

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

М.А. Мірошник

**ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ
СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

Конспект лекцій

Харків – 2016

Мірошник М.А. Основи проектування систем автоматизації: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 114 с.

Конспект лекцій призначено для студентів напряму «Автоматика та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціальності «Автоматика та автоматизація на транспорті», які вивчають дисципліну ОПСА, денної і заочної форм навчання та інституту перепідготовки кадрів.

Іл. 35, табл. 4, бібліогр.: 25 назв.

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

Рецензент

проф. С.В. Лістровий

М.А. Мірошник

ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ
СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Конспект лекцій

Відповідальний за випуск Мірошник М.А.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 28.03.16 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 6,25. 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.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет автоматики, телемеханіки та зв'язку

Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

М.А. Мірошник

ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Конспект лекцій

Харків 2016

Мірошник М.А. Основи проектування систем автоматизації: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 114 с.

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

Конспект лекцій призначено для студентів напряму «Автоматика та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціальності «Автоматика та автоматизація на транспорті», які вивчають дисципліну ОПСА, денної і заочної форм навчання та інституту перепідготовки кадрів.

Іл. 35, табл. 4, бібліогр.: 25 назв.

Рецензент

проф. С.В. Лістровий

ЗМІСТ

Вступ.....			4
.....			
1	Проектування	пунктів	5
керування.....			
2	Проектування	ліній	27
зв'язку.....			
3	Особливості проектування комп'ютерно-інтегрованих систем керування.....		64
4	Упровадження та експлуатація систем автоматизації.....		100
Список літератури.....			112

ВСТУП

Три рівні узагальнення при проектуванні систем автоматизації. Монтажні схеми та креслення, їх призначення та особливості виконання.

У проектній документації з систем автоматизації виділяють три рівні узагальнення:

*0 рівень функціональних і структурних схем, до якого належить і схема автоматизації;

*1 рівень принципів схем;

*2 рівень робочих креслень і схем, за якими безпосередньо виконуються монтажні та налагоджувальні роботи.

У дисципліні «Основи проектування систем автоматизації» основна увага приділяється першому, другому та третьому рівням. При цьому треба враховувати, документація третього рівня узагальнення розробляється на базі документації перших двох рівнів.

У той же час відповідно до стандарту до складу робочих креслень входять:

- 1) загальні дані з робочих креслень;
- 2) схеми автоматизації;
- 3) принципи (електричні, пневматичні та гідравлічні) схеми керування, сигналізації та живлення;
- 4) схеми (таблиці) з'єднань та підмукань зовнішніх проводок;
- 5) креслення розташування проводок і устаткування;
- 6) креслення установлення засобів автоматизації.

Додатково до робочих креслень складають:

- таблиці початкових даних та результати розрахунку систем керування;

- таблиці початкових даних та результати розрахунку регулюючих органів;

- перелік закладних частин для встановлення первинних перетворювачів та регулюючих органів.

Документація на щити і пульти, включаючи креслення їх загального вигляду й таблиці з'єднань та підключень, розробляється окремо та оформляється у вигляді завдання на виготовлення щитів і пультів.

1 ПРОЕКТУВАННЯ ПУНКТІВ КЕРУВАННЯ

Загальна характеристика пунктів керування (ПК). Локальні, операторські і центральні пункти керування. Щитові і безщитові ПК. Послідовність проектування ПК. Щитові конструкції та їх вибір. Щити панельні та шафові. Пульти. Допоміжні елементи та стативи. Столи. Мозаїчні щити. Вибір типу і конструкції. Вибір габаритів щитових конструкцій. Розміщення засобів автоматизації на щитових конструкціях та проектування внутрішніх проводок. Розміщення приладів і апаратури на фасаді щитів і пультів. Розміщення приладів і апаратури усередині щитів та захитовому просторі. Визначення кількості і місця розташування електропроводів і трубних з'єднувачів. Вибір електричної і трубної проводок та основних їх напрямків. Розміщення щитових конструкцій та виконання завдань на виготовлення щитів і пультів. Розміщення щитів і пультів у спеціальних та виробничих приміщеннях. Способи виконання монтажних схем. Особливості проектування пунктів керування з контролерами. Пункти керування з контролерами малої, середньої та великої канальності. Коротка характеристика документації для замовлення контролерів.

1.1 Загальна характеристика пунктів керування

Пункти керування у системах автоматизації – це спеціально обладнані приміщення чи майданчики, які оснащено засобами подання інформації й органами керування. За призначенням ПК поділяють на локальні, операторські й диспетчерські.

Локальні ПК (ЛПК) призначені здебільшого для керування окремими механізмами, агрегатами й обслуговуються апаратниками або обхідниками. (Не треба плутати з місцевими ПК, на яких розташовують місцеві прилади).

Операторські ПК (ОПК) організують на дільницях, відділеннях, цехах і обслуговуються операторами, якими можуть бути змінні майстри.

Диспетчерські ПК призначені для керування виробництвом у цілому.

У залежності від особливостей апаратурного оснащення ПК поділяють на *щитові, безщитові і комбіновані*. Загальна тенденція апаратурного оснащення – це перехід від щитових до безщитових ПК. До щитових, традиційних ПК належать ПК з приладами, командоапаратами та мнемосхемами, розташованими на фасадному боці щита чи пульта. У безщитових ПК засобами подання інформації є дисплеї, друкувальне обладнання та екранні мнемосхеми, а безпосередньо керування ТОК здійснюється за допомогою команд, які вводять з клавіатури дисплея. Комбіновані ПК мають риси, характерні як для щитових, так і для безщитових ПК.

Назва *безщитові ПК* умовна, тому що і на цих ПК застосовують щитові конструкції: щити, пульти, допоміжні елементи, станиви і столи, але на цих ПК щити і пульти не використовують для розміщення апаратури для подання інформації і командоапаратів. Щитові конструкції на цих ПК використовують для розміщення допоміжної неоперативної апаратури, наприклад, апаратури живлення, перетворювачів і т. ін. Інтенсивне впровадження мікропроцесорних систем автоматизації з використанням комп'ютерів призвело до значного по-ширення безщитових та комбінованих ПК, тому щитові ПК використовуються зараз в основному для місцевих ПК. Безщитові ПК відрізняються від щитових способом подання інформації. Якщо в щитових ПК інформація подається з допомогою приладів та різних сигналізаторів, то в безщитових – з допомогою дисплейних трендів та мнемосхем.

Проектування щитових ПК виконують у такій послідовності:

- 1) вибирають щитові конструкції;
- 2) розташовують на фасадному боці щита і пульта прилади й апаратуру;

3) прилади, апаратуру, комутаційні затискачі і трубні з'єднувачі розміщують усередині щита або у захитовому просторі;

4) вибирають електричну і трубну проводки й основні їх напрямки;

5) розташовують щити і пульти у спеціальному або виробничому приміщеннях;

6) оформляють завдання на виготовлення щитів і пультів.

Проектування безщитових ПК відрізняється від проектування щитових ПК тим, що в цьому випадку проектується не тільки технічне, але й інформаційне забезпечення (ІЗ) з допомогою попередньо вибраного програмного забезпечення. Основними елементами ІЗ безщитових ПК є дисплейні *мнемосхеми та тренди* – вікна для перегляду передісторії розвитку технологічного процесу та інші дисплейні графічні побудови. Зараз існують кілька десятків пакетів програм, що дають змогу створити перелічені вище дисплейні графічні побудови. Деякі з них є в програмному забезпеченні нашої кафедри. Принципи побудови і використання цих програм викладені в дисципліні «Людинно-машинні інтерфейси» (9-й семестр).

Проектування ж технічного забезпечення безщитових ПК відрізняється від такої ж операції для щитових ПК тільки тим, що у наведеному переліку послідовних дій не потрібно виконувати пункт 2 – розташовувати на фасадному боці щита або пульта прилади й апаратуру.

1.2 Щитові конструкції

До щитових конструкцій належать щити, пульти, допоміжні елементи й станиви та столи. За конструктивним оформленням щити розподіляють на дві групи: *щити панельні і щити шафові*. Останні можуть бути повно- і малогабаритними. Щити панельні керування (ЩПК) призначені для установлення у спеціальних приміщеннях (диспетчерських і операторських), щити шафові (ЩШ) – для установлення у виробничих приміщеннях. І панельні, і шафові щити можуть бути одиночними, що мають одну, дві або три секції, та складеними, що складаються з кількох

одиначних. У залежності від кількості фасадних панелей односекційного щита відрізняють виконання I (дві панелі) і виконання II (три панелі) (рисунок 1.1).

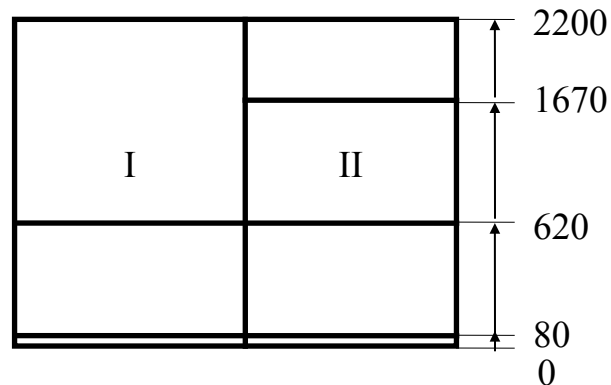


Рисунок 1.1

Пульты використовують як пристрої для розміщення апаратури керування і сигналізації в щитових і виробничих приміщеннях. Пульты можна розглядати як підняту на висоту 900 мм і похило установлену цокольну частину щита. Існують дві групи пультів: пульты (П) і пульты з нахиленою приладовою приставкою (ПНП). На пульті типу ПНП стільниця призначена для установлення командоапаратів, приладова приставка – приладів. Пульты ПНП1 мають більшу на 250 мм глибину приладової приставки і призначені для установлення вторинних приладів глибиною до 600 мм.

До допоміжних елементів належать панелі допоміжні і кутові вставки, а також декоративні панелі, які в основному призначені для щитів диспетчерських і операторських пунктів. Допоміжні панелі призначені для оформлення багатосекційних панельних щитів з каркасом у щитових приміщеннях та відокремлення простору оператора від простору обслуговування. Декоративні панелі призначені для декоративного оформлення верхньої частини панельних щитів з каркасом, а також для монтажу елементів мнемосхеми. Кутові вставки призначені для з'єднання двох суміжних щитів або пультів, установлюваних під кутом один до другого. Статив – це стояк з уніфікованим

об'ємним або плоским каркасом для установлення за щитом (у просторі обслуговування) апаратури.

1.3 Вибір типу і конструкції щита

Вибір типу і конструкції щита у першу чергу визначається місцем його установлення та співвідношенням між моторним і сенсорним полями. Під моторним полем розуміють поле на фасадному боці щита або пульта, де встановлено командоапарати. Сенсорне поле – це поле установлення інформаційної апаратури. При цьому треба враховувати, що шафові щити призначені для безпосереднього установлення у виробничих приміщеннях, за винятком *вогких* (відносна вологість довгочасно перевищує 75 %), *особливо вогких* (відносна вологість близько 100 %), *жарких* (температура довгочасно більше 30 °С), *запиленних* приміщень (пил проникає всередину приладів і апаратів) і приміщень з *хімічно активним середовищем* (є пара або відкладення, які руйнують ізоляцію і струмоведучі частини), *вибухонебезпечних* і *пожежонебезпечних*.

У приміщеннях з помірно запиленою атмосферою застосовують шафові щити з ущільненням і піддувом повітря з надлишковим тиском 250 Па, які можна встановлювати у виробничих приміщеннях за умов застосування приладів у пилонепроникному виконанні. У приміщеннях з хімічно активним середовищем або дуже запиленою атмосферою у разі, коли неможливо винести щити (пульти) у спеціальні приміщення, рекомендується їх установлення у закритих застеклених будках з піддувом чистим повітрям при тиску 250 Па. Застосування пультів залежить від співвідношення між моторним та сенсорним полями:

при великих моторному і сенсорному полях використовують щити з пультами, причому у виробничому приміщенні використовують, як правило, при-ставні пульти;

при великому моторному і малому сенсорному (чи його відсутності) полях – пульти з похилою приладовою приставкою або пульти;

при великому сенсорному і малому моторному (чи його відсутності) по-лях – щити.

Основним габаритом за висотою є розмір 2200 мм. При виборі ширини щитів (або окремих секцій збірних щитів) прагнуть, щоб кожна із секцій відповідала певній технологічній ділянці. Глибину шафових щитів вибирають урахувавши вимоги до розмірів внутрішньощитової площі обслуговування. Лише щити, у яких відстань від дверей до протилежної стінки менша чи дорівнює 600 мм, вважають такими, що обслуговуються ззовні і тому вимоги до внутрішньої площі обслуговування на них не поширюються. Решта конструкцій шафових щитів вважаються такими, що обслуговуються зсередини і тому при їх виборі слід урахувати вимоги до розміру просвіту між апаратами, розташованими на протилежних стінках проходу: не менш 800 мм – без відкритих струмоведучих елементів, не менш 1000 мм – відкриті струмоведучі елементи з одного боку, не менш 1500 мм – відкриті струмоведучі елементи з двох боків.

З огляду на викладені вище вимоги, щити із задніми дверима глибиною 800 мм не рекомендується застосовувати при установленні всередині приладів і електричних апаратів з відкритими струмоведучими частинами.

1.4 Розміщення приладів і апаратури на щитах

На фасадному боці щитів і пультів установлюють тільки апаратуру контролю і керування, *необхідну оператору* для керування процесом. Якщо у проекті не передбачено пульт, то всю цю апаратуру установлюють на щиті. При наявності пультів на них розташовують: перемикачі до вимірювальних приладів; апаратуру керування та сигналізації оперативного призначення; мнемосхеми (можна розміщати на щитах і декоративних панелях); прилади контролю за викликом; електровимірювальні прилади, у тому числі й показчики положення на приладових приставках. Розташування на щитах і пультах приладів контролю й органів керування повинно забезпечити оператору найліпші умови сприйняття інформації і маніпулювання органами керування, а також відповідати існуючим ергономічним принципам.

На тильному боці фасадних (лицьових) панелей щитів установлюють до-поміжну апаратуру, клемні збірники, повітряні колектори і прокладають внутрішні з'єднувальні електричні і трубні лінії, які складають комутаційну систему щита. Бічні стінки шафових щитів також використовують для установлення додаткової допоміжної апаратури і прокладання з'єднувальних ліній. При установленні відкритих панельних щитів частина допоміжної апаратури може бути установлена за щитом на спеціальних конструкціях (наприклад стативах), і поворотних рамках.

1.5 Проектування внутрішньощитової проводки

Більша частина внутрішньощитової електричної проводки з'єднує прилади й апарати в межах одиночного щита із збірниками електроклем, які використовують для рознімного з'єднання цієї проводки із зовнішньою електричною проводкою. Електроклеми встановлюють також біля приладів, які мають гнучкі виводи. Електричні зв'язки між приладами й апаратами, розташованими в межах одиночного щита, звичайно виконують безпосередньо між клемами цих елементів без переходу через збірки електроклем. На збірники електроклем також не заводять: 1) термоелектродні проводи та кабелі; 2) екрановані кабелі, 3) ввідний кабель або провід для живлення чи освітлення щита. Для електропроводки в щитах використовують в основному провід марки ПВ, причому гнучкий провід (ПВ2, ПВ3 та ПВ) застосовують для комутації апаратури зі штепсельними розніманнями і при установленні апаратури на рухомих конструкціях (дверцятах, кришках і т. ін.).

Якщо до панелі щита і пульта підходять труби, то крім збірника комутаційних електроклем у щиті або пульті установлюють збірник з трубних з'єднувачів (для пневматичних ліній – пневмоклемник), до складу якого входять кронштейн для з'єднувачів і самі з'єднувачі.

1.6 Розміщення щитів і пультів та виконання завдань на їх виготовлення

Щити і пульти розміщують на пунктах керування, які можуть бути розташовані як у виробничому, так і в спеціальному приміщеннях. У першому випадку вибирають місце розташування ПК, у другому – вирішуються не тільки компоновальні питання, але й завдання архітектурного, кліматичного, технічного і психологічного забезпечення.

Завдання на виготовлення щитів і пультів повинне містити всю документацію, необхідну для виготовлення щитів і пультів. Основними елементами цієї документації є креслення виглядів на фронтальну і внутрішні площі – щита із замовною специфікацією на нього і схеми або таблиці для монтажу електричних проводок. При цьому креслення загальних виглядів щитів розробляють на одиночні (вони можуть бути одно-, дво- або трисекційними) і складені (виконуються із декількох одиночних щитів і допоміжних елементів). Монтажні схеми щитів і пультів можуть бути виконані одним з трьох способів: *графічним, адресним або табличним*. Зараз монтажні схеми електропроводок виконуються табличним, а трубних проводок – графічним способами.

1.7 Особливості проектування пунктів керування з мікропроцесорним керуванням

Розглянемо спочатку проектування ПК з *контролерами малої канальності* на прикладі застосування Р-130. Місцевий пункт керування (МПК), реалізований за допомогою Р-130, організують безпосередньо у виробничому приміщенні з установленням блоків контролерів (БК) на фасадному боці або всередині щита. Якщо фасадна панель БК використовується оператором для керування процесом, то блок БК у приладовому виконанні встановлюють на фасаді щита. Якщо ні, то блок БК в настінному (навісному) виконанні встановлюють усередині цього щита або в окремому щиті перетворювачів і живлення. Там же монтують і допоміжні блоки, що пристосовані для навісного монтажу: блок живлення (БЖ); підсилювач для термопар (БКТ); підсилювач для термометрів опору (БКС); підсилювач потужності (БКМ); блок перемикань БПР; блок шлюзу БШ.

Проектування ПК з використанням *контролерів середньої та великої канальності* (СВК) розглянемо на прикладі реміконтів

та ломіконтів. Для ПК з такими контролерами необхідне за вимогами заводу-виготовлювача спеціальне закрите і вибухобезпечне приміщення площею 20–25 м² при температурі навколишнього середовища – 0 – 40 °С для реміконтів і – 0 – 50 °С для ломіконтів та відносній вологості повітря не більше 80 %. У такому приміщенні встановлюють пульти з приладовими приставками (у щитових та комбінованих ПК при наявності вторинних приладів та командоапаратів), столи для пульта ломіконта і дисплея (при їх наявності), щитові конструкції заводів-виготовлювачів МПК для встановлення модулів цих контролерів і щити живлення і перетворювачів.

Щитові конструкції заводів-виготовлювачів можуть бути виготовлені у вигляді:

- шафи напільної з передніми і задніми дверима і чотирма каркасами з модулями; блоками живлення БЖС-5; батареями сухих елементів БСЕл, 12 вентиляторів ВН-2, панелями клемних колодок (ПКК) для кожного каркаса, клемно-модульні і міжмодульні з'єднувачі;

- шафи настінної з передніми дверима й одним каркасом з приналежними до нього модулями й іншими елементами, а також трьома вентиляторів ВН-2;

- приладового кожуха з одним каркасом і чотирма вентиляторів ВН-2;

- каркаса без щита або кожуха.

Вибір конструктивного виконання роблять таким чином. Якщо кількість необхідних каркасів, встановлюваних в одному місці, не більша 1 – 2, то вибирають *приладове* або *настінне* шафове виконання. При цьому приладове виконання застосовують, якщо за умовами розміщення лицьові панелі модулів мають бути відкритими для огляду. Якщо в одному місці встановлюють більше 1-2 каркасів, то використовують шафове *напільне* виконання, причому в одній шафі доцільно розміщати контролери, які використовують загальні сигнали датчиків. *Каркасне* виконання застосовують у тому разі, коли існуюче шафове виконання необхідно доповнити ще одним каркасом або коли реміконт (ломіконт) вбудовують у інше устаткування.

1.8 Документації на замовлення МПК

Документація для замовлення МПК звичайно містить два види документів: специфікації та схеми або таблиці розташування модулів та їх з'єднань. Останні документи виконуються в основному для контролерів, які мають не блокову, а модульну побудову, наприклад, ломіканти та реміканти середньої та великої канальності. Для контролерів, що мають блокову структуру, розташування і з'єднання блоків наводиться в завданнях на виготовлення щитів.

До складу документації на замовлення реміконтів середньої та великої канальності, крім специфікації, входить ряд документів, що визначають розташування модулів і їх з'єднання. До них належать: схема і таблиця розташування модулів у каркасі; схема розташування клемних колодок на ПКК; таблиці клемно-модульних і міжмодульних з'єднань.

Таку ж інформацію містить і документація на замовлення ломіконтів, однак у цьому випадку виконується лише одна таблиця розташування і з'єднання модулів, за допомогою якої можна розташувати модулі у каркасі, клемні колодки на ПКК і з'єднати їх між собою.

Література [11, с. 93 – 120; 6, с.145 – 229; 2, с. 116 – 145, 181 – 198, 273 – 288; 9, с. 278 – 319, 261 – 389; 4; 8; 13].

Контрольні питання

1 Який склад щитових ПК? Коли їх застосовують? Яка послідовність їх проектування?

2 Який склад безщитових ПК? Коли їх застосовують? Яка послідовність їх проектування?

3 Шафові щитові конструкції, їх типи, розміри, призначення.

4 Панельні щитові конструкції, їх типи, розміри, призначення.

5 Пульти, їх типи, розміри, призначення.

6 Які додаткові щитові конструкції використовуються для компонування складених багатосекційних щитів та пультів у спеціальних приміщеннях? Наведіть їх типи, розміри, призначення.

7 Які додаткові щитові конструкції використовуються для компонування складених багато секційних щитів та пультів у

виробничих приміщеннях? Наведіть їх типи, розміри, призначення.

8 Як вибирають тип і розміри шафових щитів і пультів? Які шафові щити обслуговуються із зовні і в чому їхні переваги перед щитами, що обслуговуються із середини?

9 Як вибирають тип і розміри панельних щитів і пультів? Яку апаратуру розміщують у ПК на мозаїчних щитах і столах?

10 Які прилади й апаратуру і за якими правилами розміщують на фасадах щитів і пультів? Які і як при цьому використовують ергономічні принципи?

11 Які існують методи реалізації мнемосхем на ПК? Щитова мнемосхема, її призначення, виконання і розміщення. Які прилади й апарати вбудовують у щитову мнемосхему?

12 За якими принципами будуються дисплейні мнемосхеми? Які види цих мнемосхем і як вони використовуються на ПК?

13 Які прилади й апарати і як розміщують усередині шафових щитів або у захитовому просторі відкритих щитів?

14 Які проводи і труби використовують для комутації щитів і пультів? У яких випадках обов'язкове застосування гнучких проводів? Коли у завдання на виготовлення одиночного щита входить таблиця підмикань і за якими правилами вона складається?

15 Яке призначення і які типи електроклем використовують у їх збірниках, що встановлюють у щитах і пультах? Як визначають необхідну кількість електроклем і як розміщують їх збірники? Які зовнішні електропроводки не заводять на збірнику електроклем?

16 Як розміщують щити і пульти у виробничому приміщенні? Які вимоги ставлять до спеціальних приміщень і як у них розміщують щити і пульти? Наведіть приклад компонування складеного багатосекційного щита у спеціальному приміщенні.

17 Що входить у завдання на виготовлення одиночного щита? Наведіть характеристику окремих складових цього завдання.

18 Що входить у завдання на виготовлення складеного щита? Який зміст адресного способу виконання монтажних схем щитових електропроводок? Як побудовані дво- та тричислові адреси?

19 Які існують способи проектного виконання щитових провідок? До чого зводиться і для яких провідок застосовується графічний спосіб? До чого зводиться адресний спосіб?

20 Які існують способи проектного виконання щитових провідок? До чого зводиться і для яких провідок застосовується табличний спосіб?

21 Які щитові конструкції та пристрої містяться на щитовому ПК у разі застосування контролерів малої канальності? У якому приміщенні цей ПК може розміщуватись? На прикладі контролера Р-130 опишіть, де встановлюють основний (приладового і настінного виконання) та допоміжні блоки контролера?

22 Які щитові конструкції та пристрої розміщують на безщитовому ПК у разі застосування контролерів малої канальності? У якому приміщенні цей ПК може розміщуватись? На прикладі контролера Р-130 опишіть, де встановлюють основний (приладового та настінного виконання) та допоміжні блоки контролера?

23 Які існують способи підмикання зовнішніх провідок до контролера малої канальності? Як вони реалізуються у контролера Р-130? Опишіть типи і призначення клемно-блокових з'єднувачів цього контролера.

24 Які щитові конструкції та пристрої розміщуються на щитовому ПК у разі застосування контролерів середньої та великої канальності? На прикладі контролера ломіконт опишіть, які існують щитові конструкції цього контролера і як вони вибираються? У якому приміщенні може розміщуватись ПК з цим контролером?

25 Які щитові конструкції та пристрої розташовуються на безщитовому ПК у разі застосування контролерів середньої та великої канальностей? На прикладі контролера ломіконт опишіть, які існують щитові конструкції цього контролера і як вони вибираються? У якому приміщенні може розміщуватись ПК з цим контролером?

26 Які типи каркасів використовуються у ломіконтів і реміконтів середньої та великої канальності (РСВК)? За якими правилами розташовують модулі в каркасах ломіконтів та реміконтів середньої канальності?

27 Які типи каркасів використовуються у ломіконтів і РСВК? За якими правилами розташовують модулі в каркасах ломіконтів та РСВК?

28 Яке призначення і яка будова поля клемних колодок (ПКК) у ломіконтів і РСВК? За якими правилами розташовують клемні колодки на ПКК ломіконтів та реміконтів середньої канальності?

29 Яке призначення і яка будова ПКК у ломіконтів і РСВК? За якими правилами розташовують клемні колодки на ПКК ломіконтів та реміконтів великої канальності?

30 Як з'єднують модулі з ПКК та між собою у ломіконтів та РСВК? Опишіть типи і призначення клемно-модульних та міжмодульних з'єднувачів цих контролерів.

31 Який зміст документації на замовлення контролерів малої канальності, наприклад Р-130? Яку інформацію містить ця документація про основний блок цього контролера БК? Що таке модифікація БК і як вона вибирається?

32 Який зміст документації на замовлення контролерів малої канальності, наприклад Р-130? Яку інформацію містить ця документація про допоміжні блоки та клемно-блокові з'єднувачі цього контролера?

33 Який зміст документації на замовлення РСВК? Поясніть на прикладі, як записують формулу РСВК у специфікацію і яку інформацію містить ця формула?

34 Який зміст документації на замовлення РСВК? Як складають і яку інформацію містить таблиця розташування модулів у каркасі?

35 Який зміст документації на замовлення РСВК? Як складають і яку інформацію містить таблиця розташування клемних колодок на полі клемних колодок?

36 Який зміст документації на замовлення РСВК? Як складають і яку інформацію містить таблиця з'єднань і підмикань?

37 Який зміст документації на замовлення ломіконтів? Поясніть на прикладі, як записують формулу ломіконтів у специфікацію і яку інформацію містить ця формула?

38 Який зміст документації на замовлення ломіконтів? Як складають і яку інформацію містить таблиця модулів та з'єднань?

39 Який зміст документації на замовлення ломіконтів? Як складають таблицю модулів та з'єднань і що являють собою позиційний і функціональний коди місця підмикання на модулі?

40 Який зміст документації на замовлення ломіконтів? Як складають таблицю модулів та з'єднань і що являють собою позиційний і функціональний коди місця розміщення клемних колодок?

Контрольна задача. Складіть фрагмент системи автоматизації (СА) із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплексу приладів для вимірювання температури після підігрівника продукту (максимальне значення 110°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 керування. Технологічна схема підігрівника і розв'язання задачі зображені на рисунку 1.2. На схемі через «К» позначений конденсатопровід, через «П» – паропровід, через «С» – сокопровід.

Розв'язання

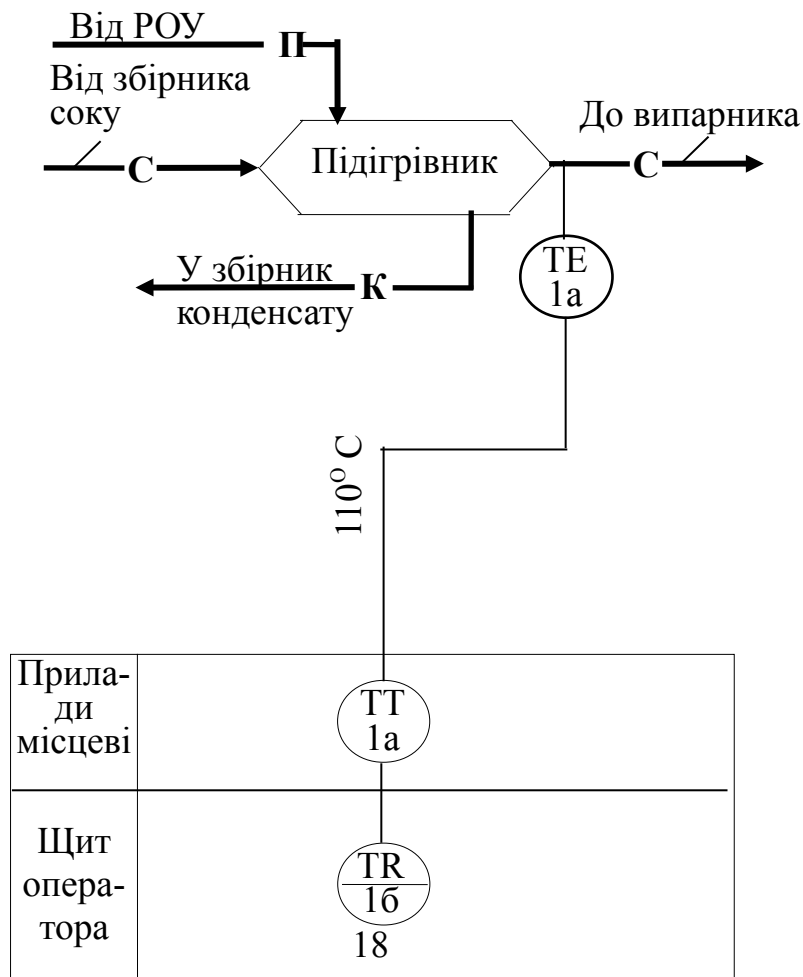


Рисунок 1.2

Задачі для розв'язання

Задача 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 1.3. Через «Г» позначений газопровід.

Задача 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 °С), у другій секції (110 °С) і на виході (80 °С) апарата. Комплект приладів складається з трьох мідних термомперетворювачів опору, логометра і багатоточкового перемикача. Технологічна схема показана на рисунку 1.4. Через «Р» позначений трубопровід з розчином.

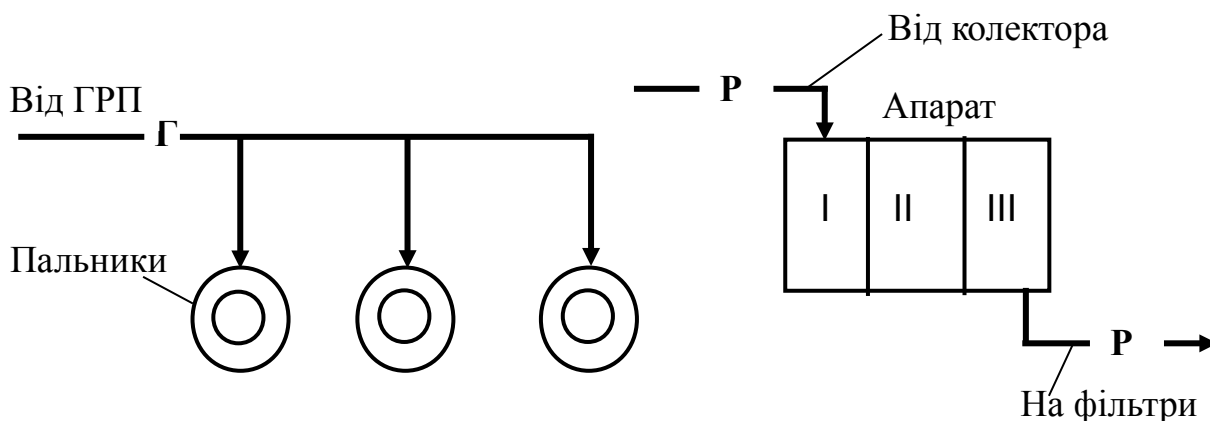


Рисунок 1.3

Рисунок 1.4

Задача 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 1.5. Через «П» позначений паропровід.

Задача 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 1.6. Через «Р» позначений трубопровід з розчином.

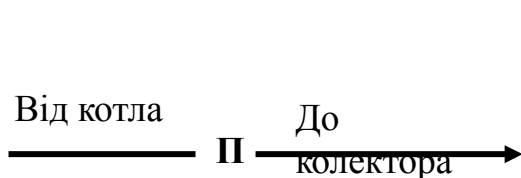


Рисунок 1.5

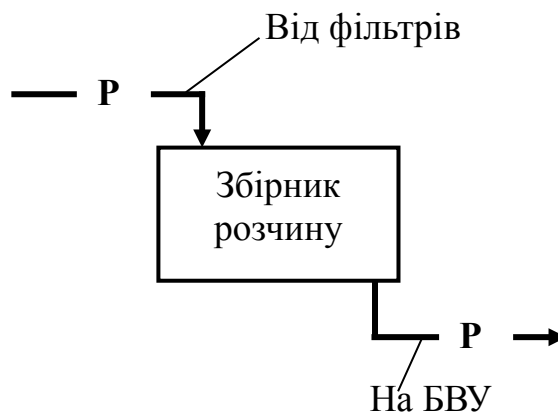


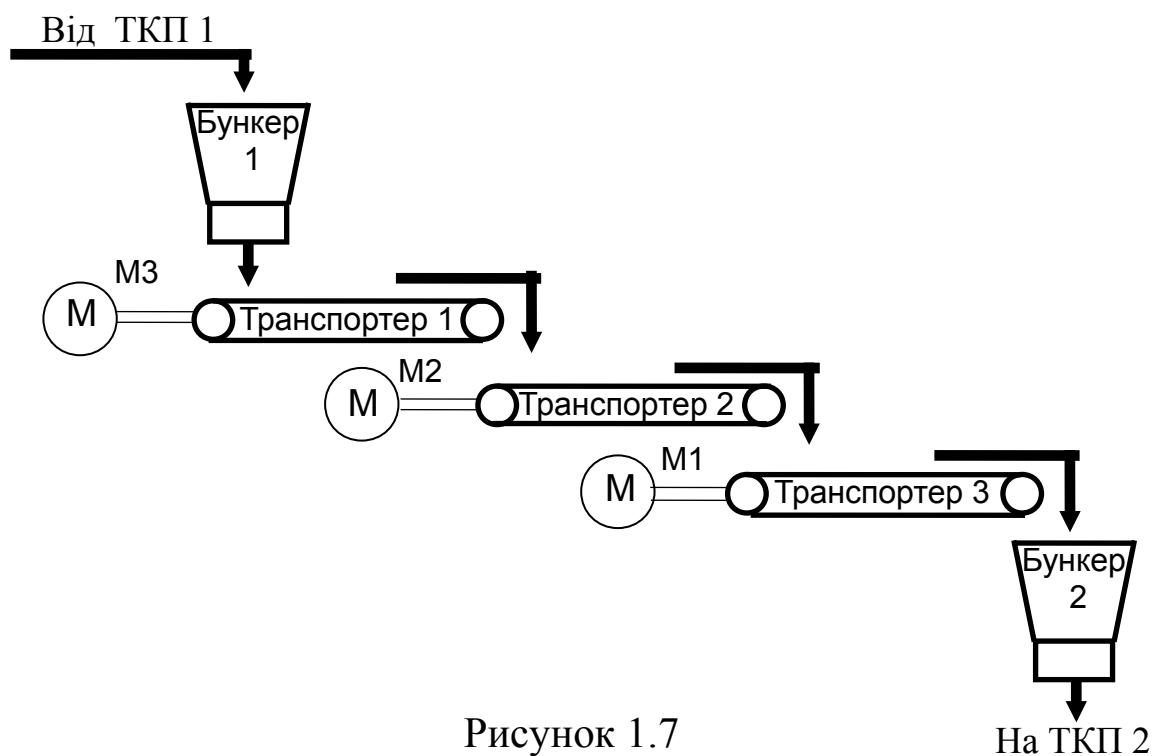
Рисунок 1.6

Задача 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, електрокон-тактного манометра і сигнального табло (позначення у схемі сигналізації *HL3*).

Технологічна схема показана на рисунку 1.6.

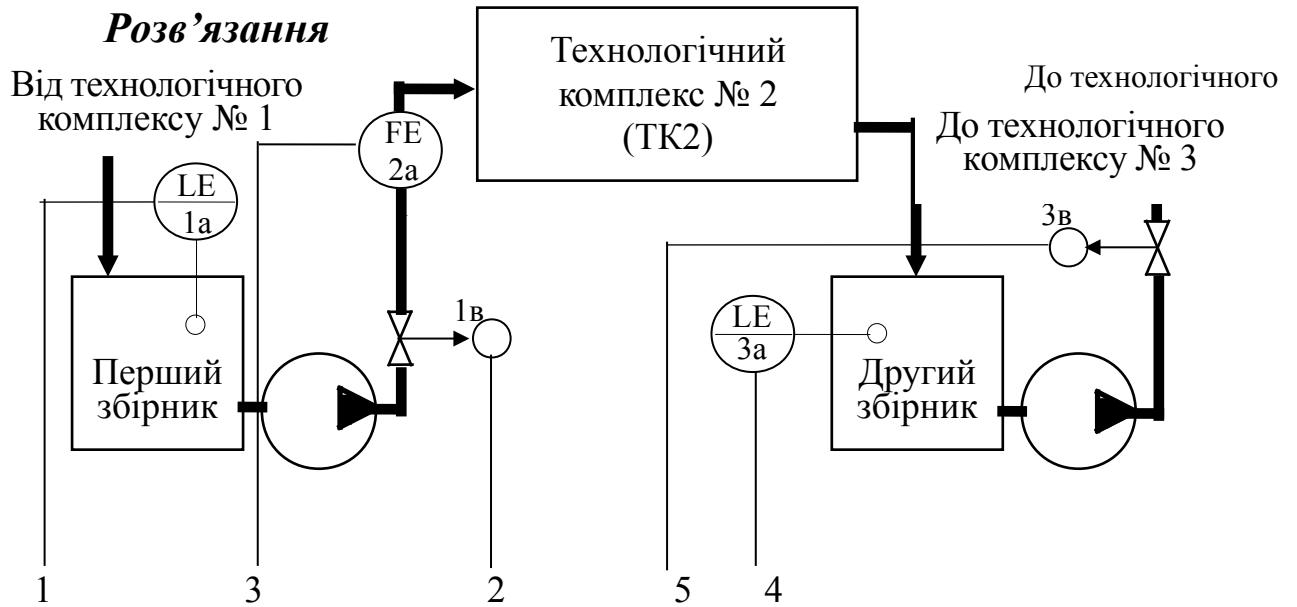
Задача 1.6. Складіть фрагмент СА із зображенням за ГОСТ 21.404-85 схеми сигналізації, яка включає три сигнальних табло (позначення у схемі сигналізації *HL1, HL2, HL3*), кнопки знімання (*SB1*) та перевірки (*SB2*) сигналів і дзвінок голосного бою (*HA*).

Задача 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 $KM1$, $KM2$, $KM3$), кнопки місцевого керування ($SB1$, $SB2$, $SB3$), перемикач вибору режиму (SA), кнопки пуску і зупинки дільниці ($SB4$, $SB5$). Схема сигналізації складається із сигнальних ламп ($HL1$, $HL2$, $HL3$), кнопок зняття сигналу, вимкнення, ввімкнення ламп ($SB6$, $SB7$, $SB8$), двох дзвінків гучного бою для передпускової сигналізації ($HA1$, $HA2$) і сирени ($HA3$). Техно-логічна схема показана на рисунку 1.7.



Контрольна задача. Складіть фрагмент схеми автоматизації із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів для автоматизації потоку рідинних продуктів з допомогою усередненого регулювання рівня в каскаді буферних збірників на дільниці 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 показаний) 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 регулюючими органами.



		1	2	3	4	5
Прилади місцеві		2 м LT 1a		10 м ³ /год FT 26	2 м LT 3a	
Щит перетворювачів			LY 16 E/P			LT 36 E/P
Л Т К 2	М	•	•	•	•	•
	П	•	•	•	•	•
	С	•	•	•	•	•
	В	•	•	•	•	•
	В	•	•	•	•	•
	І	•	•	•	•	•
Т К 3	В				•	•
	І				•	•
	С				•	•
О П С	В					
	І					
	В					
Д К С	В			22		
	І					

Рисунок 1.8

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) ста-нції. На дисплейній мнемосхемі відповідної ЛТС проводиться індикація рівня у збірнику та положення виконавчого механізму (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.

Задачі для розв'язання

Задача 1.8. 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 ВМ, виносний задавальник, аналоговий електропневмоперетворювач. На трубо-проводі подачі гріючої пари встановлено пневматичний мембранний ВМ з позиціонером та регулюючим клапаном, який закриває повітря. Індикація тиску вто-ринної пари (ТВП) здійснюється за допомогою пульта оператора МПК. До схе-ми 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 керування. Технологічна схема наведена на рисунку 1.9.

Задача 1.9. Складіть фрагмент схеми автоматизації із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів для регулювання ТВП 1-го корпусу багатокорпусної випарної установки за допомогою Р-130. До комплекту, крім контролера з підсилювачем потужності, входять перетворювач тиску із САВС, магнітний пускач та електродвигунний однооборотний ВМ, установлений на регулюючому клапані трубопроводу подачі пари. Індикація ТВП та дистанційне керування ВМ здійснюються за допомогою лицьової панелі МПК та алгоритмів. До схеми сигналізації, яка реалізована на логічних алгоритмах контролера, включені дві сигнальні лампи HL1 s HL2 для сигналізації виходу ТВП за встановлені обмеження. Сигнал ТВП передається у систему верхнього рівня керування. Технологічна схема наведена на рисунку 1.9.

Задача 1.10. Складіть фрагмент схеми автоматизації із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів для регулювання 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 керування, аналоговий електропневмоперетворювач. На трубопроводі подачі гріючої пари встановлено пневматичний мембранний ВМ з позиціонером та регулюючим клапаном, який закриває повітря. Індикація ТВП, перехід на дистанційне керування та назад, сигналізація досягнення ТВП верхнього та нижнього обмежень здійснюється з допомогою дисплейної мнемосхеми. Техноло-гічна схема наведена на рисунку 1.9.

Задача 1.11. Складіть фрагмент схеми автоматизації із зображенням за ГОСТ 21.404-85 комплекту приладів для регулювання 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 регулюючим клапаном, який закриває повітря. Індикація ТВП, перехід на дистанційне керування та назад, сигналізація досягнення ТВП верхнього та нижнього обмежень здійснюється з допомогою дисплейної мнемосхеми. Технологічна схема наведена на рисунку 1.9.

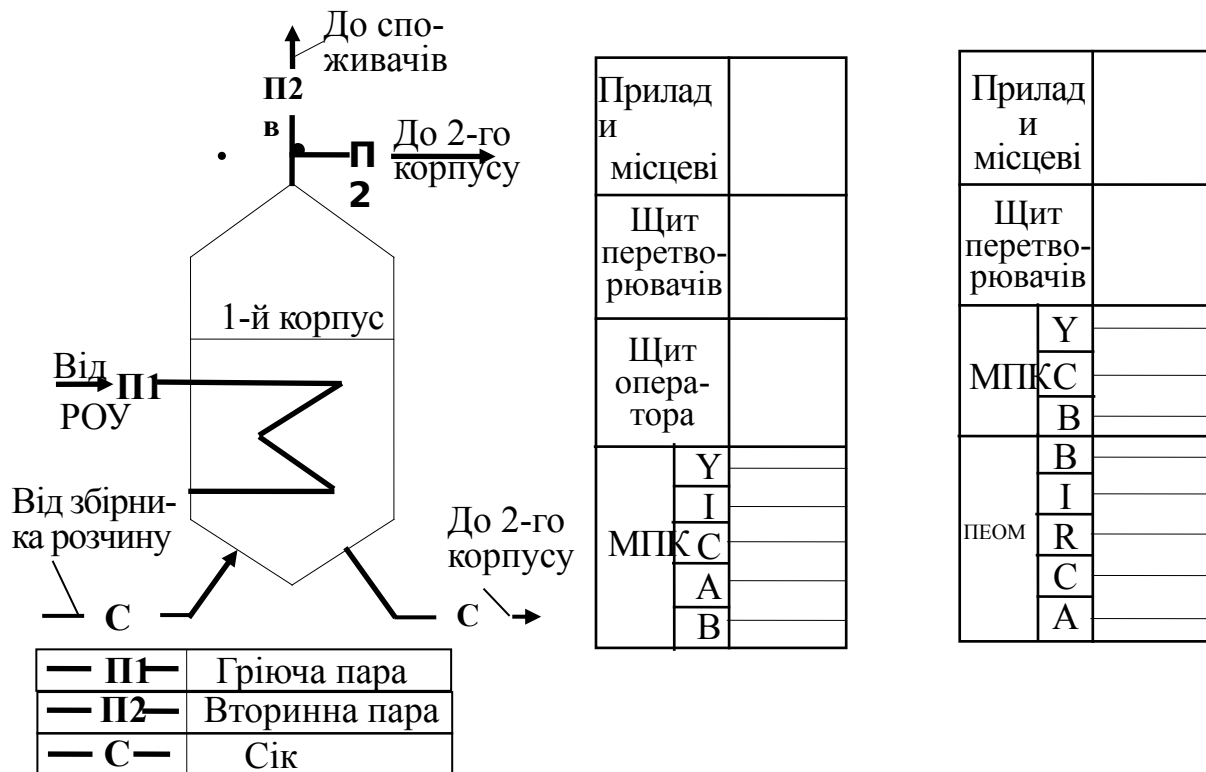


Рисунок 1.9

Контрольна задача. Виберіть МПК з контролерів типу «реміконт-ломіконт» 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 6 електромагнітними клапанами (ЕК) з одним електромагнітом. До складу МСА входить також схема технологічної сигналізації з 16 сигнальними табло, дзвоником, кнопкою перевірки та кнопкою квітуння і схема захисту з 14 дискретними входами (ВД) та 5 дискретними виходами (ДВ). До 55 ВА входять і 14 ВА показчиків положення МЕО.

Розв'язання

1 Визначаємо загальну кількість входів/виходів різних типів: входів аналогових $N_{BA} = 55$; 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 канальності, 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 ($n_{BA} = 8$) та 2 ІВ ($n_{IB} = 2$), тобто кількість МДА відносно імпульсних виходів буде:

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

а кількість МДА відносно аналогових входів буде:

$$N_{МДА}^{ВА} = N_{ВА} / n_{ВА} = 55 / 8 = 7$$

(округлюємо до найбільшого цілого).

Залишилось 44 дискретних входи / виходи, ураховуючи, 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 модифікації 22, один БК модифікації 25 і один БК модифікації 35. Перевіряємо загальну кількість сигналів:

5

$$N_{BA} = 8 \text{ (МДА)} \times 7 = 56; N_{IB} = 2 \text{ (МДА)} \times 7 = 14;$$

$$N_{ВД} = 8 \text{ (МСД 8/8)} \times 2 = 16;$$

$$N_{ДВ} = 8 \text{ (МСД 8/8)} \times 2 + 16 \text{ (МСД 0/16)} \times 1 = 32.$$

Задачі для розв'язання

Задача 1.12. Виберіть контролер з контролерів типу «ремиконт-ломиконт» та розрахуйте його апаратний склад для МСА помірної живучості та підвищеної надійності з 20 ВА 0-5 мА, 20 ВА 0-20 мА та 15 ВА 0-10 В, 14 виконавчими механізмами типу МЕО і 6 електромагнітними клапанами з одним електромагнітом. До складу МСА входять також схема технологічної сигналізації з 16 сигнальними табло, дзвоником, кнопкою перевірки та кнопкою квітуння. До 55 ВА входять і 14 ВА показчиків положення МЕО.

Задача 1.13. Виберіть контролер з контролерів типу TSX та розрахуйте його апаратний склад для МСА підвищеної живучості та помірної надійності з 20 ВА 0-5 мА, 20 ВА 0-20 мА та 15 ВА 0-10 В, 14 виконавчими механізмами типу МЕО і 6 електромагнітними клапанами з одним електромагнітом. До складу МСА входять також схема технологічної сигналізації з 16 сигнальними табло, дзвоником, кнопкою перевірки та кнопкою квітуння та схема захисту з 14 дискретними входами і 5 дискретними виходами. До 55 ВА входять і 14 ВА показчиків положення МЕО.

Задача 1.14. Виберіть контролер з контролерів типу TSX та розрахуйте його апаратний склад для МСА помірної живучості та надійності з 20 ВА 0-5 мА, 20 ВА 0-20 мА та 15 ВА 0-10 В, 14 виконавчими механізмами типу МЕО і 6 електромагнітними клапанами з одним електромагнітом. До складу МСА входять також схема технологічної сигналізації з 16 сигнальними табло, дзвоником, кнопкою перевірки та кнопкою квітуння та схема захисту з 14 дискретними входами і 5 дискретними виходами. До 55 ВА входять і 14 ВА показчиків положення МЕО.

2 ПРОЕКТУВАННЯ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ

Проектування електричних провідок. Коротка характеристика кабелів і проводів, що застосовуються в системах автоматизації. Вибір способу виконання і прокладання

електропроводки. Вибір кабелів і проводів. Вибір захисних і підтримувальних конструкцій. Проектування трубних проводок. Вибір труб. Вибір способу прокладання трубних проводок. Особливості проектування ліній зв'язку обчислювальних мереж. Характеристика застосовуваних кабелів. Будова волоконно-оптичних систем та кабелів. Проектування волоконно-оптичних систем передавання інформації. Структуровані кабельні системи. Призначення. Кабелі зв'язку. Топології кабельних систем. Схеми та креслення зовнішніх проводок. Схеми й таблиці з'єднань і підмикань зовнішніх проводок. Креслення розташування проводок і устаткування.

При проектуванні ліній зв'язку систем автоматизації (СА) виконують схеми з'єднання зовнішніх проводок і креслення розташування проводок і обладнання, які розшифровують функціональні зв'язки між окремими елементами систем вимірювання, регулювання, керування і сигналізації з зазначенням конкретних місць їх монтажу. В основному вони визначають зовнішній зв'язок пунктів керування із позащитовою апаратурою і джерелами живлення, а також зв'язок між конструкціями ПК.

У системах автоматизації визначають внутрішню і зовнішню як електричну, так і трубну проводки. Причому під першою розуміють внутрішньощитові, а під другою – позащитові зв'язки, тобто зв'язки щита. Ці проектні матеріали є основними для виконання робіт з прокладання і підмикання кабелів, проводів і труб до щитів, пультів і окремо установлених приладів та апаратури.

2.1 Проектування електричних проводок

При проектуванні електропроводок систем автоматизації послідовно вибирають спосіб виконання електропроводки, технічну характеристику проводу чи кабелю (марка, площа перерізу і кількість жил кабелю або проводів в одному захисному пристрої), захисні і підтримувальні конструкції. В електропроводках систем автоматизації використовують

встановлювальні ізолювані і термоелектродні проводи, силові, контрольні і термоелектродні кабелі.

Існує декілька ознак, за допомогою яких класифікують електропроводки:

місце прокладання – *зовнішні*, прокладені по зовнішніх стінах будинків, споруд і між ними, і *внутрішні* – монтовані у закритих приміщеннях;

спосіб виконання – *відкриті* (стаціонарні, пересувні і переносні), які прокладають на поверхні будівельних конструкцій, і *заховані* – всередині конструктивних споруд будинків і споруд, а також кабелями у землі. Відкрита електропроводка може бути як *незахищеного*, так і *захищеного* виконання, причому останнє може бути нормальним (захист лише від механічних пошкоджень) або вибухобезпечним;

спосіб прокладання – проводки в захисних трубах, лотках, коробах, по кабельних конструкціях чи мостах, на підвісках, у каналах, тунелях або кабелем у землі.

У системах автоматизації, як правило, застосовують відкриті способи прокладання електропроводок. Заховані електропроводки допускаються як виняток у тих випадках, коли це пов'язано з вимогами архітектурного оформлення приміщень або при підході до устаткування, встановленого віддалік від стін чи інших будівельних конструкцій. Однак в останньому випадку можливе прокладання і в кабельних каналах.

Спосіб виконання і прокладання електропроводки систем автоматизації вибирають у залежності від виду кабельної продукції, яку мають використати, призначення і категорії приміщень і зовнішніх установок, їх архітектурного оформлення, особливостей будівельних конструкцій, розташування устаткування, економічних факторів і зручності експлуатації. За рівних умов перевага надається найбільш економічному способу. У цьому відношенні у системах автоматизації краще застосовувати ті самі види електропроводок, що й в установках електропостачання і силового електроустаткування, оскільки використання існуючих чи проєктованих кабельних споруд і конструкцій (якщо це допустимо за умов спільного прокладання кіл різного призначення) знижує вартість монтажних робіт.

Ізольовані і термоелектродні проводи найчастіше прокладають у трубах (відкрито і заховано), лотках, коробах (відкрито і заховано), металевих рукавах, однак можливе прокладання і в глухих каналах чи в каналах, які закриваються, із вогнетривких будівельних конструкцій. При цьому сталеві і пластмасові труби застосовують для одиночного прокладання проводів відкрито і заховано, а також потоків проводів при необхідності спеціального виконання електропроводок. Способи прокладання кабелів більш різноманітні. У виробничих приміщеннях застосовують прокладання кабелів на кабельних конструкціях, у сталевих лотках, у коробах, каналах. Вибору способу прокладання передуює вибір виду кабельної продукції: проводів чи кабелів. Основні рекомендації тут пов'язані із застосуванням магістральних багатожильних кабелів, що з'єднують з'єднувальні коробки зі щитами з подальшим розведенням проводів.

При виборі проводу та кабелю послідовно вибирають марку кабелю чи проводу (матеріалу струмоведучої жили, ізоляції та оболонки, захисного покриття), кількості жил кабелю чи проводів в одному захисному пристрої, площі перерізу жил. Далі вибирають захисні і підтримувальні конструкції, за які використовують лотки, короби, збірні конструкції, пластмасові і сталеві захисні труби. Розміри цих конструкцій визначаються в залежності від кількості і зовнішнього розміру кабелів і проводів, а для захисних труб – конфігурації ділянки їх протягування. Конфігурація ділянок та положення короба у просторі впливають і на вибір розміру короба.

2.2 Проектування трубних проводок

Найбільш поширені в системах автоматизації імпульсні та командні трубні проводки. Перші передають імпульси від відбірних до чутливих елементів приладів і засобів автоматизації (наприклад від відбору тиску до манометра); другі передають командні імпульси на виконавчі органи (наприклад пневмолінія від регулятора до виконавчого механізму).

При проектуванні трубних проводок спочатку вибирають матеріал і розміри труб, а потім спосіб їх прокладання. Для

більшості імпульсних трубних провідок, у тому разі, коли вимірюваним чи транспортованим середовищем є газ, пара або рідина, як імпульсні використовують водогазопровідні труби з умовним діаметром 8, 15, 20 і 25 мм (при вимірюванні витрати і рівня 8-міліметрові труби не застосовують), якщо тиск не перевищує 1,6 МПа і температура 175 °С. Для більших тиску і температур імпульсні провідки при вимірюванні тиску чи розрідження виконують з безшовних труб розміром 10 x 2 мм, а при вимірюванні витрати і рівня – з безшовних труб розміром 14 x 2 мм. У інших випадках товщину стінки труб вибирають у залежності від зовнішнього діаметра і умовного тиску на основі розрахунків на міцність. Як командні лінії пневмоавтоматики звичайно застосовують пластмасові труби, пневматичні і пневмоелектричні кабелі. Пневмокабелі мають поліетиленові трубки, полівінілхлоридну оболонку і захисний покрив типу Г і ББГ.

1.3 Проектування ліній зв'язку обчислювальних мереж

Основна вимога до ліній зв'язку обчислювальних мереж (ОМ): передавати як можна більше інформації за короткий термін на більшу відстань. Вони можуть бути реалізовані із застосуванням:

- витих пар (екранованих і неекранованих);
- коаксіальних кабелів (вузько- та широкосмугових);
- волоконно-оптичних кабелів (ВОК).

Основними параметрами, що характеризують ці лінії зв'язку, є: 1) швидкість передавання даних (ШПД), Мбіт/с, або Мбод; 2) погонне затухання, дБ/км, яке визначають за формулою

$$\alpha = 10 \lg (P_1/P_2) / L,$$

де L – довжина лінії, км, P_1 , P_2 – потужність сигналу на вході і на виході. Враховуючи, що швидкість передавання інформації залежить від смуги пропускання частот, на яких передається інформація, існує також інтегральний показник якості каналу, км·Мбіт/с, або ширина смуги пропускання (ШСП), МГц·км.

Основними перевагами витих пар є низька вартість (біля 0,5 \$ за метр), легкість підмикання нових вузлів та нарощування довжини. Зараз використовують неекрановані телефонні кабелі UTP 3 та 5 категорій та екранований телефонний кабель STP. UTP-3 забезпечує передачу даних з ШПД до 16 Мбіт/с на відстані до 100 м і тільки в мережах з інтерфейсом RS-232 ця відстань може бути збільшена до 1,2 км. UTP-5 забезпечує ШПД до 155 Мбіт/с на такі ж відстані, що і UTP-3. Кабель STP використовують на зашумлених об'єктах, але він має більшу вартість, ніж UTP і потребує заземлення. Телефонні кабелі забезпечують відносно невелику витрату сигналу. Їх $\alpha = 0,5 - 1$ дБ/км при частоті 300 Гц і $2 - 3$ дБ/км при частоті 4 кГц.

Здавалося, що суттєво кращі електричні характеристики має коаксіальний кабель, у якого електромагнітне поле не виходить за межі циліндричної екранної оболонки, тобто повністю міститься всередині кабелю. Але до його недоліків належить більша кількість необхідного допоміжного обладнання мережі, а також те, що подальше нарощування мережі можливе тільки при застосуванні повторювачів. Він має більші розміри та масу, негнучкий, більш складний у монтажі (необхідне заземлення). Вартість вузькосмугового кабелю збігається з вартістю UTP, широкосмуговий коштує приблизно у 10 разів більше, але дає змогу одночасно з передачею даних у декількох частотних діапазонах передавати телевізійні сигнали та мову.

Найкращі характеристики мають волоконно-оптичні кабелі, які забезпечують найвищу швидкість передавання даних (до 2 Гбіт/с), дуже високу перешкодозахищеність, однак мають високу вартість, потребують спеціального контролю і спеціальних навичок монтажу. Перевагами ВОК є: 1) висока пропускна здатність, яка зараз у 100 – 1000 разів вища, ніж у провідних систем і обмежена швидкістю мікросхем; 2) перешкодозахищеність, оскільки електромагнітні й електростатичні поля практично не чинять впливу на світловий потік; 3) вибухо- і пожежонебезпечність через малу потужність світлового сигналу (частки мілівата) і використання матеріалів, що не поширюють горіння; 4) висока надійність, мала

тоннажність (кабель з чотирма оптичними волокнами – 240 кг/км, малогабаритний коаксіальний кабель – 758 кг/км).

Застосовують одномодові (однохвильові) ОВ-ОМ та багатомодові (багатохвильові) ОВ-БМ оптоволоконні кабелі. В обчислювальних мережах через економічні фактори та необхідність сумісності з мережевим оптичним обладнанням застосовують ОВ-БМ, що забезпечує ШПД до 155 Мбіт/с при дистанційності до 2 км. При передачі даних на більші відстані використовують підсилювачі або ОВ-ОМ.

Волоконно-оптичні системи передавання інформації (ВОСП), які забезпечують передавання модульованого світлового потоку, складаються з трьох основних функціональних компонентів: випромінювача модульованого світлового потоку, хвилеподібного світлопровідного тракту і фотоприймального перетворювача.

Як джерело випромінювання у ВОСП застосовуються діоди світловипромінювання (СВД) й інжекційні лазери (ІЛ). За основними потрібними параметрами джерел випромінювання ВОЛЗ (необхідної хвилі випромінювання – від 0,85 до 1,7 мкм, надійності, вихідної потужності, ККД, ШСП, температурних вимог, геометричних розмірів і економічності) найбільш повне їх задоволення забезпечують ІЛ. Однак через їх високу вартість у системах автоматизації переважне застосування поки що мають СВД, які є джерелами для багатомодових ВОЛЗ здебільшого на хвилі 0,85 мкм довжиною до 2 км без повторювачів зі швидкістю передавання інформації 200 Мбіт/с. ІЛ можуть забезпечити безретрансляційне передавання даних на відстань до 50 км зі швидкістю, що перевищує 1–2 Гбіт/с. Волоконно-оптичний кабель – це складна багатокомпонентна система, що має одне або декілька оптичних волокон (ОВ) зі зміцнювальними й заповнювальними елементами (різноманітними полімерними матеріалами), а в окремих випадках і металевими елементами (армовані ВОК). Третім з основних елементів ВОЛЗ є фотоприймач, призначений для перетворення оптичних сигналів в електричні, за які можуть бути застосовані фоторезистори (ФР) і фотодіоди (ФД). Ураховуючи, що ФР не задовольняють за своїми параметрами вимоги широкопasmової обробки оптичних сигналів, застосовують ФД. Конструктивно ВОСП складається з

оптоелектронних блоків, оптичних кабелів, оптичних з'єднувачів, оптичних відгалуджувачів і розгалуджувачів, оптичних перемикачів і комутаторів.

Передача світла по ОВ базується на явищі повного внутрішнього відбиття світла, причому показник переломлення (ПП) оболонки – постійний, а серцевини – є функцією поперечної координати. Зараз застосовують ОВ двох типів: «кварц-кварц» та «кварц-полімер» (серцевина з кварцу, оболонка з полімеру).

Послідовність проектування ВОСПІ така: формулюють вимоги до ВОСПІ, вибирають топологію та елементну базу ВОСПІ. Топології ВОСПІ подібні до топологій інших технічних розподілених систем. Тут застосовують: 1) зірку з централізованою комутацією; 2) кільце; 3) послідовну топологію (шина); 4) деревоподібну топологію; 5) зірку з децентралізованою комутацією, у якій з'єднання кінцевих пристроїв (КП) відбувається через допоміжний вузол комутації (ДВК) (рисунок 2.1).

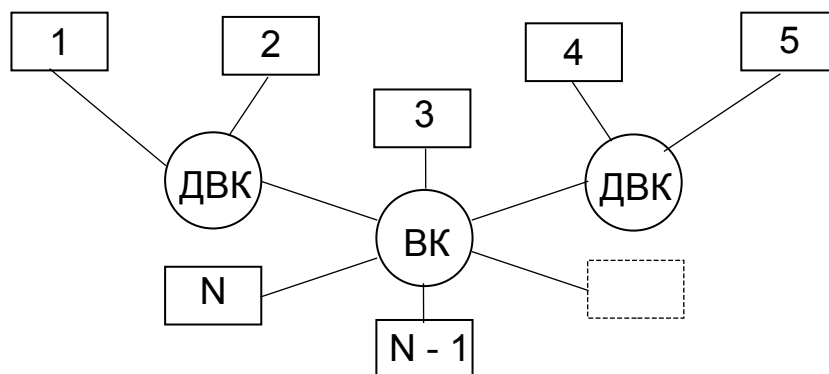


Рисунок 2.1

При виборі топології послідовно враховують необхідний обсяг інформації, яку передають, необхідну довжину ВОК, необхідну кількість розгалуджувачів і можливість організації дуплексного зв'язку, можливість розширення системи, надійність, ремонтпридатність і прихованість зв'язку. Потрібна довжина ВОК значною мірою визначає економічну ефективність системи. Для КП, рівномірно розподілених на території квадратної форми, кільце потребує найменшої довжини ВОК, при нерівномірному розташуванні найменша довжина у магістралі.

Зірка потребує найбільшої довжини ВОК, причому зменшити довжину використовуваних ВОК у зірці можливо за допомогою ДВК. Усі інші параметри у зірки або кращі, або такі ж, як у інших топологій. Зараз найширше у ВОСПІ використовують шину і зірку, причому їх вибирають ураховуючи втрати сигналу у з'єднувачах і розгалуджувачах, які при $N \geq 7$ (де N – кількість КП) значно менші у зірки порівняно з шиною.

2.4 Структуровані кабельні системи (СКС)

СКС (Structured Cabling System – SCS) – це модульна, гнучка та повністю документована кабельна мережна система, що з'єднує голос, дані, відео та пристрої контролю і керування будівлею. Її модульність пов'язана з набором комутаційних елементів: кабелів, рознімачів, конекторів, кросових панелей тощо, що в ній використовуються; гнучкість – з можливістю легкого розширення. З іншого боку, СКС розглядається як кабельна платформа інтелектуальної будівлі, тобто будівлі, що забезпечує продуктивне та ефективне використання робочого простору завдяки об'єднанню систем передачі голосу, даних, відео, а також контролю та керування будівлею.

При проектуванні СКС послідовно вибирають її топологію, комунікаційне обладнання та кабелі. У СКС застосовують дві топології: ієрархічна зірка (ІЗ) та одноточкова (ОТ). ІЗ-топологія має максимальну гнучкість. У цьому випадку СКС складається з вертикальних кабелів, що прокладені між кросрозподільниками, що є кінцевими пристроями кожного поверху, та горизонтальними ділянками кабелю між кросрозподільниками та обладнанням окремих користувачів.

ОТ-топологія забезпечує пряме з'єднання всіх робочих місць з центральним кросом в апаратній, вона дає змогу керувати системою із однієї точки, оптимальної для розташування централізованого активного обладнання. Це спрощує керування мережами, виключає необхідність кросування мереж у різних місцях, забезпечує можливість підмикання користувачів з різних частин будівлі до одного й того ж сегмента, знижує трафік на постійно перевантажених мостах та маршрутизаторах. ОТ-топологія більш економічна з трьох причин. По-перше, вона

виключає необхідність у горизонтальному кросі, дає змогу мати економію на пасивному обладнанні. По-друге, збираючи активне устаткування в одному місці, вона зменшує кількість невикористаних портів у системі. По-третє, спрощується експлуатація мережі, що дає можливість зменшити кількість обслуговуючого персоналу.

Кросове обладнання входить у підсистему керування, яка повинна давати змогу підмикання практично будь-якого вузла до необхідного сегмента без додаткового монтажу кабелю, а також переміщувати робочу станцію у будь-яке місце, залишаючи її у тому ж фізичному сегменті. Комутація портів може виконуватися механічно або програмно. При механічній комутації використовуються комутаційні (patch panels) та кросові (connects panels) панелі. До перших постійно підімкнуті тільки кабелі-з'єднання з робочими місцями, а активне обладнання підмикається з допомогою з'єднувальних шнурів (patch cord). До других постійно підімкнуті також порти активного обладнання і перемикання виконується з допомогою кросувального шнура. Програмна комутація виконується з допомогою кросового комутатора (комутаційної матриці – switch matrix), до якого з одного боку підімкнуті порти активних мережних пристроїв, а з другого – проводка від робочих місць користувачів. Кросовий комутатор на відміну від комутатора ЛОМ тільки забезпечує фізичне з'єднання порта на одному боці матриці з портом на його другому боці.

У СКС застосовують ті ж кабелі, що і в ЛОМ. При виборі кабелю для СКС ураховують вартість, діапазон застосування, простоту прокладання, час життя системи, наявність шумів, погонне затухання тощо. У СКС в основному використовують UTP і оптоволокло. Перші як остання ланка передачі даних, тобто від кабельної шафи-відсіку до робочого місця або офіса на відстань не більш 100 м. Для більших відстаней – між будівлями, від апаратної або комп'ютерного центра до кабельних відсіків використовують багатомодове оптоволокло.

2.5 Схеми та креслення зовнішніх проводок

Схема з'єднань зовнішніх проводок – це комбінована схема, на якій показані електричні і трубні зв'язки між приладами і засобами автоматизації, установленими на технологічному устаткуванні, поза щитами і на щитах, а також підмикання проводок до приладів і щитів.

Креслення розташування показують плани поверхів, виконані у відповідному масштабі з необхідними розрізами. На них указують місце монтажу електричних і трубних проводок, місцевих приладів і засобів автоматизації, щитів і пультів. Крім електричних і трубних проводок, на цих кресленнях показують приймальні і відбірні пристрої, виконавчі механізми і регулюючі органи, які встановлюються на технологічному устаткуванні і трубопроводах, з'єднувальні і протягувальні коробки, прилади і засоби автоматизації, встановлені за місцем щити і пульти. Усі ці елементи, у тому числі і потоки електричних і трубних проводок, координуються.

Література [11, с. 121 – 144; 6, с. 230 – 290, 298 – 338; 2, с. 206 – 248; 9, с. 219 – 277, 389 – 392; 14; 3, с. 23 – 33.

Контрольні питання

1 Класифікація електропроводок систем автоматизації за місцем прокладання. Які встановлювальні ізолювані проводи використовують у системах автоматизації і яку вони мають конструкцію?

2 Класифікація електропроводок систем автоматизації за способом виконання. Для чого і які термоелектродні проводи використовують у системах автоматизації? Яку ці проводи мають конструкцію?

3 Класифікація електропроводок систем автоматизації за способом прокладання. Які контрольні кабелі використовують у системах автоматизації і яку вони мають конструкцію? Чим вони відрізняються від силових кабелів?

4 Як вибирають спосіб виконання і спосіб прокладання електропроводки системи автоматизації? Порівняйте між собою електропроводки встановлювальними ізолюваними проводами і контрольними кабелями. Для чого і які з'єднувальні та протяжні коробки при цьому використовують?

5 Як вибирають матеріал струмоведучої жили, площу її перерізу та матеріал ізоляції у разі застосування встановлювальних ізольованих проводів, а у разі використання багатожильних проводів – кількість струмоведучих жил та оболонку?

6 Як вибирають матеріал струмоведучої жили, ізоляції та оболонки при застосуванні контрольних кабелів?

7 Як вибирають захисний покрив, площу перерізу струмоведучих жил та їх кількість у разі застосування контрольних кабелів?

8 Які захисні й підтримувальні конструкції використовують для прок-ладання проводів систем автоматизації? Як їх вибирають та визначають їх розміри?

9 Які захисні й підтримувальні конструкції використовують для прокладання кабелів систем автоматизації? Як їх вибирають та визначають їхні розміри?

10 Які труби використовують як захисні для електропроводок систем автоматизації? Як їх вибирають та визначають їхні розміри?

11 Наведіть класифікацію трубних проводок систем автоматизації за призначенням та місцем прокладання. Які труби та пневмокабелі використовують для цих проводок? У яких випадках застосування пластмасових труб та пневмокабелів обмежене?

12 Наведіть класифікацію трубних проводок систем автоматизації за призначенням та місцем прокладання. Як вибирають труби та визначають їхні розміри для трубних проводок систем автоматизації?

13 Які кабелі застосовують в обчислювальних мережах і які параметри цих кабелів характеризують якість передавання даних? Які існують типи витих пар і як вони вибираються? Опишіть їх конструкцію і параметри.

14 Які кабелі застосовують в обчислювальних мережах і які параметри цих кабелів характеризують якість передавання даних? Які існують типи коаксіальних кабелів і як вони вибираються? Опишіть їх конструкцію і параметри.

15 Які кабелі застосовують в обчислювальних мережах і які параметри цих кабелів характеризують якість передавання

даних? Опишіть конструкцію волоконно-оптичних кабелів, наведіть їх геометричні розміри та оптичні параметри.

16 Наведіть характеристику компонентів ВОСП. Яка послідовність операцій у процесі проект-тування ВОСП? Які існують види топології ВОСП? Яка їх порівняльна оцінка?

17 Що таке СКС? Які переваги СКС і з яких підсистем вона складається?

18 Що таке СКС? Які топології і які кабелі застосовуються в цих системах? Наведіть їх порівняльну оцінку.

19 Який зміст схем з'єднань і підмикань зовнішніх проводок систем автоматизації? Як зображують і позначають на цих схемах трубні й електричні зовнішні проводки; прилади і засоби автоматизації, що встановлені на технологічному обладнанні та за місцем; щити і пульти; з'єднувальні коробки?

20 Який зміст креслень розташування проводок і обладнання систем автоматизації? Як зображують і позначають на цих схемах зовнішні проводки, прилади і засоби автоматизації, щити і пульти, з'єднувальні коробки?

Контрольна задача. Проаналізуйте схему технологічної сигналізації з повторною дією звукового сигналу, що реалізована за допомогою Л-110 і наведена на рисунку 2.2. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Визначте роботу схеми при замиканні спочатку технологічного контакту SQ1, а після зняття звукового сигналу S при замиканні технологічного контакту SQ2. Поясніть роботу схеми при перевірці звукового S та світлових HL сигналізаторів.

Розв'язання

Схема має чотири технологічних контакти (SQ1, ..., SQ4), чотири світлових сигналізатори (HL1, ..., HL4), звуковий сигналізатор S, кнопку зняття сигналу SB1 та перевірки SB2. Алгоритм роботи схеми такий: із замиканням контакту сигналізатора SQ загоряється відповідна сигнальна лампа HL і вмикається звуковий сигналізатор S. Звуковий сигнал знімають кнопкою зняття сигналу SB1, а сигнальна лампа залишається

горіти до розімкнення контакту SQ. Перевірку сигналізаторів HL і S 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 керування звуковою сигналізацією. Третя секція (СК702) відповідає за роботу світлових сигналізаторів.

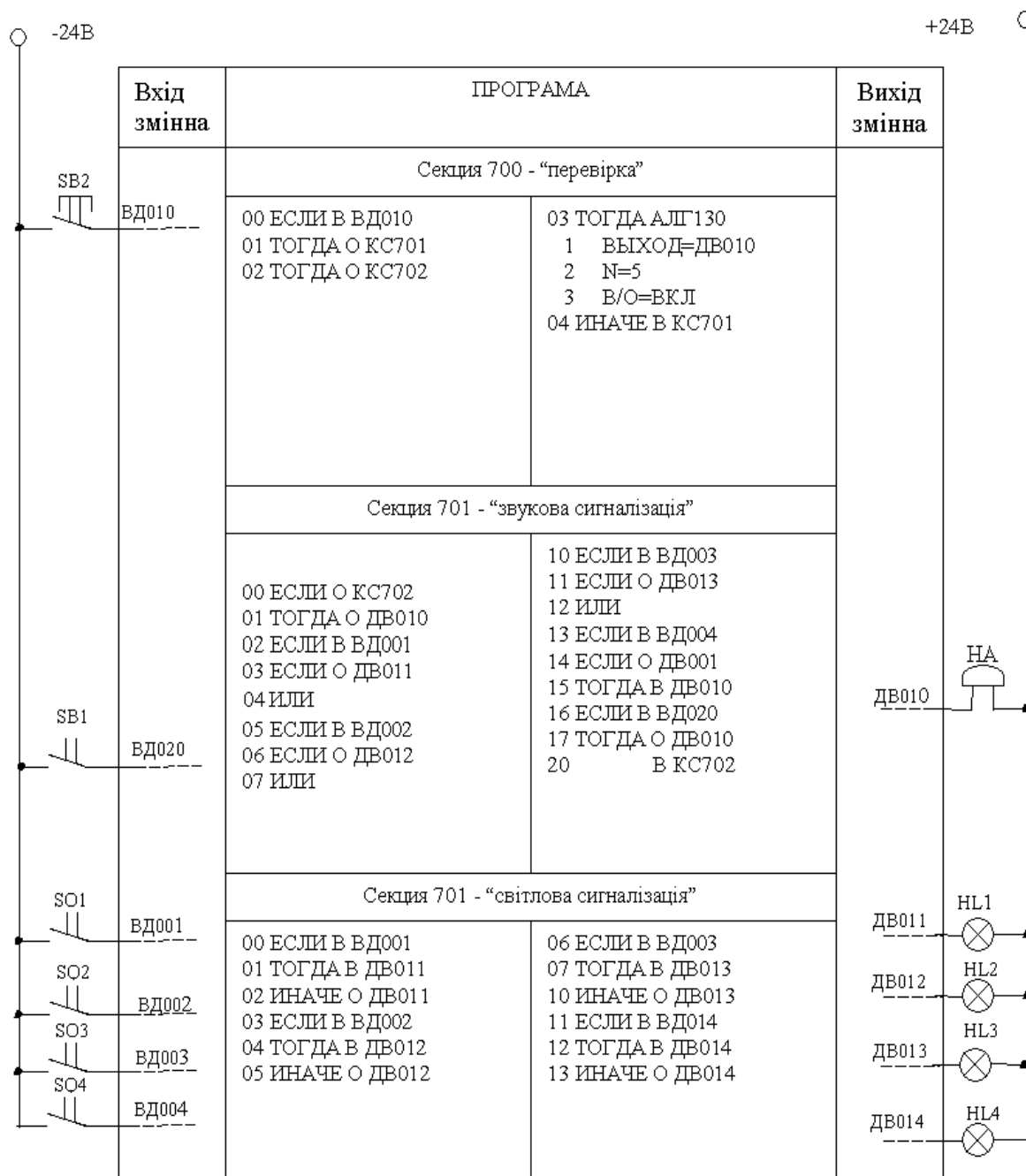


Рисунок 2.2

Рис.10

Секція 700 є головною і керує всією 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 S 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 була 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 «АБО». У свою чергу кожна група складається з двох фрагментів, об'єднаних між собою за допомогою логічного "І". Якщо умови, записані в якійсь із груп, виконуються, це спричиняє вмикання ДВ010 і відповідно спрацьовує звуковий сигнал S. У разі натискання на кнопку квітування 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 перебуває у «робочому» режимі, тобто секції 701 і 702 відкриті. У разі замикання, наприклад, технологічного контакту SQ1 і вмиканні 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 S.

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

Задачі для розв'язання

Задача 2.1. Проаналізуйте схему технологічної сигналізації з повторною дією звукового сигналу та миготінням, що реалізована за допомогою Л-110 і наведена на рисунку 2.3. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Визначте роботу схеми у разі замикання спочатку технологічного контакту SQ2, а після зняття звукового сигналу S у разі замикання технологічного контакту SQ1. Поясніть роботу схеми під час миготіння світлового сигналізатора HL1, а також у разі перевірки звукового S та світлових HL сигналізаторів.

Задача 2.2. Проаналізуйте схему виробничої сигналізації роботи електроприводів, не пов'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 нормальної роботи двигуна M1 (контакт магнітного пускача KM1 замкнений), його аварійної зупинки, а також зупинки з допомогою кнопки SB1. Поясніть роботу схеми у разі перевірки звукового S та світлових HL сигналізаторів.

Задача 2.3. Проаналізуйте схему виробничої сигналізації роботи електроприводів, пов'язаних технологічною послідовністю вмикання, що реалізована за допомогою Л-110 і

наведена на рисунку 2.5. 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 S та світлових НL сигналізаторів.

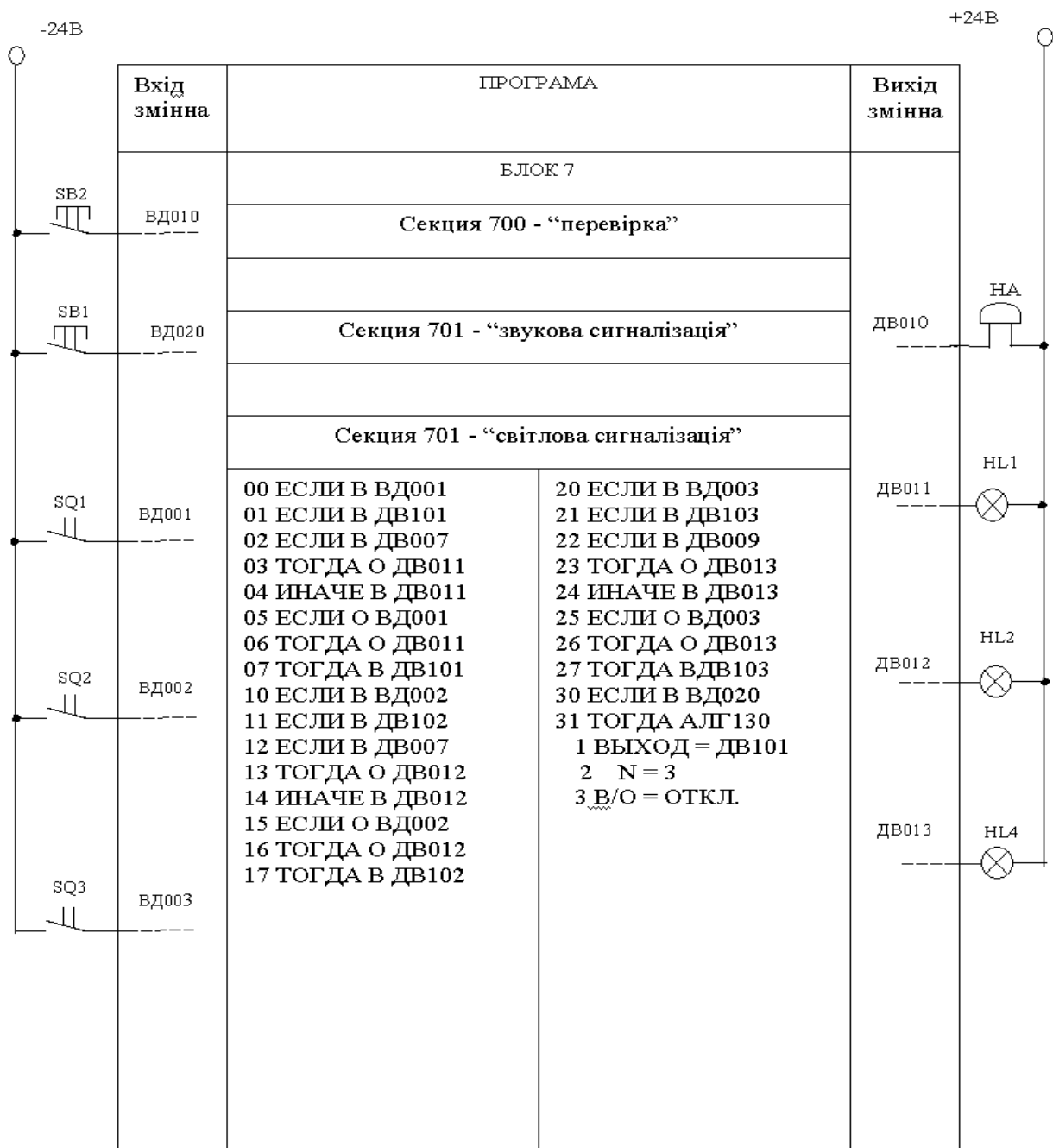


Рисунок 2.3

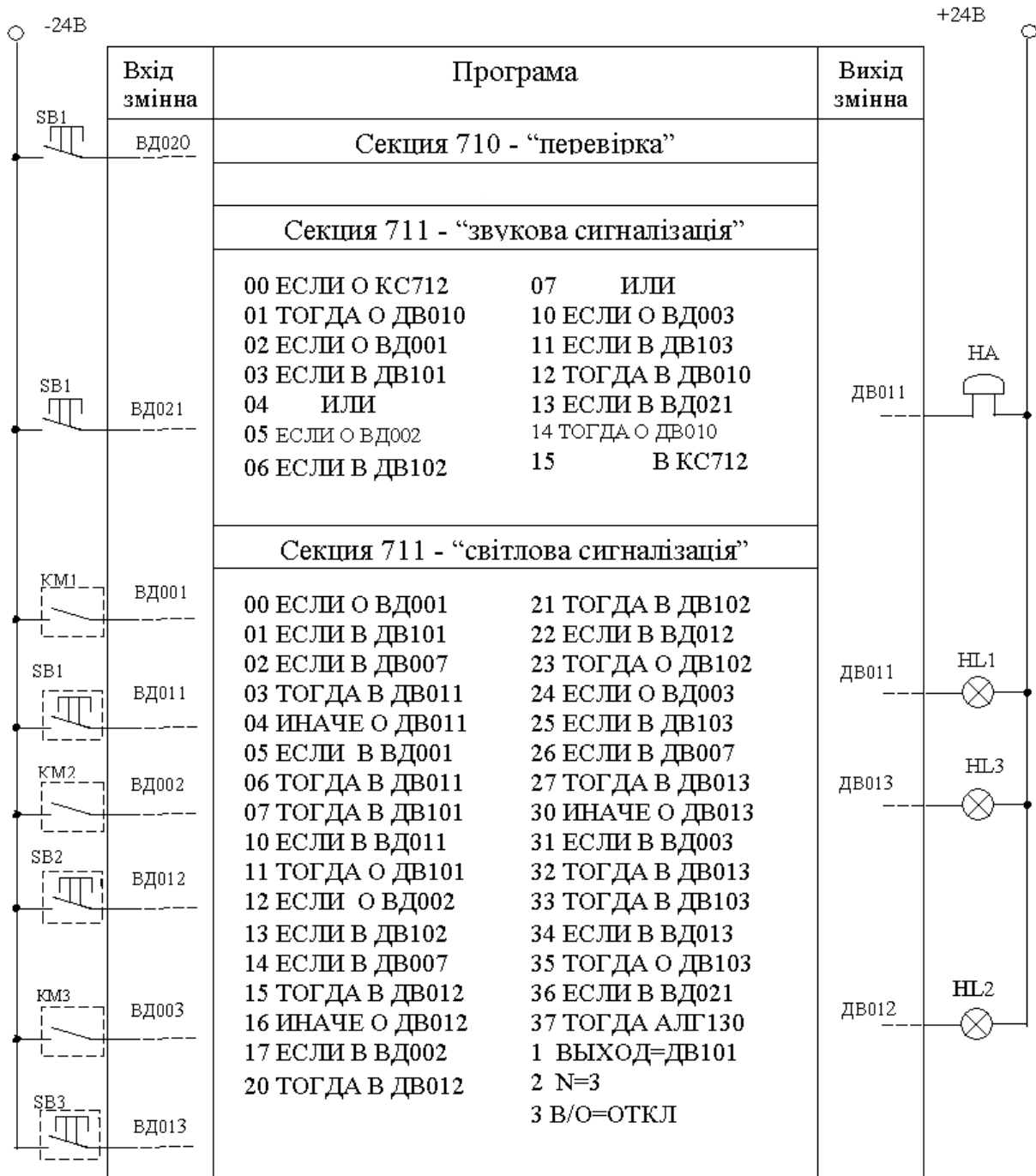


Рисунок 2.4

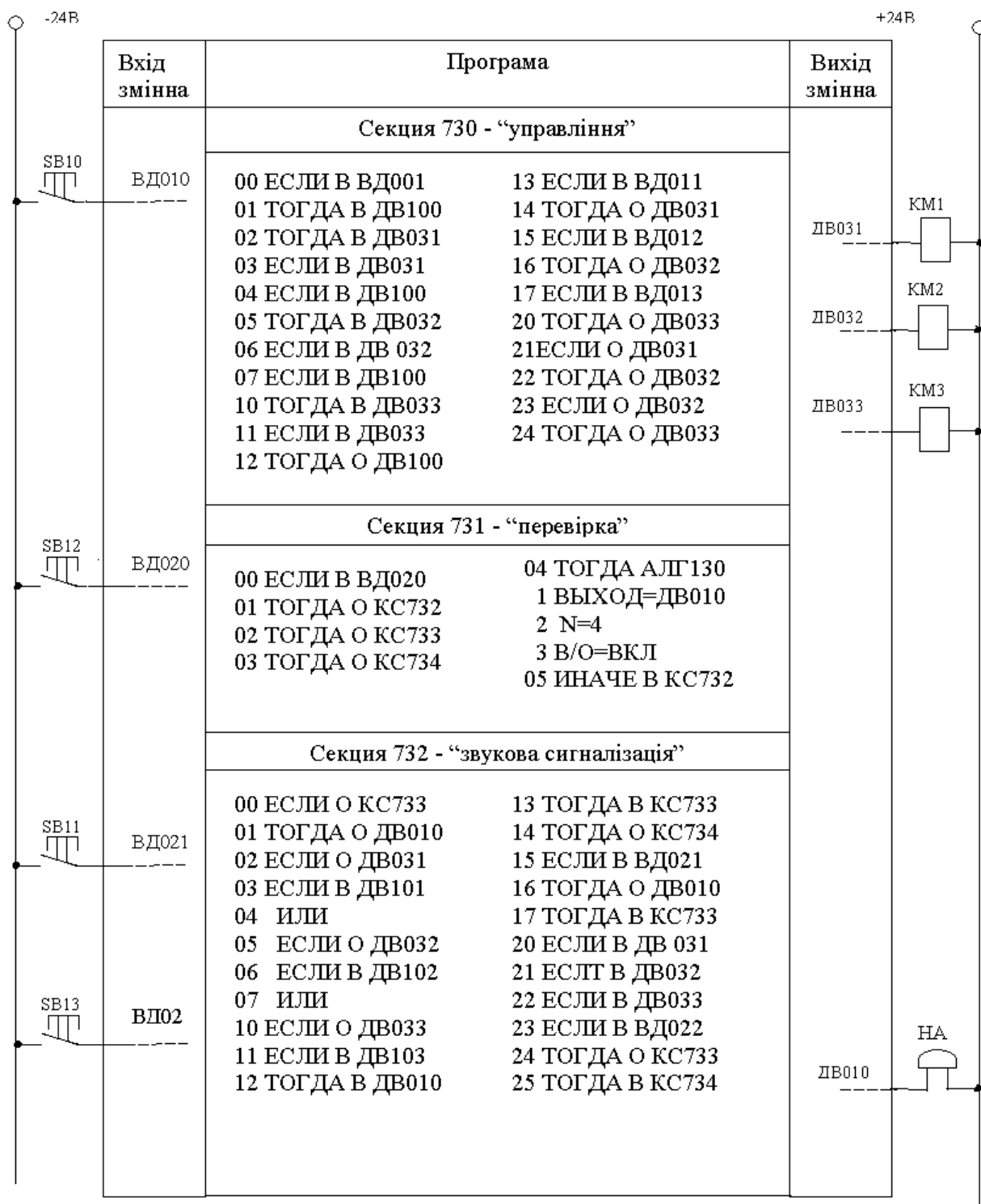


Рисунок 2.5, аркуш 1

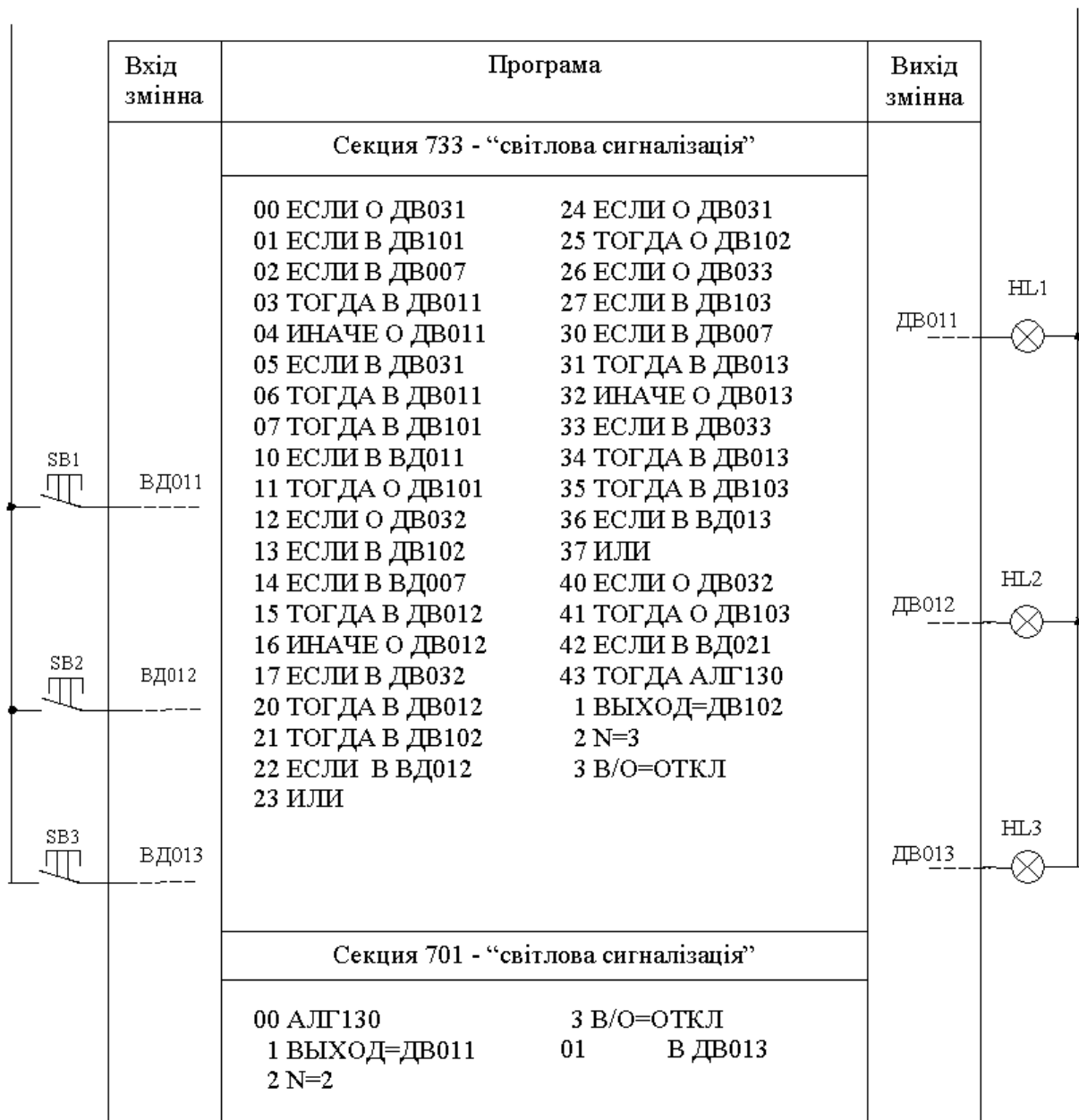


Рисунок 2.5, аркуш 2

Контрольна задача. 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 S при замиканні технологічного контакту SQ1. Поясніть роботу схеми у разі перевірки звукового S та світлових HL сигналізаторів.

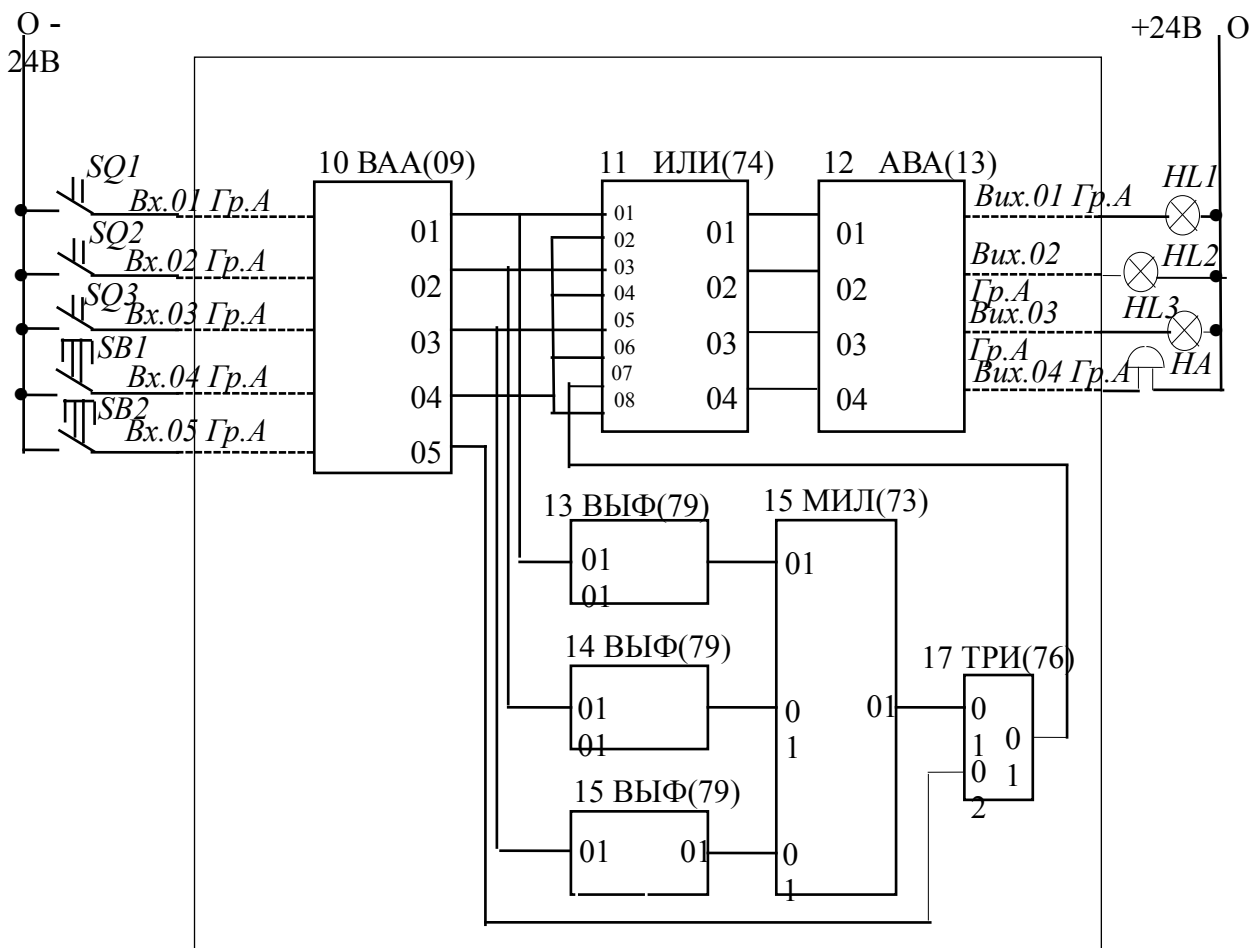


Рисунок 2.6

Розв'язання

Ця схема має три технологічні контакти (SQ1 – SQ3), три світлових сигналізатори (HL1 – HL3), звуковий сигналізатор S, кнопки зняття сигналу (квитування) SB1 та перевірки SB2. Для її побудови використані стандартні алгоритми: ввід дискретний групи А (ВДА), логічне АБО (АБО), виділення фронту (ВФ), багатовихідне (БВ АБО), тригер (ТР), дискретний вивід групи А (ДВА). Алгоритм роботи схеми такий: із замиканням контакту сигналізатора SQ загоряється відповідна сигнальна лампа HL і вмикається звуковий сигналізатор S. 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 всіх окремих елементів АБО алгоритму АБО (алгоблок 11). Виходи цього алгоритму вмикають усі дискретні виходи контролера, до яких підімкнені сигнальні лампи НЛ і звуковий сигнал S. У разі розмикання контактів кнопки SB2 схема повернеться у попередній стан.

У разі замикання технологічного контакту SQ сигнал з відповідного дискретного входу (група А) подається одночасно на один із відповідних йому елементів АБО (алгоблок 11) та на один із алгоритмів ВФ (13 – 15). Вихід алгоритму АБО увімкне відповідний дискретний вихід контролера (група А), до якого підімкнутий світловий сигналізатор НЛ. В свою чергу сформований за допомогою алгоритму ВФ імпульс подається на один із входів алгоритму БВ АБО, вихід якого підімкнуто до входу «Встановлення» алгоритму ТР. Останній через вхід 07 алгоблока 11 і вхід 04 алгоблока 12 вмикає звуковий сигнал. У разі натискання на кнопку квітування SB1 сигнал з дискретного входу 05 (група А) подається на вхід «Скид» тригера (І7) і скидає його. Подача звукового сигналу припиняється, а НЛ продовжує горіти до розмикання SQ.

Використання алгоритмів ВФ, БВ АБО та ТР пов'язано з необхідністю створення умов для повторного спрацьовування звукової сигналізації при замиканні іншого технологічного контакту в той час, коли попередній ще не розімкнувся.

Задачі для розв'язання

Задача 2.4. Проаналізуйте схему технологічної сигналізації з повторною дією звукового сигналу, що реалізована за допомогою Р-130. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Визначте роботу схеми при замиканні спочатку технологічного контакту SQ2, а після зняття звукового сигналу S при замиканні технологічного контакту SQ1. Поясніть роботу схеми при перевірці звукового S та світлових НЛ сигналізаторів.

Задача 2.5. Проаналізуйте схему технологічної сигналізації з повторною дією звукового сигналу та миготінням, що реалізована за допомогою Р-130. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Визначте роботу схеми у разі замикання спочатку технологічного контакту SQ2, а після зняття звукового сигналу S у разі замикання технологічного контакту SQ1. Поясніть роботу схеми під час миготіння світлового сигналізатора HL1, а також при перевірці звукового S та світлових HL сигналізаторів.

Задача 2.6. Проаналізуйте схему виробничої сигналізації роботи електроприводів, не пов'язаних технологічною послідовністю вмикання, що реалізована за допомогою Р-130. 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 S та світлових HL сигналізаторів.

Контрольна задача. Проаналізуйте схему технологічної сигналізації з повторною дією звукового сигналу, що реалізована за допомогою контролера TSX Micro. Схема і відповідна програма наведені на рисунку 2.7 і у таблиці 2.1. Схема має 20 термодатчиків (поз. 1а – 20а) і 20 сигнальних ламп (HL1 – HL20), які спрацьовують при температурі, вищій за 90 °С. Кнопка SB1 призначена для перевірки сигналізаторів, кнопка SB2 для квітування сигналу. Визначте роботу схеми при перевищенні температурою, що вимірюється термодатчиком ТТ поз. 1а, свого максимального значення, а після зняття звукового сигналу S1 температура, що вимірюється термодатчиком ТТ поз. 2а, також перевищить своє максимальне значення. Поясніть роботу схеми при перевірці звукового S1 та світлових HL сигналізаторів.

Розв'язання

Алгоритм роботи схеми технологічної сигналізації без миготіння з повторною дією звукового сигналу буде таким: при виході технологічного пераметра (одного з двадцяти) за встановлені завданням межі відповідна сигнальна лампа

загорається 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 пояснимо їх призначення:

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

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

блок № 3 – основна частина програми, яка виконується при ненаписненій 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, загориться відповідна сигнальна лампа HL1 - HL20 (%Q2.1 - %Q2.20);

блок № 3.2 – увімкнення звукового сигналу S1 (змінна %Q9.0) при першому загоранні будь-якої із сигнальних ламп;

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

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 (у програмі це буде 5000 – внутрішні одиниці контролера). Тоді загорається лампа HL1 (%Q2.1) (блок № 3.1) і спрацьовує 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 °С. Наступного разу дзвоник спрацює, коли температура повторно перевищить установлене значення (90 °С).

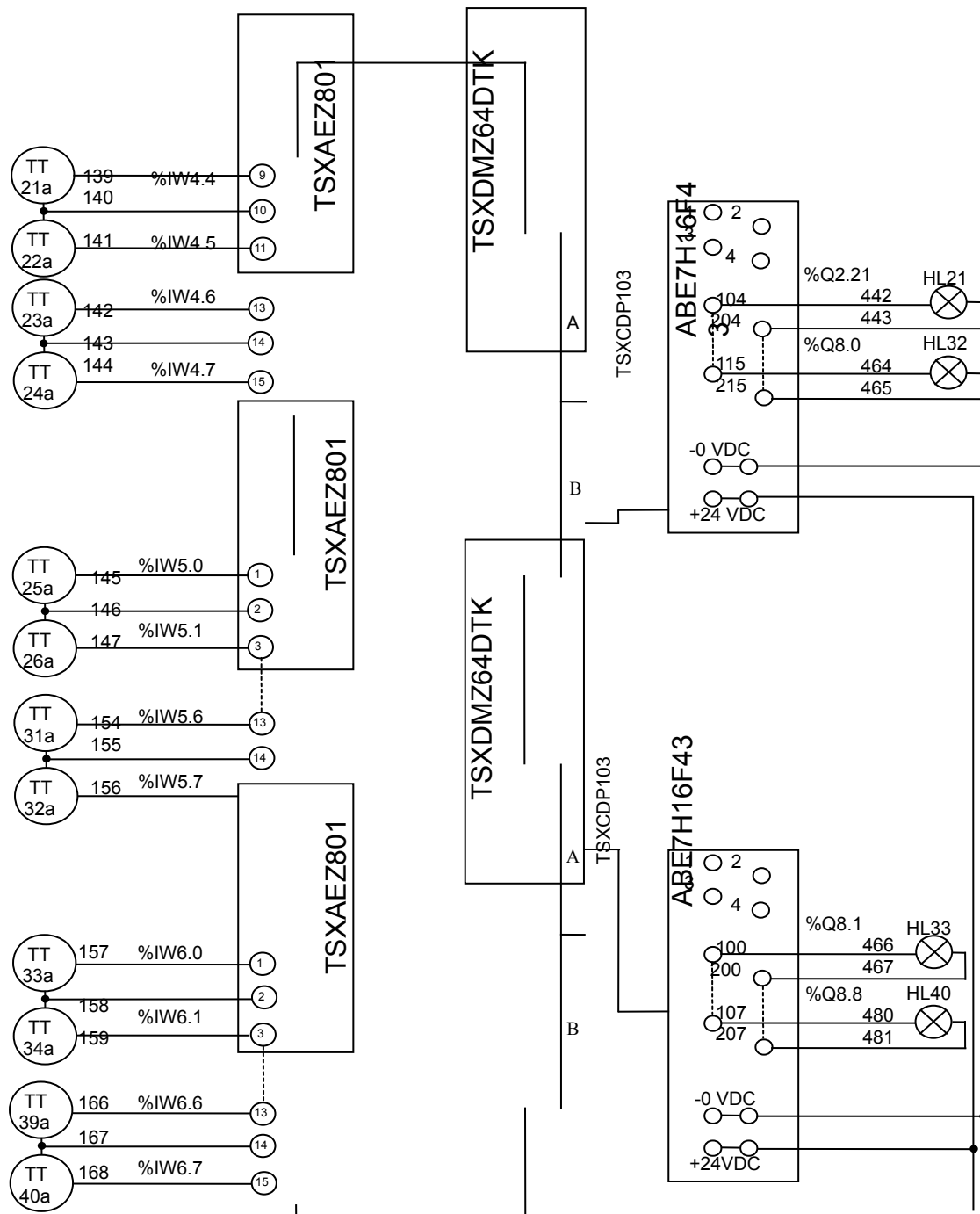


Рисунок 2.7, аркуш 1

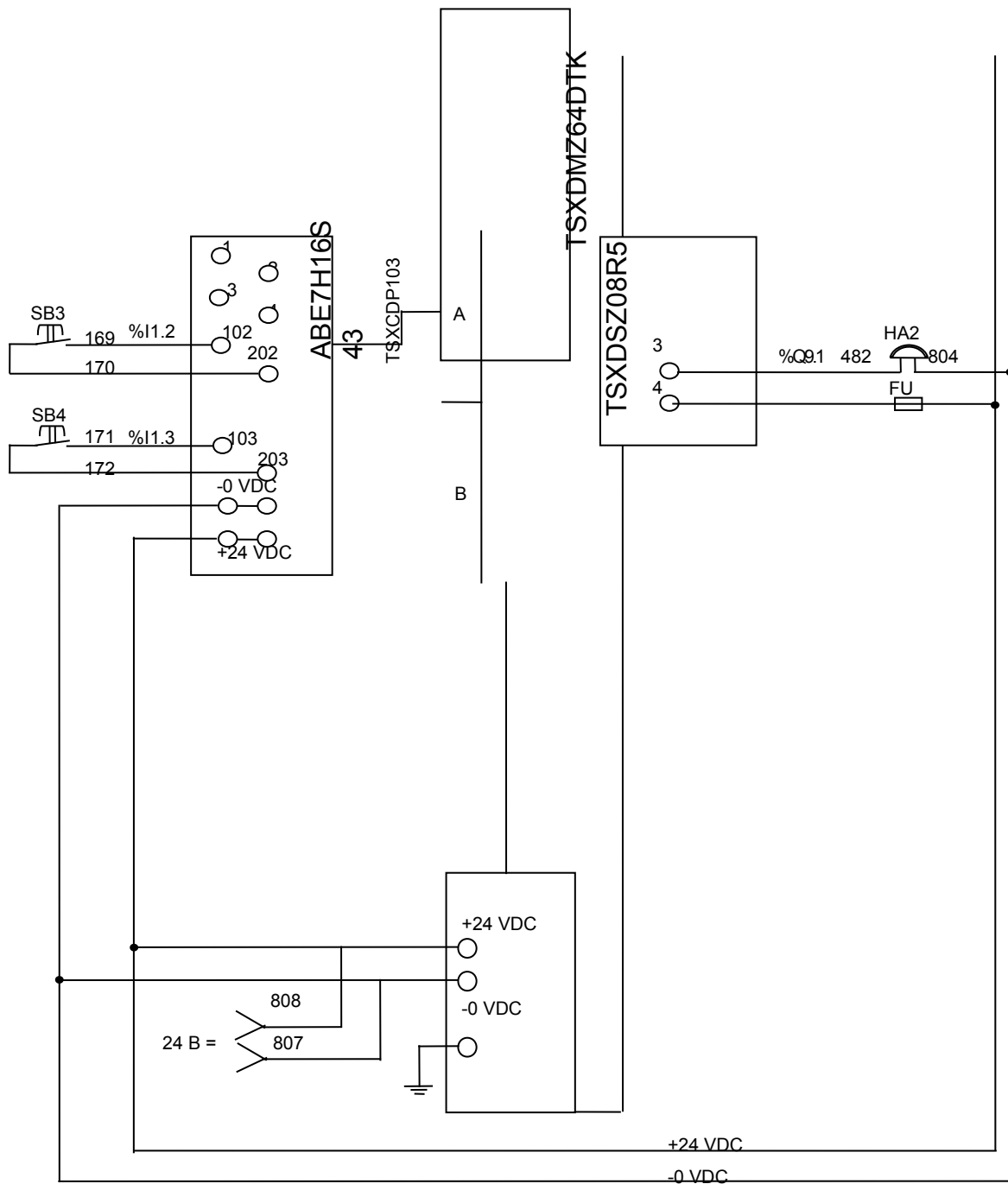


Рисунок 2.7, аркуш 2

Усі описані вище ситуації (блок № 3) відбуваються тоді, коли кнопка перевірки сигналізації SB1 (%I1.0) не натиснена. При натисненні кнопки SB1 світлові сигналізатори HL загораються рівним світлом і вмикається дзвоник S1 (блок № 1.2). Якщо при перевірці сигналізації натиснена кнопка зняття звукового сигналу SB2 (%I1.1), тоді будуть горіти тільки лампи (блок № 2).

Таблиця 2.1 – Програма схеми технологічної сигналізації без
МИГОТІННЯ з повторною дією звукового сигналу

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

Задачі для розв'язання

Задача 2.7. Проаналізуйте схему технологічної сигналізації з повторною дією звукового сигналу, що реалізована за допомогою контролера TSX Micro. Схема і відповідна програма наведені на рисунку 2.8 і у таблиці 2.2. 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 квітування сигналу. Визначте роботу схеми при перевищенні температурою, що вимірюється термодатчиком ТТ поз.22а, свого максимального значення, а після зняття звукового сигналу S2 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 S2 та світлових HL сигналізаторів.

Таблиця 2.2 – Програма схеми технологічної сигналізації з миготінням з повторною дією звукового сигналу

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

MPS		[%Q8.8: = %M45]	LDN %MN1.R	LDN	%MN0.R
AND	%M40	LDN	%I1.2	S	%MN1
[%Q8.8: = %M44]		ANDN	%M20		

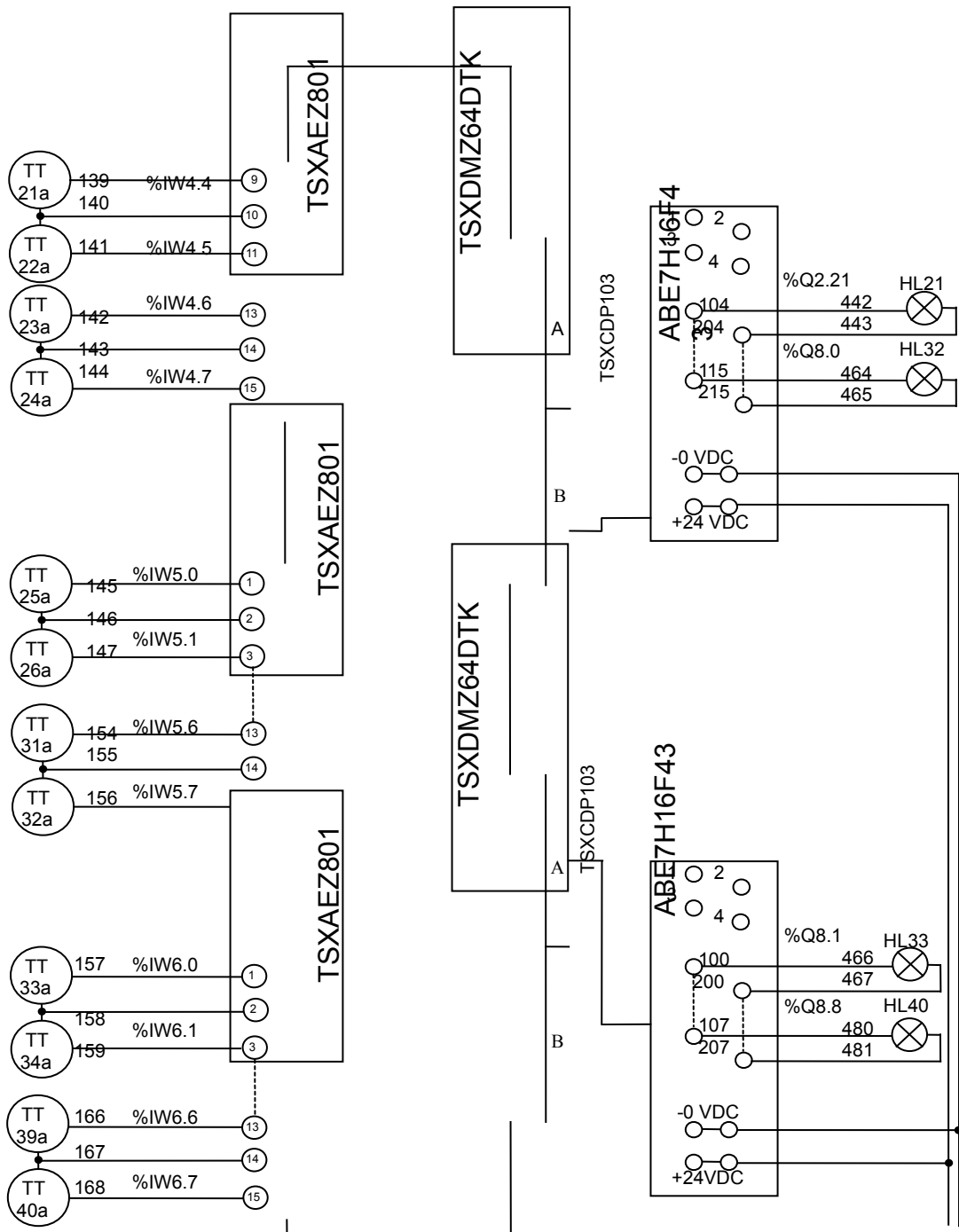


Рисунок 2.8, аркуш 1

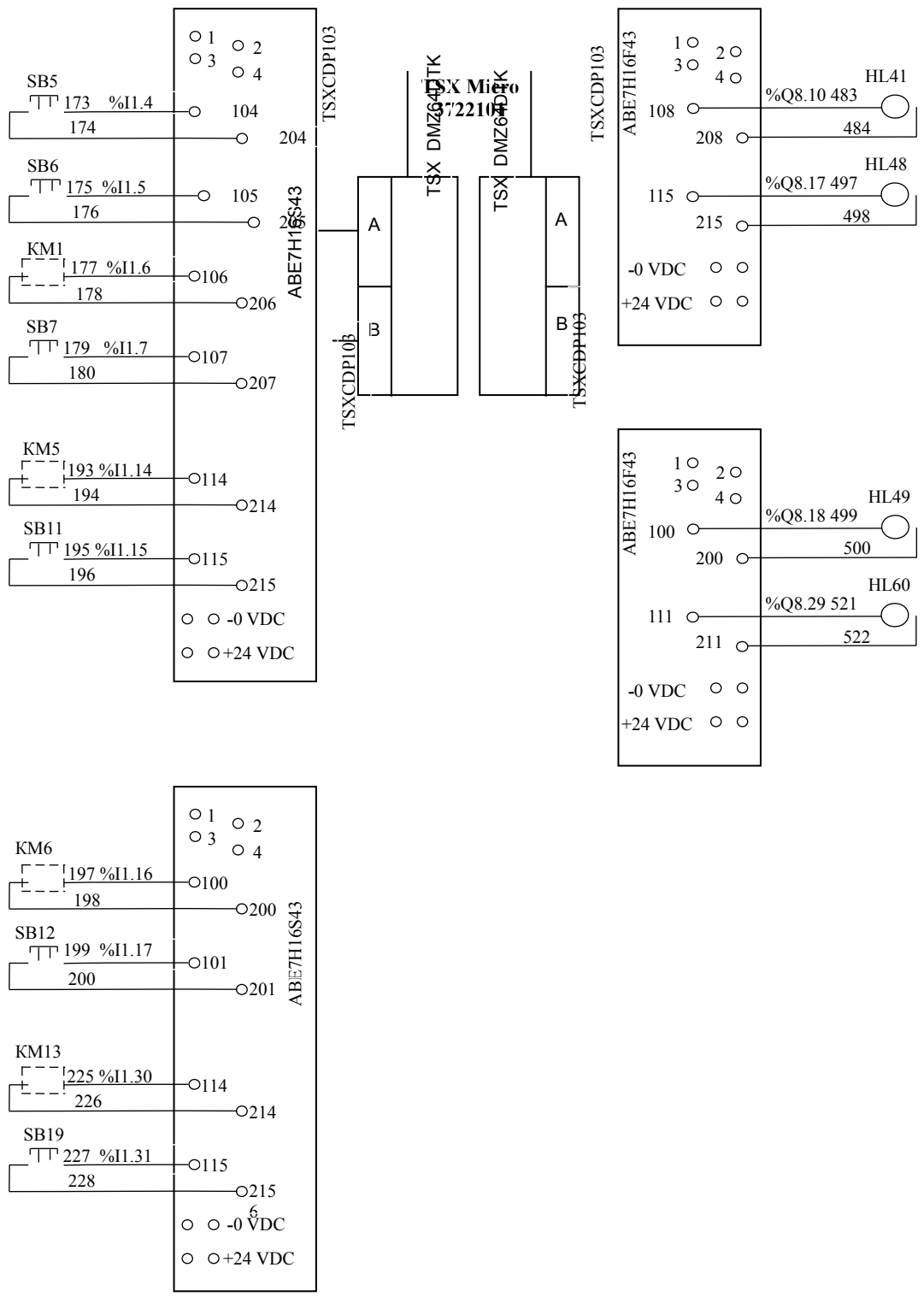


Рисунок 2.9, аркуш 1

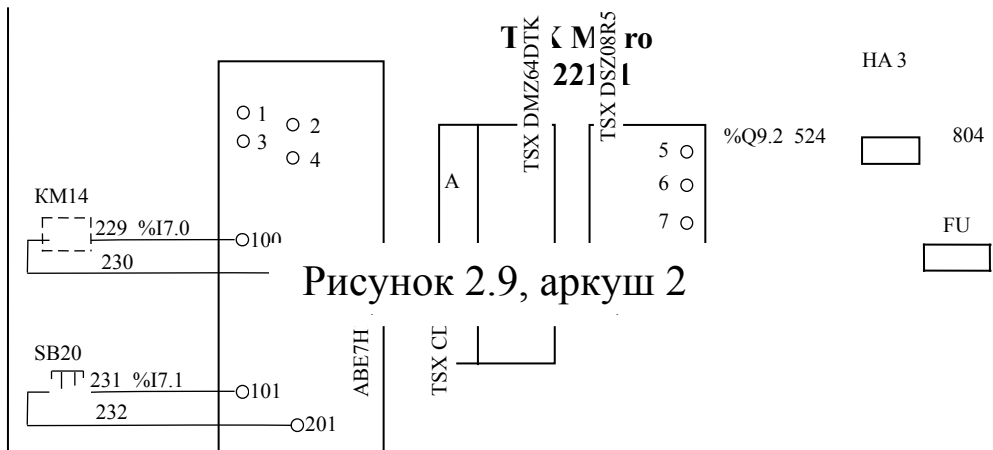


Рисунок 2.9, аркуш 2

Таблиця 2.3 – Програма схеми виробничої сигналізації двигунів, не пов'язаних технологічною послідовністю

LD	БЛОК №1	MPP	LDN	%I1.4	LDN	%I1.4
ST	%Q8.10	AND %M44	AND	%I7.0	AND	%I7.5
ST	%Q8.11	ST113 %Q8.11	S	%M53	R	%M61
.....	.....	MPP %Q8.11	S	%M59	.....	.....
ST	%Q8.28	ANDN %M47	LDN	%I1.4	LDN	%I1.4
ST	%Q8.29	R %Q8.11	AND	%I7.1	ANDN	%I7.10
БЛОК №2		LDN %I1.4	R	%M59	MPS	
ANDN	%I1.5	AND %I1.10	LDN	%I1.4	AND	%M64
ST	%Q9.2	S %Q8.12	ANDN	%I7.0	MPS	
БЛОК №3		S %M48	MPS		S	%Q9.2
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	LDN %I1.4	ANDN		ANDN	%M64
S	%M46	ANDN %I1.4	R	%M44	R	%Q8.28
Блок №3.2		MPS	LDN	%I1.4	LDN	%I1.4
LDN	%I1.4	ANDN %I1.4	AND	%I7.12	AND	%I7.12
AND	%I1.7	MPS	S	%Q8.29	S	%Q8.29
R	24 В=5	AND %M48	S	%M65	S	%M65
Блок №3.3		S %Q9.2	MPP		LDN	%I1.4
LDN	%I1.4	MPP %M59	ANDN		AND	%I7.13
ANDN	%I1.6	R	R	+24 VDC	R	%M65
MPS		AND %M44	%Q8.23	-0 VDC	LDN	%I1.4
AND	%M46	ST %Q8.21			ANDN	%I7.12
MPS		MPP %M57	LDN	%I1.4	MPS	
S	%Q9.2	R %Q8.21	AND	%I7.2	AND	%M65
MPP		LDN %I1.4	S		MPS	
AND	%M44	AND %I1.30	%Q8.24		S	%Q9.2
ST	%Q8.10	S %Q8.22	S	%M60	MPP	
MPP		S %M58	LDN	%I1.4	AND	%M44
ANDN	%M46	LDN %I1.4	AND	%I7.3	ST	%Q8.29
R	%Q8.10	AND %I1.31	R	%M60	MPP	
LDN	%I1.4	R %M58			ANDN	%M65
AND	%I1.8					

S	%Q8.11	LDN	%I1.4	LDN	%I1.4	R	%Q8.29
S	%M47	ANDN	%I1.30	ANDN	%I7.2	Блок №3. 4	
LDN	%I1.4	MPS		MPS		LDN	%I1.4
AND	%I1.9	AND	%M58	AND	%M60	AND	%I1.5
R	%M47	MPS		MPS		R	%Q9.2
LDN	%I1.4	S	%Q9.2	S	%Q9.2	R	%M46
ANDN	%I1.8	MPP		MPP		R	%M47
MPS		AND	%M44	AND	%M44	.....
AND	%M47	ST	%Q8.22	ST		R	%M64
MPS		MPP				R	%M65
S	%Q9.2	ANDN	%M58	%Q8.24			
		R	%Q8.22	MPP			
				ANDN	%M60		
				R			
				%Q8.24			
				LDN	%I1.4		
				AND	%I7.4		
				S	%Q8.25		
				S	%M61		

Задача 2.9. Проаналізуйте схему виробничої сигналізації роботи електроприводів, пов'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). У 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 квітування сигналу, кнопка SB29 – для пуску всієї групи двигунів, кнопка SB30 – для вимкнення ламп перших 19 двигунів. Схема і відповідна програма наведені на рисунку 2.10 і у таблиці 2.4. 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 S4 та світлових HL сигналізаторів.

Таблиця 2.4 – Програма схеми виробничої сигналізації двигунів, пов'язаних технологічною послідовністю вмикання

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	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	%I3.0	ST	%Q2.0
Блок № 3. 1		S	%Q6.3	R	%Q5.10	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		Блок № 3. 3		LDN	%I3.4	MPP	
LD	%I1.24	LD	%I3.11	R	%Q5.14	AND	%M101
AND	%M66	R	%M66	LDN	%I3.5	ST	%Q2.19
S	%Q5.2	Блок № 3. 4		R	%Q5.15	Блок № 4.3	
Блок № 3. 3		LD	%I1.4	LDN	%I3.6	LDN	%I1.0
LD	%I1.25	R	%Q5.1	R	%Q6.0	AND	%M90
AND	%M66	LD	%I1.5	LDN	%I3.7	MPS	
S	%Q5.3	R	%Q5.2.	R	%Q6.1	AND	%I1.24
LD	%I1.26	.....		LDN	%I3.8	S	%M70
AND	%M66	LD	%I1.22	R	%Q6.2	S	%Q5.0
S	%Q5.4	R	%Q6.3	LDN	%I3.8	MRD	
.....				R	%Q6.2	AND	%I1.25
						S	%M71

Продовження таблиці 2.4

LD %I1.30 AND %M66 S %Q5.8	LD %I1.23 R %Q6.4 БЛОК № 4 Блок № 4. 1 LDN %I1.24	LDN %I3.9 R %Q6.3 LDN %I3.10	S %Q2.1 MRD AND %I1.30 S %M76
S %Q2.6 MRD AND %I1.31 S %M77 S %Q2.7 MRD AND %I3.0 S %M78 S %Q2.8 MRD AND %I3.1 S %M79 S %Q2.9	ANDN %M77 AND %M100 ST %Q2.7 MRD ANDN %I3.0 MPS AND %M78 AND %M44 ST %Q2.8 MPP ANDN %M78 AND %M100 ST %Q2.8 MRD ANDN %I3.1 MPS AND %M79 AND %M44 ST %Q2.9 MPP ANDN %M79 AND %M100 ST %Q2.9	MRD AND(%I1.5 ORN %I1.24) R %M71 MRD AND(%I1.6 ORN %I1.25) R %M72 MRD AND(%I1.11 ORN %I1.30) R %M77 MRD AND(%I1.12 ORN %I1.31) R %M78 MRD AND(%I1.12 ORN %I1.31) R %M79 MRD AND(%I1.13 ORN %I3.0) R %M79 MRD AND(%I1.14 ORN %I3.1) R %M80	Блок № 4. 6 LDN %I1.0 AND %Q5.0 R %M70 R %M71 R %M88 R %M89 Блок № 4. 7 LDN %I1.0 AND(N %I1.24 AND %M70 OR(N %I1.25 AND %M71 OR(N %I1.30 AND %M76 OR(N %I1.31 AND %M77 OR(N %I3.0 AND %M78 OR(N %I3.1 AND %M79 OR(N %I3.10 AND %M88 OR(N %I3.11 AND %M89))).....(20 елементів)... S %M90 S %Q5.0 LDN %I1.0 Блок № 4. 8 LD %I1.1 R %Q5.0 LDN %I1.0 Блок № 4. 9 AND %I1.3 AND %Q5.1 AND %Q5.2 AND %Q5.14
..... MRD AND %I3.10 S %M88 S %Q2.18 MRD AND %I3.11 S %M89 S %Q2.19 Блок № 4. 4 MRD ANDN %I1.24 MPS AND %M70 AND %M44 ST %Q2.0 MPP ANDN %M70 AND %M100 ST %Q2.0 MRD ANDN %I1.25 MPS AND %M71 AND %M44 ST %Q2.1 MPP ANDN %M71 AND %M100 ST %Q2.1	MRD ANDN %I3.10 MPS AND %M88 AND %M44 ST %Q2.18 MPP ANDN %M88 AND %M100 ST %Q2.18 MRD ANDN %I3.11 MPS AND %M89 AND %M44 ST %Q2.19 MPP ANDN %M89	..... MRD AND(%I1.22 ORN %I3.9 )	..... AND %Q5.14

Продовження таблиці 2.4

MRD		AND	%M100	R	%M88	AND	%Q5.15
ANDN	%I1.31	ST	%Q2.19			AND	%Q6.0
MPS		Блок № 4. 5		MRD		AND	%Q6.1
AND	%M77	MRD		AND(	%I1.23	AND	%Q6.2
AND	%M44	AND	%I1.4	ORN	%I3.10	AND	%Q6.3
ST	%Q2.7	R	%M70	)		R	%M90
MPP				R	%M89		

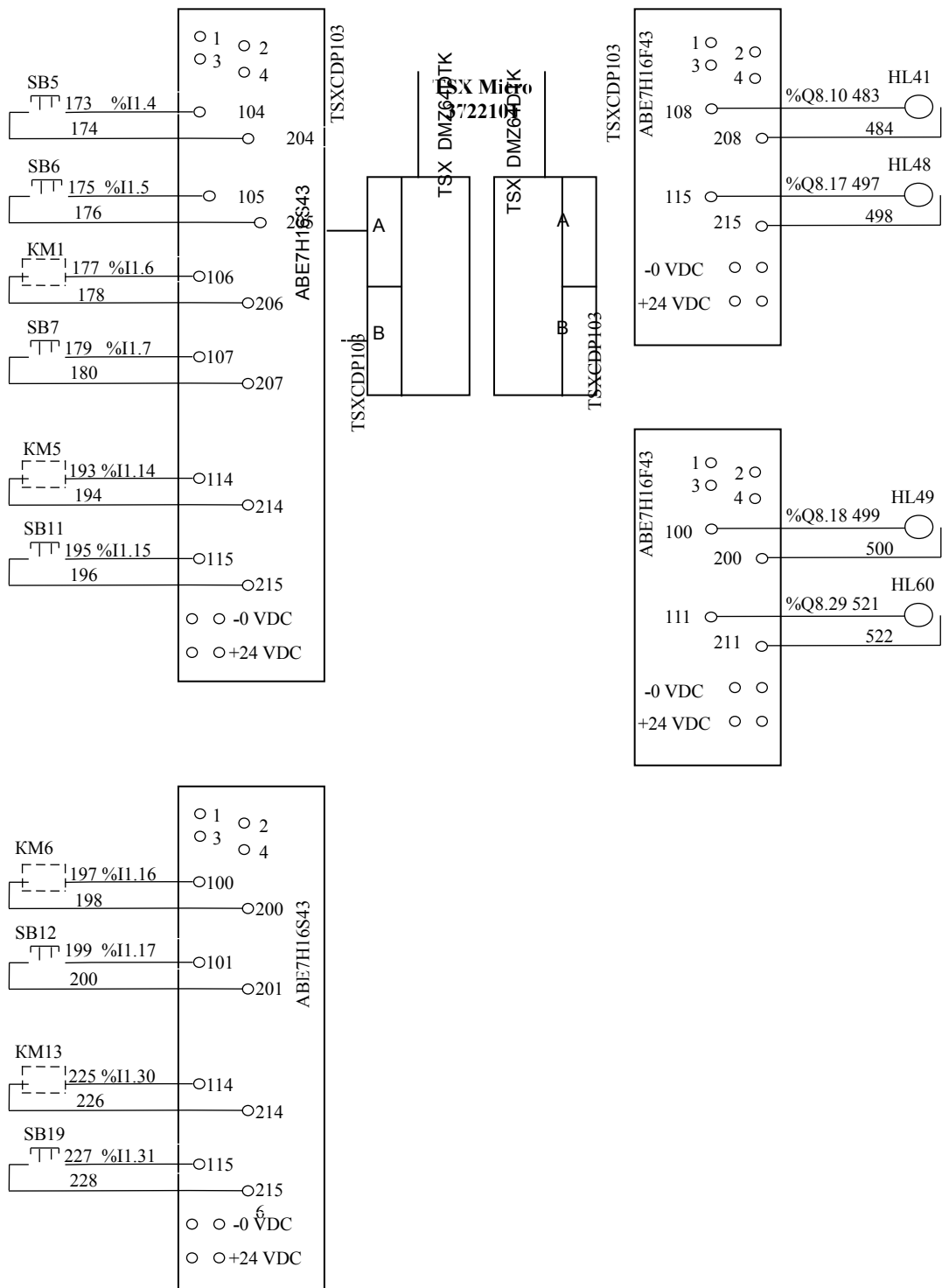


Рисунок 2.10, аркуш 1

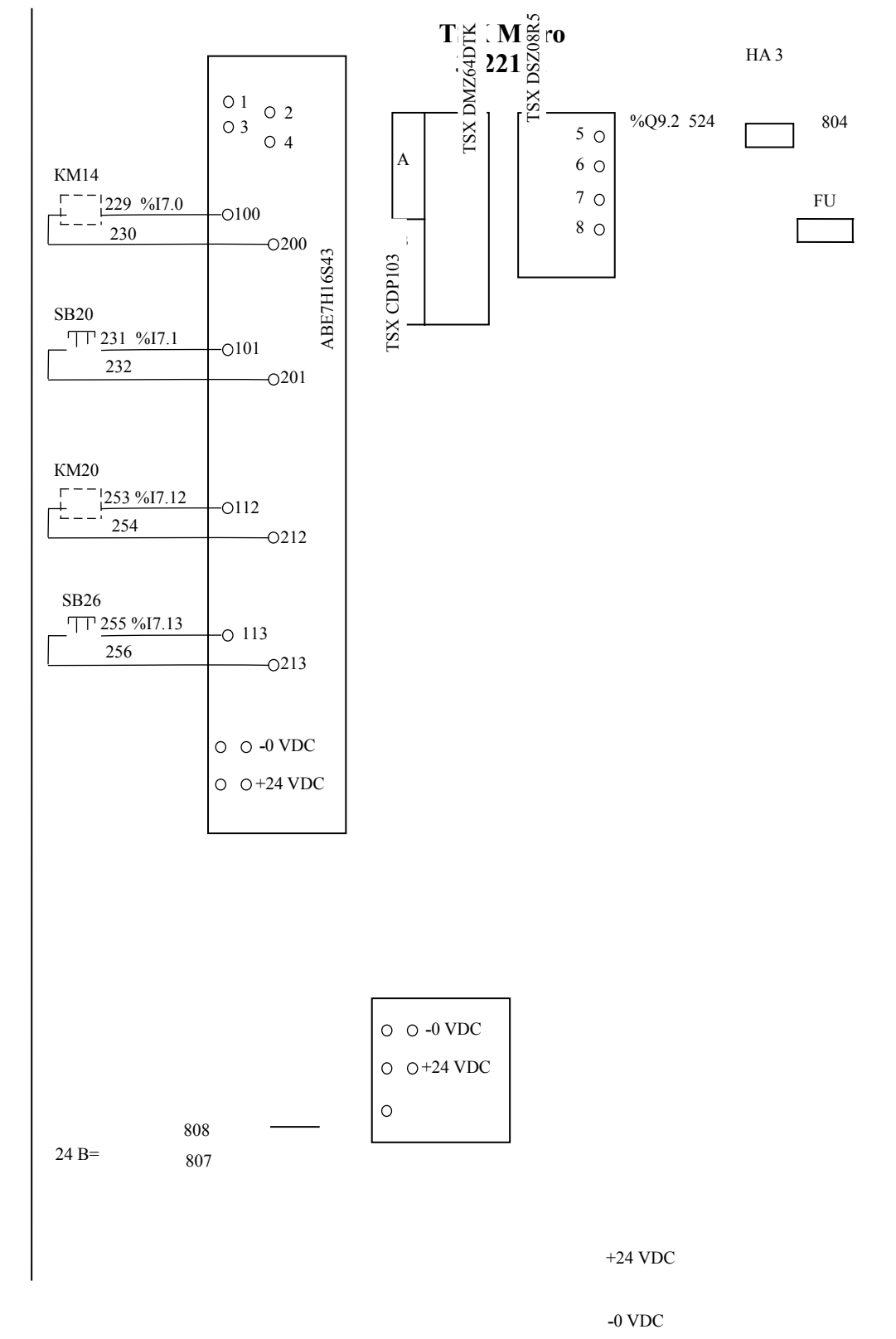


Рисунок 2.10, аркуш 2

3 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Визначення загальної структури системи комп'ютерно-інтегрованих систем керування (КІСК). Рівні узагальнення при проектуванні. Функціональна, технічна й організаційна структури. Визначення кількості робочих станцій, їх рівнів та рівнів обчислювальних мереж.

Розроблення програмно-технічної структури (ПТС) системи. Три рівні деталізації задач вибору ПТС: рівні робочих станцій (РС), обчислювальних мереж (ОМ) та пристроїв зв'язку з об'єктом (ПЗО). Задачі рівня РС. Задачі рівня ОМ. Задачі рівня ПЗО.

Особливості життєвого циклу програмного забезпечення (ПЗ). Стадії життєвого циклу ПЗ. Структура ПЗ. Експлуатаційна документація, документація на виготовлення та супроводження ПЗ.

Формалізація задачі вибору програмно-технічних засобів. Загальна характеристика задачі. Однокритеріальна багатопараметрична процедура вибору програмно-технічних засобів (ПТЗ). Багатокритеріальна багатопараметрична процедура вибору ПТЗ.

Вибір оптимальної структури КІСК. Постановка задачі. Визначення ієрархічності структури. Визначення розподіленості структури.

Вибір програмно-технічних комплексів. Постановка задачі. Характеристика умов вибору. Характеристика показників вибору. Процедура вибору.

3.1 Визначення загальної структури системи

Задачі структуризації системи належать до верхнього рівня узагальнення при проектуванні цих систем, причому під структуризацією системи розуміють локалізацію її меж та виділення структурних складових частин. Для простих систем автоматизації ця задача розв'язується при проектуванні схем автоматизації. Коли проектується АСКТП з допомогою традиційних методів, то задачі структуризації розв'язуються при

проектуванні організаційного забезпечення, основними складовими якого є схеми функціональної, організаційної та технічної структур. Трохи інакше розв'язуються задачі структуризації при проектуванні сучасних КІСК.

Їх проектування починають з розроблення *загальної структури*, визначаючи рівні РС та ОМ, а також кількість РС на кожному рівні. У подальшому на її основі будують програмно-технічну структуру. Найбільш поширеною є трирівнева структура РС:

на *нижньому* – ЛТС для безпосереднього керування технологічним процесом;

на *середньому* – ОПС для керування технологічними комплексами, серед яких у разі потреби виділяють ДКС для керування всім виробництвом;

на *верхньому* – організаційно-економічні станції (ОЕС) для керування бізнес-процесами.

При визначенні кількості РС на кожному рівні часто виходять з існуючої на виробництві кількості пунктів керування, незважаючи на те, що існують аналітичні методи визначення оптимальної кількості ЛТС за вартісними критеріями з урахуванням того, що наближення ЛТС до ТОК, з одного боку, зменшує вартість ліній зв'язку, а з другого – збільшує кількість ЛТС.

При виділенні ієрархічних рівнів мереж можливі два варіанти: перший – кожен ієрархічний рівень мереж відповідає ієрархічному рівню РС, другий – ієрархічних рівнів мереж на один менше, ніж ієрархічних рівнів РС за рахунок підмикання РС двох рівнів до однієї мережі, що міститься між ними. У разі об'єднання кількох МПК нижнього рівня вони утворюють обчислювальну мережу нижнього рівня, яку іноді називають «*польовою*» шиною (ПШ) і до якої підмикають не тільки МПК, а і вимірвальні перетворювачі та виконуючі механізми з вбудованими АЦП. Основною обчислювальною мережею КІСК підприємства є *промислова шина виробництва (ПШВ)*. Склад цієї мережі може суттєво змінюватися в залежності від особливостей виробництва, програмного забезпечення та ідеології розроблювача. У найпоширенішому випадку її утворюють ЛТС, ОПС та ДКС, а іноді до неї безпосередньо підмикають віддалені

ЛТС, а на підприємствах малої потужності і ОЕС. Однак більш поширене підмикання ОЕС разом з ДКС до окремої загальнозаводської мережі – *інформаційної шини підприємства (ІШП)*.

3.2 Розроблення програмно-технічної структури системи

Це друга задача структурного рівня, її розв'язання залежить від обраного шляху створення КІСК: *системно-інтеграційного* (традиційного) або *трансферного* (комплексного). У першому випадку систему створюють фірми *системні інтегратори*, компонуючи її з програмно-технічних засобів різних фірм-виробників. У другому випадку фірми-виробники впроваджують свої програмно-технічні комплекси (ПТК), прив'язуючи їх до конкретного об'єкта. Зрозуміло, що задача розроблення ПТС виникає здебільшого при використанні системної інтеграції, причому її вирішення збільшує витрати на проектування системи, які однак, як правило, компенсуються меншою вартістю системи.

При розробленні ПТС традиційним способом виділяють три рівні деталізації задач вибору складових КІСК: *рівень ОМ, рівень РС, рівень ПЗО*. Для рівня мереж характерна така послідовність підзадач розроблення ПТС:

1) *вибір принципу керування мережами: централізований* (мережа типу «клієнт-сервер»); *децентралізований* (однорангова мережа або мережа з рівноправною архітектурою) і *комбінований*. В однорангових мережах більшість користувачів отримує спільний доступ до файлів більшої кількості ПЕОМ, тому завдяки своїй простоті та невеликій вартості ці мережі мають поширення у системах з невеликою кількістю рівноправних РС (до 10). Недоліками цього принципу керування є утруднення, що виникають при захисті інформації, а також при побудові ієрархічних систем керування, тому в останньому випадку найчастіше орієнтуються на архітектуру «клієнт-сервер». При комбінованому керуванні однорангова частина мережі дає можливість обміну файлами без участі оператора, а централізована частина керує файлами, друкуванням та засобами зв'язку більш високого рівня;

2) *вибір мережної операційної системи (МОС):* універсальна чи спеціалізована, до яких здебільшого належать МОС реального часу (ОСРЧ). Переваги універсальних МОС: розвинуте прикладне програмне забезпечення та мережна ідеологія, час реакції не гірше десятків мілісекунд (м'який реальний час), багатопотоковість і багатопріоритетна багатозадачність, сталість до зависань, простота інтеграції даної КІСК у систему більш високого рівня, менша вартість. ОСРЧ за винятком часу реакції (сотні та десятки мікросекунд – жорсткий реальний час) не мають переваг перед універсальними МОС, тому використовуються тільки при жорстких вимогах до часу реакції;

3) *вибір топології мережі:* «шина» (магістраль), «зірка» (радіальна), «петля» (кільце), «дерево»; можливі також їх комбінації або загальна топологія. Найчастіше використовують топологію "шина", тому що ця топологія має найвищу структурну надійність – вихід з ладу будь-якого вузла не вплине на працездатність мережі у цілому. У той час у разі виходу з ладу кабелю порушується робота всієї мережі, а пошук несправності в ньому утруднений (невелика надійність зв'язку). З точки зору структурної надійності, топологія «зірка» має найгірші показники, тому що вихід з ладу центрального вузла робить непрацездатною всю мережу. Крім того, центральний вузол перевантажений операціями обміну інформацією між термінальними вузлами. Водночас вона має найбільшу надійність зв'язку, легше також тут знайти несправність у кабелі, але в неї, як правило, більша довжина з'єднувальних ліній порівняно з іншими топологіями. За іншими визначальними показниками (ВП) «зірка» або має переваги перед «шиною» та «петлею», або значення ВП у них однакові. Тому найчастіше у ЛОМ використовують топологію «шина» (до 65 % випадків), на «зірку» припадає 25 %, а на «петлю» – 10 % випадків;

4) *вибір методу доступу:* децентралізований випадкового доступу (ДВД), децентралізований детермінованого доступу (ДДД), централізований метод доступу «ведучий – ведений» (ЦДВВ), децентралізований метод доступу «точка – точка» (ДДТТ). Завдяки поширенню мережі Ethernet, яка має шинну топологію і ДВД, цей метод доступу має найбільше поширення в

промислових мережах. У той же час, ураховуючи недетерміністичний характер цього протоколу завжди існує невелика, відмінна від нуля верогідність, що повідомлення одного з вузлів ніколи не досягне адресата. Тому у випадках, коли потрібна гарантована доставка інформації застосовують мережі з ДДД, що базуються на використанні маркера (наприклад Token Ring) або програмно емулюють маркерний доступ з допомогою Ethernet. ЦДВВ використовують для зв'язку між активними і пасивними вузлами, а ДДТТ у великошвидкісних мережах, де віртуальні канали обміну інформацією між двома вузлами;

5) *вибір комунікаційних пристроїв:* (крім адаптера) *повторювач (repeater), концентратор (hub, concentrator), міст (bridge), комутатор (switches, switching hub), маршрутизатор (router), шлюз (gateway).* Повторювач (репітер, ретранслятор) підсилює і передає сигнал без зміни його змісту. Концентратор є багатопортовим повторювачем і може бути пасивним (Passive Hub – ПКЦ), що не забезпечує відновлення сигналу і тому застосовується на невеликих відстанях (приблизно до 30 м), і активним (Active Hub – АКЦ), що забезпечує відновлення як форми, так і рівня сигналу. Міст забезпечує взаємозв'язок локальних мереж з допомогою трансляції кадрів від однієї мережі в іншу, з'єднуючи таким чином мережі одного рівня, але з різними протоколами, причому трансляції підлягають тільки кадри, що адресовані абонентам інших мереж. Комутатори виконують ті ж функції, що і мости, з тією різницею, що міст у кожний момент часу передає кадри тільки між однією парою портів (послідовна передача кадрів), а комутатор одночасно підтримує потоки даних між всіма своїми портами (паралельна передача кадрів). Маршрутизатор з'єднує найчастіше однакові за протоколами високого рівня локальні мережі і визначає оптимальний маршрут передачі інформації. Шлюз забезпечує перетворення мережного протоколу в міжмережний і назад, може виконувати функції маршрутизаторів і мостів;

б) *вибір структури бази даних (БД) та системи керування БД.* Фізично БД реалізується за одним з трьох варіантів:

- 1) з допомогою диска СКБД - сервера;
- 2) з допомогою одного чи кількох файл-серверів;

3) з допомогою СКБД-сервера і файл-серверів.

Існують три варіанти програмної реалізації БД: з допомогою *реляційних* (дані зберігаються у вигляді двовимірних таблиць), *об'єктних* (довільної форми і містять повну інформацію про об'єкт) та *об'єктно-реляційних* БД. Відсутність СКБД-сервера призводить до необхідності захисту транзакції даних файл-сервера однією РС від транзакції цих даних іншими РС, а також до зниження продуктивності мережі через необхідність «перекачати» весь файл, а не тільки результати пошуку, який виконує СКБД-сервер. У систему керування БД, крім СКБД-сервера, входять інструментальні програмні засоби розроблення додатків користувача та інтерпретатор мови SQL (Structured Query Language). Мережа з більшою кількістю файл-серверів працює швидше, тому що вона має не тільки більшу кількість дисків, але і більшу кількість дискових контролерів та процесорів. Для збільшення продуктивності мережу поділяють на кілька менших мереж, з'єднуючи їх мостами.

Для рівня РС характерна така послідовність підзадач розроблення ПТС:

- 1) вибір офісних та індустріальних персональних комп'ютерів, мікропроцесорних контролерів для РС;
- 2) вибір комп'ютерів для серверів;
- 3) вибір загального та спеціального програмного забезпечення (насамперед ОС і SCADA-програми).

Для рівня пристроїв зв'язку з об'єктом характерна така послідовність підзадач розроблення ПТС:

- 1) вибір засобів отримання інформації;
- 2) вибір засобів подання інформації;
- 3) вибір засобів подання керівних дій.

3.3 Особливості життєвого циклу програмного забезпечення

У життєвому циклі програмних засобів (ЖЦПЗ) виділяють такі стадії:

1-ша стадія: системний аналіз починають з визначення мети і призначення майбутнього ПЗ. Якщо при цьому не планується використання готових програм, то на цій стадії

розробляють математичне забезпечення, тобто вибирають методи розв'язання задач, виконують проєктування і моделювання основних алгоритмів, на основі яких розроблюють ТЗ на ПЗ. При цьому як вхідний матеріал використовують функціональну структуру системи. Системний аналіз виконують під час двох стадій розробки АСКТП: на стадії «Технічне завдання» складають математичну модель об'єкта, попередньо вибравши критерій оптимізації, а на стадії «Технічний проєкт» складають опис алгоритмів керування і контролю, визначають загальну структуру ПЗ, вибирають ОС, СКБД, формують вимоги до спеціального ПЗ (СПЗ).

2-га стадія: проєктування виконується на стадії розроблення АСКТП «Робоча документація». Під час проєктування не тільки розробляються програми, що утворюють СПЗ, але й проводиться їх налагодження, випробування і випуск необхідної документації. При цьому СПЗ розглядають як систему програм, яка має таку структуру: система-підсистема-компонент-модуль. До програмних підсистем належить сукупність програм для розв'язання задачі, що має завершений функціональний зміст. Наприклад, підсистема програм первинної обробки інформації (ПОІ). Програми-компоненти реалізують окрему функцію системи. Наприклад, до програми-компонента може бути віднесена програма фільтрації. Програмний елемент самостійного значення не має і є структурною частиною програми-компонента.

Проєктна документація на СПЗ розробляється у відповідності до стандартів ЕСПД на програмну систему, програмну підсистему і програму-компонент. Вона поділяється на дві частини: *документація виготовлення та супроводження* (ДВС) і *експлуатаційна документація* (ЕД). Остання обов'язково передається замовнику. ДВС також може передаватися замовнику, але за окремою угодою.

3-тя стадія: експлуатація полягає в експлуатаційному використанні програм, аналізі результатів їх функціонування, забезпеченні достовірності і надійності отриманих даних.

4-та стадія: супроводження, яке складається з експлуатаційного обслуговування, розвитку функціональних можливостей ПЗ, підвищення його експлуатаційних

характеристик, тиражування. Стадія супроводження відіграє роль необхідного зворотного зв'язку від стадії експлуатації, яка використовується для виявлення помилок (при проектуванні й експлуатації), модифікації і розширення функцій ПЗ (при системному аналізі).

3.4 Формалізація задачі вибору програмно-технічних засобів

Задачі визначення оптимального складу ПТЗ належать до багатоваріантних, розв'язання яких залежить від багатьох факторів і суттєвих невизначеностей. Ефективність вибору того чи іншого ПТЗ можна визначати вектором критеріїв

$$J = F (X, Y),$$

де $X = \{x_1, x_n\}$ – множина показників вибору, якими один з можливих варіантів розв'язання задачі відрізняється від іншого; $Y = \{y_1, y_m\}$ – множина умов вибору, тобто вимоги до вибору, що залежать від стану навколишнього середовища і насамперед властивостей об'єкта автоматизації.

Кожну множину показників вибору (ПВ) одного з варіантів можна розглядати як сукупність двох підмножин: *функціональної*, що описується словесно і не має числового визначення, і *числової*, що таке визначення має. Числові ПВ залежно від того, за скількома критеріями визначається найкращий варіант, іноді поділяють на *обмежувальні* та *порівнювальні*. До перших відносять ті ПВ, на які накладаються обмеження. Найчастіше вони не змінюються в процесі проектування (при переході від варіанта до варіанта) і використовуються в багатьох процедурах вибору для початкового зменшення множини варіантів, серед яких обирають найкращий. Порівнювальні ПВ, як правило, змінюються в разі зміни варіанта без урахування можливих «м'яких» обмежень. Формування підмножини порівнювальних показників з множини числових ПВ значною мірою залежить від критеріїв (критерію) та алгоритму вибору варіанта.

Алгоритми, які застосовують для розв'язання задачі вибору, залежно від використаних при цьому критеріїв вибору поділяють на *однокритеріальні* та *багатокритеріальні*. Однокритеріальні у свою чергу можуть бути однопараметричними, коли тільки один ПВ використовується як критерій вибору, та багатопараметричними, коли з допомогою кількох ПВ формується згортою або іншими методами один комплексний показник. Зазначимо, що в разі використання одного однопараметричного критерію вибору всі числові ПВ, за винятком одного, належать до обмежувальних, що значно спрощує процедуру вибору, але не гарантує досягнення компромісу між вартістю та технічною досконалистю засобу. Найпоширенішими є однокритеріальні багатопараметричні та багатокритеріальні багатопараметричні алгоритми вибору, у яких для формування критеріїв (критерію) вибору використовують кілька порівняльних ПВ. Процедура вибору при застосуванні однокритеріального багатопараметричного алгоритму зводиться до такого:

1-й етап: з урахуванням стану навколишнього середовища і властивостей об'єкта автоматизації формується множина умов вибору (УВ) Y ;

2-й етап: з допомогою множини УВ формується множина ПВ з виділенням трьох підмножин:

а) *підмножина функціональних ПВ* x_f , які визначають призначення ПТЗ, способи його застосування і виконувани функції;

б) *підмножина обмежувальних ПВ* x_r чи x_q , причому x_r є позитивною, тому при її зростанні якість ПТЗ поліпшується, а x_q – негативною, тому що при зростанні цієї властивості її якість погіршується. До цих ПВ можуть бути віднесені, наприклад, такі показники: швидкодія, довжина слова, обсяг оперативної пам'яті, пропускна здатність (позитивні), час реакції (негативні) та ін.;

в) *підмножина порівнювальних ПВ* x_s , які також є кількісними, але при даному застосуванні вони не задаються у вигляді обмежень. До цих ПВ можуть бути віднесені, наприклад, такі показники: споживана потужність, необхідна площа, коефіцієнт готовності або час відновлення. Поділ конкретних кількісних показників на обмежувальні та порівнювальні

значною мірою залежить від умов розв'язання задачі. Так, наприклад, при розташуванні ПТЗ на діючому підприємстві площа, як правило, є обмежувальним показником, а коли підприємство будується, порівнювальним;

3-й етап: формується множина альтернативних розв'язків вибору (АРВ);

4-й етап: з допомогою функціональних ПВ і обмежувальних ПВ зрізають множину АРВ.

5-й етап: із порівнювальних ПВ формується комплексний показник якості ПТЗ: $k = \sum y_i \eta_i / z$, де $i \in 1, n$; y_i – ваговий коефіцієнт i -го показника, який призначає проектувальник у залежності від умов застосування ПТЗ; η_i – нормоване (тому безрозмірне) значення i -го показника: $\eta_i = x_{s i} / x_{s i \text{ ном}}$ ($x_{s \text{ ном}}$ – бажане значення для умов даної задачі); z – витрати на придбання, експлуатацію і ремонт ПТЗ (приведена вартість); n – кількість порівнювальних показників;

6-й етап: для кожного елемента підмножини ПТЗ, що залишилася, розраховується значення комплексного показника. Вибирають той ПТЗ, у якого значення комплексного показника буде найбільшим.

Процедура вибору при застосуванні багатокритеріального багатопараметричного алгоритму з використанням методу парних порівнянь, що базується на методі аналізу ієрархій Сааті, зводиться до такого:

1 – 4-й етапи залишаються без змін;

5-й етап: розраховуються експертні значення пріоритетів ПВ і елементів зрізаної множини АРВ. Значущість ПВ встановлюється експертами за дев'ятибальною шкалою: дуже слабка – 1 бал, слабка – 2, посередня – 3, суттєва – 4, дуже суттєва – 5, сильна – 6, дуже сильна – 7, очевидна – 8 і абсолютна – 9;

6-й етап: перемножуючи локальні пріоритети АРВ на пріоритети ПВ і підсумовуючи їх для кожного АРВ, визначають значення глобального критерію вибору для елементів зрізаної множини, за яким обирають найкращий АРВ.

3.5 Вибір оптимальної структури КІСК

Вибір оптимальної структури КІСК пов'язаний з розв'язанням такої послідовності задач:

- 1) виділення ієрархічних рівнів РС та ОМ;
- 2) визначення кількості РС та їхніх функцій. Ураховуючи, що кожна РС може бути підімкнута до однієї чи до кількох мереж різних рівнів, кількість ієрархічних рівнів РС може збігатися з кількістю ієрархічних рівнів ОМ або бути більшою за неї.

Для вибору оптимальної структури КІСК можна використати *комплексний* підхід, коли одночасно змінюють як кількість ієрархічних рівнів РС і ОМ (ієрархічність), так і кількість РС (розподіленість) на кожному рівні, або *декомпозиційний* підхід, коли поетапно визначають спочатку *ієрархічність* системи, а потім її *розподіленість*. Зупинимося на останньому, враховуючи суттєве зменшення розмірності задачі вибору в цьому випадку.

Визначення ієрархічності структури. Підмножина порівняльних ПВ у цьому випадку є сукупністю варіантів структур, найпоширеніші з яких наведені на рисунку 3.1. Для вибору оптимальної ієрархічної структури можна використати розглянутий вище алгоритм багатопараметричного багатокритеріального вибору, в якому наведені структури будуть АРВ, а як показники вибору можна використати такі загальні типи як вартість та надійність.

Вибір розподіленості структури. Підзадача вибору оптимальної розподіленості формулюється для РС одного рівня так: визначити питому виробничу площу (площа, що припадає на одну РС) з умов мінімізації сумарної вартості обладнання і ліній зв'язку:

$$J=(C_{ст} + C_{ср} + C_{пр}) \rightarrow \min \Rightarrow s^*_{ст}, \quad (3.1)$$

де $C_{ст}, C_{ср}, C_{пр}$ – вартості відповідно робочих станцій, сервера, ліній зв'язку; $s_{ст}, s^*_{ст}$ – питома виробнича площа РС (ПВП РС – площа, що обслуговується однією РС) та її оптимальне значення. Ураховуючи, що від кількості РС $n_{ст}$, а отже, і від $s_{ст}$ залежать тільки дві складові виразу (3.1), перепишемо його в такому вигляді:

$$J=[C_{ст}(s_{ст})+ C_{пр}(s_{ст})] \rightarrow \min \Rightarrow s^*_{ст}. \quad (3.2)$$

У результаті розв'язання цієї задачі отримуємо формулу для визначення оптимальної кількості ЛТС:

$$n^*_{CT} = F \left[s_{пл} / 2 \sqrt{s_{т.т}^{1,5} \gamma} \right], \quad (3.3)$$

де $F [\dots]$ – функція ціла частина від числа в $[\dots]$, γ – співвідношення вартості однієї РС і 1 м лінії зв'язку, $s_{пл}$ – виробнича площа, що обслуговується РС цього рівня; $s_{т.т}$ – питома виробнича площа термінальної точки (ПВП ТТ – площа, що припадає на одну ТТ).

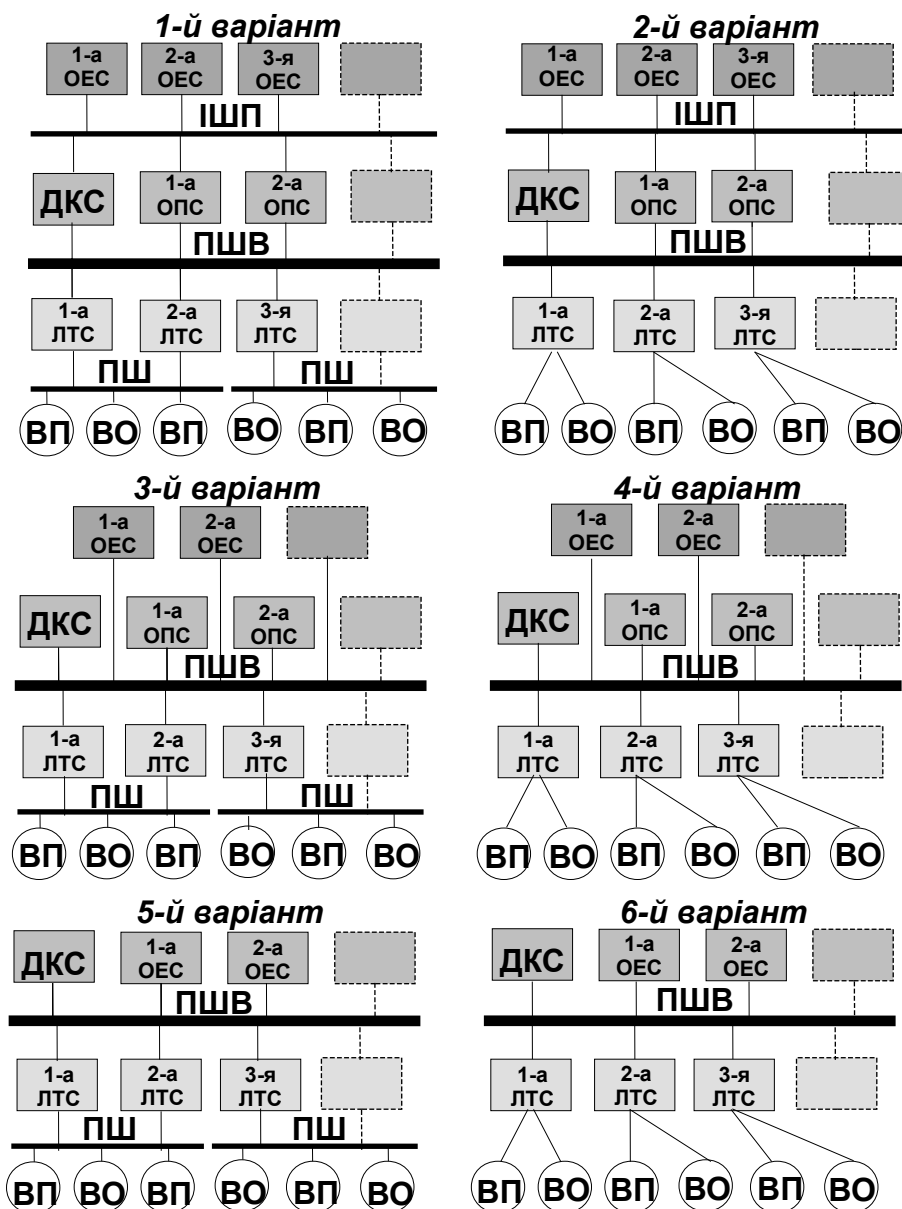


Рисунок
3.1

Наведений метод може бути використаний і для розрахунку оптимальної кількості ОПС, якщо розглядати у цьому випадку ЛТС як термінальні точки.

3.6 Вибір програмно-технічних комплексів

При застосуванні одного з методів розроблення КІСК – з допомогою *технічного трансферу* (комплексний метод) виникає необхідність вибору ПТК. Використання ПТК спрощує і здешевшує процес проектування, основною частиною якого стає виключно вибір ПТК, але при цьому звужується коло можливих варіантів програмно-технічної структури КІСК і, як правило, зростає вартість системи.

При виборі ПТК спочатку, як і при виборі інших програмно-технічних засобів, формують УВ, а далі – множину ПВ і вибирають найкращий ПТК з допомогою одного з розглянутих вище методів однокритеріального або багатокритеріального вибору. При цьому компонентами будь-якого ПТК є *мікропроцесорні контролери з блоками вводу-виводу; дисплейні пульты оператора*, більшість яких базується на персональних комп'ютерах; *мережі і необхідне програмне забезпечення*. До УВ належать такі *властивості ТОК*:

- 1) тип ТОК;
 - 2) його потужність;
 - 3) розподіленість змінних;
 - 4) кількість подібних ТОК у галузі;
- і такі *властивості КІСК*:

1) необхідні функції КІСК (контроль, керування, диспетчеризація, облік) та їх сполучення;

2) необхідна кількість пультів оператора (ПО), їх розташування та взаємозв'язок;

3) основні функції обробки інформації і кількість величин, що вимірюються;

4) вимоги до динаміки оновлення інформації, обсягу архіву, форм дисплейних кадрів, зручності і повноти надання інформації оператору;

5) вимоги до надійності отримання і надання інформації оператору (діагностика отримання, передачі та обробки інформації, резервування функцій та ПО).

На базі УВ вибору формують ПВ за такими групами:

1) структура системи:

а) максимальна можлива кількість РС;

б) кількість ієрархічних рівнів РС та їх призначення;

в) кількість ієрархічних рівнів обчислювальних мереж та їх призначення;

2) стандартизація та відкритість:

а) стандартна магістрально-модульна архітектура та конструктивні розміри плат контролерів;

б) застосування стандартних мереж типу Profibus, Vitbus тощо на нижньому ієрархічному рівні, що мають гарантований час передачі сигналів за мережею і дають змогу зв'язувати контролери різних фірм;

в) застосування ОС типу Windows, які дають можливість використовувати необхідні прикладні програми;

г) застосування стандартних мереж Ethernet, Token Ring, FDDI тощо на верхніх рівнях, що дає змогу безпосередньо обмінюватися даними з виробничими відділами підприємства;

д) відкриті SCADA-програми, що мають драйвери до контролерів різних виробників;

3) характеристики контролерів:

а) тип основної обчислювальної плати;

б) розрядність;

в) робоча частота;

г) наявність та обсяг різних видів пам'яті (оперативної, енергонезалежної, постійної, для програми користувача);

д) операційна система;

е) максимальна кількість входів-виходів (аналогових, дискретних, імпульсних);

ж) наявність модифікаційного ряду контролерів;

4) характеристика блоків вводу-виводу даних:

а) можливість вводу-виводу найбільш поширеного аналогового сигналу 0-5 мА;

б) наявність вихідного дискретного сигналу 2...5 А при напрузі 220 В (для безпосереднього керування без додаткових релейних перетворювачів виконавчими механізмами);

в) іскробезпечне виконання блоків для пожежо- і вибухонебезпечних об'єктів;

г) наявність різних типів гальванічної розв'язки в залежності від особливостей заземлення датчиків і наявності електромагнітних шумів;

д) розрядність і точність перетворення;

е) наявність модифікаційного ряду блоків з різноманітністю за числом сигналів та їх параметрами;

5) характеристика ПО:

а) наявність низки модифікацій ПО;

б) наявність переносних панелей для моніторингу та налагодження контролерів за місцем їх розташування;

в) наявність додаткової апаратури ПО (проекторів на екран, щитових мозаїчних мнемосхем, звукових мовних сигналізаторів);

б) динамічні характеристики:

а) мінімальний період опитування датчиків і час реакції на аварійні сигнали;

б) мінімальний період зміни даних у кадрі на ПО і зміни кадрів, а також найменший час реакції на команду оператора з пульта;

в) мінімальний час перезапуску як усієї системи, так і окремих контролерів після перерви в живленні;

7) надійність роботи, яку оцінюють з допомогою непрямих показників:

а) глибина і повнота діагностичних тестів визначення несправності компонентів ПТК;

б) можливості, варіанти і повнота резервування окремих компонентів: мереж, контролерів, блоків вводу-виводу, ПО;

в) наявність вбудованих у систему блоків UPS (акумуляторів) і час їх роботи при припиненні живлення від живильної мережі, а також можливість і тривалість перерви живлення (при відсутності UPS) без порушення функцій керування;

8) можливі характеристики навколишнього середовища:

а) діапазони температур і вологості та захист від вологості і пилу (за європейським стандартом захист – IP) ;

б) максимальний вміст агресивних газів;

в) найбільші вібрації та ударні навантаження;

г) максимальні електричні та магнітні шкідливі сигнали;

9) характеристика спеціального ПЗ:

а) програмного забезпечення контролерів, включаючи непроцедурні технологічні мови і бібліотеку програмних модулів;

б) програмного забезпечення ПО і насамперед SCADA-програм;

в) додаткових пакетів прикладних програм;

10) *організаційно-економічні характеристики впровадження:*

а) вартість ПТК і його окремих компонентів, включаючи приблизну вартість контролю одного аналогового та дискретного сигналів;

б) загальна кількість впроваджень цього ПТК на подібних технологічних комплексах;

в) терміни поставки та впровадження, форми оплати, наявність технічних і ремонтних центрів супроводження системи, гарантійні зобов'язання, варіанти навчання персоналу замовника, наявність та повнота документації державною або російською мовами.

Література [1, с. 166 – 174; 3, с. 6 – 22, 35,36, 47 – 60, 66 – 91, 192 – 196; 15; 16; 17.

Контрольні питання

1 Що таке структуризація системи? Які види структур розробляються під час створення АСКТП і що вони визначають?

2 Що визначає загальна структура КІСК? Які види робочих станцій і обчислювальних мереж використовуються на різних рівнях КІСК?

3 Які задачі розв'язуються у разі розроблення програмно-технічної структури КІСК на рівні мереж? Наведіть коротку характеристику задач вибору принципу керування мережею та мережної операційної системи.

4 Які задачі розв'язуються у разі розроблення програмно-технічної структури КІСК на рівні мереж? Наведіть коротку характеристику задач вибору топології мережі і методу доступу.

5 Які задачі розв'язуються у разі розроблення програмно-технічної структури КІСК на рівні мереж? Наведіть коротку характеристику задач вибору апаратного забезпечення мережі.

6 Які задачі розв'язуються у разі розроблення програмно-технічної структури КІСК на рівні мереж? Наведіть коротку характеристику задач вибору структури БД та системи керування БД.

7 Які задачі розв'язуються у разі розроблення програмно-технічної структури КІСК на рівні робочих станцій і пристроїв зв'язку з об'єктом? Наведіть коротку характеристику цих задач.

8 Які стадії має життєвий цикл програмного забезпечення? Наведіть коротку характеристику стадій системного аналізу і проектування. Який склад і зміст документації на виготовлення та супроводження програмного забезпечення?

9 Які стадії має життєвий цикл програмного забезпечення? Наведіть коротку характеристику стадій експлуатації та супроводження. Який склад і зміст експлуатаційної документації на програмне забезпечення?

10 Як ставиться задача вибору ПТЗ під час її формалізації? Які показники вибору належать до функціональних, обмежувальних (позитивних і негативних) та порівнювальних? Як поділяють алгоритми вибору ПТЗ?

11 Опишіть поетапно формалізовану однокритеріальну багатопараметричну процедуру вибору ПТЗ. Як у цьому разі формується комплексний (глобальний) показник вибору?

12 Опишіть поетапно формалізовану багатокритеріальну багатопараметричну процедуру вибору ПТЗ. Як у цьому разі формується комплексний (глобальний) показник вибору?

13 Який зміст мають комплексний та декомпозиційний підходи до вибору оптимальної структури КІСК? Як визначається ієрархічність структури КІСК за декомпозиційного підходу?

14 Який зміст мають комплексний та декомпозиційний підходи до вибору оптимальної структури КІСК? Як визначається розподіленість структури КІСК за декомпозиційного підходу?

15. Які величини є умовами вибору ПТК? Наведіть їх коротку характеристику.

16 Які величини відносять до показників вибору ПТК, що характеризують структуру, стандартизацію та відкритість системи?

17 Які величини відносять до показників вибору ПТК, що характеризують контролери та блоки введення-виведення даних?

18 Які величини відносять до показників вибору ПТК, що характеризують пульти оператора та динамічні параметри системи?

19 Які величини відносять до показників вибору ПТК, що характеризують надійність роботи системи та можливі параметри навколишнього середовища?

20 Які величини відносять до показників вибору ПТК, що характеризують спеціальне програмне забезпечення та організаційно-економічні параметри впровадження?

Контрольна задача. Проаналізуйте принципову електричну схему керування електродвигуном, наведену на рисунку 3.2. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Опишіть роботу схеми по колах при місцевому та дистанційному режимах роботи. Поясніть, як у 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 (О), дистанційне (Д).

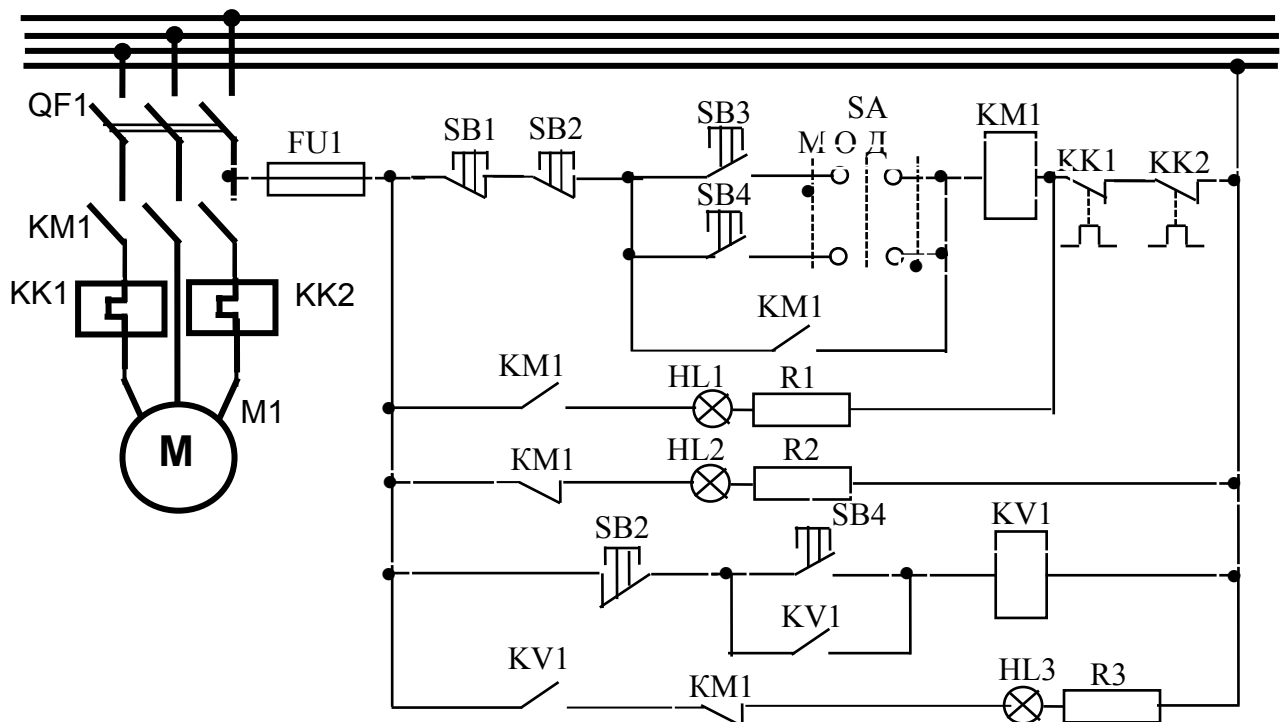


Рисунок 3.2

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 перебуванні SA в положенні М двигун M1 вмикають натисканням на кнопку SB3, а при перебуванні 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 вмикання.

3 При натисканні на кнопку SB3, коли перемикач перебуває 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. Проаналізуйте принципову електричну схему керування електродвигуном, наведену на рисунку 3.3. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Опишіть роботу схеми по колах при місцевому та автоматичному режимах роботи. Поясніть, як у 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), відключено (О), дистанційне (Д).

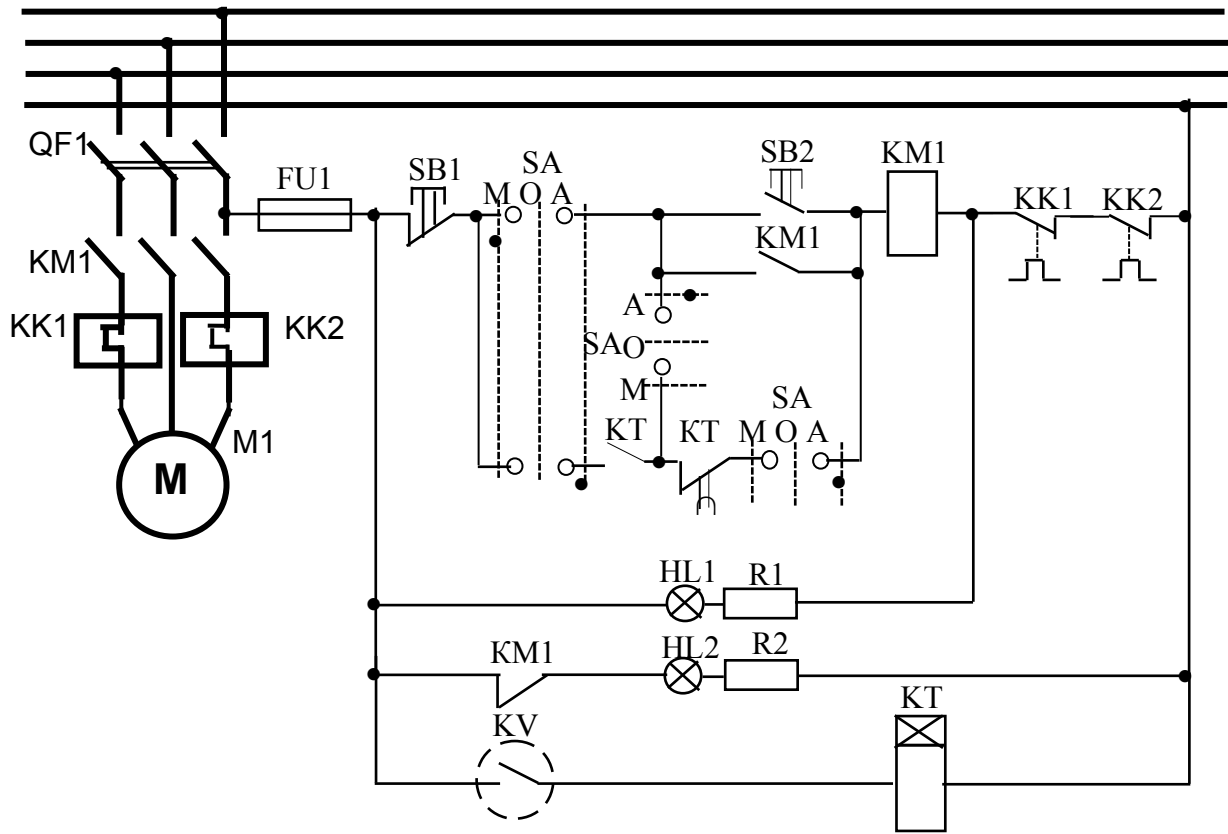


Рисунок 3.3

Задача 3.2. Проаналізуйте принципову електричну схему керування електродвигунами двох насосних агрегатів з увімкненням резервного додатково до робочого, показано на рисунку 3.4. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформулюйте 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 розімкнутий при Н-рівні і замкнений при С,В,ВА-рівнях, контакт SL2 розімкнутий при

Н,С-рівнях і замкнений при В,ВА-рівнях, контакт SL3 розімкнутий при Н,С,В- рівнях і замкнений при ВА-рівні.

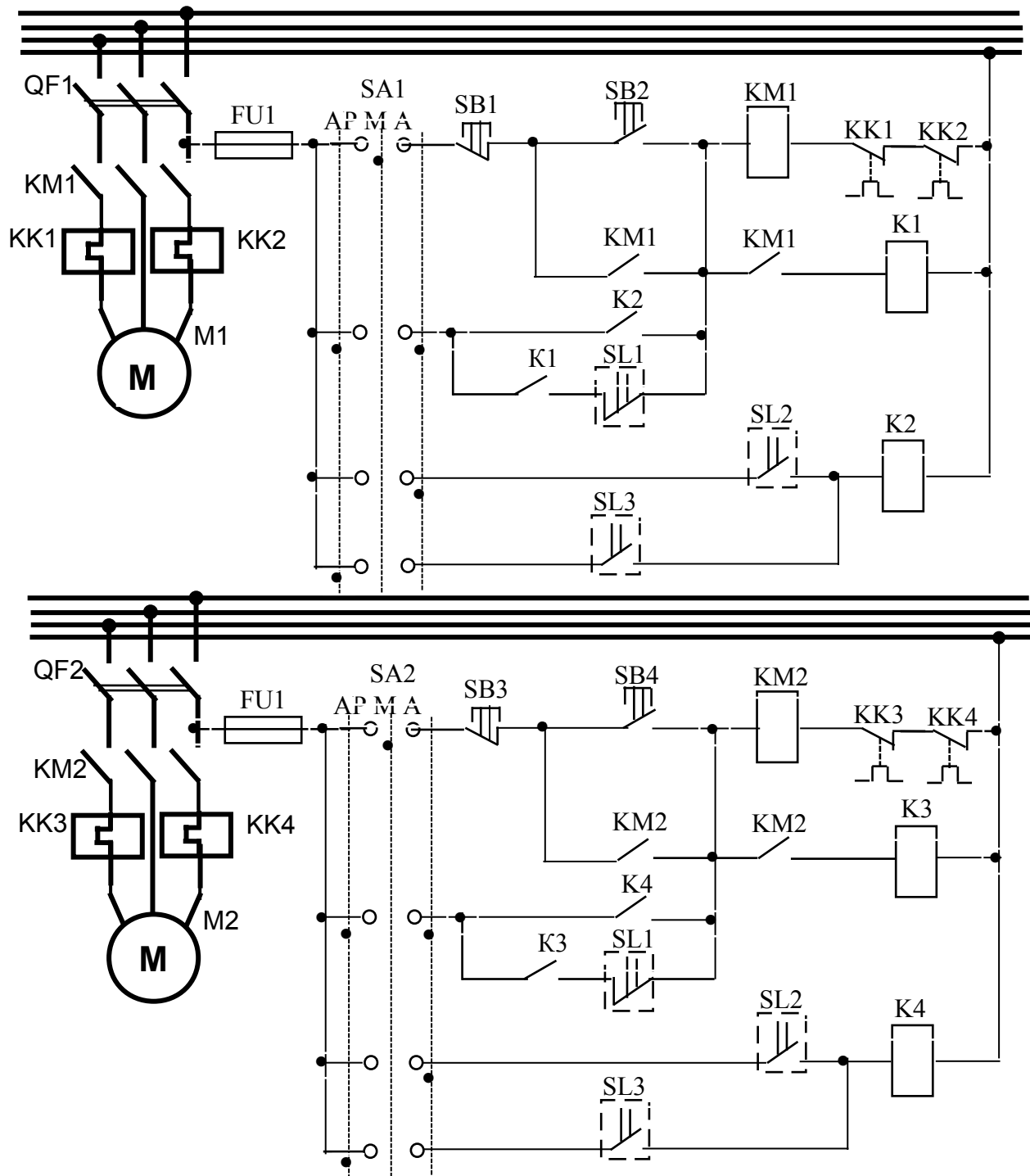


Рисунок 3.4

Задача 3.3. Проаналізуйте принципову електричну схему керування електродвигунами М1 (перший за запуском) і М2 (другий за запуском) двох транспортувальних засобів ПТС, показану на рисунку 3.5. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформулюйте 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 вмикання дільниці ПТС К1 і реле пуску першого двигуна К2 розміщені в загальній схемі керування дільницею ПТС (на рисунку не наведена), причому при пуску двигунів дільниці спрацьовують і К1 і К2, однак К1 вимикається після запуску останнього двигуна дільниці.

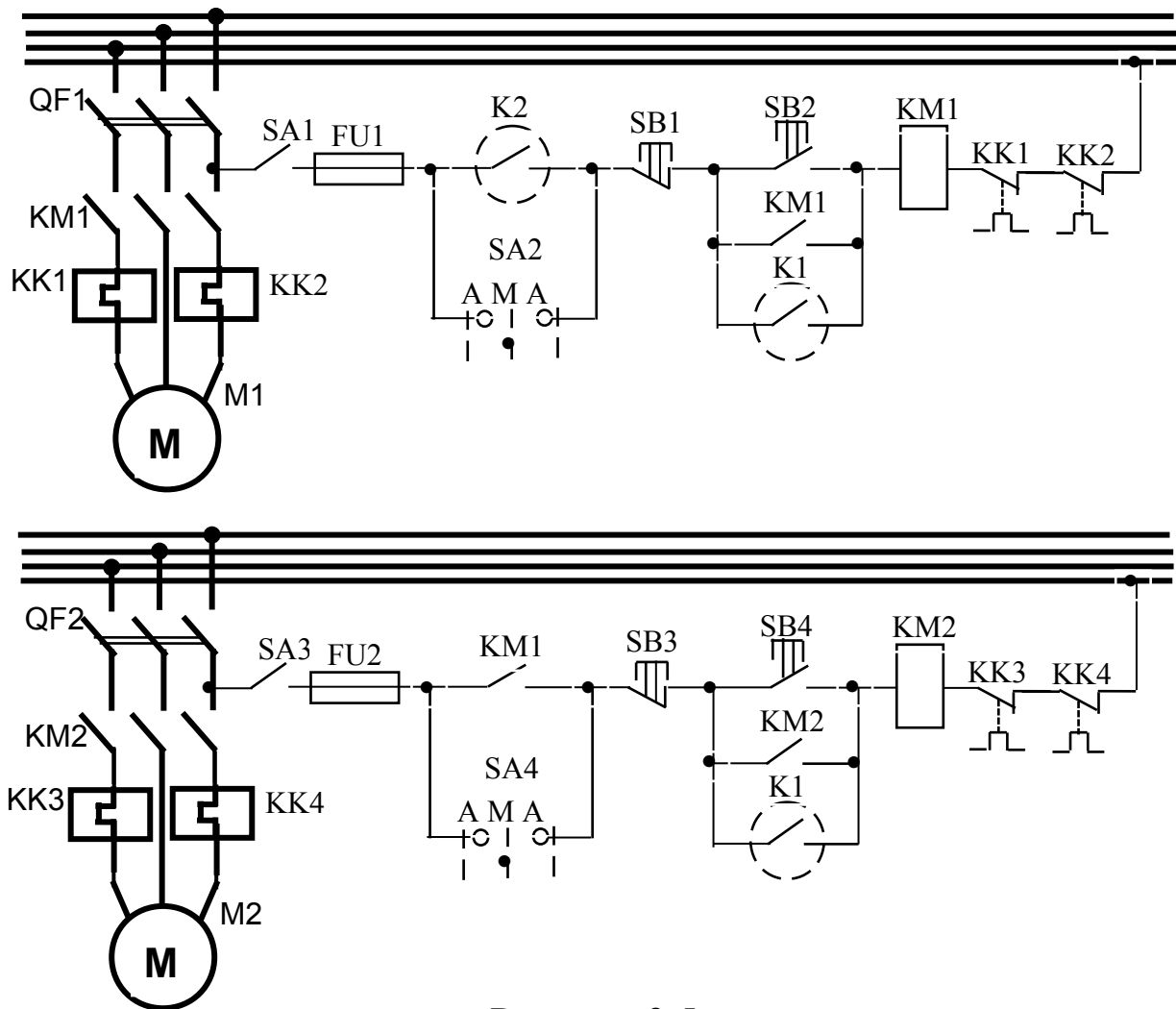


Рисунок 3.5

Контрольна задача. Проаналізуйте принципову електричну схему керування (рисунок 3.6) 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. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Опишіть роботу схеми за колами при закритті запірною органа та його відкритті, а також визначте функції кінцевих вимикачів SQ1, SQ2 та сигналізаторів HL1, HL2.

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 перебуванні перемикача SA в положенні В отримує живлення електромагніт YA і клапан відкривається, контакт SQ1 замикається і горить лампа HL1. У разі переведення перемикача SA в положенні О електромагніт YA втрачає живлення, клапан закривається, контакт SQ1 розмикається, а контакт SQ2 замикається і горить лампа HL2.

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

Задачі для розв'язання

Задача 3.4. Проаналізуйте принципову електричну схему керування (рисунок 3.7) електромагнітним приводом, який має головний електромагніт YA і електромагніт заскочки YA1. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Опишіть роботу схеми за колами при закритті запірною органа та його відкритті, а також визначте функції кінцевих вимикачів SQ1 – SQ4 та сигналізаторів HL1, HL2. Перемикач SA має чотири положення: відкрито (В), закрито (З), відключено (О), автоматичне (А). SK1 та SK2 – контакти термодатчиків, причому SK1 замикається, коли

температура стала більше встановленої межі, а SK2 замикається, коли температура стала менше встановленої межі.

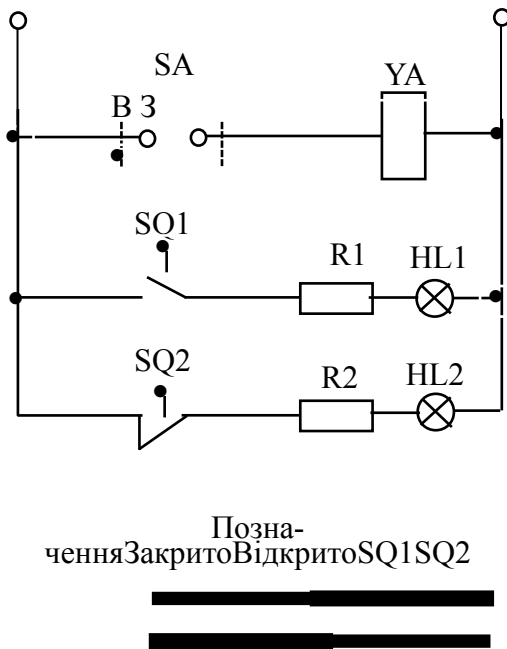


Рисунок 3.6

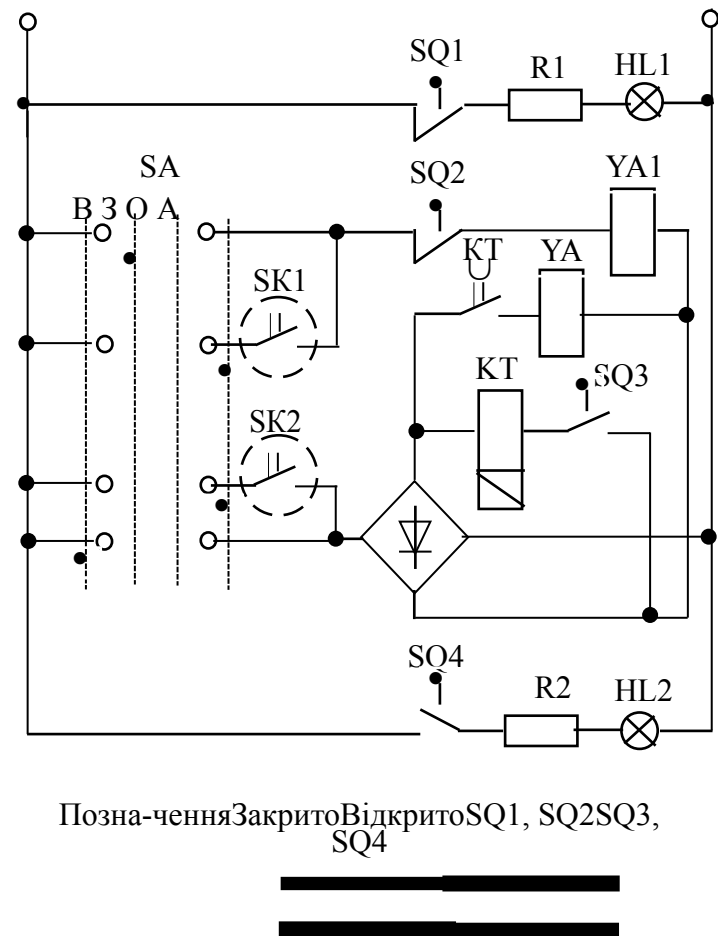


Рисунок 3.7

Задача 3.5. Проаналізуйте принципову електричну схему керування з двох місць багатооборотним електроприводом заскочки, яка наведена на рисунку 3.8. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформулюйте 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).

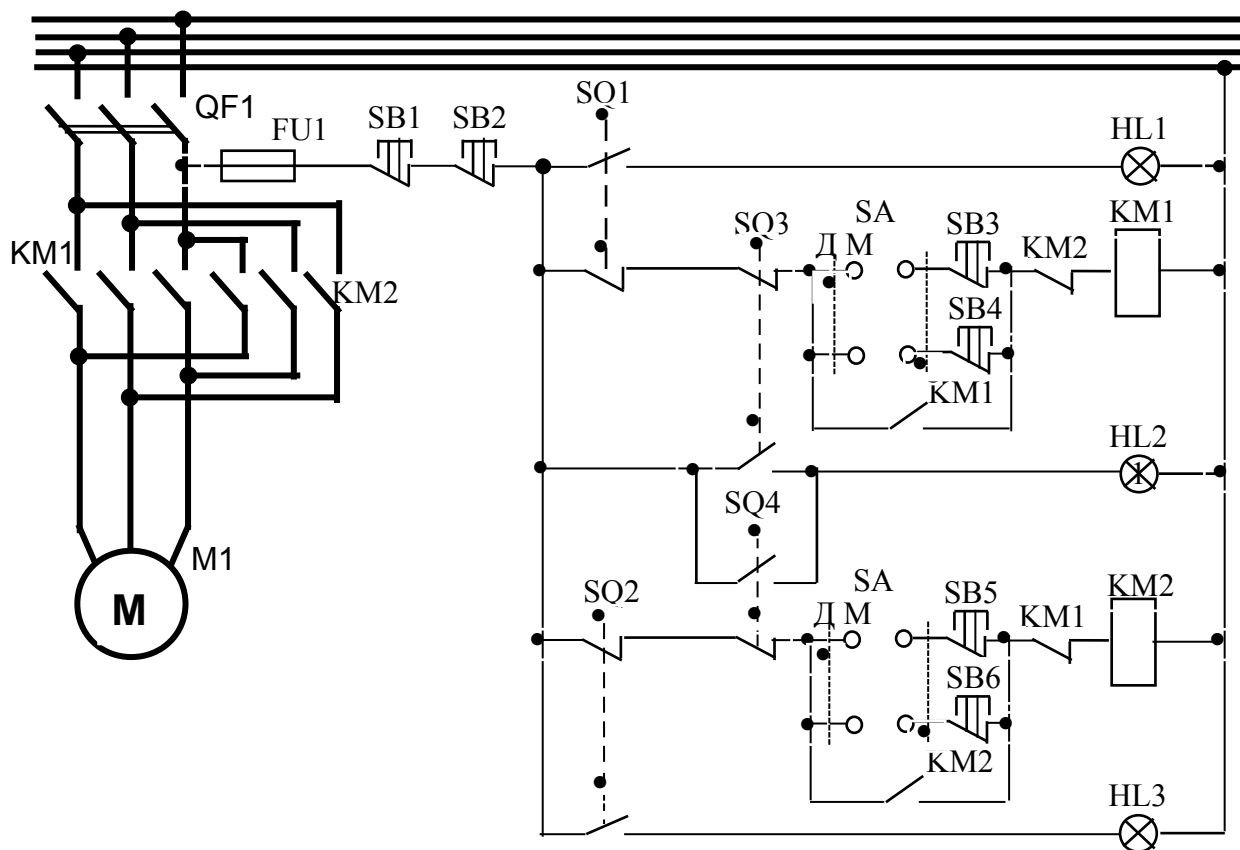


Рисунок 3.6

Задача 3.6. Проаналізуйте

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

принципову електричну схему керування електроприводом засувки, показану на рисунку 3.9, що може працювати як в автоматичному, так і в дистанційному режимах. Визначте приймальні, виконавчі і проміжні елементи схеми. Сформулюйте алгоритм роботи схеми. Опишіть роботу схеми за колами при закритті запірного органа, відкритті його і перебуванні у проміж-

ному 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).

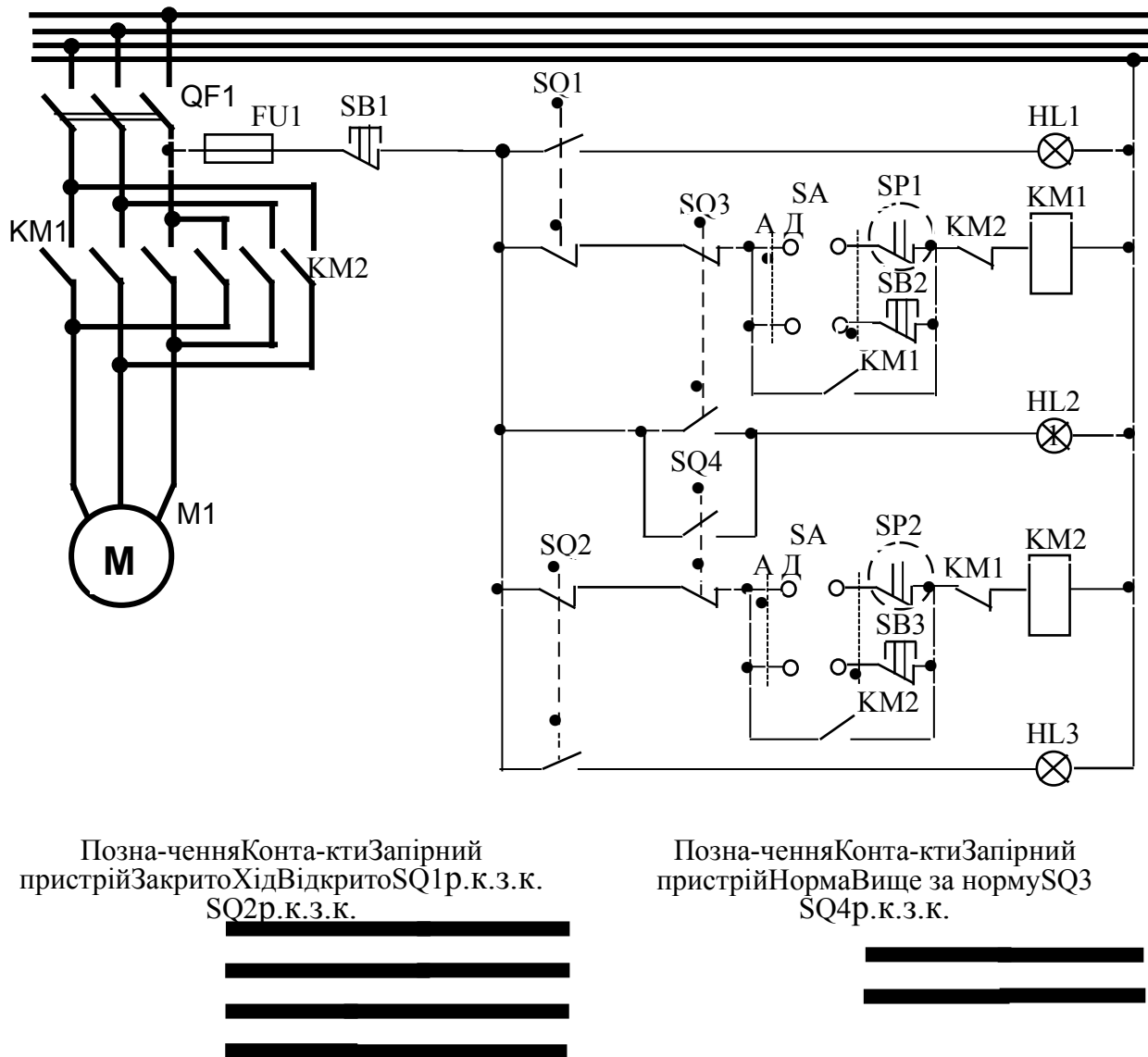


Рисунок 3.9

Контрольна задача. Проаналізуйте принципову схему керування (рисунок 3.10) 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.

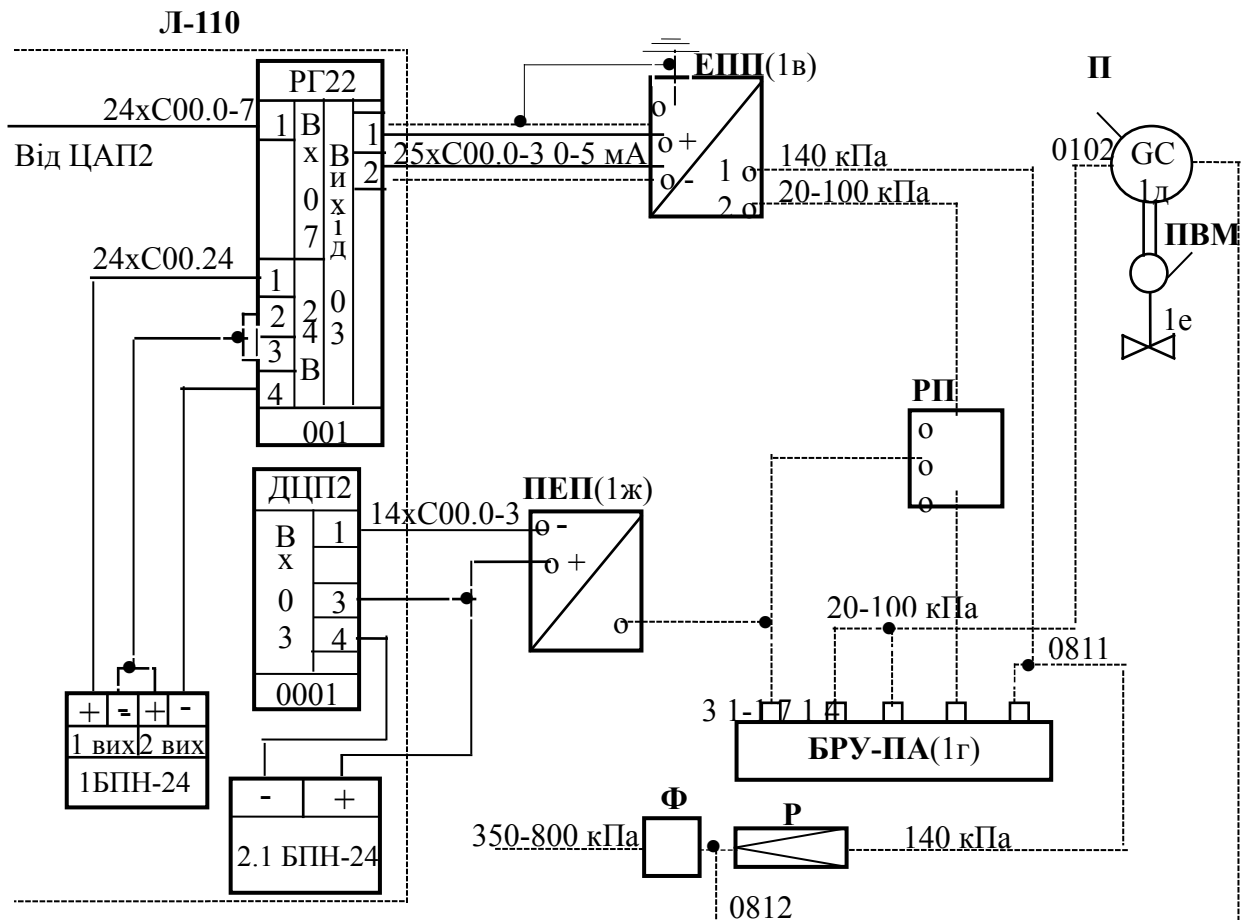


Рисунок 3.10

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 штуцери 1 і 7(1-1) БРК-ПА надходить на виконавчий механізм ПВМ з позиціонером П. При цьому перемикач БРК «автоматичне (А) – дистанційне (Д)» перебуває 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 БРУ (штуцер 3), реле РП відключає ЕПП від блока БРУ, а на дискретний вхід контролера подається електричний дискретний сигнал, у 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.

Задачі для розв'язання

Задача 3.7. Проаналізуйте принципову схему керування (рисунок 3.11) електричним виконавчим механізмом МЕО (поз. 1д) з такими пристроями: блоком ручного керування з імпульсним електричним виходом і показчиком положення виконавчого механізму БРК-ЕІ (поз. 1в), магнітним пускачем (поз. 1г) і реле КV1 та КV2. Визначте функції та поясніть роботу перерахованих пристроїв і електричних зв'язків схеми у режимах автоматичного та дистанційного керування, а також укажіть, як зміниться схема у разі реалізації її на безщитовому пункті керування.

Задача 3.8. Проаналізуйте принципову схему керування (рисунок 3.12) ПВМ (поз. 1ж) з позиціонером П (поз. 1е) і такими пристроями: аналоговим ЕПП (поз. 1д), електричним аналоговим блоком ручного керування БРК-ЕА (поз. 1в) з перемикачем Р (ручне) – А (автоматичне), показчиком 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.

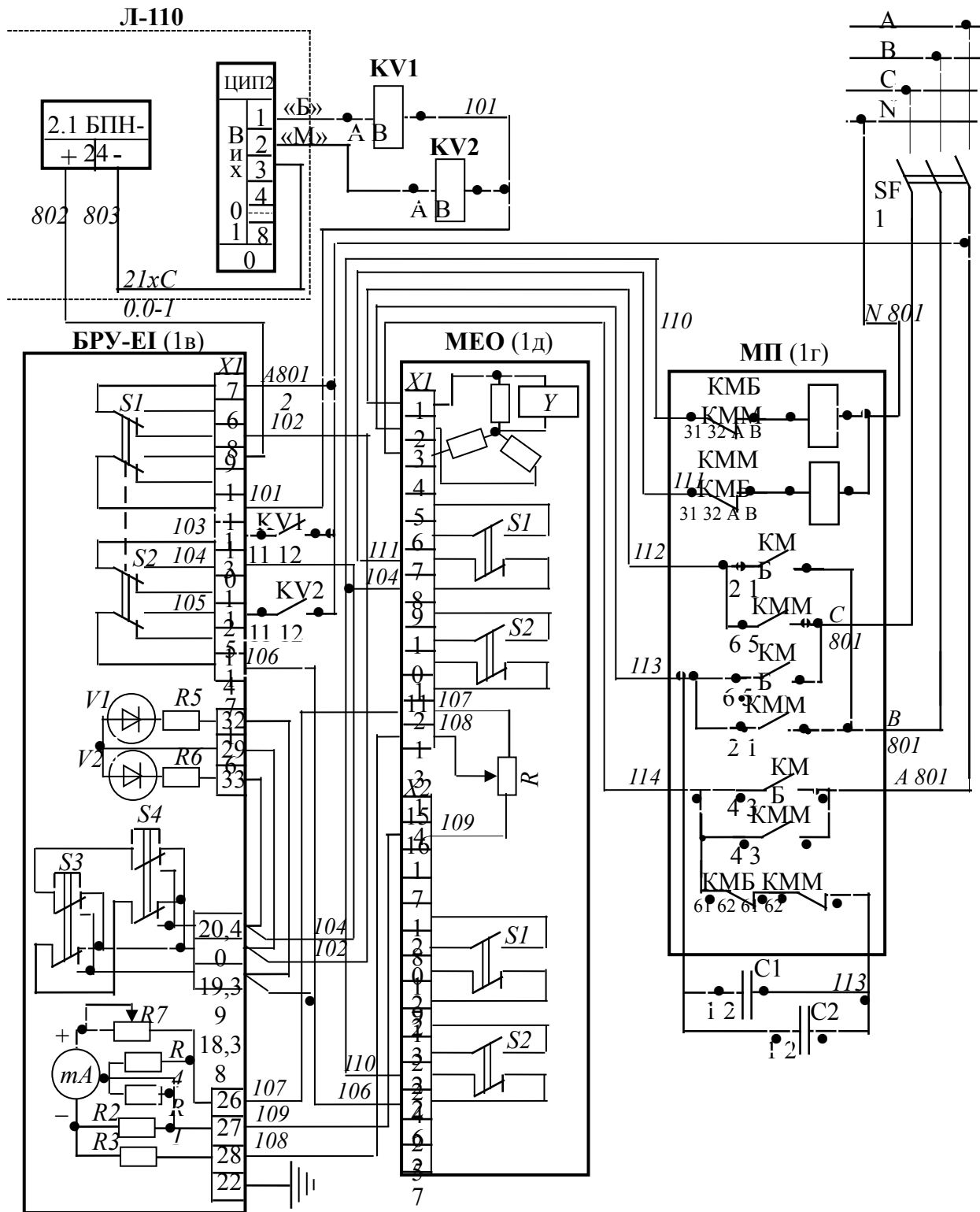


Рисунок 3.11

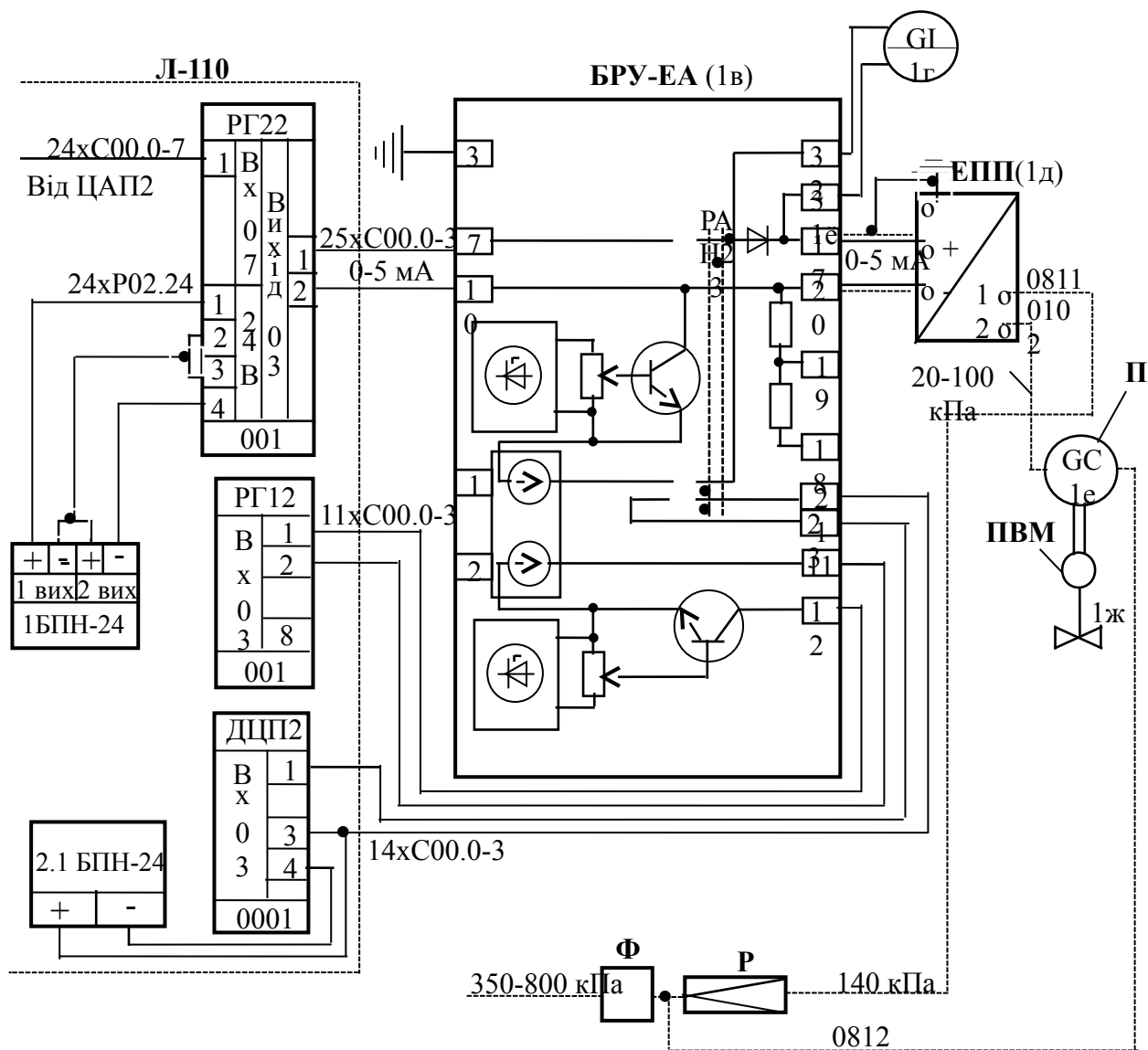


Рисунок 3.12

Контрольна задача. Проаналізуйте принципову схему технологічної сигналізації, показану на рисунку 3.13. 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 S при замиканні технологічного контакту $SQ1$. Визначте структуру схеми, виділивши її центральну частину і кола технологічних контактів, а також характер взаємодії між ними. Опишіть роботу схеми по колах при перевірці звукового S та світлових HL сигналізаторів. Визначте призначення діодів VD у

схемі, покажіть коло по-милкового спрацьовування при їх відсутності. Проведіть маркування кіл схеми.

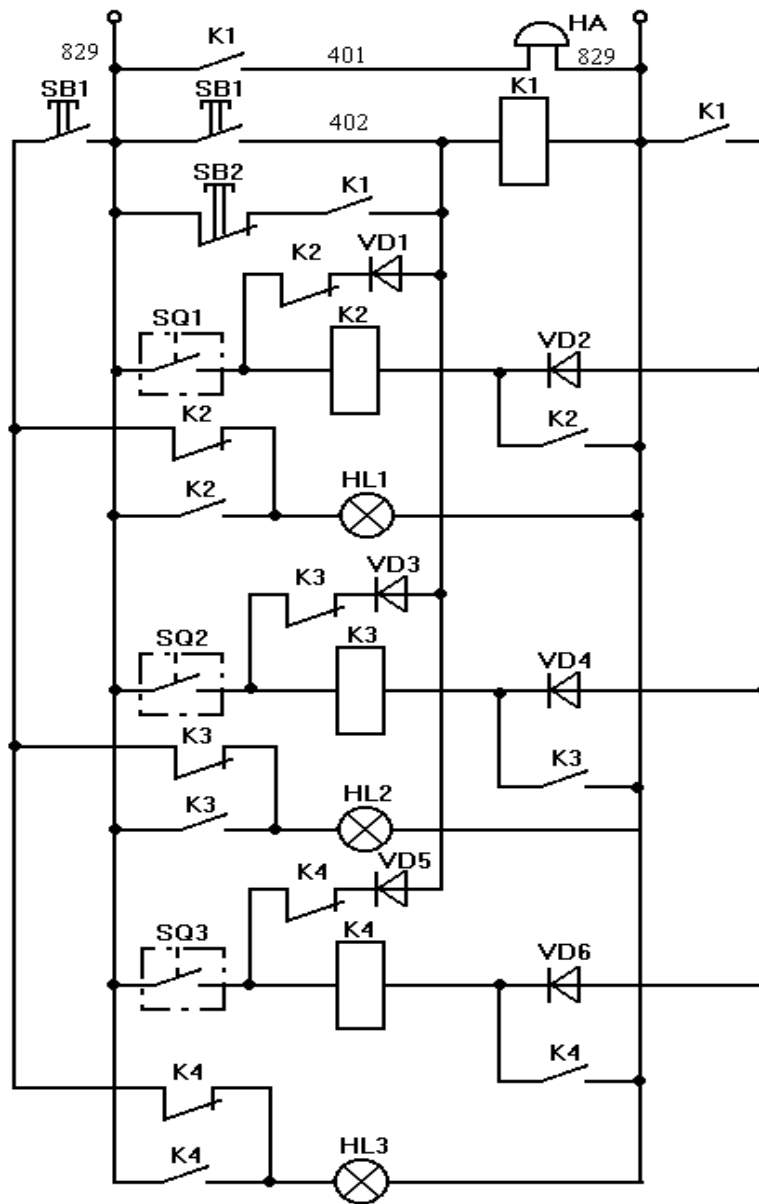


Рисунок 3.13

Розв'язання

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

2 Алгоритм роботи схеми: при замиканні технологічного контакту SQ загоряється відповідна сигнальна лампа HL і вмикається звуковий сигнал S . При натисканні на кнопку квітування $SB2$ подача звукового сигналу припиняється, а лампа продовжує горіти до розмикання SQ . S 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 $K1$: $ШЖ$ – котушка $K1$ – $VD3$ – розмикаючий контакт (р.к.) $K3$ – $SQ2$ – $ШЖ$. Після вмикання, реле $K1$ своїм замикаючим контактом (з.к.) вмикає звуковий сигналізатор S , 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 вмикання, реле $K3$ своїм з.к. $K3$ самоблокується і своїми р.к. $K3$ розриває коло вмикання котушки $K1$ (через $SQ2$), підмикає лампу $HL1$ до шин живлення. Для вимкнення S натискають кнопку $SB2$, розмикаючи р.к. цієї кнопки у колі самоблокування реле $K1$, реле $K1$ втрачає живлення і своїми з.к. вимикає S , кола самоблокування $K1$ і живлення $K3$ через $VD4$. Лампа $HL2$ горить 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 S 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 S . 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 пункті 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 вмикання 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 вмикання 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 3.13.

Задачі для розв'язання

Задача 3.9. Проаналізуйте принципову схему технологічної сигналізації, показану на рисунку 3.14, розв'язавши для неї питання, перелічені у контрольній задачі.

Задача 3.10. Проаналізуйте принципову схему технологічної сигналізації, показану на рисунку 3.15, розв'язавши для неї питання, перелічені у контрольній задачі.

Задача 3.11. Проаналізуйте принципову електричну схему виробничої сигналізації, показану на рисунку 3.16, розв'язавши для неї питання, перелічені у контрольній задачі.

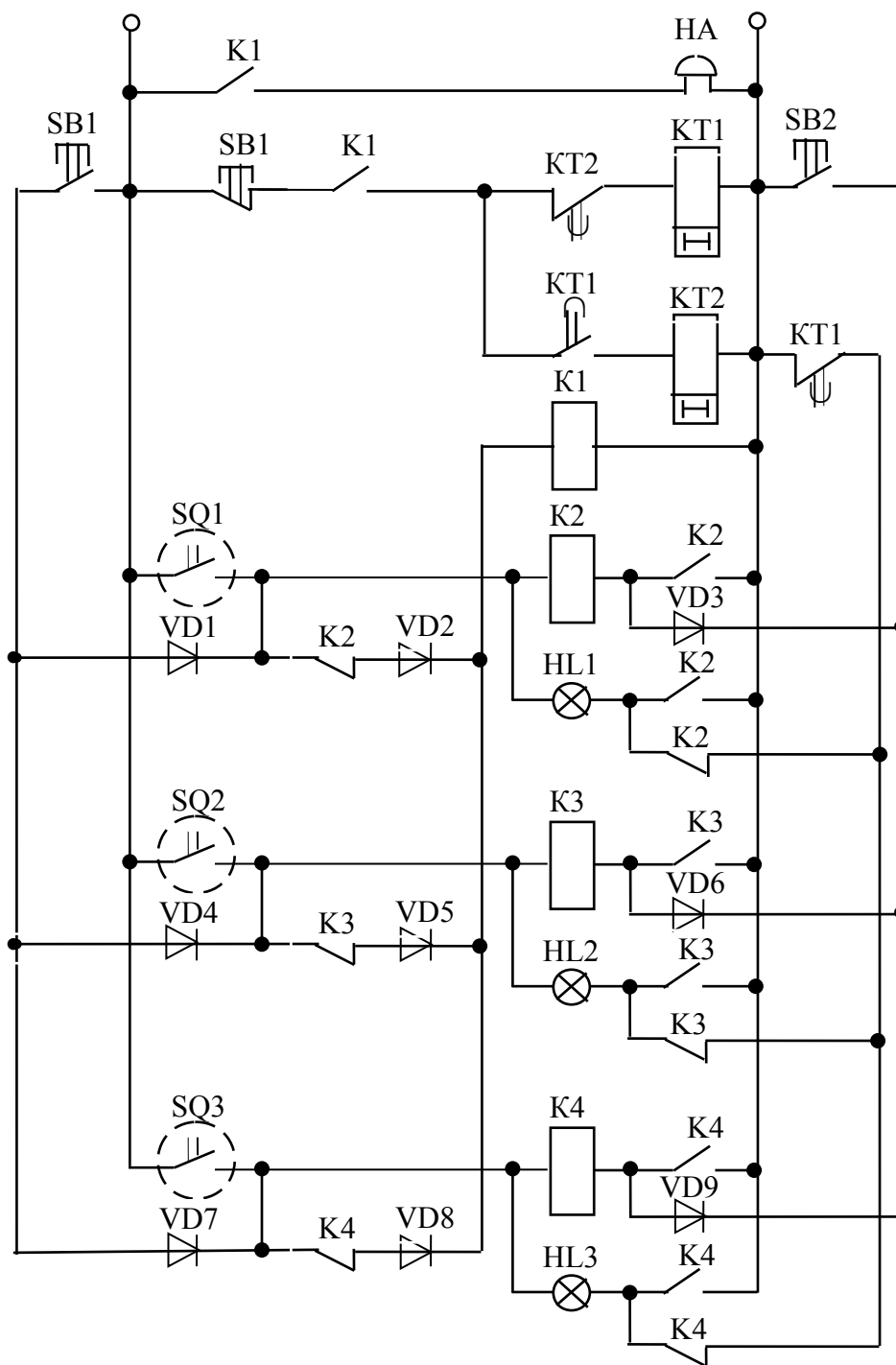


Рисунок 3.14

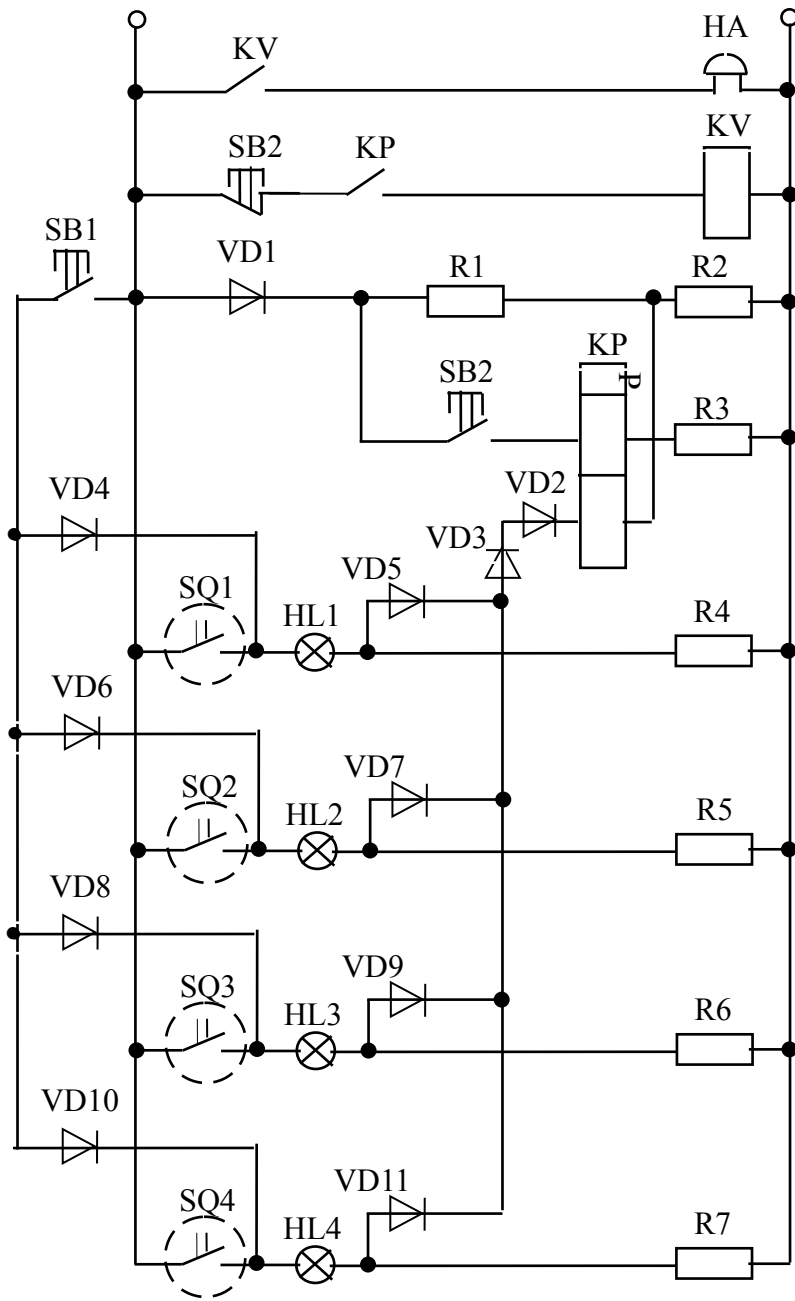


Рисунок 3.15

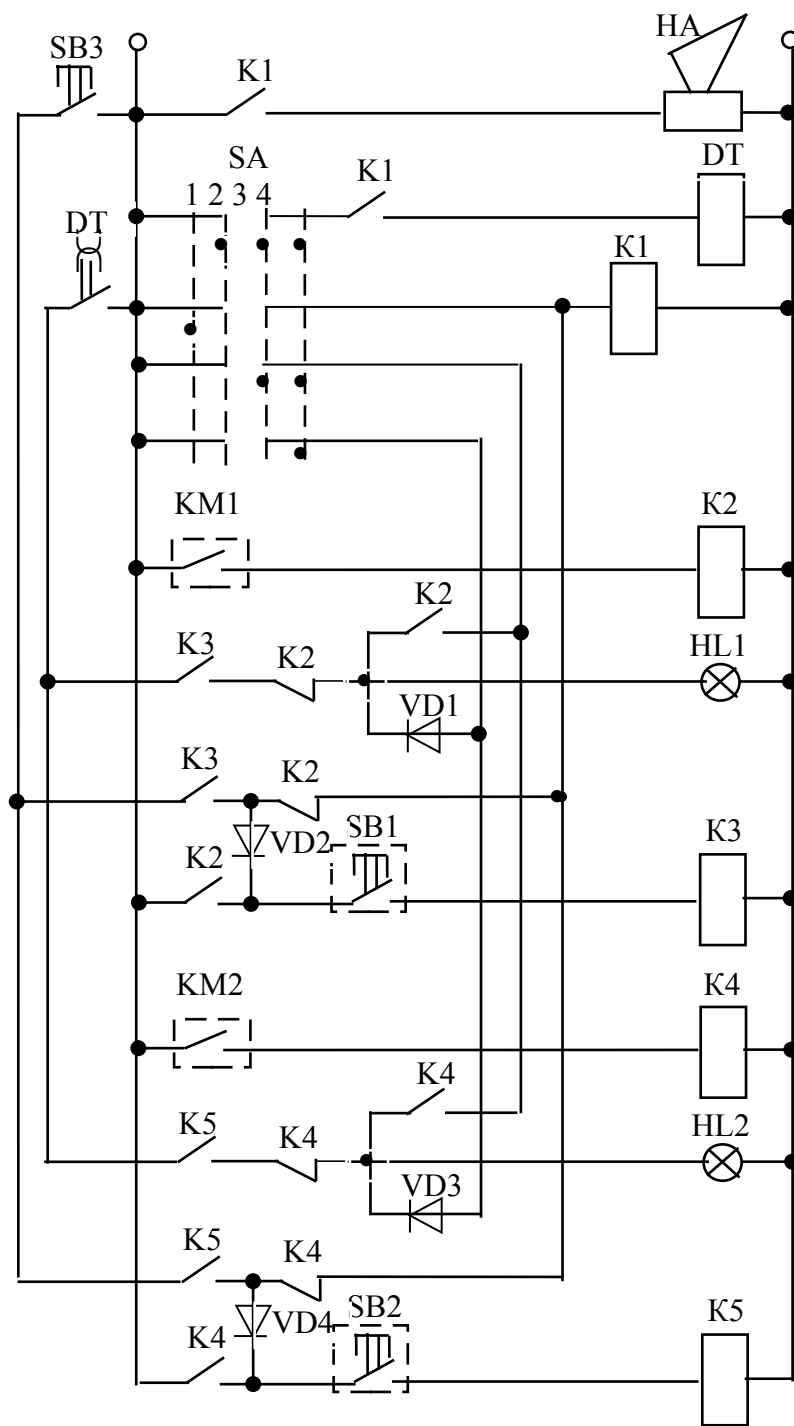


Рисунок 3.16

4 УПРОВАДЖЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Загальна характеристика робіт з упровадження та супроводження АСКТП. Підготовка об'єкта. Будівельно-монтажні роботи. Комплектація системи. Пусконаладжувальні роботи. Спробна експлуатація. Приймальні випробування. Доробка системи. Приймання у промислову експлуатацію. Супроводження системи.

Монтаж систем автоматизації. Підготовка та виконання монтажних робіт, здавання змонтованих систем. Монтаж первинних сприймаючих елементів і відбірних пристроїв. Монтаж щитів і пультів, приладів і виконавчих органів. Монтаж електричних і трубних проводок.

Основні задачі й організація служби експлуатації систем автоматизації. Основні задачі експлуатації систем автоматизації. Структура служби метрології й автоматизації харчового підприємства. Особливості організації служби автоматизованих систем керування.

Технічне обслуговування приладів та засобів автоматизації. Склад і підпорядкованість змінного персоналу. Характеристика документів технічного обслуговування. Планові та позапланові роботи.

Ремонт та перевірка засобів вимірювання. Ремонт приладів. Монтажно-ремонтні роботи. Задачі та види перевірки. Періодичність перевірки, її проведення та оформлення результатів.

4.1 Загальна характеристика робіт з упровадження та супроводження АСКТП

Упровадження (ввід у дію) АСК – сьома стадія у життєвому циклі АСК, їй передують три допроектні стадії (формування вимог до АСК, розроблення концепції АСК, технічне завдання) та три проектні (ескізний та технічний проекти і робоча документація). Ця стадія поділяється на 8 етапів.

1-й етап – підготовка об'єкта до уведення АСК в дію, насамперед організаційна:

1) реалізація проектних рішень з організаційної структури АСК;

2) забезпечення підрозділів об'єкта керування інструктивно-методичними матеріалами;

3) упровадження класифікатора інформації.

2-й етап – підготовка персоналу, під час якої проводиться навчання персоналу та перевірка його можливості забезпечити функціонування системи.

3-й етап – комплектація АСК програмними та технічними засобами: вхідний контроль комплектуючих виробів, включаючи прилади та засоби автоматизації, монтажні матеріали, організація їх зберігання і передавання при монтажі.

4-й етап – будівельно-монтажні роботи:

1) будівництво спеціалізованих будівель (приміщень) для розміщення тех-нічних засобів і персоналу АСК;

2) спорудження кабельних каналів;

3) монтаж технічних засобів і ліній зв'язку;

4) випробування змонтованих технічних засобів;

5) здавання технічних засобів для проведення пусконаладжувальних робіт.

5-й етап – пусконаладжувальні роботи має у своєму складі такі підетапи:

1-й підетап: автономне налагодження, куди входять:

а) *підготовча операція*: перевіряють комплектність технічних засобів, наявність необхідної технічної документації, правильність монтажу;

б) *налагодження технічних засобів*;

в) *налагодження загального програмного забезпечення (ЗПЗ)*, як правило, за тестами;

г) *налагодження компонентів СПЗ*;

д) *налагодження окремих функцій – підсистем СПЗ*.

2-й підетап: завантаження інформації у базу даних та перевірка системи її ведення.

3-й підетап: комплексне налагодження системи своєю метою має перевірку і забезпечення правильності виконання системою її алгоритму функціонування і всіх споживчих функцій. Під час комплексного налагодження системи перевіряють інформаційний зв'язок між програмами при

послідовному їх виконанні без зв'язку з об'єктом, а також взаємодію програм у реальному масштабі часу, тобто визначення моментів і послідовності включення в роботу програми. Цю частину налагодження виконують, пов'язуючи з реальним об'єктом, і вони є частиною робіт, які проводять під час попередніх випробувань системи у цілому на працездатність.

6-й етап – проведення попередніх випробувань складається з таких підетапів:

1) випробування АСК на працездатність у відповідності до програми і методики попередніх випробувань;

2) усунення несправностей та внесення змін у документацію, включаючи і експлуатаційну, на АСК у відповідності до протоколу випробувань;

3) оформлення акта про приймання АСК у спробну експлуатацію.

Результати попередніх випробувань окремих функцій і системи в цілому оформляють протоколами, які містять відомості про умови випробувань, перелік необхідних доробок системи і терміни їх виконання, а також визначають можливість передачі окремих функцій чи системи в цілому в дослідну експлуатацію. Закінчення попередніх випробувань системи в цілому оформляють актом, який при позитивних результатах служить підставою для початку спробної експлуатації АСКТП.

7-й етап – проведення спробної експлуатації з метою перевірки працездатності системи, готовності оперативного і ремонтного персоналу до роботи в умовах промислової експлуатації системи в межах 1-3 місяців. Спробна експлуатація включає такі основні підетапи:

1) спробна експлуатація АСК;

2) аналіз результатів спробної експлуатації;

3) доробка (у разі необхідності) програмного забезпечення;

4) додаткове налагодження (у разі необхідності) технічних засобів;

5) оформлення акта про завершення спробної експлуатації.

Результати спробної експлуатації оформляють протоколом, у який вносять результати аналізу, одержану в ході спробної експлуатації інформацію, висновки і рекомендації (про доробку системи, подання системи на приймальні випробування і т.ін.).

8-й етап – проведення приймальних випробувань, під час яких:

1) проводять випробування АСК на відповідність ТЗ за програмою та ме-тодикою попередніх випробувань;

2) аналізують результати випробувань і усувають недоліки, виявлені при випробуваннях;

3) оформляють акт про приймання АСК у постійну експлуатацію.

Супроводження АСК – це восьма, остання стадія в життєвому циклі АСК. Воно пов'язане з роботами, які виконуються за гарантійними зобо-в'язаннями та при післягарантійному обслуговуванні. До *гарантійного обслуговування* належать усунення недоліків, виявлених під час експлуатації АСК протягом гарантійного терміну, та внесення необхідних змін у документацію на АСК. Під час *післягарантійного обслуговування* виконують:

1) аналіз функціонування системи;

2) виявлення відхилень фактичних експлуатаційних характеристик (ЕХ) АСК від їх проектних значень та встановлення їх причин;

3) усунення виявлених недоліків і забезпечення стабільності ЕХ;

4) внесення необхідних змін у документацію на АСК.

4.2 Монтаж систем автоматизації

Монтаж систем автоматизації – це складний комплекс робіт, який ви-конують відповідно до проекту і діючих технічних умов і який має три осно-вних етапи:

1) підготовка виконання монтажних робіт;

2) виконання монтажних робіт;

3) здавання змонтованих систем автоматизації.

У *підготовці виконання монтажних робіт* виділяють інженерно-технічну, матеріально-технічну й організаційну підготовку. До інженерно-технічної підготовки відносять розгляд і аналіз проекту автоматизації і розроблення проекту виконання робіт (ПВР). До матеріально-технічної підготовки відносять:

заготівлю матеріалів, монтажних виробів, деталей і конструкцій;

складання монтажних блоків і вузлів;

комплектацію устаткування.

Організаційна підготовка – це обладнання необхідних приміщень (майстерень, складів тощо) на об'єкті виконання робіт, комплектування монтажних бригад, контроль і участь в установленні закладних деталей у будівельні конструкції, врізанні бобишок, штуцерів, захисних карманів у технологічне устаткування і трубопроводи й інші будівельно-монтажні роботи, необхідні для подальшого монтажу приладів і засобів автоматизації.

Виконання монтажних робіт пов'язане з установленням і закріпленням приладів і засобів автоматизації і підключенням до них усіх необхідних комунікацій.

Під час *здавання систем автоматизації* проводять їх індивідуальне випробування, при якому:

1) перевіряють відповідність змонтованих систем автоматизації робочим кресленням проекту, діючим технічним умовам і вимогам будівельних норм і правил;

2) випробовують на міцність і щільність трубні проводки;

3) перевіряють опір ізоляції проводів і кабелів.

До здавання повинні бути підготовлені такі документи:

1) перелік та коротка характеристика робіт, що здаються;

2) відомість допущених відхилень від проекту і робочих креслень та обґрунтування цих відхилень;

3) робочі креслення проекту зі змінами, внесеними у процесі монтажу;

4) акти на сховані роботи та акти проміжного приймання відповідальних конструкцій;

5) акти індивідуальних випробувань;

6) журнал виконання спеціальних робіт.

Здавання змонтованих систем автоматизації оформляють актом, після підписання якого починають до виконання налагоджувальних робіт.

4.3 Основні задачі й організація служби експлуатації систем автоматизації

Основною задачею експлуатації систем автоматизації є забезпечення надійної і правильної роботи окремих ланок і всього комплексу апаратури цих пристроїв. Вирішують цю задачу за допомогою безперервного нагляду за роботою пристроїв контролю й автоматики і своєчасним усуненням усіх дефектів, що виникають. Для вирішення такої задачі на кожному підприємстві організується спеціальна служба чи служби. Роботи, які виконує служба, можна розподілити на три основні групи: поточна експлуатація при нормальній роботі установки; ремонтні роботи та монтажні-ремонтні роботи; пуско-налагоджувальні роботи.

Побудова конкретної структурної схеми служби автоматизації будь-якого підприємства і визначення чисельності персоналу служби залежить від структури підприємства, його потужності, а також кількості і складності засобів автоматизації, експлуатованих на підприємстві. На харчових підприємствах служба експлуатації систем автоматизації організується у вигляді служби метрології й автоматизації (СМіА), а при наявності АСКТП – у вигляді служби АСК.

СМіА на харчовому підприємстві великої потужності створюють у вигляді лабораторії, очолюваної головним метрологом, який підпорядкований головному інженеру підприємства, причому до складу лабораторії входять ланки:

- 1) метрологічного забезпечення виробництва;
- 2) технічного обслуговування систем автоматизації (СА) і засобів вимірювання й автоматизації (ЗВА);
- 3) ремонту ЗВА;
- 4) розвитку і впровадження систем автоматизації у виробництво;
- 5) повірки засобів вимірювання (ЗВ);
- 6) обліку, зберігання і видачі ЗВА.

На підприємствах середньої потужності СМіА створюють у вигляді лабораторії чи групи, яку також очолює головний метролог і до складу якої входять три перших ланки попередньої структури. При невеликій кількості ЗВА за узгодженням з

базовою організацією на підприємствах малої потужності допускається організація групи метрологічного забезпечення і технічного обслуговування СА і ЗВА у складі служби головного механіка або енергетика, який у цьому разі виконує обов'язки головного метролога підприємства.

На головному (базовому) підприємстві, комбінаті, промислового чи агротехнічного об'єднанні можна організувати центральну лабораторію, яка крім тих ланок, що входять до складу СМіА підприємств великої потужності, додатково може мати ланки:

- 1) координації і планування;
- 2) монтажу і налагодження ЗВА;
- 3) постачання і комплектації.

Центральну лабораторію очолює головний метролог базового підприємства. У складі СМіА решти підприємств об'єднання створюють ланки технічного обслуговування СА і ЗВА. Метролог, що очолює МС підприємства, у цьому разі підпорядковується головному метрологу методично.

Ланки СМіА звичайно організують у вигляді груп, які у свою чергу складаються з бригад. Групу СМіА очолює начальник групи (старший інженер). Старші майстри і майстри здійснюють адміністративне управління бригадами. Чисельність і склад СМіА визначають розрахунковим шляхом з урахуванням кількості і номенклатури СА і ЗВА, видів і обсягу виконуваних робіт, категорії підприємства, умов експлуатації СА і ЗВА, умов роботи виробництва (його змінності і сезонності), рівня організації праці й установленної структури СМіА.

При наявності на підприємстві АСК служба експлуатації складається з метрологічної лабораторії і лабораторії АСК. Перша має таку ж структуру, як і служба СМіА, і входить у вигляді самостійних ланок у службу АСК. Основні функції лабораторії АСК пов'язані з експлуатацією обчислювальної техніки і зовнішніх пристроїв. Службу АСК підприємства очолює начальник, який одночасно виконує обов'язки головного метролога і є заступником головного інженера підприємства. До складу лабораторії АСК можуть входити такі групи: технічного обслуговування і ремонту, операторів і програмістів. У групу технічного обслуговування і ремонту входять змінні чергові з

обслуговування ЕОМ і зовнішніх пристроїв та ремонтний персонал.

4.4 Технічне обслуговування приладів і засобів автоматизації

Основним завданням технічного обслуговування є безперервний нагляд за роботою пристроїв контролю й автоматики та створення умов, які забезпечують справність, працездатність і необхідний ресурс ЗВА у період їх експлуатації.

Змінний персонал служби СМіА, який виконує функції технічного обслуговування, входить до складу зміни технологічного цеху і тому має подвійну підпорядкованість. Адміністративно і технічно він підпорядкований начальнику СМіА, а оперативно – начальнику зміни (черговому інженеру) технологічного цеху. Діяльність змінного персоналу регламентується рядом документів:

1) «Положення про СМіА підприємства», яке включає положення про змінний персонал;

2) посадові інструкції та інструкції з робочого місця для кожного працівника зміни;

3) графік планово–попереджувальних робіт (ППР), що визначає періодичність і вид ППР на місяць, квартал, рік;

4) журнал обліку передачі змін чергового персоналу.

У графіки ППР входять технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт. Усі роботи, виконувані експлуатаційним персоналом протягом чергування, можна умовно розподілити на планові і позапланові.

У планові роботи входять:

а) систематичний обхід приміщень, у яких установлено діюче устаткування СА і нагляд за роботою цього устаткування;

б) технічне обслуговування приладів за графіком;

в) заміна приладів, направлених у ремонт за графіком ППР;

г) виконання завдань начальника технологічної зміни з перемикання і перевірки устаткування СА;

д) ведення оперативного журналу чергового персоналу.

4.5 Ремонт і перевірка засобів вимірювання

Ремонт засобів вимірювання може бути *плановим*, який проводять за графіками ППР, та *позаплановим*. Необхідність планового ремонту спричиняється головним чином поступовим змінням їх характеристик у процесі експлуатації, що з часом призводить до зниження точності нижче допустимої. Необхідність у позаплановому ремонті виникає у результаті перевантаження приладу через його неправильний вибір чи вмикання, а також через недбале поводження з приладом. Ремонт ЗВА по можливості здійснюють у період проведення ремонту основного і допоміжного устаткування.

У залежності від характеру причин, що викликали несправність приладу, і обсягу пошкоджень розрізняють два види ремонту: поточний і капітальний. Поточний ремонт виконують, звичайно, на місці установавання силами ремонтного персоналу, але можна проводити і в ремонтній майстерні. Поточний ремонт завершує перевірка. Це мінімальний за обсягом вид ремонту. На харчових підприємствах більшість ЗВ підлягають поточному ремонту один раз на місяць, а прилади для вимірювання температури і газоаналізатори – один раз на 4 місяці.

Капітальний ремонт проводять у ремонтній майстерні СМіА або у спеціалізованих організаціях. Капітальний ремонт ЗВА – це ремонт, при якому виконують поточний ремонт і відновлення повного чи близького до повного ресурсу з заміненням чи відновленням будь-яких деталей чи вузлів ЗВА і їх регулювання. Капремонт ЗВА на харчових підприємствах звичайно проводять один раз на 12 місяців.

Перевірка засобів вимірювання. Дефекти у приладів не завжди можуть бути виявлені в процесі експлуатації, оскільки поступове зміння точності показань і якості роботи приладу здебільшого не привертає уваги персоналу. Тому необхідно систематично і плановірно перевіряти технічні характеристики приладів. Перевіряти також слід прилади після ремонту. Перевірка дає можливість, по-перше, установити відповідність приладу вимогам, визначеним для нього нормами, по-друге, забезпечити передачу робочим мірам і вимірювальним приладам значень одиниць вимірювання від одного й того ж еталона. Перевірка в

залежності від призначення і класу точності ЗВ може бути державною і відомчою.

Державній повірці відповідно до діючого стандарту з метрології підлягають вимірювальні та обчислювальні канали, які використовуються у галузях:

- 1) обліку матеріальних ресурсів;
- 2) охорони здоров'я;
- 3) виробництва та контролю продуктів харчування;
- 4) здійснення заходів щодо захисту навколишнього середовища;
- 5) охорони праці та техніки безпеки;
- 6) геодезичних та гідрометереологічних робіт;
- 7) операцій, що включають усі види торговельної діяльності, пов'язаної з визначенням кількості товарів чи послуг;
- 8) фасування товарів;
- 9) проведення податкових, митних та поштових операцій;
- 10) виконання робіт, пов'язаних з обов'язковою сертифікацією продукції;
- 11) реєстрація спортивних національних і міжнародних рекордів. Державну повірку проводять органи Держстандарту.

Відомчій повірці підлягають решта ЗВ, що перебувають в експлуатації у технологічних цехах і випускаються після ремонту. Відомчу повірку виконує група повірки СМіА за умови, що підприємство зареєстроване у місцевих органах Держстандарту і ним видано паспорти і реєстраційні свідоцтва на право проведення відомчої повірки. Повірку виконують працівники СМіА, що атестовані у місцевих органах Держстандарту й отримали дозвіл на право проведення повірок.

Графіки державних і відомчих повірок (окремо на кожному) складає група перевірки СМіА підприємства і після узгодження з органами Держстандарту затверджує наказом керівник підприємства. Для більшості ЗВ державні і відомчі повірки проводяться раз на 12 місяців.

У процесі повірки ведуть протокол перевірки, куди заносять її результати і висновок про придатність приладу. Кожний прилад після повірки, якщо він задовольняє установлені вимоги, пломбують чи клеймують спеціальним знаком, який засвідчує придатність приладу до експлуатації протягом певного строку.

Придатність приладу до експлуатації може посвідчувати й атестат, який є разовим технічним документом, що діє від однієї перевірки до другої.

Література [11, с. 266 –271, 274– 279, 287–327; 6, с. 291–297; 10, с. 228 –286; 5].

Контрольні питання

1 Які основні етапи впровадження АСКТП? Наведіть характеристику робіт, виконуваних на етапах підготовки об'єкта до введення АСК в дію, підготовки персоналу, комплектації АСК програмними та технічними засобами, виконання будівельно-монтажних робіт.

2 Які основні етапи впровадження АСКТП? Наведіть характеристику робіт, виконуваних на етапі пусконаладжувальних робіт (автономне і комплексне налагодження технічних засобів, загального та спеціального програмних забезпечень).

3 Які основні етапи впровадження АСКТП? Наведіть характеристику робіт, виконуваних на етапах попередніх випробувань, спробної експлуатації та приймальних випробувань. Які роботи виконуються за супроводження АСК?

4 Які роботи виконуються під час підготовки до виконання монтажних робіт? Склад і зміст проекту виконання робіт. Яка послідовність виконання монтажних робіт і як здають змонтовані системи?

5 Які вимоги до монтажу первинних сприймальних елементів та відбірних пристроїв, приладів і регуляторів, щитів і пультів? Яка послідовність робіт з їх монтажу?

6 Які вимоги і яка послідовність робіт з монтажу трубних і електричних проводок систем автоматизації?

7 Як вибирають місце встановлення та положення термоприймачів у процесі їх монтажу? Яка конструкція вузла їх установаження?

8 Як вибирають розміри ділянки стабілізації потоку у процесі монтажу звужувальних пристроїв? Яка конструкція вузла їх установаження для вимірювання витрат пари та рідини?

9 Як вибирають розміри ділянки стабілізації потоку у процесі монтажу звужувальних пристроїв? Яка конструкція вузла їх установлення для вимірювання витрати газу?

10 Наведіть і опишіть схему з'єднання дифманометра, що вимірює витрати пари та рідини, із звужувальним пристроєм.

11 Наведіть і опишіть схему з'єднання дифманометра, що вимірює витрати повітря та газу, із звужувальним пристроєм.

12 Наведіть і опишіть схему з'єднання дифманометра, що вимірює витрати агресивних газів та рідин, із звужувальним пристроєм.

13 Наведіть і опишіть схему з'єднання дифманометра з резервуаром (відкритого та під тиском), де вимірюється рівень рідини із застосуванням порівнювальних посудин. Як зміниться ця схема у випадках, коли резервуаром є барабан котла і конденсатор турбіни?

14 Які завдання та структура СМіА? Як змінюється структура служби зі зміною потужності підприємства?

15 У чому полягають особливості організації служби АСК? Яка її структура та які функції її підрозділів?

16 Які засоби вимірювання підлягають державній повірці? Як організують і проводять державну повірку засобів вимірювання?

17 Які засоби вимірювання підлягають відомчій повірці? Як організують і проводять відомчу повірку засобів вимірювання?

18 Як організують і проводять технічне обслуговування приладів та засобів вимірювання і автоматизації?

19 Як організують і проводять ремонтні роботи у процесі експлуатації систем автоматизації?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Основна

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

2 Методичні вказівки до курсового проектування з дисциплін «Основи САПР» та «САПР пристроїв і систем автоматики». – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – 78 с.

3 Методичні вказівки до самостійної роботи і лабораторних робіт з дисципліни «САПР пристроїв і систем автоматики». – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – 114 с.

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

5 Бережна М.А. Комп'ютерні технології автоматизованого виробництва: Навч. посібник. / Бережна М.А., Невлюдов І.Ш. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2007. – 368 с.

6 Болдин А.Н., Задиранов А.Н. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. пособие. – М.: МГИУ, 2006. – 104 с.

7 Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учеб. для вузов / 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: 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 Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промис-ловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. – К.: Аграрна освіта, 2001.

10 Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учебник. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.

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

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

13 Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств: 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., Луцкий Г.М. Локальные сети. – К.: Юниор, 1998.

15 Проектування систем автоматизації. Програмне забезпечення комп'ютерно-інтегрованих технологій: Метод. вказівки до розроблення програмного забезпечення безщитових пунктів управління у курс. та диплом. проектуванні для студ. ден. та заоч. форм навч. / І.В. Ельперін, В.Г. Трегуб, А.П. Ладанюк та ін. – К.: УДУХТ, 1997.

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

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

18 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справоч. пособие / Под ред. А.С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1990.

19 Трегуб В.Г. Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації: Навч. посібник. – К.: НМК ВО, 1990.

20 Емельянов А.И., Капник О.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справоч. пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

Допоміжна

21 Девид Мюррей. Solid Works. – М.: Лори, 2004. – 604 с.

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

23 Ельперін І.В. Промислові контролери: Навч.посібник. – К.: НУХТ, 2003.

24 Журнал «Компьютерное обозрение». – 2001. – № 46. – С. 20 – 25.

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