

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту з вибіркової дисципліни

"МІКРОПРОЦЕСОРНІ ПРИСТРОЇ"

для студентів спеціальності 7.092203 «Електромеханічні системи
автоматизації та електропривод» напрямку «Електромеханіка»

Дніпропетровськ
2011 р.

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Національний гірничий університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту з вибіркової дисципліни

"МІКРОПРОЦЕСОРНІ ПРИСТРОЇ"

для студентів спеціальності 7.092203 «Електромеханічні системи
автоматизації та електропривод» напрямку «Електромеханіка»

Рекомендовані до видання науково-методичною радою університету
(протокол № . . 11 р.)

Дніпропетровськ
2011 р.

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з вибіркової дисципліни „Мікропроцесорні пристрої” для студентів спеціальності 7.092203 «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» напрямку «Електромеханіка» / Упоряди.: В.І.Кириченко, Кириченко В.В. – Дніпропетровськ: НГУ, 2011.– 102 с.

Упорядники: Кириченко В.І., докт. техн. наук, проф.;
Кириченко В.В., канд. техн. наук, доц.;

Відповідальний за випуск завідувач кафедри електропривода
О.С.Бешта, докт. техн. наук, проф.

ВСТУП

Мета курсового проекту полягає у подальшому підвищенні рівня теоретичних знань, отриманих студентами в результаті вивчення дисципліни "Мікропроцесорні пристрої" та їх закріплення, одержанні практичних навичок та самостійності у прийнятті технічних рішень при вирішенні конкретних завдань, ознайомленні із сучасною мікропроцесорною елементною базою, яка може бути використаною при вирішенні певних завдань проектування електричного приводу. При виконанні курсового проекту студенти повинні здійснити заміну вихідної релейно-контакторної системи керування автоматизованим електроприводом на мікропроцесорну із використанням сучасної елементної бази.

Методичні вказівки містять практичні рекомендації щодо виконання курсового проекту, необхідні довідкові матеріали, приклади проектування та програмування вузлів мікропроцесорної системи, вимоги щодо складу та оформлення.

1. СКЛАД ТА ОБ'ЄМ ПРОЕКТУ

Курсовий проект складається з розрахунково-пояснювальної записки (*рукопис*) об'ємом до 40...50 сторінок формату А4 та одного листа креслень формату А1.

Розрахунково-пояснювальна записка містить:

- титульний лист (див. додаток А);
- завдання на проектування (див. додаток Б);
- зміст (див. додаток В);
- вступ;
- опис роботи вихідної релейно-контакторної схеми керування електроприводом згідно отриманих індивідуальних завдань на проектування (див. схеми додатку Г);
- опис функціонування вихідної релейно-контакторної схеми керування електроприводом у вигляді системи логічних рівнянь та блок-схем алгоритмів;
- мікропроцесорний модуль системи керування електроприводом, призначення та короткий опис функціонування його складових;
- вибір та опис засобів індикації стану вхідних та виконавчих елементів мікропроцесорної системи керування електроприводом;
- розробка напівпровідникового комутатора силових кіл електропривода;
- розподіл адресного простору мікропроцесорної системи та розробка інтерфейсів спряження мікропроцесорного модуля з органами керування і силовим комутатором з поясненнями щодо їх призначення та роботи;
- розробка повної принципової схеми мікропроцесорної системи керування електроприводом;
- пояснення та необхідні графічні матеріали щодо особливостей ви-

користання діючого стенду AVR для демонстрації ефективності розробленого програмного забезпечення;

- список використаних літературних джерел.

Розрахунково-пояснювальна записка повинна бути належним чином оформлена у вигляді рукопису на аркушах формату А4 у відповідності до вимог ДЕСТ (ЄСКД). Необхідні схеми та алгоритми повинні мати чітке зображення і бути виконаними на білих або міліметрових аркушах форматів А4 (за необхідності А3) і мати наскрізну нумерацію (допускається використання комп'ютерної графіки із дотриманням вимог ДЕСТ щодо графічних зображень елементів схем електропривода). Таблиці теж повинні мати наскрізну нумерацію.

Лист креслень містить вихідну релейно-контакторну схему, її опис у вигляді системи логічних рівнянь, повну принципову схему та алгоритм дії розробленої мікропроцесорної системи керування електроприводом з показом усіх кіл керування та силових (перелік вирішуваних питань може бути скорегований керівником проекту).

2. ВИХІДНІ ДАНІ ДО ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ

Індивідуальне завдання до виконання проекту містить в собі наступні вихідні дані:

- базову схему (додаток Г);
- вимоги щодо необхідності індикації стану вхідних та виконавчих елементів системи керування електроприводом;
- номінальні дані використаних двигунів приводу.

3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ

Виконання курсового проекту слід розпочати з ретельного аналізу технічного завдання на проектування. Слід спробувати знайти власний шлях вирішення поставлених завдань. Якщо можливі різні варіанти вирішення завдання слід вибрати сучасний, найбільш простий та доцільний з точки зору технічної реалізації варіант. Слід обґрунтувати вибір тієї чи іншої елементної бази для побудови мікропроцесорної частини системи керування розроблюваним електроприводом.

3.1. ОФОРМЛЕННЯ ЗМІСТУ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Зміст курсового проекту доцільно формувати із дотриманням загальноновідомих вимог. Приклад оформлення змісту курсового проекту наведений у додатку В.

3.2. ВИХІДНА РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНА СХЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

На основі індивідуального завдання та відповідних схем додатку В студент наводить у пояснювальній записці вихідну релейно-контакторну схему електропривода з описом особливостей її функціонування.

Як приклад, розглянемо схему керування асинхронним приводом, наведену на рис. 1. Схема передбачає попереднє вмикання рубильників $QF1$ та $S1$ для подачі живлення на двигун та схему керування. Прийнято, що плавкі запобіжники $FU1, FU2$ справні. Увімкнення $QF1$ не викликає ніяких змін у стані двигуна через те, що контакти $KM1...KM4$ залишаються розімкненими, а увімкнення $S1$ подає напругу живлення на схему керування двигуном. Одночасно, завдяки нормально замкненим контактам контакторів $KM1...KM3$, котушки проміжних реле $KT1...KT3$ отримують струм живлення і вони спрацьовують, а їх нормально замкнені контакти (із затримкою часу на замикання) у колах живлення котушок контакторів $KM2...KM4$ розмикаються. Отже, схема керування двигуном підготовлена до роботи. Натискання нормально розімкненої кнопки $SB2$ (виконує функцію запуску двигуна) подає живлення на котушку контактора $KM1$ і зумовлює його спрацювання та шунтування кнопки $SB2$ своїм блок-контактом. Одночасно нормально замкнений контакт $KM1$ розмикає коло живлення котушки реле $KT1$, а нормально розімкнений контакт $KM1$ в колі живлення котушки контактора $KM2$ замикається. Після затримки часу t_1 якір реле $KT1$ повертається у вихідний стан і його нормально замкнений контакт (із затримкою часу t_1 на замикання) у колі живлення котушки $KM2$ замикається. В результаті спрацьовує контактор $KM2$ і своїми нормально розімкненими контактами виводить перший ступінь пускового реостату, підготовляє коло живлення котушки $KM3$. Окрім того, цей контактор своїм нормально замкненим контактом $KM2$ розриває коло живлення котушки $KT2$ відповідного проміжного реле. Після затримки часу t_2 замикається контакт $KT2$ у колі живлення котушки $KM3$ і контактор $KM3$ спрацьовує, а його нормально розімкнені контакти виводять із кола ротора другий ступінь реостату, підготовляють коло живлення котушки $KM4$, а нормально замкнені контакти розривають коло живлення котушки реле $KT3$.

Після затримки часу t_3 контакт $KT3$ у колі живлення котушки $KM4$ замикається і контактор $KM4$ спрацьовує. В результаті його нормально розімкнені контакти виводять із кола ротора третій ступінь реостату і двигун починає працювати на природній механічній характеристиці. Натискання кнопки $SB1$ (ініціює зупинку приводу) розмикає коло живлення котушки контактора $KM1$ і він переходить у вихідний стан. В результаті статор двигуна відмикається від мережі живлення, котушки контакторів $KM2...KM4$ втрачають живлення і їх відповідні контакти вводять реостат в коло ротора і подають живлення на котушки проміжних реле $KT1...KT3$. У підсумку схема підготовлена до повторного запуску двигуна.

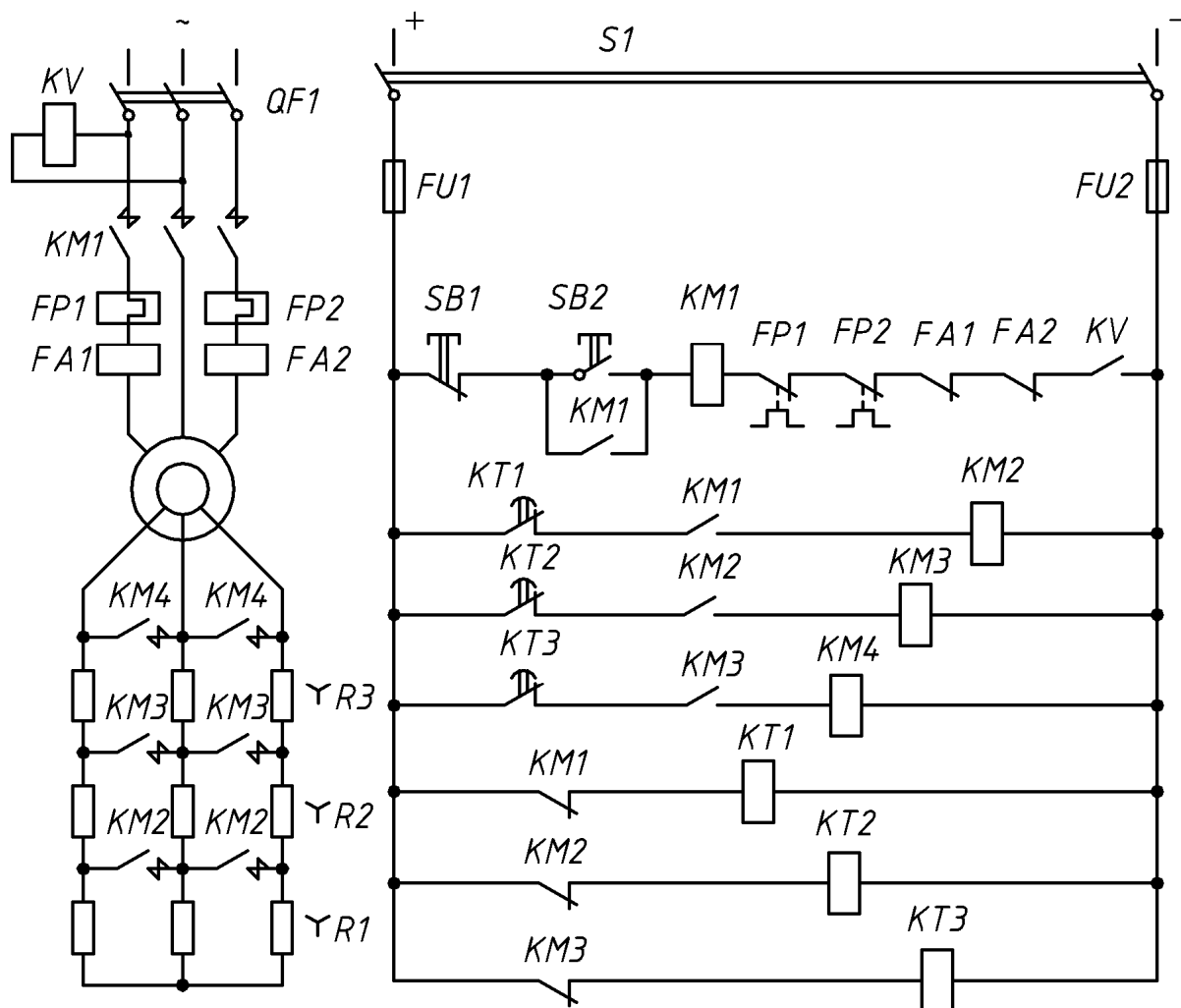


Рис.1. Схема керування електроприводом із асинхронним двигуном з фазним ротором та виведенням активних опорів у колі ротора в функції часу

Таким чином, виконавчими контактами, які керують двигуном під час розганяння, є контакти реле $KM1...KM4$. Кнопки $SB1$ і $SB2$ визначають режим роботи схеми керування і є керуючими. Реле часу $KT1...KT3$ є службовими пристроями, які забезпечують своєчасне виведення секцій пускового реостату і перехід двигуна до номінального режиму роботи. Розподіл пристроїв схеми рис.1 за їх функціональним призначенням наведений у вигляді інформації табл.1.

Таблиця 1

Функціональне призначення елементів схеми	Позначення пристрою (згідно релейно-контакторної схеми на рис.1)
Керуючі	$SB1, SB2$
Службові	$KT1, KT2, KT3$
Виконавчі	$KM1, KM2, KM3, KM4$
Захисні	$FP1, FP2, FA1, FA2, KV$

3.3. ОПИС РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНОЇ СХЕМИ

Опис релейно-контакторних схем подають у вигляді виразів для перемикальних функцій. За останні приймають струми живлення котушок використаних у схемах реле, контакторів тощо. Враховують, що перемикальні функції можуть приймати значення «1» або «0». Якщо функція набирає значення логічного «0», то це означає, що відповідна котушка не отримує (або втрачає) струм живлення і контакти відповідного реле або контактора знаходяться або переходять у стан, який зображено на схемі. Коли ж функція приймає значення логічної «1» – котушка отримує або зберігає струм живлення, а контакти переходять або зберігають стан, який відповідає спрацюванню реле чи контактора (нормально розімкнені контакти замикаються, а нормально замкнені – розмикаються).

Вирази для перемикальних функцій визначають наявність чи відсутність струму живлення відповідних котушок реле або контакторів залежно від стану (замкнений/розімкнений) кнопок і контактів, послідовно увімкнених із цими котушками. Якщо контакти елементів увімкнені послідовно, то у виразах перемикальних функцій їх враховують операцією логічного множення, а якщо паралельно – логічного додавання. Коли за відсутності струму живлення котушки контакт замкнений, то у виразі для перемикальної функції його слід записувати інверсним (оскільки спрацювання відповідного реле призводить до розривання кола живлення описуваної котушки). Якщо ж він нормально розімкнений – то без інверсії. Що стосується опису контактів кнопок, перемикачів, кінцевих реле тощо, то у виразах для перемикальних функцій слід мати на увазі наступне. Якщо без натискання кнопки її контакти у колі живлення котушки розімкнені, то у виразі для перемикальної функції назву кнопки слід записати без інверсії, а якщо замкнені – з інверсією. Як приклад, для схеми на рис. 1 вирази для перемикальних функцій набирають вигляду:

$$KT1 = \overline{KM1}; \quad (1)$$

$$KT2 = \overline{KM2}; \quad (2)$$

$$KT3 = \overline{KM3}; \quad (3)$$

$$KM1 = \overline{SB1} \wedge (\overline{SB2} \vee \overline{KM1}) \wedge \overline{FA1} \wedge \overline{FA2} \wedge \overline{FP1} \wedge \overline{FP2} \wedge \overline{KV}; \quad (4)$$

$$KM2 = KM1 \wedge \overline{KT1}^*; \quad (5)$$

$$KM3 = KM2 \wedge \overline{KT2}^*; \quad (6)$$

$$KM4 = KM3 \wedge \overline{KT3}^*; \quad (7)$$

Оскільки контакти $KT1...KT3$ замикаються (після втрати струмів живлення котушками відповідних реле) через терміни часу $t_1...t_3$, то у виразах (5)...(7) для перемикальних функцій $KM2...KM4$ ці контакти позначені зірочками (знаком інерційності).

3.4. ОРГАНІЗАЦІЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ

В загальному випадку мікропроцесорна система на основі мікроконтролера (наприклад, КР1816ВЕ31) містить (рис.2):

- обчислювальний пристрій – мікроконтролер із генератором тактових імпульсів, пристроєм початкового скидання та блоком дешифрації;
- зовнішній постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) програм;
- зовнішній оперативний запам'ятовуючий пристрій даних (ОЗП);
- зовнішні пристрої введення/виведення інформації зі своїми інтерфейсами;
- додаткові зовнішні сигнали, які безпосередньо подаються на обчислювальний пристрій тощо.

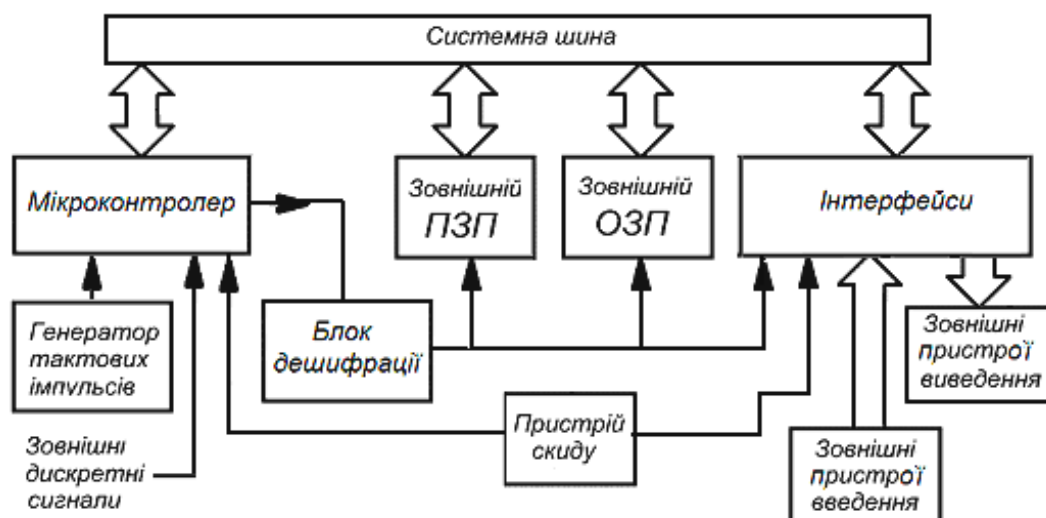


Рис. 2. Структура мікропроцесорної системи

Обчислювальний пристрій є головним елементом системи, завданням якого є опрацювання інформації згідно заданого алгоритму і координація роботи решти пристроїв мікропроцесорної системи. В даному курсовому проекті за обчислювальний пристрій пропонується прийняти мікроконтролер КР1816ВЕ31, який використано у навчально-налагоджувальному стенді типу EVR8031/AVR. Така пропозиція ґрунтується на можливості використання стенду для налагодження програмного забезпечення створюваної мікропроцесорної системи. Схема підключення мікроконтролера КР1816ВЕ31 у зазначеному стенді наведена на рис.3.

З метою запобігання похибок на початку роботи обчислювального пристрою у схемі на рис.3 передбачене його автоматичне скидання за допомогою RC ланцюжка. Останній утримує вхід RESET під потенціалом логічної одиниці протягом декількох десятків мс після вмикання напруги живлення. Цього достатньо для початкового скидання мікроконтролера і подальшого коректного виконання команд програми.

ня або запис даних в елементи пам'яті зовнішнього ОЗП за певною адресою. Коли старший біт адреси A15 відповідає логічній одиниці, то відбувається активація дешифратора і це забезпечує обмін даними між мікроконтролером і зовнішнім пристроєм. Перелік використаних адрес для зовнішніх пристроїв навчально-налагоджувального стенду та відповідні їм сигнали дешифратора для дозволу їх роботи наведений у табл.2.

Таблиця 2

Адреси зовнішніх пристроїв і відповідні їм сигнали дозволу роботи

Адресний простір	Низький рівень сигналу на виводі дешифратора
8000H...8FFFH	CS0
9000H...9FFFH	CS1
A000H...AFFFH	CS2
B000H...BFFFH	CS3
C000H...CFFFH	CS4
D000H...DFFFH	CS5
E000H...EFFFH	CS6
F000H...FFFFH	CS7

Такий розподіл адресного простору надає можливість звертатися до зовнішнього ОЗП з адресним простором 0000H...7FFFH, якщо старший біт адреси A15 має рівень логічної одиниці.

Постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) мікропроцесорної системи призначений для зберігання програми, яку виконує обчислювальний пристрій, а оперативний (ОЗП) – для збереження даних, які ця програма використовує (частина мікроконтролерів серії MCS-51 має власні ПЗП і ОЗП). Наявність та об'єм інтегрованих у мікроконтролер модулів пам'яті ілюструють наведені нижче дані табл.3.

Таблиця 3

Наявність інтегрованих модулів пам'яті в мікроконтролерах MCS-51

Вітчизняна мікросхема	Закордонний аналог	Наявність інтегрованого ПЗП і його об'єм	Наявність інтегрованого ОЗП і його об'єм
KP1816BE31	8031AH	відсутнє	128 байт
KP1816BE51	8051AH	ПЗП (4 Кбайт)	128 байт
KP1816BE751	8751H	ППЗП (4 Кбайт)	128 байт
KP1830BE31	80C31BH	відсутнє	128 байт
KP1830BE51	80C51BH	ПЗП (4 Кбайт)	128 байт

Якщо у складі мікроконтролера внутрішня пам'ять програм відсутня або її ємність недостатня, то слід використати зовнішні мікросхеми цього

типу пам'яті. Мікроконтролери серії MCS-51 підтримують роботу зовнішньої пам'яті програм ємністю до 64К. Приклад підключення мікросхеми зовнішньої пам'яті програм (EPROM, K573PФ6, 8К) у навчально-налагоджувальному стенді EV8031/AVR наведений на рис.4. При цьому вивід $\overline{EA}$ використаного у стенді мікроконтролера 80C31 підключений до спільного виводу (корпусу) через те, що у цьому типі контролера внутрішня пам'ять програм відсутня. Мікросхема зовнішньої пам'яті програм може мати ємність до 64К (адреси 0000H... 0FFFFH).

У випадку використання у мікропроцесорній системі мікроконтролера типу KP1816BE51 із внутрішньою ємністю пам'яті програм 4К подібний за призначенням вивід $DEMA$ підключають до джерела живлення +5В. При цьому працюють обидві складові пам'яті програм. Спочатку внутрішня пам'ять програм з адресами 0000H...0FFFFH, а потім – автоматично – зовнішня із адресами 1000H...0FFFFH. Зовнішня пам'ять програм у цьому випадку не буде перевищувати 60К.

Сигнали $\overline{PME}$, $\overline{PSEN}$ (залежно від типу мікроконтролера) стробують (супроводжують, ініціюють) вибірку і читання байту із зовнішньої пам'яті програм і виникають лише тоді, коли адреса у лічильнику команд перевищує найбільшу адресу внутрішньої пам'яті програм (0FFFFH). Тобто, при читанні із внутрішньої пам'яті програм сигнали $\overline{PME}$ (або $\overline{PSEN}$) не формуються.

За недостатньої ємності внутрішньої пам'яті даних (256 байт) її теж можна збільшити за допомогою використання зовнішніх мікросхем ємністю до 64К. При цьому внутрішня пам'ять даних має одnobайтні адреси 00H...0FFH, а зовнішня – 0000H...0FFFFH. Простір внутрішньої і зовнішньої пам'яті даних не перетинаються, оскільки звернення до них здійснюється різними командами. Приклад схеми підключення мікросхеми зовнішньої пам'яті даних (RAM, K537PY17, 32К) – на рис. 4.

Підключення до виводу $\overline{CE}$ мікросхеми K537PY17 і до виводу $\overline{CS}$ мікросхеми K573PФ6 адресної лінії A15 забезпечує можливість обміну даними з цими мікросхемами лише при зверненні за адресами, коли A15=0. Режим читання даних для цих мікросхем (при A15=0) відрізняється тим, що при зверненні до мікросхеми зовнішньої пам'яті програм формується низький рівень сигналу $\overline{PSEN}$, а при зверненні до мікросхеми зовнішньої пам'яті даних виникає активний (низький) рівень сигналу $\overline{RD}$. У режимі запису до зовнішньої пам'яті даних формується активний (низький) рівень сигналу $\overline{WR}$.

Якщо ємність запропонованих мікросхем недостатня, тоді можливе використання або декількох мікросхем необхідного типу із відповідними додатковими дешифраторами, або просто використання мікросхем більшої ємності. Що стосується стенду EV8031/AVR, то ємність мікросхем зовнішньої пам'яті визначається схемою рис. 4.

Пристрої введення/виведення інформації забезпечують обмін інформацією між зовнішніми пристроями і мікропроцесорною системою.

Пристрої введення

Для введення інформації використовують як пристрої контактного типу (кнопки, перемикачі тощо), так і спеціалізовані інтерфейси обміну даними в послідовному чи паралельному форматі. Конкретні особливості конструкції контактних пристроїв вимагають використання спеціалізованих інтерфейсів для виключення впливу брязкотіння контактів. Так, при використанні одиночної кнопки інтерфейс введення можливо організувати, наприклад, за допомогою синхронного RS тригера (рис.5а,б).

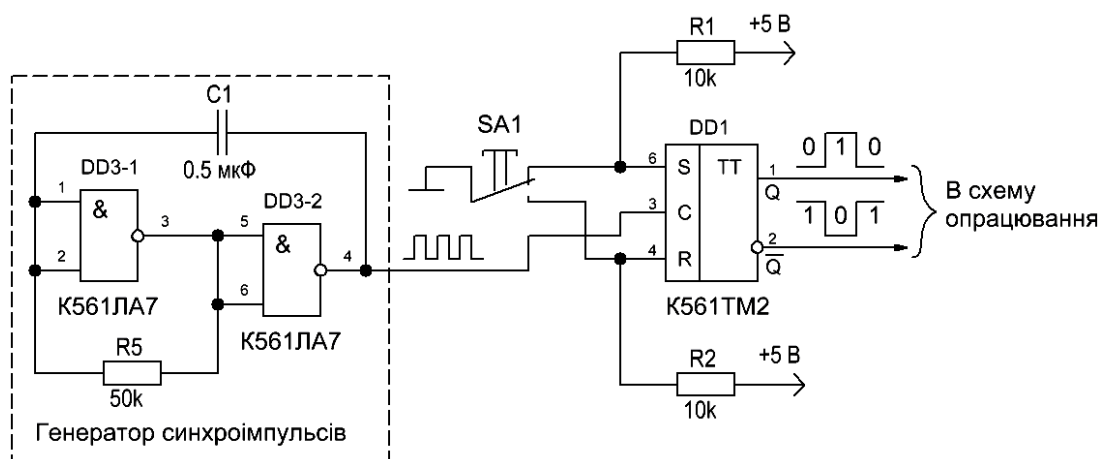


Рис.5. Приклад введення стану перемикальної кнопки SA1 в мікропроцесорну систему

Брязкотіння контактів кнопки пригнічується шляхом передачі сигналів через синхронний RS тригер зі зміною стану по фронту синхроімпульсу. Якщо кнопка не натиснута, на S вхід тригера подається сигнал логічного нуля, а на R вхід – логічної одиниці, в результаті чого на виході Q маємо стійкий сигнал низького рівня, а на виході $\overline{Q}$ – високого. При натисканні кнопки рівень сигналів на входах S і R змінюється на протилежний і сигнал на виході тригера Q встановлюється в логічну одиницю, а сигнал на інверсному виводі $\overline{Q}$ – в логічний 0 (див. рис.5). Слід враховувати, що зміна стану тригера відбувається лише тоді, коли тривалість натискання кнопки перевищує період синхронізуючих сигналів. У схемі на рис.5 період сигналу синхронізуючого генератора на мікросхемі K561ЛА7

$$T_{ГЕН} = \frac{R_5 \cdot C_1}{0,52} = \frac{50000 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}}{0,52} = 0,048 \text{ с.}$$

Отже, якщо тривалість натискання кнопки менша 48 мс (брязкотіння контактів), то стан тригера не зміниться і помилковий сигнал буде заблоковано.

Коли введення сигналів від кнопок керування приводом безпосередньо на порти мікроконтролера небажане або неможливе, тоді доцільна інша система введення сигналів. Наприклад, така необхідність виникає, коли у складі мікропроцесорної системи є зовнішні ПЗП або ОЗП. За цих умов вільним для введення сигналів залишається лише порт P1, восьми розрядної лінії якого для схем із великою кількістю контактів може бути недостатньо. Приклад організації автономного пристрою введення інформації про стан 64 нормально розімкнених кнопок SA1... SA64 наведений на рис.6.

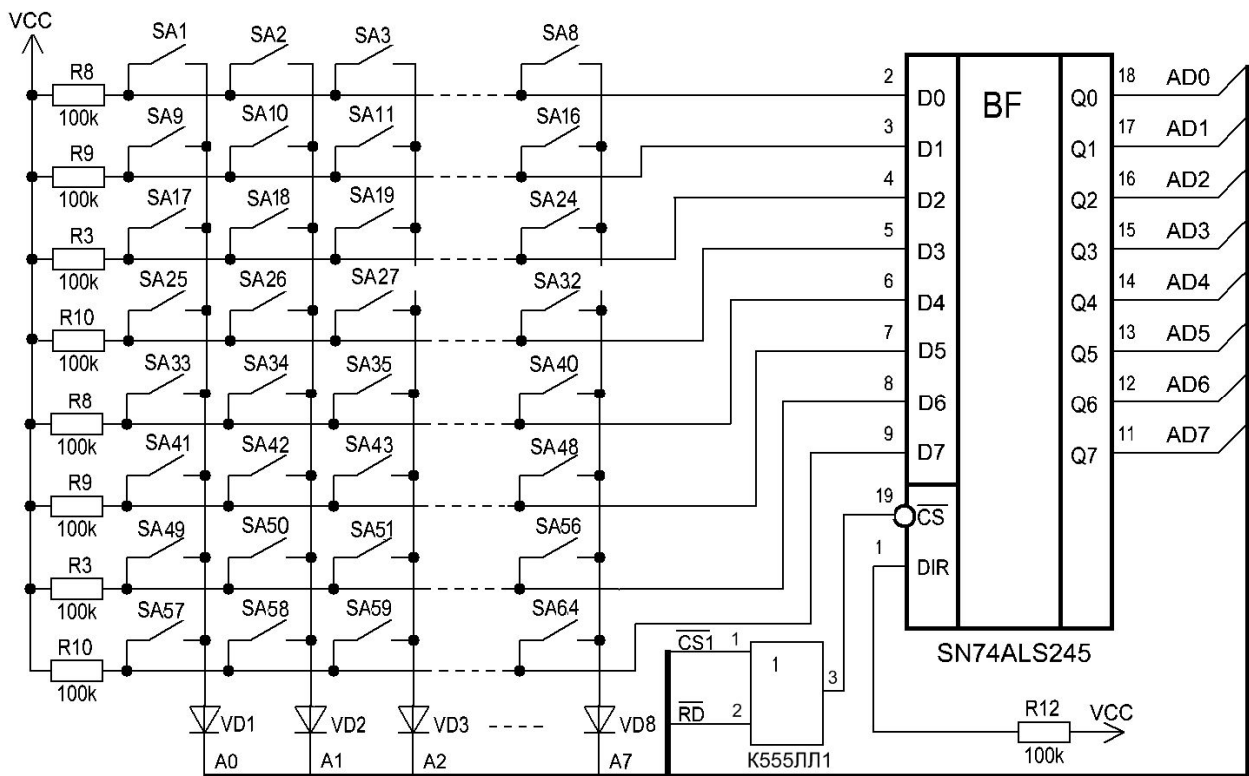


Рис. 6. Організація автономного блоку введення сигналів стану нормально-розімкнених кнопок керування

У цій схемі функцію пригнічення брязкотіння контактів виконує восьмиканальний буфер SN74ALS245, який активізується лише за одночасних низького рівня сигналу $\overline{CS1}$ (див. табл.2) вибірки кристалу від дешифратора та стробу читання даних із зовнішнього пристрою $\overline{RD}$, який надходить із мікроконтролера. Почергове програмне опитування стану кнопок стовпців забезпечує одночасне встановлення відповідного біту адреси в стан логічного 0, а решти бітів адреси – в стан логічної 1. Наприклад, для опитування третього стовпця кнопок слід використати адресу 0FBH (A2=0, а решта бітів адреси має рівень 1). За відсутності натиснутого стану будь якої кнопки третього стовпця із буфера буде прочитано код 0FFH. Натиснутий стан кнопки зумовлює появу логічного 0 на вході відповідного роз-

ряду буфера (так, натисканню SA43 відповідає код буфера 0DFH). Така організація опитування стану контактів використана у стенді EV8031/AVR із клавіатурою, в якій лише 12 кнопок (рис.7).

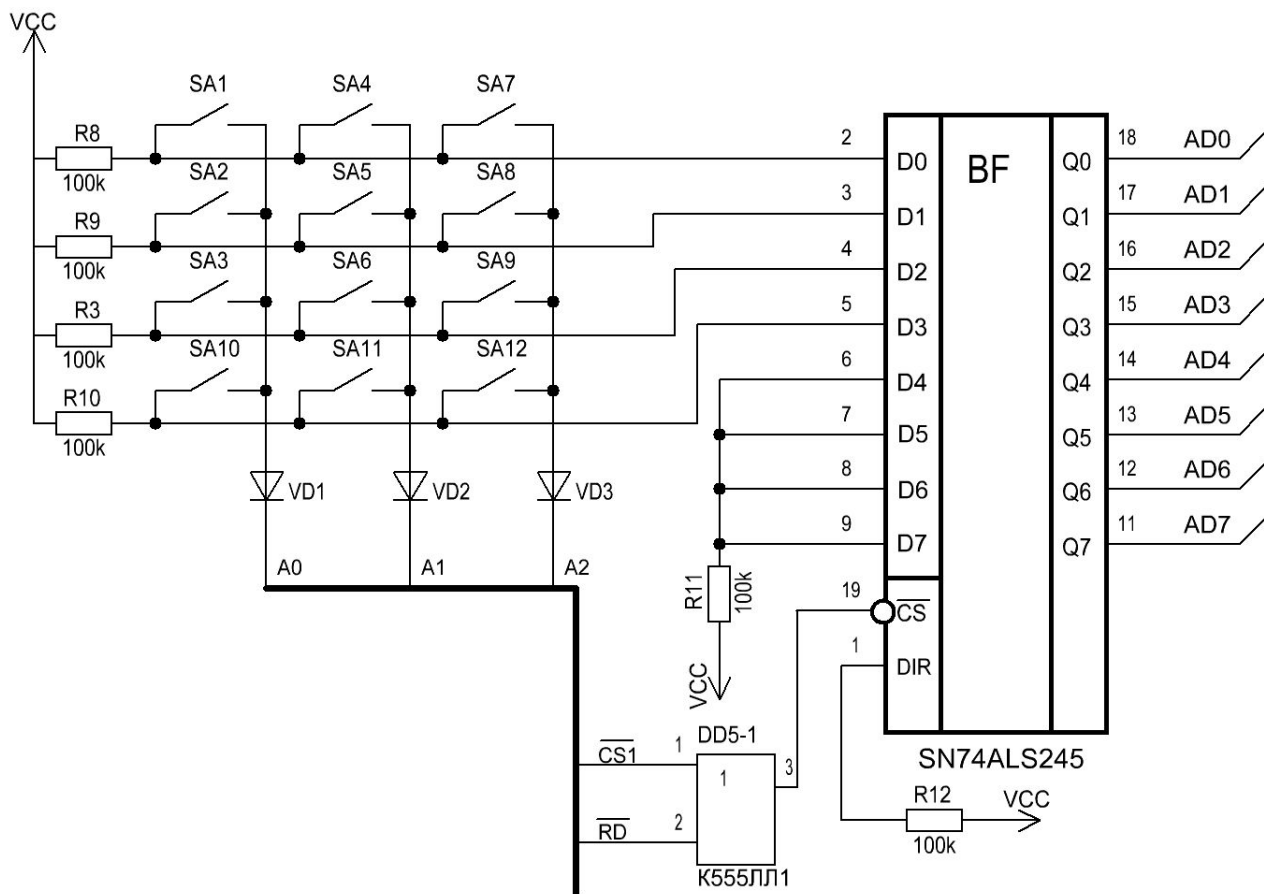


Рис. 7. Організація опитування клавіатури у стенді EV8031/AVR

У схемі вибір стовпця визначають три молодші біти A0...A2 адреси (установкою відповідного стовпцю біта адреси в логічний 0). Активація схеми адресними бітами і стробом читання даних $\overline{RD}$ дозволяє звернутися до неї як до зовнішнього елемента пам'яті ОЗУ, причому адресам 9006H, 9005H і 9003H відповідають дані першого, другого і третього стовпців клавіатури відповідно. Натискання кнопки зашунтовує відповідний вхід буфера на корпус і цим забезпечує на ньому низький рівень сигналу. Усі інші входи буфера лишаються під високим потенціалом Vcc. Таким чином, натиснутому стану кнопок будь-якого стовпця (якщо рахувати зверху вниз) відповідають вхідні коди буфера 0FEN, 0FDH, 0FBH, 0F7H (коли жодна кнопка не натиснута – код 0FFH), які за низьким рівнем сигналів $\overline{RD}$ і $\overline{CS}$ передаються на шину даних (згідно процедури читання із зовнішнього ОЗП ці коди будуть передані в акумулятор).

Схеми на рис.6 та рис.7 забезпечують опитування стану нормально розімкнених контактів реле чи кнопок клавіатури, причому, їх розімкнений стан забезпечує на вході буфера високий рівень напруги (логічна 1), а замкнений – низький (логічний 0), якщо відповідний біт адреси встановлений у стан логічної 0 (низька напруга).

Для пояснення на рис.8 наведена схема підключення та часова діаграма для одинокої кнопки S1 як частини панелі кнопок на рис.7. У розімкненому стані S1 вихідна напруга $U_{вих}$ завжди має рівень логічної одиниці, а при замкненому – залежить від рівня напруги на виводі A0. Очевидно, що $U_{вих}$ змінює високий рівень на низький лише тоді, коли напруга на виводі A0 низька (рівень логічного нуля), а контакт S1 замкнеться. При $A0=0$ напруга $U_{вих}$ є «інверсією» стану кнопки (якщо кнопка не натиснута, то $U_{вих}=1$, а коли натиснута – $U_{вих}=0$).

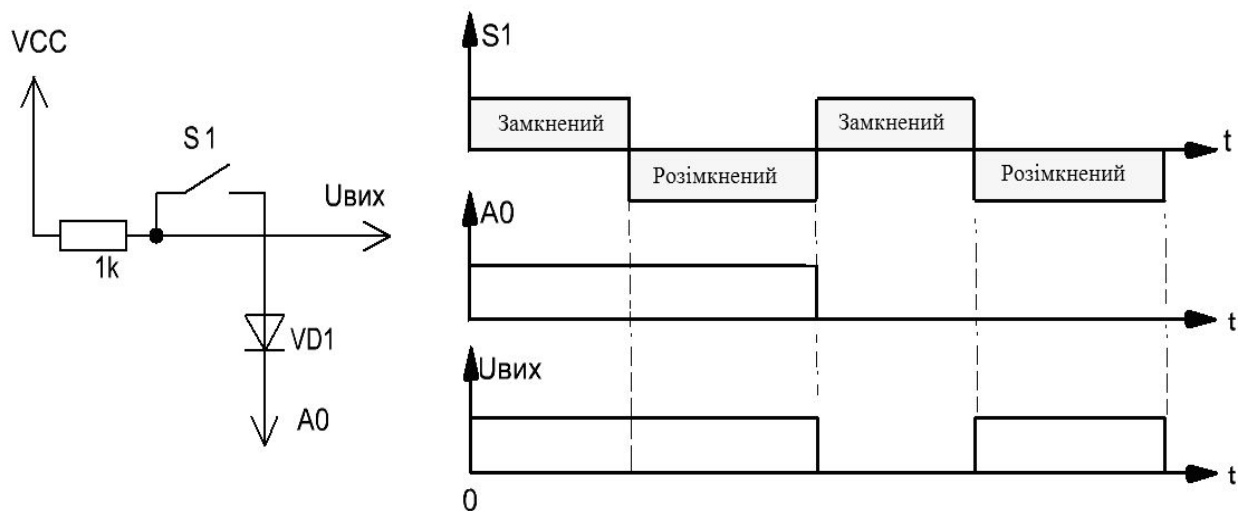


Рис.8. Вплив стану нормально-розімкненої кнопки та адресного біту на рівень сигналу на виході схеми (вході буфера)

Однією з особливостей схеми рис.7 є те, що використані контакти є однаковими і нормально-розімкненими, хоча нерідко виникає необхідність підключення нормально-замкнених контактів, перекидних тощо. В цьому випадку схеми на рис.6, 7 потребують адаптації під різноманітні контакти зі збереженням принципу опитування кнопок і однакових рівнів сигналів на виходах інформаційних ліній, приєднаних до буфера.

При підключенні нормально-замкнутого контакту слід користуватися схемою на рис.9, яка забезпечує таке ж змінювання $U_{вих}$ при його розмиканні, як і в схемах на рис. 6...8 при замиканні нормально-розімкнутого контакту.

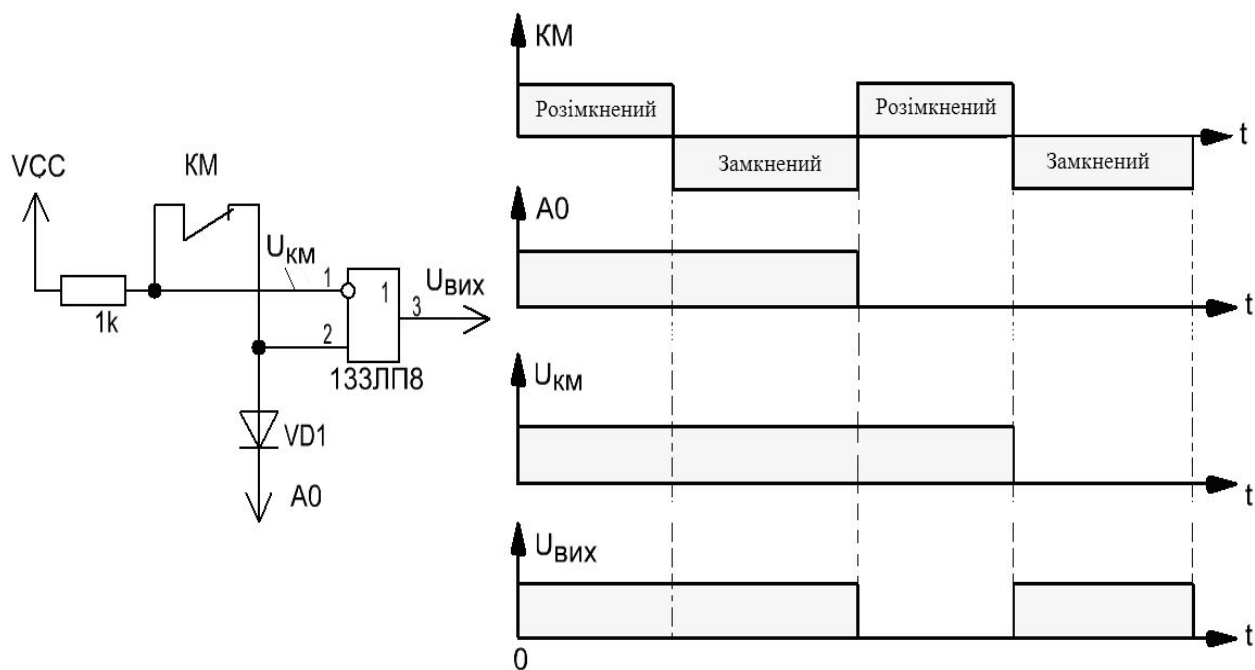


Рис.9. Вплив стану нормально-замкненої кнопки та адресного біту на рівень сигналу на виході схеми (вході буфера)

Слід зазначити, що стан нормально-замкненого контакту (чи кнопки) є «інверсним» відносно стану нормально-розімкненого, що зумовлює необхідність в додатковому інвертуванні сигналу КМ. Основним елементом комбінаційної схеми є елемент «АБО» з різними активними рівнями сигналів на входах. На прямий вхід подається сигнал А0, який у стані логічної одиниці забезпечує високий рівень $U_{\text{вих}}$ незалежно від стану контакту КМ. Коли А0 має стан логічного нуля, то елемент «АБО» стає пристроєм для повторювання сигналу на своєму інверсному вході. Заведений на цей вхід сигнал з нормально-замкненого контакту інвертується і стає ідентичним сигналу з нормально-розімкненого контакту (як на рис.8). Таким чином, спрацювання КМ забезпечує низький рівень вихідної напруги $U_{\text{вих}}$ лише у випадку $A0=0$. А тому напруга $U_{\text{вих}}$ на схемах на зміну стану контактів реагує однаково (див. $U_{\text{вих}}$ на рис. 8 і рис. 9). Для введення в мікропроцесорну систему стану перекидного контакту доцільно користуватися схемою на рис.10. Принцип роботи схеми подібний до роботи схеми рис.8, у якій інформаційну лінію шунтують на адресну лінію із низьким рівнем напруги (логічний нуль). За необхідності введення в мікропроцесорну систему стану різнотипних контактів доцільно використати логічний елемент «І», який забезпечує передачу рівня логічного нуля на вхід інтерфейсу при спрацюванні будь-якого із контактів і одночасно розв'язує кола вихідних сигналів (рис.11).

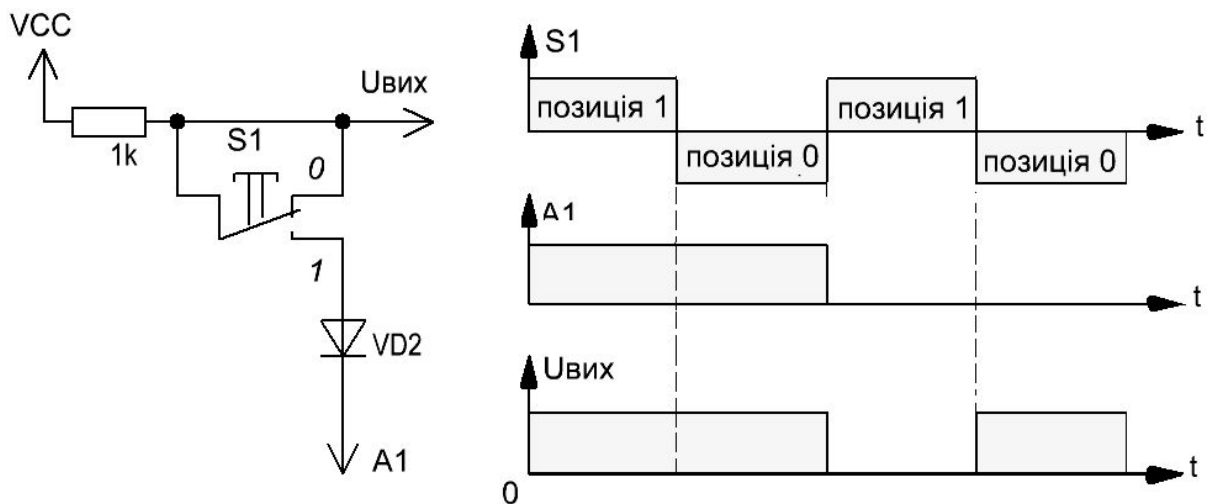


Рис. 10. Схема підключення перекидного контакту

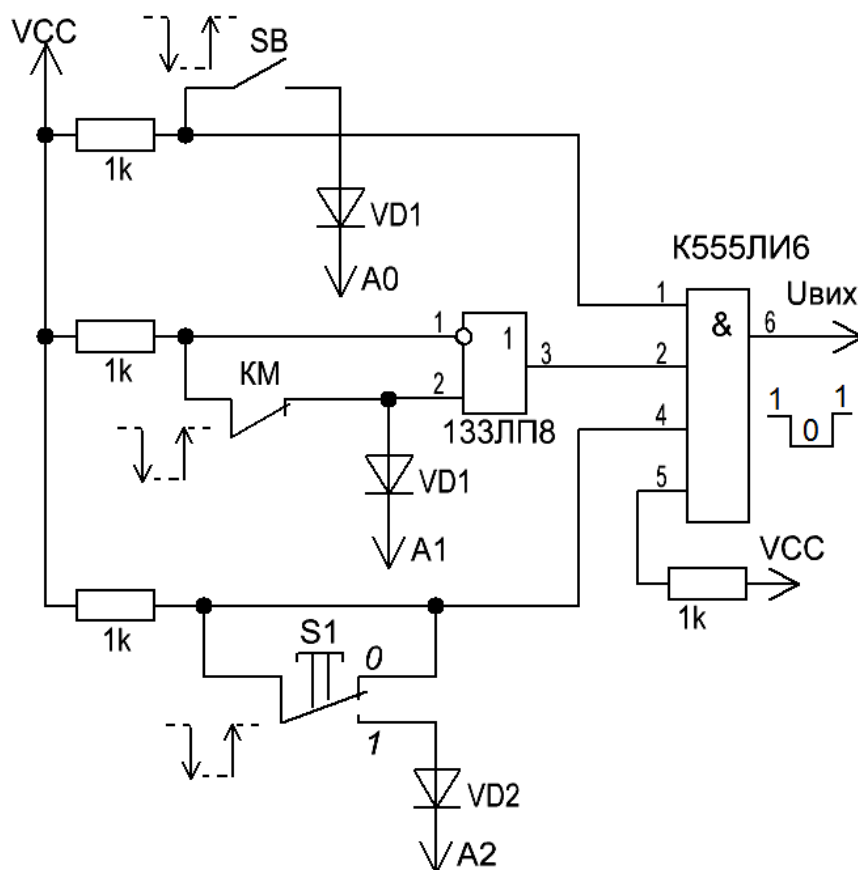


Рис. 11. Введення в мікропроцесорну систему стану різнотипних контактів на спільну інформаційну лінію

Варіант схеми використання дев'яти різнотипних контактів на основі використання схеми рис.11, проміжного мультиплексора MX на чотири виходи та буфера BF наведений на рис.12. Схема дозволяє виконувати налагодження програми за допомогою клавіш S1...S12) та використовувати у робочому режимі замість них контакти реальних реле, контакторів та кнопок.

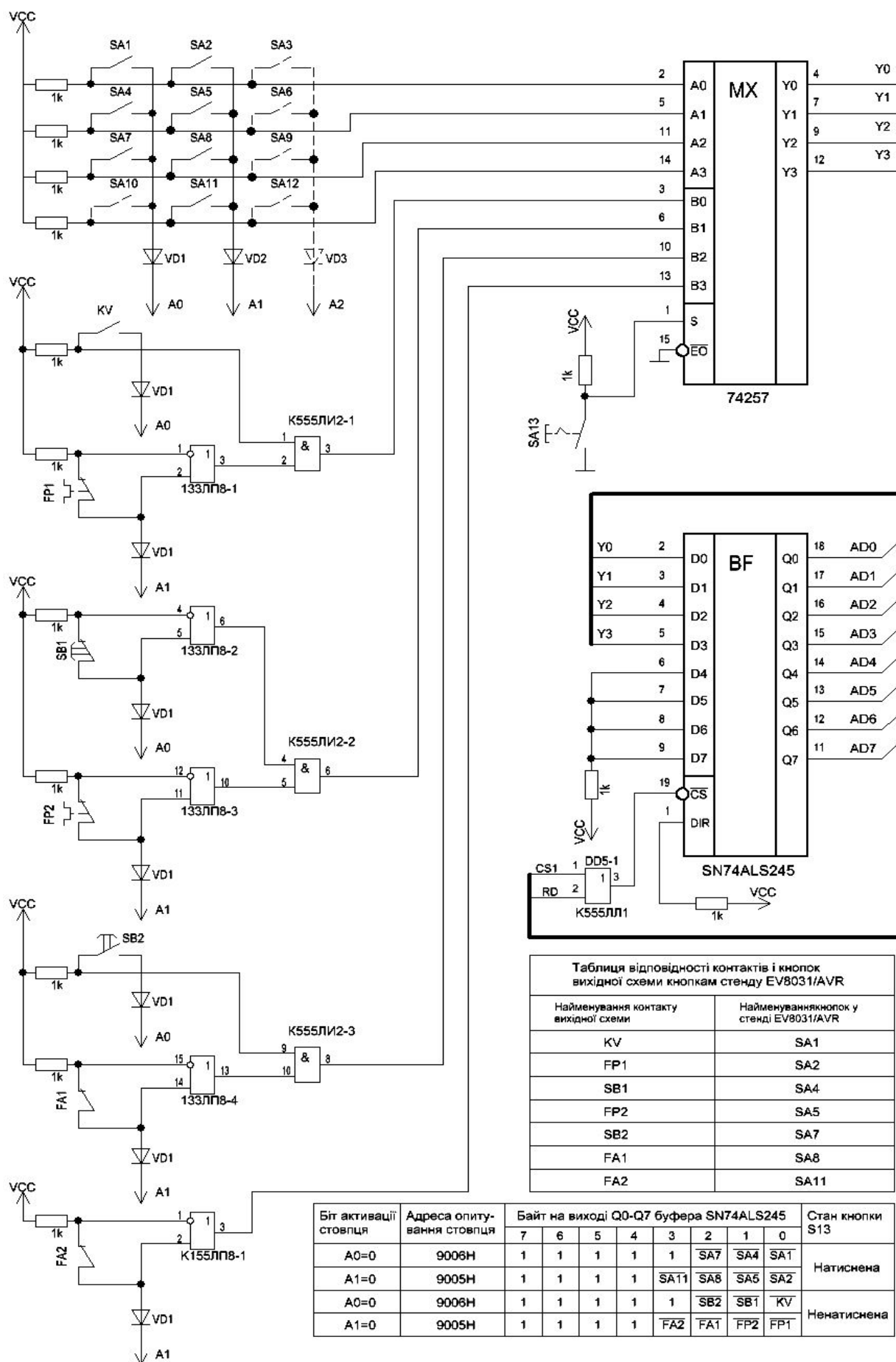


Рис.12. Приклад опитування стану кнопок, контактів реле та контакторів

Перемикання одного джерела сигналів на інше виконується мультиплексором 74257 за рівнем сигналу на його вході S. Якщо на нього подається логічна одиниця (високий рівень напруги), то комутуються канали В-У, а якщо нуль (низький рівень напруги) – то канали А-У.

Одиночні контакти робочих реле, контакторів та кнопок підключаються таким чином, щоб узгодити їх роботу із відповідними клавішами кнопкової панелі. Якщо, наприклад, слід послідовно вводити стан нормально замкненого контакту реле, то його підключення до мікропроцесорної системи можливо виконати подібно контактам КМ1 чи КМ2 або КМ3 (див. рис.12). При цьому у режимі налагодження програми їх спрацюванню (розмиканню) буде відповідати натискання кнопок S2, S5 та S8 відповідно кнопкової панелі навчального стенду. Замикання нормально-розімкнених контактів SB1, SB2 та SB3 робочої схеми керування моделює натискання кнопок панелі S1, S4 та S7 відповідно. Перемикання робочих контактів SB4, SB5 та SB6 із положення 0 в положення 1 моделює натискання кнопок S3, S6 та S9 кнопкової панелі навчального стенду відповідно. Таким чином, одиночні робочі контакти реле, контакторів та кнопок працюють в однаковому режимі з кнопками кнопкової панелі стенду, мають однаковий адресний простір і опитуються однаково (коди і адреси співпадають). Натискання опитуваної кнопки призводить до скидання в нуль каналу (розряду) буфера, до якого вона приєднана, а натискання не опитуваної лишає в буфері сигнал логічної одиниці.

Пристрої виведення інформації

Умовно пристрої виведення інформації можна поділити на індикатори та блоки видачі керуючих впливів, в тому числі у вигляді одно- та багато розрядних кодів, неперервних величин у вигляді напруги чи струму. Як пристрої індикації використовують окремі світлодіоди, світлодіодні семи-сегментні панелі і знакосинтезуючі матриці з апаратною або програмною системою дешифрування двійкового коду. Нерідко використовують видачу кодів у паралельному форматі таким чином, що значення кожного розряду висвітлюється на окремому світлодіоді. Таке рішення корисне для оперативного слідкування за змінами керуючих та інших сигналів мікропроцесорної системи. Схеми основних різновидів світлодіодних індикаторів приведені на рис. 13 і 14.

На рис.13 зображена принципова схема пристрою статичної індикації з апаратним перетворенням двійково-десятькового коду в семи-сегментний. Пристрій містить канал приймання даних AD0-AD7 (з'єднується із шиною даних), два дешифратори бінарний/семи-сегментний код серії 4511(1564ИД23) і світлодіодне табло HDSP-523E із загальним катодом.

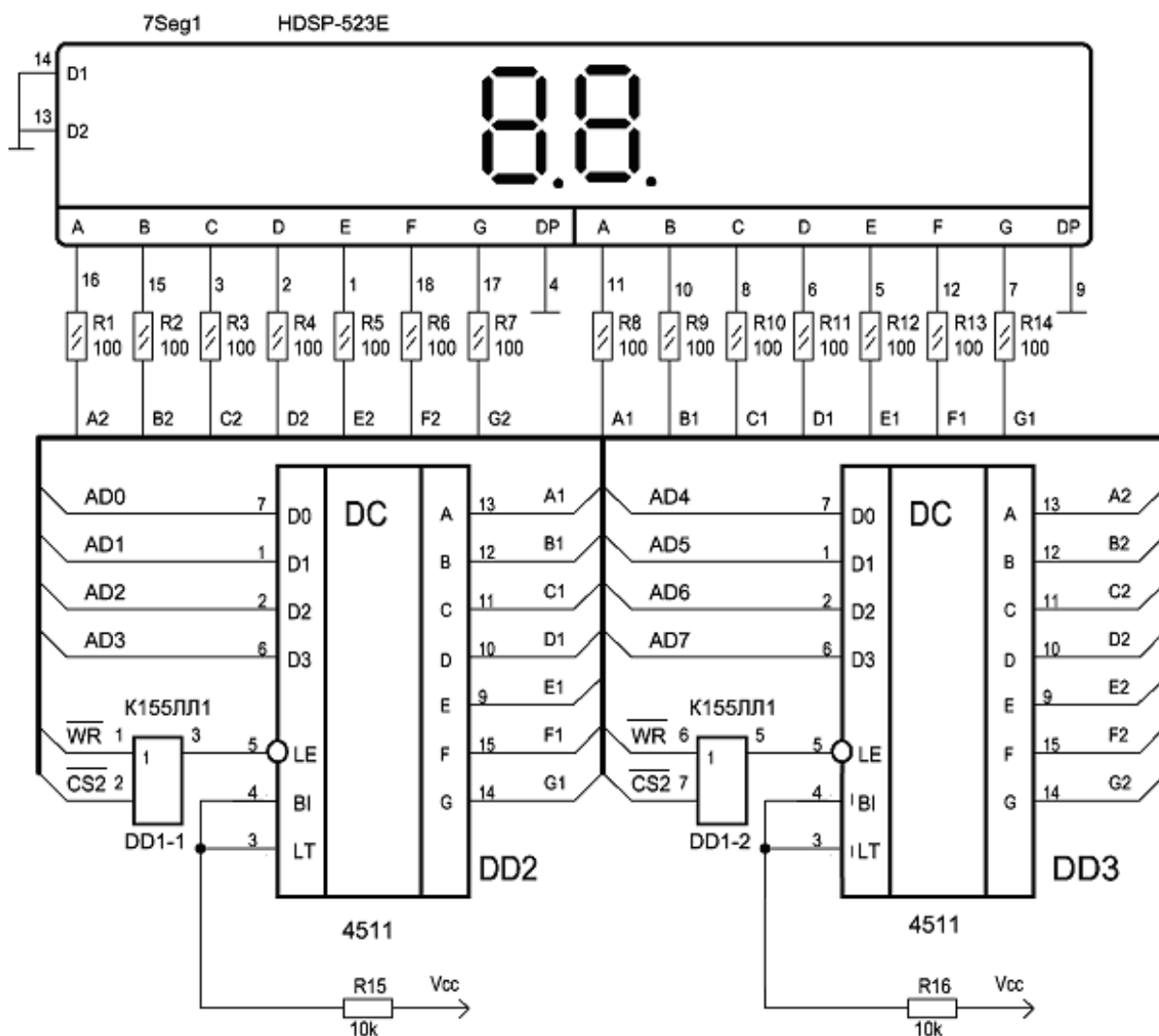


Рис.13. Пристрій статичної індикації із апаратною дешифрацією кодів

Дешифратори спрацьовують за стробом запису WR і низьким рівнем сигналу CS2, що дозволяє звертатися до пристрою як до елементу пам'яті з адресою 0A000H в режимі записування байту інформації. Подібних пристроїв можливо використати декілька залежно від необхідної кількості позицій для виведення даних (по одному пристрою на кожен байт інформації що виводиться). Адреса звернення до пристрою визначатиметься використаним вихідним каналом CSi дешифратора адреси (у прикладі використано CS2, див. рис.3, табл. 2).

Індикатори з програмним дешифруванням даних (рис.14) відрізняються від індикаторів з апаратним дешифруванням перш за все тим, що у їх складі відсутні додаткові перетворювачі коду, тобто доступ до світлодіодних елементів індикаторів здійснюється безпосередньо через порти прийому даних схеми. Перекодування призначеної для виводу таким індика-

тором інформації виконується програмою мікроконтролера. Тому при достатньо простій принциповій схемі індикатора і мінімальній розрядності його вхідного сигналу, програма керування ним значно складніша, оскільки на неї повністю лягають функції дешифратора. Подібними індикаторами можливо керувати як безпосередньо через порти мікроконтролера, так і через зовнішні пристрої тимчасового зберігання даних, до яких підключені індикатори. Подібні системи виведення придатні для застосування в мікропроцесорних системах як із внутрішньою, так і з зовнішньою пам'яттю даних і програм без серйозних змін в принциповій схемі.

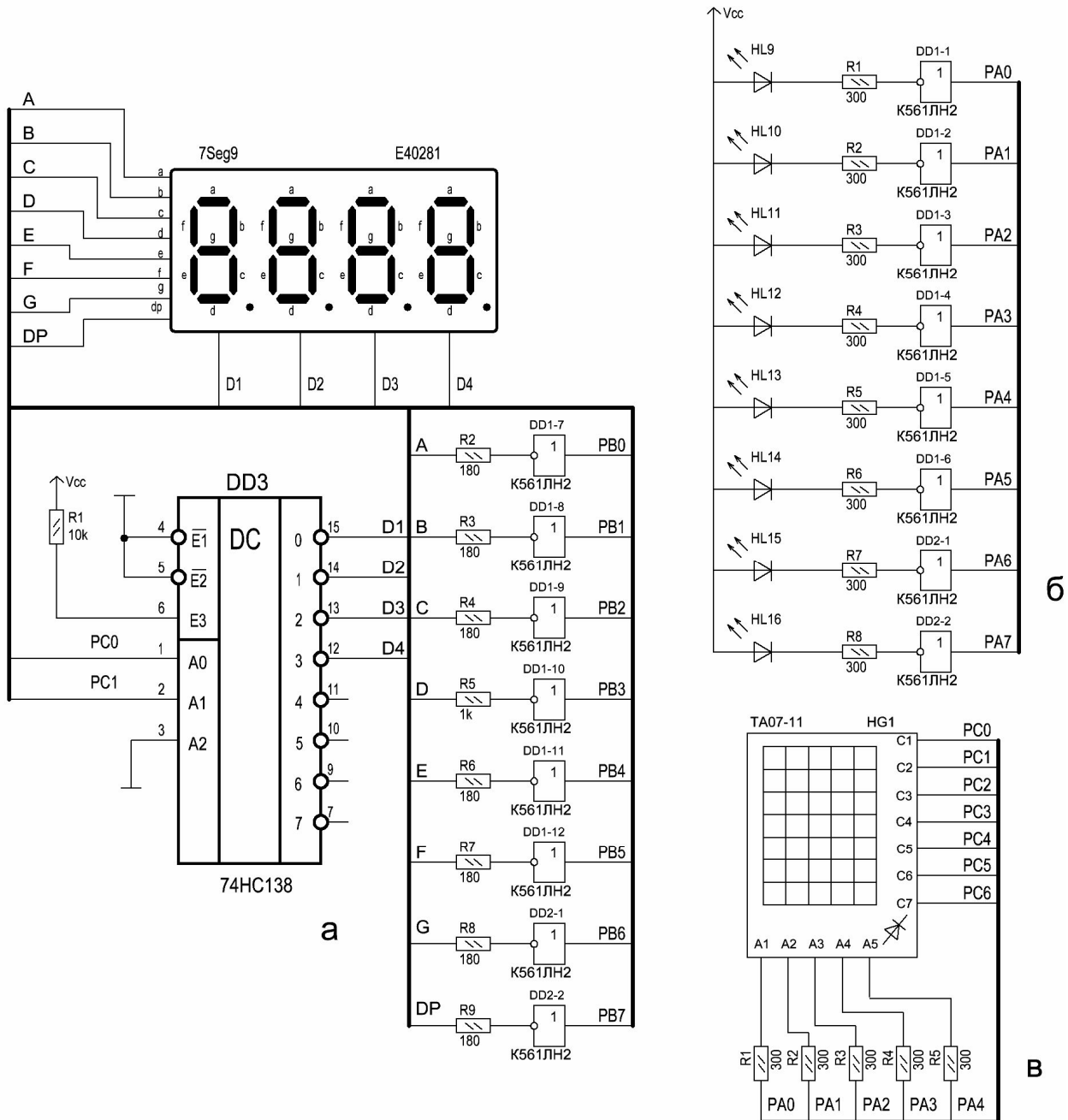


Рис.14. Індикатори із програмною дешифрацією двійкових даних: числовий (а), лінійка світлодіодів (б), знакосинтезуюча матриця (в)

Числовий індикатор з програмним дешифруванням, узгоджений зі схемою рис.3, представлений на рис.14а. Його основою є світлодіодне числове табло на чотири знакомісця, де кожна світлодіодна матриця виконана по схемі із загальним катодом. Комбінація бітів PB0-PB7 відповідає за висвітлювання діодів, що формують символ в межах знакомісця (рівень логічного нуля відповідає висвітленню світлодіодного сегменту). Знакомісце для виводу інформації вибирається подачею на дешифратор DD3 сигналів PC0 і PC1, причому двійкове число, що кодується цими двома бітами, відповідає номеру вихідного каналу дешифратора, на якому з'явиться низький потенціал (який і визначає знакомісце табло).

Індикатор у вигляді світлодіодної лінійки (узгоджений зі схемою рис.3), показаний на рис.14б. Він є групою з восьми незалежних світлодіодів, увімкнених по схемі із загальним анодом. На катоди через інвертуючі елементи подається вхідний код PA0 – PA7. Як наслідок, світло діод висвітлюється при подачі на відповідний йому вхід логічної одиниці.

Індикатор у вигляді знаковинтезуючої матриці (узгоджений зі схемою рис.3) зображений на рис.14в. Часто використовують матриці розміром 5х7, які дозволяють відобразити практично будь-який символ (латиниця, кирилиця, спеціальні символи, псевдографіка тощо). Матриця має два набори виводів: анодний і катодний ряди. Для висвітлювання будь-якого пікселя слід подати на необхідний вхід анодного ряду логічну одиницю, а на решту анодних входів – логічний нуль. У катодному ряду на необхідний вхід подається логічний нуль, а на інші – логічна одиниця. Так, наприклад, для запалення світлодіода з координатами 2,3 в матриці, включеній по схемі рис.14в, комбінація сигналів, що управляють, буде така, як показано на рис.15.

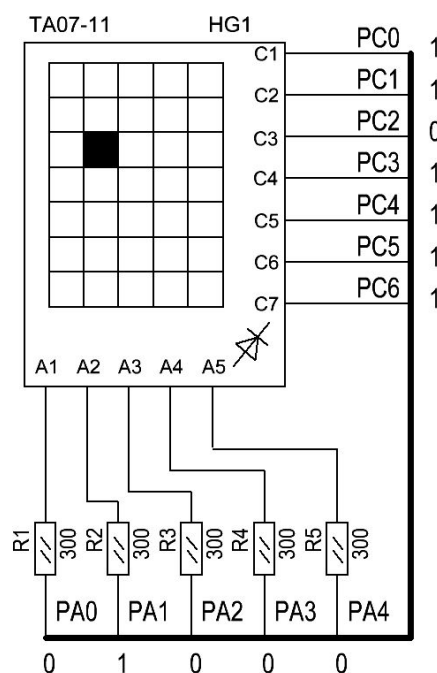


Рис.15. До висвітлення знакомісця (пікселя) світлодіодної матриці

На рис.15 видно, що до світлодіода з координатами 2,3 прикладена пряма напруга, а до всіх інших – зворотна. Виведення груп символів слід виконувати висвітлюванням необхідних світлодіодів, наприклад, послідовно в кожному стовпці (рядку).

У випадку, якщо для підключення пристроїв введення/виведення портів мікроконтролера недостатньо, тоді кількість каналів приймання/передавання даних можливо розширити за допомогою використання програмованого паралельного інтерфейсу (ППІ). Схема підключення ППІ наведена на рис.16.

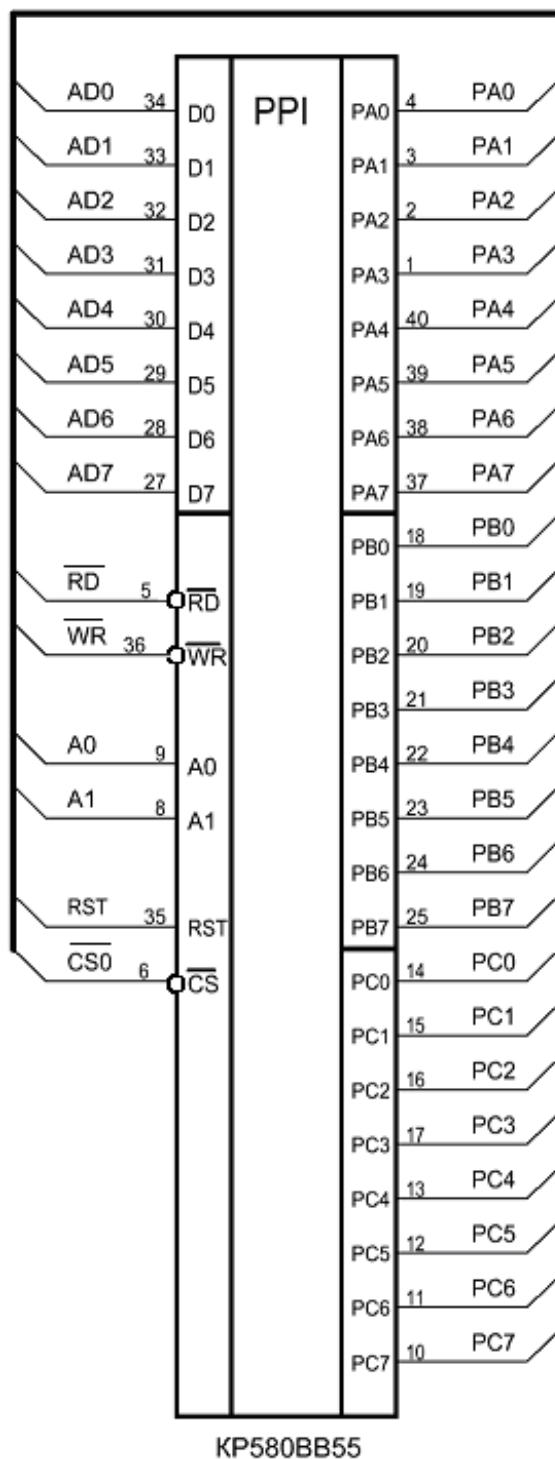


Рис.16. Схема підключення програмованого паралельного інтерфейсу KP580BB55

Активация мікросхеми виконується сигналом CS0 (має низький рівень при зверненні за адресою 80XXH, див. табл.2), а запис і читання даних – за стробами низького рівня RD і WR мікроконтролера. Вибір портів (РА, РВ або РС) ППІ здійснюють канали А0, А1, до яких підключені два молодших біта шини адреси. Таким чином, звернення до портів і елементів керування мікросхемою виконується як до звичайних елементів зовнішньої пам'яті даних з адресами 8000H, 8001H та 8002H для портів РА, РВ і РС відповідно. Для регістра керуючого слова (РКС) адреса 8003H. Керуючі байти завантажують в РКС і вони визначають роботу каналів, наприклад, в режимі 0 ППІ (табл.4).

Таблиця 4

Формат керуючого слова ППІ при роботі в режимі 0

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Біти керуючого слова
1	0	0	1	1	0	1	1	Режим введення
			0	0		0	0	Режим виведення
			РА	PC7 ... PC4		РВ	PC3 ... PC0	Назва порту

Очевидно, що для налагоджування усіх портів на виведення байту в режимі 0 керуюче слово має формат 10000000B=80H, а на введення – 10011011=9BH.

3.5. РОЗРОБКА СИЛОВОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА ІНТЕРФЕЙСУ СПРЯЖЕННЯ З МІКРОПРОЦЕСОРНОЮ СИСТЕМОЮ

Тип ключових елементів для комутуючих ланок силових кіл слід вибирати відповідно заданого типу живлення двигуна. Для кіл живлення змінного струму доцільне застосування ключів із природною комутацією. В цьому випадку термін спрацьовування ключа становить $0,5 \cdot T_{\text{жив.напр.}} = 0,01$ с. Оптидиністорний модуль, який виконує функції комутуючого елементу для кіл змінного струму, зображений на рис.17.

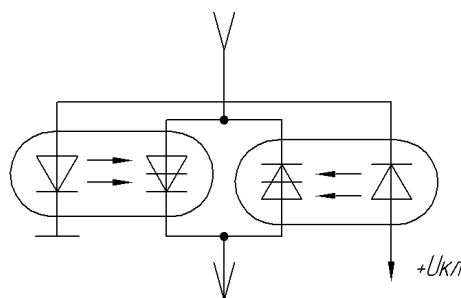


Рис.17. Оптидиністорний модуль для комутації кіл змінного струму

У схемі два оптодиністори увімкнені зустрічно-паралельно, завдяки чому через ключ проходить струм обох напівперіодів. При цьому напівхвиля живлячої напруги, яка відкриває один із ключів, природним чином закриває другий, знижуючи струм у ньому до рівня нижчого рівня підтримки відкритого стану. Як наслідок, максимальний термін закриття такого модуля складає півперіоду напруги живлення. Основною перевагою оптодиністорів є гальванічна розв'язка силових і керуючих кіл, яку забезпечує сама конструкція силового приладу. Це позбавляє від необхідності використовувати додаткові розв'язуючі компоненти (оптрони, трансформатори розв'язки тощо) в схемі керування, що, в свою чергу, значно спрощує конструкцію. Основні параметри сучасних оптодиністорів наведені в табл.5.

Як видно з таблиці, для вимкнення тиристора на керуючий світлодіод слід подавати сигнал з параметрами $U_{GT} = 2,5 \text{ В}$ і $I_{GTM} = 0,25 \text{ А}$. Однак допустимий струм навантаження на виходах цифрових мікросхем зазвичай становить декілька десятих мА. Наприклад, для мікросхеми ППІ К580ВВ55 (табл.6) допустимий струм навантаження виводу (сигнал логічної «1») становить лише 400 мкА.

Таблиця 6

Параметри ППІ К580ВВ55(Intel 8255)

№	Найменування параметру	Значення параметру	Примітка
1	Напруга живлення V_{cc}	$+5 \text{ В} \pm 10\%$	$GND = 0 \text{ В}$
2	Вхідна напруга (низький рівень), V_{il}	$-0,5 \div 0,8 \text{ В}$	
3	Вхідна напруга (високий рівень), V_{ih}	$2 \div V_{cc} \text{ В}$	
4	Вихідна напруга (низький рівень), V_{ol}	$0,45 \text{ В}$	$I_{ol} = 2,5 \text{ мА}$
5	Вихідна напруга (високий рівень), V_{oh}	$2,4 \text{ В}$	$I_{oh} = 0,4 \text{ мА}$
6	Споживаний струм, I_{cc}	120 мА	
7	Потужність розсіювання	1 Вт	

Таким чином, між світлодіодом оптодиністора і керуючою цифровою мікросхемою для узгодження рівнів напруг і струмів слід встановлювати проміжний підсилювальний каскад, тобто інтерфейс спряження. Найбільш простим і вигідним рішенням є ключ на п-р-п транзисторі, що включений по схемі із загальним емітером (рис.18).

Таблиця 5

Технічні параметри силових оптодиністорів

Тип	Імпульсна пряма напруга в закритому стані* / Імпульсна зворотна напруга	Імпульсний прямий струм в закритому стані / Імпульсний зворотний струм	Струм у відкритому стані (при температурі 70°C)	Постійний струм керування	Постійна напруга керування	Максимальна температура переходу	Час виключення	Корпус
	$V_{\text{DRM}} V_{\text{RRM}}$	$I_{\text{DRM}}/I_{\text{RRM}}$	$I_{\text{T(AV)}}$	I_{GTM}	V_{GTM}	T_{jmax}	t_{q}	
	В	мА	А	мА	В	°C	мкс	
TO232-25	100-1200	5	25	250	2,5	100	160	ST3-1
TO232-40	100-1200	5	40	250	2,5	100	160	ST3-1
TO242-50	100-1200	7	50	250	2,5	100	160	ST4-1
TO242-63	100-1200	7	63	250	2,5	100	160	ST4-1
TO242-80	100-1200	7	80	250	2,5	100	160	ST4-1

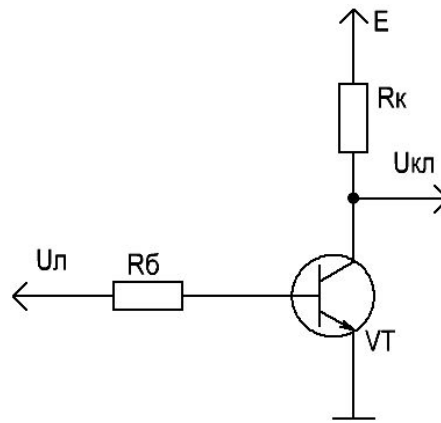


Рис.18. Транзисторний ключ по схемі із загальним емітером

Враховуючи, що транзистор в ключовому режимі знаходиться або у відкритому, або ж у закритому стані, то розрахунок резисторів у колі бази та колі колектора слід виконувати за наступними виразами:

$$R_B = \frac{U_{\text{л}} - U_{\text{БЕ}}^{\text{нас}}}{I_{\text{л}}};$$

$$R_K = \frac{E}{I_{\text{кл}}},$$

де $U_{\text{л}}$ – напруга логічної «1» керуючої мікросхеми, $U_{\text{БЕ}}^{\text{нас}}$ – напруга на переході база-емітер, відповідно режиму насичення транзистора, $I_{\text{л}}$ – струм сигналу логічної «1» керуючої мікросхеми, E – напруга живлення колекторного кола ключа, $I_{\text{кл}}$ – постійний струм керування ключем. При розрахунках можна прийняти $E = U_{\text{кл}}$, оскільки в закритому стані опір емітер-колектор транзистора набагато більший R_K . Довідкові дані для розрахунку номіналів резисторів в узгоджувальних ключах (на рекомендованих до використання транзисторах) наведені у табл.7.

Таблица 7

Довідкові дані n-p-n високочастотних транзисторів середньої потужності

Тип	$I_{\text{к.мах}}, \text{A}$	$U_{\text{к.е.мах}}, \text{В}$	$U_{\text{э.б.нас.}}, \text{В}$
КТ603А	0,3	30	1,5
КТ603Б	0,3	30	1,5
КТ603В	0,3	15	1,5
КТ603Г	0,3	15	1,5
КТ603Д	0,3	10	1,5
КТ603Е	0,3	10	1,5

Для кіл живлення постійного струму застосування ключів з природною комутацією неможливе, оскільки останні відключаються лише при зменшенні струму через вентиль нижче за рівень вмикання. Тому для на-

дійної комутації силових кіл слід застосовувати повністю керовані ключі. Найдоцільніше, організовувати комутатор на силових транзисторах IGBT, оскільки для цих елементів розроблений широкий спектр керуючих мікросхем – драйверів, а самі силові модулі випускають на широкий діапазон напруг і струмів. У табл. 8 наведені основні параметри деяких драйверів одного ключа, а на рис. 19 – типові схеми їх використання.

Таблиця 8

Драйвери одного ключа для силових транзисторів IGBT

Параметр/мікросхема	IR2117	IR2121	IR2122
Напруга живлення V_{cc} , В	від +10 до +20	від +12 до +18	від +13 до +20
Вихідна напруга V_o , В	10-20	12-18	10-20
Вихідний струм I_o +/– (високий рівень V_o / низький рівень V_o)	200/420 мА	1,0/2,0А	110/110 мА
Час "вмик./вимик.", нс:	125/105	150/200	250/200
Температурний діапазон, °С:	від -40 до +125	від -40 до +125	від -40 до +125

Номінальні опори резисторів подільника напруги R_1 , R_2 для запропонованих драйверів становлять відповідно за напруги живлення $V_{cc}=15В$:

IR2117	$R_1=0,5 \text{ кОм}$, $R_2=0,25 \text{ кОм}$;
IR2121	$R_1=2,2 \text{ кОм}$, $R_2=1,1 \text{ кОм}$;
IR2122	$R_1=1,5 \text{ кОм}$, $R_2 = 0,68 \text{ кОм}$.

Слід враховувати, що кожен комплект драйвер/ключ обладнується власним джерелом живлення. Джерела живлення повинні бути гальванічно розв'язані між собою для уникнення короткого замикання у силовому колі.

Кількість джерел живлення драйверів однакова із кількістю силових ключів. Виключенням є мостова схема вмикання двигуна із можливістю реверсу. В цьому випадку необхідна кількість джерел живлення на одну менша, оскільки драйвери нижніх ключів мосту можуть приєднуватися на один загальний вивід «корпус» рис.20а (канал GND3). Номінальний опір резистора R_g (затвора IGBT транзистора) задається виготівником.

Силові транзистори випускаються як в одиночному виконанні, так і об'єднаними в модулі по 2...6 штук. У модулі транзистори можуть бути заздалегідь з'єднані в однофазний, трифазний міст або напівміст. У табл. 9 наведені основні параметри деяких модулів IGBT від «Mitsubishi Electric».

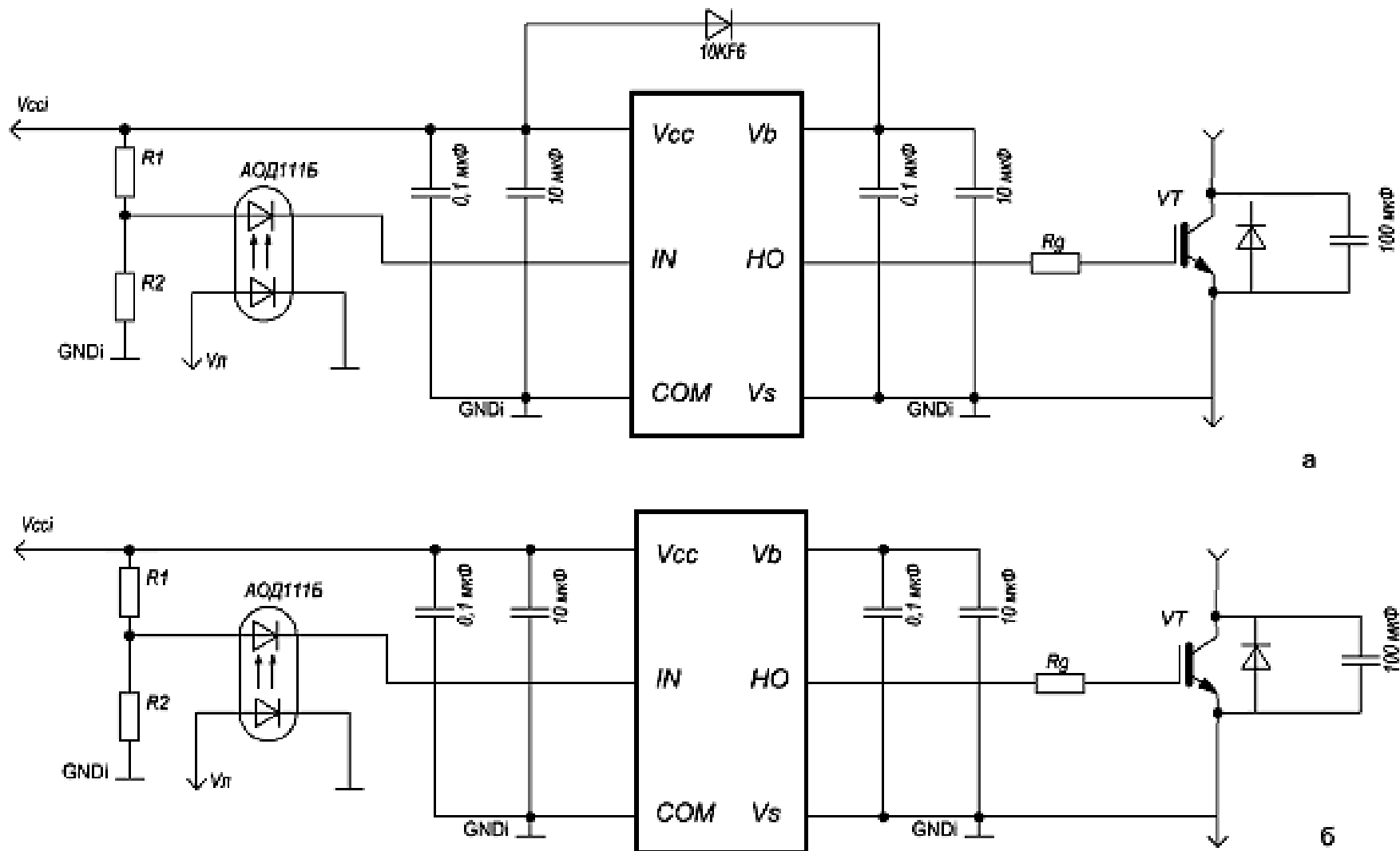


Рис.19. Типові схеми вмикання драйверів IR2117, IR2122 (а) і IR2121 (б)

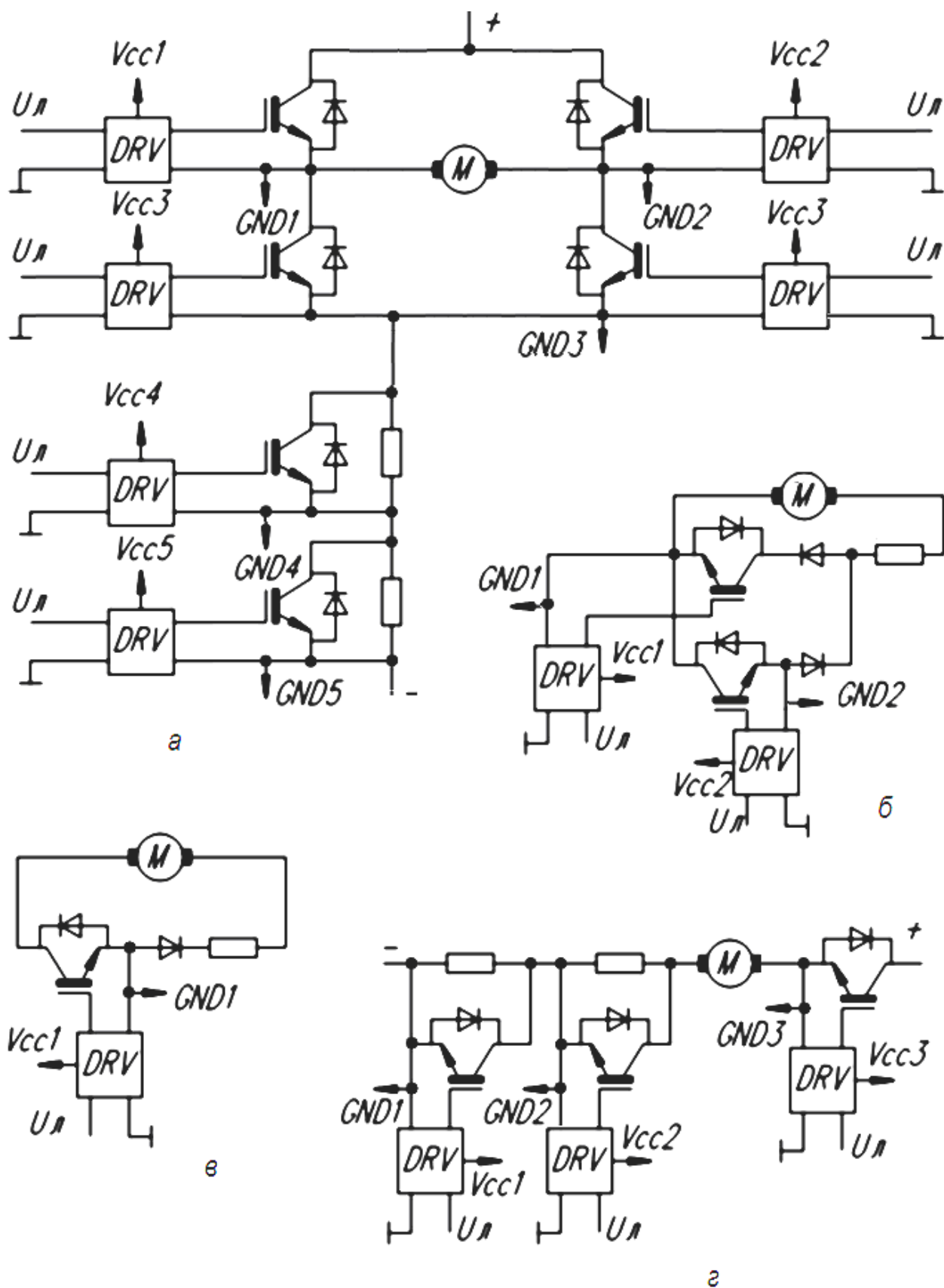


Рис. 20 Мостова (реверсивна) схема вмикання двигуна (а); схема із динамічним гальмуванням реверсивного привоу (б); схема із динамічним гальмуванням нереверсивного привоу (в); нереверсивна схема вмикання двигуна (г)

Таблиця 9

Основні параметри одиночних ключів та напівмостів

Найменування	Робоча температура °C	Максимальна напруга колектор-емітер, В	Максимальна напруга затвора, В	Максимальний струм колектора(силового кола), А	Порогова напруга затвора, В	Напруга насичення, колектор-емітер, В	Номинал резистора затвора, Ом	Час виключення, нс	Час включення, нс
	T_i	V_{CES}	V_{GES}	I_C	$V_{GE(th)}$	$V_{CE(sat)}$	R_g	$td_{(off)}$	$td_{(on)}$
Параметри одиночних ключів									
CM450HA-5F	-40...150	250	±20	450	3-5	1,2	5,6	900	1200
CM600HA-5F	-40...150	250	±20	600	3-5	1,2	4,2	1000	1000
CM600HN-5F	-40...150	250	±20	600	3-5	1,2	4,2	1000	1000
Параметри напівмостів									
CM350KV-5F	-40.150	250	±20	350	3-5	1,2	7.1	900	1100
CM400 KV-5F	-40.150	250	±20	400	3-5	1,2	6.3	850	1100
CM600 KV-5F	-40.150	250	±20	600	3-5	1,2	4,2	850	1100

3.6. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Програму розробляють після прийняття усіх схемо технічних рішень мікропроцесорної системи і силових виконавчих кіл, а також після того, як буде визначено адресний простір, в якому будуть розміщуватися оперативні дані та периферійні пристрої. В загальному випадку програма повинна мати у своєму складі наступні блоки (рис.21):

- блок 1 визначення змінних програми, тобто присвоєння символічних імен бітам і регістрам пам'яті даних, за якими буде виконуватися звернення до них;
- блок 2 підготовки контролера до роботи, в якому задають початкові умови (стан змінних програми на початок її виконання) та налагоджують програмовані компоненти мікропроцесорної системи;
- блок 3 опитування стану зовнішніх пристроїв введення інформації та внесення до ОЗП прийнятих із зовні даних;
- блок 4 опрацювання даних за системою логічних рівнянь, які описують роботу релейно-контакторної схеми та формування керуючого байту для силових кіл;
- службовий блок 5 (необов'язковий), в якому, за необхідності, формують затримки часу (моделюють інерційності реле затримки часу), здійснюють індикацію стану захисних пристроїв системи, аварійну зупинку електроприводу тощо.
- блок 6 виведення керуючого байту (байтів) та оновлення початкових умов перед новим циклом розрахунків;
- умовний блок 7 визначення необхідності продовжувати роботу мікропроцесорної системи.

При визначенні символічних імен (блок 1) програми на мові Асемблера слід користуватися директивою *BIT* для присвоєння імені програмно доступному біту та директивою *EQU* для присвоєння символічному імені адреси байту пам'яті даних. Для більшої зручності бажано брати за символічні імена ті ж позначення, що присутні на вихідній релейно-контакторній схемі. Якщо змінна є службовою для якоїсь підпрограми, то їй бажано надавати якнайбільш інформативний символічний ідентифікатор. Наприклад, ідентифікатори *SB1INV*, *SB2INV* позначення того, що при опитуванні стану кнопок керування *SB1*, *SB2* отримують її інверсні значення.

У блоці 2 слід встановити попередній (початковий) вміст регістрів, які необхідні для виконання програми, виконати налагодження контролера (таймерів/лічильників, системи переривань тощо) та зовнішніх програмованих периферійних пристроїв мікропроцесорної системи, які потребують попереднього програмування.

Опитуванням стану зовнішніх пристроїв (блок 3) відстежують його змінювання і вносять в заздалегідь вибрані регістри інформацію, яка відповідає цим змінам (наприклад, встановлення відповідного програмно доступного біта у стан «0» або «1»). Алгоритм підпрограми роботи такого модуля наведений на рис.22.

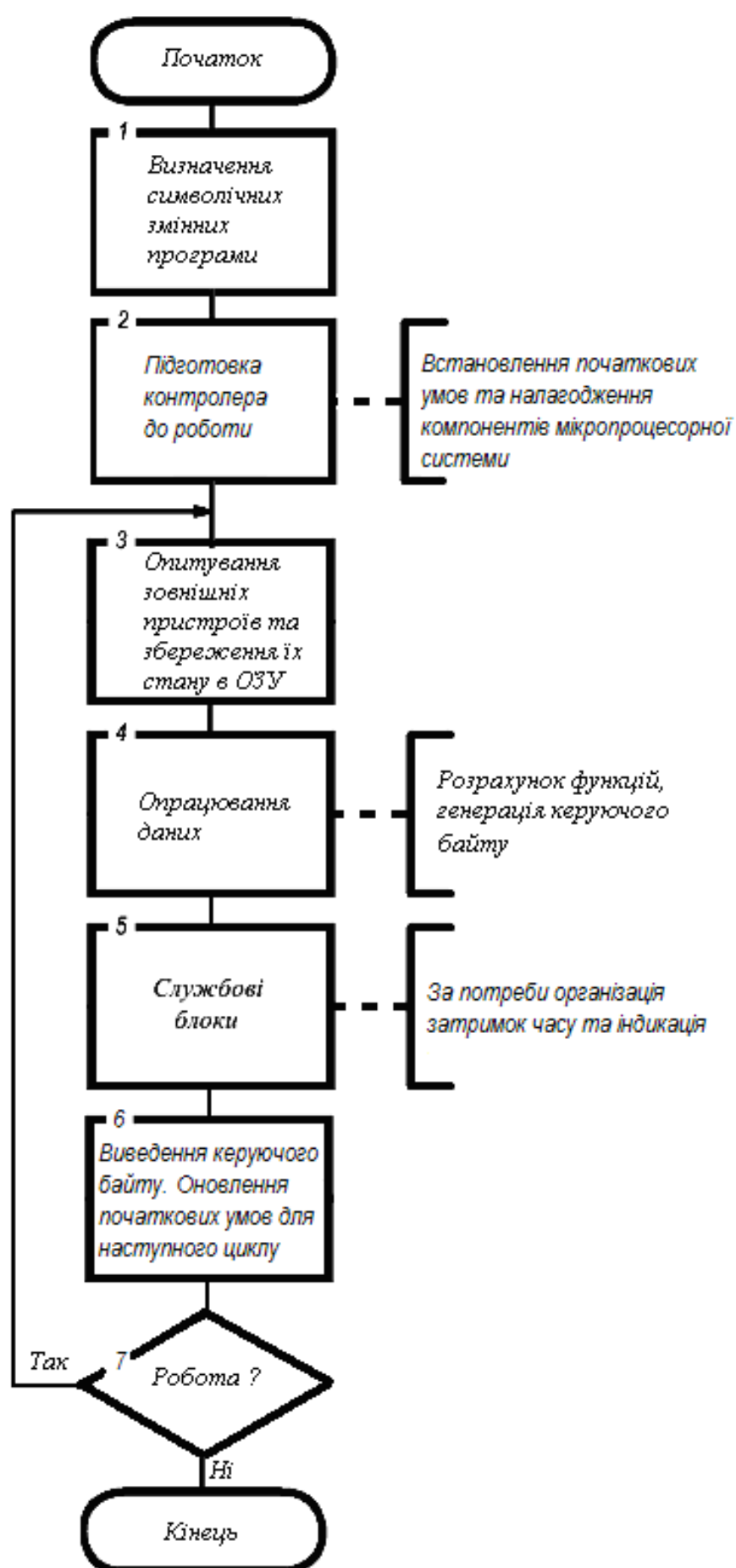


Рис.21 Загальний алгоритм роботи програми керування

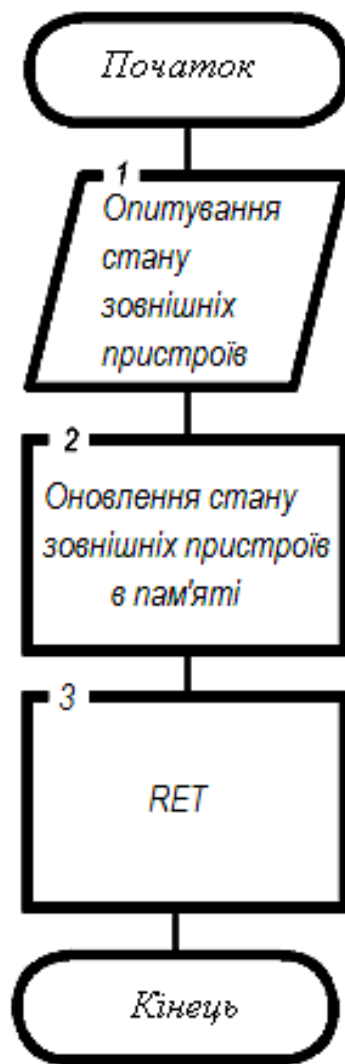


Рис.22 Алгоритм підпрограми опитування стану зовнішніх пристроїв

Блок 4 опрацювання даних за рівняннями логіки взаємодіє із двома сховищами даних. У першому зберігаються вихідні дані для розрахунків, в тому числі і отримані опитуванням стану зовнішніх пристроїв. У другому накопичуються результати обчислень, які в подальшому використовують для керування силовим комутатором або є ознаками для запуску підпрограм затримок часу. Вихідні дані для рівнянь логіки впродовж кожного циклу обчислень не повинні змінюватись. В результаті формується байт (байти) керування для силових кіл. Алгоритм роботи підпрограми блоку 4 наведено на рис.23.

Якщо у вихідній системі присутні захисні пристрої або пристрої, стан яких необхідно візуально контролювати, тоді у програмі передбачають використання службового модуля (блок 5), який буде відстежувати їх стан та сповіщати про їх спрацювання засобами індикації (рис. 24).

Якщо у схемі приводу використані реле часу, то у службовому модулі передбачають програмну організацію необхідної кількості затримок часу. Запуск затримки часу (або декількох) здійснюють згідно умови її розпочинан-

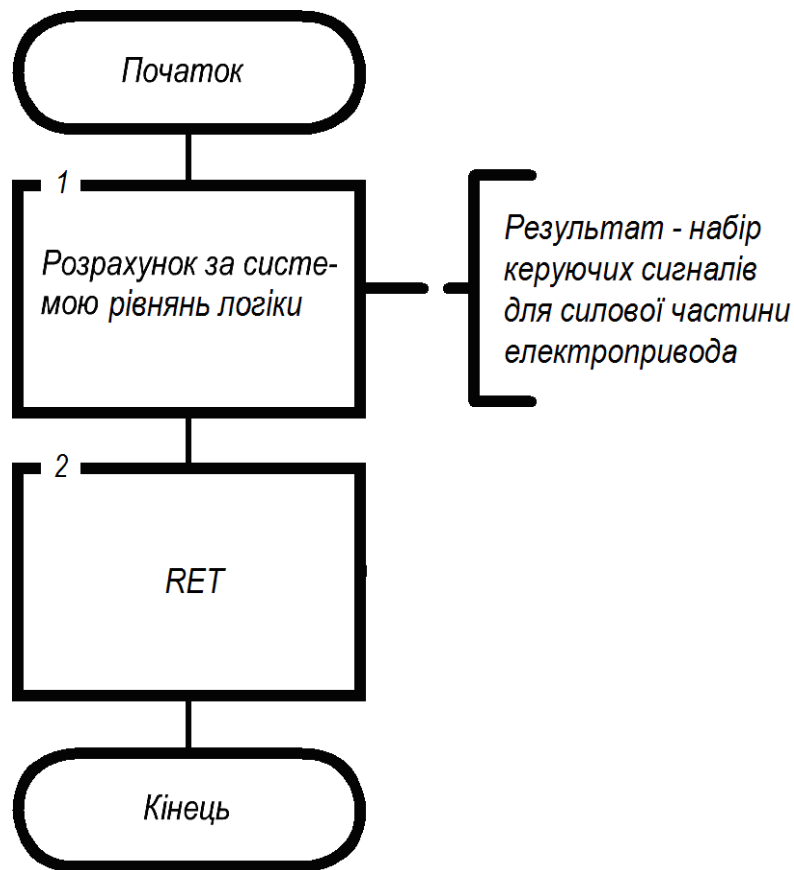


Рис.23 Алгоритм роботи блоку 4 опрацювання даних

ня і, як результат, отримують інформацію про її завершення. Оскільки процес обчислень бажано не переривати, то необхідні затримки часу часто отримують за допомогою таймерів/лічильників мікроконтролера, адже вони працюють незалежно від основної програми та одночасно з нею і потребують лише перезавантаження за перериванням. У наведеному на рис. 25 алгоритмі підпрограми організації затримки часу таймер/лічильник налагоджений на режим «1» таймера із переповненням через 0,1 с.

Біти ознак одноразового запуску таймера і відпрацювання затримки часу перед її організацією встановлюють в нуль. Після відпрацювання необхідної затримки часу біт ознаки одноразового запуску таймера скидають в нуль, а біт підтвердження відпрацювання затримки встановлюють в 1.

По закінченню кожного циклу розрахунків вихідні (початкові) дані оновлюють (тобто, отримані після розрахунків дані стають вихідними для наступного циклу). Керуючі сигнали, які зберігаються у тимчасовому сховищі результатів розрахунків, виводять до силової частини електропривода (див. блок 6 на рис. 21).

Основна програма керування безперервно обчислює поточні значення перемикальних функцій та відповідні керуючі сигнали для силового блоку, а тому звичайно її зациклюють.

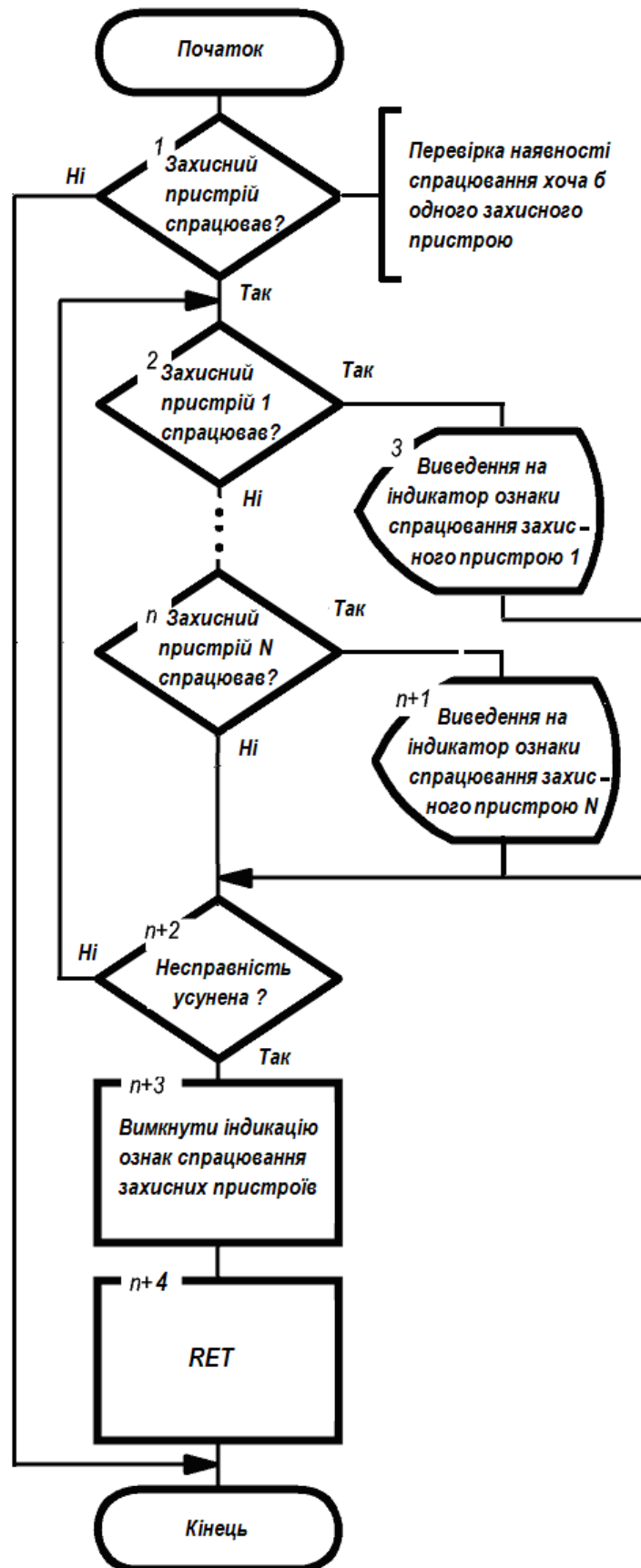


Рис.24 Алгоритм підпрограми опрацювання та індикації стану пристроїв захисту



Рис.25 Алгоритм підпрограм для організації затримки часу

3.7. ПРИКЛАД МОДЕРНІЗАЦІЇ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

За вихідну релейно-контакторну систему керування електроприводом приймаємо схему, яка зображена на рис.1 і робота якої описується системою логічних рівнянь (1)...(7). Стан кнопок та реле захистів вихідної схеми на рис.1 мікропроцесорна система оцінюватиме за сигналами із схеми пристрою опитування (введення), а тому доцільно переписати систему логічних рівнянь із врахуванням відповідного рівня вихідних напруг схем підключення кнопок та захистів силової схеми (заведених у прямокутні дужки), а саме:

$$KT1 = \overline{KM1}; \quad (8)$$

$$KT2 = \overline{KM2}; \quad (9)$$

$$KT3 = \overline{KM3}; \quad (10)$$

$$KM1 = [\overline{SB1}] \wedge (\overline{[SB2]} \vee KM1) \wedge [\overline{FA}] \wedge [\overline{FP}] \wedge [\overline{KV}]; \quad (11)$$

$$KM2 = KM1 \wedge KT1 \wedge T1; \quad (12)$$

$$KM3 = KM2 \wedge KT2 \wedge T2; \quad (13)$$

$$KM4 = KM3 \wedge KT3 \wedge T3. \quad (14)$$

Інерційності контактів реле $KT1...KT3$ (тобто запізнення повернення контактів у вихідний стан після знеструмлення котушок реле) у програмі враховують множниками $T1...T3$, які встановлюють в одиницю після відпрацювання відповідних затримок часу та скидають в нуль після подання струму на котушки реле $KT1...KT3$.

3.7.1 Розробка мікропроцесорної системи

Розробку мікропроцесорної системи здійснюють із дотриманням наступних технічних вимог:

- мікропроцесорна система повинна забезпечувати можливість введення стану кнопок запуску і зупинки електропривода та приймати і опрацьовувати сигнали від зовнішніх пристроїв захисту;
- пристрої виведення мікропроцесорної системи повинні забезпечувати видачу керуючих сигналів до силового комутатора з їх паралельною індикацією, а також, за необхідності, індикацію стану зовнішніх пристроїв захисту (реле напруги мережі живлення, максимального струму, теплового реле);
- мікропроцесорна система повинна мати у своєму складі симулюючі кнопки, які моделюють спрацювання відповідних захисних реле для попереднього налагодження програмного забезпечення.

Приклад організації мікропроцесорної системи, яка відповідає вказаним вимогам, наведений на рис.26а,б,в.

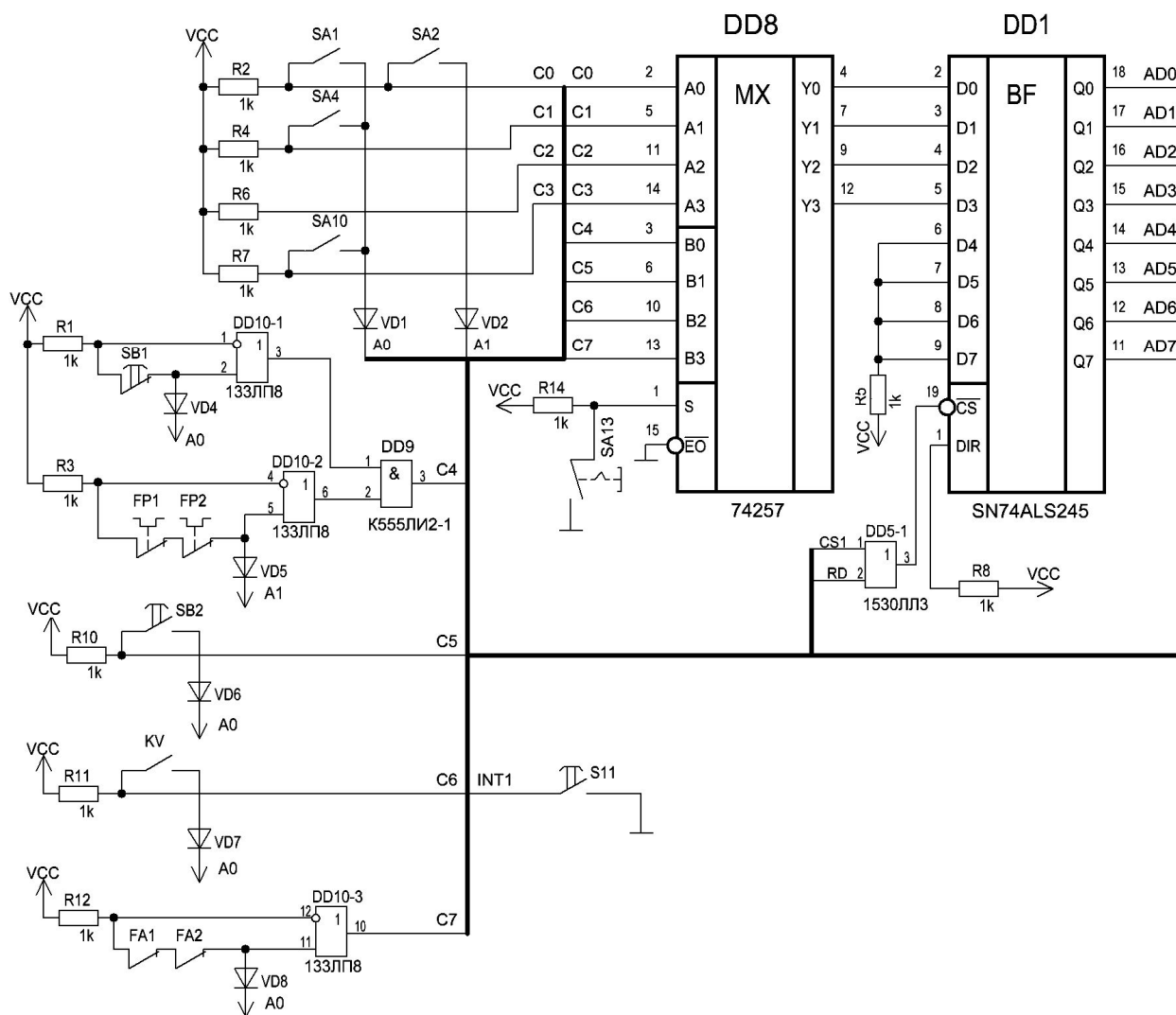


Рис.26а Мікропроцесорний модуль (принципова схема)

Система побудована на мікроконтролері типу 80C31, який увімкнений за схемою, що дозволяє роботу із зовнішніми ПЗП і ОЗП, містить регістр/фіксатор молодшого байту адреси та дешифратор DD7 для вибору зовнішніх периферійних пристроїв. Оскільки вибраний мікроконтролер не містить інтегрованого ПЗП, то у мікропроцесорну систему слід ввести зовнішній ПЗП (наприклад, мікросхему DD4 типу 27C64 ємністю 8 кбайт із електричним перепрограмуванням). Ємність зовнішнього ПЗП не повинна бути зовеликою.

Система введення даних від зовнішніх пристроїв має два джерела вхідних дискретних сигналів: керуючі електроприводом контакти і кнопки та кнопкову панель, яка у режимі налагодження моделює їх роботу у складі реальної мікропроцесорної системи керування. Перемикання режимів «робота/ налагодження» виконується кнопкою SA13. Натисненому стану цієї кнопки відповідає режим налагодження за допомогою можливостей навчального стенду

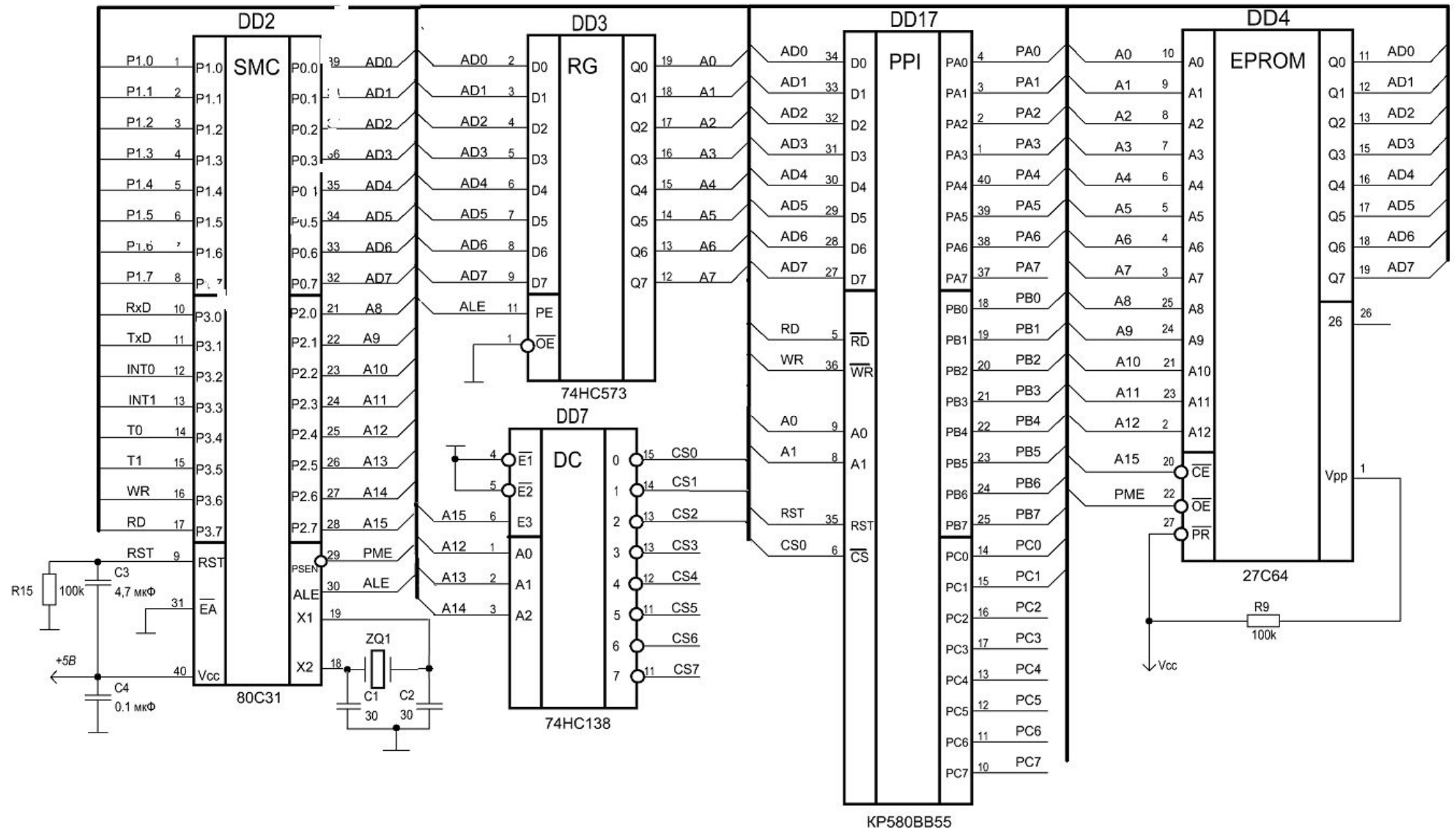


Рис.266 Мікропроцесорний модуль (принципова схема, продовження)

Адресний простір мікропроцесорної системи

Найменування пристрою	Використаний адресний простір	Примітка
1	2	3
Внутрішнє ПЗП	–	
Зовнішнє ПЗП	0Н – 1FFFН	Активується, коли біт A15=0
Внутрішнє ОЗП	0Н – 7FH	
Зовнішнє ОЗП	–	
ППП	8000Н – 8003Н	Звернення як до елементу пам'яті зовнішнього ОЗП (читання/запис), активація сигналом CS0. 8000Н – порт РА 8001Н – порт РВ 8002Н – порт РС 8003Н – регістр керуючого слова
Пристрій статичної індикації (у схемі мікропроцесорної системи прикладу електропривода не використано)	A000Н	Звернення як до елементу зовнішнього ОЗП (запис), активація пристрою низьким рівнем сигналу CS2 на виході дешифратора.
Пристрій для організації динамічної індикації	8001Н – 8002Н	Передача даних через ППП
Канали керування силовими ключами	8000Н	Передача даних через ППП, біти РА0-РА3. Паралельно приєднаний індикатор на дискретних світлодіодах
Індикатор стану перемикальних функцій	8000Н	Передача даних через ППП, біти РА4-РА6. Паралельно приєднаний до лінійки світлодіодів
Пристрій введення стану зовнішніх пристроїв (кнопки, контактів реле)	9006Н – 9005Н	Звертання як до елементу пам'яті зовнішнього ОЗП (читання), активація сигналом дешифратора CS1: Адреса 9006Н – для опитування стану SB1, SB2, FA1FA2 (на кнопковій панелі стенду SA1, SA4, SA10). 9005Н – для опитування FP1FP2 (на кнопковій панелі SA2).

3.7.2 Розробка силового комутатора та інтерфейсу спряження

На рис.27 та 28 приведені принципові схеми силового комутатора, використаного для модернізації вихідної релейно-контакторної схеми на рис.1 та інтерфейсу комутатора із мікропроцесорним модулем. Контакти силових контакторів замінені парами оптодиністорів ТО232-25, причому силові вентиля кожної пари сполучені зустрічно-паралельно, а керуючі світлодіоди в комутуючих блоках (наприклад, U1...U6; U15 ...U18) – послідовно. Послідовне з'єднання керуючих світлодіодів гарантує повне відключення комутуючого блоку у випадку виходу із ладу хоча б одного світло випромінювача.

Рівні напруги керування комутуючими блоками: $U_{KM1} = 6U_{кл} = 6 \cdot 2,5 = 15$ В; $U_{KM2} = U_{KM3} = U_{KM4} = 4U_{кл} = 4 \cdot 2,5 = 10$ В (див. табл.5).

У зв'язку з цим в інтерфейсі використані транзистори КТ603Г і КТ603Д відповідно для керування групами вентилів КМ1 і КМ2..КМ4. Обидва різновиди транзисторів мають однакове падіння напруги на переході емітер-база в насиченому стані $U_{е.б.нас} = 1,5$ В.

Схемо технічні рішення в мікропроцесорному модулі такі, що сигнал високого рівня є вимикаючим для силового комутатора. Оскільки, транзистори VT1...VT4 відкриваються високим рівнем сигналу на базі (при цьому вихідна напруга $U_{кл}$ близько до нуля), то слід встановлювати інвертори на вході поєднувальних ключів. В цьому випадку логічна одиниця на виході мікропроцесорного модуля буде перетворена в логічний нуль і транзистор ключа знаходиться в закритому стані (режим відсічення). Перехід колектор-емітер матиме високий опір, а напруга на ньому буде близькою до живильної. В цьому випадку комутуючий блок стає активним. При видачі МПС логічного нуля на виході інвертора з'явиться високий потенціал, що переведе транзистора в режим насичення.

Опір колектор-емітер знизиться майже до нуля і напруга колектор-емітер так само стане майже рівною нулю. Як наслідок, відповідний блок силових ключів отримає заборону на відмикання. Відповідно довідковим даним для інвертуючої мікросхеми 133ЛНЗ $U_{л} = 2,4$ В, $I_{oh} = 0,00025$ А. Використовуючи вирази для розрахунку ключів з загальним емітером:

$$R_1 = R_3 = R_5 = R_7 = \frac{U_{л} - U_{BE}^{нас}}{I_{л}} = \frac{2,4 - 1,5}{0,00025} = 3600 \approx 3,6 \text{ кОм};$$

$$R_2 = \frac{E}{I_{кл}} = \frac{15}{0,25} = 60 \approx 62 \text{ Ом};$$

$$R_4 = R_6 = R_8 = \frac{E}{I_{кл}} = \frac{10}{0,25} = 40 \approx 39 \text{ Ом}.$$

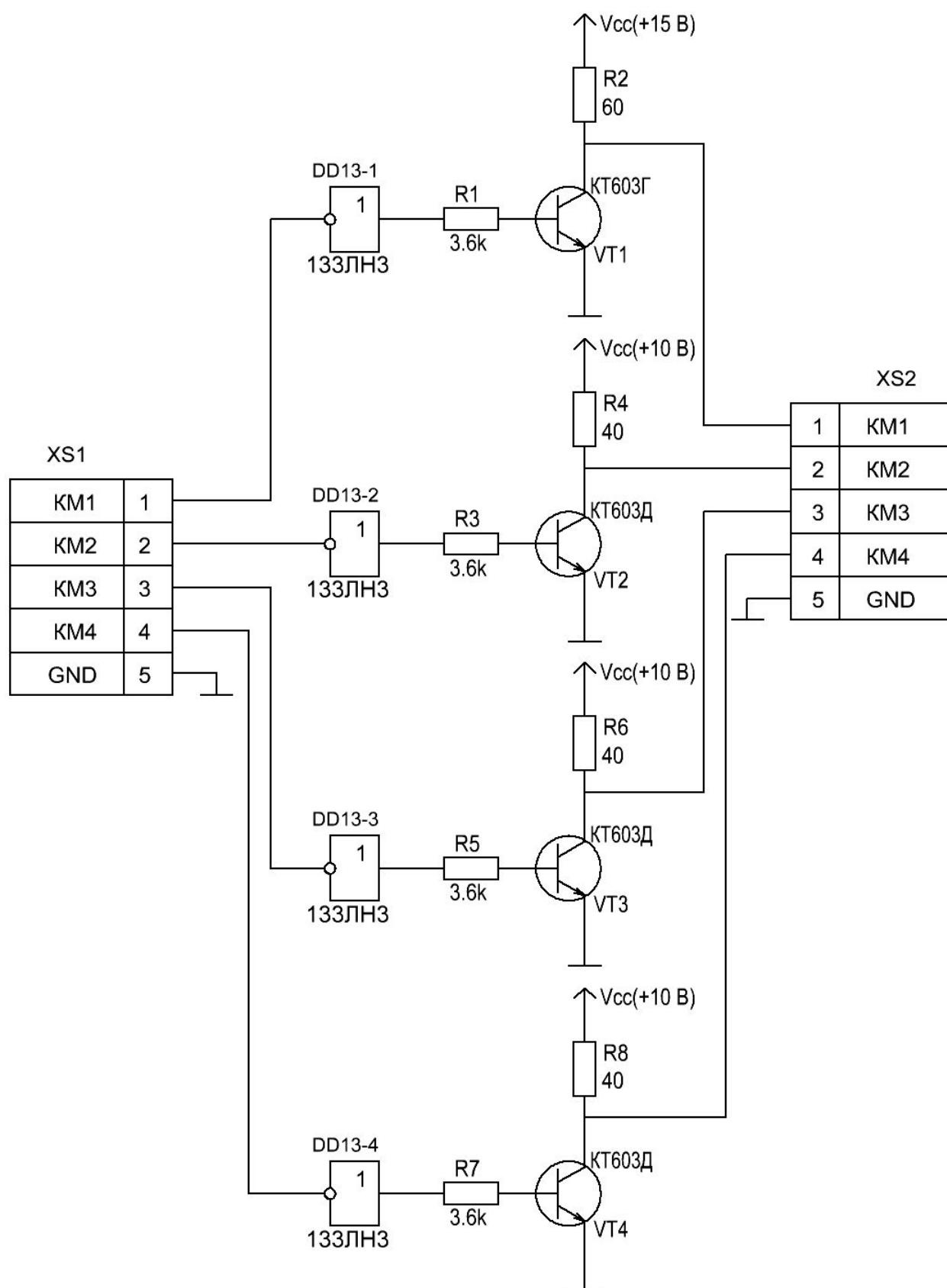


Рис.27. Інтерфейс силового комутатора із мікропроцесорним модулем

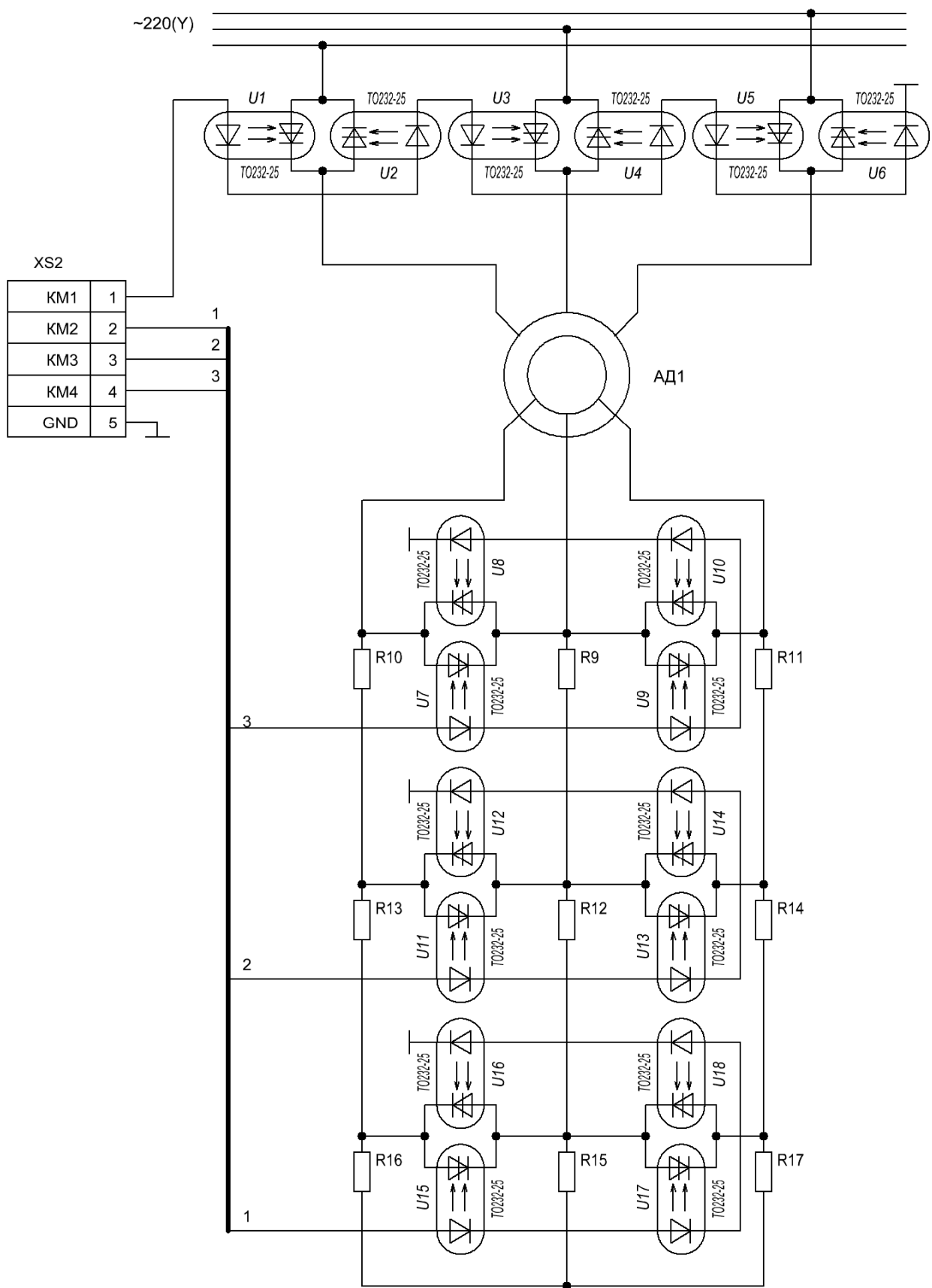


Рис. 28. Принципова схема силового коммутатора

3.7.3 Розробка програмного забезпечення

Алгоритм програми для керування силовою частиною вибраного електроприводу наведений на рис.29 і відповідає загальному алгоритму керування і має у своєму складі, зокрема, блок 1 задавання символічних імен робочих змінних програми та окремих байтів оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП). У програмі використані наступні символічні імена:

- *KM1...KM4, KT1...KT3* – для позначення початкового стану перемикальних функцій *KM1...KM4* та *KT1...KT3*;
- *KM1END...KM4END, KT1END...KT3END* – для позначення значень перемикальних функцій *KM1...KM4* та *KT1...KT3* після чергового циклу розрахунків;
- *SB1INV, SB2INV, KVINV, FPINV, FAINV* – для позначення того, що натисканню кнопок *SB1, SB2* та спрацюванню реле *KV, FP* та *FA* (або відповідних кнопок для їх симуляції) відповідає низький рівень сигналу при опитуванні;
- *T1...T3* – значення «1» цих бітів є ознакою того, що після знеструмлення котушок живлення реле часу *KT1...KT3* пройшов час t_1, t_2 та t_3 відповідно;
- *TN1...TN3* – значення «1» цих бітів є ознакою необхідності початку відрахування затримок часу t_1, t_2 та t_3 відповідно;
- *BUF* – проміжне значення біту при розрахунках;
- *CODE_U, COD_I, CODE_T1, CODE_T2* – імена регістрів, де зберігаються коди символів, які виводяться на блок динамічної індикації, зокрема, при втраті живлення двигуном – символ «U», спрацюванні реле максимального струму – символ «I», при спрацюванні теплових реле – символи «°C»;
- *INQUIRY* – символічне ім'я регістру збереження опитаного стану зовнішніх пристроїв (кнопок, контактів реле чи їх симуляторів);
- *MASK* – службовий регістр для симуляції стану реле напруги *KV* статора;
- *COUNTER* – лічильник кількості переповнень таймера/лічильника *T/C0*;
- *ENDTIME* – байт збереження значень відпрацьованих затримок часу.

З урахуванням вибраного переліку символічних імен адреси зберігання їх значень та відповідні коди у розробленій програмі виглядають як:

Байт ОЗП із адресою 20H

Адреса біту	07H	06H	05H	04H	03H	02H	01H	00H
Ім'я	-	KT3	KT2	KT1	KM4	KM3	KM2	KM1

Байт ОЗП із адресою 21H

Адреса біту	0FH	0EH	0DH	0CH	0BH	0AH	09H	08H
Ім'я	-	-	-	BUF	T3	T2	T1	-

Байт ОЗП із адресою 22H

Адреса біту	17H	16H	15H	14H
Ім'я	-	KT3END	KT2END	KT1END
Адреса біту	13H	12H	11H	10H
Ім'я	KM4END	KM3END	KM2END	KM1END

Байт ОЗП із адресою 24H

Адреса біту	27H	26H	25H	24H
Ім'я	-	-	-	FPINV
Адреса біту	23H	22H	21H	20H
Ім'я	FAINV	KVINV	SB2INV	SB1INV

Байт ОЗП із адресою 26H

Адреса біту	37H	36H	35H	34H
Ім'я	-	-	-	-
Адреса біту	33H	32H	31H	30H
Ім'я	-	TN3	TN2	TN1

ОЗП для збереження значень символічних імен байтів

Адреса байту	27H	25H	24H	14H
Ім'я	ENDTIME	MASK	INQUIRY	CODE_T2
Значення		0FBH		0C6P
Адреса байту	13H	12H	11H	05H
Ім'я	CODE_T1	CODE_I	CODE_U	COUNTER
Значення	9CH	0CFH	0C1P	0AH

Блок 2 програми передбачає встановлення нульових початкових умов для бітових змінних *KM1...KM4*, *KT1...KT3*, *KM1END...KM4END*, *BUF*, *KT1END...KT3END*, *TN1 ...TN3*, *T1...T3* – байт за адресою 21H. Окрім того, в байт ОЗУ з іменем *MASK* заноситься маска *0FBH* із бітом *MASK.2=0* для симуляції спрацювання реле напруги *KV*, а в байт з іменем *ENDTIME* – код *0H* як початкові проміжні ознаки відпрацювання затримок часу. Надалі цим блоком алгоритму передбачено налагодження таймера/лічильника T/C0 на режим 1 таймера, встановлення високого рівня пріоритету для запиту на вході INT1 та низького – для запиту від таймера/лічильника T/C0 (для забезпечення можливості його переривання при імітації спрацювання реле *KV* у будь-який момент), налагодження всіх портів ППІ на виведення кодів у режимі «0» та погашення всіх знакомісць пристрою динамічної індикації.

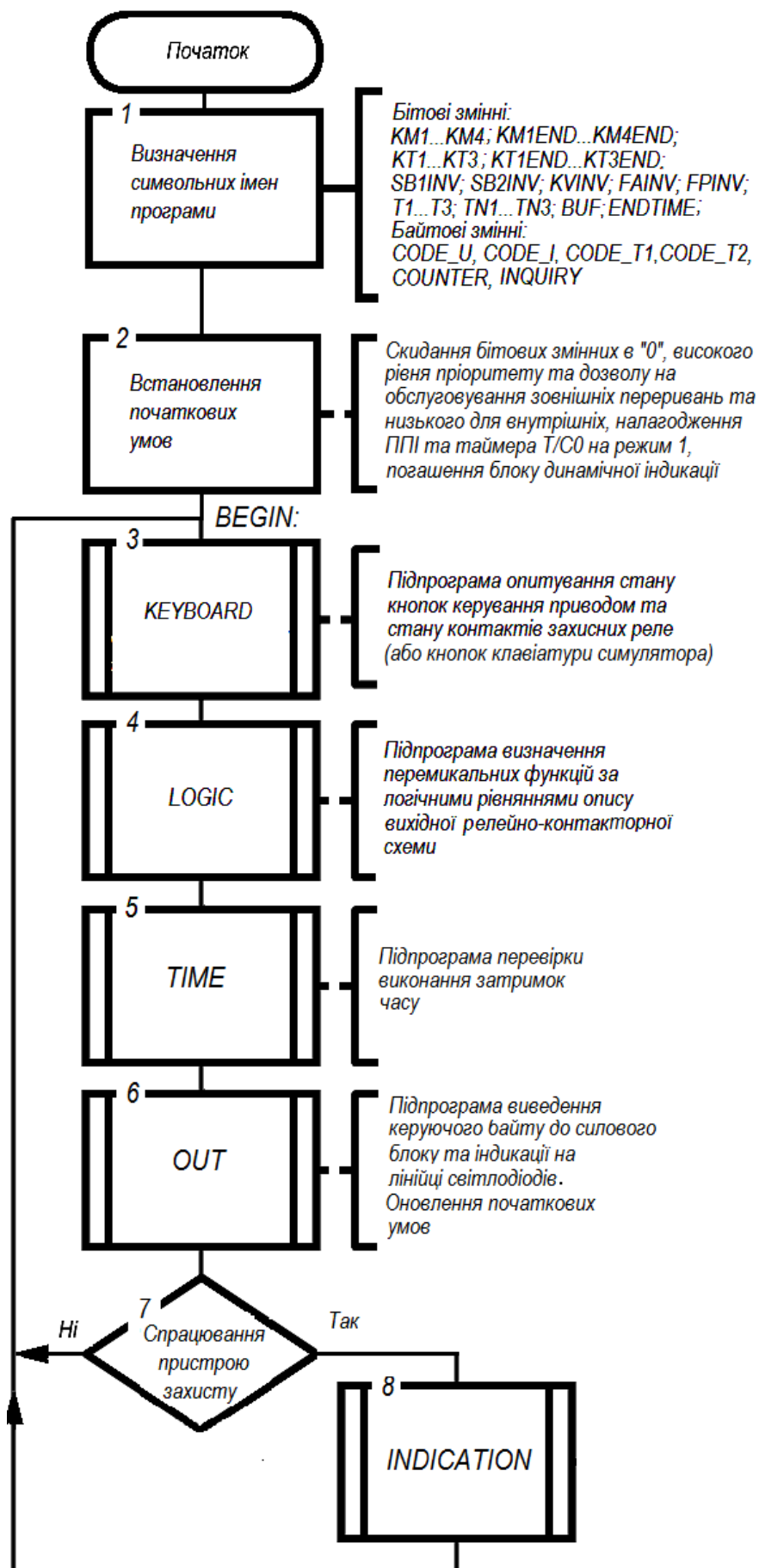


Рис. 29 Блок-схема основної програми керування

Основна частина програми, яка циклічно повторюється, розпочинається із опитування стану зовнішніх пристроїв, після чого поточний стан контактів реле захисних пристроїв та кнопок керування зберігається у відповідних бітах байту з іменем *INQUIRY* (блок 3, підпрограма *KEYBOARD* на рис. 30).

Опитування стану кнопок *SB1*, *SB2* та контактів реле *KV*, *FP*, *FA* (або клавіатурного пристрою для симуляції їх стану при попередньому налагодженні програмного забезпечення) виконується окремо за кожним стовпцем. Зокрема, у запропонованому варіанті мікропроцесорної системи їх використано два. Перший містить чотири кнопки, а другий – одну (клавіатурний пристрій використано як симулятор реальної системи керування). Комплект зовнішніх пристроїв введення та їх симулятор працюють роздільно. При цьому їх адресні простори співпадають. Спершу інформація надходить зі стовпця 2, причому біт *FPINV* надходить до наймолодшого біту акумулятора *ACC.0* (блок 2 схеми на рис. 30). Схема пристрою введення побудована так, що всі інші біти акумулятора залишаються у стані логічної одиниці (див. схему на рис. 26а). Блоком 3 підпрограми *KEYBOARD* передбачено обмін місцями бітів молодшої тетради акумулятора та старшої, що дозволяє зберегти *FPINV* у біті *INQUIRY.4*, а біти *INQUIRY.3...INQUIRY.1* встановити у стан логічної одиниці. Надалі підпрограма *KEYBOARD* виконує читання першого стовпця клавіатурного пристрою (блок 5) і за допомогою логічного множення (блок 6) переносить стан *SB1INV*, *SB2INV*, *KVINV*, *FAINV* відповідно до 0...3 бітів байту *INQUIRY* (див. рис.30). В результаті виконання підпрограми *KEYBOARD* байт *INQUIRY* із можливістю побітового доступу зберігатиме поточний стан усіх введених до мікропроцесорної системи контактів реле та кнопок керування (табл. 12).

Таблиця 12

Байт *INQUIRY* збереження стану опитаних кнопок керування та контактів реле

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	<i>FPINV</i>	<i>FAINV</i>	<i>KVINV</i>	<i>SB2INV</i>	<i>SB1INV</i>

Для симуляції зникнення напруги живлення двигуна у програмі використано принцип маскуванню. Для цього у байт з іменем *MASK* занесений двійковий код 11111011В. При порозрядному логічному множенні байту *MASK* на вміст сховища *INQUIRY* результатів опитування стану зовнішніх пристроїв (кнопок керування, контактів реле чи клавіатури симулятора) біт *KVINV* набуває рівня логічного нуля. Встановлення біту *MASK.2* в 1 призведе до відновлення отриманого з буферу біту *INQUIRY.2*. Керування станом маскувального біту *MASK.2* виконує підпрограма обслуговування запиту на переривання на вході *INT1* (рис.31).

Надалі (блок 4 на рис.29, алгоритм підпрограми *LOGIC* на рис. 32) отримана опитуванням стану зовнішніх пристроїв інформація разом із вихідними даними (початковими на момент поточного циклу обрахунків) використовується для розрахунку перемикальних функцій та допоміжних змінних, які враховують присутність у вихідній релейно-контакторній схемі реле часу згідно отриманої вище системи логічних рівнянь (8)...(14). Частина отриманих перемикальних функцій (*KM1...KM4*) використовується для керування станом ключів силового комутатора, результатом чого буде новий їх стан або підтвердження попереднього.

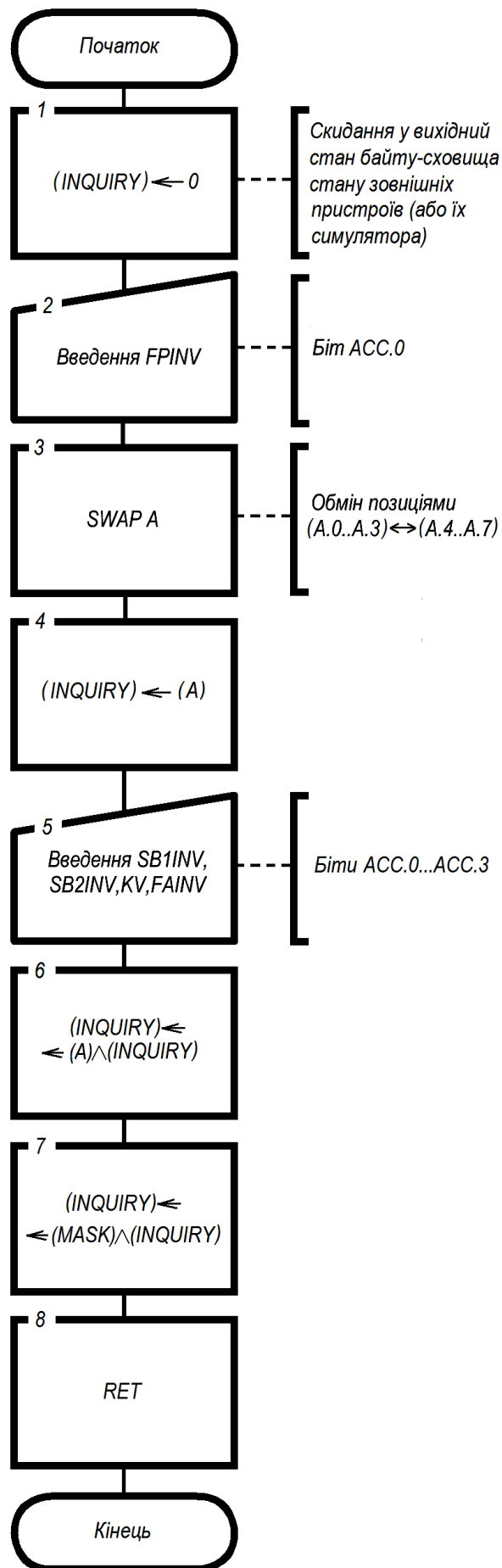


Рис. 30 Підпрограма *KEYBOARD* опитування зовнішніх пристроїв

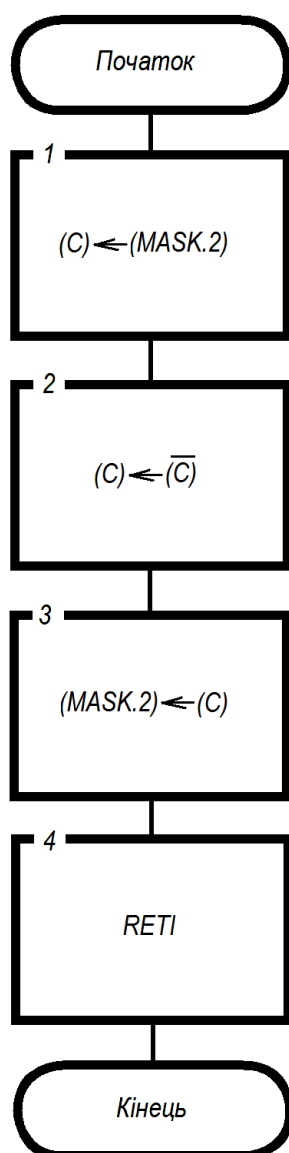


Рис. 31 Підпрограма обслуговування запиту на переривання на вході INT1 мікроконтролера

Алгоритмом *LOGIC* передбачено, що при опитуванні стану зовнішніх пристроїв у байті з іменем *INQUIRY* зберігаються інверсії їх стану. Відповідно вирази у підпрограмі обрахунку перемикальних функцій на рис. 32 відповідають їх модифікованим рівнянням (8)...(1.14).

Інші дані, отримані в результаті обрахунків підпрограмою *LOGIC*, надходять до блоку 5 з іменем *TIME* (див. рис. 29), який відповідає за моделювання інерційностей (затримок часу) реле часу *KT1...KT3* та формування ознак *T1...T3* їх закінчення. Підпрограма *TIME* передбачає визначення моментів запуску таймера для організації необхідних затримок часу. Для цього контролюється момент відключення живлення котушок реле часу (перехід із стану живлення струмом до моменту знеструмлення) шляхом визначення допоміжних перемикальних функцій *TN1...TN3* (див. алгоритм підпрограми *TIME* на рис. 33, блоки 1...4). Останні, в свою чергу, визначаються перемикальними функціями (наприклад, $KT1_{i-1}$ та $KT1_i$ для *TN1* тощо) в попередньому та поточному циклах обрахунків.

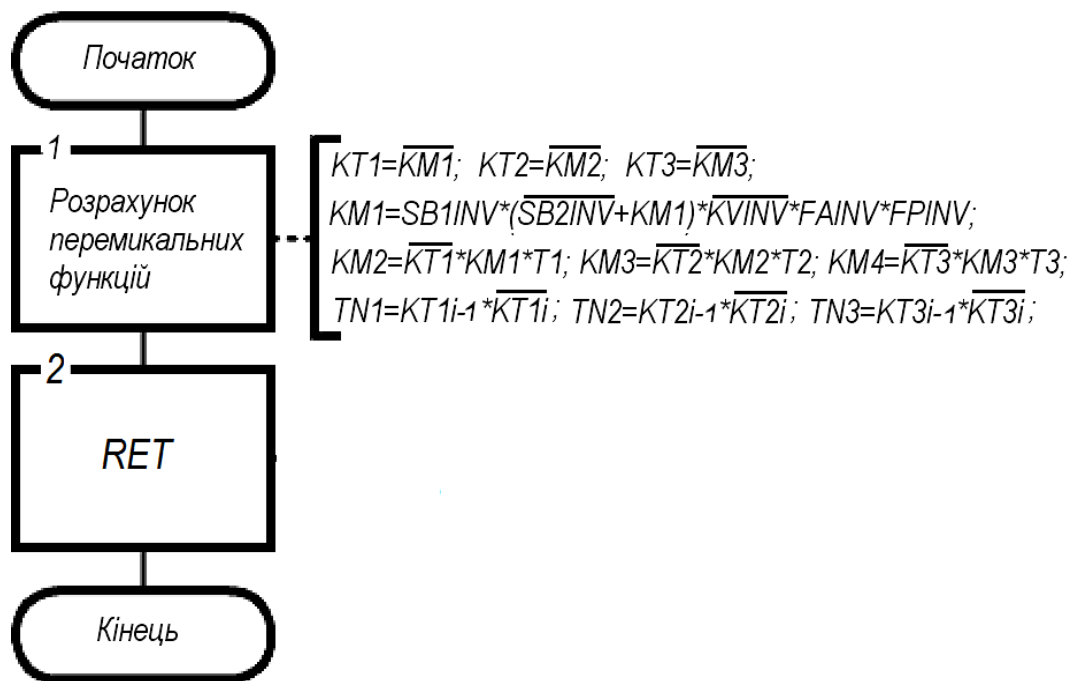


Рис. 32 Підпрограма *LOGIC* визначення перемикальних та допоміжних функцій

Якщо встановлено, що в котушках відповідних реле часу є струм (тобто, перемикальні функції $KT1...KT3$ і відповідні їм ознаки $KT1END...KT3END$ дорівнюють одиниці – а одноіменні реле спрацьовують), тоді ознаки закінчення відліку затримок $T1...T3$ у байті за адресою 21H та у байті із символьним іменем *ENDTIME* (адреса 27H, біт *ENDTIME.1* для ознаки $T1$, *ENDTIME.2* – для $T2$, *ENDTIME.3* – для ознаки $T3$) встановлюються в 0 (блок 5 на рис. 33). Одночасно (блок 6) забороняється робота таймера $T/C0$ (біт $TR0$ встановлюється в «0»), а в його регістри $TN0$, $TL0$ для організації затримки близько 0,1 с завантажуються число 0FFFH. В лічильник R0 кількості переповнень таймера заноситься «0» (кожному переповненню таймера відповідає затримка часу 0,1 с). Надалі, якщо розраховані перемикальні функції запуску таймера $TN1...TN3$ дорівнюють «0» (див. байт ОЗП за адресою 26H), то підпрограма закінчує свою роботу (блоки 7, 10, 12 та 13 на рис. 33). Коли ж за розрахунками будь-яке із реле часу втратить живлення (відповідна перемикальна функція $KTiEND$ встановиться в «0»), а відповідна функція запуску TNi відліку затримки часу встановиться в «1», тоді в лічильник *COUNTER* заноситься відповідне число кількості переповнень таймера (по 0,1 с). Наприклад, при запуску таймера на отримання затримки часу 1 с в лічильник *COUNTER* буде занесене число 0AH (див. блок 8 на рис. 33). Для отримання затримки 2 с в лічильник буде завантажено число 14H (блок 11). Для затримки довжиною 3 с вміст *COUNTER* вже буде занесене число 1EH (блок 13). Окрім того, одночасно із визначенням вмісту лічильника *COUNTER* алгоритмом підпрограми *TIME* передбачено встановлення в «1» відповідного біту службового байту *ENDTIME* за адресою 27H (блоки 8, 11 та 13 на рис. 33). Отже, за допомогою такого алгоритму підпрограми є можливість

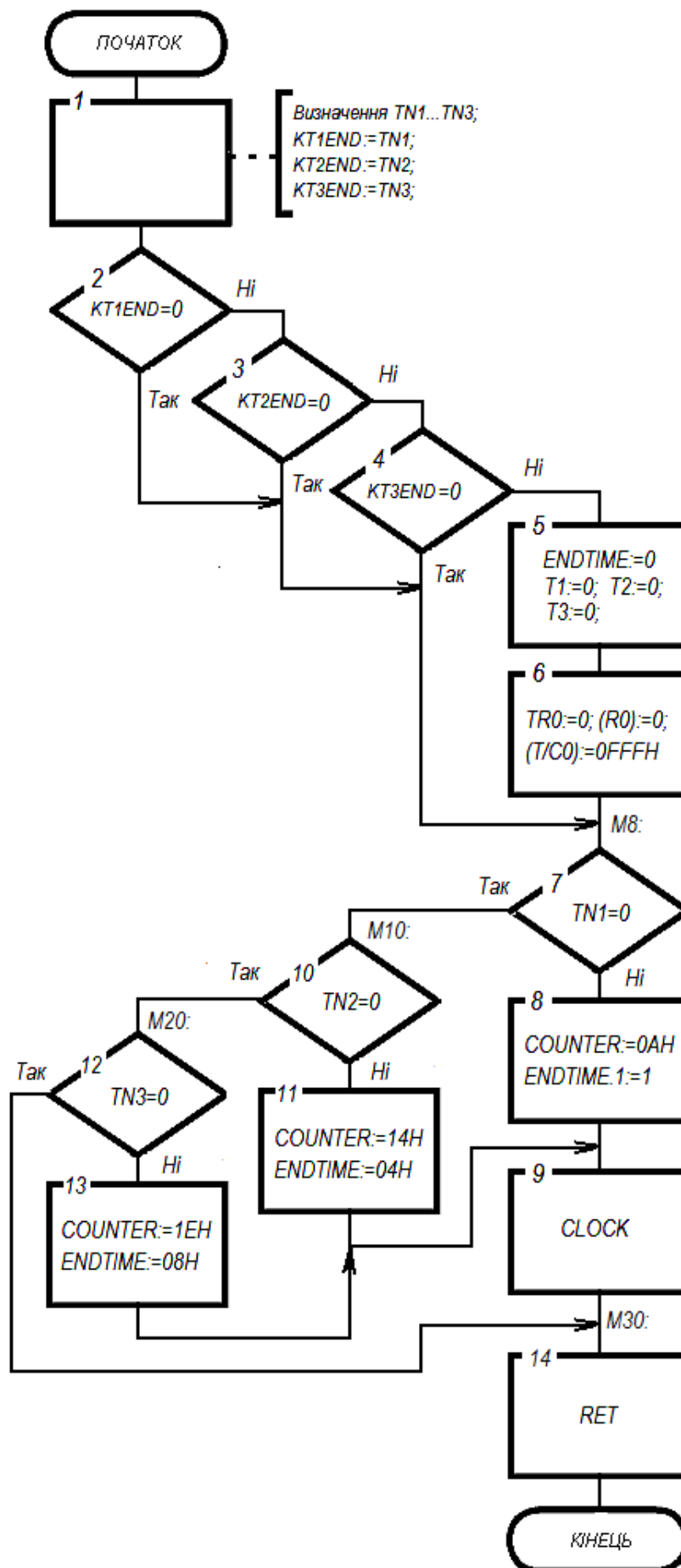


Рис. 33 Алгоритм підпрограми *TIME* організації та перевірки затримок часу

організувати відлік декількох затримок часу лише із використанням одного таймера T/C0.

Алгоритмом підпрограми *TIME* передбачено виклик допоміжної підпрограми *CLOCK* організації затримок часу (блок 9), яка здійснює підготовку таймера до нового відліку затримки часу 0,1 с шляхом його перезавантаження числом 0FFFFH (на затримку 0,1 с), очищення лічильника поточної кількості переповнень ($R0=0$) та повторного запуску таймера (у регістрі TCON біт TR0=1). Запущений таймер працює в фоновому режимі (незалежно від основної програми), перезавантажується і перезапускається автоматично за кожним переповненням (рис. 33).



Рис. 33 Алгоритм підпрограми обслуговування запиту на переривання від таймера T/C0 при його переповнюванні

Алгоритм передбачено на початку підпрограми тимчасове збереження у стековій пам'яті вмісту байтів стану (PSW) та акумулятора (A), а в кінці неї – їх відновлення для збереження коректної роботи основної програми та решти підпрограм. При кожному переповненні таймера його роботу спочатку припиняють, потім завантажують його регістри новим числом 0FFFFH для забезпечення затримки 0,1 с) і запускають знову. Після того вміст лічильника R0 збільшують на «1», порівнюють із заданим в регістрі COUNTER числом і якщо необхідна кількість затримок по 0,1 с не досягнута, то робота підпрограми переривання на цьому завершується, а таймер продовжує працювати. У цей час основна програма виконує обрахунки циклічно. Коли ж на черговому циклі обрахунків вміст лічильника кількості переповнень дорівнюватиме надісланій до підпрограми величині COUNTER, тоді підпрограма почне підготовку до завершення

формування затримки і наступного використання підпрограми з іншими вихідними параметрами. Тобто, таймер буде зупинений і перезавантажений, а відповідний біт ознака відпрацювання затримки часу у байті *ENDTIME* буде встановлено в «1». Кількість ділянок алгоритму (програми), що реалізують інерційності відповідає кількості реле часу у вихідній схемі керування електроприводом.

Передостаннім етапом відпрацювання обчислювального циклу є виведення керуючих сигналів на силовий комутатор та оновлення початкових умов для нового циклу розрахунків (блок 6 на рис. 29, підпрограма *OUT*). Для цього через порт А ППІ до лінійки світлодіодів та роз'єму *XS1* передаються відповідні біти байту збереження розрахованих значень перемикальних функцій (байт за адресою 22H). Після цього останній байт пересилається за адресою 20H, завдяки чому оновлюються початкові умови для чергового циклу обрахунку перемикальних функцій.

Перед переходом до нового циклу обрахунків виконується перевірка на наявність сигналів від пристроїв аварійного захисту (блок 7 на рис. 29). Якщо жоден із пристроїв захисту не спрацював, то основна програма переходить на повторний цикл виконання розрахунків. У іншому випадку виконується підпрограма аналізу та індикації їх стану *INDICATION* (блок 7 на рис. 29, алгоритм на рис. 34).

Початкова частина цієї підпрограми (не обов'язкова) містить команди погашення перших двох знакомісць блоку статичної індикації навчального стенду AVR (можливе і використання команд для погашення усіх чотирьох знакомісць). Підпрограма *INDICATION* опрацювання стану захисних пристроїв побудована так, що здійснює почергове опитування кожного із них. При цьому залежно від того, чи спрацював кожен із них, чи ні для виведення на блок динамічної індикації формується відповідний код (тобто, код відповідного символу або код погашення його знакомісця). Таким чином, підпрограма забезпечує підготовку до відображення стану всіх захисних пристроїв одночасно.

Після виконання підготовки до відображення символів спрацювання захисних пристроїв (або їх неспрацювання – погашення відповідного знакомісця) алгоритмом підпрограми *INDICATION* здійснюється виклик підпрограми *DIN* для відповідного керування пристроєм динамічної індикації (блок 12 на рис. 34, алгоритм підпрограми на рис. 35).

Алгоритмом підпрограми *DIN* передбачена організація лічильників на регістрах R2 та R7, яка забезпечує $4 \times 255 = 1020$ циклів висвітлення символів поточного стану захисних пристроїв підряд. Після відпрацювання цієї кількості циклів висвітлення підпрограмою *DIN* передбачено також організацію $238 \times 255 = 60690$ циклів підтримки погашеного стану захисних пристроїв. Таке програмне вирішення забезпечує ефект «мерехтіння» стану елементів використаного пристрою динамічної індикації. Алгоритми всіх використаних підпрограм закінчуються командами *RET*, а підпрограм обслуговування запитів на переривання – спеціальними командами *RETI*. Якщо підпрограми використовують спільні із основною програмою програмно доступні елементи, то вони

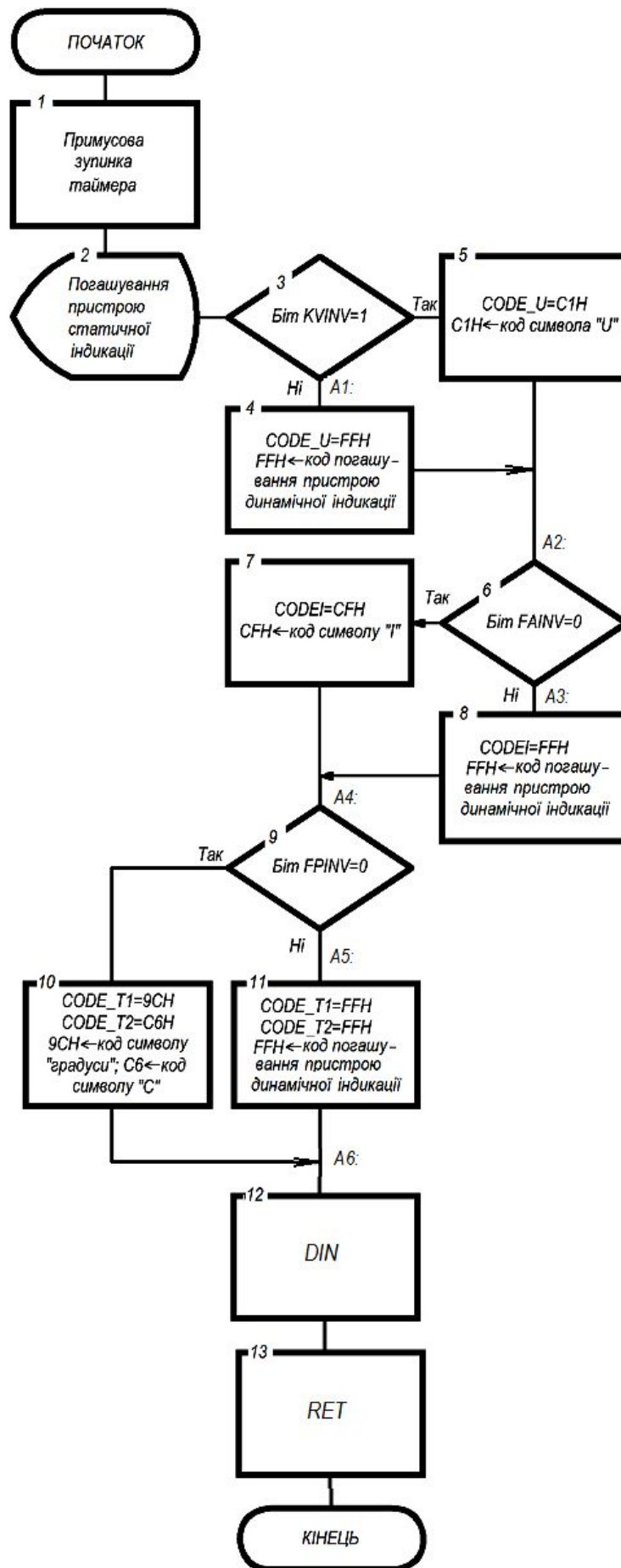


Рис. 34 Алгоритм підпрограми індикації *INDICATION*

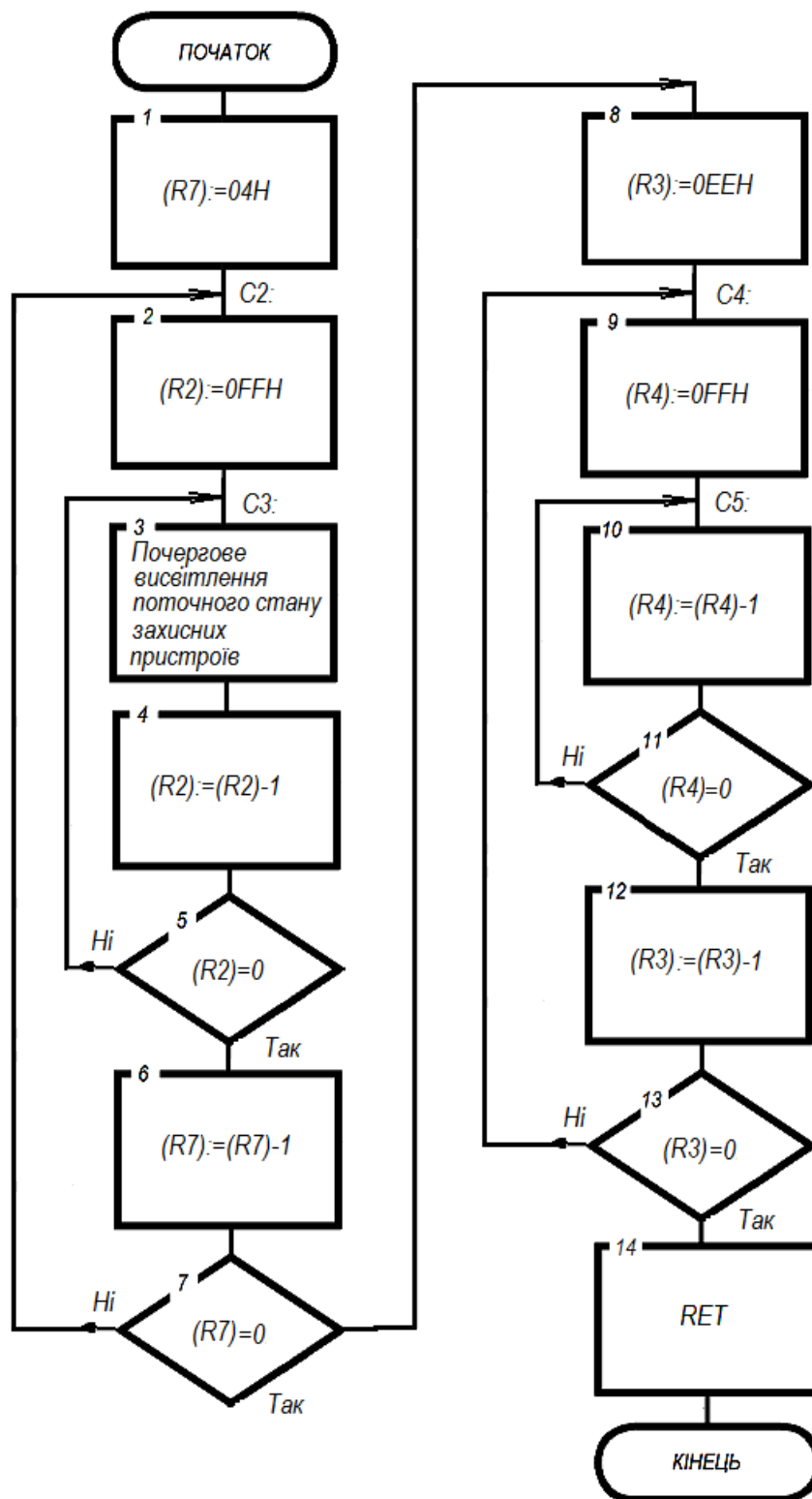


Рис. 35 Алгоритм підпрограми динамічної індикації *DIN*

містять команди тимчасового збереження у стековій пам'яті відповідних байтів (на початку програм) та відновлення їх стану після виконання дій, передбачених алгоритмом відповідної підпрограми. Вигляд розробленої програма мікропроцесорного керування приводом на мові Асемблера наведений нижче.

;ВИЗНАЧЕННЯ СИМВОЛІЧНИХ ІМЕН
;Байт оперативної пам'яті (ОЗП) за адресою 20H
;Біти початкового стану котушок реле КТ1,КТ2,КТ3 та контакторів КМ1,КМ2,КМ3 та КМ4

КМ1 BIT 00H
КМ2 BIT 01H
КМ3 BIT 02H
КМ4 BIT 03H
КТ1 BIT 04H
КТ2 BIT 05H
КТ3 BIT 06H

;Байт ОЗП за адресою 21H
;Біт фіксації моменту відпрацювання затримки часу t1 (T1=1 - затримка виконана)
;Біт фіксації моменту відпрацювання затримки часу t2 (T2=1 - затримка виконана)
;Біт фіксації моменту відпрацювання затримки часу t3 (T3=1 - затримка виконана)
;Бітовий буфер тимчасового зберігання при розрахунках перемикальних функцій

;Байт ОЗП за адресою 22H
;Біти значень перемикальних функцій КМ1,КМ2,КМ3,КМ4 та КТ1,КТ2,КТ3 як кінцевий
;результат їх розрахунку у кожному циклі за системою логічних рівнянь із яких
;формується байт керування силовими колами електроприводу

КМ1END BIT 10H
КМ2END BIT 11H
КМ3END BIT 12H
КМ4END BIT 13H
КТ1END BIT 14H
КТ2END BIT 15H
КТ3END BIT 16H

;Біти інверсії стану опитуваних кнопок та контактів реле(байт ОЗП із адресою 24H)
;Біт інверсії стану кнопки SB1 (стоп)
;Біт інверсії стану кнопки SB2 (пуск)
;Біт інверсії стану котушки реле напруги живлення KV двигуна
;Біт інверсії стану котушки реле максимального струму статора
;Біт інверсії стану котушки теплового реле

;Біти чинників початку відрахування затримок часу (байт ОЗП за адресою 26H)
;Біт ознаки початку відрахування затримки часу t1
;Біт ознаки початку відрахування затримки часу t2

SB1INV BIT 20H
SB2INV BIT 21H
KVINV BIT 22H
FAINV BIT 23H
FPINV BIT 24H

TN1 BIT 30H
TN2 BIT 31H

TN3 BIT 32H	;Біт ознаки початку відрахування затримки часу t3
;Службові байти	
COUNTER EQU 05H	;Лічильник кількості переповнень T/C0 (параметр підпрограми CLOCK)
CODE_U EQU 11H	;Регістр зберігання семисегментного коду символу "U"
CODE_I EQU 12H	;Регістр зберігання семисегментного коду символу "I"
CODE_T1 EQU 13H	;Регістр зберігання семисегментного коду символу "o"
CODE_T2 EQU 14H	;Регістр зберігання семисегментного коду символу "C"
INQUIRY EQU 24H	;Регістр зберігання опитаного стану зовнішніх пристроїв
MASK EQU 25H	;Службовий регістр для організації симуляції роботи реле напруги статора KV
ENDTIME EQU 27H	;Адреса зберігання значень відпрацювання затримок часу

;АДРЕСНИЙ ПРОСТІР ПРОГРАМИ ТА ОПИС ВЕКТОРІВ ПЕРЕРИВАННЯ

ORG 0H	;Початок програми
JMP 30H	;Перехід до основного місця розташування програми керування приводом
ORG 0BH	;Вектор підпрограми обслуговування запиту на переривання від таймера T/C0
JMP 350H	;Перехід до основної частини підпрограми обслуговування запиту на переривання від таймера T/C0
ORG 13H	;Вектор підпрограми обслуговування запиту на переривання на вході INT1
JMP 400H	;Перехід до основної частини підпрограми обслуговування запиту на вході INT1

;ОСНОВНА ПРОГРАМА

ORG 30H	;Скидання в «0» перемикальних функцій перед розрахунками (KM1...KM4, KT1...KT3)
MOV 20H,#0H	;Скидання в «0» бітів T1...T3 закінчення затримок часу, буферу BUF
MOV 21H,#0H	;Скидання в «0» бітів KM1END...KM4END, KT1END...KT3END як результату обрахунків
MOV 22H,#0H	;Завантаження регістру MASK для підготовки симуляції роботи реле напруги статора KV
MOV 25H,#11111011B	;Скидання в «0» бітів ознак початку відрахування затримки часу TN1...TN3
MOV 26H,#0H	;Скидання в «0» байту ENDTIME зберігання значень відпрацювання затримок часу
MOV 27H,#0H	;Налагодження T/C0 і T/C1 на режим «1» таймера (в регістрі TMOD)
MOV 89H,#00010001B	;Встановлення в регістрі IP високого рівня пріоритетів від пристроїв зовнішніх переривань
MOV 0B8H,#00000100B	;Дозвіл на обслуговування всіх запитів на переривання в регістрі IE
MOV 0A8H,#10000110B	;Налаштування всіх портів ППІ на виведення
MOV DPTR,#8003H	;Байт керівного слова для ППІ
MOV A,#80H	;Байт керівного слова в регістрі керівного слова ППІ
MOVX @DPTR,A	;Погашення знакоміць пристрою динамічної індикації
MOV DPTR,#8001H	

```

MOV A,#0FFH
MOVX @DPTR,A
BEGINN:
LCALL KEYBOARD      ;Виклик підпрограми опитування стану кнопок та контактів реле (або клавіатури симулятора)
LCALL LOGIC          ;Виклик підпрограми розрахунку перемикальних функцій
LCALL TIME           ;Виклик підпрограми перевірки виконання затримок часу
LCALL OUT            ;Виклик підпрограми передачі результату та оновлення початкових умов
MOV C,KVINV          ;Визначення спрацьовування захистів: мінімальної напруги живлення
CPL C
ANL C,FAINV           ;максимального струму статора
ANL C,FPINV          ;теплового реле
JC M40
LCALL INDICATION     ;Виклик підпрограми індикації спрацювання реле
M40: JMP BEGINN

```

```

KEYBOARD:            ;ПІДПРОГРАМА ОПИТУВАННЯ СТАНУ ЗОВНІШНІХ ПРИСТРОЇВ KEYBOARD
MOV INQUIRY,#0h      ;Скидання в «0» байту збереження стану кнопок і контактів зовнішніх пристроїв
MOV DPTR,#9005H      ;Опитування стовпця 2 кнопок та контактів або із клавіатурного симулятора
MOVX A,@DPTR
SWAP A               ;Зміщення результату опитування стовпця 2 на тетраду ліворуч
MOV INQUIRY,A        ;Збереження стану стовпця 2 у старшій тетраді байту стану кнопок та контактів
MOV DPTR,#9006H      ;Зчитування з клавіатури стану кнопок та контактів стовпця 1
MOVX A,@DPTR
ANL A,INQUIRY        ;Побітове множення результату опитування стовпця 1 із байтом стану кнопок і контактів
MOV INQUIRY,A        ;Формування результату опитування в регістрі INQUIRY
MOV A,MASK            ;(A)<-(MASK=11111011B)
ANL A,INQUIRY        ;(A)<-(INQUIRY Λ MASK)
MOV INQUIRY,A        ;(INQUIRY)<-(INQUIRY Λ MASK)– в байті INQUIRY стан кнопок та контактів (або клавіатури)
RET

```

```

LOGIC:               ;ПІДПРОГРАМА РОЗРАХУНКУ ПЕРЕМИКАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ LOGIC
MOV C,KM1            ;Розрахунок перемикальної функції  $KT1 = \overline{KM1}$ 
CPL C

```

MOV KT1END,C	
MOV C,KM2	;Розрахунок перемикальної функції $KT2 = \overline{KM2}$
CPL C	
MOV KT2END,C	
MOV C,KM3	;Розрахунок перемикальної функції $KT3 = \overline{KM3}$
CPL C	
MOV KT3END,C	
MOV C,SB2INV	;Розрахунок перемикальної функції $KM1 = [\overline{SB1}] \wedge (\overline{[SB2]} \vee KM1) \wedge \overline{[KV]} \wedge \overline{[FA]} \wedge \overline{[FP]}$
CPL C	
ORL C,KM1	
ANL C,SB1INV	
ANL C,FAINV	
ANL C,FPINV	
MOV BUF,C	
MOV C,KVINV	
CPL C	
ANL C,BUF	
MOV KM1END,C	
MOV C,KT1	;Розрахунок перемикальної функції $KM2 = \overline{KT1} \wedge KM1 \wedge T1$
CPL C	
ANL C,KM1	
ANL C,T1	
MOV KM2END,C	
MOV C,KT2	;Розрахунок перемикальної функції $KM3 = \overline{KT2} \wedge KM2 \wedge T2$
CPL C	
ANL C,KM2	
ANL C,T2	
MOV KM3END,C	
MOV C,KT3	;Розрахунок перемикальної функції $KM4 = \overline{KT3} \wedge KM3 \wedge T3$
CPL C	
ANL C,KM3	
ANL C,T3	
MOV KM4END,C	

RET

```
;-----
TIME:  MOV C,KT1END      ;ПІДПРОГРАМА TIME ПЕРЕВІРКИ ВИКОНАННЯ ЗАТРИМОК ЧАСУ
      CPL C              ;Розрахунок перемикальної функції  $TN1 = KT1_{i-1} \wedge \overline{KT1_i}$ 
      ANL C,KT1
      MOV TN1,C
      MOV C,KT2END      ;Розрахунок перемикальної функції  $TN2 = KT2_{i-1} \wedge \overline{KT2_i}$ 
      CPL C
      ANL C,KT2
      MOV TN2,C
      MOV C,KT3END      ;Розрахунок перемикальної функції  $TN3 = KT3_{i-1} \wedge \overline{KT3_i}$ 
      CPL C
      ANL C,KT3
      MOV TN3,C
      JNB KT1END,M8      ;Перехід на мітку M8, коли розрахована перемикальна функція  $KT1=0$  (ознака  $KT1END=0$ )
      JNB KT2END,M8      ;Перехід на мітку M8, коли розрахована перемикальна функція  $KT2=0$  (ознака  $KT2END=0$ )
      JNB KT3END,M8      ;Перехід на мітку M8, коли розрахована перемикальна функція  $KT3=0$  (ознака  $KT3END=0$ )
      CLR T1             ;Біт закінчення затримки T1 скинути в 0 (котушка реле часу KT1 отримала живлення)
      CLR T2             ;Біт закінчення затримки T2 скинути в 0 (котушка реле часу KT2 отримала живлення)
      CLR T3             ;Біт закінчення затримки T3 скинути в 0 (котушка реле часу KT3 отримала живлення)
      MOV 27H,#0H        ;Скидання в «0» значень відпрацювання затримок часу в ENDTIME
      MOV 88H,#00H       ;Зупинити таймер T/C0 (в регістрі TCON із адресою 88H біт TR0 встановити в 0)
      MOV 8AH,#11111111B ;Завантажити регістри TL0 та TH0 таймера T/C0 для організації за його допомогою
      MOV 8CH,#00001111B ;затримки часу тривалістю 0,1 с
      MOV R0,#0H         ;Скинути в нульовий стан регістр R0 (лічильник поточної кількості переповнень таймера T/C0)
M8:    JNB TN1,M10        ;Якщо  $TN1=0$  (чинник початку відліку затримки t1),то перейти до перевірки стану реле
      MOV COUNTER,#0AH   ;часу, що залишилися, а інакше передати параметри затримки часу t1 до процедури CLOCK
      MOV ENDTIME,#02H   ;запис в регістр COUNTER необхідної кількості переповнень T/C0 (у прикладі 1010)
      LCALL CLOCK        ;Запис до ENDTIME.1 значення 1
      JMP M30            ;Виклик підпрограми CLOCK
      MOV COUNTER,#0AH   ;Перейти до оновлення початкових умов і видачі керуючого байту до силового комутатора
M10:   JNB TN2,M20        ;Якщо  $TN2=0$  (початок відліку затримки t2),то перейти до перевірки стану реле часу, що залишилися,
```

		;а інакше передати параметри затримки часу t2 до процедури CLOCK
MOV COUNTER,#14H		;Занесення в регістр COUNTER необхідної кількості переповнень таймера T/C0 (наприклад,14H)
MOV ENDTIME,#04H		;Запис до ENDTIME.2 значення 1
LCALL CLOCK		;Виклик підпрограми CLOCK
JMP M30		;Перейти до оновлення початкових умов і видачі керуючого силовим комутатором байту
M20: JNB TN3,M30		;Якщо TN3=0 (чинник початку відліку затримки t3),то перейти до перевірки стану реле
		;часу, що залишилися, а інакше передати параметри затримки часу t3 до процедури CLOCK
MOV COUNTER,#1EH		;Передача в регістр COUNTER необхідної кількості переповнень таймера T/C0
MOV ENDTIME,#08H		;Запис до ENDTIME.3 значення T3=1
LCALL CLOCK		;Виклик підпрограми CLOCK
M30: RET		
;-----		
CLOCK:		;ПІДПРОГРАМА ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАТРИМКИ ЧАСУ CLOCK
MOV 8AH,#11111111B		;Завантажити регістри TL0 і TH0 таймера T/C0 на нову організацію затримки
MOV 8CH,#00001111B		;тривалістю 0,1 с
MOV R0,#0H		;Очистити лічильник поточної кількості переповнень таймера T/C0 (R0)→0
MOV 88H,#10H		;запустити таймер T/C0 (у регістрі TCON біт TR0 встановити в 1
RET		
;-----		
OUT:		;ПІДПРОГРАМА ПЕРЕДАЧІ РЕЗУЛЬТАТУ ОБЧИСЛЕННЯ ТА ОНОВЛЕННЯ ПОЧАТКОВИХ УМОВ
MOV A,22H		;Передача байта результатів обчислень перемикальних функцій до порту РА ППІ
MOV DPTR,#8000H		
MOVX @DPTR,A		
MOV 20H,22H		;Оновлення початкових умов
RET		
;-----		
INDICATION:		;ПІДПРОГРАМА ІНДИКАЦІЇ СТАНУ ЗАХИСНИХ ПРИСТРОЇВ
MOV 88H,#00H		;Примусове зупинення таймера T/C0
MOV A,#0FFH		;Погашення перших двох знакових позицій блоку статичної індикації
MOV DPTR,#0A000H		
MOVX @DPTR,A		
JNB KVINV, A1		;Якщо KVINV=1 (захист за напругою спрацював), то передати до регістра CODE_U
MOV CODE_U,#0C1H		;семисегментний код символу "U" і перейти до перевірки наступних захистів, інакше

	JMP A2	;передати семисегментний код пустого знакомісця
A1:	MOV CODE_U,#0FFH	
A2:	JB FAINV, A3	;Якщо FAINV=0 (захист за макс. струмом спрацював), то передати до регістра CODE_I
	MOV CODE_I,#0CFH	;семисегментний код символу "I" і перейти до перевірки наступних захистів, інакше
	JMP A4	;передати семисегментний код пустого знакомісця
A3:	MOV CODE_I,#0FFH	
A4:	JB FPINV, A5	;Якщо FPINV=0 (захист за перегрівом двигуна спрацював), то передати до регістра CODT1
	MOV CODE_T1,#9CH	;семисегментний код символу "градуси", а до регістра CODE_T2 семисегментний код
	MOV CODE_T2,#0C6H	;символу "C", закінчити перевірку захистів та перейти до індикації, інакше передати
	JMP A6	
A5:	MOV CODE_T1,#0FFH	;семисегментний код пустого знакомісця
	MOV CODE_T2,#0FFH	
A6:	LCALL DYN	
	RET	

DYN:		;ПІДПРОГРАМА ВИВЕДЕННЯ ТИПУ СПРАЦЬОВАНОГО ЗАХИСТУ НА ДИНАМІЧНУ ІНДИКАЦІЮ
	MOV R7,#04H	;Організація вкладених циклів, що утримують динамічний індикатор у стані
C2:	MOV R2,#0FFH	;підсвітлювання символів
C3:	MOV A,#0H	
	MOV DPTR,#8002H	;Вибір першого знакомісця пристрою динамічної індикації
	MOVX @DPTR,A	
	MOV A,CODE_U	;Передача коду символу на відображення на першому знакомісці (вигляд символу визначає
	MOV DPTR,#8001H	;семисегментний код, збережений у регістрі CODE_U)
	MOVX @DPTR,A	
	MOV A,#1H	;Вибір другого знакомісця пристрою динамічної індикації
	MOV DPTR,#8002H	
	MOVX @DPTR,A	
	MOV A,CODE_I	;Передача коду символу другого знакомісця на відображення (вид символу визначає
	MOV DPTR,#8001H	;семисегментний код, збережений у регістрі CODE_I)
	MOVX @DPTR,A	
	MOV A,#2H	;Вибір третього знакомісця пристрою динамічної індикації
	MOV DPTR,#8002H	
	MOVX @DPTR,A	

	MOV A, CODE_T1	;Передача символу третього знакомісця на відображення (вид символу визначає
	MOV DPTR, #8001H	;семисегментний код, збережений у регістрі CODE_T1)
	MOV A, #3H	
	MOV DPTR, #8002H	;Вибір четвертого знакомісця пристрою динамічної індикації
	MOVX @DPTR, A	
	MOV A, CODE_T2	;Передача куду символу четвертого знакомісця на відображення (вид символу визначає
	MOV DPTR, #8001H	;семисегментний код, збережений у регістрі CODE_T2)
	MOVX @DPTR, A	
	MOV A, #0FFH	;Погашення всіх знакомісць пристрою динамічної індикації
	MOVX @DPTR, A	
	DJNZ R2, C3	;Закінчення вкладених циклів виведення символів на пристрій динамічної індикації
	DJNZ R7, C2;	
	MOV R3, #0EEH	;Організація вкладених циклів, що забезпечують затримку пристрою динамічної індикації
C4:	MOV R4, #0FFH	;у вимкненому стані
C5:	DJNZ R4, C5	
	DJNZ R3, C4	
	RET	

	ORG 350H	;ПІДПРОГРАМА ОПРАЦЮВАННЯ ЗАПИТУ НА ПЕРЕРИВАННЯ ВІД ТАЙМЕРА T/C0
	PUSH 0D0H	
	PUSH 0E0H	;Запис вмісту акумулятора до стекової пам'яті
	MOV 88H, #00H	;Зупинка рахунку таймера T/C0 (в регістрі TCON біт TR0=0)
	MOV 8AH, #11111111B	;Перенавантаження регістрів TL0 і TH0 таймера T/C0 для організації затримки
	MOV 8CH, #00001111B	;тривалістю 0,1 с
	MOV 88H, #10H	;Запуск таймера T/C0
	INC R0	;Збільшення вмісту лічильника R0 кількості переповнень T/C0 на одиницю
	MOV A, R0	
	CJNE A, COUNTER, OUTM	;Перевірка досягнення встановленої в регістрі COUNTER
	MOV 88H, #00H	;Зупинити роботу таймера T/C0 (в регістрі TCON біт TR0=0)
	MOV 8AH, #11111111B	;Перезавантажити регістри TL0 і TH0 таймера T/C0 на нову організацію затримки
	MOV 8CH, #00001111B	;тривалістю 0,1 с
	MOV A, 21H	;Установлення T1, T2, T3
	ORL A, ENDTIME	

MOV 21H,A	
OUTM: POP 0E0H	;Відновлення вмісту акумулятора зі стекової пам'яті
POP 0D0H	
RET	

;-----	
ORG 400H	;ПІДПРОГРАМА ОПРАЦЮВАННЯ ЗАПИТУ НА ПЕРЕРИВАННЯ НА ВХОДІ INT1
PUSH 0D0H	
MOV C,MASK.2	;Інвертування біту, який маскує біт захисту KVINV логічним нулем
CPL C	;З кожним викликом переривання стан захисту за зникненням напруги живлення змінюється
MOV MASK.2,C	;на протилежний попередньому
POP 0D0H	
RET	

;-----	
END	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боборыкин А.В., Липовецкий Г.П. и др. Однокристалльные микроЭВМ: справочник. Бином, 1994. – 400 с.
2. Якубовский С.В., Ниссельсон Л.И., и др. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: справочник. Москва: Радио и связь, 1990 – 496 с.
3. Терещук Р.М., Терещук К.М., и др. Малогабаритная радиоаппаратура: справочник радиолюбителя. Киев: Наукова думка, 1975 – 560 с.
4. Москатов Е.А. Справочник по полупроводниковым приборам. Издание 2. Таганрог: 219 с., ил.
5. ГОСТ 19.002-80 Схемы алгоритмов и программ. Правила выполнения.
6. ГОСТ 19.003-80 Схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные графические.
7. ГОСТ 19.701-90 Схемы алгоритмов, программ, данных и систем.
8. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва: Издательский дом Додека-XXI, 2005 г. – 384 с.
9. Чебовский О.Г. и др. Силовые полупроводниковые приборы: справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва: Энергоатомиздат, 1985 г. – 400 с., ил.
10. Пупырев Е.И. Перестраиваемые автоматы и микропроцессорные системы.- М.: Наука, 1984. -192 с.
11. Трачик В. Дискретные устройства автоматики. Пер. С польск. Под ред. Д.А.Поспелова.-М.: Энергия, 1978.-456 с.
12. Колосов В.Г., Мелехин В.Ф. Проектирование узлов и систем автоматики и вычислительной техники. Учебное пособие для ВУЗов.-Л. Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1983 г.
13. Самофалов К.Г. Микропроцессоры: – Киев, 1986 г.
14. Каган В.М., Сташин В.В. Основы проектирования микропроцессорных устройств автоматики.-М: Энергоиздат, 1987.
15. Справочник: Под редакцией Хвощ С.Т. Микропроцессоры и микроЭВМ в системах автоматического управления. – Л.Машиностроение, 1987. – 640.
16. Большие интегральные схемы запоминающих устройств. Справочник/Гардонов А.Ю. и др. М.: Радио и связь. 1990.– 288 с.

**Міністерство освіти і науки, молоді та спорту
України**

Національний гірничий університет

Інститут електроенергетики

**Електротехнічний факультет
Кафедра електропривода**

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

Дисципліна: Мікропроцесорні пристрої

**Тема проекту: Застосування мікропроцесорних засобів для
модернізації релейно-контакторної схеми
керування електроприводом загально-про-
мислового механізму**

Варіант:

Виконав: студент групи _____

Перевірив: _____

**м. Дніпропетровськ
2011 р.**

Національний гірничий університет
Інститут електроенергетики
Електротехнічний факультет

Кафедра електричного привода

Дисципліна: Мікропроцесорні засоби

Спеціальність:

Курс: 4

Група

Семестр 7

Завдання
на курсовий проект студента

(прізвище, ім'я та по-батькові)

1. **Тема проекту:** Застосування мікропроцесорних засобів для модернізації релейно-контакторної схеми керування електро-приводом загально-промислового механізму.
2. **Термін здачі закінченого проекту на перевірку** -
3. **Вихідні дані до проекту:** технічна документація на мікропроцесорні засоби, індивідуальний варіант релейно-контакторної схеми керування електроприводом загально-промислового механізму, завдання на курсовий проект та літературні джерела.
4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік розроблених питань):** титульний лист; завдання на проект; зміст; вступ; вихідна схема та особливості її роботи, опис у вигляді системи логічних рівнянь; обґрунтування вибраних мікропроцесорних засобів, особливості використання в конкретних умовах проекту; розробка та опис комутатора силових кіл; розробка та опис інтерфейсів спряження МП контролера із елементами керування та силовим комутатором; розробка загальної схеми електропривода з МП засобами керування; розробка та опис алгоритмів програмного забезпечення; програмне забезпечення висновки; список використаних джерел.
5. **Перелік графічних матеріалів:** вихідна релейно-контакторна схема; загальна схема електропривода з МП керуванням; алгоритми роботи вихідної схеми та програмного забезпечення.
6. **Термін видачі завдання:** xx.xx.xx р.

Календарний план

№ п/п	Назва етапів виконання курсового проекту	Об'єм та рейтин- гова вар- тість ета- пів, %	Термін вико- нання**
1	Вивчення індивідуального варіанту релейно-контакторної схеми, опис її роботи та отримання опису у вигляді системи логічних рівнянь. Вибір та обґрунтування вибраних МП засобів, опис прийнятих рішень.	10	1 тижд.
2	Обґрунтування, розробка та опис комутатора силових кіл.	10	2 тижд.
3	Розробка інтерфейсів спряження МП контролера з елементами керування та комутатором.	10	3 тижд.
4	Розробка загальної схеми електропривода з МП контролером та комутатором силових кіл.	20	5 тижд.
5	Розробка алгоритмів та програмного забезпечення МП системи керування електроприводом. Налагодження програмного забезпечення на діючому тренажері.	20	7 тижд.
6	Підготовка пояснювальної записки, виконання графічних креслень.	20	9 тижд.
7	Демонстрація викладачеві на діючому тренажері працездатності розробленого програмного забезпечення та здача проекту на перевірку.	5	10 тижд.
8	Захист курсового проекту за конкретним розкладом викладача *).	5	10 тижд.

*) Максимальна рейтингова вартість проекту 100%. Рейтингова вартість етапів визначається якістю виконаної роботи та її захистом.
Для отримання оцінок 5, 4 та 3 необхідно набрати не менше 80, 60 та 50 балів відповідно. Запізнення у виконанні етапу на 1 термін зменшує, а дострокове виконання - підвищує його вартість на 10%.

**) Розпочинаючи з планового терміну видачі завдання.

Студент -----

(дата, підпис)

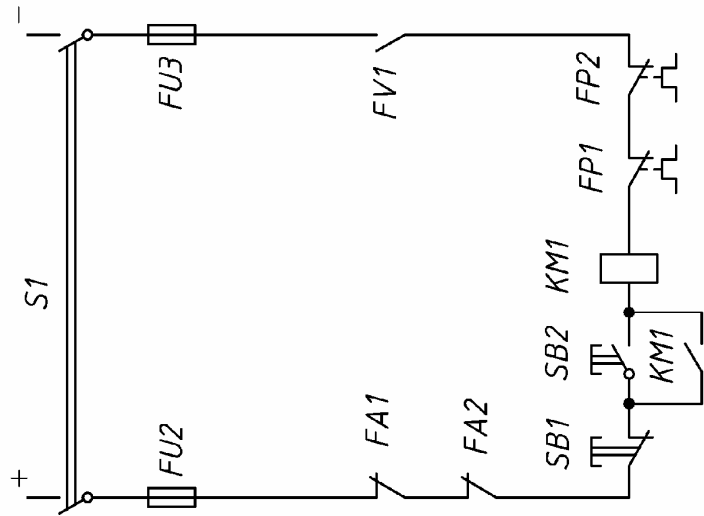
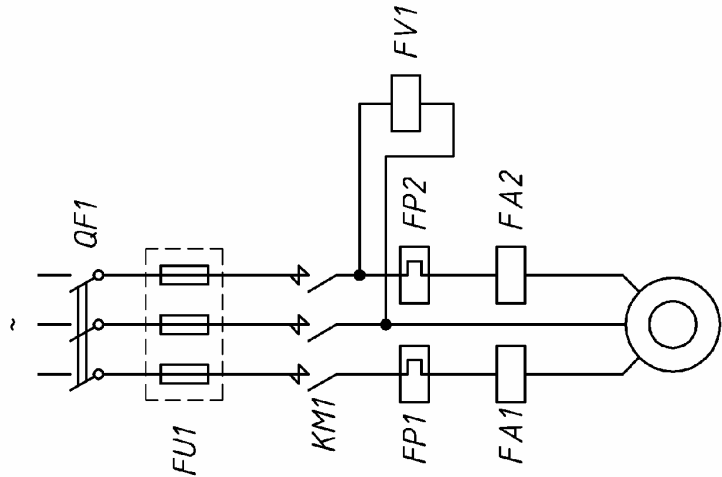
Керівник -----

(дата, підпис)

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	3
1 РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНА СХЕМА КЕРУВАННЯ.....	4
1.1 Функціонування.....	4
1.2 Логічні рівняння.....	6
1.3 Алгоритми.....	8
2 МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ.....	11
2.1 Процесорний модуль.....	11
2.2 Індикація стану вхідних та виконавчих елементів.....	12
2.3 Адресний простір мікропроцесорної системи.....	18
2.4 Спряження процесорного модуля з органами керування.....	24
2.5 Комутатор силових кіл. Інтерфейси спряження процесорного модуля з силовим комутатором.....	30
2.6 Повна схема мікропроцесорної системи керування електроприводом.....	35
3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ	34
3.1 Загальні відомості.....	34
3.2 Основний алгоритм і програмне забезпечення.....	35
3.3 Алгоритми підпрограм і програмне забезпечення.....	38
3.4 Особливості використання стенду AVR.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	42

Схема керування пуском асинхронного
двигуна з короткозамкненим ротором



Таблиця відповідностей позначень на схемі	
Позначення на схемі	Позначення у літературі
QF1	Р
FU1	1П
FU2	2П
FU3	
SB1	Стоп
SB2	Вперед
KM1	Л
FP1	1РТ
FP2	2РТ

Вихідна схема:
М.В.Мартынов, Н.Г.Переслегин
Автоматизированный электропривод в
горной промышленности (рис. VI-1)

Схема керування пуском реверсивного електропривода асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором

Таблиця відповідностей позначень на схемі	
Позначення на схемі	Позначення у літературі
QF1	Р
FU1	1П
FU2	2П
FU3	
SB1	Стоп
SB2	Вперед
SB3	Назад
KM1	В
KM2	Н
FP1	1РТ
FP2	2РТ

Вихідна схема:
М.В.Мартынов, Н.Г.Переслегин
Автоматизированный электропривод в
горной промышленности (рис. VI-2)

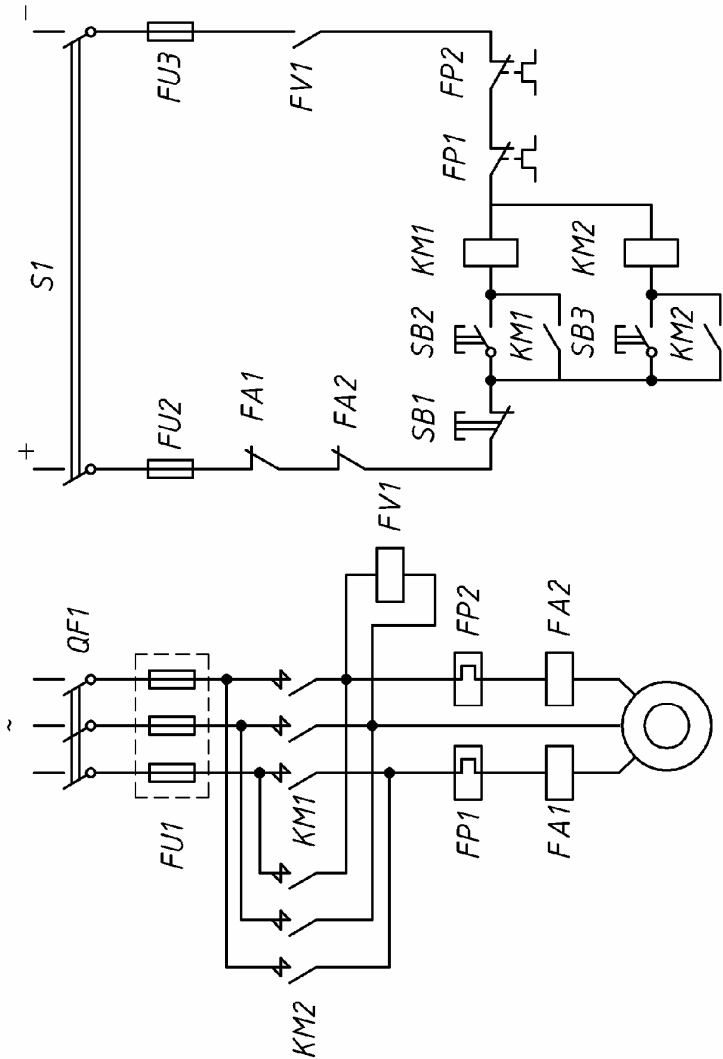
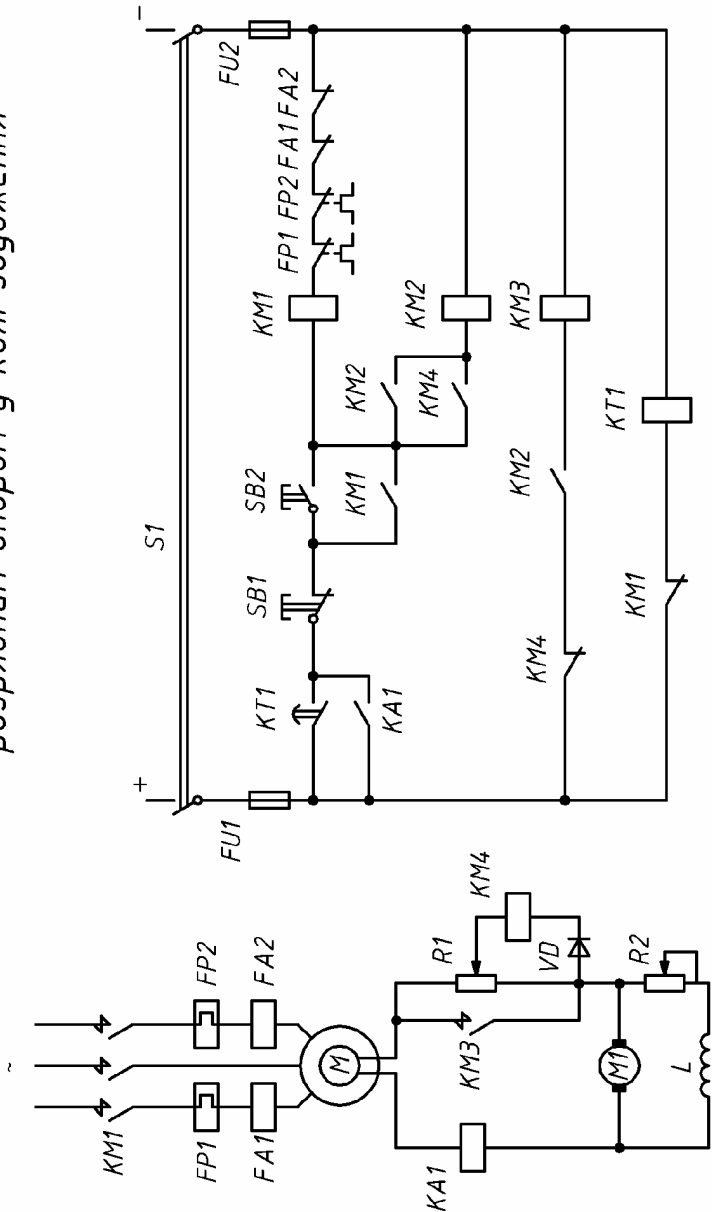


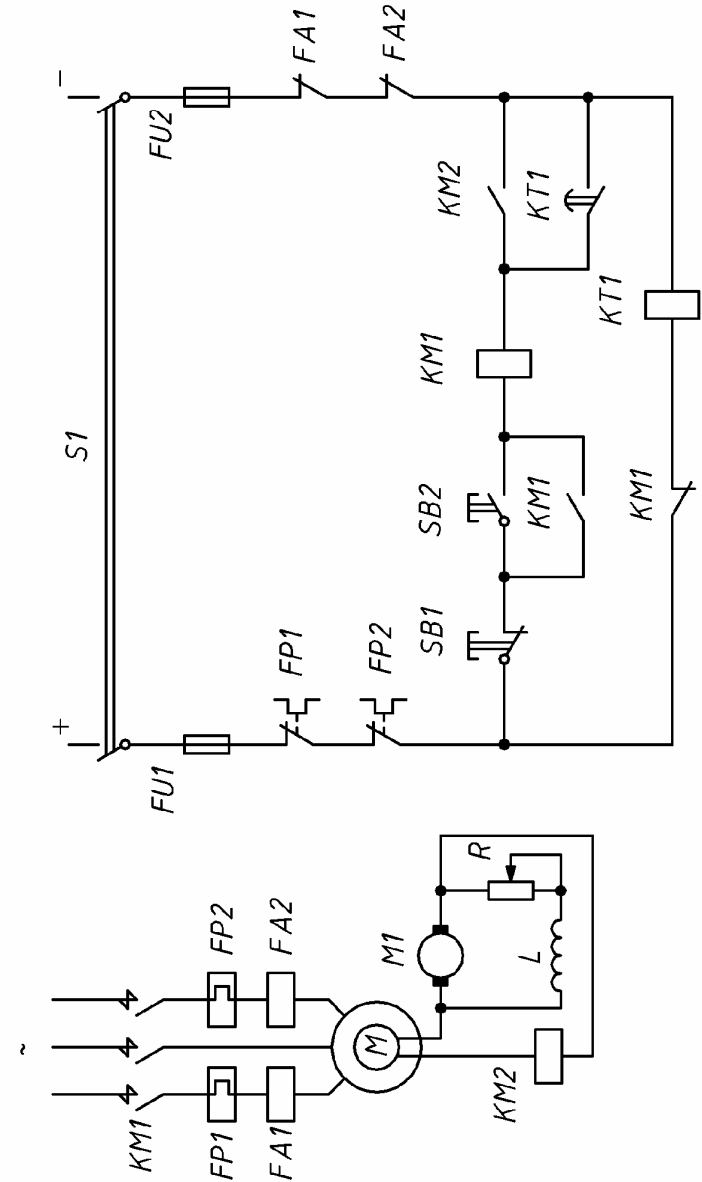
Схема пуску синхронного двигуна з розрядним опором у колі збудження



Таблиця відповідностей позначень на схемі	
Позначення на схемі	Позначення у літературі
FU1	П
FU2	
S1	Р
SB1	Стоп
SB2	Пуск
M	Д
M1	В
KM1	П
KM2	РБ
KM3	М
KM4	Р1В
KA1	Р1Т
KT1	РВ
R1	СР
R2	СВ
L	ОВВ

Вихідна схема:
М.В.Мартынов, Н.Г.Переслегин
Автоматизированный электропривод в
горной промышленности (рис. VI-5)

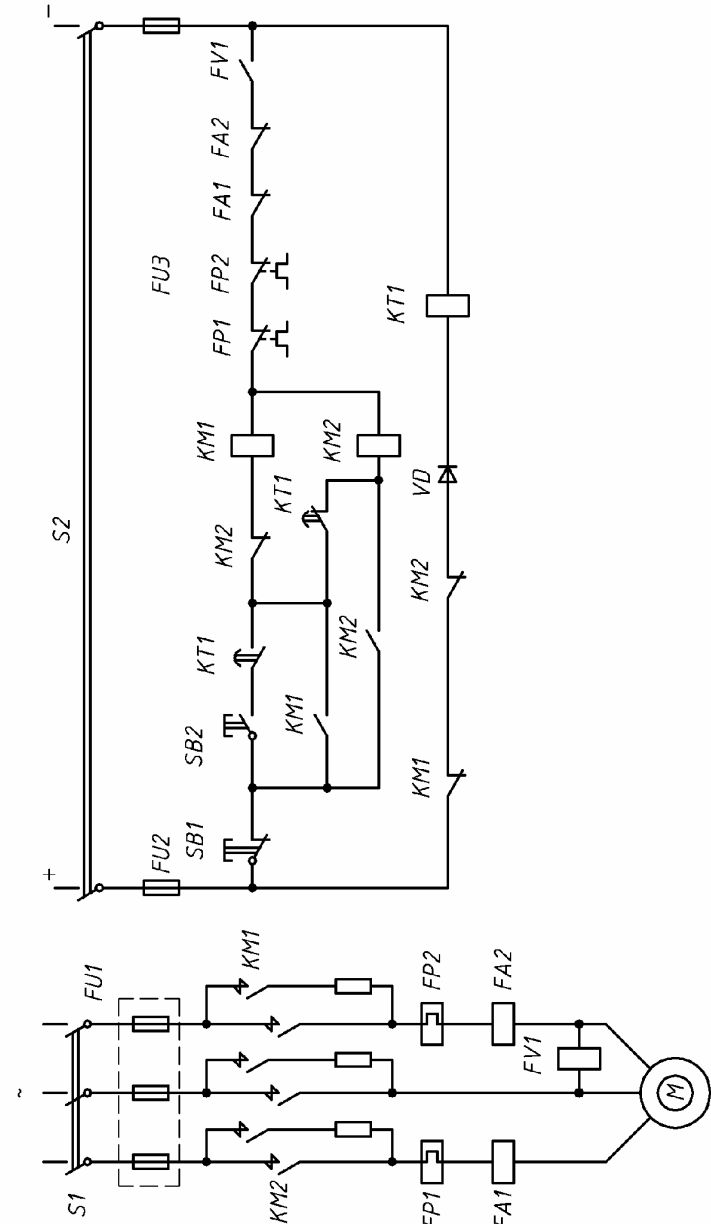
Схема пуску синхронного двигуна з постійно ввімкненим збудником



Позначення на схемі	Позначення у літературі
FU1	П
FU2	
S1	2P
SB1	Стоп
SB2	Пуск
M	Д
M1	В
KM1	Л
KM2	Р0П
KT1	РБ
R	СВ
L	ОВВ

Вихідна схема:
М.В.Мартынов, Н.Г.Переслегин
Автоматизированный электропривод в
горной промышленности (рис. VI-6)

Схема пуску асинхронного двигуна з активним опором у колі статора



Таблиця відповідностей позначень на схемі	
Позначення на схемі	Позначення у літературі
FU1	1П
FU2	2П
FU3	
S1	P
SB1	Стоп
SB2	Пуск
M	АД
KM1	Л
KM2	У
FP1	РТ
FP2	
KT1	РВ
VD	В

Вихідна схема:
М.В.Мартынов, Н.Г.Переслегин
Автоматизированный электроприбор в
горной промышленности (рис. VI-9)

Таблиця відповідностей позначень на схемі	
Позначення на схемі	Позначення у літературі
QF1	1Р
FU1	П
FU2	
S1	2Р
SB1	Стоп
SB2	Пуск
KM1	Л
KM2	1У
KM3	2У
KM4	3У
KT1	1РВ
KT2	2РВ
KT3	3РВ
M	Д
L	ОВ
R	РВ

Вихідна схема:
М.В.Мартынов, Н.Г.Переслегин
Автоматизированный электропривод в
горной промышленности (рис. VI-13б)

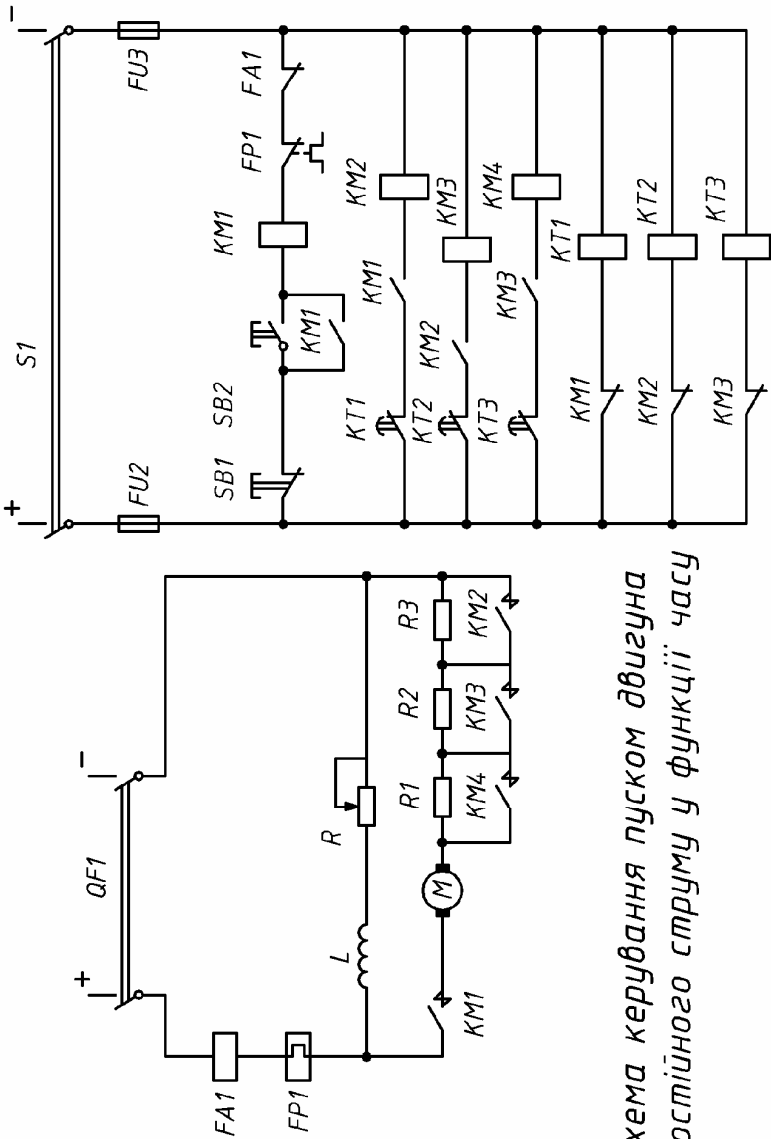
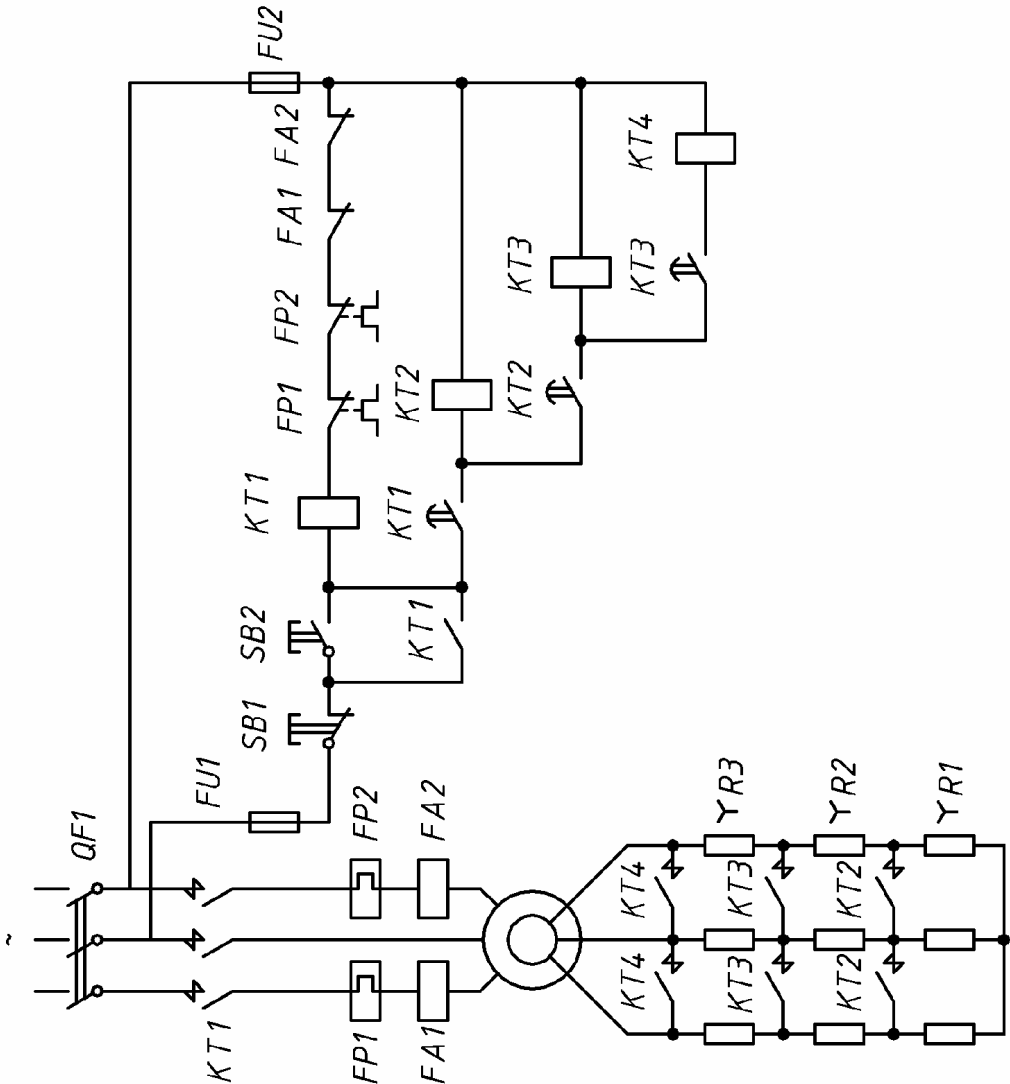


Схема керування пуском двигуна постійного струму у функції часу

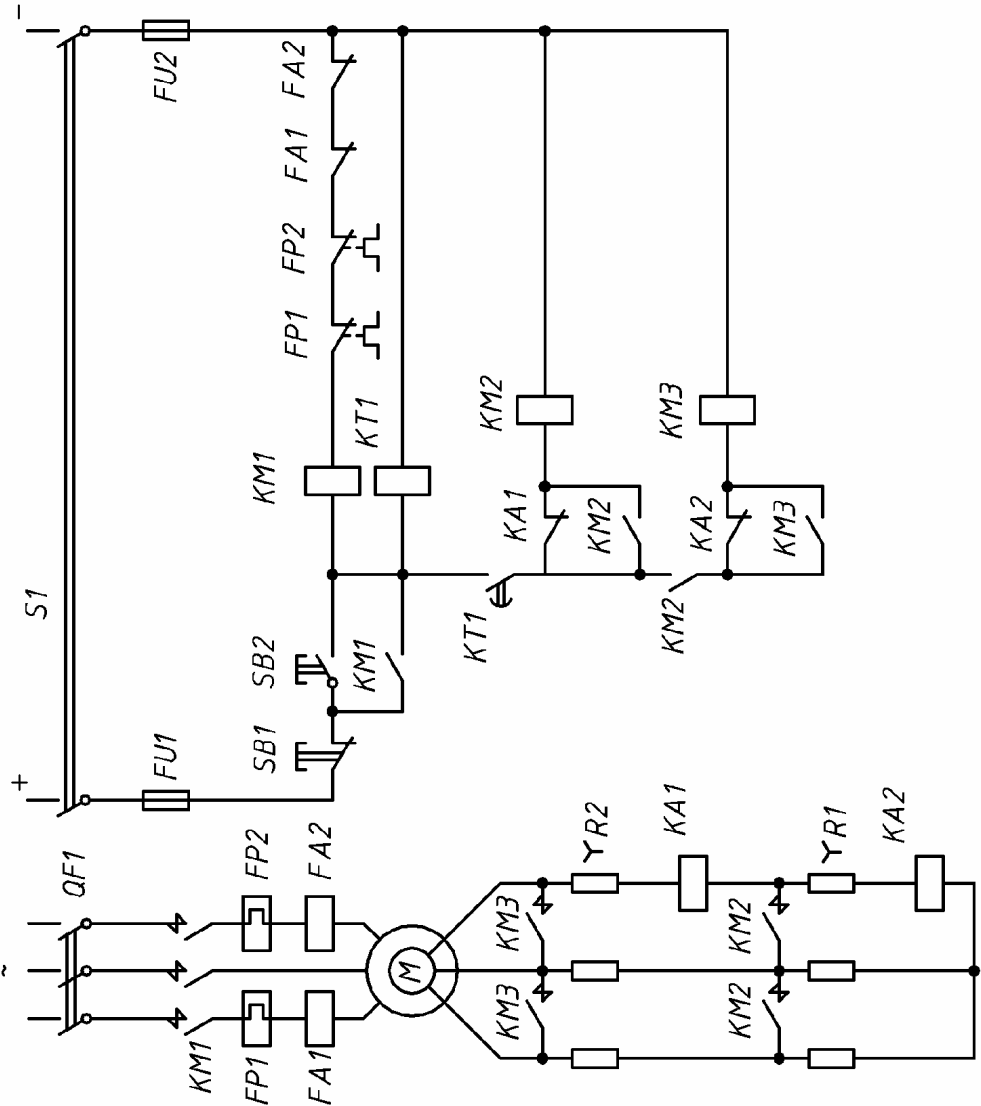
Схема керування пуском асинхронного двигуна у функції часу з маятниковими реле часу



Позначення на схемі	Позначення у літературі
QF1	Р
FU1	П
FU2	
SB1	Стоп
SB2	Пуск
KT1	Л
KT2	1У
KT3	2У
KT4	3У

Вихідна схема:
М.В.Мартинов, Н.Г.Переслегин
Автоматизированный электропривод в
горной промышленности (рис. VI-14)

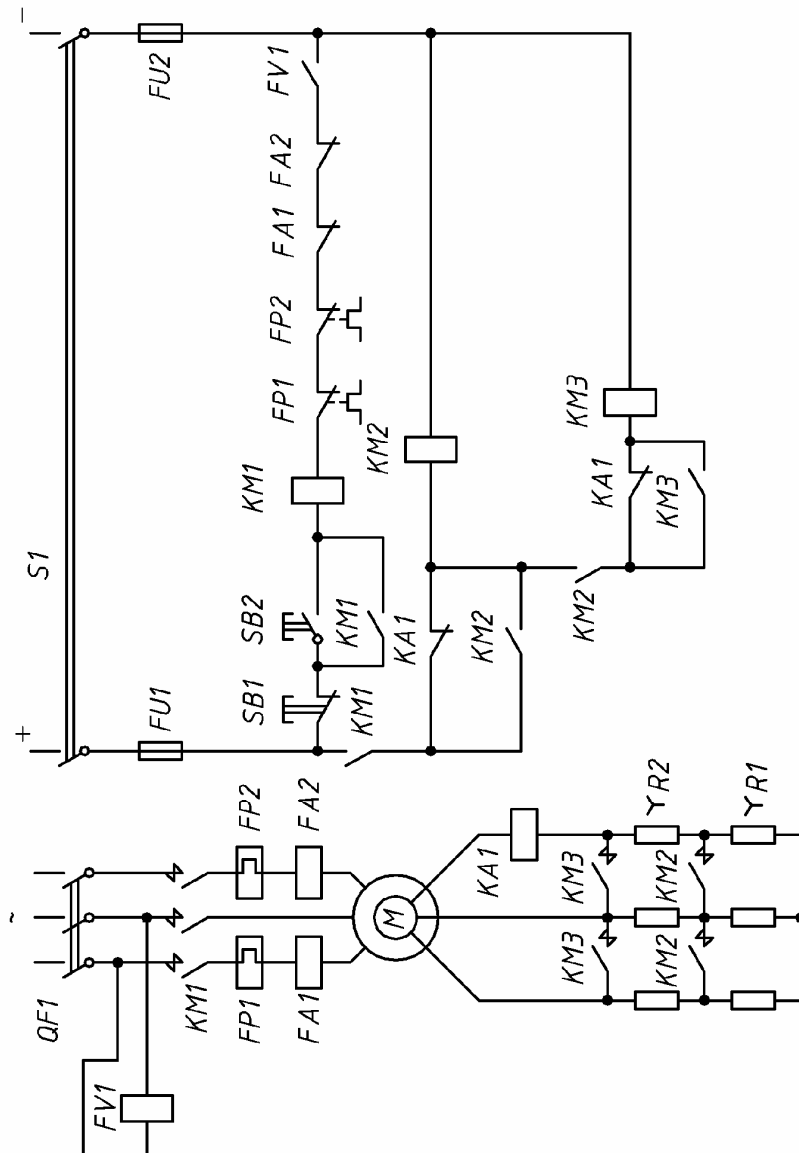
Схема керування пуском асинхронного двигуна у функції струму з кількома реле струму



Таблиця відповідностей позначень на схемі	
Позначення на схемі	Позначення у літературі і
QF1	1P
FU1	П
FU2	
S1	2P
SB1	Стоп
SB2	Пуск
M	АД
KM1	П
KM2	1У
KM3	2У
KA1	1РТ
KA2	2РТ
KT1	РБ

Вихідна схема:
М.В.Мартинов, Н.Г.Переслегин
Автоматизированный электропривод в
горной промышленности (рис. VI-16а)

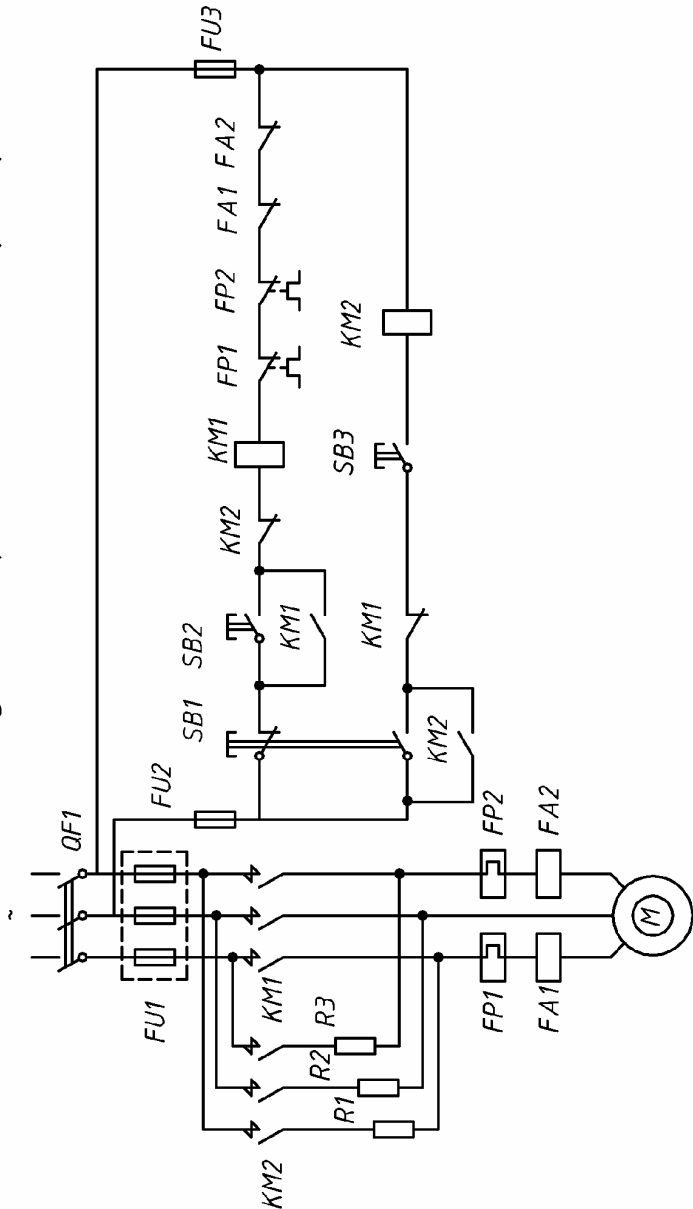
Схема керування пуском асинхронного двигуна у функції струму з одним реле струму



Таблиця відповідностей позначень на схемі	
Позначення на схемі	Позначення у літературі
QF1	1P
FU1	П
FU2	
S1	2P
SB1	Стоп
SB2	Пуск
M	АД
KM1	Л
KM2	1У
KM3	2У
KA1	1PT

Вихідна схема:
М.В.Мартынов, Н.Г.Переслегин
Автоматизированный электропривод в
горной промышленности (рис. VI-16б)

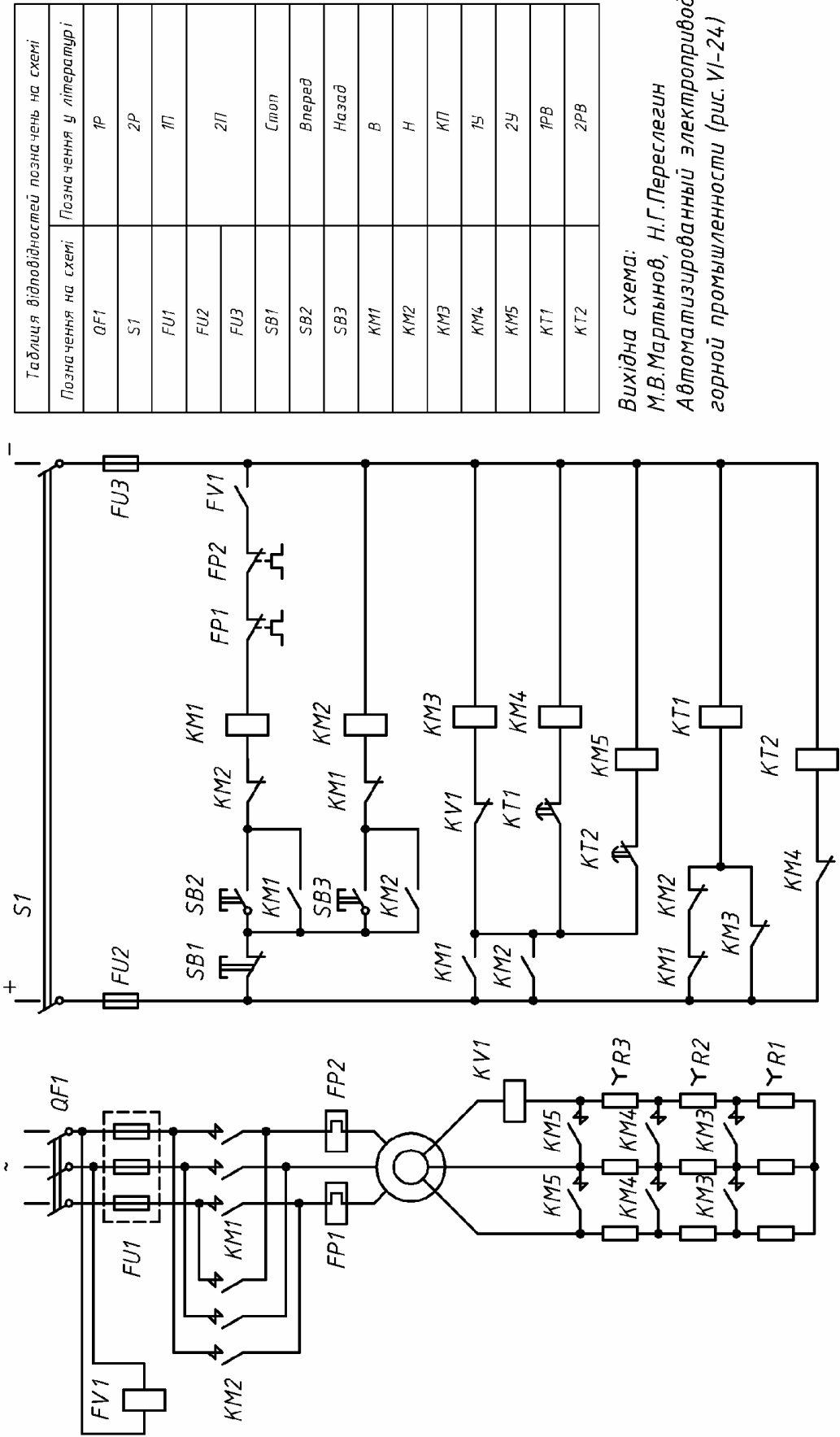
Схема керування гальмуванням асинхронного
двигуна з короткозамкненим ротором



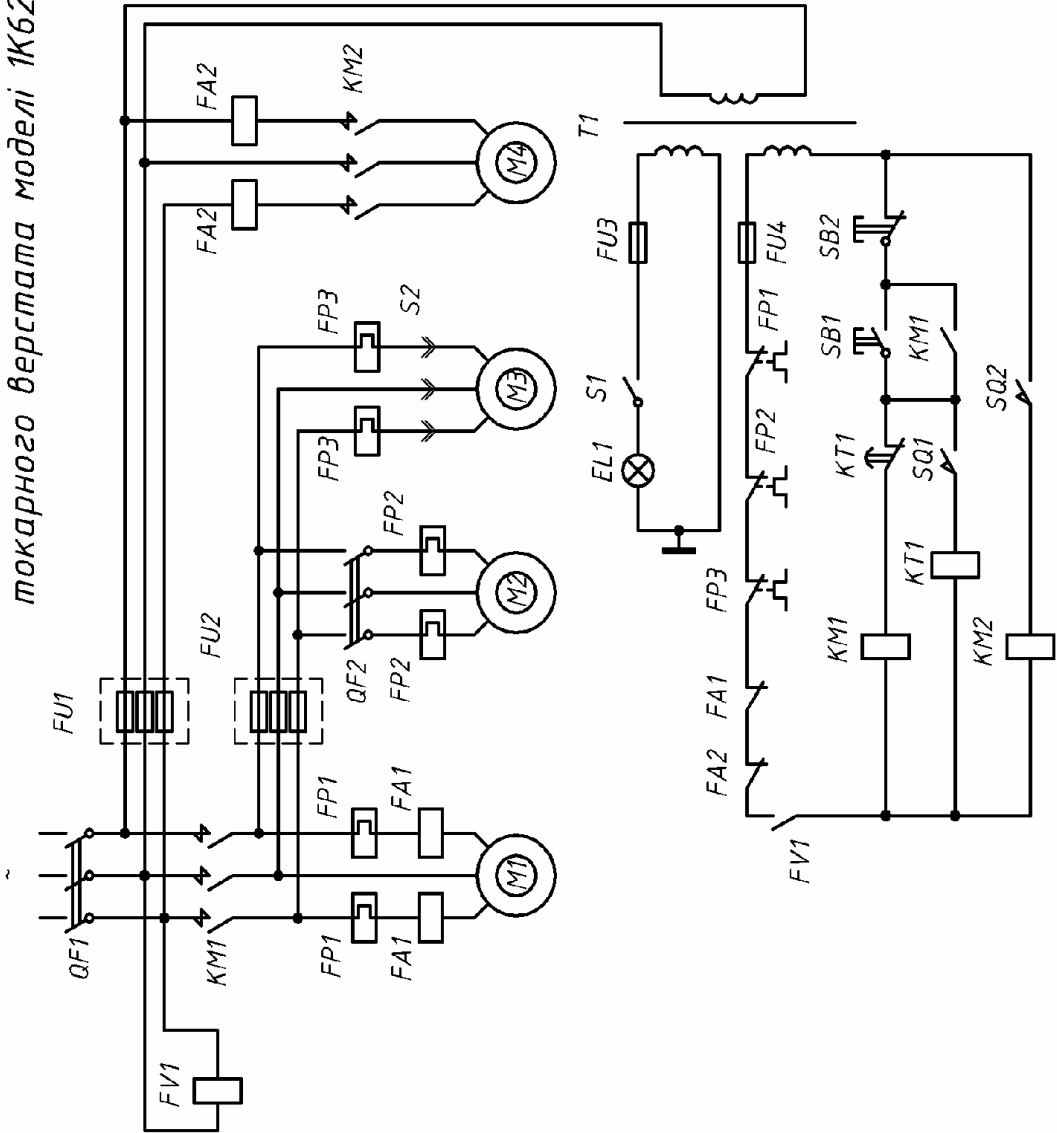
Таблиця відповідностей позначень на схемі	
Позначення на схемі	Позначення у літературі
QF1	Р
FU1	ІП
FU2	2П
FU3	
SB1	Стоп
SB2	Пуск
SB3	РКС
М	Д
KM1	Л
KM2	КП

Вихідна схема:
М.В.Мартинов, Н.Г.Переслегин
Автоматизированный электропривод в
горной промышленности (рис. VI-22)

Схема керування гальмуванням асинхронного
двигуна противмиканням



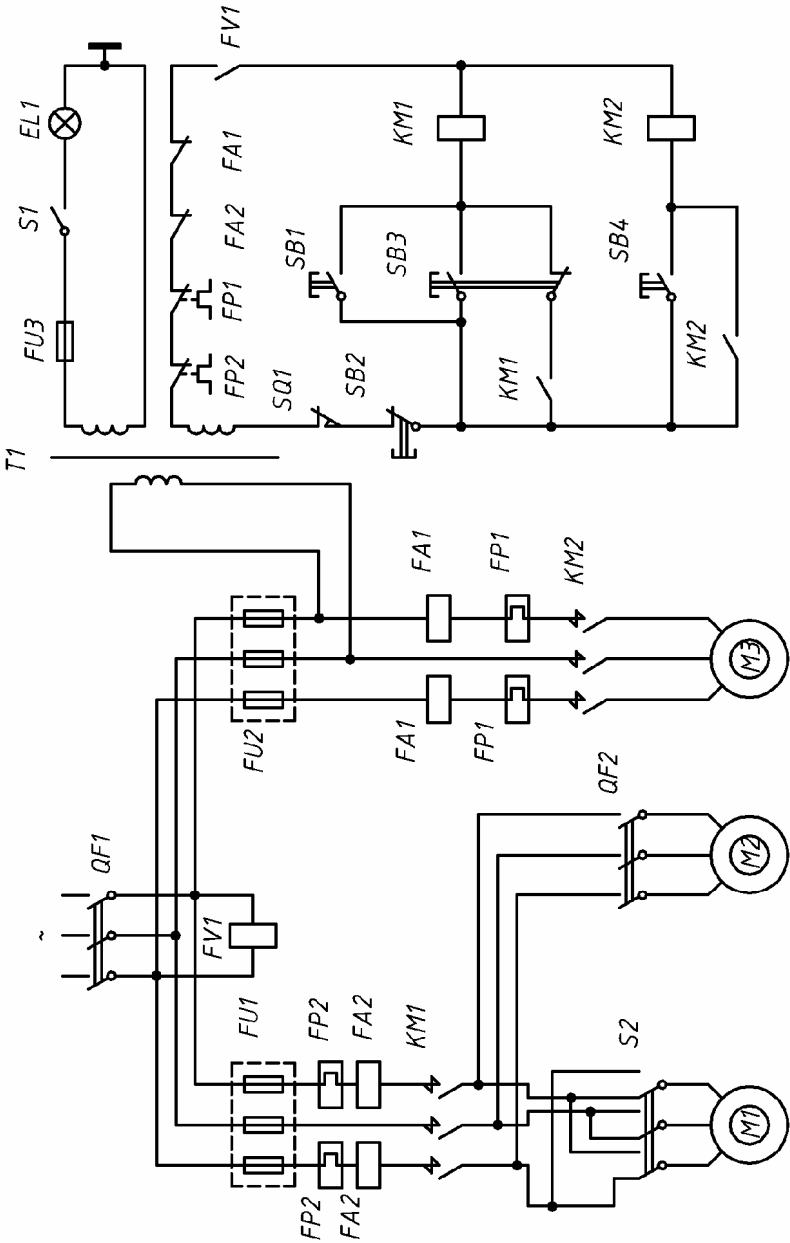
Принципова схема електропривода
токарного верстака моделі 1К62



Таблиця відповідностей позначень на схемі	
Позначення на схемі	Позначення у літературі
QF1	B1
QF2	B2
FU1	Пр1
FU2	Пр2
FU3	Пр3
FU4	Пр4
S1	B0
S2	ШР
SB1	КнП
SB2	КнС
SQ1	ПХХ
SQ2	ПБХ
M1	МГ
M2	МО
M3	МПГ
M4	МБХ
T1	Тр
EL1	Л
KM1	ГК
KM2	КБХ
FP1	РПГ
FP2	РТО
FP3	РТПГ
KT1	РВ

Вихідна схема:
С.А.Волотковский, В.И.Емец
Типовой электропривод промышленных
установок (рис. 8.4)

Принципова схема електропривода
вертикально-фрезерного верстата



Таблиця відповідностей позначень на схемі	
Позначення на схемі	Позначення у літературі
QF1	B1
QF2	B2
FU1	Пр1
FU2	Пр2
FU3	Пр3
S1	B0
S2	П
SB1	КНПШ
SB2	КНЛ
SB3	КНТ
SB4	КНП
SQ1	ПХХ
SQ2	ПБХ
M1	МШ
M2	МО
M3	МП
T1	Тр
EL1	ЛО
KM1	КШ
KM2	КП
FP1	Р1П
FP2	РТШ

Вихідна схема:
С.А.Волотковский, В.И.Емец
Типовой электропривод промышленных
установок (рис. 8.8)

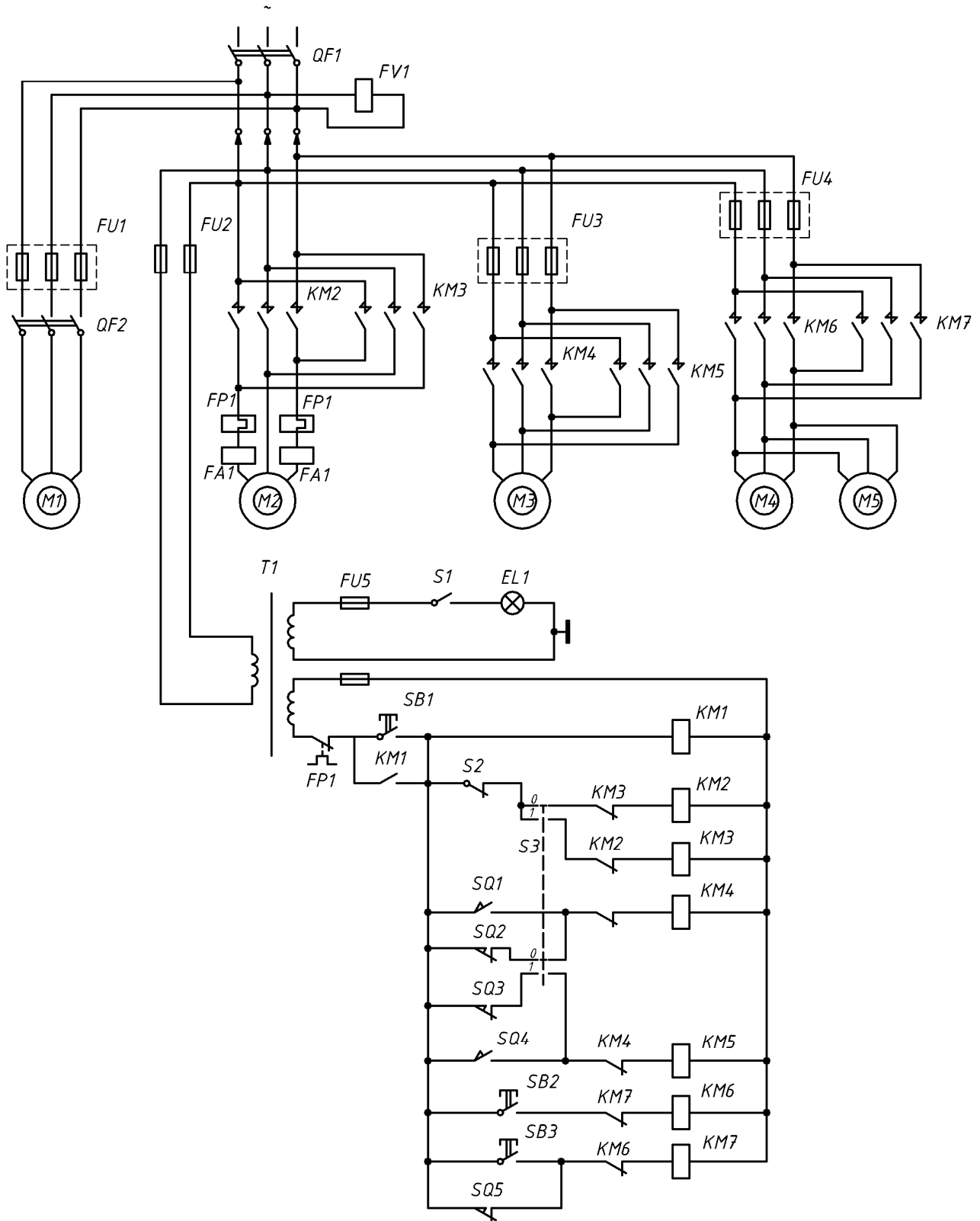
кувальної машини

Таблиця відповідностей позначень на схемі	
Позначення на схемі	Позначення у літературі
QF1	<i>B</i>
FU1	<i>Pr</i>
FU2	
SB1	<i>KHC</i>
SB2	<i>KCTB</i>
SB3	<i>KHL</i>
SB4	<i>KHTH</i>
KM1	<i>PI</i>
KM2	<i>KB</i>
KM3	<i>Y1</i>
KM4	<i>Y2</i>
KM5	<i>Y3</i>
KM6	<i>KH</i>
FP1	<i>PT1</i>
FP2	<i>PT2</i>
KT1	<i>PB1</i>
KT2	<i>PB2</i>
KT3	<i>PB3</i>
YR1, YR2, YR3	<i>R</i>

Вихідна схема:
С.А.Воложковський, В.И.Емец
Типовой электромощностной промышленный
установок (рис. 8.13)

Варіант 16 (частина 1)

Принципова схема електропривода
радіально-свердлувального верстата



Варіант 16 (частина 2)

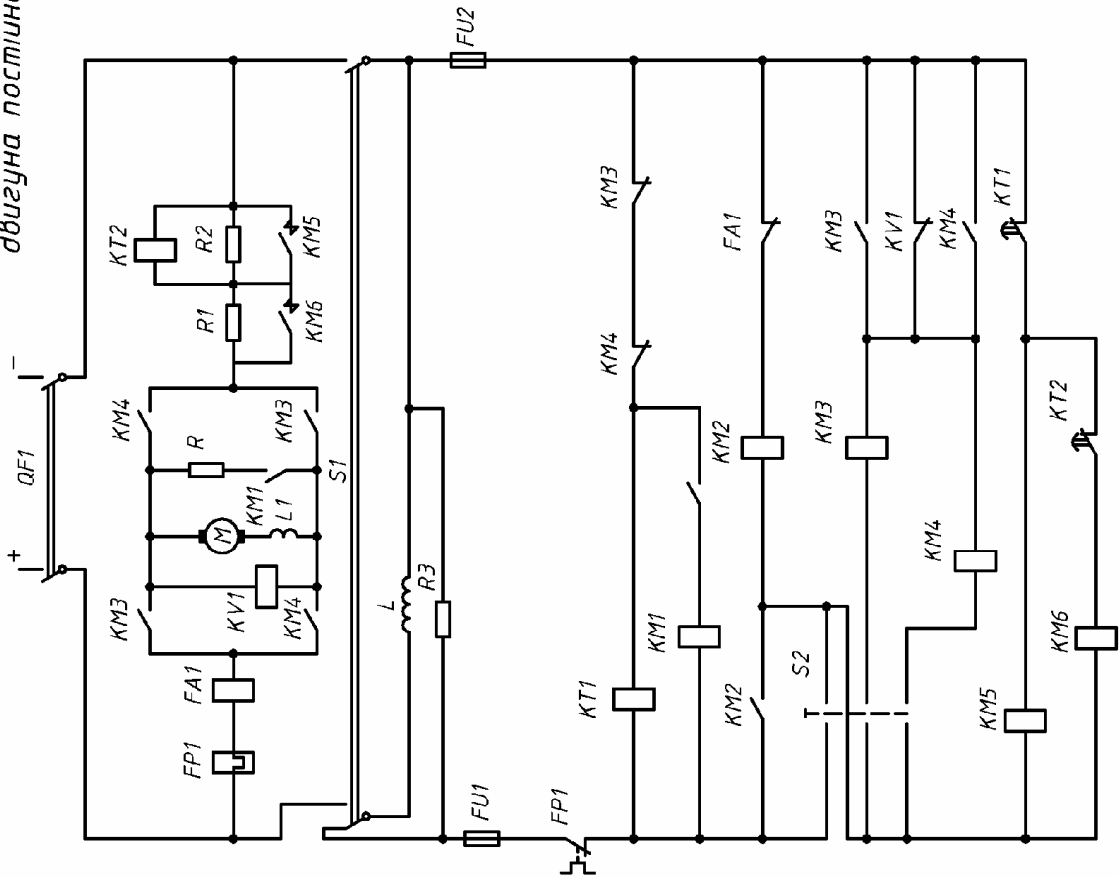
<i>Таблиця відповідностей позначень на схемі</i>	
<i>Позначення на схемі</i>	<i>Позначення у літературі</i>
<i>QF1</i>	<i>B01</i>
<i>QF2</i>	<i>B02</i>
<i>FU1</i>	<i>Пр1</i>
<i>FU2</i>	<i>Пр2</i>
<i>FU3</i>	<i>Пр3</i>
<i>FU4</i>	<i>Пр4</i>
<i>S1</i>	<i>B0</i>
<i>S2</i>	<i>BXX</i>
<i>S3</i>	<i>КП</i>
<i>SB1</i>	<i>BH3</i>
<i>SB2</i>	<i>КУ1</i>
<i>SB3</i>	<i>КУ2</i>
<i>SQ1</i>	<i>ПА3</i>
<i>SQ2</i>	<i>КВВ</i>
<i>SQ3</i>	<i>КВН</i>
<i>SQ4</i>	<i>ПА3</i>
<i>SQ5</i>	<i>BA0</i>
<i>M1</i>	<i>МО</i>
<i>M2</i>	<i>МШ</i>
<i>M3</i>	<i>МПТ</i>
<i>M4</i>	<i>МГК</i>
<i>M5</i>	<i>МГШ</i>
<i>T1</i>	<i>Тр</i>
<i>EL1</i>	<i>Л</i>
<i>KM1</i>	<i>РН</i>
<i>KM2</i>	<i>B1</i>
<i>KM3</i>	<i>H1</i>
<i>KM4</i>	<i>B2</i>
<i>KM5</i>	<i>H2</i>
<i>KM6</i>	<i>B3</i>
<i>KM7</i>	<i>H3</i>
<i>FP1</i>	<i>РТ</i>

Вихідна схема:

С.А.Волотковский, В.И.Емец

*Типовой электропривод промышленн.
установок (рис. 8.6)*

Схема керування пуском і гальмуванням
двигуна постійного струму

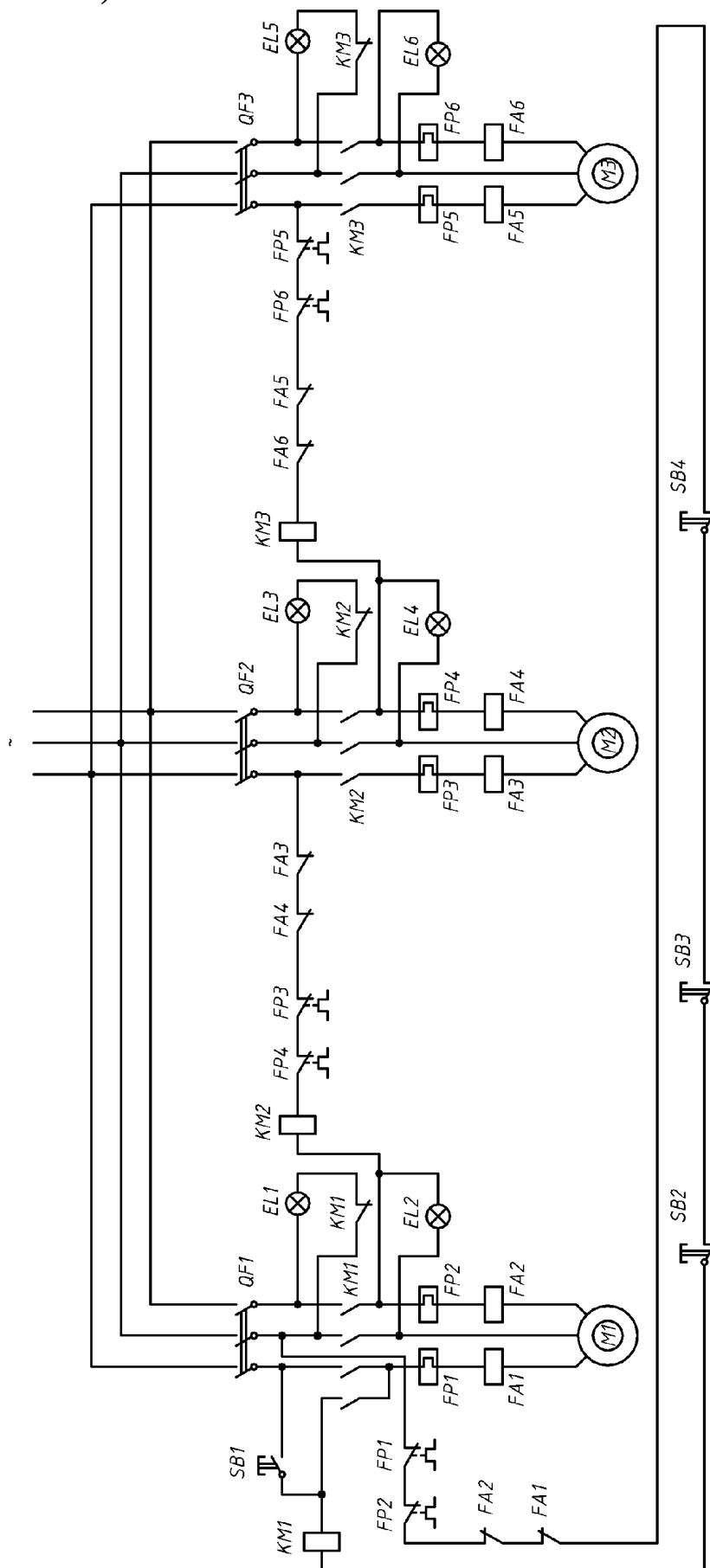


Позначення на схемі	Позначення у літературі
QF1	1Р
FU1	
FU2	Пр
S1	2Р
S2	КК
M	Я
R	
R1	
R2	
R3	СР
L	Об
L1	ОД
KM1	Д
KM2	РН
KM3	1Б,2Б
KM4	1А,2А
KM5	1У
KM6	2У
FA1	РМ
KV1	РТ
KT1	1РЧ
KT2	2РЧ

Вихідна схема:
Полтава Л.И.
Основы электропривода (рис. 130)

Варіант 18 (частина 1)

Схема керування конвеєрною лінією



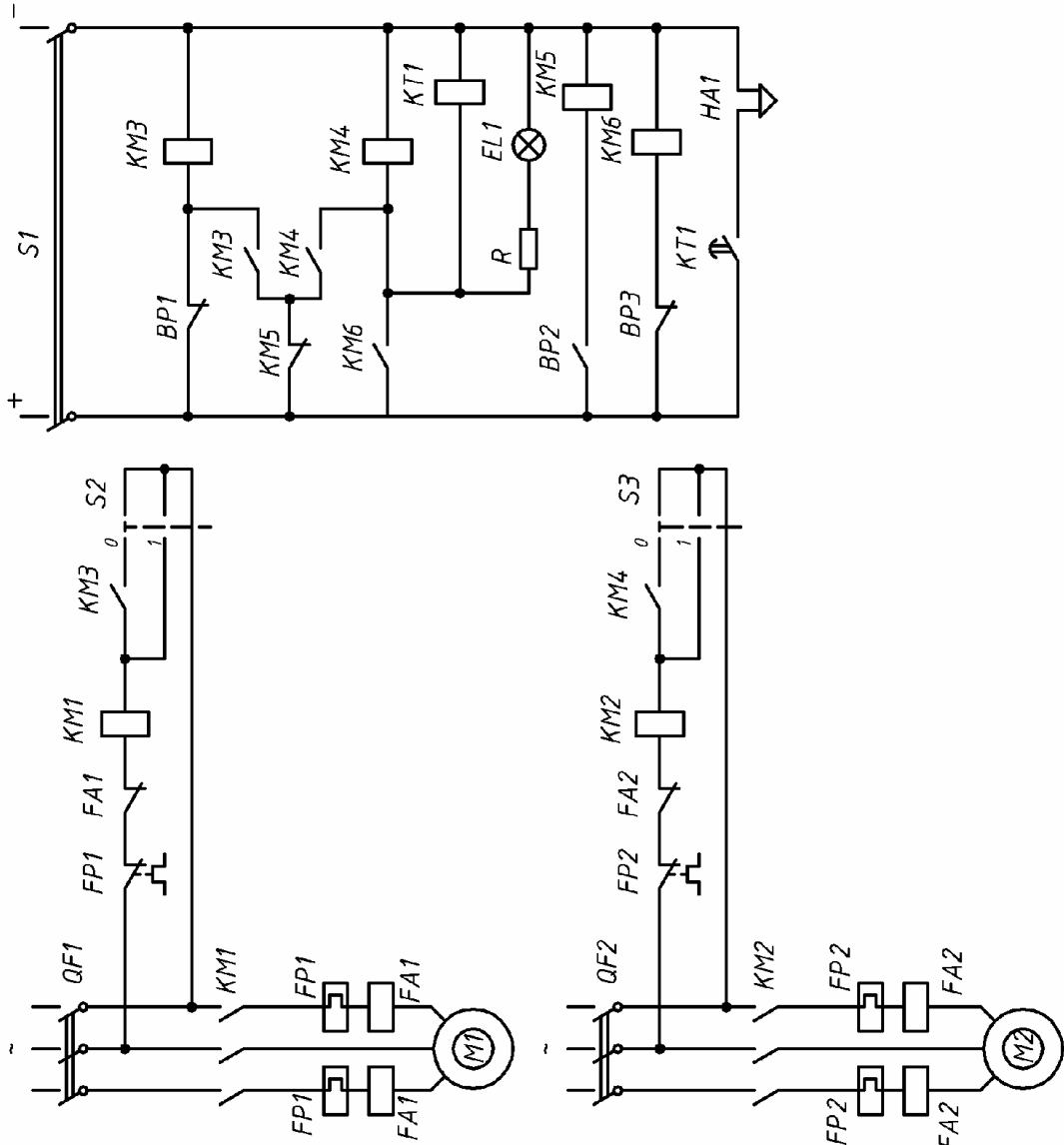
Варіант 18 (частина 2)

<i>Таблиця відповідностей позначень на схемі</i>	
<i>Позначення на схемі</i>	<i>Позначення у літературі</i>
<i>QF1</i>	<i>BA1</i>
<i>QF2</i>	<i>BA2</i>
<i>QF3</i>	<i>BA3</i>
<i>SB1</i>	<i>КнП</i>
<i>SB2</i>	<i>КнС1</i>
<i>SB3</i>	<i>КнС2</i>
<i>SB4</i>	<i>КнС3</i>
<i>EL1</i>	<i>ЛС31</i>
<i>EL2</i>	<i>ЛСК1</i>
<i>EL3</i>	<i>ЛС32</i>
<i>EL4</i>	<i>ЛСК2</i>
<i>EL5</i>	<i>ЛС33</i>
<i>EL5</i>	<i>ЛСК3</i>
<i>KM1</i>	<i>K1</i>
<i>KM2</i>	<i>K2</i>
<i>KM3</i>	<i>K3</i>
<i>FP1</i>	<i>PT1</i>
<i>FP2</i>	<i>PT2</i>
<i>FP3</i>	<i>PT3</i>
<i>FP4</i>	<i>PT4</i>
<i>FP5</i>	<i>PT5</i>
<i>FP6</i>	<i>PT6</i>

Вихідна схема:

*Капунцов Ю.Д. Елисеев В.А. Ильяшенко Л.А.
 Электрооборудование и электропривод
 промышленных установок (рис. 4.7)*

Схема керування електроприводом компресорної установки

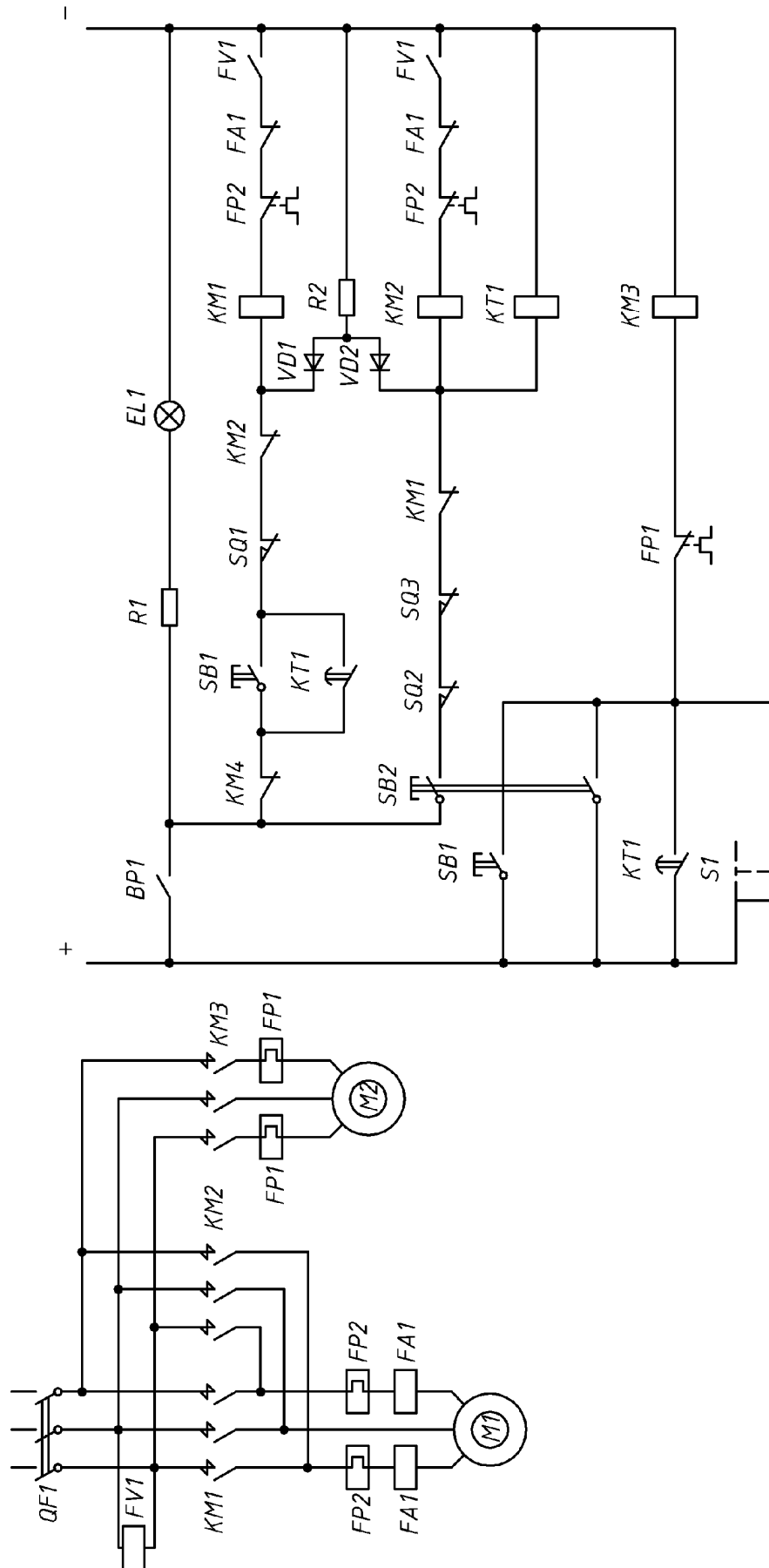


Таблиця відповідностей позначень на схемі	
Позначення на схемі	Позначення у літературі 1
QF1	BA1
QF2	BA2
S1	BA3
S2	ПУ1
S3	ПУ2
EL1	ЛС
KM1	K1
KM2	K2
KM3	P1
KM4	P2
KM5	P0
KM6	P3
KT1	PВ
BP1	Мн1
BP2	Мн2
HA1	Ср

Вихідна схема:
Капунцов Ю.Д. Елисеев В.А. Ильяшенко Л.А.
Электрооборудование и электропривод
промышленных установок (рис. 5.9)

Варіант 20 (частина 1)

Схема керування переміщенням поперечини
продольно-стругального верстата



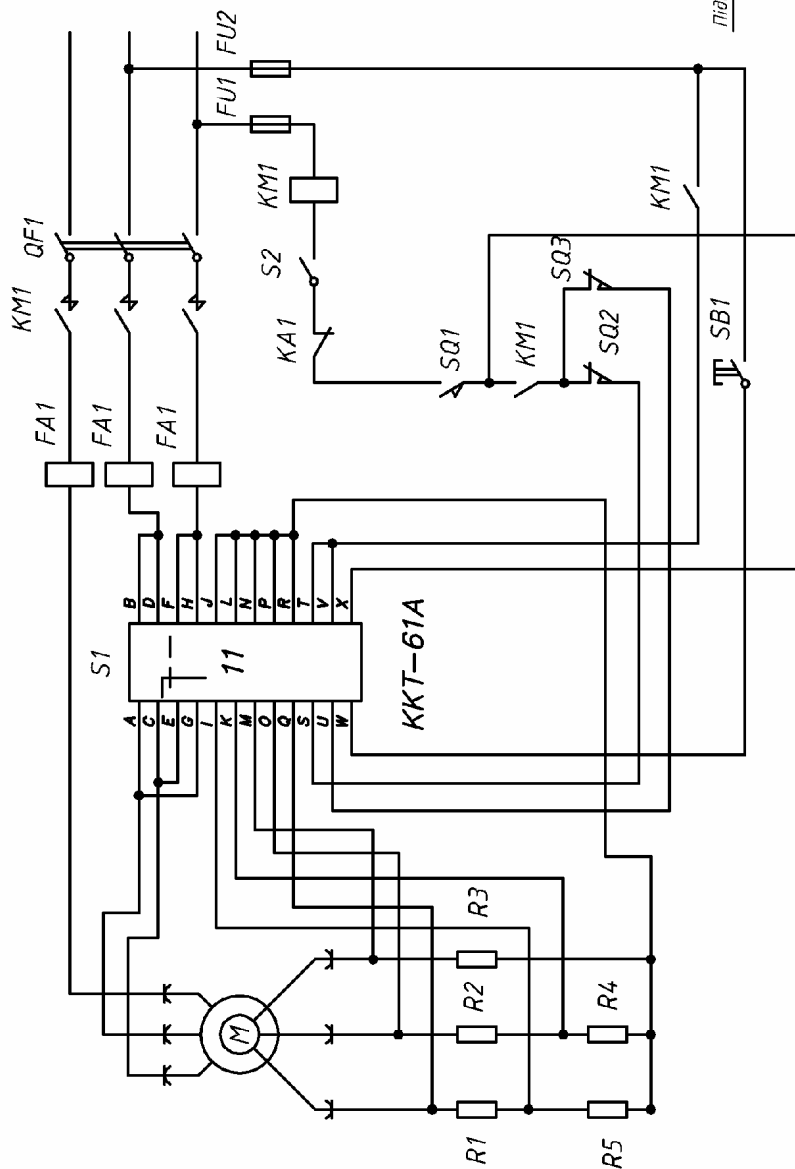
Варіант 20 (частина 2)

<i>Таблиця відповідностей позначень на схемі</i>	
<i>Позначення на схемі</i>	<i>Позначення у літературі</i>
<i>QF1</i>	<i>BA6</i>
<i>S1</i>	<i>ПК-1</i>
<i>SB1</i>	<i>Кн10</i>
<i>SB2</i>	<i>Кн11</i>
<i>SQ1</i>	<i>БК2</i>
<i>SQ2</i>	<i>KB3</i>
<i>SQ3</i>	<i>БК4</i>
<i>M1</i>	<i>M3</i>
<i>M2</i>	<i>M4</i>
<i>EL1</i>	<i>ЛС4</i>
<i>VD1</i>	<i>Д25</i>
<i>VD2</i>	<i>Д26</i>
<i>R1</i>	<i>R31</i>
<i>R2</i>	<i>R32</i>
<i>KM1</i>	<i>K3</i>
<i>KM2</i>	<i>K4</i>
<i>KM3</i>	<i>P7</i>
<i>FP1</i>	<i>PT3</i>
<i>KT1</i>	<i>PB5</i>

Вихідна схема:

*Капунцов Ю.Д. Елисеев В.А. Ильяшенко Л.А.
 Электрооборудование и электропривод
 промышленных установок (рис. 8.12)*

Таблиця відповідностей позначень на схемі	
Позначення на схемі	Позначення у літературі
QF1	P
FU1	
FU2	
FA1	PM, PM0
S1	
S2	B
SB1	K
SQ1	KB, l
SQ2	KBБ
SQ3	KBH
KM1	l
R1	P1
R2	P2
R3	P3
R4	P4
R5	P5



Вихідна схема:

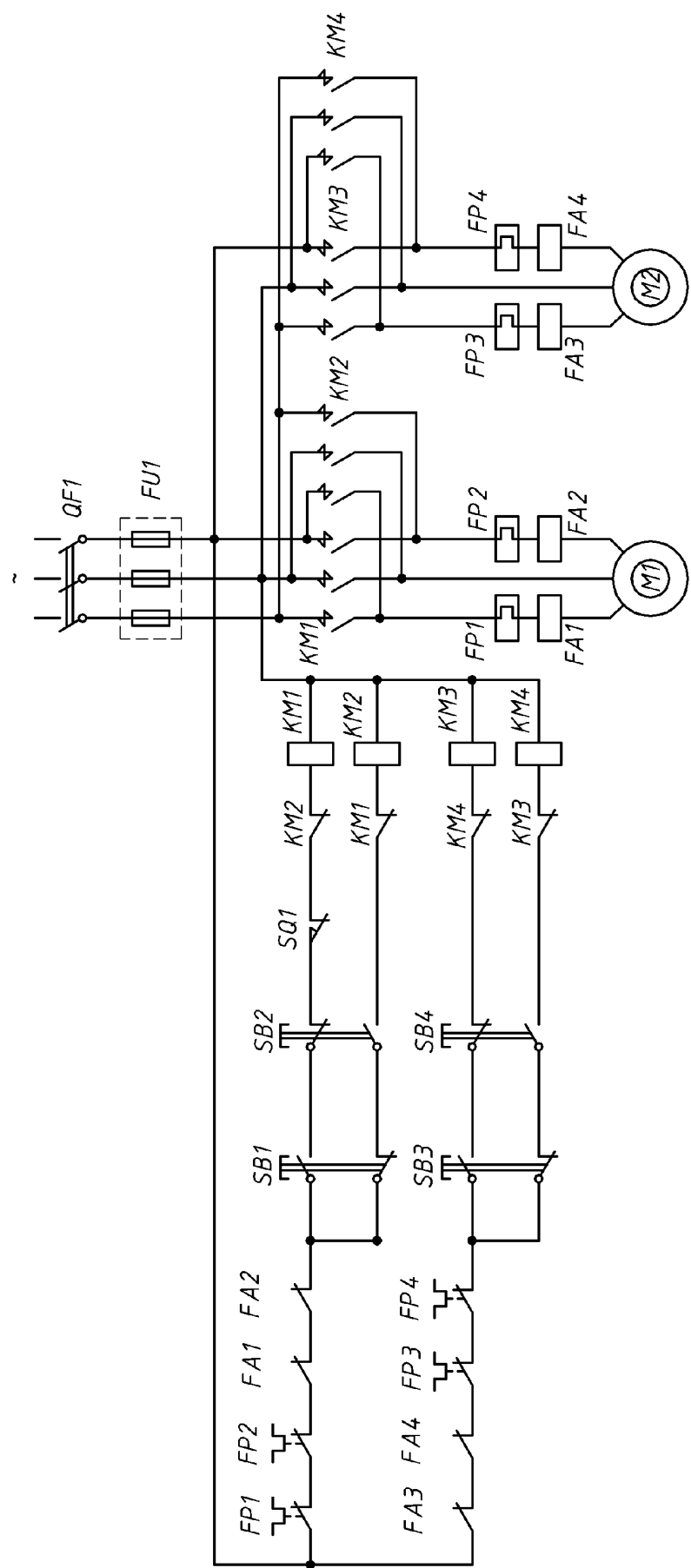
М.М. Соколов

Автоматизированный электропривод
общепромышленных механизмов (рис. 2-10)

[illegible]

Варіант 22 (частина 1)

Схема електрообладнання талі



<i>Таблиця відповідностей позначень на схемі</i>	
<i>Позначення на схемі</i>	<i>Позначення у літературі</i>
<i>QF1</i>	<i>Р</i>
<i>SB1</i>	<i>Подъем</i>
<i>SB2</i>	<i>Спуск</i>
<i>SB3</i>	<i>Вперед</i>
<i>SB4</i>	<i>Назад</i>
<i>SQ1</i>	<i>КВ</i>
<i>M1</i>	<i>1АД</i>
<i>M2</i>	<i>2АД</i>
<i>KM1</i>	<i>П</i>
<i>KM2</i>	<i>С</i>
<i>KM3</i>	<i>В</i>
<i>KM4</i>	<i>Н</i>

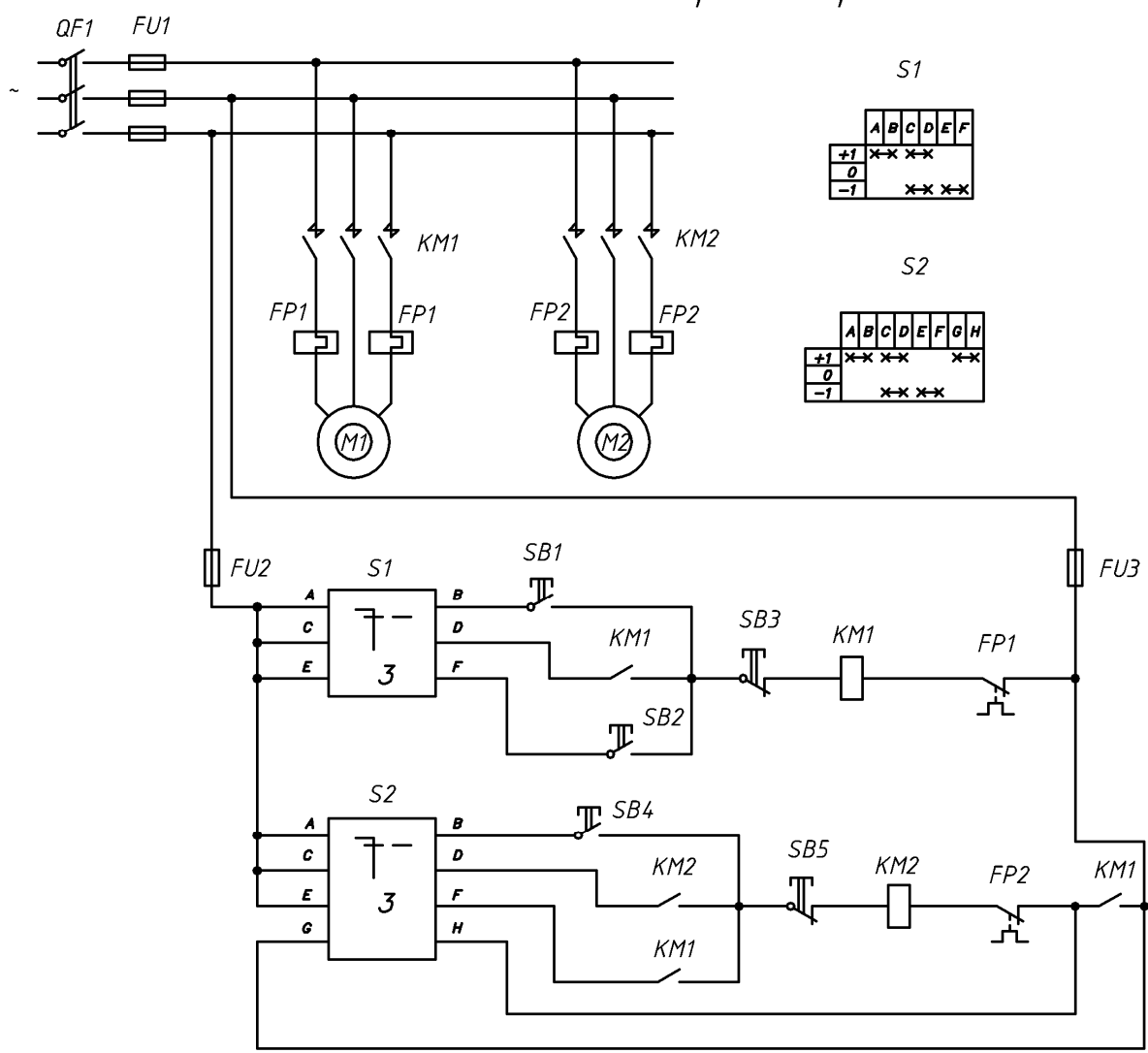
Вихідна схема:

М.М. Соколов

*Автоматизированный электропривод
общепромышленных механизмов (рис. 2–40)*

Варіант 23 (частина 1)

Принципова схема електропривода
токарного верстата моделі 1К62



<i>Таблиця відповідностей позначень на схемі</i>	
<i>Позначення на схемі</i>	<i>Позначення у літературі</i>
<i>S1</i>	<i>1УП</i>
<i>S2</i>	<i>2УП</i>
<i>SB1</i>	<i>КП1</i>
<i>SB2</i>	<i>ПД</i>
<i>SB3</i>	<i>КС1</i>
<i>SB4</i>	<i>КП2</i>
<i>SB5</i>	<i>КС2</i>
<i>M1</i>	<i>1АД</i>
<i>M2</i>	<i>2АД</i>
<i>KM1</i>	<i>1Л</i>
<i>KM2</i>	<i>2Л</i>
<i>FP1</i>	<i>1РТ</i>
<i>FP2</i>	<i>1РТ</i>

Вихідна схема:

М.М. Соколов

*Автоматизированный электропривод
общепромышленных механизмов (рис. 5–14)*

Упорядники:
КИРИЧЕНКО Віталій Іванович
КИРИЧЕНКО Владислав Віталійович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ
З ВИБІРКОВОЇ ДИСЦИПЛІНИ „МІКРОПРОЦЕСОРНІ ПРИСТРОЇ”

для студентів спеціальності 7.092203 «Електромеханічні системи
автоматизації та електропривод» напрямку «Електромеханіка»

Редакційно-видавничий комплекс
Друкується у редакційній обробці упорядників

Підписано до друку хх.хх.11. Формат 30х42/4.
Папір офсет. Ризографія. Умов. Друк. Арк. 5,6.
Обліково-видавн. арк. 5,5. Тираж 150 прим. Зам. № .

НГУ

49027, м. Дніпропетровськ-27, просп. К. Маркса, 19.