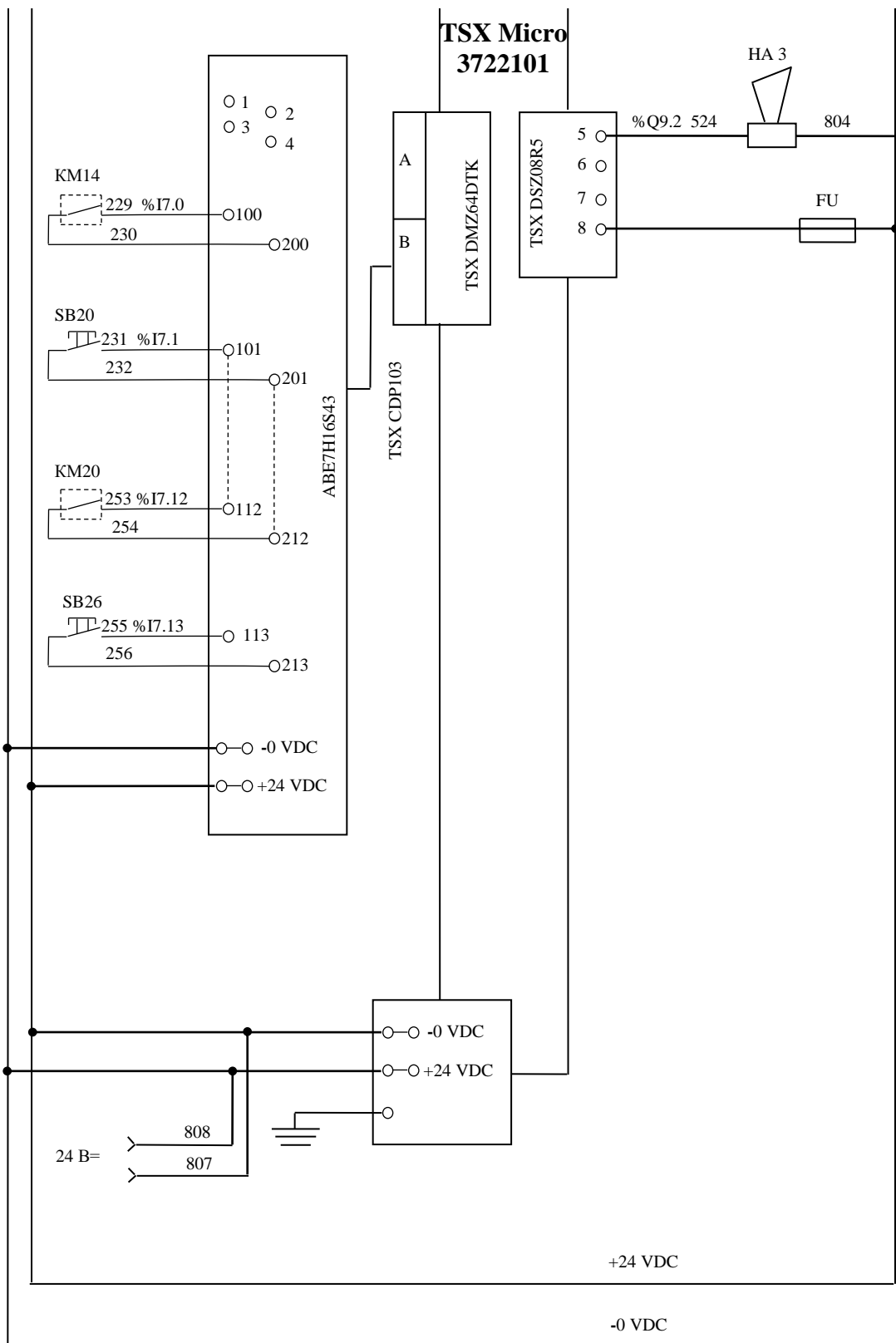


Рисунок 2.13, аркуш 2

### 3 Проектування принципів релейних схем

#### 3.1 Принципові схеми керування електроприводами виробничих механізмів

*Мета заняття* – засвоєння методики проектування принципів релейних схем керування електроприводами технологічного устаткування, починаючи, як і для всіх інших релейних схем, із складання алгоритму роботи схеми і розробки її структури і закінчуючи переходом до принципової схеми та її графічним виконанням.

Ці схеми найбільш поширені серед схем керування систем автоматизації, до яких також відносяться *схеми автоматичного регулювання і керування*, включаючи схеми керування електроприводом чи пневмоприводом запірних і регулювальних пристроїв та *схеми програмного керування* технологічними агрегатами періодичної дії у функції часу чи інших змінних. До них відносяться, насамперед, схеми керування електроприводами транспортуючих засобів: насосів, компресорів потоково-транспортних систем (ПТС), які являють собою комплекс механізмів і споруд, призначених для переробки, транспортування матеріалів (в основному сипких) в єдиному технологічному потоці.

Схеми керування, в залежності від ступеня участі оператора, можуть працювати в *автоматичному, автоматизованому і ручному* режимах, причому автоматизоване чи ручне керування може бути місцевим чи дистанційним в залежності від місця розташування командоапаратів. При місцевому керуванні оператор керує механізмом чи апаратом безпосередньо з місця встановлення електропривода, дистанційне керування реалізується з операторського або з центрального пункту керування.

Більшість електроприводів виробничих механізмів у харчовій промисловості є нереверсивними асинхронними електродвигунами з короткозамкненим ротором. Приймальними елементами схем керування цими електродвигунами є кнопкові станції з кнопками „Пуск” і „Стоп”, перемикач вибору режиму роботи (ПВР) та у разі наявності автоматичного режиму роботи –



контакт, який забезпечує автоматичний пуск і зупинення двигуна. Виконавчими елементами схем керування є магнітний пускач та сигнальні лампи, у разі відсутності окремої схеми виробничої сигналізації.

Як правило, електродвигун має три види захисту: від короткого замикання; від перевантаження і від мінімальної напруги (нульовий захист). Перші два види захисту здійснюються автоматичним вимикачем, який одночасно є роз'єднувачем силової трифазної мережі двигуна. Для захисту від перевантажень використовують також електротеплові реле, контакти яких в схемі керування вмикають послідовно з котушкою магнітного пускача. Захист від мінімальної напруги запобігає самопуску двигуна при поновленні попередньо зниклої напруги і реалізується у місцевому та дистанційному режимах з допомогою кнопки „Пуск”, яка забезпечує імпульсне подання сигналу. В автоматичному режимі використовують спеціальні схеми перетворення тривалого сигналу керування контролера в імпульсний з допомогою конденсатора або реле часу.

При складанні алгоритмів роботи схем керування електроприводами виробничих механізмів їх поділяють на дві групи: *перший*, коли електродвигуни не зв'язані технологічною послідовністю вмикання і працюють автономно; *другий*, коли електродвигуни зв'язані технологічною послідовністю вмикання, як, наприклад, в схемах керування ПТС. Для обох груп алгоритмів обов'язковою є наявність місцевого режиму роботи, який використовується для ремонту, перевірки та налагоджування схем керування електродвигунами, причому у разі переведення схеми у режим місцевого керування повинна бути виключена можливість пуску механізму в іншому режимі роботи.

Найбільш поширеними є три види алгоритмів роботи схем керування автономними електродвигунами: з місцевим і дистанційним режимами роботи; з місцевим і автоматичним режимами роботи; з місцевим, автоматичним робочим та автоматичним резервним режимами роботи (у разі наявності резервного механізму). Особливістю управління ПТС є необхідність пуску механізмів у напрямку, зворотному потоку матеріалів, а в разі зупинки якогось з механізмів автоматично

послідовно зупиняються усі попередні, за потоком матеріалів, механізми, щоб запобігти виникненню завалів матеріалів. Тому алгоритми роботи схеми керування ПТС мають передбачати три режими роботи: централізований заблокований; місцевий заблокований (керування місцеве, але запуск двигунів здійснюється за умови, що працює двигун наступного за потоком механізму); місцевий незблокований.

В схемі керування у разі відсутності окремої схеми виробничої сигналізації можуть знаходитися від однієї до трьох сигнальних ламп НЛ, які сигналізують такі режими роботи механізму: нормальної роботи, нормального зупинення (наприклад, кнопкою „Стоп”), аварійного зупинення. При наявності однієї НЛ вона сигналізує тільки режим нормальної роботи двигуна. При наявності двох НЛ одна з них сигналізує перший, друга – другий режим. Кожна з трьох ламп сигналізує один з трьох режимів роботи двигуна.

**Література** [7, с. 110, 112 – 115, 120 – 124; 8, с. 55, 58, 59, 62, 64 – 70; 9, с. 46 – 68, 117 – 119; 14, с. 138 – 147].

### **Контрольні питання**

1 Як залежно від виконуваних функцій поділяють принципові схеми керування, розроблювані при проектуванні систем автоматизації?

2 Які режими роботи використовують у схемах керування електроприводами технологічних установок? У чому відмінність місцевого керування від дистанційного?

3 Яке керування відноситься до місцевого і як апаратурно місцеве керування реалізується в принципових схемах?

4 Яке керування відноситься до дистанційного і як апаратурно дистанційне керування реалізується в принципових схемах?

5 Яке керування відноситься до автоматичного і як апаратурно автоматичне керування реалізується в принципових схемах?

6 Що таке „нульовий захист” (захист від мінімальної напруги) і як цей захист, а також захист від перевантаження реалізується в схемі при місцевому і автоматичному режимах? В чому особливість реалізації „нульового захисту” при автоматичному режимі?

7 Як сигналізується робота електропривода з допомогою двох та трьох сигнальних ламп?

8 Чи існують стандарти на зображення елементів на принципових ре-лейних схемах? Як зображаються на цих схемах котушки реле та їх контакти, конденсатори, резистори, діоди, кнопки і перемикачі?

9 Як позначаються на принципових електричних схемах реле та їх контакти, конденсатори, резистори, діоди, технологічні контакти, кнопки, перемикачі? Чи існують стандарти на ці позначення?

### Контрольна задача

**Задача 3.1.0.** Проаналізуйте принципову електричну схему керування електродвигуном, наведену на рисунку 3.1. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформуйте алгоритм роботи схеми. Опишіть роботу схеми по колах при місцевому та дистанційному режимах роботи. Поясніть, як в схемі реалізовано „нульовий захист” (захист від самозапуску) та захист від перевантаження, що сигналізують лампи HL1, HL2 та HL3. Перемикач SA має три положення: місцеве (М), відключено (В), дистанційне (Д).

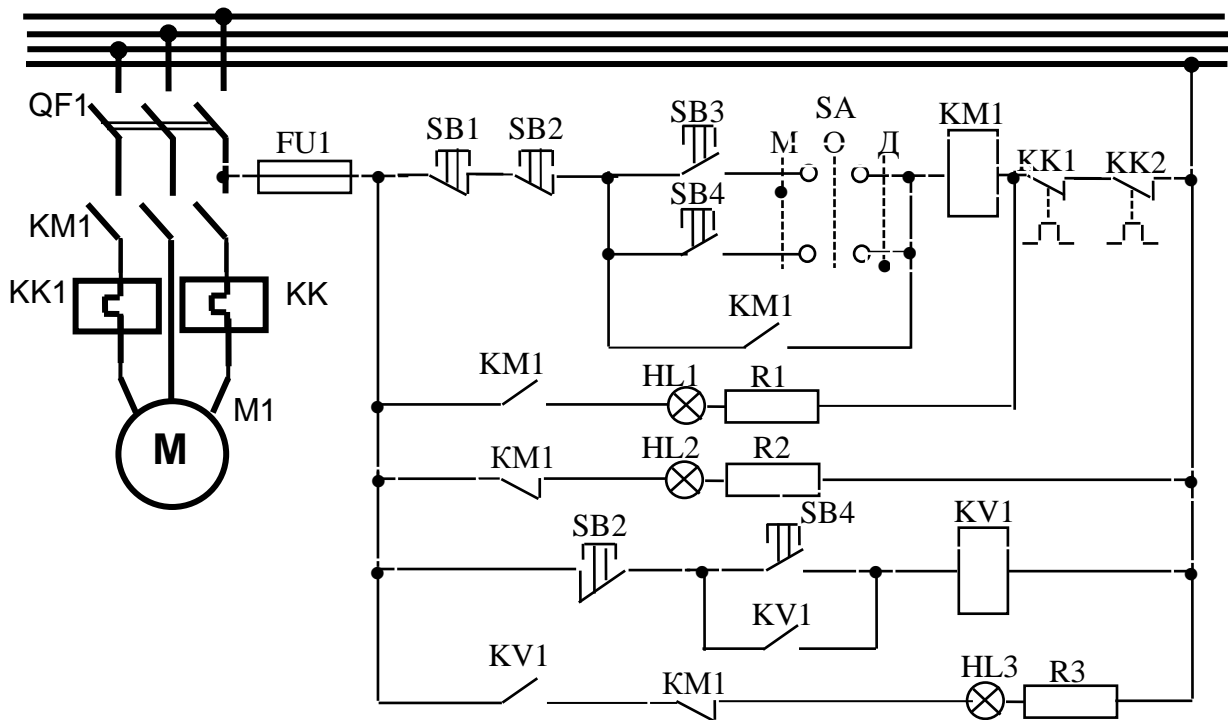


Рисунок 3.1

## Розв'язання

1 Приймальними елементами схеми є контакти кнопок «Стоп» SB1 і SB2 та кнопок «Пуск» SB3 і SB4, а також перемикача SA; виконавчими елементами – сигнальні лампи HL1,..., HL3 і котушка магнітного пускача KM1; проміжні елементи – реле KK1, KK2, KV1 і резистори R1, R2, R3.

2 Алгоритм роботи схеми: при знаходженні SA в положенні М двигун M1 вмикають натисканням на кнопку SB3, а при знаходженні SA в положенні Д – натисканням на кнопку SB4. Для зупинення двигуна треба натиснути на кнопку SB1 чи SB2 або перевести перемикач SA у положення О. Лампа HL1 горить, коли двигун увімкнений і нормально працює; лампа HL2 – коли двигун вимкнений кнопкою «Стоп» і готовий до ввімкнення;

3 При натисканні на кнопку SB3, коли перемикач знаходиться у положенні М, утворюється така мережа живлення котушки KM1: шина живлення (ШЖ) –запобіжник FU1 – розмикаючі контакти (р.к.) кнопок SB1 і SB2 – замикаючий контакт (з.к.) кнопки SB3 – контакт перемикача SA – котушка KM1 – р.к. теплових реле KK1 і KK2 – ШЖ. Аналогічна мережа через з.к. кнопки SB4 утворюється при знаходженні перемикача в положенні Д. Реле KV1 призначено для утворення мережі незбіжності з.к. KV1 – р.к. KM1, що ідентифікує аварійну ситуацію.

## Задачі для розв'язання

**Задача 3.1.1.** Проаналізуйте принципову електричну схему керування електродвигуном, наведену на рисунку 3.2. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформуйте алгоритм роботи схеми. Опишіть роботу схеми по колах при місцевому та автоматичному режимах роботи. Поясніть, як в схемі реалізовано „нульовий захист” (захист від самозапуску) та захист від перевантаження, з допомогою яких елементів схеми тривалий сигнал реле KV, що підключено до дискретного виходу контролера, перетворено на імпульсний і що сигналізують лампи HL1 та HL2. Перемикач SA має три положення: місцеве (М), вимкнено (В), дистанційне (Д).

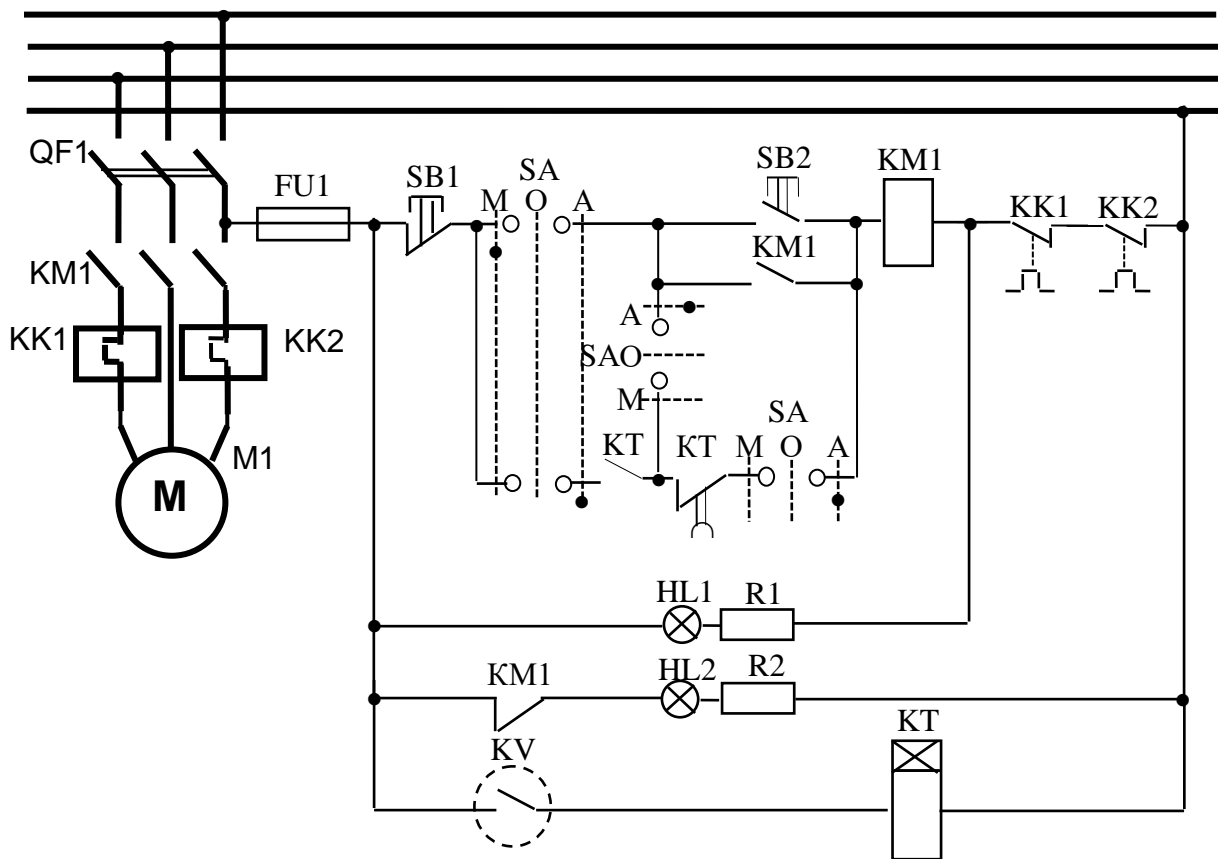


Рисунок 3.2

**Задача 3.1.2.** Проаналізуйте принципову електричну схему керування електродвигунами двох насосних агрегатів з ввімкненням резервного додатково до робочого, показану на рисунку 3.3. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформууйте алгоритм роботи схеми. Опишіть роботу схеми по колах при автоматичному режимі роботи насоса спочатку як робочого, а потім як резервного, а також при місцевому керуванні. Перемикачі SA1 і SA2 мають три положення: автоматичне резервне (АР), місцеве (М), автоматичне (А). Виділено чотири положення рівня у збірнику перед насосами: нижній (Н), середній (С), верхній (В), верхній аварійний (ВА). Контакт SL1 розімкнений при Н-рівні і замкнений при С,В,ВА-рівнях, контакт SL2 розімкнений при Н,С-рівнях і замкнений при В,ВА-рівнях, контакт SL3 розімкнений при Н,С,В- рівнях і замкнений при ВА-рівні.

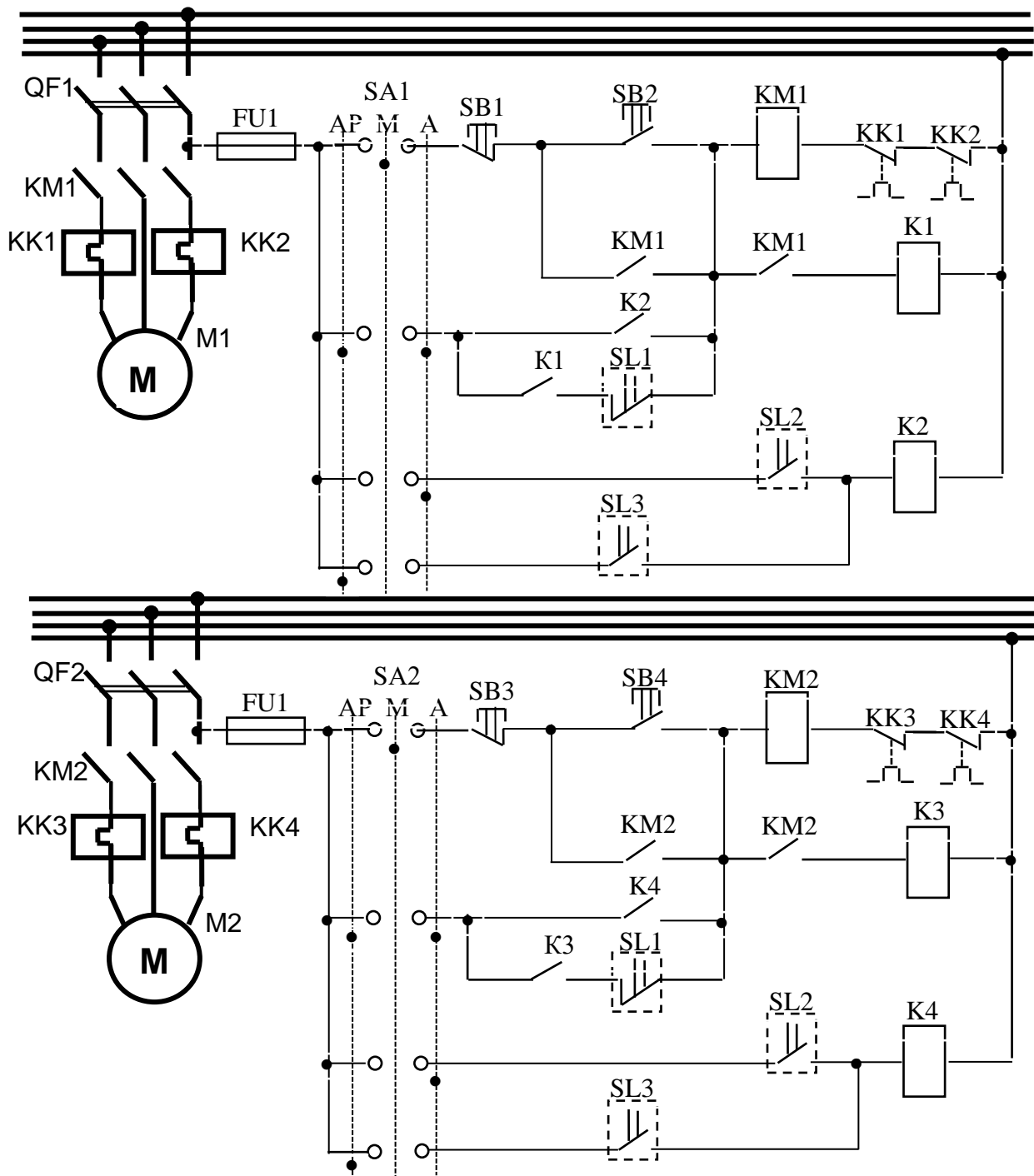


Рисунок 3.3

**Задача 3.1.3.** Проаналізуйте принципову електричну схему керування електродвигунами М1 (перший за запуском) і М2 (другий за запуском) двох транспортуючих засобів ПТС, показану на рисунку 3.4. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформууйте алгоритм роботи схеми. Опишіть роботу схеми по колах при автоматичному та місцевому режимах спочатку електродвигуна М1, а потім М2. Перемикачі SA2 і SA4 мають три положення: автоматичне (А), місцеве (М), автоматичне (А). Реле ввімкнення дільниці ПТС К1 і реле пуску першого двигуна К2 знаходяться в загальній схемі керування дільницею ПТС (на рисунку не наведена), причому при пуску двигунів дільниці спрацьовують і К1 і К2, однак К1 відключається після запуску останнього двигуна дільниці.

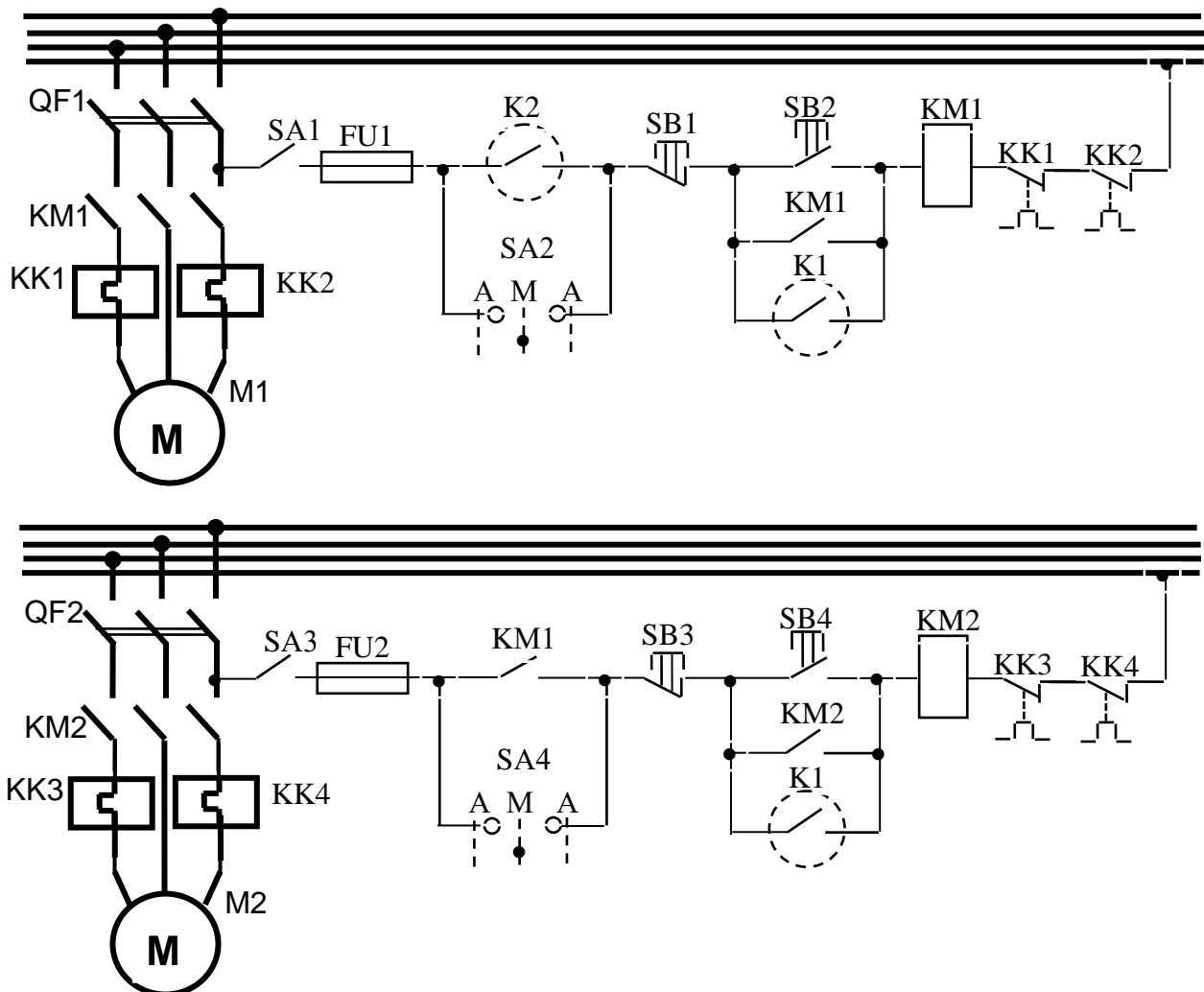


Рисунок 3.4

### 3.2 Принципові схеми керування електроприводами запірних пристроїв

*Мета заняття* – засвоєння методики проектування принципів релейних схем керування запірними пристроями, призначеними для повного перекриття потоків рідинних чи газоподібних продуктів.

Електроприводи запірних пристроїв поділяють на електромагнітні та електродвигунні, причому перші найчастіше є приводами відсічних клапанів, а другі – засувки. Запірні пристрої на відміну від регульовальних забезпечують повне перекриття потоків рідинних чи газоподібних продуктів і використовуються в схемах захисту чи позиційного регулювання.

Застосовують *електромагнітні приводи* двох видів: без заскочки та із заскочкою. Катушки електромагнітів перших розраховані на тривале перебування під струмом, тому що при подаванні напруги на електромагніт його якір втягується і клапан відкривається. Постійне споживання електроенергії при відкритому положенні клапана і можливість довільного переключення при зникненні напруги є суттєвими недоліками цих приводів, які відсутні у приводів із заскочкою. Останні мають два електромагніти: головний – для відкриття клапана та електромагніт заскочки, що утримує клапан у відкритому положенні. Катушки обох електромагнітів знаходяться під струмом тільки під час переключення клапана. Для того, щоб відкрити клапан, треба подати напругу на головний електромагніт, щоб закрити – на електромагніт заскочки.

Як приводи засувки найчастіше використовують *асинхронні реверсивні багатообертові електродвигуни* з редуктором, муфтою граничного крутного моменту (ГКМ) та кінцевими вимикачами. Контакти цих муфт у схемах запірних пристроїв, що закриваються без примусового ущільнення, забезпечують вимкнення електроприводів у разі досягнення ГКМ при неспрацьованні кінцевих вимикачів, а також при застряганні пристрою у проміжному положенні. У схемах запірних пристроїв, що закриваються з примусовим ущільненням, вимкнення електропривода відбувається при спрацьовуванні муфти ГКМ у положенні ущільненого закриття. Кінцеві вимикачі призначені для обмеження ходу робочого органа в положеннях повного закриття та відкриття.



**Література** [6, с. 20, 21, 30, 32, 33; 9, с. 154 – 170; 12, с. 288-295; 13, с. 792 – 794, 805 – 809; 14, с. 140 – 145].

### **Контрольні питання**

1 В яких системах автоматичного керування використовують запірні пристрої і які електроприводи вони можуть мати?

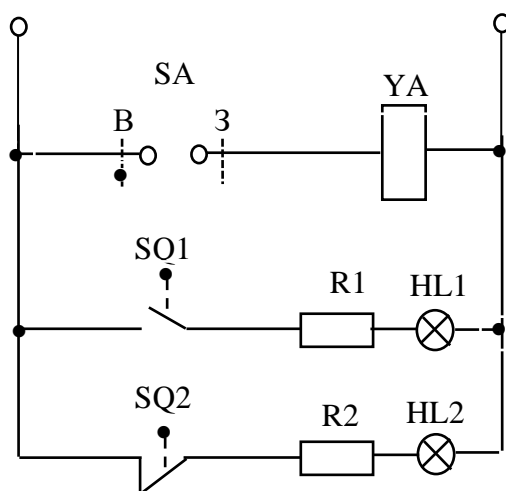
2 Як працює електромагніт із заскочкою і які переваги він має перед електромагнітом без заскочки?

3 Які електродвигуни використовують як приводи засувок? Які функції виконує в схемах керування засувками з примусовим ущільненням і без такого муфта граничного крутного моменту?

4 Які функції в схемах керування засувками виконують кінцеві вимикачі?

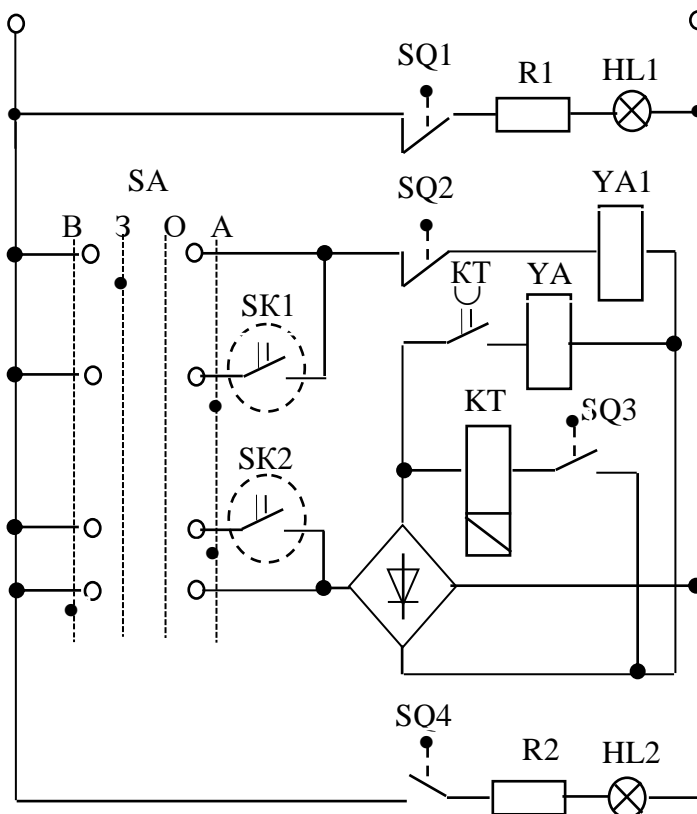
### **Контрольна задача**

**Задача 3.2.0.** Проаналізуйте принципову електричну схему керування (рисунок 3.5) електромагнітним приводом, котушки якого розраховані на тривале перебування під струмом. Перемикач SA має два положення: відкрито (В) і закрито (З). Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформуйте алгоритм роботи схеми. Опишіть роботу схеми за колами при закритті запірного органа та його відкритті, а також визначте функції кінцевих вимикачів SQ1, SQ2 та сигналізаторів HL1, HL2.



Позначення	Закрито	Відкрито
SQ1	=====	=====
SQ2	=====	=====

Рисунок 3.5



Позначення	Закрито	Відкрито
SQ1, SQ2	=====	=====
SQ3, SQ4	=====	=====

Рисунок 3.6

### Розв'язання

1 Приймальними елементами схеми є контакти кнопок перемикача SA, а також кінцевих вимикачів SQ1 та SQ2; виконавчими елементами – сигнальні лампи HL1, HL2 і котушка електромагніта YA.

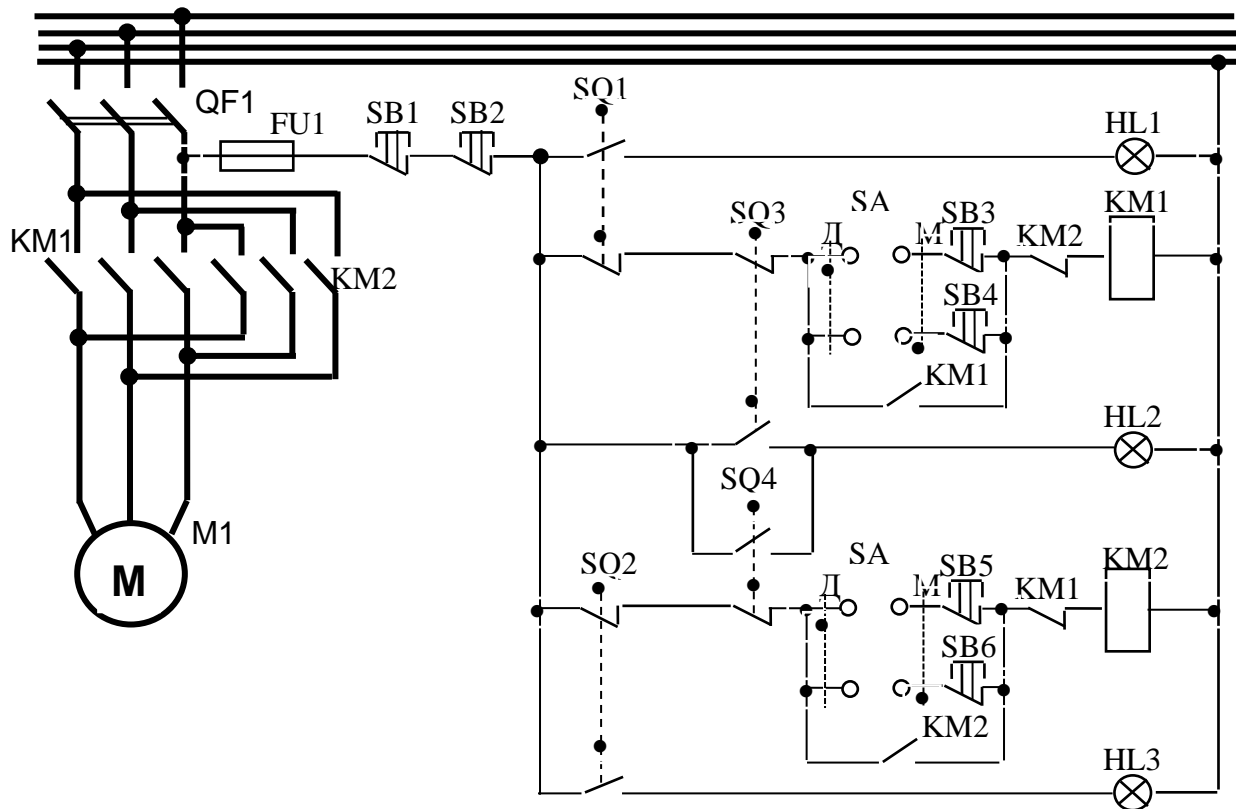
2 Алгоритм роботи схеми: при знаходженні перемикача SA в положенні B отримує живлення електромагніт YA і клапан відкривається, контакт SQ1 замикається і горить лампа HL1. У разі переведення перемикача SA в положення O електромагніт YA втрачає живлення, клапан закривається, контакт SQ1 розмикається, а контакт SQ2 замикається і горить лампа HL2.

3 Враховуючи простоту схеми, алгоритм її роботи фактично описує роботу схеми за колами.

## Задачі для розв'язання

**Задача 3.2.1.** Проаналізуйте принципову електричну схему керування (рисунок 3.6) електромагнітним приводом, який має головний електромагніт YA і електромагніт засочки YA1. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформууйте алгоритм роботи схеми. Опишіть роботу схеми за колами при закритті запірного органа та його відкритті, а також визначте функції кінцевих вимикачів SQ1 – SQ4 та сигналізаторів HL1, HL2. Перемикач SA має чотири положення: відкрито (B), закрито (З), вимкнено (B), автоматичне (A). SK1 та SK2 – контакти термодатчиків, причому SK1 замикається, коли температура стає більше встановленої межі, а SK2 замикається, коли температура стає менше встановленої межі.

**Задача 3.2.2.** Проаналізуйте принципову електричну схему керування з двох місць багатооборотним електроприводом засувки, яка наведена на рисунку 3.7. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформууйте алгоритм роботи схеми. Опишіть роботу схеми за колами при закритті запірного органа, відкритті його і перебуванні у проміжному положенні, а також визначте функції кінцевих вимикачів SQ1, SQ2, вимикачів муфти ГKM SQ3, SQ4 та сигналізаторів HL1 – HL3. Перемикач SA має два положення: дистанційне (Д) і місцеве (М).



Позначення	Контакти	Запірний пристрій		
		Закрито	Хід	Відкрито
SQ1	р.к.	██████████	██████████	██████████
	з.к.	██████████	██████████	██████████
SQ2	р.к.	██████████	██████████	██████████
	з.к.	██████████	██████████	██████████

Позначення	Контакти	Запірний пристрій	
		Норма	Вище за норму
SQ3 SQ4	р.к.	██████████	██████████
	з.к.	██████████	██████████

Рисунок 3.7

**Задача 3.2.3.** Проаналізуйте принципову електричну схему керування електроприводом засувки, показану на рисунку 3.8, що може працювати як в автоматичному, так і в дистанційному режимах. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформуйте алгоритм роботи схеми. Опишіть роботу схеми за колами при закритті запірного органа, відкритті його і перебуванні у проміжному положенні, а також визначте функції кінцевих вимикачів SQ1, SQ2, вимикачів муфти ГKM SQ3, SQ4 та сигналізаторів HL1 – HL3. Перемикач SA має два положення: автоматичне (А) і дистанційне (Д).

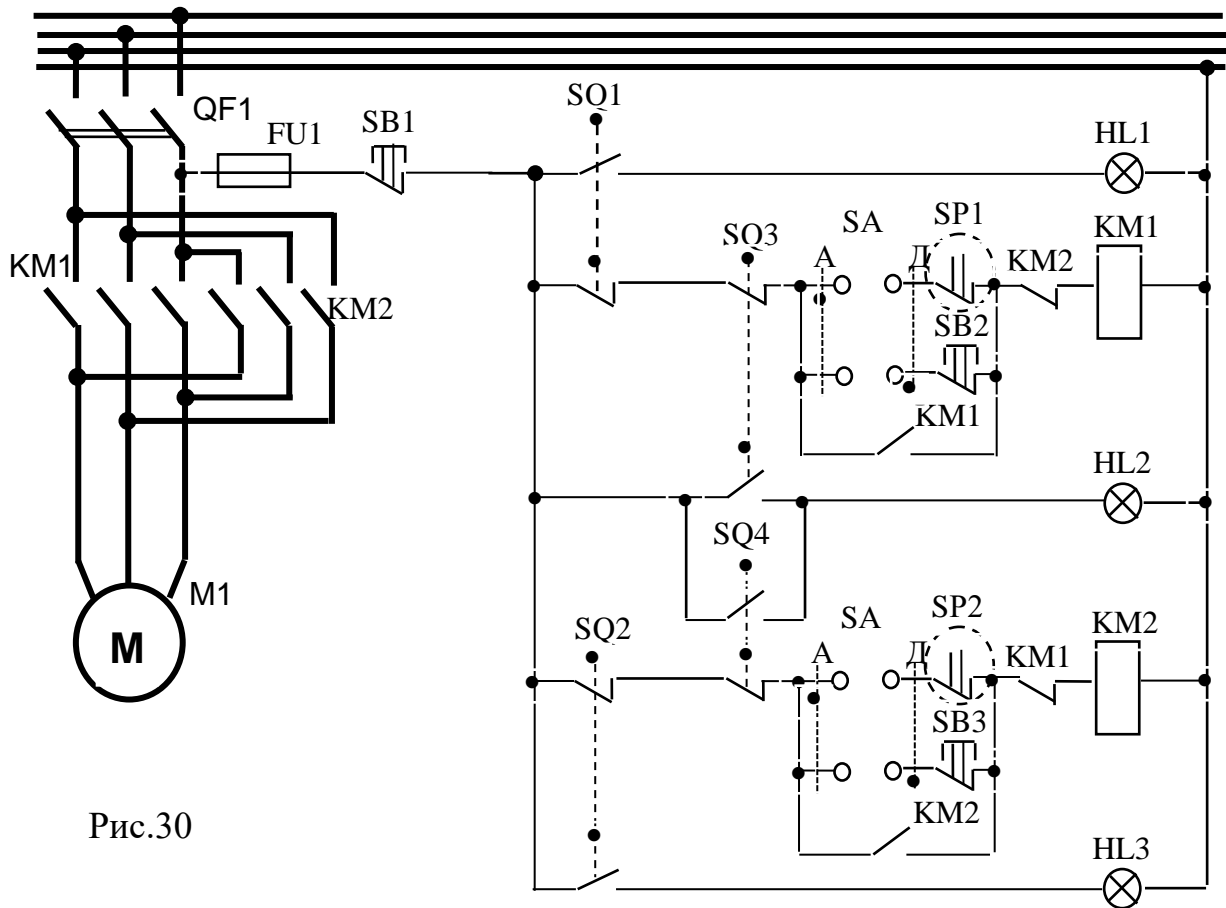


Рис.30

Позначення	Контакти	Запирний пристрій		
		Закрито	Хід	Відкрито
SQ1	р.к.	██████████	██████████	██████████
	з.к.	██████████	██████████	██████████
SQ2	р.к.	██████████	██████████	██████████
	з.к.	██████████	██████████	██████████

Позначення	Контакти	Запирний пристрій	
		Норма	Вище за норму
SQ3 SQ4	р.к.	██████████	██████████
	з.к.	██████████	██████████

Рисунок 3.8

### 3.3 Принципові схеми керування виконавчими механізмами регулювальних органів

*Мета заняття* – засвоєння методики проектування принципів схем керування виконавчими механізмами регулювальних органів, що працюють в контурах автоматичного регулювання.

Побудова контурів регулювання на основі мікропроцесорних контролерів (МПК), крім вибору типових алгоритмів регулювання і їх конфігурування або програмування, включає також апаратурну реалізацію виведення керувальних дій. Тут можливі три варіанти: за допомогою традиційних автономних засобів – блоків дистанційного (БДК) або ручного (БРК) керування; за допомогою панелі або пульта оператора (ПО) МПК; за допомогою дисплейного пульта.

Перший випадок класифікують як застосування виносних БРК, другий і третій – вбудованих БРК. Виносні БРК можуть бути трьох видів: електричні з аналоговим (БРК(ЕА)) та імпульсним (БРК(ЕІ)) вихідним сигналом (ВС) і пневматичні з аналоговим ВС (БРК(РА)). Виносні БРК повинні мати: перемикач вибору режиму роботи (дистанційний-автоматичний), органи керування виконавчим механізмом (ВМ) у дистанційному режимі та показчик положення. Органами керування для аналогових БРК є ручний задавальник, а для імпульсних – кнопки „більше-менше”. Показчиком положення ВМ у разі аналогових БРК може бути манометр чи міліамперметр, що фіксує значення пневматичного чи електричного сигналу на ВМ. Для імпульсних БРК це повинен бути приклад, що фіксує положення ВМ за зміною реостату, який механічно зв'язаний з положенням ВМ.

Панель та пульт оператора МПК дозволяє просто і ефективно вирішити задачу оперативного керування, але при її застосуванні є два основних обмеження: засоби оперативного керування не можуть використовуватися при відмові контролера; оперативне керування ведеться вибірково (для контролерів малої каналності це не суттєво через невелику кількість каналів). Якщо ці обмеження неістотні, то переважним для оперативного керування є застосування ПЗ.

Дисплейний пульт оператора підключають до МПК через канал інтерфейсного зв'язку. За допомогою цього пульта можна вибірково змінювати режими керування, сигнали задання, вихідні сигнали, а також контролювати оперативні параметри: вхідні і вихідні сигнали, сигнали задання і розузгодження, режими роботи. Обмеження тут такі ж, як і в попередньому випадку. Ці два випадки відповідають вбудованим БРК. Як правило, виносні БРК використовують з контролерами середньої і великої канальності, при застосуванні контролерів малої канальності можливі обидва варіанти.

При організації оперативного керування за допомогою автономних засобів основною є задача формування вихідного ланцюжка. При застосуванні аналогового регулятора тут можливі два варіанти. Перший: цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) – БРК(ЕА) – електропневмоперетворювач (ЕПП) – пневматичний ВМ (ПВМ), другий: ЦАП – ЕПП – БРК(РА) – ПВМ. Перевагами першого варіанта є можливість використання дискретного електричного виходу БРК(ЕА) для подання інформації про зміну режиму роботи контуру регулювання (дистанційного на автоматичний і зворотно), але він потребує додаткового міліамперметра для контролю сигналу, що надходить на ЕПП, у разі відсутності такого приладу в БРК(ЕА). Для другого варіанта характерні такі недоліки: необхідність дискретного пневмоелектричного перетворювача для подання інформації про зміну режиму роботи контуру регулювання та інерційність у передаванні командних сигналів, але у складі цих БРУ завжди наявний показчик положення. При імпульсному регулюванні використовують такий ланцюжок підключення МЕО: цифро-імпульсний перетворювач ЦІП – БРК(ЕІ) – магнітний пускач (МІП) – МЕО.

**Література** [8, с. 41 – 48; 11, с. 430 – 441; 13, с. 791 – 813].

## Контрольні питання

1 Які функції виконують блоки ручного (дистанційного) керування БРК (БДК) і чим відрізняється виносний БРК від вбудованого? Які переваги і недоліки має виносний БРК перед вбудованим?

2 Які пристрої повинні мати виносні БРК, що керують аналоговим та імпульсними виконавчими механізмами (ВМ)?

3 З допомогою яких пристроїв підключають імпульсний ВМ типу МЕО до контролера? Який при цьому утворюється ланцюжок?

4 З допомогою яких пристроїв і в якій послідовності підключають пневматичний ВМ до контролера у разі застосування пневматичного БРК?

5 З допомогою яких пристроїв і в якій послідовності підключають пневматичний ВМ до контролера у разі застосування електричного БРК?

6 Які переваги і недоліки має застосування пневматичного БРК перед електричним в системах керування пневматичними ВМ?

## Контрольна задача

**Задача 3.3.0.** Проаналізуйте принципову схему керування (рисунок 3.9) пневматичним виконавчим механізмом ПВМ (поз. 1е) з позиціонером П (поз. 1д) і такими пристроями: аналоговим електропневматичним перетворювачем ЕПП (поз. 1в), дискретним пневмоелектричним перетворювачем ПЕП (поз. 1ж), пневматичним аналоговим блоком ручного керування БРК-ПА (поз. 1г), реле перемикання РП, фільтром Ф та редуктором Р. Визначте функції перерахованих пристроїв та електричних і пневматичних зв'язків схеми.

## Розв'язання

1 ЕПП перетворює аналоговий електричний сигнал 0 – 5 мА з виходу контролера Л-110 на аналоговий пневматичний сигнал 20 – 100 кПа, який через реле РП і штуцера 1 і 7(1-1) БРУ-ПА



надходить на виконавчий механізм ПВМ з позиціонером П. При цьому перемикач БРК „автоматичне (А) – дистанційне (Д)” знаходиться у положенні А. Для пневможивлення ЕПП і БРК використовують повітря з тиском 140 кПа, підготовлене з допомогою фільтра Ф і редуктора Р. Позиціонер живиться повітрям більшого тиску.

2 При переведенні перемикача блока БРК в положення Д з допомогою дискретного пневмосигналу „1”, який формується на виході БРК (штуцер 3), реле РП відключає ЕПП від блока БРК, а на дискретний вхід контролера подається електричний дискретний сигнал, в який з допомогою перетворювача ПЕП перетворюється відповідний пневматичний сигнал. Сигнал з блока БРК на ПВМ змінюється в цьому випадку з допомогою редуктора блока БРК і контролюється манометром цього блока.

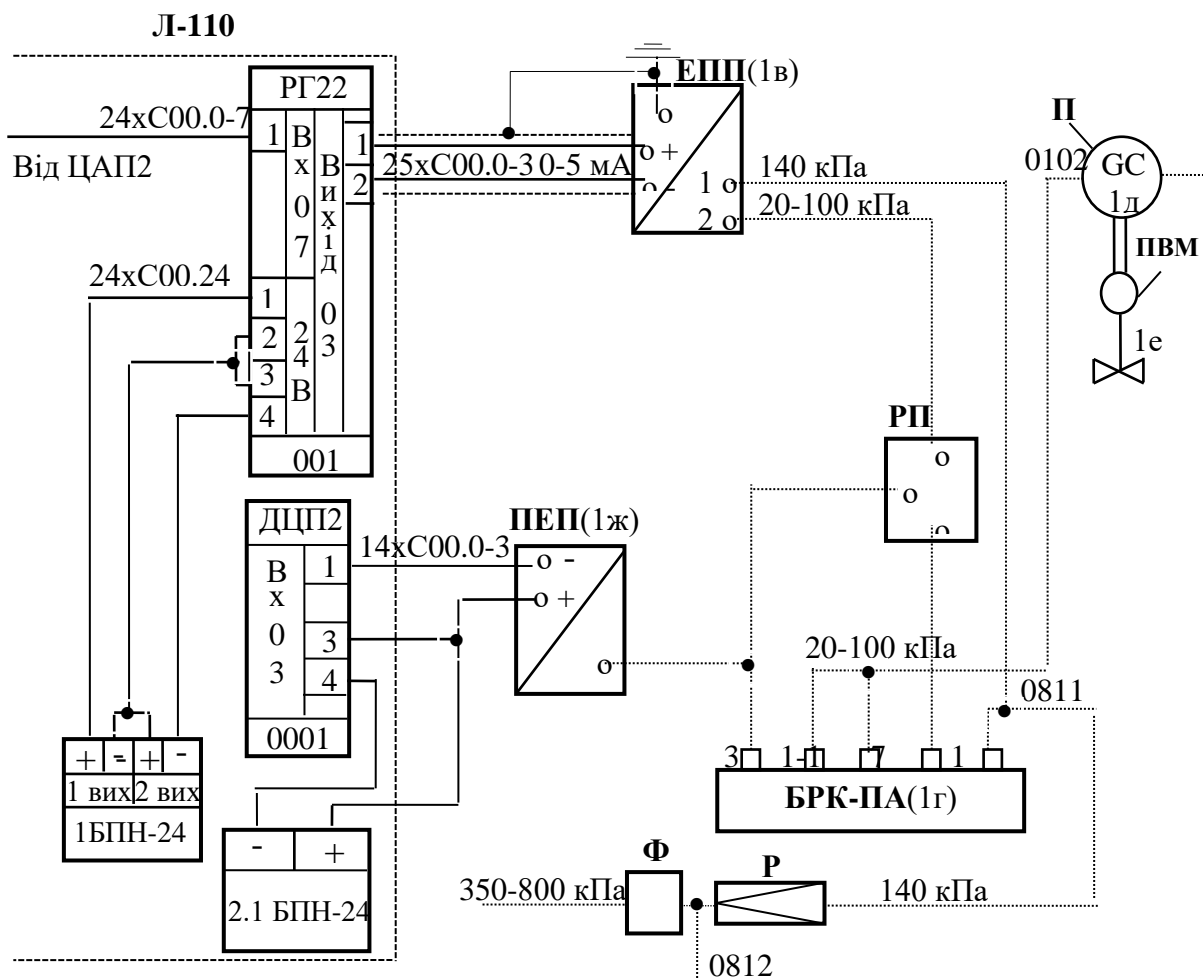


Рисунок 3.9

## Задачі для розв'язання

**Задача 3.3.1.** Проаналізуйте принципову схему керування (рисунок 3.10) електричним виконавчим механізмом МЕО (поз. 1д) з такими пристроями: блоком ручного керування з імпульсним електричним виходом і покажчиком положення виконавчого механізму БРК-ЕІ (поз. 1в), магнітним пускачем (поз. 1г) і реле KV1 та KV2. Визначте функції та поясніть роботу перерахованих пристроїв і електричних зв'язків схеми у режимах автоматичного та дистанційного керування, а також вкажіть, як зміниться схема у разі реалізації її на безщитовому пункті керування.

**Задача 3.3.2.** Проаналізуйте принципову схему керування (рисунок 3.11) пневматичним виконавчим механізмом ПВМ (поз. 1ж) з позиціонером П (поз. 1е) і такими пристроями: аналоговим електропневматичним перетворювачем ЕПП (поз. 1д), електричним аналоговим блоком ручного керування БРК-ЕА (поз. 1в) з перемикачем Р (ручне) – А (автоматичне), покажчиком положення ПВМ (1г), фільтром Ф та редуктором Р. Визначте функції та поясніть роботу перерахованих пристроїв та електричних і пневматичних зв'язків схеми у режимах автоматичного та дистанційного керування, а також вкажіть, як зміниться схема у разі реалізації її на безщитовому пункті керування.

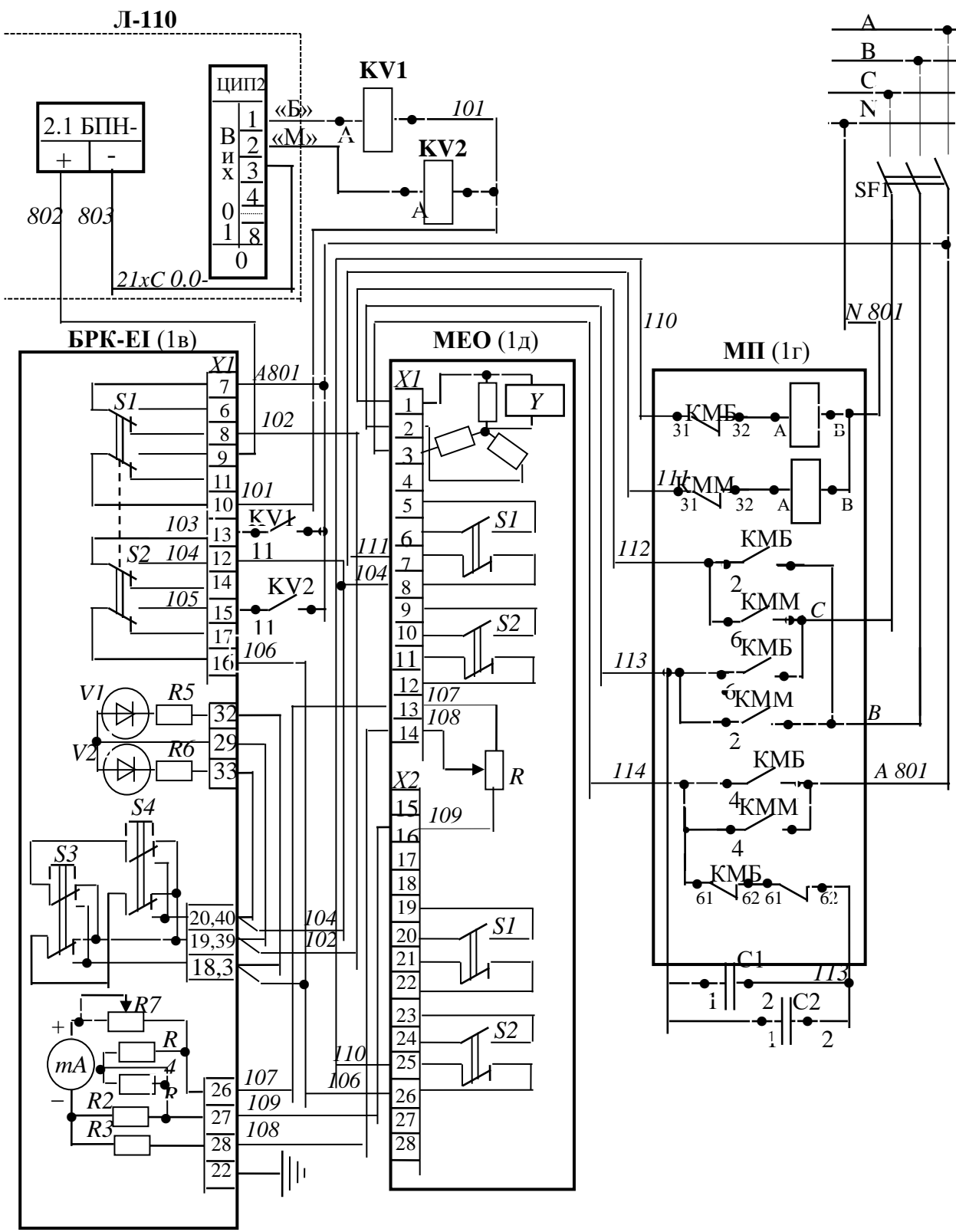


Рисунок 3.10

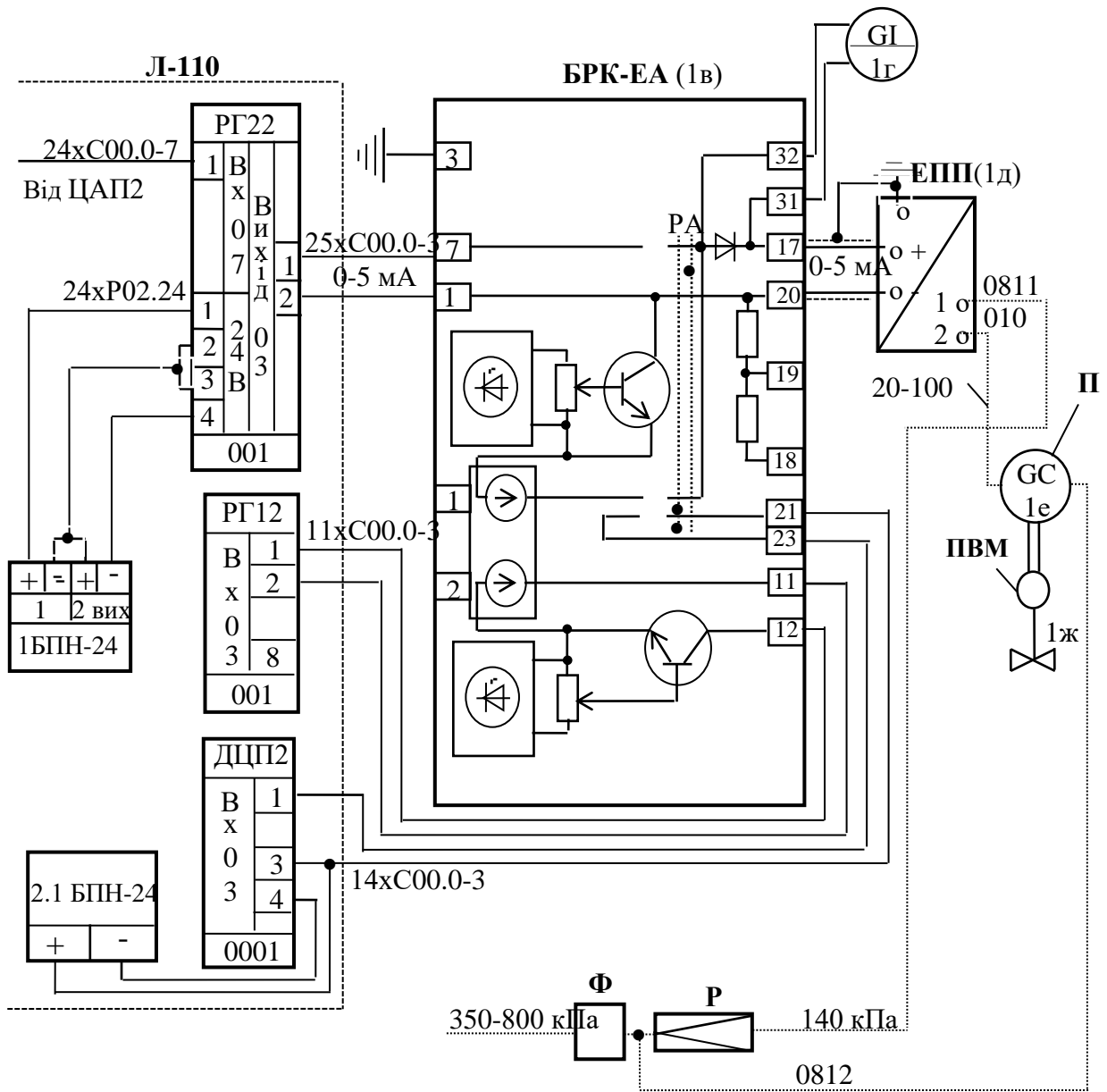


Рисунок 3.11

### 3.4 Принципові схеми технологічної і виробничої сигналізації

*Мета заняття* – засвоєння методики проектування принципів релейних схем технологічної і виробничої сигналізації як найбільш поширених серед релейних схем сигналізації.

Схеми сигналізації за виконуваними функціями поділяють так: *технологічної сигналізації*, призначені для сигналізації стану параметрів, які характеризують технологічний процес; *виробничої сигналізації* (схеми сигналізації стану), які призначені для сигналізації стану робочих органів машин, механізмів і агрегатів; *командної сигналізації*, які виконують деякі організаційні функції керування виробництвом; *пожежної сигналізації*, які служать для швидкого оповіщення про місце виникнення пожежі; *сторожової сигналізації*, які виконують функції з охорони складових і спеціальних приміщень.

У кожній з перелічених схем сигналізації можуть застосовуватись один або декілька типів сигналу: *нормального режиму*, що відповідає зоні нормального режиму; *попереджувальний*, що виникає при переході в зону допустимих, але не бажаних значень параметра, та *аварійний*, що відповідає зоні недопустимих і небажаних значень параметра.

Сигнал нормального режиму застосовують лише в схемах виробничої сигналізації для сигналізації положення органів керування на технологічних комунікаціях, а також органів машин і механізмів. У всіх інших випадках нормальний режим роботи звичайно не сигналізується, щоб не відволікати увагу оператора. Попереджувальний сигнал широко застосовується в схемах технологічної сигналізації і служить для попередження оператора про можливість виникнення небезпечних збурень процесу. У схемах виробничої сигналізації існує передпусковий сигнал для попередження персоналу, який знаходиться у виробничому приміщенні, про передбачуваний пуск оператором центрального пункту даної дільниці. Вмикання передпускового сигналу здійснюється одночасно з подачею команди оператором про пуск, з деяким випередженням (40-60 с). Вимикається сигнал автоматично одночасно з пуском двигуна. Аварійний сигнал

вимагає негайного втручання оператора і свідчить про наявність явищ (спонтанна зупинка машин, припинення технологічного процесу, виникнення пожежі і т. п.), які у подальшому можуть спричинити аварію чи катастрофу. Тому нерідко при вмиканні аварійного сигналу одночасно спрацьовує захист. У тому разі, коли технологічний об'єкт допускає короткочасне відхилення сигналізованих величин від норми, сигналізуючі і захисні пристрої спрацьовують з витримкою часу.

Схему сигналізації звичайно проектують із світлозвуковою сигналізацією. Звуковий сигнал, дуже часто загальний для всієї схеми, служить для привернення уваги оператора до виходу параметра за визначену межу і може бути вимкнений вручну кнопкою квітирування. Світловий сигнал визначає не тільки характер, але й місце відхилення і продовжує залишатися ввімкненим до усунення причини, що викликала появу сигналу.

При складанні алгоритмів роботи схем сигналізації вибирають характер дії звукового і світлового сигналів. Дія *звукового сигналу* може бути одноразовою і багаторазовою. У схемах з одноразовою дією звукового сигналу він подається тільки при надходженні першого сигналу. Надходження решти сигналів (при вже поданому першому) викликає лише появу додаткових світлових сигналів без звуку. Так сигналізується зупинка двигунів ПТС, спричинена спрацюванням блокувальних зв'язків після аварійної зупинки одного з них, або відхилення технологічних параметрів за допустимі межі після спрацювання схеми аварійного захисту, яке спричинює зупинку технологічної установки. У схемах з багаторазовою дією звукового сигналу (наприклад, у більшості схем технологічної сигналізації) замикання будь-якого з сигнальних контактів викликає появу світлового і одночасно з ним звукового сигналу.

*Світловий сигнал* може подаватись рівним або миготливим горінням сигнальної лампи. Якщо один світловий сигналізатор використовують для сигналізації стану одного виробничого механізму чи значень технологічної змінної, то подача попереджувального сигналу в схемах технологічної сигналізації або сигналу нормального режиму роботи в схемах виробничої сигналізації здійснюється рівним світлом, а аварійного сигналу – миготливим. До використання миготливого світла вдаються, щоб

відрізнити сигнал, що надійшов, від раніше поданого у схемах з великою кількістю світлових сигналів (більше як 40 – 60), коли оператору важко орієнтуватись у порядку їх надходження. У схемах виробничої сигналізації можуть застосовуватись два види миготіння: часте – для подачі аварійного сигналу; повільне – для сигналізації переведення механізмів з централізованого на місцеве управління.

**Література** [8, с. 59-62; 7, с. 109-131; 14, с. 147-162; 9, с. 44-55, 140-145].

### **Контрольні питання**

1 Як поділяють схеми сигналізації, розроблювані при проектуванні систем автоматизації, залежно від виконуваних функцій? Для чого у цих схемах використовують звуковий і світлові сигналізатори?

2 Які типи сигналів використовуються у схемах технологічної сигналізації? Коли вони діють?

3 Які види сигналів використовуються у схемах виробничої сигналізації? Коли вони діють?

4 Що являє собою алгоритм роботи принципової схеми сигналізації? Наведіть приклади приймальних і виконавчих елементів схем.

5 Наведіть алгоритм роботи схеми технологічної сигналізації з багаторазовою дією звукового сигналу і миготливим світловим сигналом. Коли використовується одноразова дія звукового сигналу у цих схемах?

6 Наведіть алгоритм роботи схеми виробничої сигналізації двигунів, не зв'язаних технологічною послідовністю вмикання.

7 Наведіть алгоритм роботи схеми виробничої сигналізації двигунів, зв'язаних технологічною послідовністю вмикання. Для чого використовується миготіння світлового сигналу?

8 Чим відрізняються релейні схеми сигналізації від імпульсних? У чому переваги і вади тих й інших?

9 Як зображують та позначають відповідно до існуючих стандартів елементи на принципових електричних схемах? Які правила маркування кіл в електричних принципових схемах?

## Контрольна задача

**Задача 3.4.0.** Проаналізуйте принципову схему технологічної сигналізації, показану на рисунку 3.12. Визначте приймальні, виконавчі, проміжні елементи схеми. Сформулюйте алгоритм роботи схеми, визначивши характер дії звукового сигналу. Опишіть роботу схеми за колами при замиканні з початку технологічного контакту  $SQ2$ , а після зняття звукового сигналу  $HA$  при замиканні технологічного контакту  $SQ1$ . Визначте структуру схеми, виділивши її центральну частину і її кола технологічних контактів, а також характер взаємодії між ними. Опишіть роботу схеми по колах при перевірці звукового  $HA$  та світлових  $HL$  сигналізаторів. Визначте призначення діодів  $VD$  у схемі, покажіть коло помилкового спрацьовування при їх відсутності. Проведіть маркування кіл схеми.

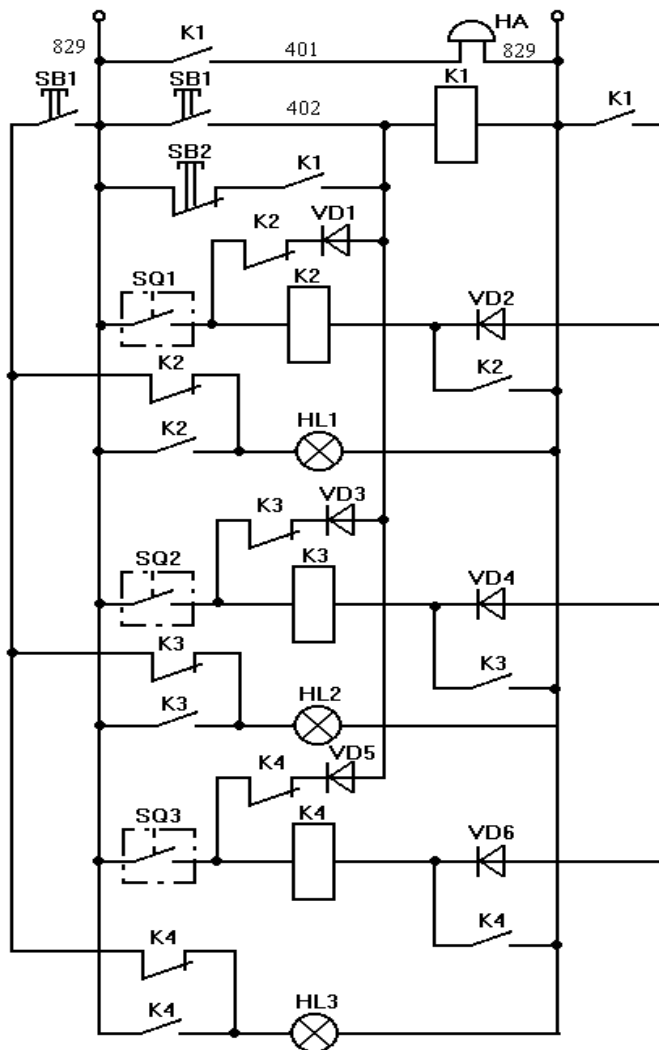


Рисунок 3.12



## Розв'язання

1 Приймальними елементами схеми є технологічні контакти  $SQ1, \dots, SQ3$ , кнопок – перевірки  $SB1$  та квітирування сигналу  $SB2$ ; виконавчими елементами – сигнальні лампи  $HL1, \dots, HL3$  і звуковий сигналізатор  $HA$ ; проміжні елементи – реле  $K1, \dots, K4$  і діоди  $VD1, \dots, VD6$ .

2 Алгоритм роботи схеми: при замиканні технологічного контакту  $SQ$  засвічується відповідна сигнальна лампа  $HL$  і вмикається звуковий сигнал  $HA$ . При натисканні на кнопку квітирування  $SB2$  подача звукового сигналу припиняється, а лампа продовжує світити до розмикання  $SQ$ .  $HA$  та  $HL$  вмикаються при натисканні на кнопку перевірки  $SB1$ . Характер дії звукового сигналу – багаторазовий.

3 При замиканні технологічного контакту  $SQ2$  утворюється коло для живлення котушки реле  $K1$ : шина живлення ( $ШЖ$ ) – котушка  $K1$  –  $VD3$  – розмикаючий контакт (р.к.)  $K3$  –  $SQ2$  –  $ШЖ$ . Після ввімкнення, реле  $K1$  своїм замикаючим контактом (з.к.) вмикає звуковий сигналізатор  $HA$ , самоблокується через р.к. кнопки  $SB2$  та з.к.  $K1$ , вмикає реле  $K3$  за колом:  $ШЖ$  – з.к.  $K1$  –  $VD4$  – котушка  $K3$  –  $SQ2$  –  $ШЖ$ . Після ввімкнення реле  $K3$  своїм з.к.  $K3$  самоблокується і своїми р.к.  $K3$  розриває коло ввімкнення котушки  $K1$  (через  $SQ2$ ), підмикає лампу  $HL1$  до шин живлення. Для вимкнення  $HA$  натискають кнопку  $SB2$ , розмикаючи р.к. цієї кнопки у колі самоблокування реле  $K1$ , реле  $K1$  втрачає живлення і своїми з.к. вмикає  $HA$ , кола самоблокування  $K1$  і живлення  $K3$  через  $VD4$ . Лампа  $HL2$  світиться до розмикання  $SQ2$ . При замиканні  $SQ1$  знову утворюється коло живлення котушки  $K1$ :  $ШЖ$  – котушка  $K1$  –  $VD1$  – р.к.  $K2$  –  $SQ1$  –  $ШЖ$ , і робота схеми повторюється.

4 Дана схема структурно є релейною, бо має реле і в центральній частині, і в колах технологічних контактів. Характер взаємодії центральної частини схеми і кіл технологічних контактів безперервний.

5 При перевірці  $HA$  та натискають кнопку  $SB1$ , яка своїм з.к. вмикає реле  $K1$  та утворює кола паралельного живлення всіх сигнальних ламп. Наприклад, для лампи  $HL1$ :  $ШЖ$  – з.к.  $SB1$  – р.к.

*K2 – HL1 – ШЖ*. Реле *K1* своїм з.к. вмикає *HA*. При розмиканні контактів *SB1* зазначені кола розриваються.

6 При відсутності діодів *VD1, VD3, VD5* і замиканні одного з *SQ* разом з увімкненням реле *K1* дістануть живлення реле *K2, K3* та *K4*. Наприклад, якщо замкнеться контакт *SQ1*, то матиме живлення котушка *K1* (як показано у п. 3), і після увімкнення цього реле утворюється, наприклад, коло помилкового спрацьовування реле *K3*: *ШЖ – з.к. K1 – VD4 – K3 – р.к. K3 – перемичка замість VD3 – перемичка замість VD1 – р.к. K2 – SQ1 – ШЖ*.

При відсутності діодів *VD2, VD4* та *VD6* порушується послідовність роботи схеми, при якій після замикання технологічного контакту (*SQ1, SQ2* або *SQ3*) спочатку вмикається центральне реле *K1*, а потім відповідне реле у колі технологічного контакту *K2, K3* або *K4*. У цьому випадку увімкнення реле *K1* та одного з реле *K2, K3* або *K4* відбудеться одночасно. Справді, якщо протягом певного часу, коли схема працює при замкненому контакті *SQ1* і увімкненій лампі *HL1*, замикається контакт *SQ2*, то при відсутності діодів *VD2, VD4* та *VD6* одразу утворюється коло увімкнення реле *K3*: *ШЖ – з.к. K2 – перемичка замість VD2 – перемичка замість VD4 – котушка K3 – SQ2 – ШЖ*.

7 Маркування двох перших кіл зверху показано на рисунку 3.12.

### **Задачі для розв'язання**

**Задача 3.4.1.** Проаналізуйте принципову схему технологічної сигналізації, показану на рисунку 3.13, розв'язавши для неї питання, перелічені у задачі 3.4.0.

**Задача 3.4.2.** Проаналізуйте принципову схему технологічної сигналізації, показану на рисунку 3.13, розв'язавши для неї питання, перелічені у задачі 3.4.0.

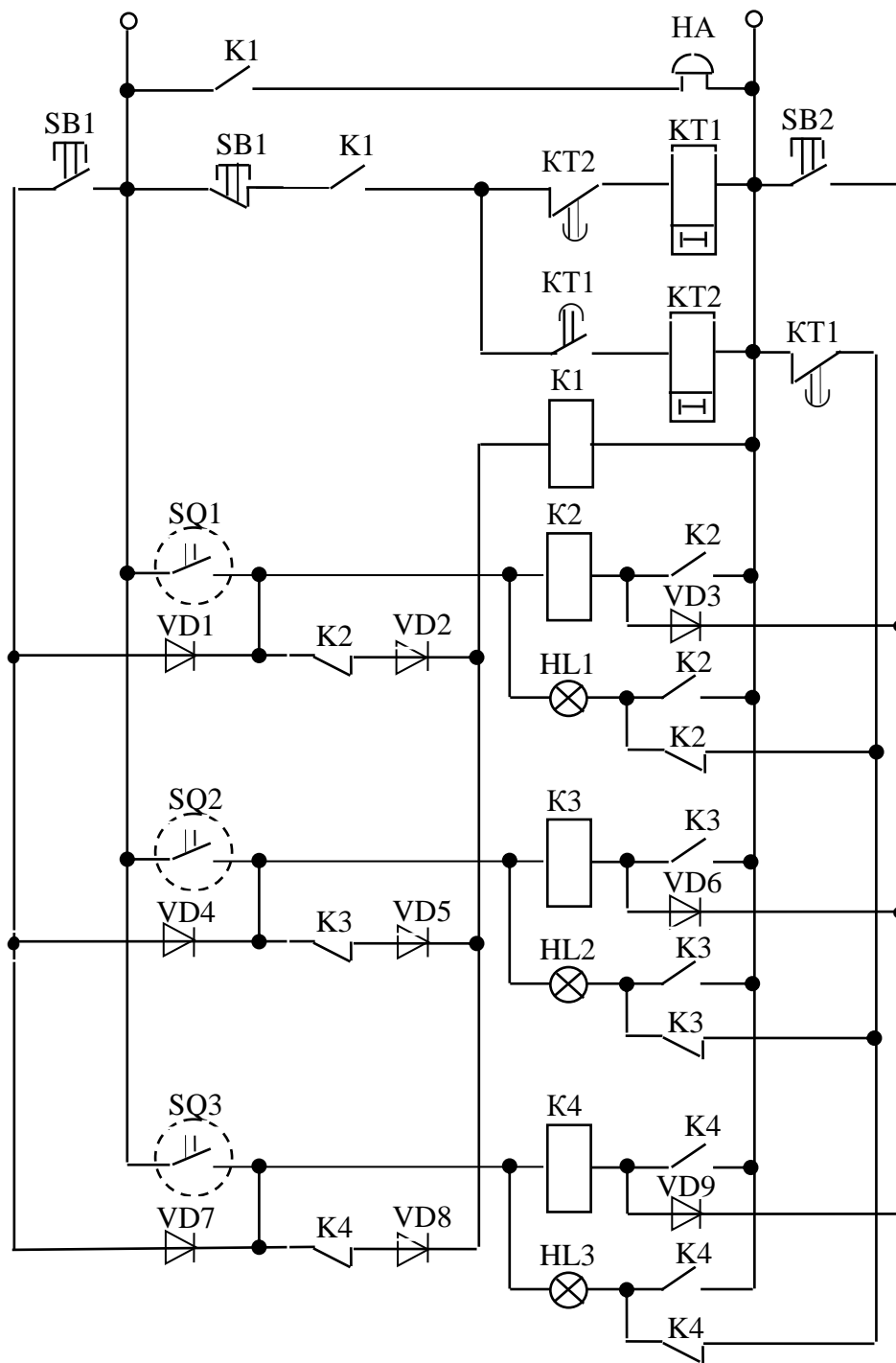


Рисунок 3.13

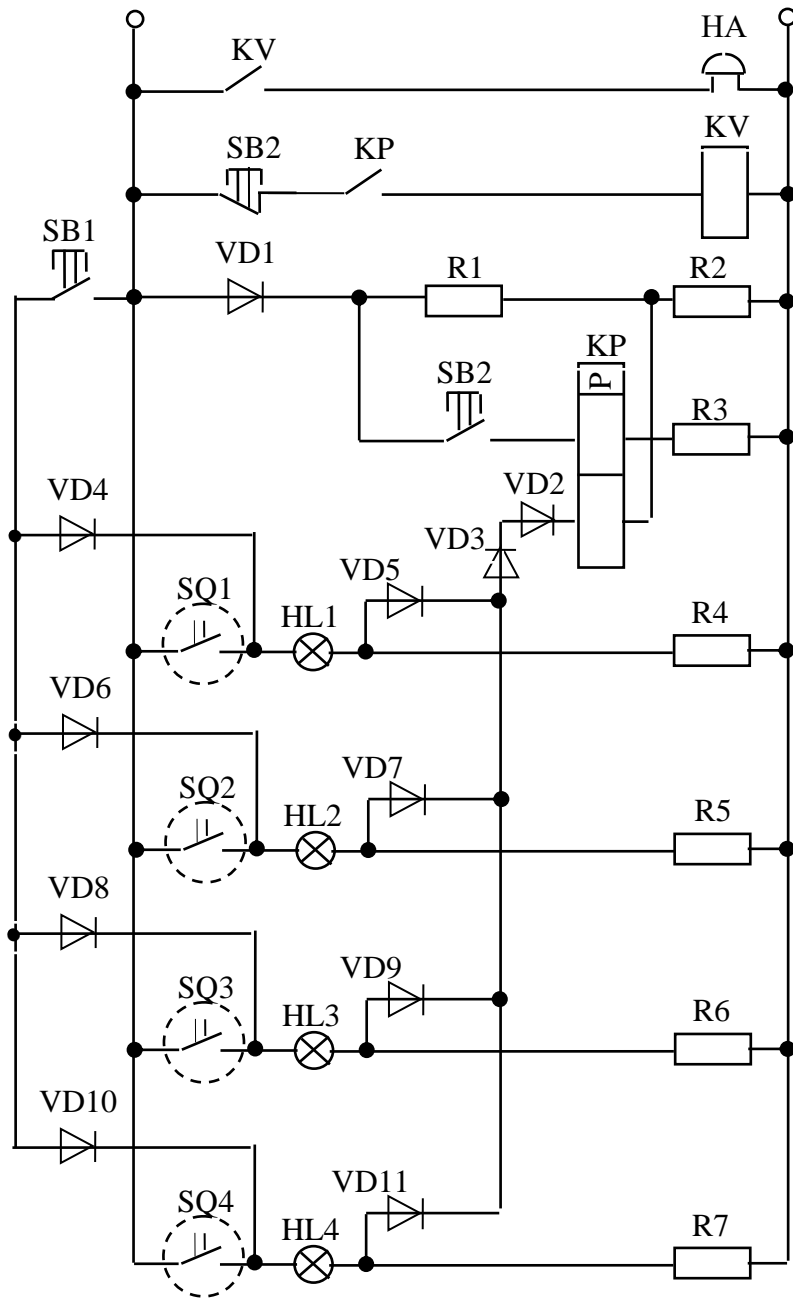


Рисунок 3.14

**Задача 3.4.3.** Проаналізуйте принципову електричну схему виробничої сигналізації, показану на рисунку 3.15, розв'язавши для неї питання, перелічені у задачі 3.4.0.

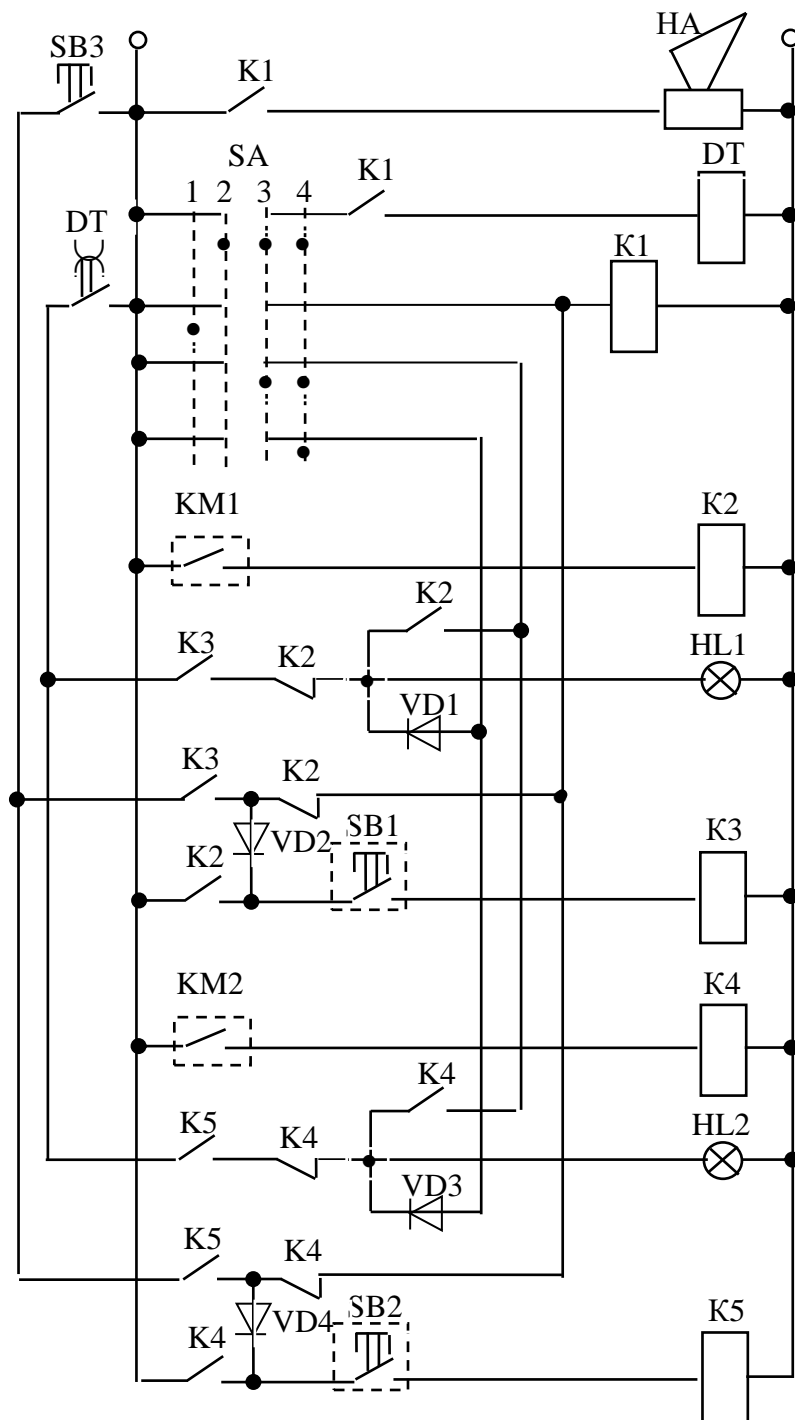


Рисунок 3.15

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

### Основна

1 Мірошник, М.А. Інформаційно-управляючі системи та організації паралельних обчислень [Текст]: навч. посібник / С.В. Лістровий, О.С. Лістрова, М.А. Мірошник. – Харків: ”Діса плюс”, 2015. – 324 с.

2 Мірошник, М.А. Методичні вказівки до курсового проектування з дисциплін «Основи САПР» та «САПР пристроїв і систем автоматики» [Текст] / М.А. Мірошник. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – 78 с.

3 Мірошник, М.А. Методичні вказівки до самостійної роботи і лабораторних робіт з дисципліни «САПР пристроїв і систем автоматики» [Текст] / М.А. Мірошник. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – 114 с.

4 Мірошник, М.А. Конспект лекцій з дисциплін «САПР пристроїв і систем автоматики» та «Основи систем автоматизації проектування» [Текст] / М.А. Мірошник. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – 102 с.

5 Бережна, М.А. Комп’ютерні технології автоматизованого виробництва [Текст]: навч. посібник / М.А. Бережна, І.Ш. Невлюдов. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2007. – 368 с.

6 Болдин, А.Н. Основы автоматизированного проектирования [Текст]: учеб. пособие / А.Н. Болдин, А.Н. Задиранов. – М.: МГИУ, 2006. – 104 с.

7 Автоматизация производственных процессов в машиностроении [Текст]: учеб. для втузов / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе и др.; под ред. Н.М. Капустина. – М.: Высш. шк., 2004. – 415 с.

8 Компьютерное проектирование и подготовка производства конструкций [Текст]: учеб. пособие для вузов / С.А. Куркин, В.М. Ховов, Ю.Н. Аксенов и др.; под ред.

С.А. Куркина, В.М. Ховова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 464 с.

9 Автоматизация технологических процессов и производств пищевой промышленности [Текст]: учебник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, И.В. Ельперин, В.Д. Цюцюра. – К.: Аграрна освіта, 2001.

10 Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования [Текст]: учебник / И.П. Норенков. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.

11 Разевич, В.Д. Система проектирования печатных плат ACCEL EDA 15 (P-CAD 2000) [Текст] / В.Д. Разевич. – М.: Солон-Р, 2001.

12 Разевич, В.Д. Система проектирования цифровых устройств OrCAD [Текст] / В.Д. Разевич. – М.: Солон-Р, 2000.

13 Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств [Текст]: учеб. пособие для вузов / О.В. Алексеев, А.А. Головков, И.Ю. Пивоваров и др.; под ред. О.В. Алексеева. – М.: Высш. шк. 2000.— 479 с.

14 Кулаков, Ю.А. Локальные сети [Текст] / Ю.А. Кулаков, Г.М. Луцкий. – К.: Юниор, 1998.

15 Проектування систем автоматизації. Програмне забезпечення комп'ютерноінтегрованих технологій: Метод. вказівки до розроблення програмного забезпечення безщитових пунктів управління у курс. та диплом. проектуванні для студ. ден. та заоч. форм навч. [Текст] / уклад.: І.В. Ельперин, В.Г. Трегуб, А.П. Ладанюк, В.М. Кушков, В.В. Авдєєнко. – К.: УДУХТ, 1997.

16 Трегуб, В.Г. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации в пищевой промышленности [Текст]: учеб. для вузов / В.Г. Трегуб, А.П. Ладанюк, Л.Н. Плужников. – М.: Агропромиздат, 1991.

17 Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля [Текст] / под ред. А.С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1991.

18 Проектирование систем автоматизации технологических процессов [Текст]: справоч. пособие / под ред. А.С.Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1990.

19 Трегуб, В.Г. Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації [Текст]: навч. посібник. – К.: НМК ВО, 1990.

20 Емельянов, А.И. Проектирование систем автоматизации технологических процессов [Текст]: справоч. пособие / А.И. Емельянов, О.В. Капник. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

### **Допоміжна**

21 Мюррей, Д. Solid Works [Текст] / Д. Мюррей. – М.: Издательство “Лори”, 2004. – 604 с.

22 Потемкин, А. Твердотельное моделирование в системе Компас-3D [Текст] / А. Потемкин. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2004. – 512 с.

23 Ельперін, І.В. Промислові контролери [Текст]: навч. посібник. – К.: НУХТ, 2003.

24 Інформаційний бюлетень «Schneider electric SAC». – 1998. – Вип.5. – С.15 – 17.





