

Міністерство освіти і науки України  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра електромеханіки

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт  
з курсу «Системи управління електроприводами  
харчових виробництв»

для студентів напряму підготовки бакалаврів 6.050702  
денної форми навчання

Частина I

Затверджено  
Радою спеціальностей  
7.(8)05020201;  
Напряму підготовки бакалаврів  
6.05.07.02  
Протокол №1 від 26.09.2014



## **Мета, зміст і особливості лабораторних робіт**

Метою виконання лабораторних робіт по релейно-контакторним системам управління електроприводів з застосуванням програмованих реле і використанням перетворювачів частоти є розвиток у студентів практичних навиків самостійного проектування, монтажу і наладки схем релейно-контакторного управління електроприводів постійного і змінного струму.

Виконання лабораторних робіт має сприяти формуванню у студентів відчуття відповідальності, сумлінності і самостійності при вирішенні інженерних задач.

Відповідно до поставленої мети в основу побудови циклу лабораторних робіт закладено принцип поступового ускладнення завдань, які самостійно повинні виконувати студенти.

При виконанні першої групи лабораторних робіт основна увага надається практичному засвоєнню принципів автоматизації процесів управління у функції часу, швидкості і струму. Друга група лабораторних робіт знайомить студентів з типовими схемами управління двигунами постійного і змінного струму і закріплює практичні навички складання, розрахунку і наладки таких схем.

Основні особливості даного циклу лабораторних робіт полягає в тому що:

- кожна лабораторна робота ілюструє і підтверджує окремі положення теоретичної частини курсу, представляє собою одну з реальних типових інженерних задач, яку фахівцям доводиться вирішувати на виробництві;

- вибір одного з можливих рішень інженерної задачі здійснюється студентом з врахуванням можливості його реалізації на базі технічних засобів, що є в лабораторії;

- вірність вибраного технічного рішення поставленої задачі, а також вірність виконаних розрахунків, студенти повинні довести здійснивши монтаж і наладку розробленої схеми управління.

Для успішного подолання труднощів, що виникають при виконанні лабораторних робіт, необхідно засвоїти теоретичну частину курсу і, що особливо важливо, ретельно готуватися до виконання кожної лабораторної роботи.

### **Підготовка до виконання лабораторних робіт**

Підготовка до виконання лабораторної роботи починається з вивчення електроустаткування, яке надається до виконання поставленої задачі. При вивченні електроустаткування необхідно:



- ознайомитися з типами і конструктивними особливостями апаратів, розташованих на лабораторному стенді, який призначено для виконання заданої лабораторної роботи:

- записати основні технічні параметри апаратів, резисторів, програмованого реле, перетворювача частоти і електричного двигуна;

- накреслити розташування апаратів на релейно-контакторній панелі лабораторного стенду;

- ретельно накреслити розташування клем електродвигуна, програмованого реле, перетворювача частоти, пускових і гальмівних резисторів, а також апаратів управління.

Ескізи апаратів, встановлених на стендах, а також розташування клем електричних машин і апаратів робиться на листах клітчастого паперу формату А4. При цьому необхідно:

- використовувати монтажні символи апаратів;

- ретельно враховувати взаємне розташування апаратів, програмованого реле, перетворювача частоти, а також затискачів для їх підключення;

- звертати особливу увагу на кількість і призначення контактів і котушок кожного апарату, а також входів і виходів програмованого реле і перетворювача частоти.

Після вивчення елементів електроустаткування слід приступити до складання принципової схеми системи управління. Для цього необхідно:

- уважно вивчити умови завдання;

- скласти принципову схему перетворюючого пристрою СКЕП, що задовольняє умовам завдання;

- скласти, принципову схему управляючого пристрою СКЕП.

При складанні схеми системи управління слід користуватися літературними джерелами, прагнучи підібрати базову схему, яка хоча б частково задовольняє умовам завдання. Підібравши базову схему необхідно внести в неї зміни, досягаючись повної відповідності схеми системи управління умовам поставленої задачі.

Після складання принципової схеми системи управління, що відповідає умовам завдання, слід над нею ретельно попрацювати наступним чином:

- перевірити правильність роботи схеми при всіх заданих режимах роботи ЕП (пуск, гальмування, реверс, зміна швидкості);

- перевірити правильність роботи схеми при аварійних режимах (коротке замикання, перенавантаження ЕП, короткочасні перерви в подачі напруги);

- перевірити призначення всіх вузлів схеми з метою можливого скорочення їх кількості;

- перевірити можливість скорочення кількості апаратів і контактів в схемі системи управління;

- перевірити можливість здійснення монтажу розробленої схеми в цілому з застосуванням апаратури, яка встановлена на лабораторному стенді.



При складанні схеми системи управління і при її остаточному опрацюванні необхідно:

- чітко визначати функціональне призначення апаратів і число їх контактів;

- враховувати час включення і відключення апаратів;

На базі розробленої релейно-контакторної схеми треба розробити схему управління на базі програмованого реле. Для цього необхідно:

- визначити яка частина релейно-контакторної схеми буде реалізована в програмній та апаратній формі;

- відповідно до прийнятого рішення треба накреслити схему системи управління з застосуванням програмованого реле або перетворювача частоти;

- накреслити схему програми програмованого реле.

Остаточно визначена принципова схема повинна бути промаркирована і акуратно накреслена на листі формату А4 ( $210 \times 297 \text{мм}^2$ ) для полегшення подальшого складання монтажної схеми.

Маркування елементів схеми головного контуру треба робити з врахуванням позначень на затискачах елементів електроустаткування, а маркування елементів схеми управління – з використанням цифр. Схеми викреслюють згідно з вимогами ДОСТ і ЕСКД і відповідно до правил, наведених в [1].

Другий етап підготовки до виконання лабораторних робіт полягає в розрахунку значень опорів ступенів пускових резисторів і настройці параметрів програмованого реле і перетворювача частоти. Розрахунок опорів виконується графічними або графо аналітичними методами [6]. Розрахунок параметрів програмованого реле і перетворювача частоти здійснюється методами, які розглянуто в [2, 3, 6].

Третім етапом підготовки є складання монтажної схеми. Слід пам'ятати, що монтаж схеми з найменшою кількістю помилок виконується саме по монтажній схемі. Тому монтажна схема має бути ретельно складена і виконана на листі формату А4 ( $210 \times 297 \text{мм}^2$ ) або А3 ( $297 \times 420 \text{мм}^2$ ).

Складання монтажних схем починається з розмітки апаратів по принциповій схемі, в якій кожному з апаратів дається умовне позначення.

При розмітці апаратів слід враховувати:

- функціональну відповідність апарату (по кількості і типу контактів, по типу котушок) поставленій задачі;

- взаємне розташування апаратів на панелі, з метою отримання найкоротших з'єднань між ними;

- способи підключення електроустаткування, встановленого поза панеллю (електродвигуни, дроселі, реактори, ящики резисторів, апарати управління);

- наявність на стенді зайвих (резервних) апаратів.

Після розмітки апаратів необхідно зробити маркування їх затискачів відповідно до принципової схеми системи управління і викреслити монтажну схему. Рекомендується спочатку виконати монтажну схему перетворюючого



пристрою ЕП, а потім перейти до складання монтажною схемою системи управління. На монтажній схемі показують всі електричні зв'язки між однойменними затискачами.

При складанні монтажною схемою слід враховувати, що:

- всі з'єднання між апаратами на панелі мають бути короткими, з мінімальною кількістю перетинів;
- при приєднанні з лицьовою стороною релейно-контакторною панелі дроти не повинні порушувати роботу релейно-контакторних апаратів, тому мають бути розташовані між ними;
- апарати управління, що знаходяться поза панеллю лабораторного стенду, мають бути підключені до схеми управління загальним джгутом дротів через відповідні клеми;
- електричні машини і апарати, що встановлено поза стендом і які відносяться до перетворюючого пристрою ЕП, підключають за допомогою затискачів цих апаратів, розташованих на панелі лабораторного стенду;
- під один затискач бажано не підключати більше трьох дротів.

Після складання монтажна схема має бути ретельно перевірена. Оскільки одну лабораторну роботу виконують два студенти, то бажано, щоб один студент складав монтажну схему, а другий студент її перевіряв. Правила виконання таких схем викладено в ГОСТ 2.751-73, а також в [8, 9].

На монтажних схемах, які виконано адресним методом, замість зображень ліній електричного зв'язку показують їх адреси. З цією метою після розміщення всіх апаратів на схемі їм привласнюють номери, розташовуючи їх у порядку зростання зверху вниз і зліва направо. Порядковий номер апарату в чисельнику і функціональне позначення апарату в знаменнику окреслюють в коло. Лінію електричного зв'язку на відстані (5...15)мм від місця приєднання обривають і закінчують номером апарату (адресою), до якого вона має бути підключена.

Теоретична підготовка до лабораторних робіт полягає в вивченні частини теоретичного курсу, що відноситься до заданої задачі. Крім того, слід прояснити питання, що виникли при підготовці з теорії електроприводу, електричних машин і апаратів.

Для уточнення приблизного обсягу теоретичного матеріалу, який необхідно знати для виконання кожної лабораторної роботи, в інструкціях приведені контрольні запитання.

## **Виконання лабораторних робіт**

На заняття з лабораторних робіт студент повинен прийти із заздалегідь підготовленим протоколом, в якому має бути принципова схема і її короткий опис; монтажна схема, результати розрахунку і графіки процесів управління; специфікація устаткування.

Виконання лабораторної роботи починається із монтажу схеми. Для зменшення кількості помилок і скорочення витрати часу на монтаж схеми треба:



- відповідно до монтажної схеми позначити всі апарати на стенді, повісивши на них бирки з позначеннями;
- перевірити відповідність апаратів монтажній схемі за кількістю і типом контактів і котушок, а також по розташуванню затискачів;
- зробити маркування бирками затискачів апаратів, які задіяні при монтажі.

Монтаж системи управління електроприводу необхідно починати зі схеми перетворюючого пристрою і робити його за монтажною схемою. В більшості випадків монтаж починають від одного затискача автоматичного вимикача або рубильника, за допомогою якого буде подаватись напруга на силову частину схеми. Потім виконують монтаж послідовно рухаючись до іншого затискача. Виконані з'єднання необхідно відзначати на монтажній схемі. З'єднання треба виконувати дротом відповідного перетину і бажано одного кольору. Короткі з'єднання слід виконувати короткими дротами, довгі з'єднання – довгими дротами. Монтаж схеми повинен робити один студент, а другий повинен перевіряти його роботу. Після закінчення монтажу схеми перетворюючого пристрою та її перевірки можна приступити до монтажу схеми управління, керуючись тими ж правилами. Для монтажу схеми управління, як правило, застосовують дріт меншого перетину ніж для схеми перетворюючого пристрою.

Після закінчення монтажу всієї схеми слід запросити керівника занять і з його дозволу зробити пробне включення. Для цього спочатку треба відключити силову частину схеми (схему перетворюючого пристрою), включити схему управління і перевірити правильність послідовності включення і відключення апаратів при подачі сигналів управління від командо-апаратів. Після цього схему управління відключають і подають напругу на силову частину схеми (на схему перетворюючого пристрою). Якщо при перевірці схема управління і силова частина схеми працювали вірно, то слід включити усі автоматичні вимикачі (або рубильники) і випробувати роботу системи управління електроприводу в цілому.

**При пробних включеннях схеми управління і силової частини схеми, для того щоб уникнути враження електричним струмом, або електричною дугою, необхідно стояти в стороні від панелі з релейно-контакторними апаратами і ретельно виконувати правила техніки безпеки.**

Переконавшись в правильності роботи схеми, слід ретельно укласти і підв'язати всі дроти. Потім необхідно налагодити, роботу всієї системи управління електроприводу відповідно завданню, для чого потрібно послідовно виконати регулювання апаратів, досягаючи правильного протікання всіх процесів управління в ЕП.

Якщо в процесі перевірки схеми знайдена несправність, то для її швидкого усунення необхідно спочатку встановити можливу причину помилки по схемі (обрив дроту, невірне під'єднання котушки або контакту). Потім необхідно перевірити відповідність виконаних електричних з'єднань за



монтажною і принциповою схемами, починаючи від котушки апарату, який невірно працює. Якщо монтаж схеми виконано правильно, то за допомогою вольтметра або контрольної лампи, дотримуючись правил безпеки, послідовно перевіряють справність електричного контуру котушки апарату, який невірно працює. Для швидкого усунення несправності необхідно знати принцип роботи і призначення кожного схемного вузла і кожного електричного контуру. При наладці схем слід користуватися рекомендаціями, наведеними в [7].

Після наладки схеми і регулювання апаратів бажано провести реєстрацію перехідних процесів за допомогою осцилографа або іншого реєструючого приладу під керівництвом викладача або інженера лабораторії.

Лабораторна робота №1 складається з двох завдань. В завданні 1 необхідно розробити електричну схему автоматичного пуску трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора. Це завдання дуже детально розглянуто в методичних вказівках, що значно облегшує його виконання. Це зроблено для того, щоб дати студентам можливість ознайомитися з лабораторними стендами, а також з процедурою виконання лабораторної роботи, а також показати студентам як треба виконувати креслення електричних схем.

В завданні 2 необхідно розробити електричну схему автоматичного пуску і реверсу трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора. Тобто воно є трохи складнішим за завдання 1, але дуже на нього схоже. Тому студенти мають його вирішити самостійно, використовуючи досвід, набутий при виконанні завдання 1.

Лабораторна робота №8 «Електропривод механізму підйому ліфта на базі схеми прямого пуску и реверсу АД» є більш складним варіантом лабораторної роботи №1, оскільки потребує залучення до електричної схеми додаткових апаратів.

Лабораторна робота № 3 «Резисторні та реакторні схеми пуску АД» також складається з двох завдань. В завданні 1 необхідно розробити електричну схему автоматичного пуску АД-КЗ з одним ступенем пускового резистора. В завданні 2 необхідно вирішити більш складну задачу, а саме, розробити електричну схему автоматичного пуску АД-КЗ з двома ступенями пускового резистора. Процедура вирішення завдання 1 дуже детально розглянута в методичних вказівках, що значно облегшує її виконання. Завдання 2 студенти повинні виконати самостійно, використовуючи досвід, набутий при виконанні завдання 1.

Лабораторна робота №9 «Пуск АД-КЗ за схемою зірка - трикутник» також дуже детально розглянута в методичних вказівках, що значно облегшує її виконання.

Лабораторну роботу №4 «Дистанційне керування групою трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором» студенти мають виконати самостійно.

Лабораторна робота №7 «Автоматичне управління двигуном постійного



струму змішаного збудження» є досить складною для виконання студентами, тому монтаж цієї схеми виконано заздалегідь і студентам треба лише ознайомитись з її роботою, провести експеримент, побудували експериментальні і теоретичні діаграми пуску, оформити протокол, а також відповісти на контрольні запитання викладача.

Лабораторна робота №10 «Управління пуском і гальмуванням двигунів постійного струму у функції часу» дуже детально розглянута в методичних вказівках, що значно облегшує її виконання.

Лабораторну роботу №12 «Управління пуском і гальмуванням двигунів постійного струму у функції струму» розглянуто дуже детально в методичних вказівках, що значно облегшує її виконання.

Лабораторну роботу №11 «Керування пуском и гальмуванням двигунів постійного струму в функції швидкості» студенти мають виконати самостійно, використовуючи електричні схеми, наведені в методичних вказівках до цієї роботи, а також схеми, наведені в лабораторній роботі №12.

З дозволу викладача кожна лабораторна робота може виконуватись студентами на протязі 2-х занять. На першому заняті студенти показують керівнику занять попередньо оформлені протоколи і відповідають на контрольні запитання показуючи свою готовність до виконання лабораторної роботи, а на другому заняті виконують саму лабораторну роботу.

### **Оформлення протоколу**

Завершальним етапом лабораторної роботи є оформлення протоколу, що є, по суті, звітом про виконану в лабораторії роботу. Якість оформлення протоколу не тільки характеризує відношення студента до виконаної роботи, але і прищепляє практичні навички оформлення звітів, виховує відчуття відповідальності за виконувану роботу.

У протоколі приводять розрахунки, принципову і монтажну схеми, специфікацію електроустаткування, осцилограми і висновки щодо виконаної роботи.

Розрахунки приводять з необхідними поясненнями. Графіки до розрахунків виконують олівцем на листах формату А4 (210×297мм<sup>2</sup>) з дотриманням правил креслення графіків з необхідними поясненнями і написами.

До протоколу прикладають акуратно оформлені принципову і монтажну схеми, які необхідно виконувати на окремих листах.

Опис роботи схеми повинен бути коротким, але ясним. Повинна бути дана загальна характеристика схеми, вказані її основні особливості і приведено опис роботи складних вузлів.

Специфікацію електроустаткування виконують по стандартній формі. Особливу увагу треба звернути на запис найменування кожного апарату і його короткої технічної характеристики. Запис в цій графі має бути зроблено в строгій відповідності до оформлення замовлення на даний тип устаткування. За відсутності каталогу на деякі з типів устаткування, а також для



нестандартних типів устаткування запис в специфікації повинен робитися по аналогії із типами устаткування, наведеними в каталогах.

Важливим елементом протоколу є висновки, в яких слід наводити зауваження по суті фізичних процесів, що мали місце в схемі електроприводу при виконанні роботи, а також про причини невідповідності результатів розрахунку і експерименту, про особливості роботи застосованої апаратури.

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.**

### **ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ З АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ДВИГУНАМИ ЗМІННОГО СТРУМУ**

#### **Лабораторна робота №1**

#### **Автоматичний пуск трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора**

##### **Мета роботи:**

1. Розробити електричну схему автоматичного пуску трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора (АД-КЗ) з застосуванням програмованого реле EASY.

2. Провести монтаж і настройку електричної схеми автоматичного пуску трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора.

3. Перевірити дію апаратів нульового захисту, максимально-струмового захисту, визначити час спрацьовування теплового реле при заданому перенавантаженні двигуна.

##### **Основні теоретичні положення**

Трифазні асинхронні двигуни з короткозамкнутою обмоткою ротора (АД-КЗ) з релейно-контакторною системою управління, як правило, застосовують для виконання 1-ої задачі автоматизації технологічних процесів – а саме для пуску, зупинки і реверсу виробничого механізму, який працює на одній нерегульованій швидкості. Похибка регулювання швидкості визначається жорсткістю природної механічної характеристики АД-КЗ. Регулювання частоти обертання валу АД-КЗ не передбачається. Основна вимога до схеми автоматичного пуску АД-КЗ – забезпечити безаварійний пуск, гальмування і реверс електроприводу та технологічного механізму без перенавантаження джерела електричної енергії, до якого підключено електропривод.

Пускові властивості трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора оцінюють за механічними  $M(\omega)$  і електромеханічними характеристиками  $I_S(\omega)$ ,  $I_R(\omega)$ , графіки яких показано на рис.1.1, на рис.1.2 і на рис.1.3.



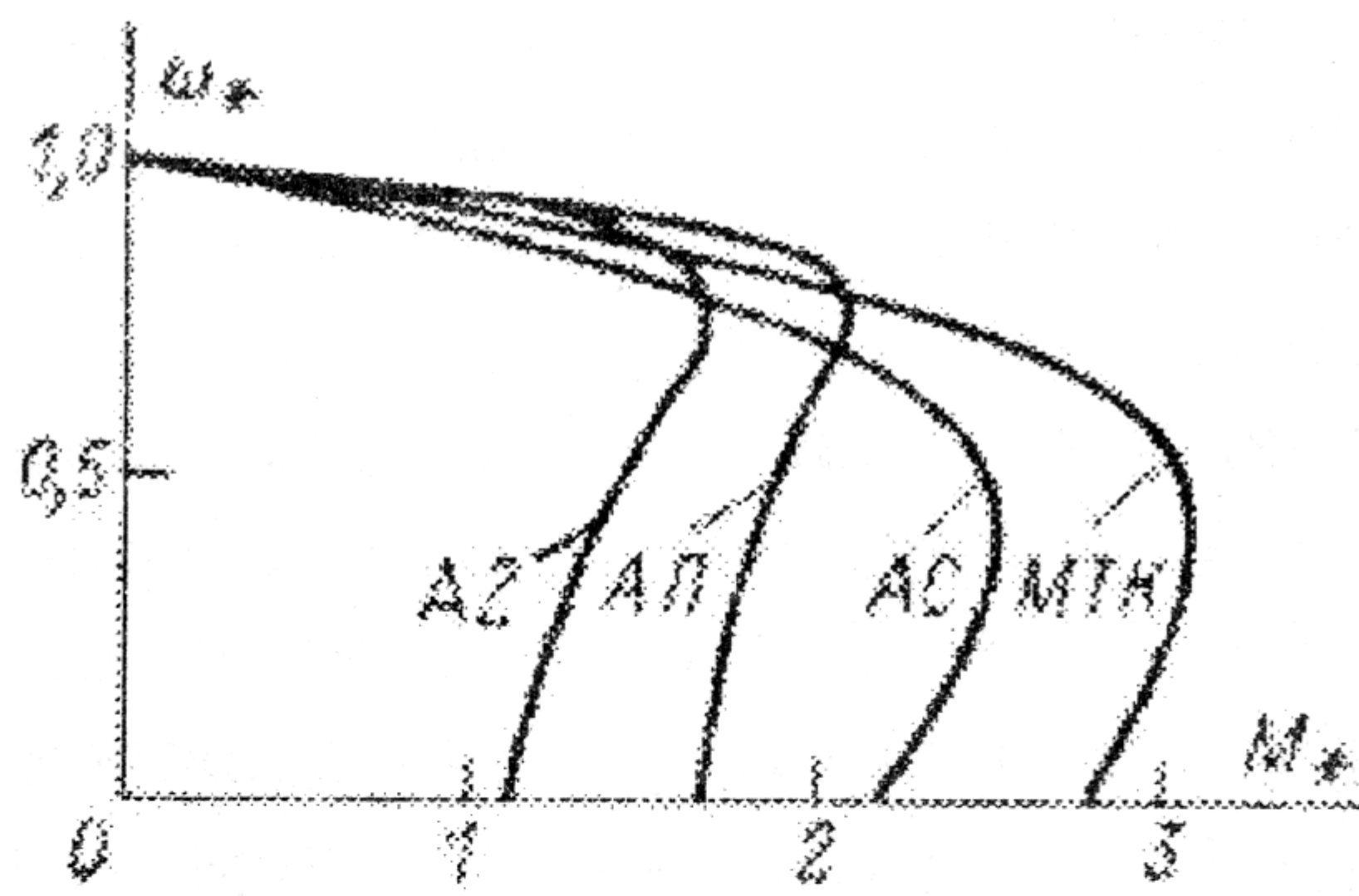


Рис. 1.1. Загальний вигляд графіків механічних характеристик  $M(\omega)$  АД-КЗ серій А2, АП, АС, и МТК.

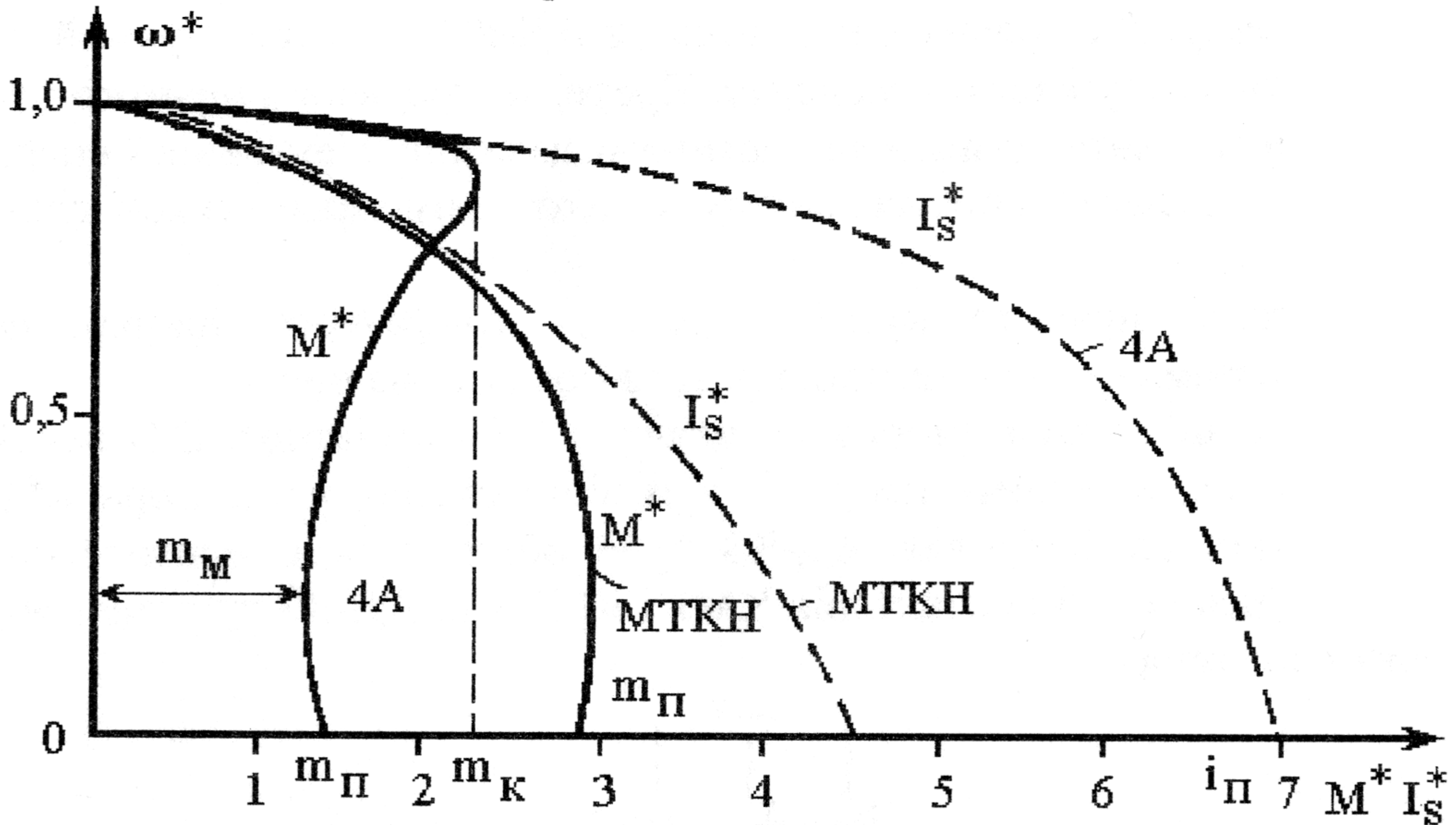


Рис. 1.2. Загальний вигляд графіків механічних характеристик  $M(\omega)$  и електромеханічних характеристик  $I_s(\omega)$  АД-КЗ серій 4А и МТКН.

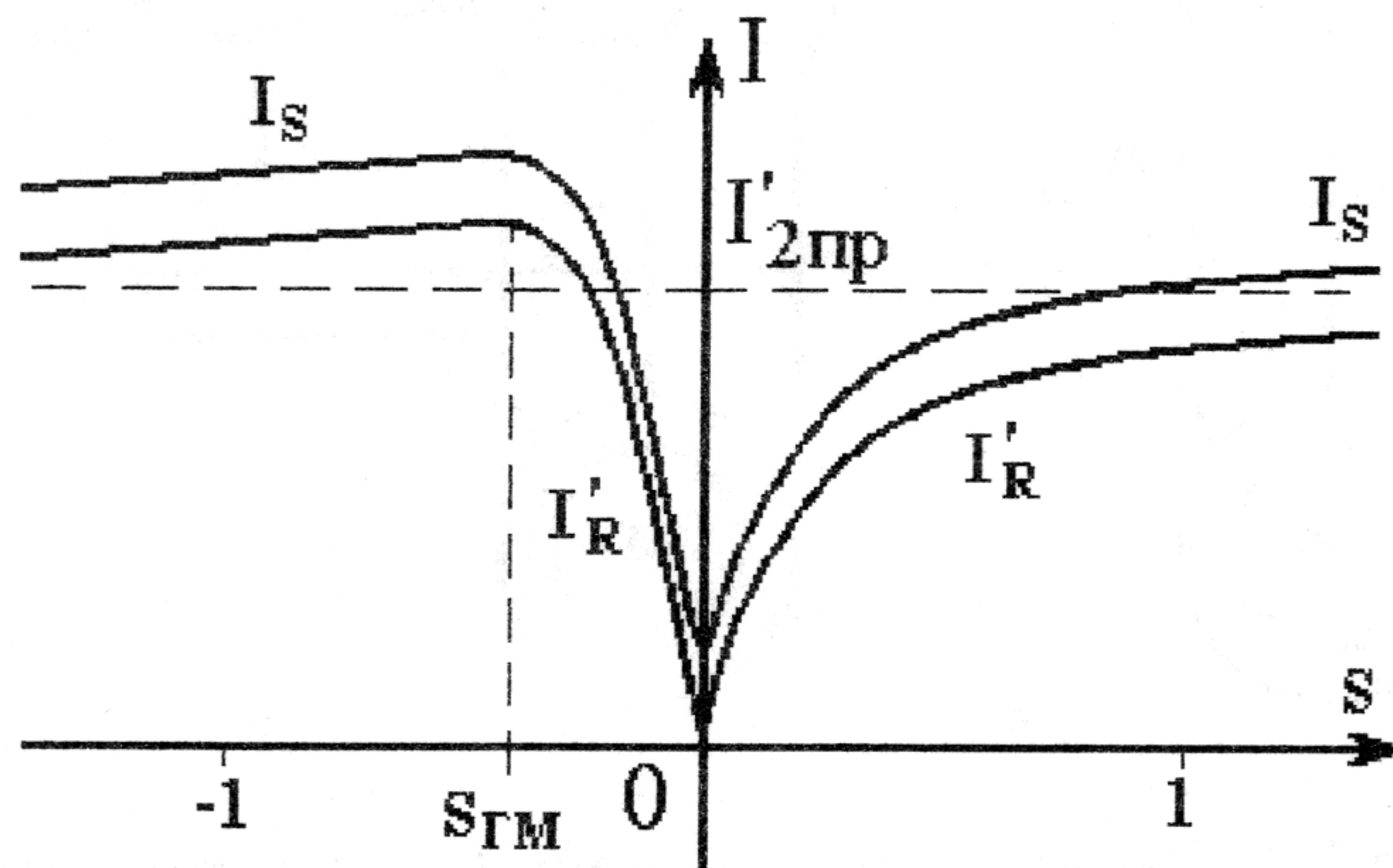


Рис. 1.3. Загальний вигляд графіків електромеханічних характеристик АД-КЗ  $I_s(s)$ ,  $I_R(s)$ .

З приведених характеристик видно, що при пуску АД-КЗ пусковий момент може бути невеликим в порівнянні з номінальним моментом двигуна, а пусковий струм може перевищувати номінальний струм АД-КЗ в 4 – 7 разів.



Малий пусковий момент може виявитися недостатнім для пуску навантаженого виробничого механізму і подальшого його прискорення, а великий пусковий струм викликає перенавантаження мережі живлення і додатковий нагрів АД-КЗ, що обмежує допустиму кількість включень електроприводу на протязі однієї години. Тому прямий пуск АД-КЗ не можна здійснювати дуже часто. Причому, чим більше габарит АД-КЗ, тим менше допустима кількість прямих включень електроприводу протягом однієї години через небезпеку перегріву. Допустима частота включення АД-КЗ протягом години (без урахування моменту інерції технологічного механізму) приводиться в довідниках і для АД-КЗ потужністю до 1кВт досягає 4000-3500 включень за годину, а для АД-КЗ потужністю більш 100кВт – 250-100 включень за годину. Як правило, конструкція АД-КЗ допускає прямий пуск незалежно від його потужності і габариту. Проте, застосування прямого пуску обмежується перенавантажувальною здатністю джерела електричної енергії і міцністю ланок передавального механізму, а також вимогами технологічного процесу.

Типові схеми прямого пуску, і реверсу трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора показані на рис.1.4.

При включенні автоматичного вимикача QF1 і контактора KM1 вал АД-КЗ буде обертатись в одному напрямі, при відключенні контактора KM1 і включенні контактора KM2 вал АД-КЗ буде обертатись в протилежному напрямі. При відключенні контакторів KM1 і KM2 вал АД-КЗ зупиниться під дією моменту сил опору.

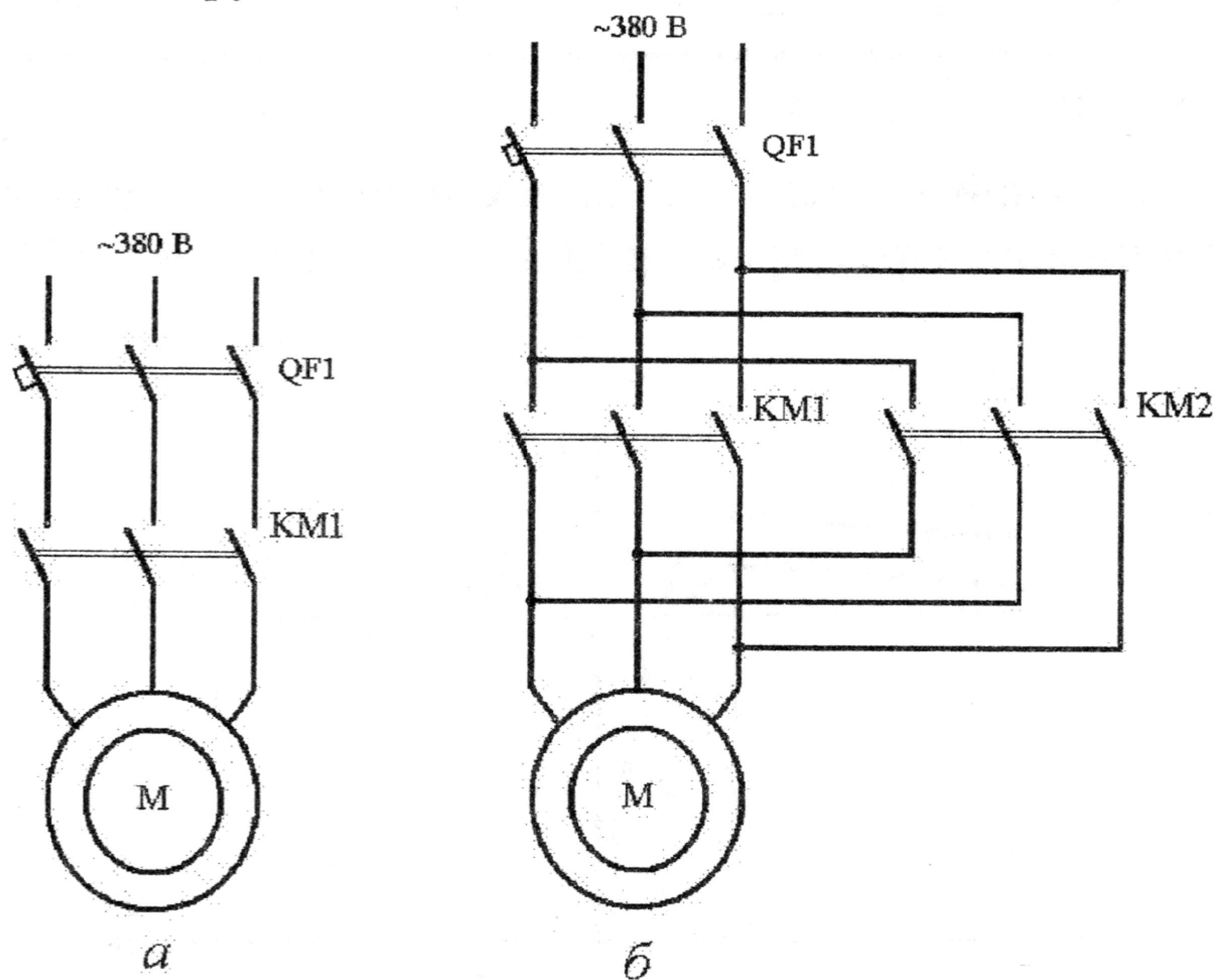


Рис.1.4. Схеми прямого пуску (а), и реверсу (б) АД-КЗ

### Опис лабораторної роботи

**Приклад завдання 1.** Необхідно розробити електричну схему прямого пуску АД-КЗ (рис.1.4,а) використовуючи програмоване реле EASY, розташоване на лабораторному стенді. Для цього необхідно:



1. Заздалегідь ознайомиться зі стендом і з тією релейно-контакторною апаратурою, яка на ньому встановлена.
2. Накреслити електричну схему прямого пуску АД-КЗ в спрощеному вигляді (рис.1.5), або в вигляді, приведеному на рис.1.6, який більш повно відповідає лабораторному стенду, призначеному для дослідження прямого пуску 3-фазного АД-КЗ.
3. На підставі розробленої студентом електричної схеми пуску АД-КЗ необхідно вирішити яка частина цієї схеми буде реалізована програмно за допомогою реле EASY, а яка – за допомогою релейно-контакторних апаратів.
4. Накреслити електричну схему підключення програмованого реле EASY, звертаючи увагу щодо нумерації входів і виходів програмованого реле, до яких підключено командоапарати і контактори, використовуючи як приклад схему, наведену на рис.1.7.
5. Розробити програму для реле EASY, яка відображає частину схеми управління, що має бути реалізована програмно і накреслити її на окремому аркуші паперу формату А4. Звернути увагу на номери входів програмованого реле EASY, на які подаються сигнали керування та на номери виходів програмованого реле, до яких мають бути підключені контактори, що входять до складу перетворюючого пристрою електропривода.
6. Занести програму до реле EASY и перевірити її працездатність за допомогою вбудованого пульта керування, або за допомогою програми EASY-SOFT.
7. Зробити ескізний малюнок стенду з чітким відображенням на ньому розташування програмованого реле EASY і релейно-контакторних апаратів, які планується використати в схемі, а також звернути увагу на розташування клем цих апаратів.
8. На підставі розробленої студентом електричної схеми і ескізного малюноку стенду необхідно розробити монтажну схему стенду і відобразити на ній електричні з'єднання, які необхідно виконати.
9. Електрична і монтажна схема стенду, а також схема програми реле EASY повинні бути акуратно накреслені і представлені керівнику лабораторних робіт перед проведенням лабораторної роботи. Ці ж схеми повинні бути включені до протоколу лабораторної роботи.
10. На підставі розроблених студентом електричної і монтажної схем необхідно провести монтаж стенду.



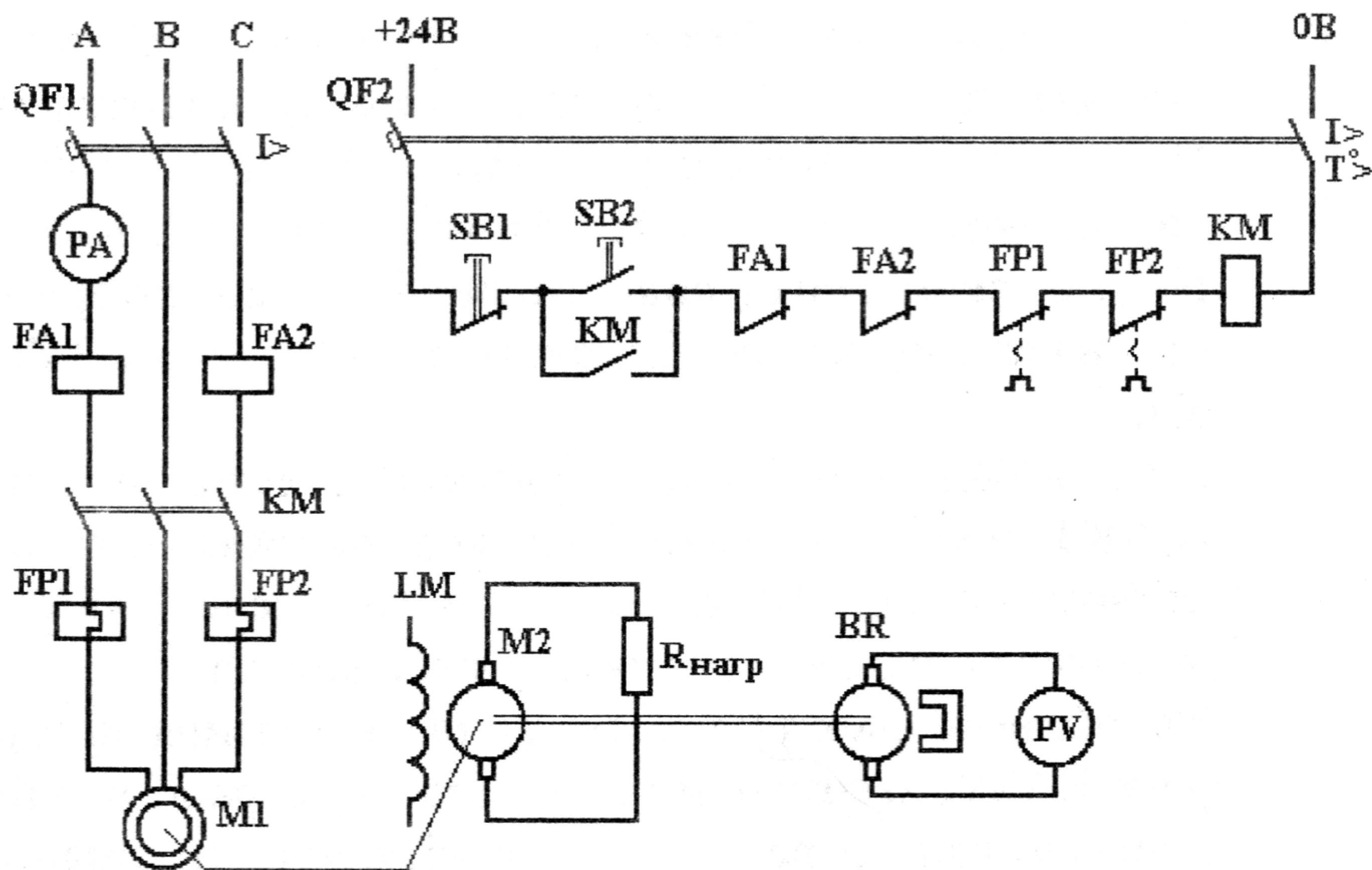


Рис.1.5. Спрощена схема прямого пуску 3-фазного АД-КЗ

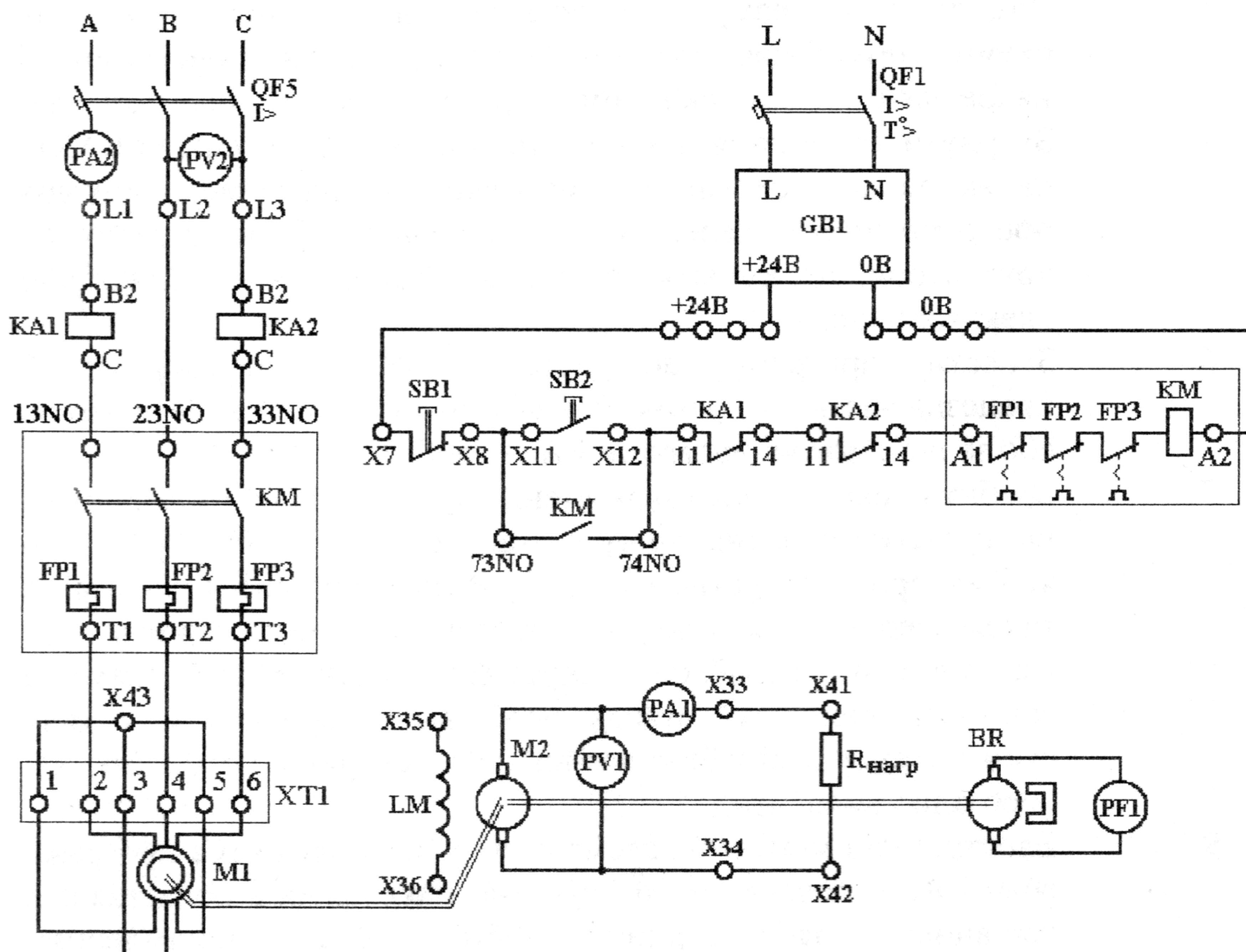


Рис.1.6. Схема лабораторного стенду, призначеного для дослідження прямого пуску 3-фазного АД-КЗ

**Примітка:**

1. При плануванні виконання монтажу необхідно врахувати те, що частина схеми лабораторного стенду (рис.1.5 і рис.1.6) може бути вже змонтована.



Наприклад, вал асинхронного двигуна М1 вже сполучено за допомогою муфти з валом двигуна постійного струму М2, який імітує момент інерції технологічного механізму і одночасно може виконувати функцію пристрою навантаження. Для цього якорну обмотку М2 підключено до резистора навантаження  $R_{\text{НАГР}}$ . До валу двигуна постійного струму приєднано тахогенератор ВР із збудженням від постійних магнітів, який призначено для оцінки швидкості обертання валу АД-КЗ.

2. Нумерація і позначення апаратів на рис.1.6 може відрізнитись від нумерації і позначення апаратів на стенді. Тому на підставі схеми, яку наведено на рис.1.6 студент повинен розробити свою схему, яка має повністю відповідати нумерації і позначенню апаратів на стенді. Це зауваження також стосується і інших лабораторних робіт.

### **Робота схеми.**

Розглянемо роботу схеми прямого пуску трифазного АД-КЗ на прикладі схеми, яку наведено на рис.1.6. Спочатку необхідно включити тільки автоматичний вимикач QF1 і перевірити працездатність схеми управління без включення АД-КЗ. Потім необхідно включити автоматичний вимикач QF5 і перевірити працездатність всієї схеми електроприводу.

Натиснення пускової кнопки SB2 приводить до спрацьовування лінійного контактора КМ, який своїми головними замикаючими контактами КМ приєднує обмотку статора до трифазної мережі живлення, а допоміжним замикаючим контактом КМ шунтує кнопку SB2. Якщо після цього пускову кнопку SB2 відпустити, то контактор КМ вже не відключиться, а залишиться включеним. Має місце прямий пуск АД-КЗ.

Схема управління повинна бути підключена до джерела постійного струму GB1 з напругою 24В, яке встановлено на лабораторному стенді.

Амперметр РА2 дозволяє оцінити значення пускового струму, а вольтметр PV2 – лінійну напругу на обмотці статора. Вольтметр PV1, підключений до тахогенератора ВР, дозволяє оцінити значення швидкості обертання валу АД-КЗ. Амперметр РА1 дозволяє оцінити значення струму, що протікає в обмотці якоря М2 і визначити момент навантаження, який М2 створює на валу М1.

Захист АД-КЗ від максимального струму здійснюється автоматичним вимикачем QF5 з електромагнітним розчеплювачем максимального струму. В тому випадку, якщо струм відключення автоматичного вимикача QF5 не можна регулювати і він є набагато більшим за пусковий струм АД-КЗ, то для реалізації захисту від максимального струму необхідно додатково застосувати реле максимального струму КА1 і КА2, струм включення яких відповідає пусковому струму АД-КЗ.

Захист АД-КЗ від перенавантаження (перегріву) здійснюється 3-полюсним тепловим реле FP1, FP2 і FP3, яке є прибудованим до контактора КМ. Захист від пониження напруги в мережі живлення здійснюється лінійним контактором КМ.



Захист схеми управління від максимального струму і захист схеми управління від перенавантаження по струму (перегріву) здійснюється автоматичним вимикачем QF1 з максимально-струмовим (електромагнітним) і тепловим розчіплювачами.

## Реалізація схеми пуску АД-КЗ з використанням реле EASY

### Завдання 1.

1. Розробити схему підключення командо апаратів та контакторів до електронного реле EASY, призначену для керування АД-КЗ в режимах пуску і зупинки.

2. З врахуванням схеми підключення командо апаратів та контакторів до електронного реле EASY розробити програму для електронного реле EASY, призначену для керування АД-КЗ в режимах пуску та зупинки.

3. Виконати монтаж схеми на лабораторному стенді.

4. Продемонструвати роботу схеми керівнику лабораторних занять.

5. Дати відповідь на запитання.

Електрична принципова схема підключення АД приведена на рис.1.4,а та на рис.1.6. Схема підключення командо апаратів та контакторів до реле EASY наведена на рис.1.7. Перед початком роботи треба вручну включити автоматичний вимикач QF2 (рис.1.7). При натисканні на кнопковий перемикач SB2 має включитись контактор KM1, і вал двигуна M1 почне обертатись та пересувати виконавчий орган робочої машини в потрібному напрямі, а при натисканні на кнопковий перемикач SB1 має відключитись контактор KM1, після чого вал двигуна M1 зупиниться і зупинить виконавчий орган робочої машини. Пристрої теплового захисту АД (FP1, FP2 та FP3) є вбудованими до контактору KM1.

На рис.1.7 показано підключення до входів I1 і I2 реле EASY електричних кнопкових вимикачів SB1 і SB2, призначених для керування рухом виконавчого органу робочої машини. Початок автоматичного режиму керування рухом виконавчого органу має забезпечуватись натисненням на кнопковий вимикач SB2 – «Пуск», закінчення руху – натисненням на кнопковий вимикач SB1 – «Стоп».

До релейного виходу Q1 програмованого реле EASY підключено котушку контактора KM1.

Програмувати реле EASY можна за допомогою вбудованої клавіатури або за допомогою програми EASY-Soft. Розглянемо кожен з цих способів.



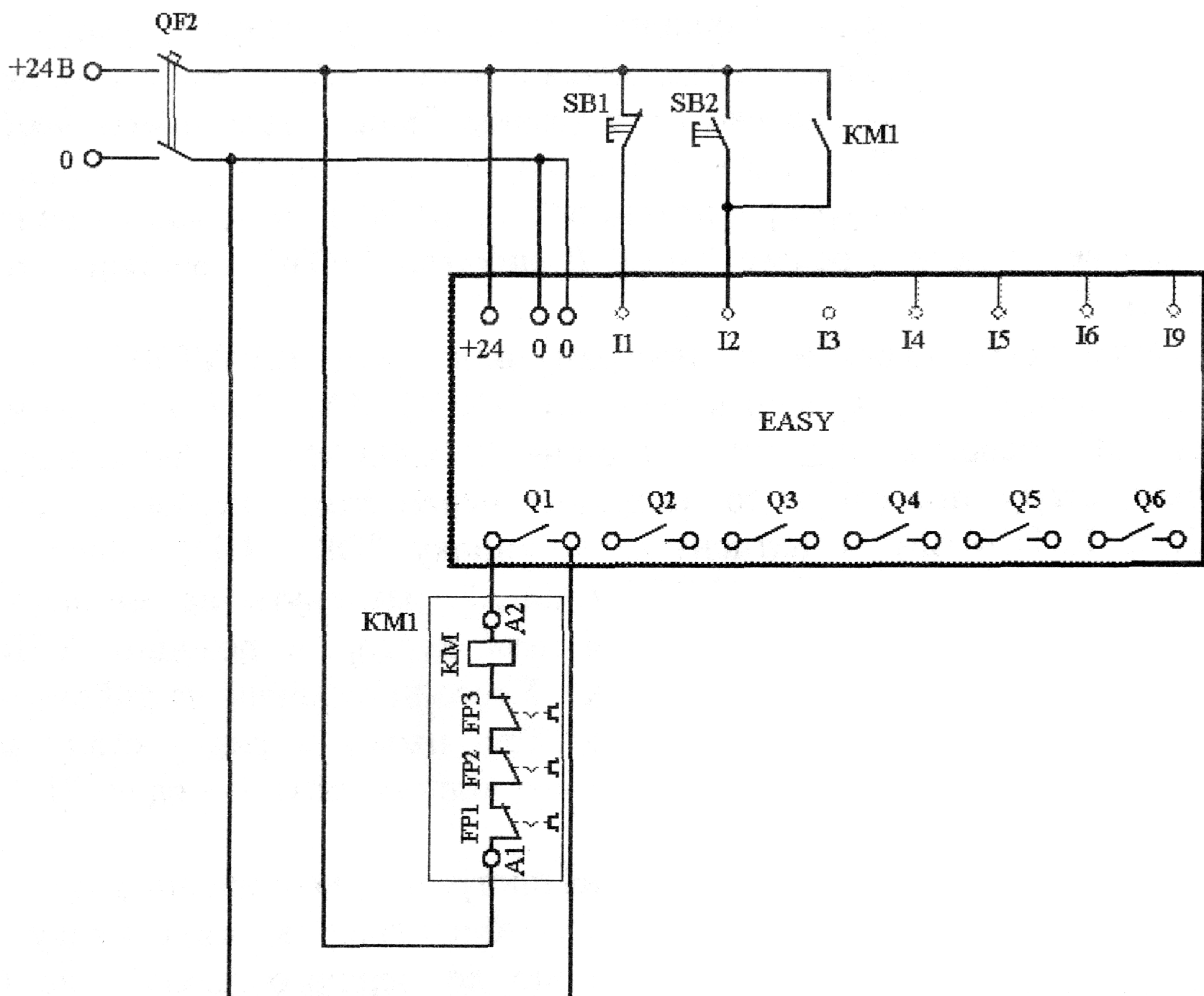


Рис.1.7. Схема підключення програмованого реле EASY

### Програмування реле EASY за допомогою вбудованої клавіатури

На рис.1.8 показано 2 варіанти схеми з'єднань (або 2 варіанти програми), яку необхідно ввести до програмованого реле. Схема, наведена на рис.1.8,б, має додатковий контакт Q01, який шунтує віртуальний контакт I02, що імітує стан кнопкового вимикача SB2. Таким чином віртуальний контакт Q01 на схемі рис.1.8,б, дублює дію додаткового реального (фізичного) контакту KM1, який шунтує реальний контакт кнопкового вимикача SB2 (рис.1.7). Тому при застосуванні схеми з'єднань, яку наведено на рис.1.8,б, в схемі, наведеній на рис.1.7, можна не використовувати додатковий контакт KM1, який шунтує контакт кнопкового перемикача SB2.

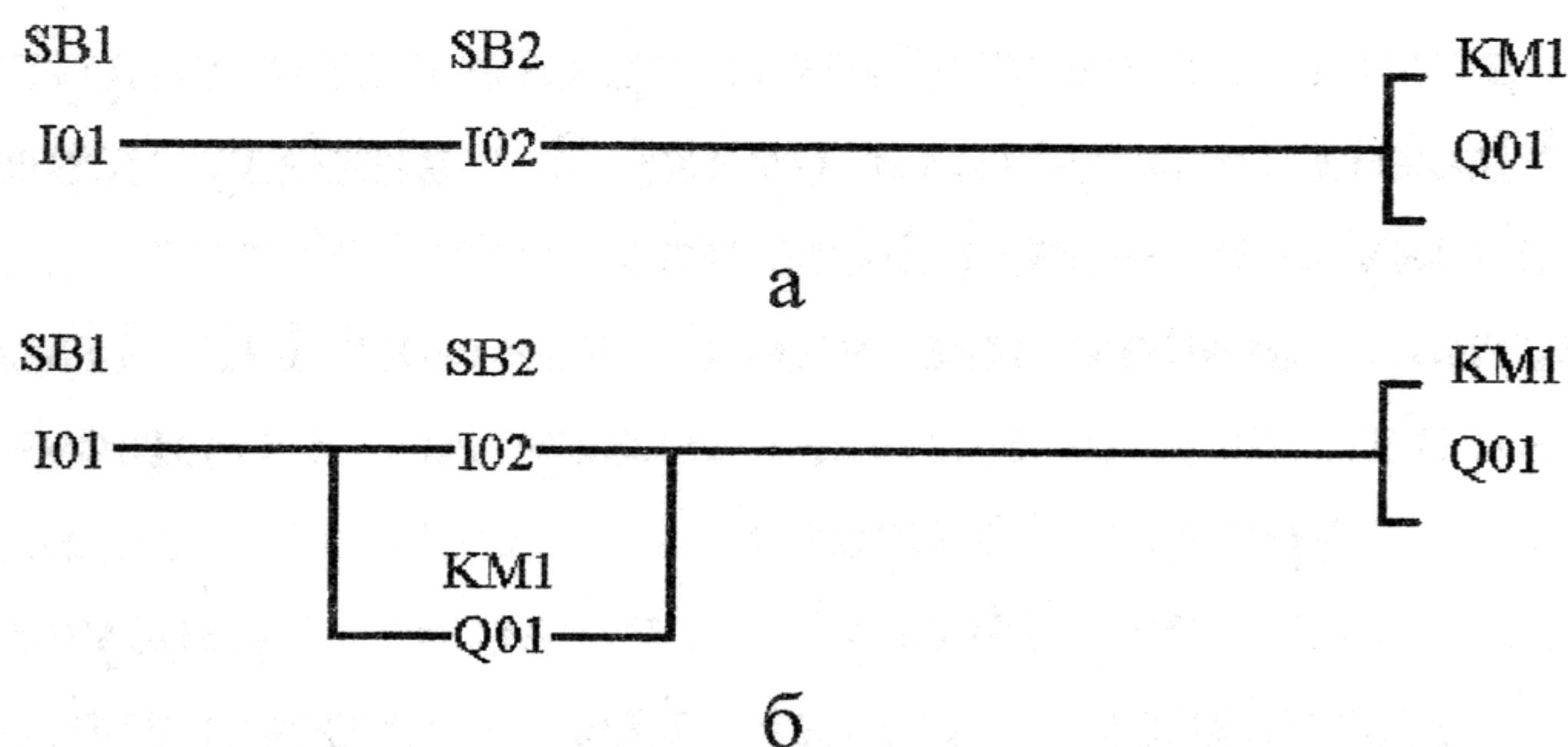


Рис.1.8. Приклад виконання програми управління процесом пуску і зупинки двигуна



Програмування реле необхідно проводити в режимі "Stop". Якщо програмоване реле EASY800 знаходиться в режимі "RUN" (моргає індикатор "POW"), то його треба перевести в режим "Stop". Для цього необхідно натиснути кнопку "OK" і перейти від екрану стану до основного меню. Потім необхідно перемістити курсор в позицію "Stop RUN" і натисненням на кнопку "OK" перевести реле в режим "Stop" (індикатор "POW" повинен світитися постійно).

Тепер треба перейти до програмування реле EASY800. Для цього необхідно перемістити курсор в позицію "PROGRAM...". і натисненням на кнопку "OK" перейти до меню 2-го рівня "PROGRAM...". Якщо необхідно видалити стару програму, то потрібно перемістити курсор в позицію "DELETE PROGRAM" і натиснути на кнопку "OK". Після цього знову перевести курсор в позицію "PROGRAM...", натиснути на кнопку "OK", перейти до меню 3-го рівня, перемістити курсор в позицію "CIRCUIT DIAGRAM" і натиснути на кнопку "OK". Курсор потрапляє на робоче поле в першу позицію в початок 1-го рядка. При цьому в рядку стану можна побачити координати курсора  $L=1$ ,  $C=1$ , які відповідають 1-у рядку ( $L=1$ ) і 1-ій позиції ( $C=1$ ).

Тепер треба перейти до зображення програми (сходової діаграми).

1). Натискаємо на кнопку "OK" - з'являється контакт входу I01 з пульсуючою буквою "I", що означає, що до першого входу реле EASY підключено нормально-разомкнутий, або нормально-відкритий (NO) контакт I01. Натискаємо кнопку "ALT" - з'являється риска над буквою "I", це означає, що до першого входу реле EASY підключено нормально-замкнутий (NC) контакт  $\bar{I}01$ . Після установки NC – контакту  $\bar{I}01$ , підключеного до першого входу реле EASY, натискаємо на кнопку "OK" двічі, що призводить до пересування курсора управо в другу позицію (у рядку стану відображається  $L=1$ ,  $C=2$ ).

2). Тепер треба провести лінію зв'язку між 1-ою і 2-ою позиціями. Після натиснення на кнопку ALT з'являється стрілка '↓', що вказує на місце початку лінії зв'язку. Натискаючи на кнопку курсора "Вліво", проводимо лінію зв'язку справа наліво між другою і першою позиціями. У першій позиції курсор автоматично переходить в режим програмування контактів (з'являється пульсуючий прямокутник). Натискаємо на кнопку курсора "Управо" - пульсуючий курсор зміщується уздовж першого рядка в другу позицію.

**Примітка** Можна пропустити пункт 2 і відразу перейти до пункту 3. При цьому лінія зв'язку між 1-ою і 2-ою позиціями з'явиться автоматично.

3). Треба встановлювати наступний контакт I02. Після натиснення на кнопку "OK" знову з'являється контакт входу I01 з пульсуючою буквою "I". Натискаємо кнопку курсора "Управо" - починає пульсувати число 01. Натискаємо кнопку курсора "Вгору" - починає пульсувати збільшене на одиницю число 02. Натискаємо кнопку "OK" - курсор зміщується управо на третю позицію (у рядку стану відображається  $L=1$ ,  $C=3$ ).



4). Оскільки відповідно до нашої схеми в 3-ій і в 4-ій позиціях контакт відсутній, а котушки виконавчих пристроїв можна розташовувати тільки в 5-ій позиції, то натискаємо ще раз на кнопку курсора "Управо" і переходимо в 5-у позицію (у рядку стану відображається  $L=1, C=5$ ).

6). Треба встановити котушку релейного або транзисторного виходу Q01. Після натиснення на кнопку "ОК" з'являється котушка 1-го виходу програмованого реле Q01 з пульсуючою буквою "Q". Натискаємо кнопку курсора "Управо" - починає пульсувати число 01. Натискаємо на кнопку "ОК" - пульсуючий курсор зміщується в початок наступного 2-го рядка (у рядку стану відображається  $L=2, C=1$ ).

7). Необхідно повернути курсор в 5-у позицію 1-го рядка, щоб провести лінію зв'язку між 2-ою і 5-ою позиціями. Після натиснення на кнопку ALT з'являється стрілка '↓', що вказує на місце початку лінії зв'язку. Натискаючи на кнопку курсора "Вліво" кілька разів, проводимо лінію зв'язку справа наліво між 5-ою і 2-ою позиціями. У 2-ій позиції курсор автоматично переходить в режим програмування контактів (з'являється пульсуючий прямокутник). Натискаємо на кнопку курсора "Вниз" один раз - пульсуючий курсор зміщується в 2-у позицію другого рядка (у рядку стану відображається  $L=2, C=2$ ).

8). У 2-ій позиції 2-го рядка треба встановити контакт Q01 і підключити його паралельно контакту I02, розташованому в 2-ій позиції 1-го рядка. Після натиснення на кнопку "ОК" знову з'являється контакт входу I01 з пульсуючою буквою "I". Натискаємо кнопку курсора "Вгору" і вибираємо з меню літеру Q, яка позначає контакт, що відноситься до котушки Q. Літера Q починає пульсувати. Натискаємо кнопку курсора "Управо" - починає пульсувати число 01. Натискаємо на кнопку "ОК" - курсор зміщується управо на 3-у позицію 2-го рядка (у рядку стану відображається  $L=2, C=3$ ). Натискаємо кнопку ALT з'являється стрілка '↓', що вказує на місце початку лінії зв'язку. Натискаючи на кнопку курсора "Вгору" один раз, відразу проводимо лінію зв'язку від низу до верху і справа наліво між правими виводами контактів Q01 і I02. Натискаючи на кнопки курсора "Ліворуч" і "Вниз", встановлюємо курсор в 2-ій позиції 2-го рядка. При цьому курсор автоматично переходить в режим програмування контактів (з'являється пульсуючий прямокутник). Натискаємо кнопку ALT з'являється стрілка '↓', що вказує на місце початку лінії зв'язку. Натискаючи на кнопку курсора "Вгору" один раз, відразу проводимо лінію зв'язку від низу доверху і справа наліво між лівими відводами контактів Q01 і I02. Натискаємо на кнопку курсора "Вліво" один раз - пульсуючий курсор зміщується уздовж 1-го рядка в 1-у позицію. При цьому курсор автоматично переходить в режим програмування контактів (з'являється пульсуючий прямокутник). Натискаємо на кнопку курсора "Вниз" двічі - пульсуючий курсор зміщується в 1-у позицію 3-го рядка (у рядку стану відображається  $L=3, C=1$ ).

**Примітка** Можна відразу провести лінію зв'язку до кінця рядка за допомогою декількох натискань на кнопку курсора, потім повернути курсор



назад і "посадити" контакт на вже проведену лінію натисненням на кнопку "ОК". При помилковій установці лінії її можна видалити натисненням на кнопку "DEL".

Після закінчення роботи з схемою натискаємо кнопку "ESC" для виходу. При цьому на екрані виникає слово SAVE (ЗБЕРЕГТИ) в затемненій рамці. Підтверджуємо команду на збереження програми натисненням на кнопку "ОК" і виходимо у вікно попереднього меню.

Кнопка "ESC" надає також додаткові можливості і зручність при роботі зі схемою програми. Після натиснення на кнопку "ESC" за допомогою кнопок управління курсором "Вгору/Вниз" в залежності від того, в якому режимі знаходиться програмоване реле, можна в затемненому вікні проглянути наступне меню.

В режимі STOP:

SAVE  
ABORT  
GO TO  
SEARCH

В режимі RUN:

ABORT  
GO TO  
SEARCH

де SAVE – дозволяє натисненням на кнопку "ОК" зберегти поточні значення контрольованих змінних величин і вийти в попереднє меню.

ABORT - дозволяє натисненням на кнопку "ОК" - вийти в попереднє меню, без збереження в схемі зміни значень змінних величин.

GO TO - дозволяє перейти до необхідного рядка програми, оскільки після натиснення на кнопку "ОК" виникає рядок стану, куди можна ввести координати рядка, в який слід встановити курсор; після натиснення на кнопку "ОК" курсор встановлюється на першу позицію контакту вказаного рядка.

SEARCH - дозволяє знайти необхідне реле, для цього вимагається натиснути на кнопку "ОК" і встановити назву контакту реле і його номер або назву котушки і її номер, після цього потрібно натиснути на кнопку "ОК" – курсор встановиться у відповідному місці схеми.

За умовчанням в режимі STOP пропонується опція SAVE, а в режимі RUN пропонується опція ABORT.

При програмуванні схеми з'єднань необхідно врахувати деякі корисні рекомендації:

- Схему програми слід вводити тільки зліва направо.
- Програмоване реле автоматично встановлює лінію зв'язку, після установки наступного контакту або котушки в схемі з'єднань.
- Не можна з'єднувати послідовно більше 4-х контактів, наприклад завдяки послідовному з'єднанню двох рядків. З'єднання послідовно більше 4-х контактів сприймається програмою, як помилка. Якщо в одному рядку схеми з'єднань мають бути більше 4 контактів, то необхідно їх розділити на декілька рядків завдяки застосуванню проміжних реле М. При цьому замість одного рядка з великою кількістю контактів і однією котушкою програмують декілька рядків з 4-мя контактами і однією котушкою проміжного реле М1, М2 або М3. Послідовно з кожною котушкою проміжного реле можна



включати до 4-х контактів, а в наступному рядку контакт проміжного реле М сполучають послідовно з іншими контактами, що залишилися, і послідовно з котушкою того віртуального пристрою, на яку необхідно подати сигнал управління.

- Для видалення зайвої лінії зв'язку потрібно встановити курсор на контакт або на котушку, що знаходяться праворуч від з'єднання, яке потрібно видалити. Після цього необхідно натиснути кнопку ALT для активізації з'єднання, а потім кнопку DEL.

- В першу чергу потрібно видаляти вертикальні з'єднання, а потім горизонтальні.

- Для того, щоб вставити новий додатковий рядок у вже набраний діаграмі необхідно встановити курсор на нижче розташований рядок і натиснути на кнопку ALT. При цьому новий рядок вставляється над рядком, в якому знаходився курсор. Для знищення проміжного рядка необхідно встановити курсор в першу позицію на цьому рядку і натиснути на кнопку DEL.

- Якщо в режимі RUN при перегляді схеми з'єднань натиснути ALT, то на екрані з'явиться стисле по горизонталі зображення схеми, на якому одночасно можна спостерігати в спрощеному виді усі 4 контакти і котушку реле. Зважаючи на нестачу місця, в рядку стану вказується ім'я тільки того контакту або котушки, на якому встановлено курсор. При цьому замкнуті контакти і активовані котушки зображаються темними прямокутниками, а інші неактивовані елементи - світлими прямокутниками.

## Програмування реле EASY за допомогою програми EASY-Soft

### 1-й етап – введення схеми з'єднань

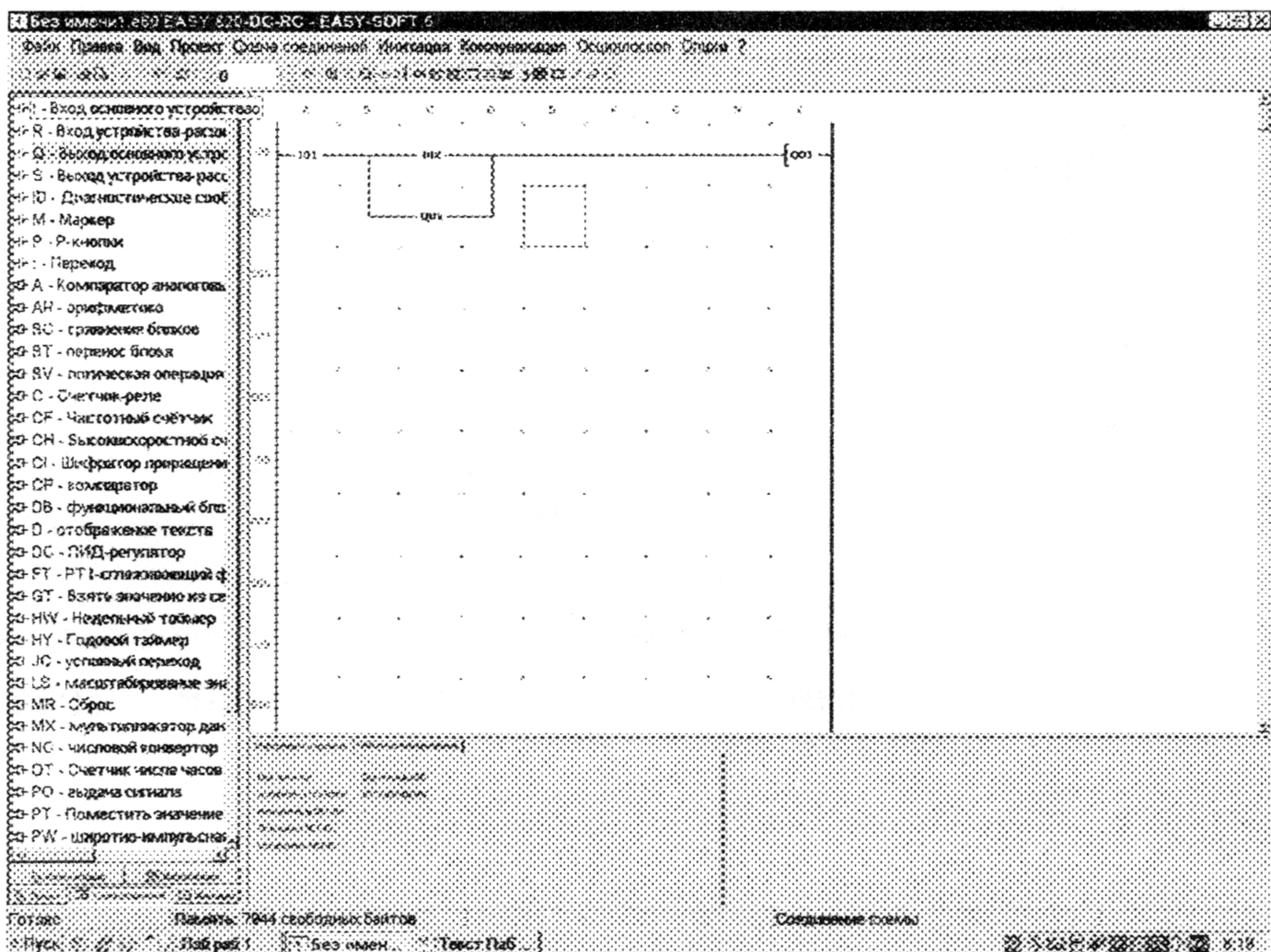


Рис. 9. Схема програми для реалізації прямого пуску АД-КЗ



## 2-й этап – імітація роботи програми

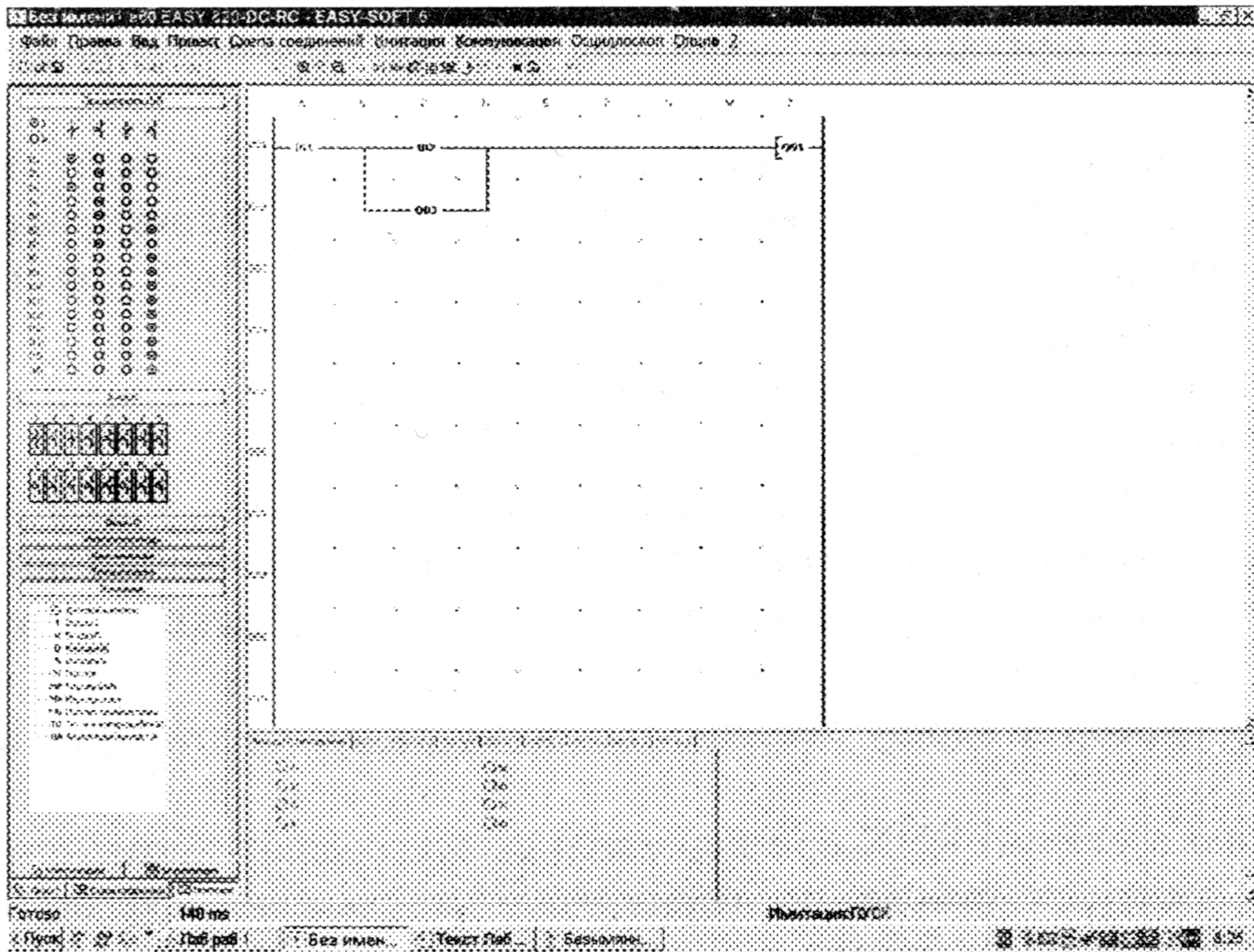


Рис. 10. Стан схеми до натиснення кнопки SB2-«Пуск»

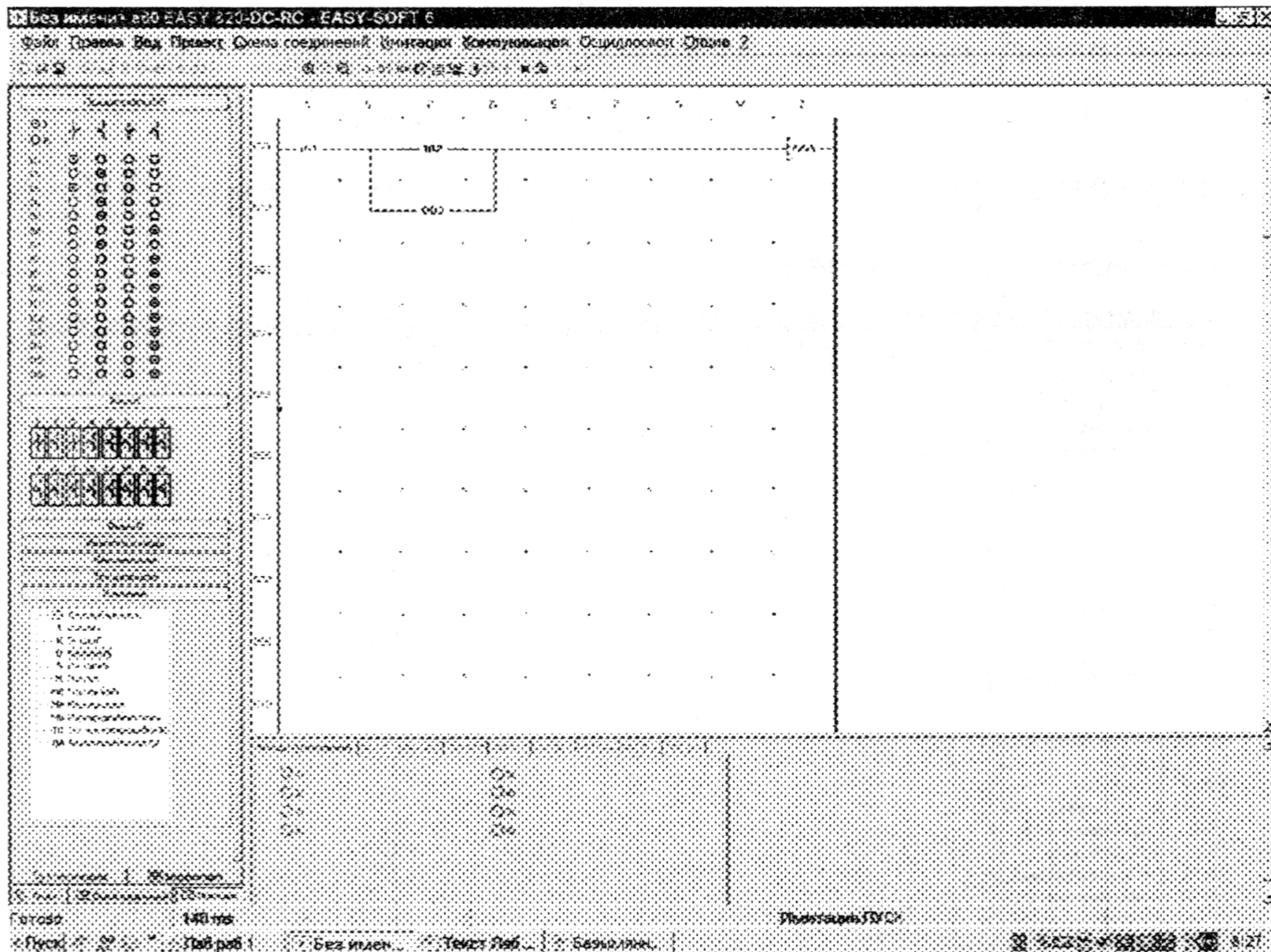


Рис. 11. Стан схеми після натиснення кнопки SB2-«Пуск»



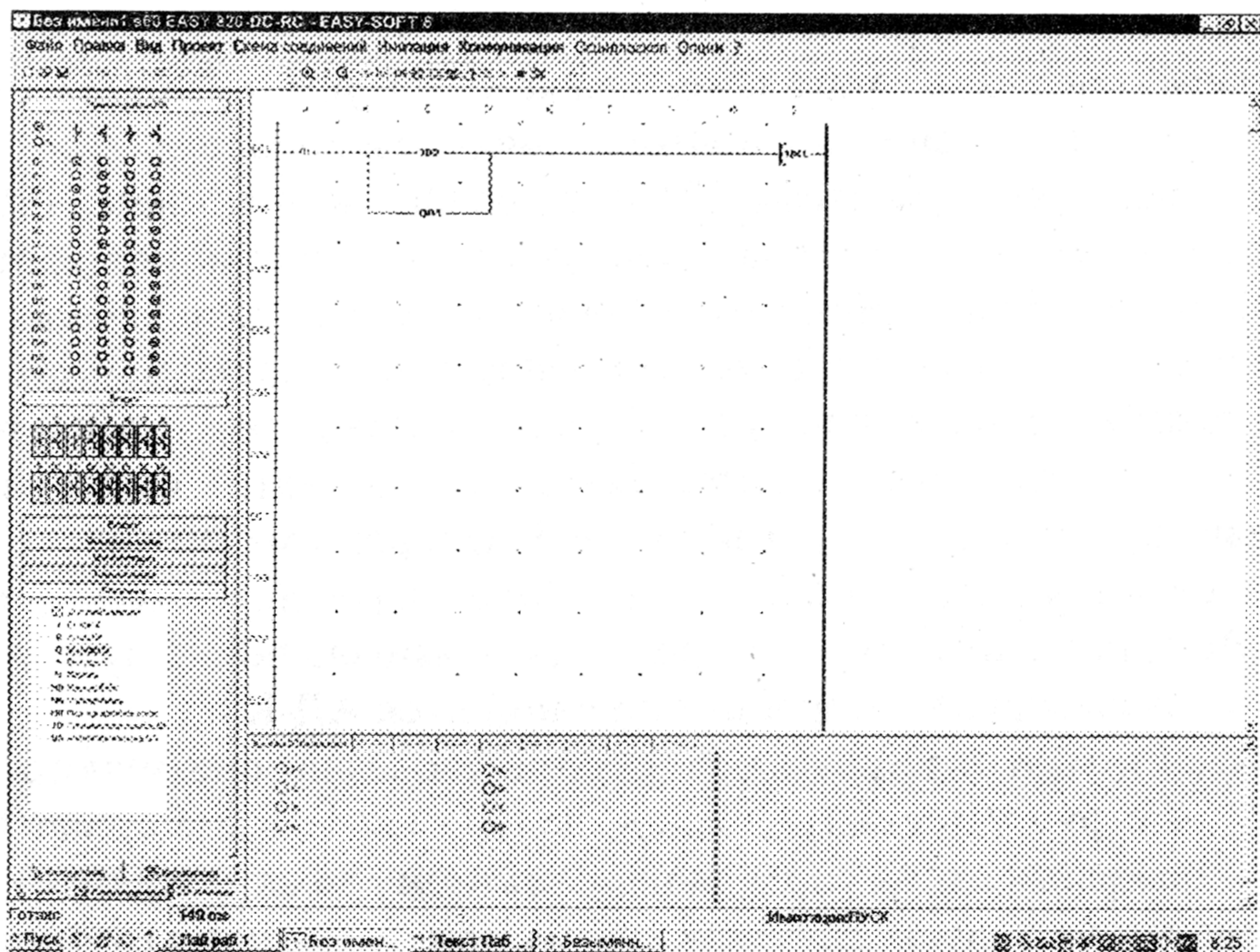


Рис. 12. Стан схеми після натиснення кнопки SB1-«Стоп»

Після виконання завдання 1 студенти повинні самостійно виконати завдання 2, яке відрізняється від попереднього в потребі реалізувати режим реверсу.

### Завдання 2.

1. Розробити схему перетворюючого пристрою електропривода і схему підключення командо-апаратів та контакторів до електронного реле EASY, призначену для керування двигуном в режимах пуску, зупинки и реверсу.

2. З врахуванням схеми підключення командо-апаратів та контакторів до електронного реле EASY розробити програму для електронного реле EASY, призначену для керування двигуном в режимах пуску, зупинки та реверсу.

3. Виконати монтаж схеми на лабораторному стенді.

4. Продемонструвати роботу схеми викладачу.

5. Дати відповідь на запитання.

### Пояснення до завдання 2

Початок руху виконавчого органу в умовному напрямі «Вперед» має забезпечуватись натисненням на кнопковий вимикач SB2 – «Пуск вперед», закінчення руху – натисненням на кнопковий вимикач SB1 – «Стоп». Початок руху виконавчого органу в умовному напрямі «Назад» має забезпечуватись із стану «зупинка» натисненням на кнопковий вимикач SB3 – «Пуск назад».



## Проведення досліджень

1. Ознайомитися з приладами, апаратами і устаткуванням схеми ЕП, записати їх технічні параметри в протокол випробування.

2. Виконати монтаж схеми ЕП для дослідження автоматичного пуску трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора.

3. Після перевірки керівником лабораторних робіт правильності з'єднань включити схему управління (без подачі напруги на перетворюючий пристрій ЕП) і переконатися в нормальній роботі всіх апаратів схеми управління.

4. Відключити схему управління, налаштувати електромагнітний розчіплювач автоматичного вимикача QF5 або реле максимального струму (рис.5) на струм уставки, який на  $(20\div 30)\%$  перевищує пусковий струму двигуна. Відрегулювати теплове реле на номінальний струм двигуна і, одержавши дозвіл керівника, зробити пробний пуск АД-КЗ.

5. Налаштувати електромагнітний розчіплювач автоматичного вимикача QF1 (рис.5) на струм уставки  $I_{уст} = 2,5 I_{у\sum}$ , де  $I_{у\sum}$  – найбільший сумарний струм, який може споживати схема управління в штатному режимі роботи.

6. Оцінити найбільше значення струму при пуску, реверсу і зупинці АД-КЗ, для чого скористатися амперметром РА2 або осцилографом, підключеним до клем амперметра РА2. Результати вимірювань записати в таблицю 1.

7. Оцінити тривалість пуску АД-КЗ. Для цього необхідно скористатися приладом (вольтметром) РР1 або осцилографом, підключеним до виходу тахогенератора ВР. Результати вимірювань записати в таблицю 1. Експеримент по оцінці значення струму і тривалості пуску АД-КЗ повторити не менше 5 разів.

8. Визначити середнє значення пускового моменту, який розвиває АД-КЗ при пуску вважаючи, що розгін АД-КЗ відбувається з постійним прискоренням. Момент інерції ЕП визначити за паспортними даними електричних машин М1 і М2.

Таблиця 1

№ досліду	Значення пускового струму		Тривалість пуску
	в Амперах	$I_{п}/I_{сн}$	
1			
....			
6			
Середні значення			

9. Перевірити дію максимально-струмового захисту. Для цього здійснити пуск АД-КЗ і за допомогою двигуна постійного струму М2 збільшувати момент навантаження на валу АД-КЗ, оцінивши по амперметру РА2 значення струму, при якому спрацює максимально-струмовий захист, що приведе до відключення автоматичного вимикача QF5 і зупинки АД-КЗ. Експеримент повторити не менше 5 разів.

Дані спостережень звести в таблицю 2.



Таблиця 2

№ досліду	Струм уставки реле максимального струму $I_{уст}$ , А	Струм спрацьовування реле максимального струму $I_{спр}$ , А
1		
....		
6		
Середні значення		

10. Дослідити дію теплового реле. Для цього за допомогою двигуна М2 забезпечити декілька значень струму навантаження двигуна М1 до струму, який не перевищує номінальне значення струму АД-КЗ більше ніж в 1,5 рази і визначити час спрацьовування 3-полюсного теплового реле РР1- РР3, прибудованого до контактора КМ. Експеримент повторити не менше 5 разів. Результати вимірювань занести до таблиці 3.

Таблиця 3

№ досліду	Струм АД-КЗ $I_c$ , А	Час спрацьовування реле теплового захисту $t$ , с
1		
....		
6		
Середні значення		

10. Перевірити дію пристрою нульового захисту від зниження напруги в мережі живлення, для чого відключити схему управління і зафіксувати явища, які при цьому відбуваються.

### Обробка результатів досліджень

1. Накреслити електричну схему прямого пуску і реверсу АД-КЗ, використовуючи як приклад схему, наведену на рис.1.5.
2. Зробити ескізний малюнок стенду з чітким відображенням на ньому розташування релейно-контакторних апаратів і їх клем, які було використано в схемі ЕП.
3. На підставі розробленої студентом електричної схеми пуску і реверсу АД-КЗ необхідно розробити монтажну схему стенду і відобразити на малюнку електричні з'єднання, які необхідно виконати.
4. Дати опис роботи схеми автоматичного пуску і реверсу трифазного асинхронного двигуна в штатних і в аварійних режимах, порядок перевірки і налаштування окремих апаратів.
5. Скласти специфікацію електроустаткування, яке використовується в розробленій СУЕП, у формі таблиці 4.



№ п.п.	Найменування и технічна характеристика електроустаткування	Кількість	Примітка
1			
2			
...			
21			

6. Скласти висновок за результатами виконаної роботи.

### Питання для самоперевірки

1. Від чого залежить пусковий момент трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора і як можна його змінити?
2. Від чого залежить пусковий струм трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора і як можна його змінити?
3. Намалюйте схему автоматичного пуску трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора. Дайте пояснення.
4. Намалюйте схему автоматичного реверсу трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора. Дайте пояснення.
5. Для чого призначено максимальньо-струмовий захист? З використанням яких апаратів він може бути реалізований?
6. Як налаштувати електромагнітне реле максимального струму або максимальньо-струмовий розчіплювач автоматичного вимикача на заданий струм спрацьовування?
7. Для чого призначено тепловий захист? З використанням яких апаратів він може бути реалізований?
8. Від чого залежить час спрацьовування теплового реле?
9. Для чого призначено нульовий захист? За допомогою яких апаратів може бути реалізована схема нульового захисту?
10. Яким чином реалізовано нульовий захист в Вашій схемі? Пояснити роботу схеми нульового захисту?



## Лабораторна робота 2

### Електропривод механізму пересування стола шліфувального верстата на базі схеми прямого пуску і реверсу АД.

#### Мета роботи

Разробити схему електроприводу механізму пересування стола шліфувального верстата на базі схеми прямого пуску і реверсу АД-КЗ з застосуванням програмованого реле EASY.

#### Основні теоретичні положення

Основні теоретичні положення наведено в лабораторній роботі №1

#### Опис роботи електропривода

Електрична принципова схема підключення АД приведена на рис. 2.1. Перед початком роботи треба вручну включити автоматичний вимикач QF1. При включенні контактора КМ1 вал двигуна М1 почне обертатись за годинниковою стрілкою і буде переміщати виконавчий орган робочої машини вправо, а при відключенні контактора КМ1 і включенні контактора КМ2 вал двигуна М1 почне обертатись проти годинникової стрілки і буде переміщати виконавчий орган робочої машини вліво. Пристрої теплового захисту АД встановлено в контакторах КМ1 і КМ2.

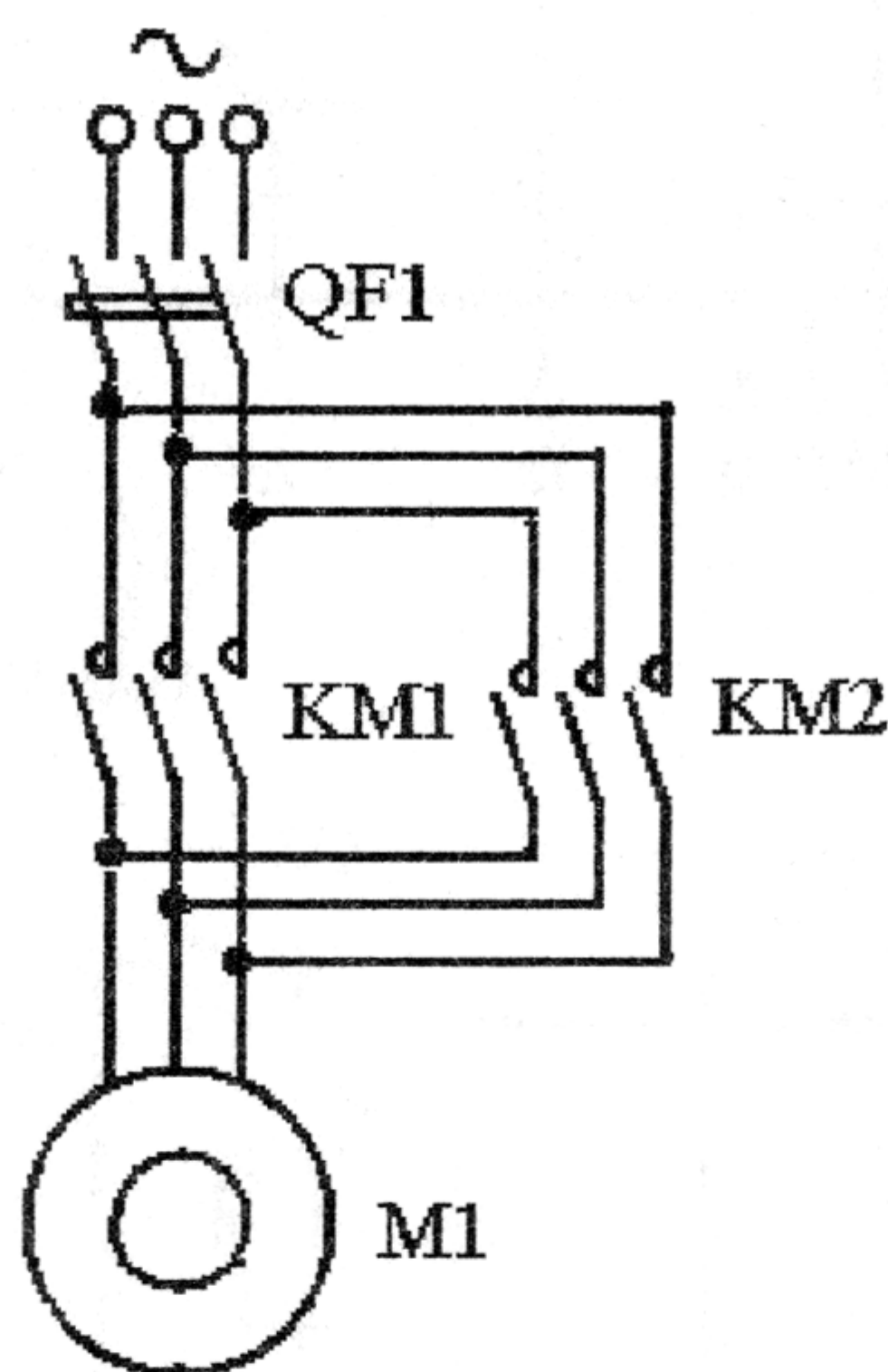


Рис. 2.1 – Електрична принципова схема силової частини приводу механізму пересування стола шліфувального верстата

На рис. 2.2. показано підключення до входів реле EASY електричних кнопкових вимикачів і шляхових перемикачів (кінцевих перемикачів), призначених для керування рухом виконавчого органу робочої машини. Рух виконавчого органу робочої машини починається завжди з одного й того ж положення (наприклад, крайнього лівого). Початок автоматичного режиму керування рухом виконавчого органу має забезпечуватись натисненням на кнопковий вимикач SB1 – «Пуск», закінчення руху – натисненням на кнопковий вимикач SB2 – «Стоп».



При розробці схеми передбачити, щоб при натисканні кнопкового вимикача SB2 – «Стоп» в будь-якому положенні виконавчого органу робочої машини, його рух продовжувався до того самого положення, з якого він почався (наприклад, крайнього лівого), після чого двигун має зупинитись. Для аварійної зупинки приводу в будь-якому положенні виконавчого органу робочої машини використовується кнопковий вимикач SB3 – «Аварійна зупинка».

В режимі наладки управління переміщенням виконавчого органу робочої машини здійснюється вручну за допомогою кнопок SB4 – «Управо» і SB5 – «Вліво». Доки натиснуто кнопковий вимикач SB4 пересування виконавчого органу робочої машини здійснюється вправо, як тільки кнопковий вимикач SB4 відпущено – двигун має зупинитись. Якщо кнопковий вимикач SB4 буде натиснуто занадто довго, то двигун має зупинитись завдяки спрацьовуванню кінцевого вимикача SQ1 або SQ2. Аналогічно в режимі наладки має працювати і кнопковий вимикач SB5. При переміщенні виконавчого органу робочої машини у крайнє праве положення має замикатися контакт кінцевого вимикача SQ2, а у лівому положенні – контакт кінцевого вимикача SQ1. До релейних виходів Q1, Q2 програмованого реле EASY підключено котушки контакторів KM1, KM2.

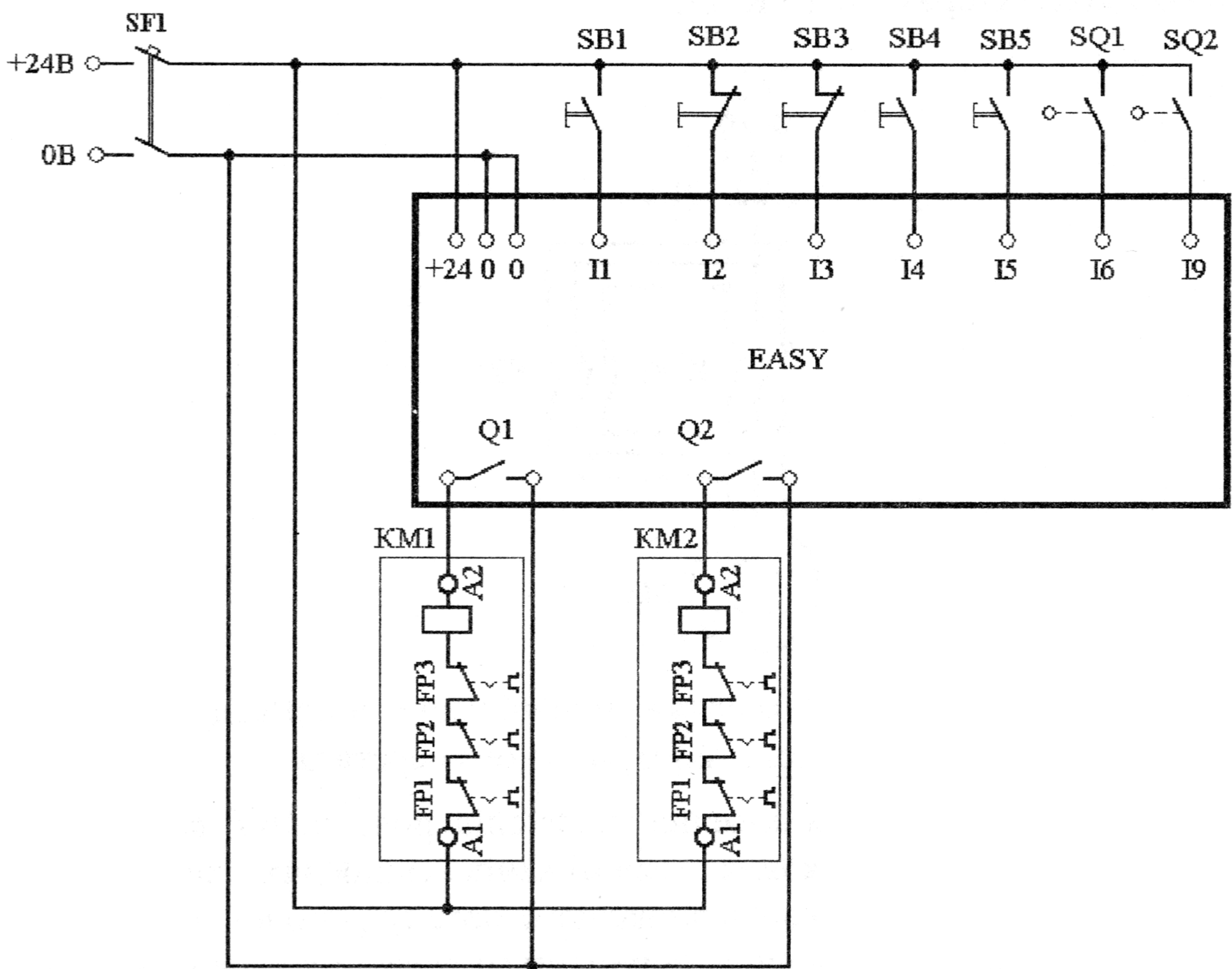


Рис. 2.2 Схема підключення електричних апаратів до входів і виходів реле EASY



На рис. 2.3 наведено спрощену релейно-контакторну схему управляючого пристрою електроприводу механізму пересування стола шліфувального верстата, та спрощену схему, яка показує напрям пересування стола шліфувального верстата при спрацьовуванні контактора КМ1 або КМ2, а також в якому положенні стола замикаються контакти кінцевих вимикачів SQ1 і SQ2.

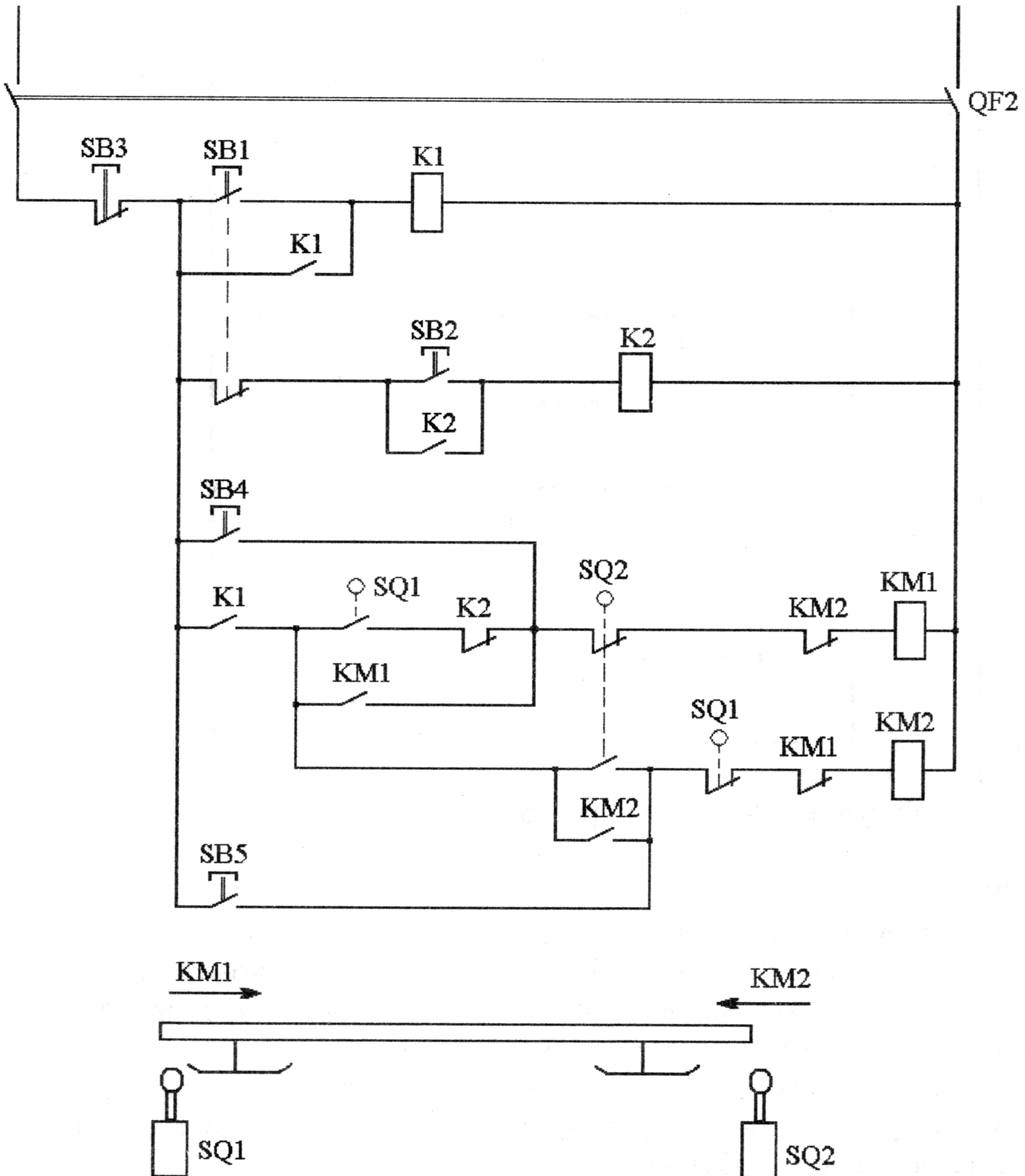


Рис. 2.3 Схема управління електроприводу механізму пересування стола шліфувального верстата

На рисунку 2.4 наведено схему спрощеної програми реле EASY, призначену для електроприводу механізму пересування стола шліфувального верстата, яка відповідає схемі управління, що наведена на рис.2.3.



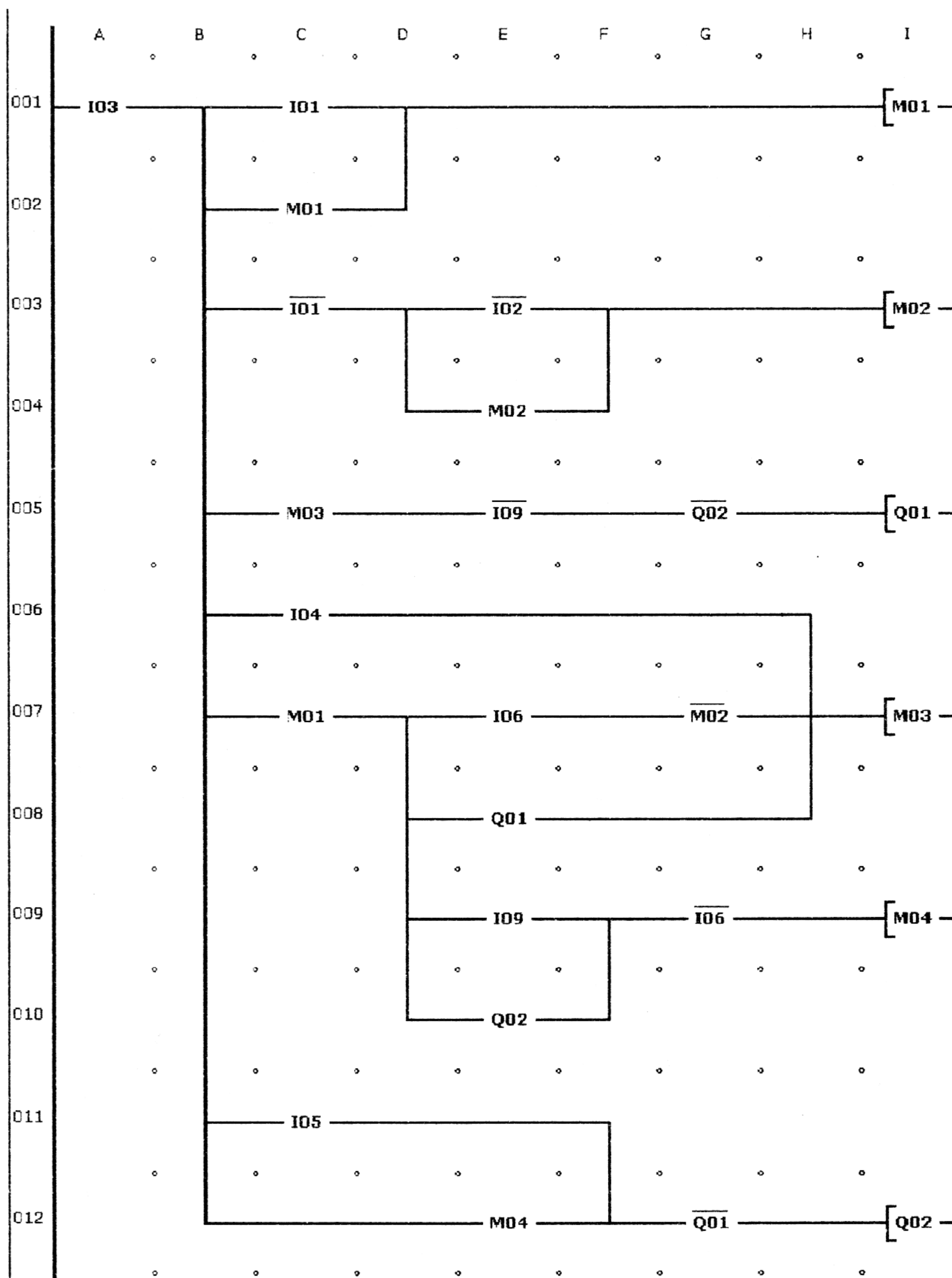


Рисунок 2.4 – Схема програми реле EASY.

### Завдання.

На підставі схем, наведених на рис.2.1 – 2.4:

1. На базі електронного реле EASY розробити релейно-контакторну схему, призначену для керування двигуном, який забезпечує зворотно-поступальний рух виконавчого органу робочої машини.

2. Розробити програму (схему з'єднань) для електронного реле EASY, призначену для керування двигуном, який забезпечує зворотно-поступальний рух виконавчого органу робочої машини.

3. За допомогою цифрового осцилографу отримати осцилограми перехідних процесів за струмом, швидкістю і напругою при пуску і реверсі електроприводу. Дати пояснення щодо отриманих осцилограм.

**Зауваження** В схемах необхідно встановити пристрої теплового захисту АД, а також пристрої захисту від струму короткого замикання.



## Контрольні запитання

1. Дайте загальну функціональну характеристику програмованого реле EASY-500 і умов його експлуатації.
2. Дайте загальну функціональну характеристику програмованого реле EASY-700 і умов його експлуатації.
3. Дайте загальну функціональну характеристику програмованого реле EASY-800 і умов його експлуатації.
4. Дайте загальну функціональну характеристику програмованого модулю MFD-Titan і умов його експлуатації.
5. Дайте перелік основних аксесуарів програмованого реле EASY і їх призначення.
6. Дайте перелік заходів безпеки при роботі з програмованим реле EASY.
7. Поясніть функціональне призначення кнопок, розташованих на панелі реле EASY.
8. Поясніть функціональне призначення входів і виходів програмованих реле EASY.
9. Поясніть яку інформацію виведено на дисплей стану «Status display» програмованого реле EASY?
10. Наведіть і поясніть схеми підключення зовнішніх апаратів до входів змінного струму програмованого реле EASY.
11. Наведіть і поясніть схеми підключення зовнішніх апаратів до входів постійного струму програмованого реле EASY.
12. Наведіть і поясніть схеми підключення зовнішніх апаратів до аналогових входів програмованого реле EASY.
13. Наведіть і поясніть схеми підключення зовнішніх апаратів до релейних виходів програмованого реле EASY.
14. Наведіть і поясніть схеми підключення зовнішніх апаратів до транзисторних виходів програмованого реле EASY.
15. Наведіть і поясніть схеми підключення зовнішніх апаратів до аналогових виходів програмованого реле EASY.
16. Наведіть і поясніть схеми підключення основних аксесуарів до програмованого реле EASY і підключення програмованого реле EASY до інформаційної мережі.
17. Наведіть релейно-контакторну схему управління електроприводу механізму пересування стола шліфувального верстата і поясніть її роботу.
18. Поясніть роботу системи управління електроприводу механізму пересування стола шліфувального верстата по схемі програми, яка застосовується в програмованому реле EASY.



## Лабораторна робота 3

### Електропривод механізму підйома ліфта на базі схеми прямого пуску и реверсу АД.

#### Мета роботи

Разробити схему електроприводу механізму підйома ліфта на базі схеми прямого пуску и реверсу АД-КЗ з застосуванням програмованого реле EASY.

#### Основні теоретичні положення

Асинхронні двигуни з короткозамкнутою обмоткою ротора (АД-КЗ) є простішими за устроєм і обслуговуванням, а також дешевшими і надійнішими в роботі, ніж асинхронні двигуни з фазним ротором. Тому всюди, де це можливо, необхідно застосовувати АД-КЗ. Резисторні ЕП на базі одношвидкісних АД-КЗ можуть виконувати 1-у і 2-у функції автоматизації технологічних процесів, оскільки можуть забезпечити роботу технологічного механізму з декількома значеннями швидкості в невеликому діапазоні, якому відповідає зміна ковзання від 0 до критичного значення. При використуванні багатошвидкісних АД-КЗ діапазон регулювання швидкості може бути збільшений до 4-х.

Для АД-КЗ механічна характеристика не завжди описується відомими формулами (наприклад, формулою Клосса) у всьому діапазоні зміни ковзання, оскільки двигуни, що випускаються промисловістю, як правило, виконуються з відносно глибоким пазом або з подвійною кліткою на роторі. В цьому випадку при великих значеннях ковзання унаслідок ефекту витіснення струму в обмотці ротора істотно змінюються її параметри. Тому для асинхронних двигунів з короткозамкнутою обмоткою ротора відомі формули справедливі, як правило, лише при зміні ковзання в межах  $\pm s_K$ .

Асинхронні двигуни залежно від виконання короткозамкнутої обмотки ротора мають різні відносні значення пускового, мінімального і критичного моменту, а також різні значення пускового струму статора і різні номінальні і критичні значення ковзання. На рис.1.2 приведено загальний вид природних механічних і електромеханічних характеристик асинхронних двигунів з короткозамкнутою обмоткою ротора серії 4А і кран-металургійних двигунів серії МТКН. Ці характеристики побудовано у відносних одиницях  $\omega^* = \omega / \omega_0$ ,  $I_S^* = I_S / I_{SH}$ ,  $M^* = M / M_H$ . За базисні значення прийняті: швидкість ідеального холостого ходу  $\omega_0$ , номінальний струм обмотки статора  $I_{SH}$  і номінальний момент  $M_H$  двигуна. Для АД-КЗ в каталогах указується не тільки кратність критичного моменту, але і кратність пускового моменту  $m_{\Pi} = M_{\Pi} / M_H$ , а також кратність мінімального моменту  $m_{\text{МИН}} = M_{\text{МИН}} / M_H$ , оскільки визначити ці значення розрахунковим шляхом по значеннях  $M_K$  і  $s_K$  неможливо. Як правило, після закінчення процесу пуску в резисторних ЕП двигун виявляється підключеним до мережі живлення напряму або через додаткові резистори. Тому технічні характеристики ЕП фактично визначаються технічними характеристиками двигуна, які повинні відповідати вимогам технологічних механізмів, що приводяться ними в рух. Отже, вибір АД-КЗ для



резисторних ЕП необхідно проводити з урахуванням вимог технологічних механізмів.

Найпростішим способом пуску АД-КЗ є підключення обмотки його статора безпосередньо до мережі живлення (МЖ), тому номінальна напруга обмотки статора АД-КЗ має відповідати напрузі МЖ. Такий пуск називається прямим. При цьому значення пускового струму двигуна залежить від його типу і досягає  $(2,5 - 7,5) I_{SH}$ . Підключення АД-КЗ до МЖ здійснюється за допомогою перетворюючого пристрою (ПУ). У найбільш простому випадку перетворюючим пристроєм в резисторних ЕП є один або декілька контакторів, за допомогою яких здійснюється підключення двигуна до джерела електричної енергії. У нереверсивних ЕП для підключення і відключення обмотки статора асинхронного двигуна до мережі змінного струму, як правило, застосовують 3-полюсні контактори змінного струму (рис.3.1,а). У разі відсутності 3-полюсних контакторів можна використовувати два 2-полюсні контактори, головні (силові) контакти яких необхідно включити в ланцюг статора двигуна так, як це показано на рис. 3.1,б. При цьому поломка якого-небудь з контакторів приводить до відключення від МЖ двох фаз обмотки статора АД-КЗ. Оскільки при цьому не буде замкнутого контуру для протікання струму в обмотці статора, то режим роботи двигуна на двох фазах буде неможливим (як і при застосуванні 3-х полюсних контакторів). Це є перевагою схем, приведених на рис.3.1,а, б, по відношенню до схем в яких застосовують однополюсні контактори.

Якщо в ПУ використовувати три однополюсні контактори, то несправність будь-якого з контакторів приведе до режиму роботи двигуна на двох фазах. Це буде супроводжуватись збільшенням струму, який споживається двигуном з МЖ, що при достатньо великому значенні моменту навантаження на валу АД-КЗ може привести до перегріву АД-КЗ. Тому застосування однополюсних контакторів для підключення АД-КЗ до МЖ є небажаним. Ця рекомендація також відноситься і до АД з фазною обмоткою ротора.

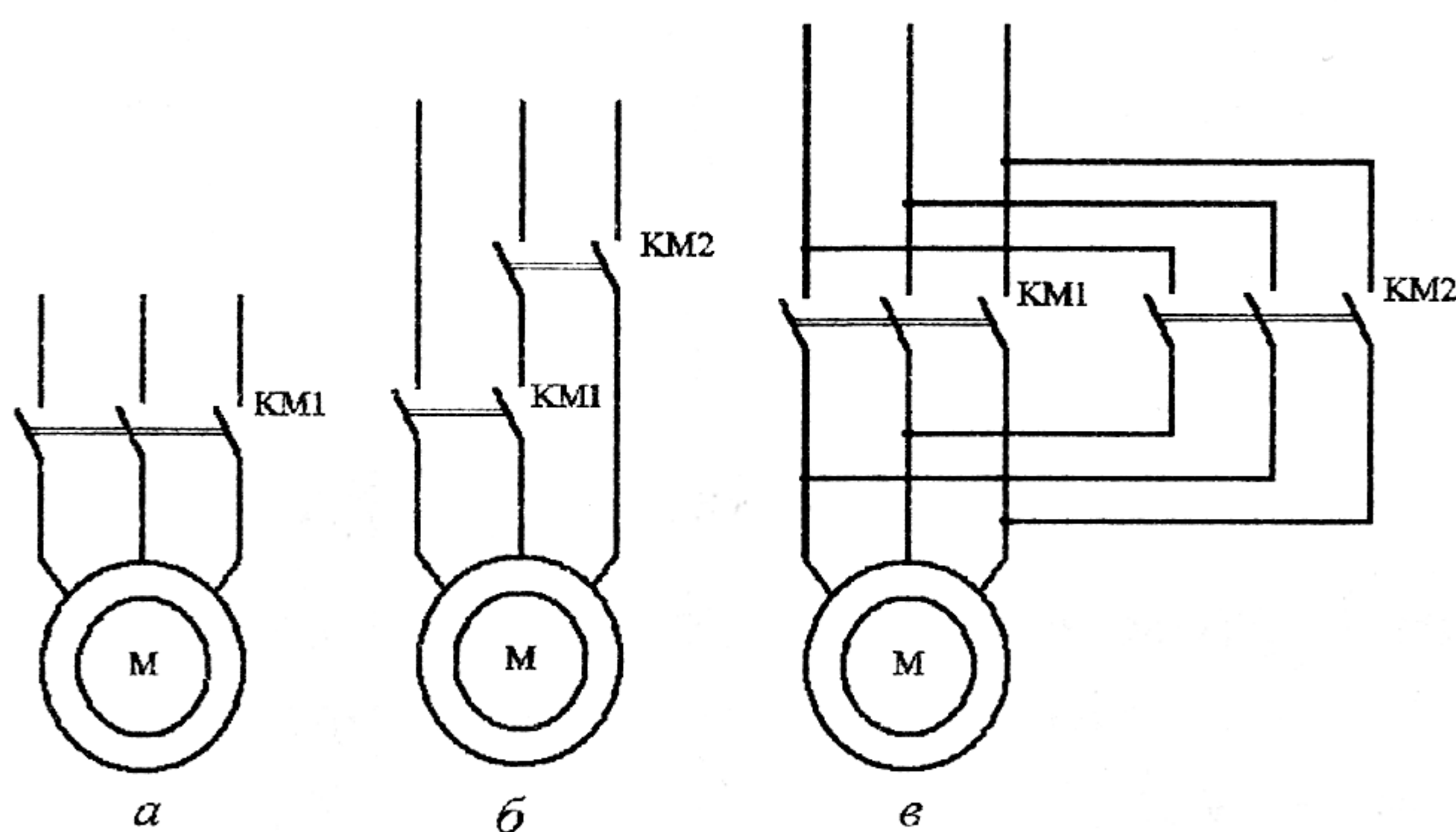


Рис.3.1. Схеми підключення АД-КЗ до МЖ

У реверсивних схемах бажано використовувати два 3-полюсні контактори змінного струму з механічним блокуванням їх якорів, що виключає одночасне включення контакторів навіть при приварюванні їх



контактів або за наявності зовнішньої механічної дії на їх контактну систему (рис.3.1,в).

Сучасні АД-КЗ проектуються з таким розрахунком, що вони допускають прямий пуск, як по значенню виникаючих при пуску електродинамічних зусиль, діючих на обмотки, так і за умов нагріву обмоток. Тому прямий пуск АД-КЗ завжди є можливим, якщо МЖ має настільки велику потужність, що пускові струми двигунів не приводять до неприпустимо великих падінь напруги в МЖ (не більше 10% – 15%). Тому прямий пуск є нормальним способом пуску двигунів з короткозамкнутою обмоткою ротора. При виконанні вказаної умови прямий пуск може використовуватися і для двигунів потужністю в тисячі кіловат.

### Опис лабораторного стенда

#### Задача управління.

Вантажний ліфт призначено для перевезення вантажу і людей між двома рівнями виробничого приміщення. Кабіна приводиться в рух асинхронним двигуном М через механічну передачу, яка складається з редуктора Р, канатоведучого шківа, канатів підвіски (рис.3.2.). Частина ваги кабіни з вантажем врівноважується противагою (на рис.3.2. противагу не показано).

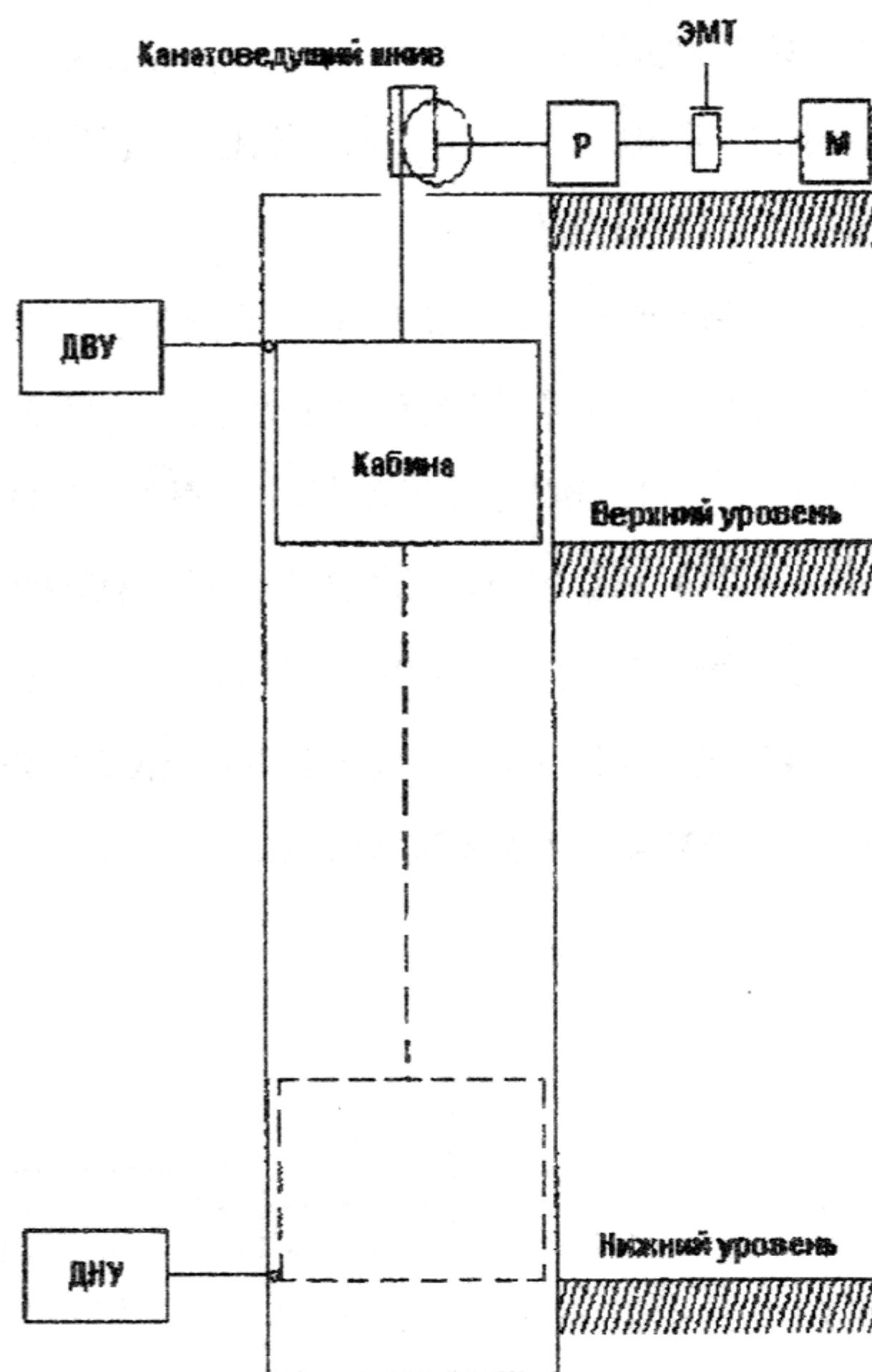


Рис. 3.2. Схема механізму ліфта

Управління вантажним ліфтом виконується з кабіни і від пультів управління, розташованих на поверхах. Виклик кабіни на поверх і команда «Пуск» подаються оператором вручну, а зупинка виконується автоматично при підході кабіни до датчиків верхнього рівня (ДВУ) або до датчиків нижнього рівня (ДНУ). Вантажний підйомник має невисоку швидкість пересування, тому зупинка виконується відключенням двигуна М і накладенням електромагнітного гальма (ЕМТ) на його вал. При виникненні аварійної



ситуації кабіна може бути зупинена в будь-якому положенні натисканням на кнопку "Стоп".

**Схема силової частини ЕП.** Схема електрична принципова перетворюючого пристрою електроприводу підйомника приведена на рис. 3.3. Перед запуском двигуна вручну включають автоматичний вимикач QF1. Пуск двигуна і підйом вгору здійснюється включенням пускача КМ1, опускання вниз здійснюється при включенні пускача КМ2.

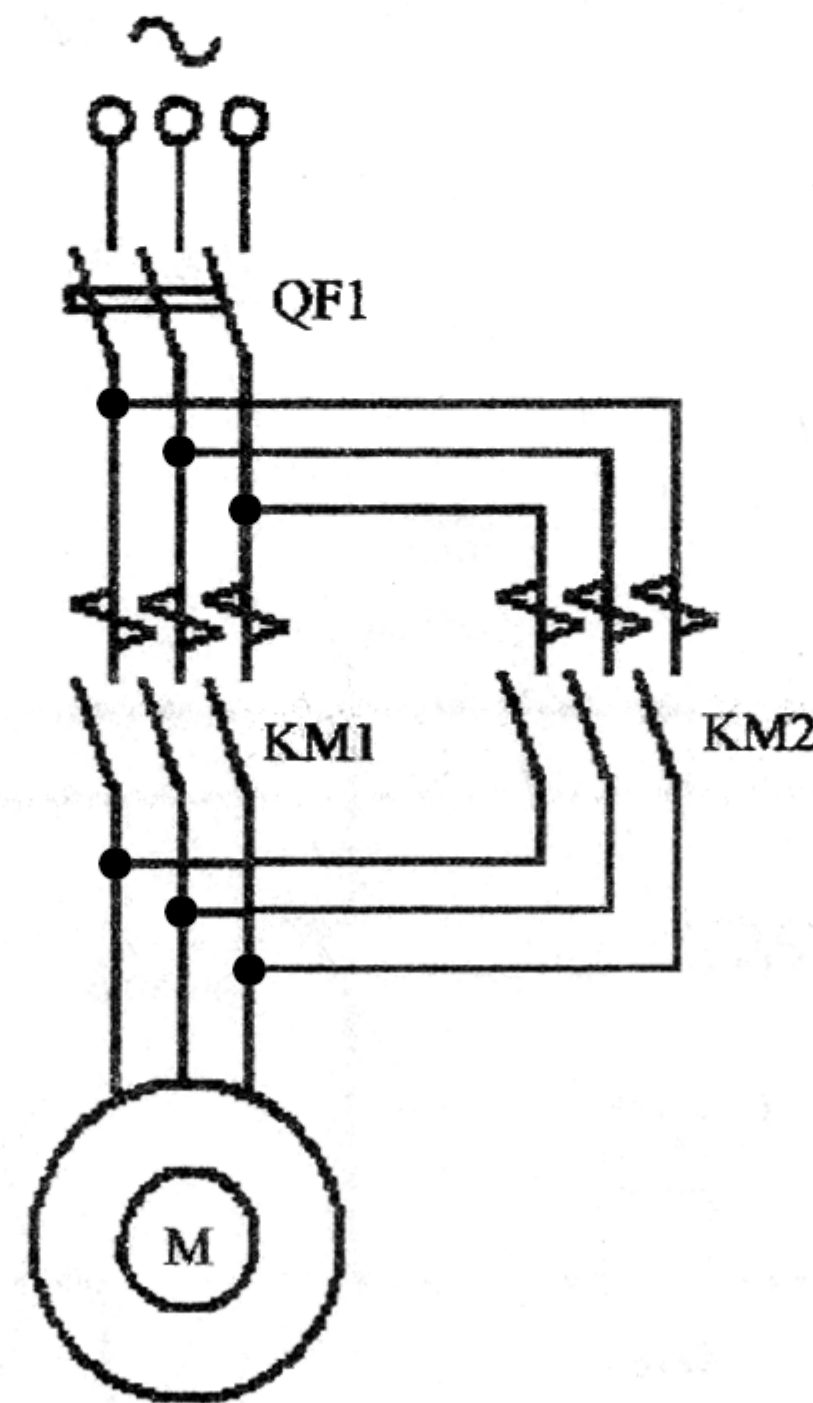


Рис. 3.3. Схема електрична силової частини ЕП вантажного ліфта

**Схема підключення реле EASY.** На рис. 3.4 показано схему підключення до входів реле EASY кнопок: ПВ1 - пуск вгору, ПН1 - пуск вниз, "Стоп" (ці кнопки встановлені в кабіні), ПВ2 - пуск вгору (встановлена на верхньому рівні), ПН2 - пуск вниз (встановлена на нижньому рівні). До виходів реле підключені пускачі: для запуску двигуна вгору і вниз – КМ1 і КМ2, для управління електромагнітним гальмом – КМ3, і для включення звукового сигналу – реле KV1.

#### **Перелік операндів реле EASY:**

Входи:

I1, I2 - контроль стану кнопок пуску вгору і вниз вантажного ліфта;

I3, I4 - контроль стану кнопок зупинки і подання аварійного сигналу;

I5, I6 - контроль стану контактів датчиків верхнього і нижнього рівнів;

I9 - вхід для скидання лічильника кількості поїздок.

Виходи:

Q1, Q2 - включення пускачів для руху підйомника вгору і вниз;

Q3 - включення електромагнітного гальма;

Q4 - включення реле для подання звукового сигналу.

Маркери:

M01, M02 - для включення виходів Q1, Q2.

Реле часу T01 - генератор імпульсів для управління поданням звукового сигналу.



Лічильник С01 - забезпечує підрахунок кількості поїздок.

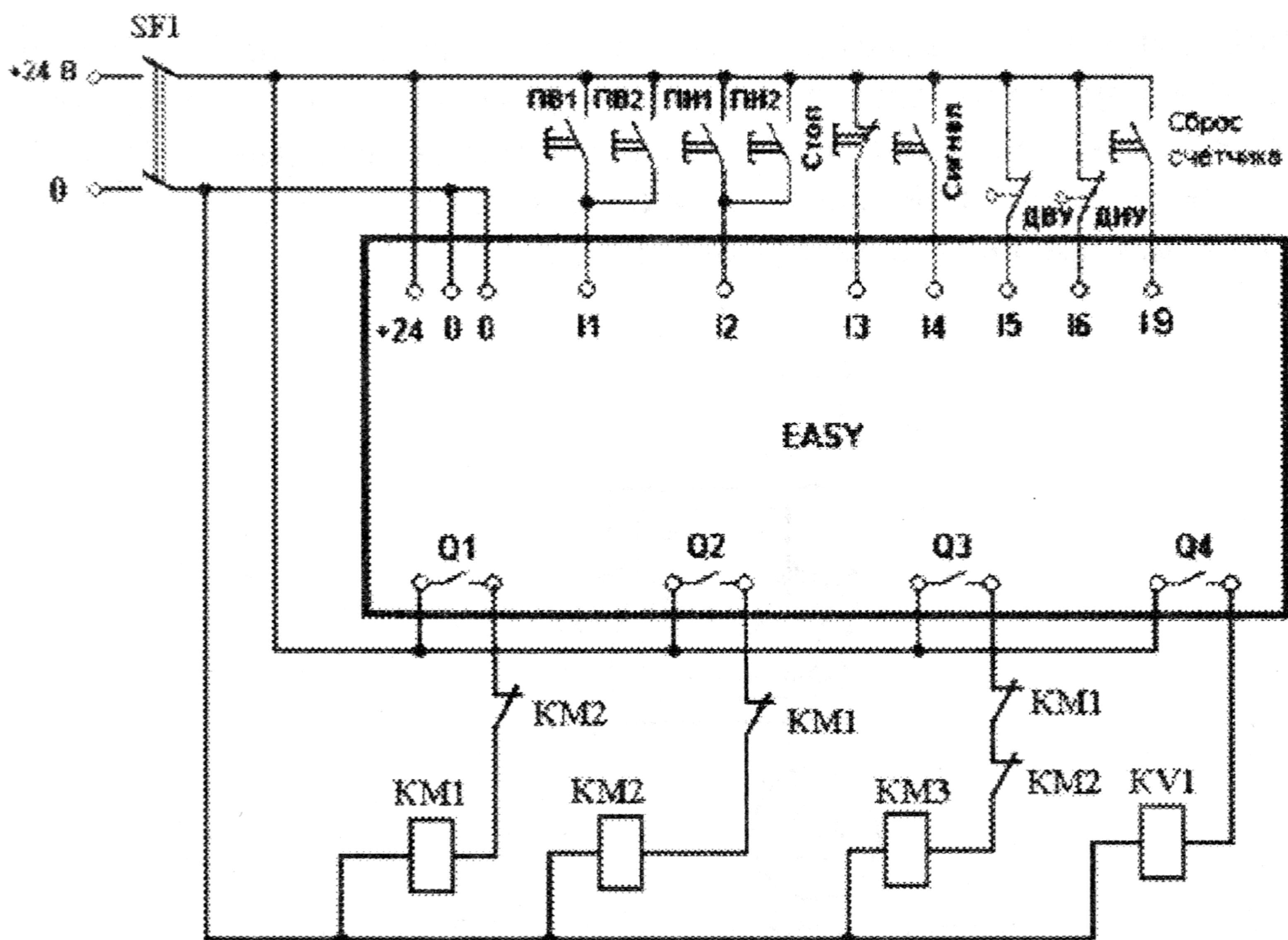


Рис. 3.4. Схема підключення реле EASY

### Опис роботи програми реле EASY

Схема програми реле EASY наведена на рис. 3.5. Натиснення кнопки ПВ1 (рис.3.4) призводить до замикання контакту I01 і спрацьовуванню маркера M01 (рядок 1), який своїм замикаючим контактом (рядок 5) переводить котушку вихідного реле Q1 в одиничний стан. Це забезпечує замикання контакту Q1 реле, включення контактора KM1 і початок руху підйомника вгору. Аналогічним чином, натиснення кнопки ПН1 (рядок 3) забезпечує включення контактора KM2 і рух вниз (рядок 6). Замикання будь-якого з контактів Q1 або Q2 приводить також, по-перше, до активованого стану котушки Q3 (рядки 7, 8), спрацьовування контактора KM3, що забезпечує включення ЕМТ, який звільняє вал двигуна, а по-друге, - до збільшення на одиницю утримуваного лічильника С01 числа включень підйомника (рядки 11, 12 на рис.2.4 не показані).

Натиснення кнопки "Стоп" розмикає контакти I03 в ланцюгах котушок Q01 і Q02 (рядки 5, 6), що призводить до відключення контактів Q1, Q2 і Q3 і відповідно відключення контакторів KM1, KM2, KM3, що забезпечує зупинку електропривода з накладенням колодок ЕМТ на вал двигуна. Аналогічним чином припинення руху підйомника забезпечується при спрацьовуванні датчиків ДВУ і ДНУ, яке призводить до розмикання контактів  $\overline{I05}$ ,  $\overline{I06}$



(рядки 5, 6). Натиснення кнопки "Сигнал" забезпечує замикання контакту I04 (рядок 9) і запуск реле часу T01, який періодично замикає свій контакт (рядок 10) і активує котушку вихідного реле Q04, підключаючи реле KV1 для подання звукового сигналу.

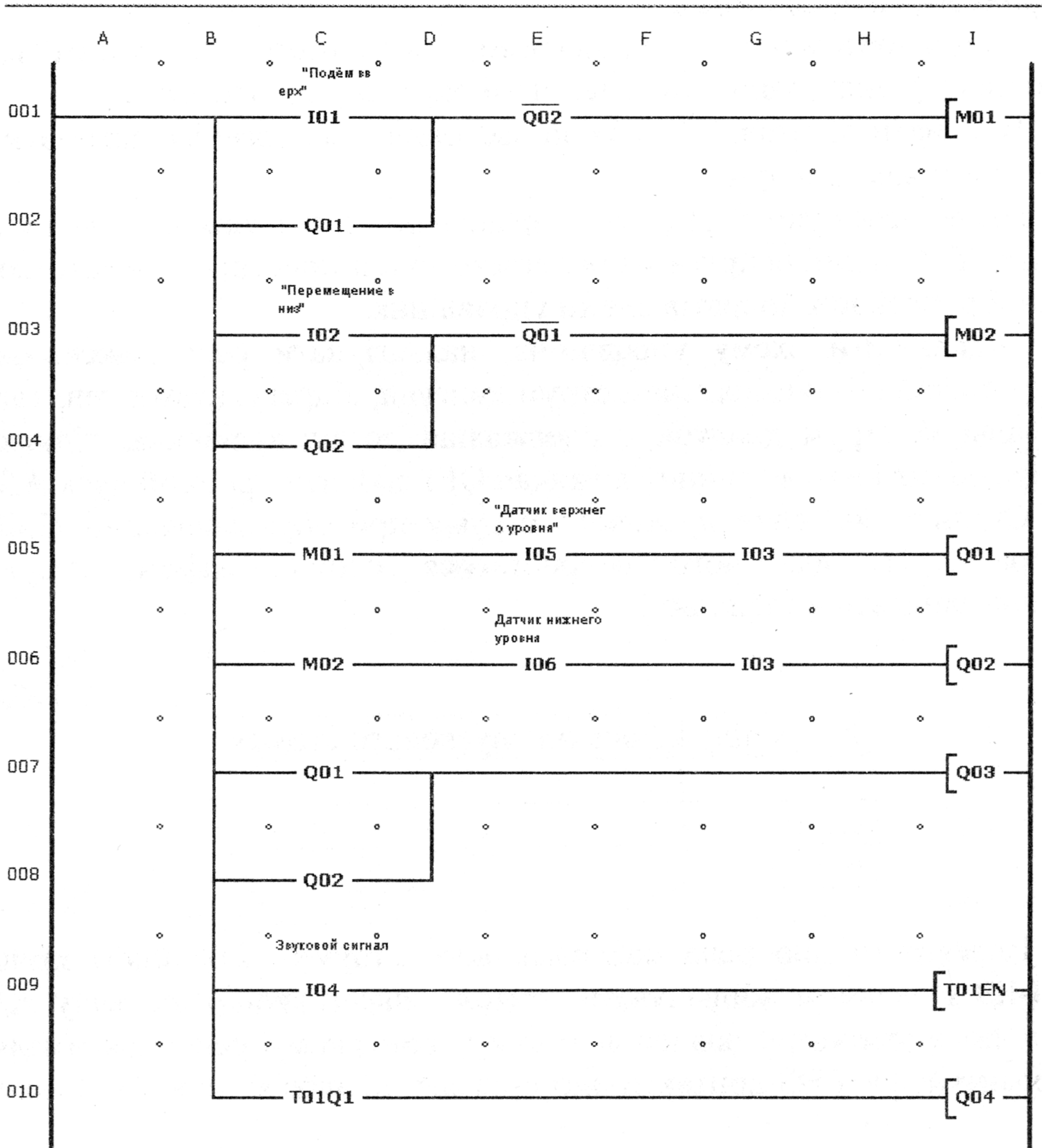


Рис. 3.5. Схема програми

### Порядок виконання лабораторної роботи.

У програмі EASY - SOFT вибрати режим «Схема з'єднань» і зібрати схему, представлену на рис. 3.4. Вибрати реле T01 і встановити режим "Мигаючий" з періодом 2 с.

Перейти в режим «Імітація». У панелі інструментів у вкладці «Принцип роботи I/R» встановити контакти I1, I2, I4, I9, які замикаються без фіксації, а I3, I5, I6, - як такі що розмикають свій контакт при подавані на них сигналу. Клацанням по кнопці «Показание» вибрати в меню, яке відкривається, режим індикації стану виходів реле (Q). Відкрити вкладку «Входи I» і включити



виконання режиму «Імітація». Клацаючи по зображеннях контактів у вкладці «Входи І», спостерігати на панелі властивостей процеси включення і виключення виходів Q1 - Q4, а також проаналізувати їх на відповідність очікуваному режиму роботи підйомника.

### Проведення досліджень

1. Ознайомитися з приладами, апаратами і устаткуванням лабораторного стенду, записати їх технічні параметри в протокол.
2. Виконати монтаж ЕП для проведення дослідження автоматичного пуску ЕП вантажного ліфта.
3. Після перевірки керівником правильності з'єднань включити схему управління (без подачі напруги на перетворюючий пристрій) і переконатися в нормальній роботі всіх апаратів схеми управління.
4. Відключити схему управління, налаштувати реле максимального струму на подвійний номінальний струм двигуна, відрегулювати теплове реле на номінальний струм двигуна і, одержавши дозвіл керівника, підключити схему управління і автоматичний вимикач QF1 зробити пробний пуск АД-КЗ.
5. Оцінити значення пускового струму при спрацьовуванні лінійного контактора КМ1, для чого скористатися осциллографом. Результати вимірювань записати в таблицю 1.

Таблиця 1

№ досліду	Значення пускового струму
1	
....	
6	

6. Перевірити дію реле максимального струму. Для цього здійснити пуск АД-КЗ і гальмом збільшувати момент навантаження на валу АД-КЗ, оцінивши по амперметру значення струму, при якому реле максимального струму розімкне свої НЗ контакти, що приведе до автоматичної зупинки АД-КЗ.

Дані спостережень занести в таблицю 2.

Таблиця 2

№ досліду	Струм уставки реле максимального струму $I_y$ , А	Струм спрацьовування $I_{CP}$ , А
1		
2		

7. Дослідити дію теплового реле. Для цього навантажити двигун гальмом до полуторного номінального струму і визначити час спрацьовування теплового реле РТ. Результати вимірювань оформити в таблицю 3.



№ досліду	Струм двигуна $I_C$ , А	Час спрацьовування теплового реле $t$ , с
1		
2		

8. Перевірити дію апарату захисту від зниженої напруги в МЖ, для чого відключити схему управління і зафіксувати явища, що відбуваються при цьому.

### Обробка результатів досліджень

1. Дати опис роботи схеми, порядок перевірки і налаштування окремих апаратів.

2. Скласти специфікацію електроустаткування установки у формі таблиці 4.

Таблиця 4

№ п.п.	Найменування і технічна характеристика	Кількість	Примітка
1			
2			
3			

5. Скласти висновок за результатами виконаної роботи.

### Питання для самоперевірки

1. Від чого залежить початковий пусковий момент трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора і як можна його регулювати?

2. У чому полягає налаштування схеми прямого автоматичного пуску АД-КЗ?

3. Дайте загальну функціональну характеристику програмованого реле EASY-500 і умов його експлуатації.

4. Дайте загальну функціональну характеристику програмованого реле EASY-700 і умов його експлуатації.

5. Дайте загальну функціональну характеристику програмованого реле EASY-800 і умов його експлуатації.

6. Дайте загальну функціональну характеристику програмованого модулю MFD-Titan і умов його експлуатації.

7. Дайте перелік основних аксесуарів програмованого реле EASY і їх призначення.

8. Дайте перелік заходів безпеки при роботі з програмованим реле EASY.

9. Поясніть функціональне призначення кнопок, розташованих на панелі реле EASY.



10. Поясніть функціональне призначення входів і виходів програмованих реле EASY.

11. Поясніть яку інформацію виведено на дисплей стану «Status display» програмованого реле EASY?

12. Наведіть і поясніть схеми підключення зовнішніх апаратів до входів змінного струму програмованого реле EASY.

13. Наведіть і поясніть схеми підключення зовнішніх апаратів до входів постійного струму програмованого реле EASY.

14. Наведіть і поясніть схеми підключення зовнішніх апаратів до аналогових входів програмованого реле EASY.

15. Наведіть і поясніть схеми підключення зовнішніх апаратів до релейних виходів програмованого реле EASY.

16. Наведіть і поясніть схеми підключення зовнішніх апаратів до транзисторних виходів програмованого реле EASY.

17. Наведіть і поясніть схеми підключення зовнішніх апаратів до аналогових виходів програмованого реле EASY.

18. Наведіть і поясніть схеми підключення основних аксесуарів до програмованого реле EASY і підключення програмованого реле EASY до інформаційної мережі.

19. Наведіть релейно-контакторну схему управління електроприводу підйомного механізму і поясніть її роботу.

20. Поясніть роботу системи управління електроприводу підйомного механізму по схемі програми, яка застосовується в програмованому реле EASY.



## Лабораторна робота № 4

### Резисторні та реакторні схеми пуску АД

#### Мета роботи:

Разробити схему електроприводу на базі схеми непрямого пуску и реверсу АД-КЗ з застосуванням програмованого реле EASY.

Вивчити резисторні та реакторні схеми непрямого пуску АД-КЗ, а також ознайомитись з механічними реостатними характеристиками АД.

#### Основні теоретичні положення

В деяких технологічних механізмах і технологічних процессах для АД-КЗ середньої і великої потужності необхідно обмежити пусковий струм до значення, що допускає перетворюючий пристрій електропривода (ПП) або джерело електричної енергії (ДЕЕ), від якого живиться електропривод. Іноді вимагається зменшити пусковий момент двигунів навіть невеликої потужності, для того, щоб ослабити удари в зазорах передавального пристрою електропривода (ПМ).

Якщо потужність, яку АД-КЗ споживає від мережі живлення (МЖ), є малою відносно потужності МЖ (як правило, потужність таких двигунів не перевищує 10 кВт), то пускові резистори, як правило, не використовують. В цьому випадку здійснюється прямий пуск малопотужних АД, який було розглянуто в лабораторній роботі №1. Якщо при пуску двигунів невеликої потужності все-таки вимагається обмежити пусковий момент, то в одну з фаз АД включають додатковий пусковий резистор, як показано на рис. 4.1 (схема 1-R), який після закінчення процесу пуску буде зашунтовано контактором прискорення КМ2.

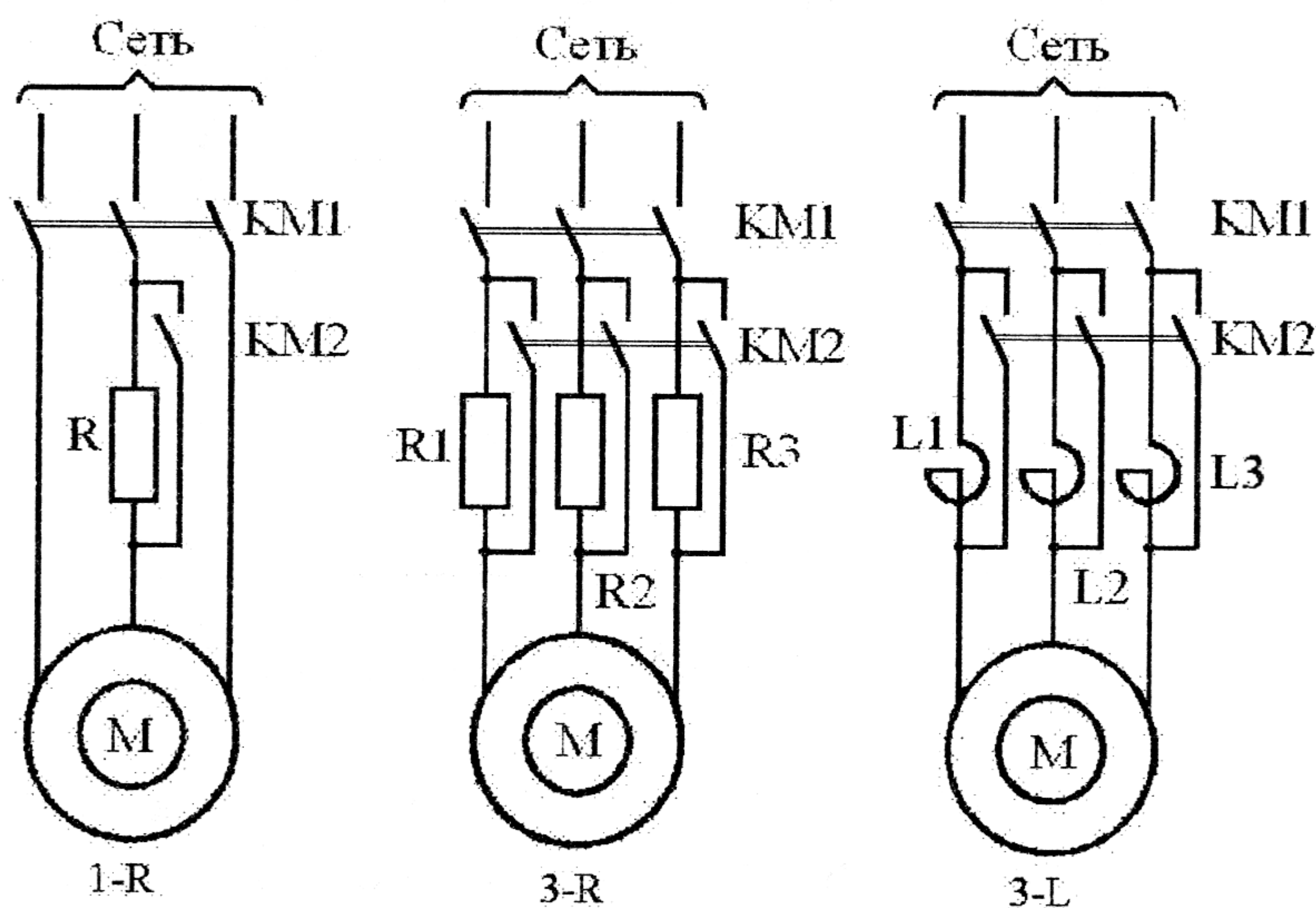


Рис. 4.1. Схеми пуску АД-КЗ.

При необхідності обмеження моменту і струму при пуску АД потужністю більше 10 кВт пускові резистори, як правило, включають в усі три



фази обмотки статора АД, як показано на рис.4.1 (схема 3-R). Замість резисторів з активним опором іноді використовують реактори або дроселі з індуктивним опором (схема 3-L).

Згідно схемам 3-R і 3-L, показаним на рис. 4.1, при пуску АД спочатку включають контактор КМ1, і всі три фази обмотки статора підключаються до мережі живлення (МЖ) через пускові резистори або через трифазний реактор, активний або індуктивний опір яких обмежує значення пускового струму (і пускового моменту). Відбувається пуск АД по штучній механічній характеристиці (МХ) (рис.4.2, графік 1) від точки «а» до точки «b». Після досягнення точки «b» система керування електропривода (СКЕП) включає контактор КМ2, який шунтує пускові резистори або реактори, внаслідок чого двигун виявляється підключеним до МЖ безпосередньо і робоча точка переходить на природну МХ (графік 2) в точку «с». Далі розгін відбувається по природній МХ до точки «d», яка відповідає сталому режиму роботи АД.

Для зупинки ЕП треба відключити контактор КМ1. При цьому АД буде відключено від МЖ. Якщо при відключенні контактора КМ1 між його контактами виникає електрична дуга, яка руйнує їх (як правило, це має місце при роботі АД з великим моментом навантаження на його валу), то необхідно спочатку відключити контактор КМ2, що зменшить електромагнітну сталу часу обмотки статора, а потім відключити контактор КМ1. Це призведе до більш швидкого гасіння електричної дуги і збільшення часу роботи контактів контактора КМ1.

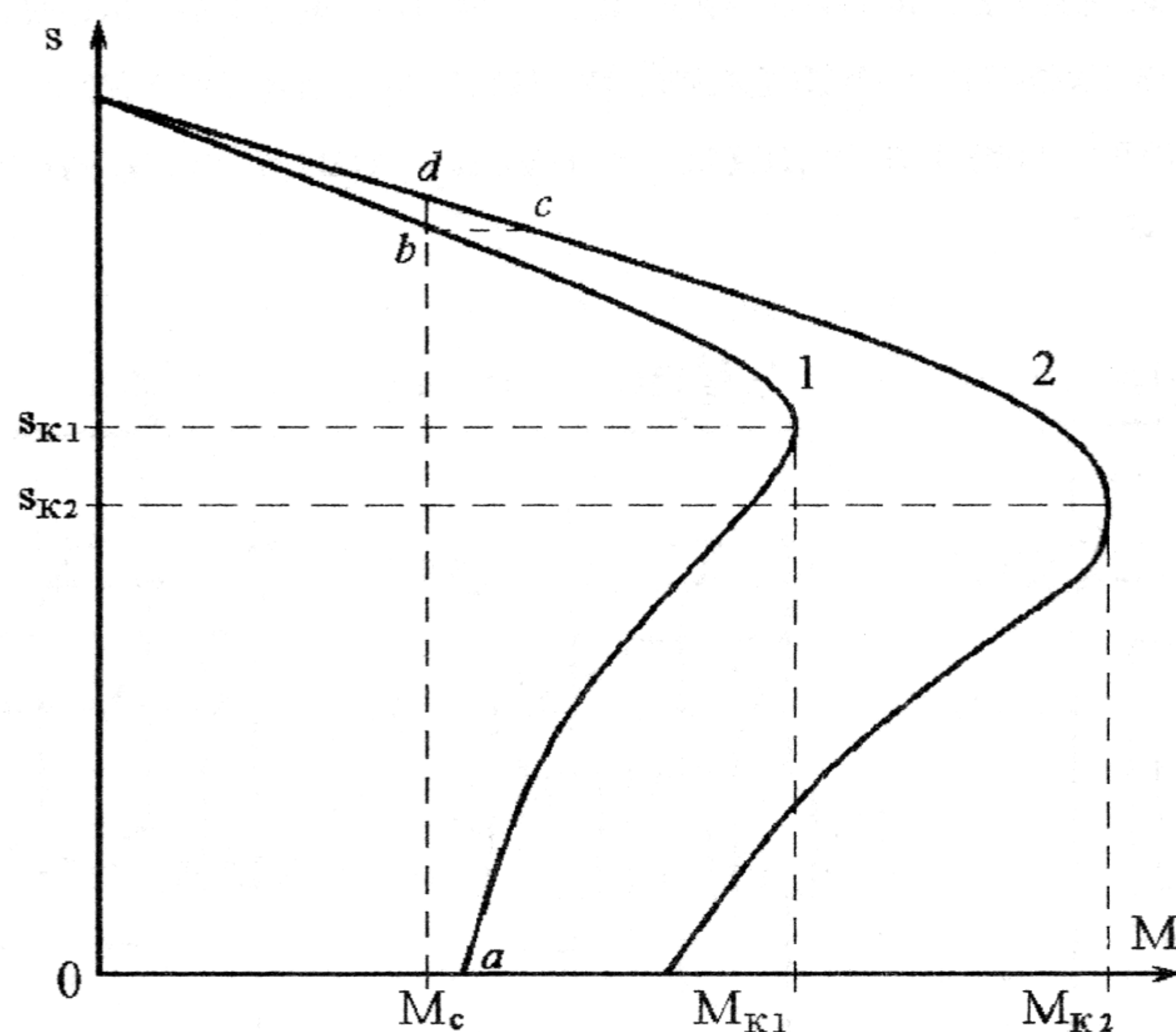


Рис.4.2. Графіки МХ для схем 3-R і 3-L.

Пускові резистори і реактори розраховують по нагріву тільки на короткочасний режим роботи; що дозволяє зменшити їх розміри, вагу і вартість. Контактор КМ1 вибирають так, щоб він міг відключити ЕП за наявності короткого замикання в АД. Контактор КМ2 може мати низьку здатність щодо відключення електричного навантаження.



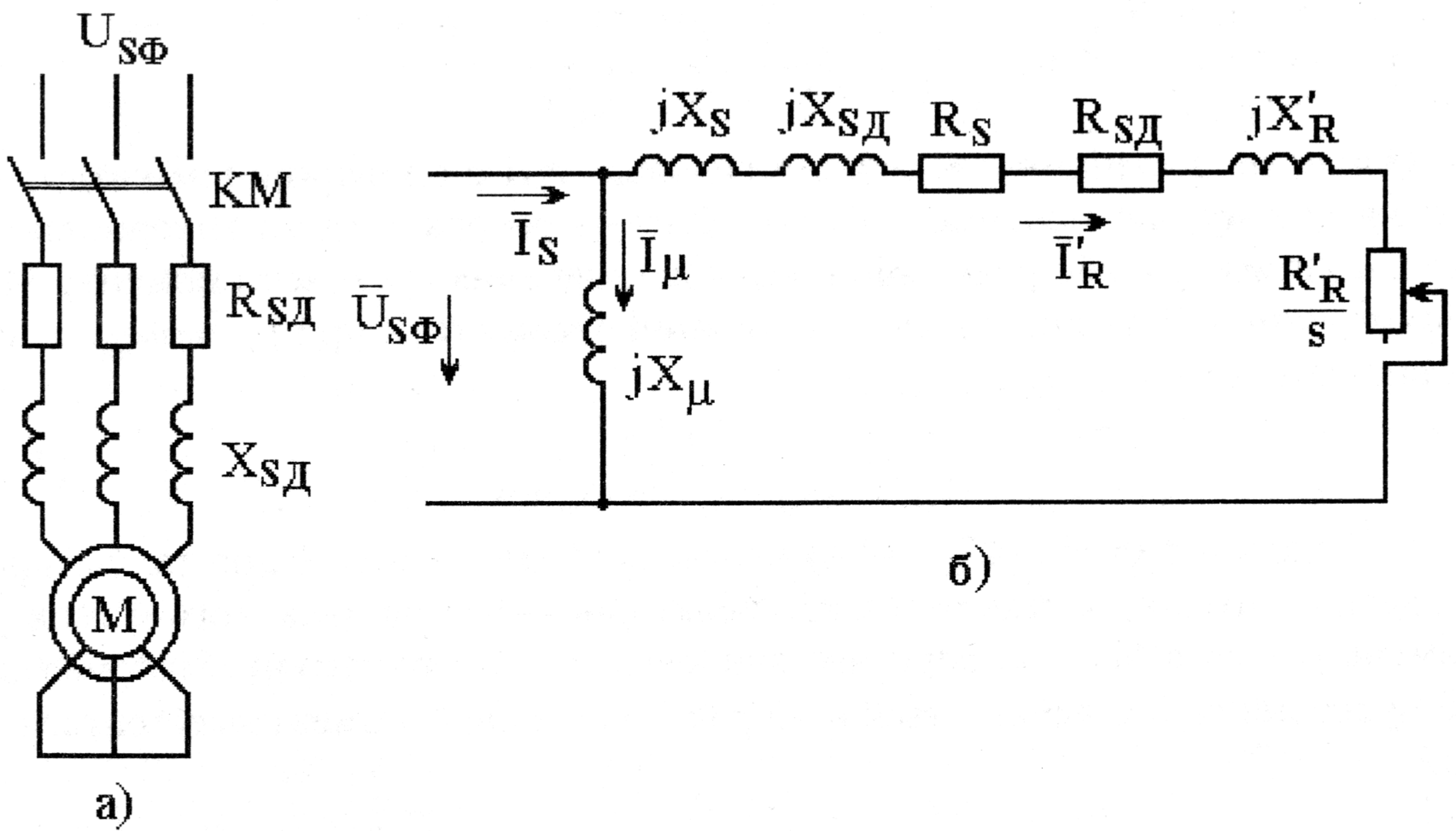


Рис.4.3. Схема підключення АД-КЗ (а) і Г-подібна схема заміщення АД (б).

Оскільки при пуску ковзання дорівнює одиниці ( $s=1$ ), то згідно до Г-подібної схемі заміщення АД (рис.4.3,б) значення активного опору ланцюга ротора зменшується. В результаті повний опір ланцюга ротора стає значно менше індуктивного опору ланцюга намагнічування  $X_\mu$ , а пусковий струм – значно більше струму намагнічування  $I_\mu$ . Це дозволяє нехтувати значенням струму намагнічування щодо значення пускового струму, який протікає у фазах обмоток статора і ротора АД, і не враховувати вплив опору ланцюга намагнічування на значення пускового струму АД. Тому, якщо позначити активний і індуктивний опори короткого замикання двигуна  $R_K=(R_S+R'_R)$  і  $X_K=(X_S+X'_R)$ , то на підставі Г- подібної схемі заміщення для природної електромеханічної характеристики (EMX) можна визначити значення пускового струму в обмотках статора і ротора при прямому пуску АД за наближеною формулою

$$I_{S\Pi\Pi} \approx I'_{R\Pi\Pi} = I_{\Pi\Pi} = \frac{U_{S\Phi}}{\sqrt{R_K^2 + X_K^2}}, \quad (4.1)$$

де  $I_{S\Pi\Pi}$ ,  $I_{R\Pi\Pi}$  – пусковий струм відповідно в обмотках статора і ротора, які відповідають природній МХ АД-КЗ

При включенні в ланцюг обмотки статора АД додаткових пускових резисторів або реакторів з опорамі  $R_{SD}$  і  $X_{SD}$  значення пускового струму для штучної електромеханічної характеристики  $I_{\Pi\Pi\Pi}$  буде визначатися виразом

$$I_{S\Pi\Pi\Pi} \approx I'_{R\Pi\Pi\Pi} = I_{\Pi\Pi\Pi} = \frac{U_{S\Phi}}{\sqrt{(R_K + R_{SD})^2 + (X_K + X_{SD})^2}}. \quad (4.2)$$

Отже, при використанні пускових резисторів або реакторів значення пускового струму зменшується відповідно до виразу



$$\frac{I_{\text{пш}}}{I_{\text{пп}}} = \frac{\sqrt{R_{\text{к}}^2 + X_{\text{к}}^2}}{\sqrt{(R_{\text{к}} + R_{\text{сд}})^2 + (X_{\text{к}} + X_{\text{сд}})^2}}. \quad (4.3)$$

Оскільки значення моменту, що розвиває АД є пропорційним квадрату значення струму, що протікає у фазах обмотки ротора, то при використанні пускових резисторів або реакторів початкове значення пускового моменту  $M_{\text{пш}}$  для штучної МХ зменшується в порівнянні з моментом при прямому пуску  $M_{\text{пп}}$  відповідно до виразу

$$\frac{M_{\text{пш}}}{M_{\text{пп}}} = \frac{I_{\text{пш}}^2}{I_{\text{пп}}^2} = \frac{R_{\text{к}}^2 + X_{\text{к}}^2}{(R_{\text{к}} + R_{\text{сд}})^2 + (X_{\text{к}} + X_{\text{сд}})^2}. \quad (4.4)$$

На підставі виразів (4.3) і (4.4) можна зробити висновок про те, що при використанні пускових резисторів або реакторів значення пускового моменту АД зменшується в більшій мірі, ніж значення пускового струму. Наприклад, якщо пусковий струм зменшиться в  $\sqrt{2}$  раз, то пусковий момент зменшиться в 2 рази.

## Опис лабораторного стенду

### Задача 1:

Розробити схему управляючого пристрою, який здійснює пуск АД з однією штучною механічною характеристикою для схем, показаних на рис.4.1, з використанням програмованого реле EASY.

### Схема управляючого пристрою

Релейно-контакторна схема управляючого пристрою показана на рис. 4.4. Перед запуском двигуна треба включити автоматичний вимикач QF1. Пуск двигуна здійснюється натисненням на кнопковий вимикач SB2. При цьому подається напруга на котушку контактора КМ1, який вмикається і одним своїм нормально розімкнутим (НР) блок-контактом шунтує контакт кнопкового вимикача SB2, а силовими контактами підключає АД з додатковим резисторами або реакторами до МЖ. Після чого кнопковий вимикач SB2 можна відпустити і його контакт розімкнеться, але котушка контактора КМ1 залишиться під напругою. Має місце процес пуску АД по реостатній механічній характеристиці 1 від точки «а» до точки «b».

Після включення контактора КМ1 подається напруга на котушку реле часу КТ1, яке з витримкою часу замикає свій контакт і подає напругу на котушку контактора КМ2, який вмикається і шунтує своїми силовими контактами пускові резистори або реактори. Робоча точка переходить на природну МХ (графік 2) в точку «с». Далі розгін відбувається по природній МХ до точки «d», яка відповідає сталому режиму роботи АД.



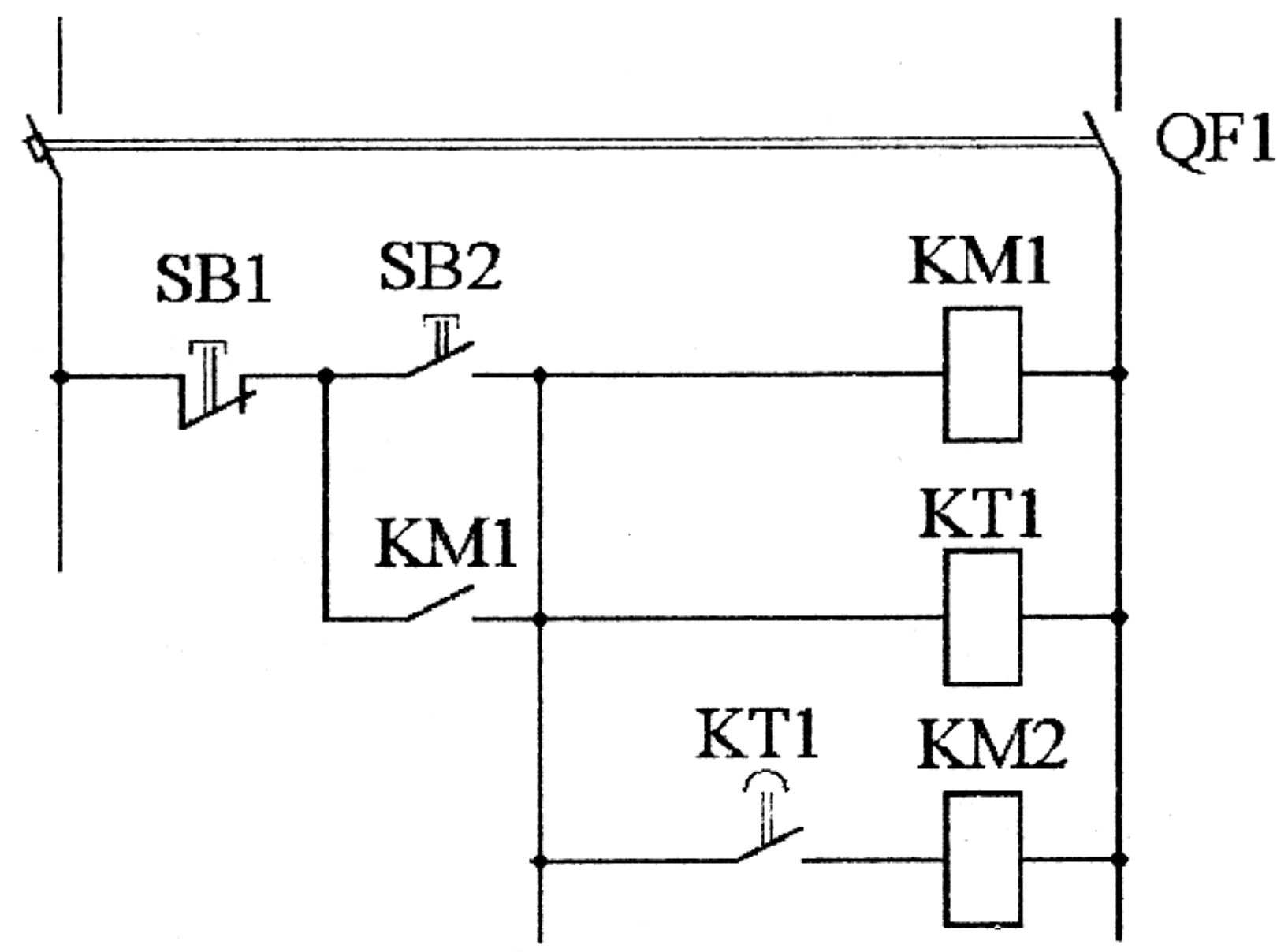


Рис. 4.4. Релейно-контакторна схема управляючого пристрою.

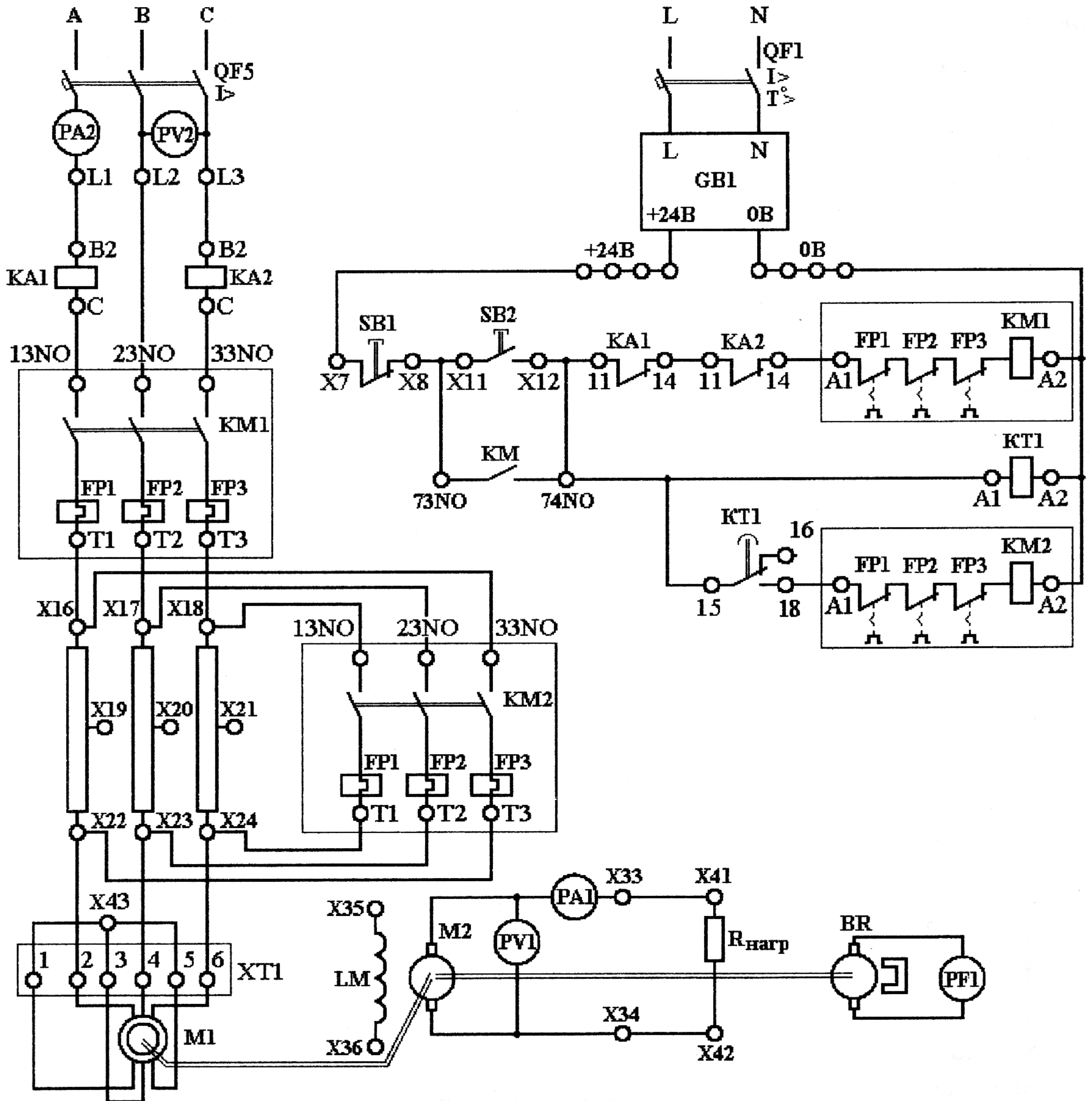


Рис.4.5. Схема лабораторного стенда для здійснення пуску АД з одною штучною механічною характеристикою



Для зупинки АД треба натиснути на кнопковий вимикач SB1. В результаті відключаються контактори KM1 і KM2, а також реле часу КТ1. Блок контакт KM1 розмикається. Після відпускання кнопкового вимикача SB1 його контакт замкнеться, але напруга на котушці контактора KM1 не з'явиться оскільки контакти SB2 і KM1 залишаться розімкнутими. В результаті АД відключається від МЖ і зупиняється під дією сил опору.

Більш детальна схема лабораторного стенда приведена на рис.4.5.

### Схема підключення реле EASY.

На рис.4.6. показано підключення до входів реле EASY кнопки управління SB2, за допомогою якої здійснюється підключення обмотки статора двигуна до МЖ і кнопки управління SB1, за допомогою якої здійснюється відключення обмотки статора двигуна від МЖ, а також показано підключення котушок пускачів KM1 і KM2 до виходів реле EASY.

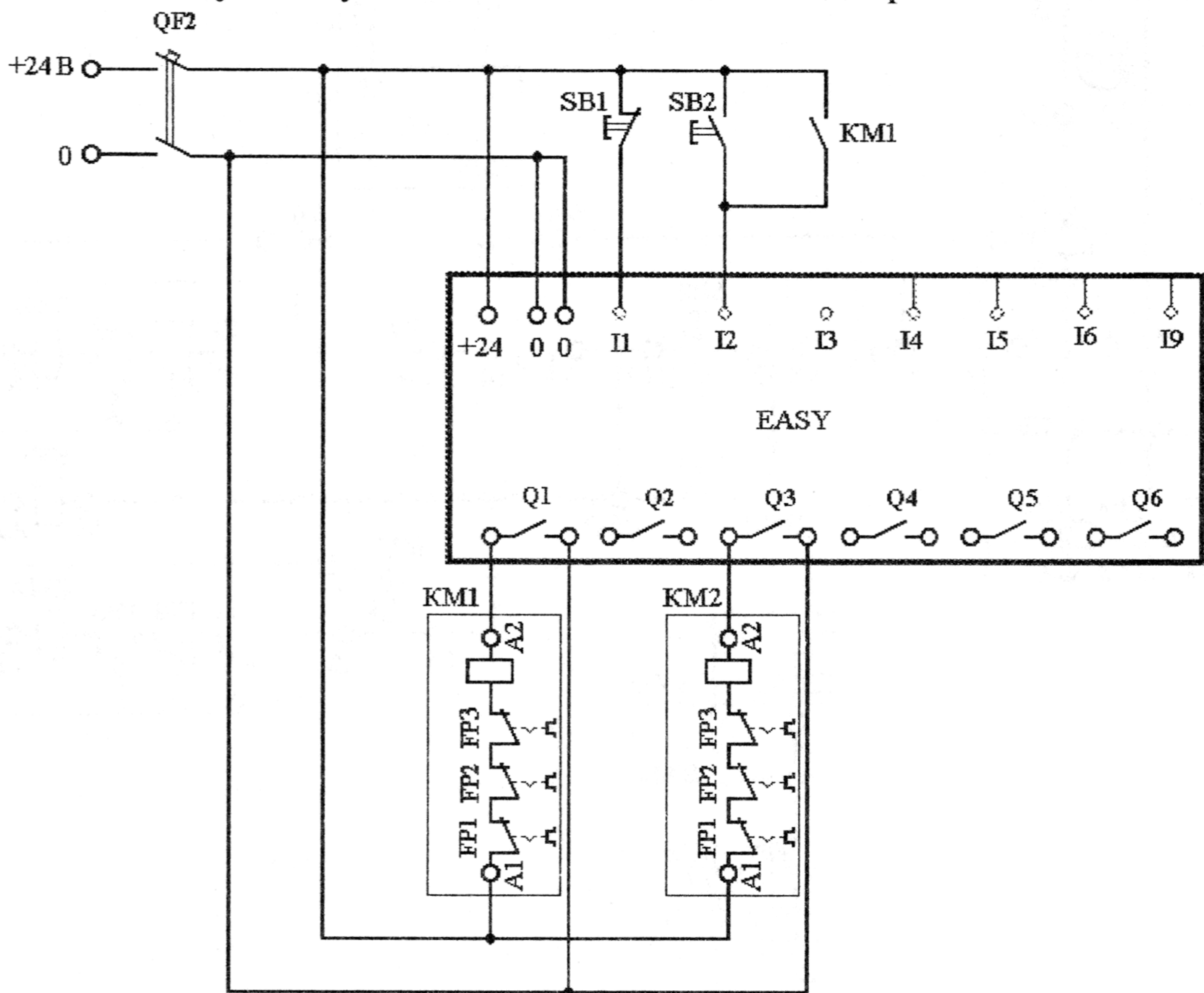


Рис. 4.6. Цепи управління реле EASY

### Перелік операндів реле EASY:

Входи: I2 – пуск двигуна; I1 – відключення двигуна.

Виходи: Q1, Q2 – включення і відключення пускачів KM1 та KM2.

Реле часу: T01 визначає витримку часу від початку пуску до моменту шунтування пускових резисторів або дроселів.



**Робоча програма реле EASY**, що відповідає схемі управляючого пристрою показана на рис. 4.7. При натисненні кнопки SB2 на вході реле замикається контакт I02 в схемі з'єднань, він встановлює сигнал логічної «1» на виході Q1, що забезпечує включення пускача KM1. Замикаючий контакт Q01 запускає реле часу T01. Після закінчення витримки часу замикаючий контакт реле часу T01Q1 замикається (рядок 3) і забезпечує включення пускача KM2, за допомогою якого відбувається шунтування пускових резисторів або дроселів.

**Порядок виконання лабораторної роботи.** У програмі EASY-SOFT в режимі **Схема з'єднань** зібрати схему, представлену на рис. 4.7. Встановити витримку часу реле T01 на замикання контакту 3 секунди і перейти в режим **Імітація**. У панелі інструментів у вкладці **Принцип роботи 1/R** встановити контакти I1 та I2 як замикаючі без фіксації. Клацанням по кнопці «Показание» вибрати в меню, що відкрилося, вивід на індикацію виходів реле (Q1, Q2). Відкрити вкладку **Входи I** і включити виконання режиму **Імітація**. Клацнувши по зображенню контакту I2 у вкладці **Входи I**, спостерігати в панелі властивостей послідовність зміни станів виходів Q1 і Q2.

Перейти в режим **Комунікація**. Перенести програму з комп'ютера в програмоване реле. Перевести його в режим RUN, і, натискаючи кнопки SB1, SB2, спостерігати на дисплеї реле зміну стану входів і виходів.

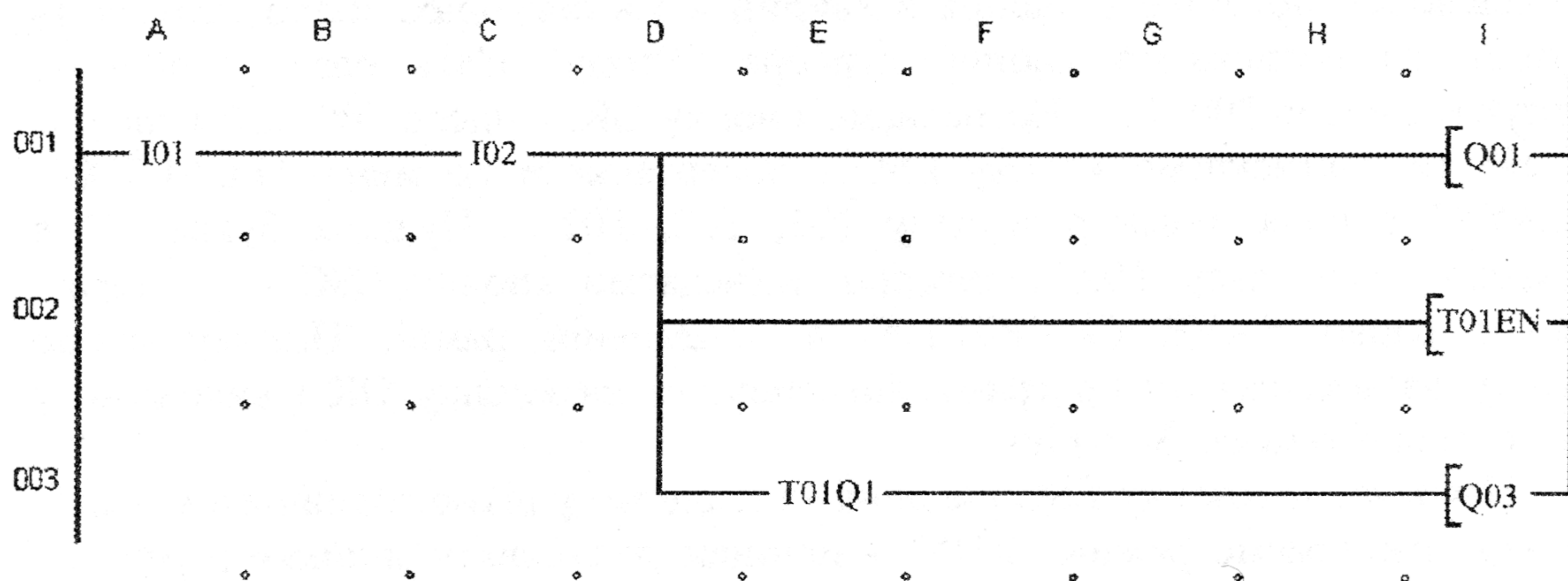


Рис. 4.7. Робоча програма реле EASY

### **Програмування параметрів реле часу за допомогою вбудованого в реле EASY пульта**

Для програмування параметрів реле часу необхідно в основному меню 3-го рівня вибрати "FUNCTION RELAYS" і натиснути на кнопку ОК. Висвічується з реле часу T01, T02, T03.... Пульсує буква "T" в позначенні реле часу T01. Якщо натиснути кнопку ОК повторно, то потрапимо в меню параметрів реле часу T01. Пульсує буква "X", яка відповідає режиму витримки часу при включенні котушки реле T01. Натискаємо кнопку курсора "Управо" - починають пульсувати букви "M : S", які вказують в хвилинах і в секундах значення витримки часу при включенні котушки реле T01. Натискаємо кнопку курсора "Управо" - починає пульсувати "+", який



відповідає дозволу на доступ до екрану параметрів реле. Натискаємо кнопку курсора "Управо" - починає пульсувати значення першого інтервалу часу (>I1), в результаті перевищення, якого замкнеться контакт реле часу T01. Встановлюємо потрібне значення в хвилинах і в секундах. Якщо пульсують секунди, то натискаємо кнопку курсора "Вгору" три рази - починає пульсувати число "00: 03". Натискаємо ОК, - число "00: 03" перестає пульсувати. Натискаємо кнопку ESC - повертаємося в меню "FUNCTION RELAYS", з показаними найменуваннями реле часу T01, T02, T03,.... Пульсує буква "Т" в позначенні реле часу T01.

Натискаємо кнопку курсора "Вниз" - починає пульсувати буква "Т" в позначенні реле часу T02. Якщо натиснути кнопку ОК, то потрапимо в меню параметрів реле часу T02. Пульсує буква "Х", яка відповідає режиму витримки часу при включенні котушки реле T02. Натискаємо кнопку курсора "Вгору Вниз" і вибираємо чорний прямокутник, який відповідає режиму витримки часу при відключенні котушки реле T02. Натискаємо кнопку курсора "Управо" - починають пульсувати букви "М : S", які вказують в хвилинах і в секундах значення витримки часу при включенні котушки реле T01. Натискаємо кнопку курсора "Управо" - починає пульсувати "+", який відповідає дозволу на доступ до екрану параметрів реле. Натискаємо кнопку курсора "Управо" - починає пульсувати значення першого інтервалу часу(>I1), в результаті перевищення, якого розімкнеться контакт реле часу T02. Встановлюємо потрібне значення в хвилинах і в секундах. Якщо пульсують секунди, то натискаємо кнопку курсора "Вгору" п'ять разів - починає пульсувати число "00: 05". Натискаємо кнопку ОК, - число "00: 05" перестає пульсувати. Натискаємо кнопку ESC - повертаємося до меню "FUNCTION RELAYS", з показаними реле часу T01, T02, T03.... Пульсує буква "Т" в позначенні реле часу T02. Повторно натискаємо кнопку ESC - на екрані виникає слово SAVE (ЗБЕРЕГТИ) в затемненій рамці. Підтверджуємо команду на збереження програми натисненням на кнопку ОК і виходимо у вікно головного меню 3-го рівня.

Натискаємо кнопку ESC ще двічі - виходимо у вікно головного меню 1-го рівня. Вибираємо режим "RUN" - починає пульсувати індикатор режиму "POW".

### **Тестування схеми з'єднань**

Тестування(перевірка) зібраної схеми робиться в режимі RUN. Входимо в меню "PROGRAM..." і натискаючи на кнопки SB1 і SB2, перевіряємо правильність роботи схеми управління. Лінії з'єднань, потенціал яких в даний момент дорівнює потенціалу лівої шини, показаної на рис.4.7 виділяються подвійною або жирною лінією. При поверненні до дисплея стану можна проконтролювати наявність сигналів на входах I1 і I2, а також включення і відключення виходів Q1, Q2 і Q3. Окрім цього, можна почути характерний клацаючий звук при включенні релейних виходів. Застосування Р-кнопок створює додаткові зручності для наладки і тестування системи.



**Увага! При тестуванні схеми і проведенні налагоджувальних робіт важливо дотримуватися заходів безпеки. У не повністю відлагодженій схемі можливі неправильні дії, неправильні включення механізмів і систем, що може привести до матеріальних втрат або травм персоналу. Для виключення таких випадків слід відключати силове живлення виконавчих пристроїв.**

В деяких випадках необхідно виключити автоматичний початок роботи реле при поданні живлення. Для цього з екрану стану потрібно перейти в системне меню. Потім необхідно вибрати рядок "SYSTEM..." і перейти в меню 2-го рівня. Потім потрібно зняти прапорець з функції RUN MODE. В цьому випадку після зникнення напруги живлення і при повторному поданні його на програмоване реле, воно автоматично переходить в режим STOP, навіть якщо до його відключення був встановлений режим RUN. Подальше функціонування програми реле можливе тільки з санкції оператора, після переводу його знову в режим RUN.

### **Завдання**

Студенти повинні самостійно виконати завдання 1 і завдання 2.

#### **Завдання 1.**

1. Розробити схему підключення командо апаратів та контакторів до електронного реле EASY, призначену для керування двигуном в режимах пуску з одним ступенем пускового резистора.

2. З врахуванням схеми підключення командо апаратів та контакторів до електронного реле EASY розробити програму для електронного реле EASY, призначену для керування двигуном в режимах пуску і зупинки.

3. Виконати монтаж схеми на лабораторному стенді.

4. Продемонструвати роботу схеми викладачу.

5. Дати відповідь на запитання.

#### **Завдання 2.**

1. Розробити схему підключення командо апаратів та контакторів до електронного реле EASY, призначену для керування двигуном в режимах пуску з двома ступенями пускового резистора.

2. З врахуванням схеми підключення командо апаратів та контакторів до електронного реле EASY розробити програму для електронного реле EASY, призначену для керування двигуном в режимах пуску і зупинки.

3. Виконати монтаж схеми на лабораторному стенді.

4. Продемонструвати роботу схеми викладачу.

5. Дати відповідь на запитання.

### **Проведення досліджень**

1. Ознайомитися з приладами, апаратами і устаткуванням лабораторного стенду, записати їх технічні параметри в протокол.



2. Зібрати схему для дослідження автоматичного пуску трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора.

3. Після перевірки керівником правильності з'єднань включити схему управління (без подачі напруги на перетворюючий пристрій) і переконатися в нормальній роботі всіх апаратів схеми керування.

4. Налаштувати реле часу КТ1 на час включення від 1с до 5с і, одержавши дозвіл керівника, зробити пробний пуск АД-КЗ.

5. Оцінити значення пускового струму при спрацьовуванні контакторів КМ1 і КМ2, для чого скористатися осцилографом. Результати вимірювань записати в таблицю 1.

Таблиця 1

№ досліду	Значення пускового струму при включенні	
	КМ1	КМ2
1		
.....		
6		

6. Після закінчення процесу пуску відключити двигун від мережі живлення за допомогою автоматичного вимикача QF5. Після зупинки валу АД-КЗ підключити його до мережі живлення при наперед зашунтованими пусковими резисторами або дроселями. Здійснити прямий пуск АД-КЗ. Оцінити значення пускового струму. Зробити висновки про значення пускового струму, який споживається з мережі живлення, при використанні пускових резисторів або дроселів і без їх використання. Дані спостережень звести в таблицю 2.

Таблиця 2

№ досліду	Значення пускового струму при прямому пуску АД-КЗ
1	
.....	
6	

### Обробка результатів досліджень

1. Дати опис роботи схеми автоматичного пуску трифазного асинхронного двигуна, порядок перевірки і налаштування окремих апаратів.

2. Розрахувати значення пускового струму в схемах прямого і непрямого пуску. Порівняти з результатами дослідження.

3. Скласти висновок за результатами виконаної лабораторної роботи.

4. Скласти специфікацію електроустаткування установки автоматичного пуску АД-КЗ у формі таблиці 3.



№ п.п.	Найменування и технічна характеристика приладів	Кількість	Зауваження
1			
2			
3			

### Питання для самоперевірки

1. Від чого залежить пусковий момент трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора і як можна його регулювати?

2. Як змінюється критичне ковзання АД-КЗ при введенні у фази обмотки статора додаткових резисторів? Пояснити за допомогою формул.

3. Як змінюється критичний момент АД-КЗ при введенні у фази обмотки статора додаткових резисторів? Пояснити за допомогою формул.

4. Як змінюється пусковий момент АД-КЗ при введенні у фази обмотки статора додаткових резисторів? Пояснити за допомогою формул.

5. Як змінюється критичне ковзання АД-КЗ при введенні у фази обмотки статора додаткових дроселів? Пояснити за допомогою формул.

6. Як змінюється критичний момент АД-КЗ при введенні у фази обмотки статора додаткових дроселів? Пояснити за допомогою формул.

7. Як змінюється пусковий момент АД-КЗ при введенні у фази обмотки статора додаткових дроселів? Пояснити за допомогою формул.

8. Як змінюється механічна характеристика АД-КЗ при введенні у фази обмотки статора додаткових резисторів? Пояснити за допомогою формул.

9. Як змінюється механічна характеристика АД-КЗ при введенні у фази обмотки статора додаткових дроселів? Пояснити за допомогою формул.

10. Як змінюється струм, який АД-КЗ споживає з мережі живлення при пуску при введенні у фази обмотки статора додаткових резисторів або дроселів? Пояснити за допомогою формул.

11. Які недоліки має схема пуску АД-КЗ при введенні у фази обмотки статора додаткових резисторів або дроселів?

12. Як змінюється максимальне значення тривалого гранично-припустимого моменту, що розвивається АД-КЗ при введенні у фази обмотки статора додаткових резисторів або дроселів? Пояснити за допомогою формул.



## Лабораторна робота 5 Автотрансформаторна схема пуску АД

### Мета роботи:

Разробити схему електроприводу на базі схеми непрямого пуску и реверсу АД-КЗ з застосуванням програмованого реле ЕАСУ.

Вивчити автотрансформаторну схему пуску АД з короткозамкнутою обмоткою ротора і їх механічні і електромеханічні характеристики.

### Основні теоретичні положення

Якщо при пуску АД-КЗ необхідно значно зменшити не тільки пусковий момент, але і пусковий струм, що споживається від джерела електричної енергії, то використовують пускові автотрансформатори, як показано на рис.5.1 (схема АТ).

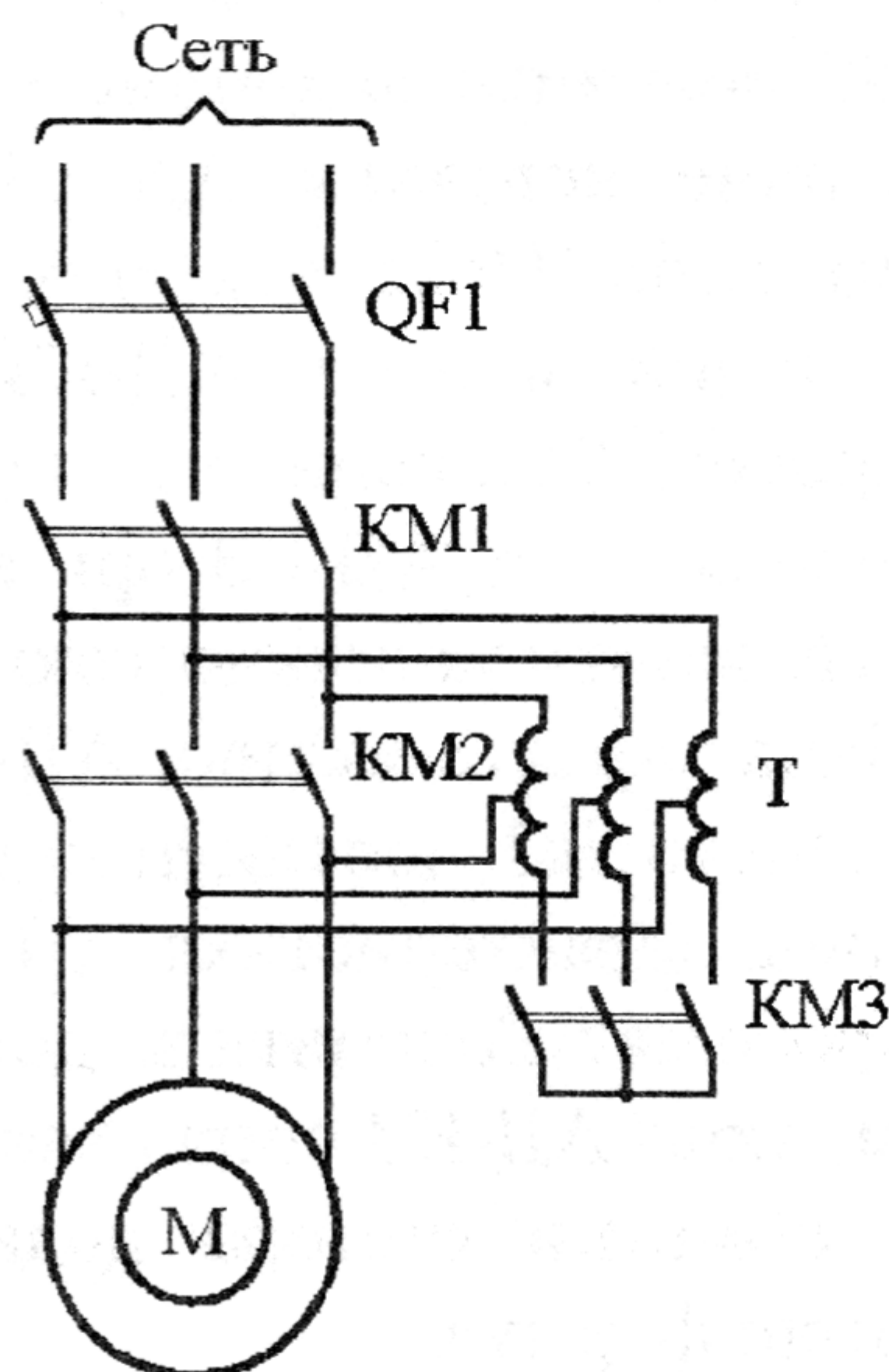


Рис.5.1. Автотрансформаторна схема пуску АД-КЗ

Механічні характеристики, що відповідають автотрансформаторній схемі пуску АД-КЗ, показано на рис.5.2. Автотрансформаторний пуск АД-КЗ (рис.5.3.) здійснюється в наступному порядку. Після подачі напруги на схему перетворюючого і управляючого пристроїв електроприводу спочатку включається контактор КМ3, силові контакти якого з'єднують обмотки автотрансформатора зіркою. Одночасно контакт управління КМ3 розриває ланцюг котушки реле часу КТ2. Тому контакт КТ2 в ланцюзі котушки контактора КМ2 залишається розімкненим і контактор КМ2 не включається.

При натисненні на кнопку SB2 – «Пуск» (рис.5.3.) напруга подається на котушку контактора КМ1, який включається і подає напругу від МЖ на автотрансформатор (рис.5.1.). В результаті через автотрансформатор (Т) на затиски обмотки статора двигуна подається зменшена напруга. Починається процес пуску на першій штучній механічній характеристиці (рис.5.2, графік



1). Одночасно напруга подається на котушку реле часу КТ1, який починає відлік часу роботи АД-КЗ на першій штучній механічній характеристиці. Після розгону двигуна від точки «а» до точки «b» реле часу КТ1 розмикає свій контакт в ланцюзі контактора КМ3 і відключає його. Після цього напруга на обмотку статора двигуна подається через частину 3-фазної обмотки автотрансформатора Т, яка в цьому випадку працює як 3-фазний реактор. Робоча точка переходить на другу штучну механічну характеристику (рис.5.2, графік 2).

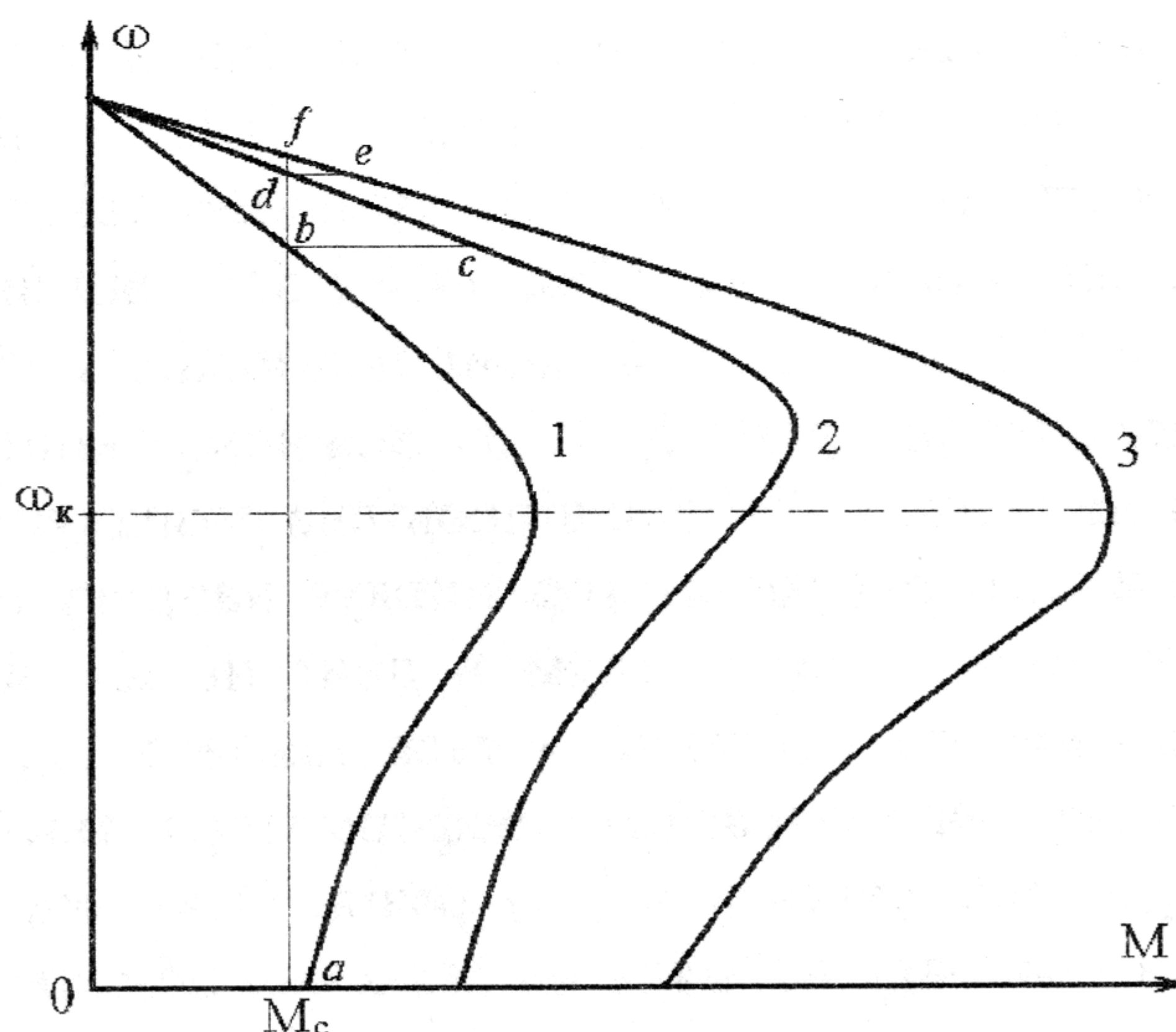


Рис.5.2. Механические характеристики, соответствующие автотрансформаторной схеме пуска АД

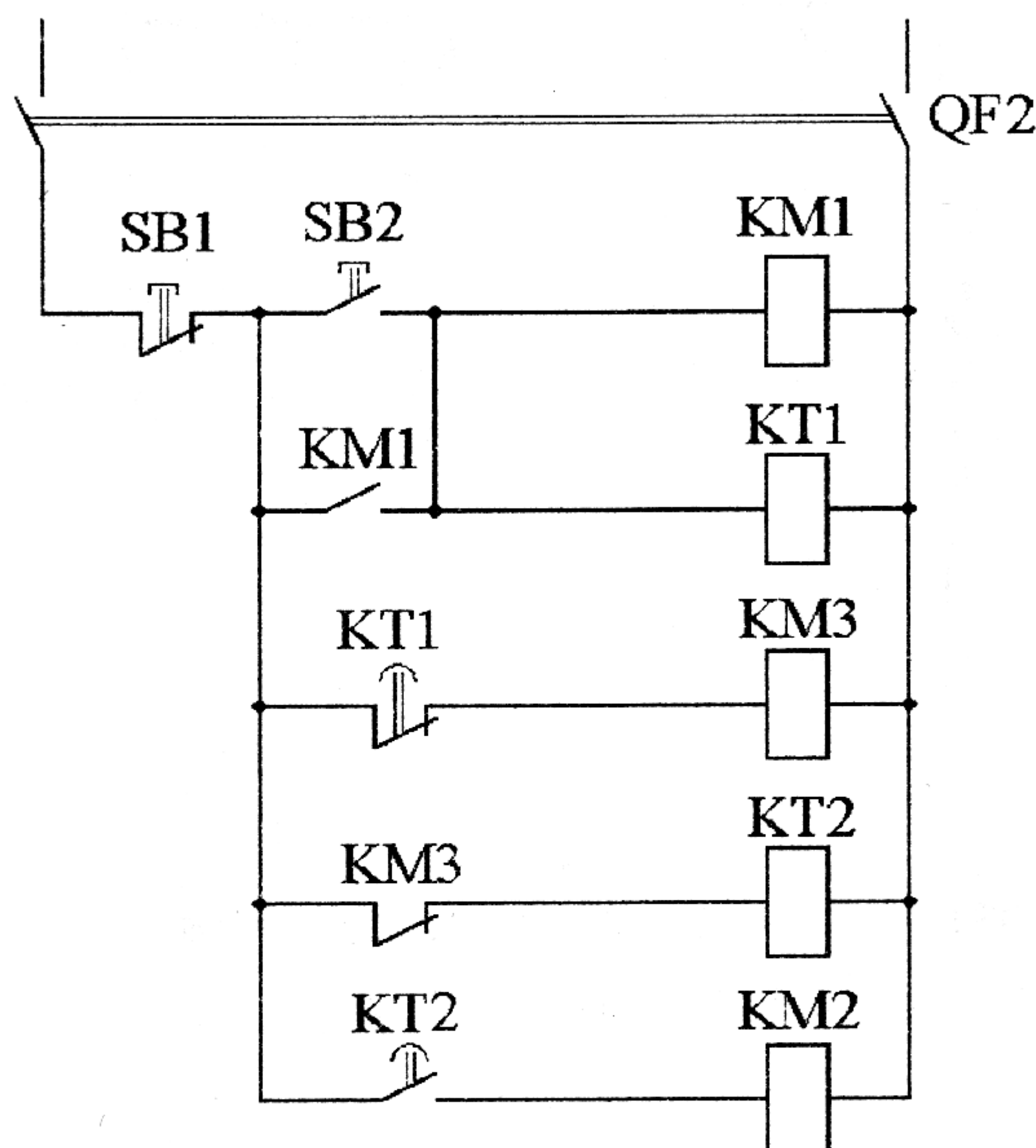


Рис.5.3. Схема управління автотрансформаторною схемою пуска АД-КЗ

При відключенні контактора КМ3 замикається його блок-контакт в ланцюзі котушки реле часу КТ2. Реле часу КТ2 починає відлік часу роботи



АД-КЗ на другій штучній механічній характеристиці. Відбувається розгін від точки «с» до точки «d». Реле часу КТ2 замикає свій контакт в ланцюзі котушки контактора КМ2 і включає його. Контактор КМ2 включається і шунтує обмотки автотрансформатора, внаслідок чого двигун виявляється підключеним до МЖ безпосередньо. Робоча точка переходить на природну механічну характеристику (рис.5.2, графік 3). Відбувається розгін від точки «e» до точки «f», яка відповідає сталому режиму роботи АД-КЗ.

Контактор КМ1 повинен забезпечити відключення АД-КЗ при струмі короткого замикання, а контактори КМ2 і КМ3 можуть мати відносно невеликий струм відключення. Пускові автотрансформатори розраховують на короткочасний режим роботи. Згідно ГОСТ 3211-46, пускові автотрансформатори повинні мати відгалуження, відповідні значенням вторинної напруги, які дорівнюють 73%, 64% і 55% від значення первинної напруги (або напруги МЖ) при прямій схемі включення і 45%, 36% і 27% при зворотній схемі включення (рис. 5.4). У кожному конкретному випадку вибирається ступінь напруги, найбільш відповідна розрахунковому значенню.

Якщо пусковий автотрансформатор знижує напругу на обмотці статора двигуна в  $k_{AT}$  разів, то пусковий струм в двигуні або на стороні низької напруги автотрансформатора  $I_{ПД}$  зменшується також в  $k_{AT}$  разів, а пусковий струм на стороні високої напруги автотрансформатора, який споживається від мережі живлення  $I_{ПС}$  зменшується в  $k_{AT}^2$  разів. Оскільки пусковий момент  $M_{ПД}$ , є пропорційним квадрату напруги на затисках обмотки статора двигуна, то пусковий момент зменшується в  $k_{AT}^2$  разів. Таким чином, при автотрансформаторній схемі пуску  $M_{ПД}$  і  $I_{ПС}$  зменшуються у однаковій мірі.

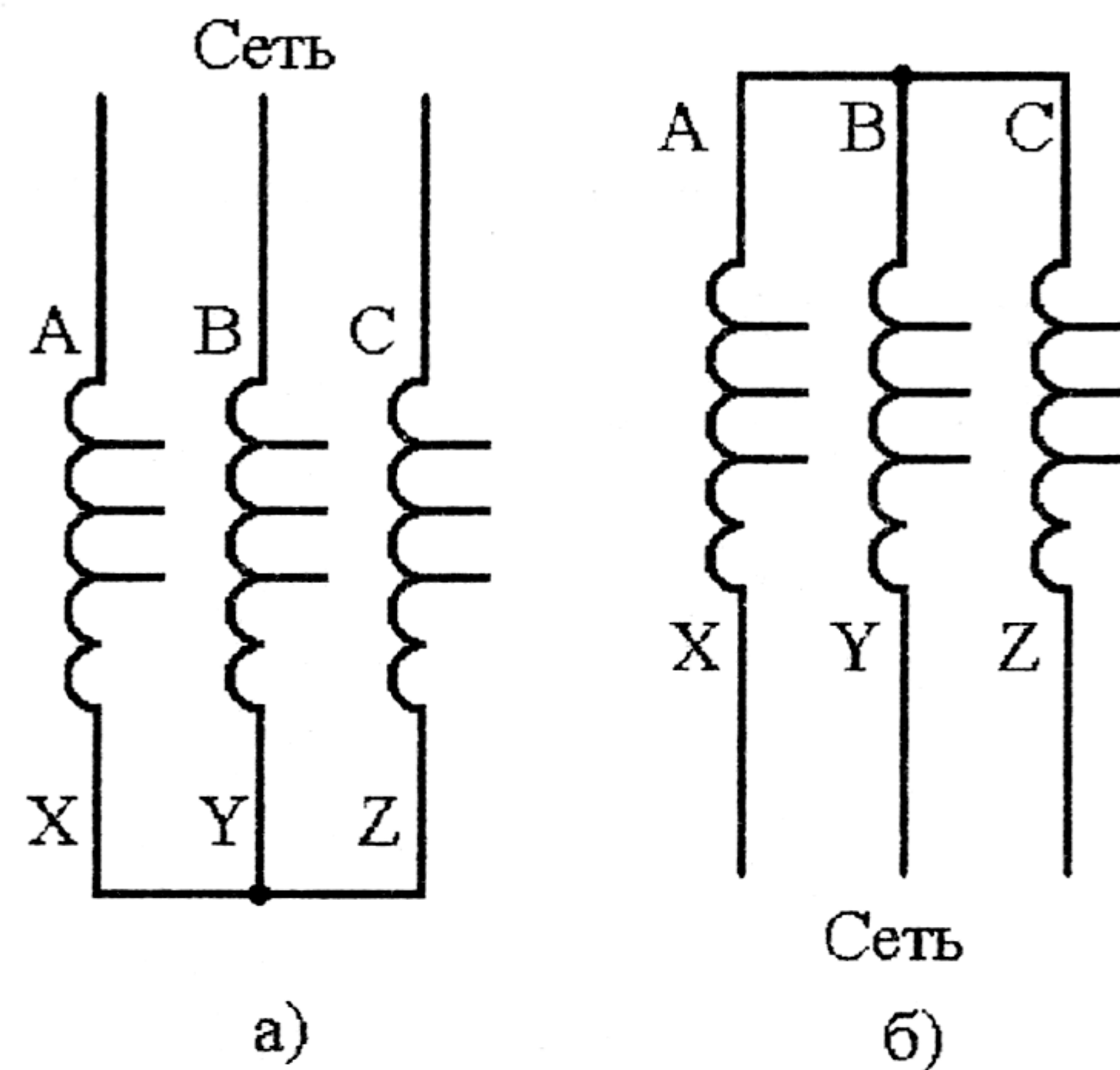


Рис.5.4 Схеми прямого (а) и зворотного (б) включення пускового автотрансформатора

### Висновок

В реакторній схемі пуску пусковий момент  $M_{ПД}$  зменшується в більшій мірі (у квадратичному відношенні) ніж пусковий струм в обмотках двигуна  $I_{ПД}$ , який одночасно є пусковим струмом  $I_{ПС}$ , що споживається електроприводом з МЖ. Тому при однакових значеннях струму, який



споживеться з МЖ ( $I_{п.с}$ ) в автотрансформаторній схемі пусковий момент АД-КЗ буде більшим. Ця перевага автотрансформаторної схеми пуску досягається ціною значного ускладнення і підвищення вартості пускової апаратури. Тому на практиці автотрансформаторну схему пуску застосовують не так часто, як резисторну або реакторну схеми пуску. Автотрансформаторну схему, як правило, використовують при пуску АД-КЗ з великим моментом навантаження на його валу, коли резисторна або реакторна схема не забезпечує необхідного значення пускового моменту при необхідному значенні обмеження пускового струму, що споживається з МЖ.

### **Опис лабораторного стенду**

**Задача управління.** Підключити обмотку статора трифазного асинхронного двигуна до мережі живлення через знижуючий напругу автотрансформатор. Після розгону двигуна протягом заданого часу перемкнути автотрансформаторну схему пуску в реакторну і після розгону на наступній механічній характеристиці – підключити обмотку статора трифазного асинхронного двигуна до МЖ.

**Склад силової частини.** Схему електричну принципову включення фазних обмоток статора двигуна приведено на рис. 5.1.

Перед запуском двигуна включають автоматичні вимикачі QF1 і QF2. Автотрансформаторна схема пуску двигуна має місце при включенні пускачів КМ1, КМ3 і замиканні їх силових контактів. Для перемикавання на реакторну схему пуску повинен бути відключений пускач КМ3. Для прямого підключення АД-КЗ до МЖ повинен бути включений пускач КМ2. При цьому перемиканні пускач КМ1 свого стану не змінює і його контакти залишаються замкнутими.

Спрощена схема управляючого пристрою показана на рис. 5.3.

**Схема підключення.** На рис. 5.5. показано схему підключення до входів реле ЕАСУ кнопки управління SB2, за допомогою якої здійснюється підключення обмотки статора двигуна до мережі живлення і кнопки управління SB1, за допомогою якої здійснюється відключення обмотки статора двигуна від мережі живлення, а також показано підключення котушок пускачів КМ1-КМ3 до виходів реле ЕАСУ.

Перелік операндів реле ЕАСУ:

Входи: I2 - пуск двигуна; I1 - відключення двигуна.

Виходи: Q1, Q2, Q3 - включення і відключення пускачів КМ1, КМ2, КМ3.

Реле часу: T01 і T02 визначають витримки часу від початку пуску за автотрансформаторною схемою до моменту перемикавання на реакторну схему пуску і, нарешті, до прямого підключення АД до мережі живлення.



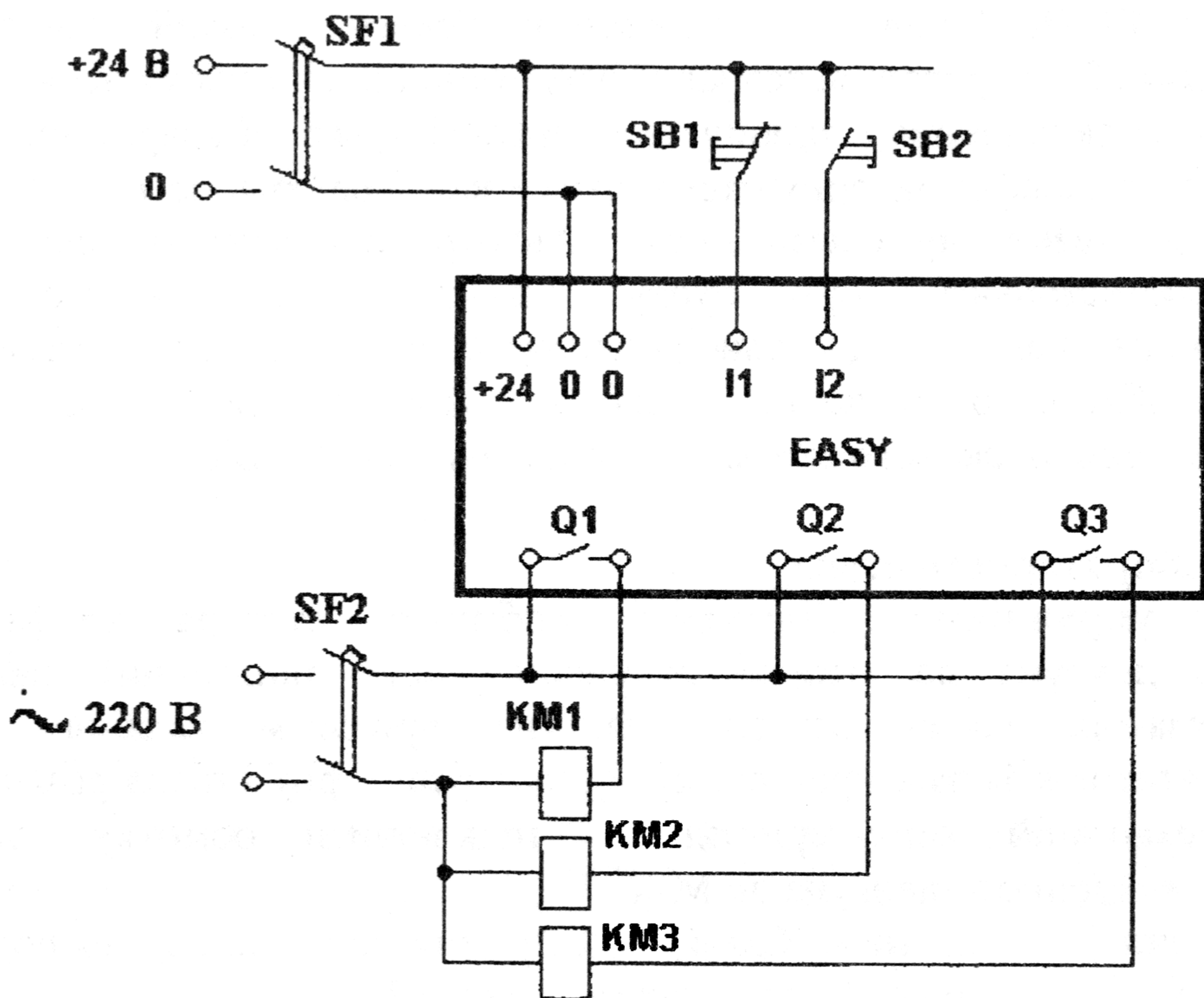


Рис. 5.5. Схема підключення реле EASY

Схема з'єднань, що відповідає схемі керуючого пристрою показана на рис. 5.6. При натисненні кнопки SB2 на вході реле замикається контакт I02 в схемі з'єднань, він встановлює сигнал логічною "1" на виході Q1, що забезпечує включення пускача KM1. Замикаючий контакт Q01 запускає реле часу T01. Його розмикаючий контакт T01Q1 на початку процесу пуску є замкнутим і забезпечує по виходу реле Q3 включення пускача KM3, який з'єднує обмотки автотрансформатора в зірку. Після закінчення витримки часу розмикаючий контакт реле T01 розмикається, і забезпечує по виходу реле Q3 відключення пускача KM3, який роз'єднує обмотки автотрансформатора і запускає реле часу T02. Після закінчення витримки часу замикаючий контакт реле T02 замикається і забезпечує по виходу реле Q2 включення пускача KM2, який шунтує обмотки автотрансформатора і підключає обмотку статора двигуна до мережі живлення безпосередньо.

**Порядок виконання лабораторної роботи.** У програмі EASY - SOFT в режимі **Схема з'єднань** зібрати схему, представлену на рис. 5.6. Встановити витримку часу реле T01 на розмикання контакту 3с, і витримку часу реле T02 на замикання контакту 2 с. Після цього перейти в режим **Імітація**. У панелі інструментів у вкладці **«Принцип роботи 1/R»** встановити контакти I2 як такий, що замикається, а I1 – як такий що розмикається без фіксації. Клацанням по кнопці **«Показание»** вибрати в меню, що відкривається, виведення на індикацію стану виходів реле (Q1, Q2, Q3). Відкрити вкладку **Входи I** і включити виконання режиму **Імітація**. Клацнувши по зображенню



контакту I2 у вкладці **Входи I**, спостерігати в панелі властивостей послідовність зміни станів виходів Q1 - Q3.

Перейти в режим **Комунікація**. Перенести програму з комп'ютера в програмоване реле EASY. Перевести його в режим **RUN**, і, натискаючи кнопки SB1, SB2, спостерігати на дисплеї реле EASY зміну стану входів і виходів.

Процедура програмування реле часу розглянута в лабораторній роботі №4.

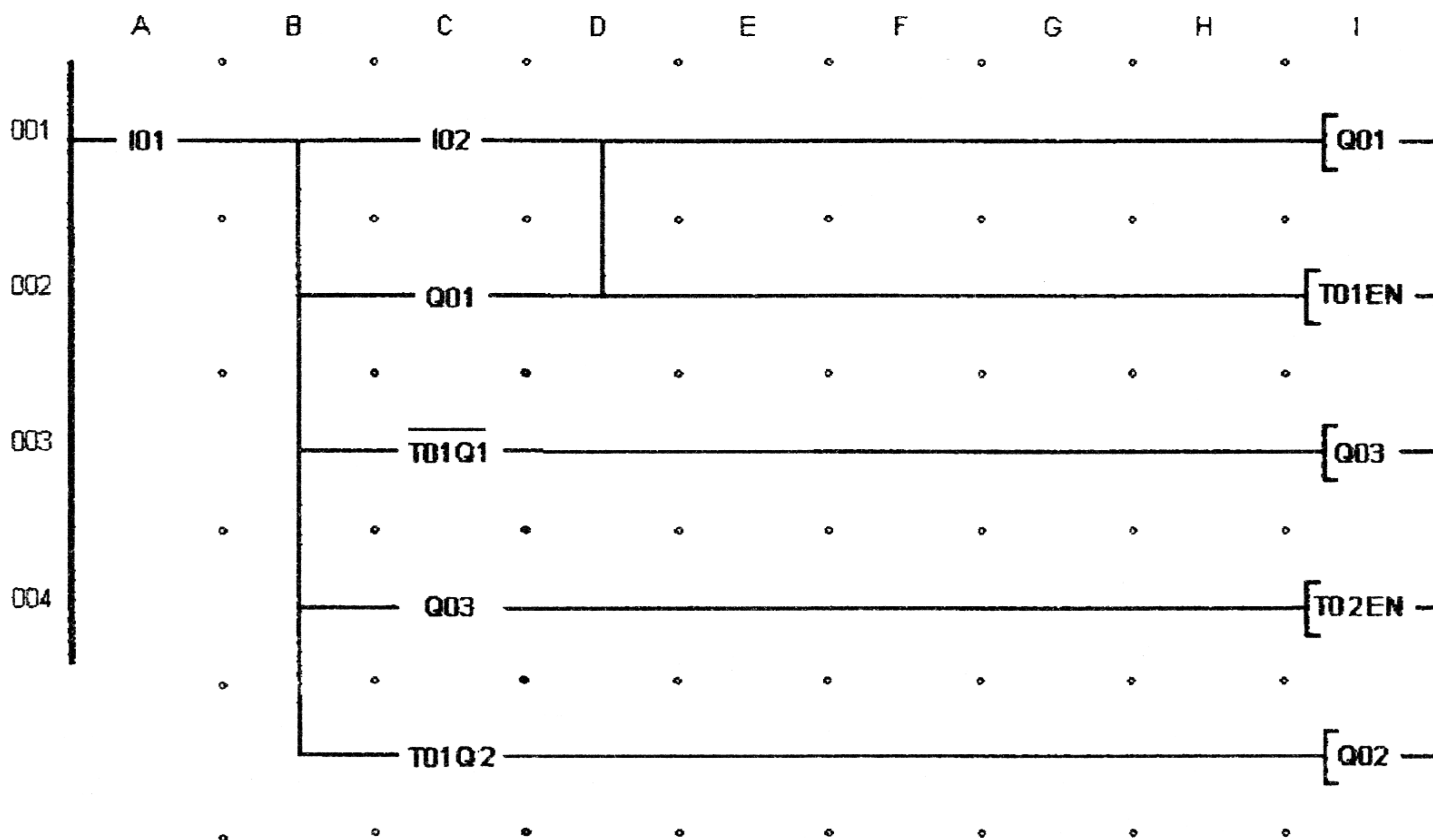


Рис. 5.6. Схема з'єднань (програма реле EASY)

### Проведення досліджень

1. Ознайомитися з приладами, апаратами і устаткуванням експериментальної установки, записати їх технічні параметри в протокол випробування.

2. Виконати монтаж схеми для дослідження автоматичного пуску АД-КЗ.

3. Після перевірки керівником правильності з'єднань включити схему управління (без подачі напруги на перетворюючий пристрій) і переконатися в нормальній роботі всіх апаратів.

4. Налаштувати реле часу КТ1 на час відключення 3 секунди, а реле часу КТ2 на час включення 2 секунди і, одержавши дозвіл керівника, зробити пробний пуск АД-КЗ.

5. Оцінити значення пускового струму при спрацьовуванні контакторів КМ1 і КМ2, а також при відключенні контактора КМ3, для чого скористатися осцилографом. Результати вимірювань записати в таблицю 1.



Таблиця 1

№ досліду	Значення пускового струму		
	при включенні КМ1	при включенні КМ2	при відключенні КМ3
1			
.....			
6			

6. Після закінчення процесу пуску відключити двигун від МЖ за допомогою автоматичного вимикача QF. Після зупинки валу АД-КЗ підключити його до МЖ напряму. Оцінити значення пускового струму АД-КЗ при прямому пуску. Зробити висновки про зміну пускового струму, що споживається з МЖ при використанні автотрансформаторної схеми пуску і без її використання. Дані спостережень звести в таблицю 2.

Таблиця 2

№ досліду	Значення пускового струму при прямому пуску АД
1	
.....	
6	

### ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Дати опис роботи автотрансформаторної схеми пуску трифазного асинхронного двигуна, порядок перевірки і налаштування окремих апаратів.

2. Скласти специфікацію електроустаткування установки автоматичного пуску АД-КЗ у формі таблиці 3.

Таблиця 3

№ п.п.	Найменування і технічна характеристика	Кількість	Примітка
1			
2			
3			

5. Скласти висновок за результатами виконаної роботи.

### Питання для самоперевірки

1. Від чого залежить початковий пусковий момент трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора і як можна його регулювати?

2. Як змінюється критичне ковзання АД-КЗ при підключенні фаз обмотки статора на зменшену напругу і чому? Пояснити за допомогою формул.



3. Як змінюється критичний момент АД-КЗ при підключенні фаз обмотки статора на зменшену напругу і чому? Пояснити за допомогою формул.

4. Як змінюється пусковий момент АД-КЗ при підключенні фаз обмотки статора на зменшену напругу і чому? Пояснити за допомогою формул.

5. Як змінюється механічна характеристика АД-КЗ при підключенні фаз обмотки статора на зменшену напругу і чому? Пояснити за допомогою формул.

6. Як змінюється механічна характеристика АД-КЗ при реакторній схемі пуску і чому? Пояснити за допомогою формул.

7. Як змінюється струм, що споживається з МЖ автотрансформаторною схемою пуску АД-КЗ і чому? Пояснити за допомогою формул.

8. У чому полягає налаштування автотрансформаторної схеми пуску АД-КЗ?

9. Які недоліки має автотрансформаторна схема пуску АД-КЗ і чому?

10. Яка ще є схема пуску АД-КЗ, котора забезпечує зменшення фазної напруги на обмотці статора і забезпечує таке ж саме співвідношення між пусковим струмом і пусковим моментом як і автотрансформаторна схема пуску АД-КЗ?



## Лабораторна робота 6

### Пуск АД-КЗ за схемою зірка - трикутник

#### Мета роботи:

Разробити схему електроприводу на базі схеми непрямого пуску АД-КЗ за схемою зірка – трикутник з застосуванням програмованого реле EASY.

Вивчити схему пуску зірка-трикутник для АД-КЗ з короткозамкнутою обмоткою ротора і їх механічні і електромеханічні характеристики.

#### Основні теоретичні положення

В деяких випадках для асинхронних двигунів середньої і великої потужності вимагається обмежити пусковий струм до значення, яке допускається перетворюючим пристроєм або джерелом електричної енергії. Іноді вимагається зменшити пусковий момент двигунів навіть невеликої потужності, для того, щоб ослабити удари в зазорах передавального пристрою. До схем непрямого пуску АД-КЗ відноситься схема зірка-трикутник.

Схема пуску АД-КЗ перемиканням фаз обмотки статора «зірка-трикутник» може застосовуватися тільки в тих випадках, коли на затискачі виведено всі шість кінців обмотки статора і двигун може тривало працювати при з'єднанні обмотки статора в трикутник. Наприклад, двигун на 660/380В відповідно для схеми включення фаз обмотки статора  $Y/\Delta$  підключають до МЖ з лінійною напругою 380 В.

Схема контакторної збірки фірми «Moeller», яка використовується для пуску АД-КЗ перемиканням обмотки статора «зірка-трикутник», показана на рис.6.1, а відповідні їй механічні характеристики показано на рис.6.2. При натисненні на кнопку SB2 («Пуск») напруга подається на котушку контактора КМ3, який включається і сполучає обмотку статора в зірку. Одночасно нормально-відкритий (NO) контакт КМ3 замикається і напруга поступає на котушку реле часу КТ1 і на котушку контактора КМ1, який включається і підключає обмотку статора до МЖ. Відбувається пуск АД-КЗ з обмоткою статора, фази якої з'єднано зіркою. Реле часу починає відлік інтервалу часу, необхідного для розгону АД-КЗ до сталої швидкості по першій механічній характеристиці (рис.6.2, графік 1) з точки «а» в точку «b». Після закінчення відліку часу реле КТ1 розмикає контакт 15-16 і замикає свій контакт 15-18. В результаті контактор КМ3 відключається, а контактор КМ2 включається і перемикає обмотку статора АД-КЗ в трикутник. Робоча точка виходить на природну характеристику (рис.6.2, графік 2) і переміщається з точки «с» в точку «d». Процес пуску закінчується. Для зупинки АД-КЗ необхідно натиснути кнопку SB1 («Стоп»). При цьому котушки контакторів і реле часу відключаються, в результаті двигун відключається від МЖ і зупиняється вибігом під дією сил опору.



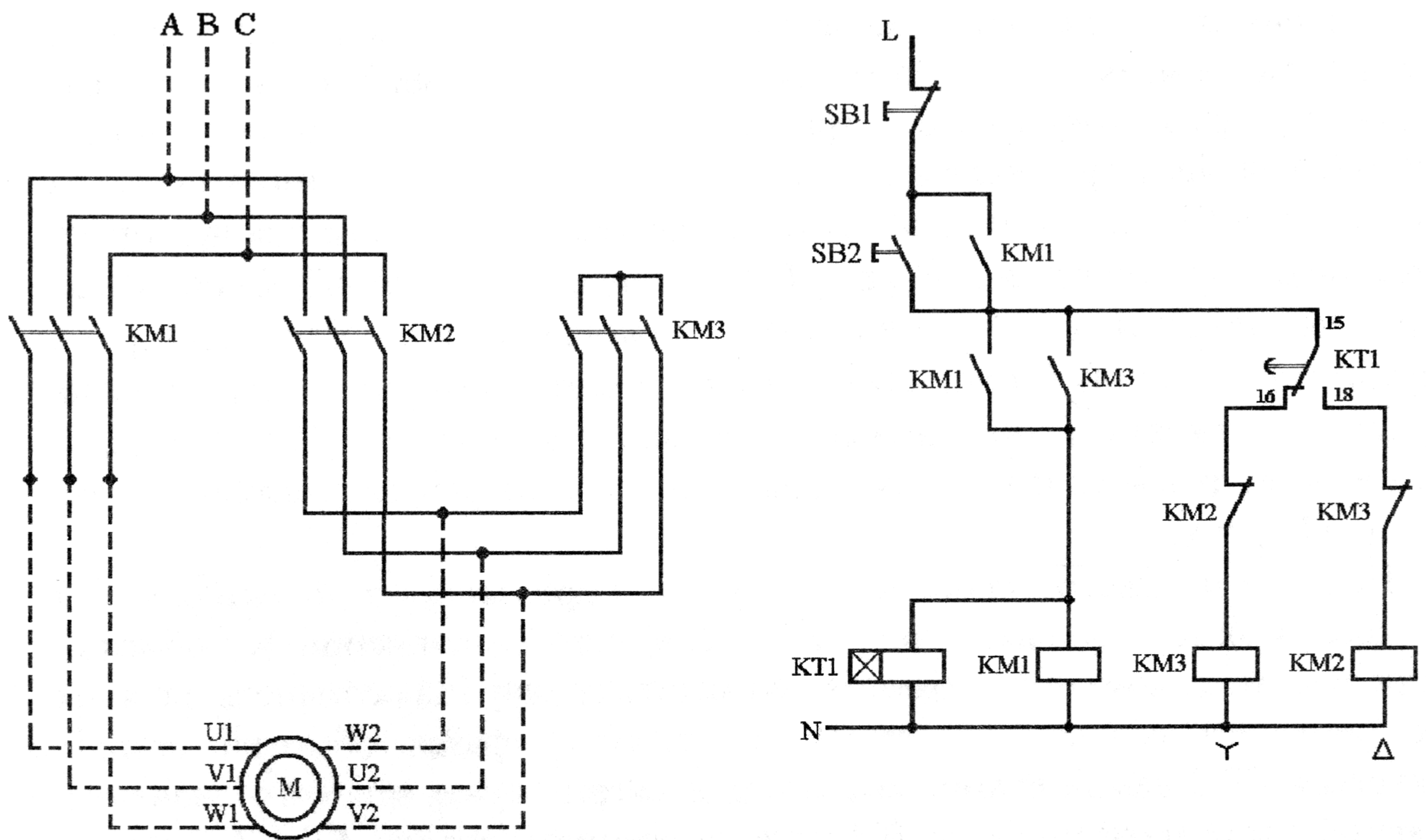


Рис.6.1. Схема пуску АД-КЗ перемиканням обмотки статора «зірка-трикутник» №1

Оскільки при одночасному включенні контактів КМ2 і КМ3 матиме місце режим короткого замикання в МЖ, то необхідно передбачити механічне блокування контакторів КМ2 і КМ3, яке не допускатиме їх одночасного включення навіть при механічній дії на їх контактні механізми з боку оператора. Електричне блокування в схемі управління реалізовано за допомогою НЗ-контактів КМ2 і КМ3, включених в ланцюги котушок контакторів КМ2 і КМ3.

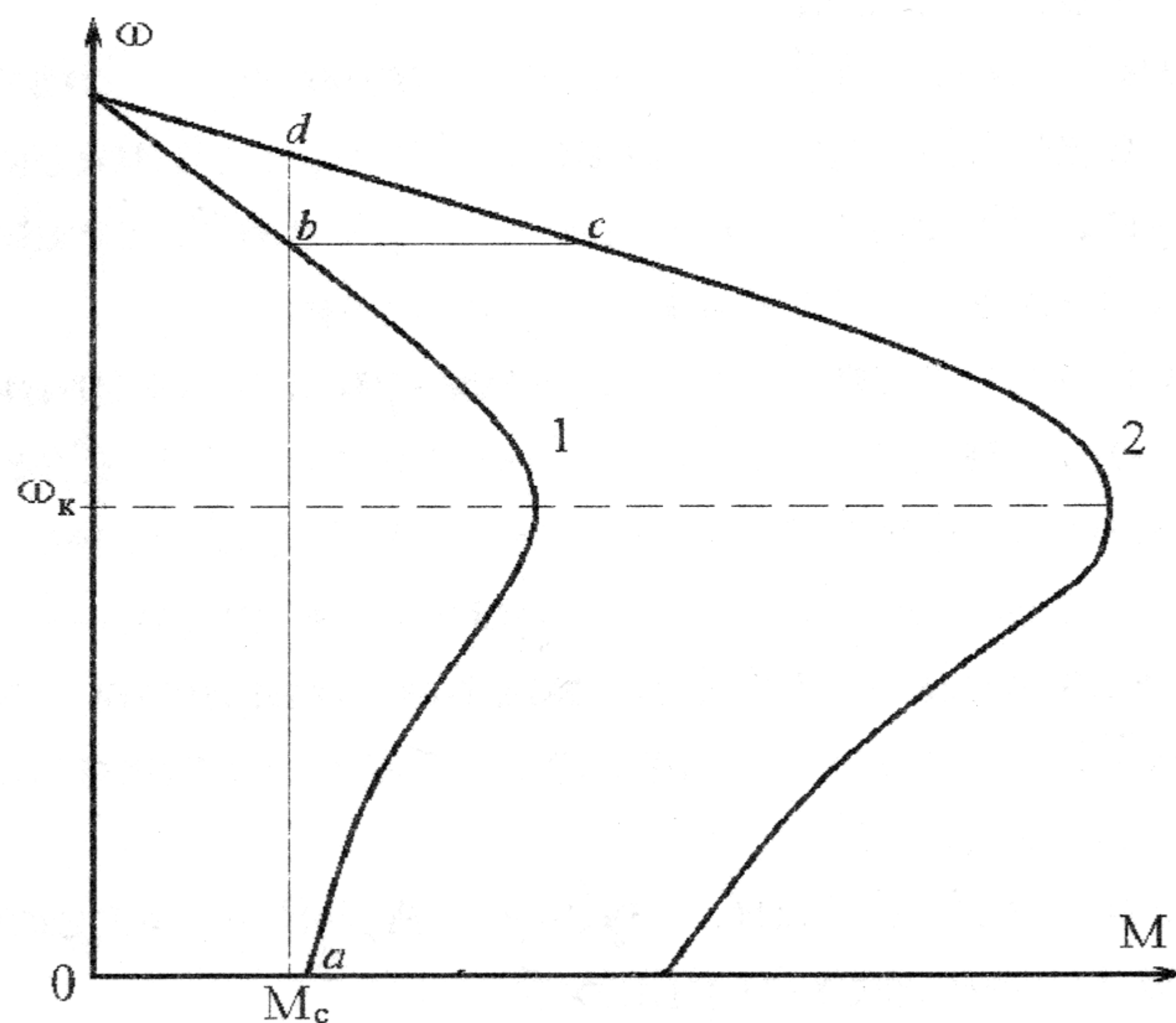


Рис.6.2. Механічні характеристики для схеми пуску АД-КЗ перемиканням обмотки статора «зірка-трикутник»



Порівняємо механічні характеристики АД-КЗ, які відповідають з'єднанню фаз обмотки статора в трикутник (рис.6.2, графік 2) і з'єднанню фаз обмотки статора в зірку (рис.6.2, графік 1). Перемикання обмотки статора з трикутника на зірку призводить до того, що напруга на фазах обмотки статора зменшується в  $\sqrt{3}$  рази, струм, що протікає у фазах обмотки статора при пуску АД-КЗ, також зменшується в  $\sqrt{3}$  рази. При цьому струм, який АД-КЗ споживає з МЖ, зменшується (в порівнянні із з'єднанням фаз обмотки статора в трикутник) – в  $(\sqrt{3} \times \sqrt{3}) = 3$  рази. Перемикання обмотки статора з трикутника на зірку супроводжується зменшенням пускового моменту в  $(\sqrt{3})^2 = 3$  рази. Таким чином, даний спосіб пуску є рівноцінним автотрансформаторній схемі пуску при  $k_{AT} = \sqrt{3}$ .

Недоліком цього способу пуску в порівнянні з реакторною і автотрансформаторною схемами пуску є те, що при перемиканні фаз обмотки статора має місце комутація обмоток, які мають велику індуктивність, по яких може протікати великий струм. В результаті у фазах обмотки статора індукується ЕРС самоіндукції, яка може досягати дуже великого значення, при якому може мати місце пробій ізоляції обмотки статора АД-КЗ. З метою зменшення ЕРС самоіндукції при цьому способі пуску необхідно перемикання фаз обмотки статора робити після закінчення перехідного процесу, коли струм в обмотці статора зменшиться до сталого значення. Тому уставка реле часу КТ1 повинна перевищувати тривалість пуску АД-КЗ при з'єднанні фаз обмотки статора в зірку. Цей спосіб раніше широко застосовувався в основному для пуску низьковольтних двигунів.

**Висновок.** Обмеження струму і моменту при пуску двигунів вдається здійснити за рахунок ускладнення схеми пуску і підвищення її вартості, і тому має бути застосовано тільки там, де це обгрунтовано.

### **Опис лабораторного стенду**

**Задача управління.** Підключити обмотку статора трифазного асинхронного двигуна до МЖ при з'єднанні фазних обмоток по схемі «зірка». Після розгону двигуна до сталої швидкості (рис.6.2, графік 1) перемкнути схему з'єднання фаз обмотки статора на «трикутник».

**Склад силової частини.** Схема електрична принципова включення фазних обмоток статора двигуна приведена на рис.6.3. Схему управляючого пристрою електроприводу приведено на рис.6.4. У цій схемі використовується менша кількість блок-контактів в порівнянні з схемою фірми «Moeller». Замість нормально-відкритих (NO) і нормально-закритих (NC) контактів, які повинно мати реле КТ1, можна використовувати перекидний контакт, як в схемі, що приведено на рис.6.1.

Приклад виконання схеми пуску АД-КЗ «зірка-трикутник» на лабораторному стенді приведено на рис.6.5.



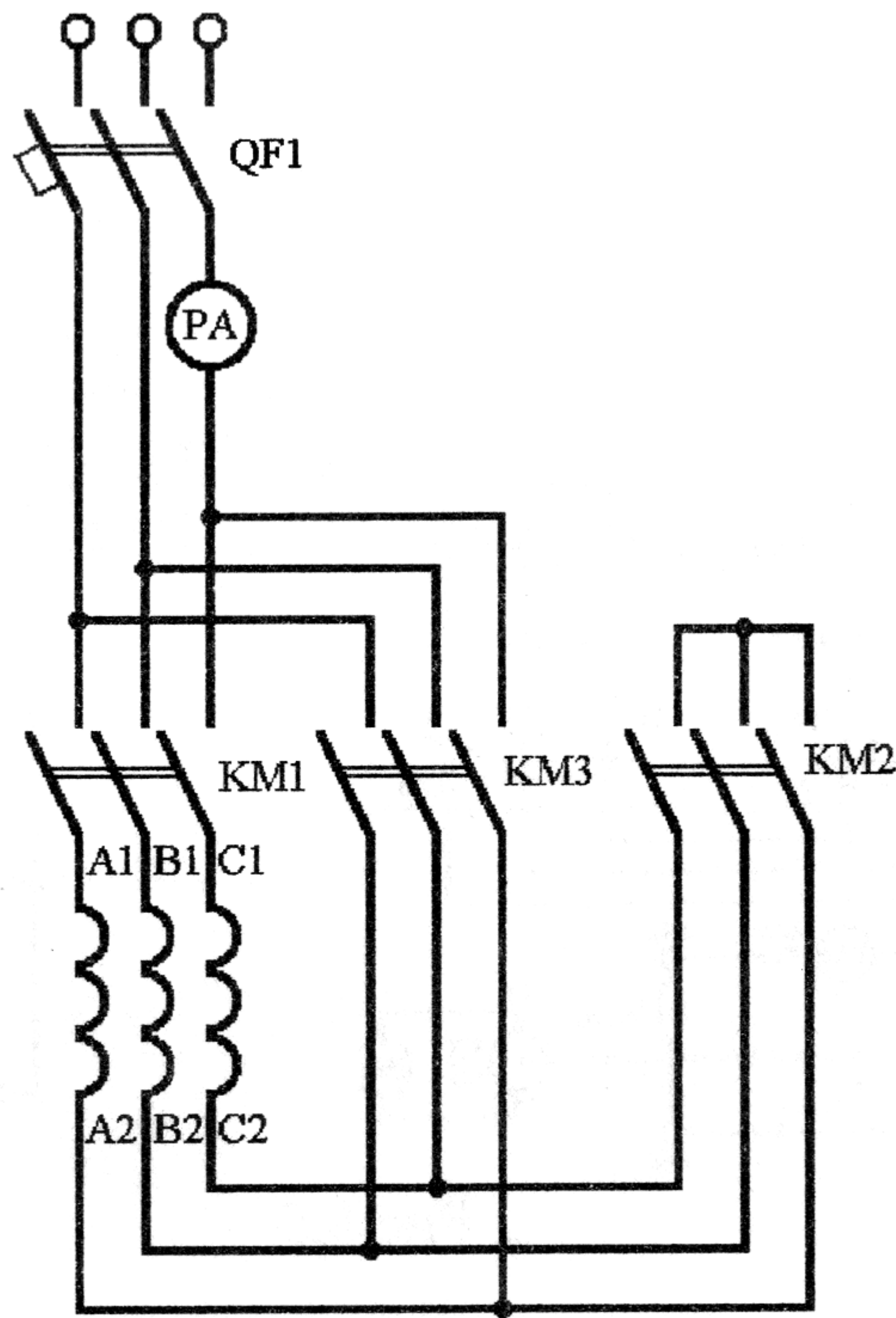


Рис.6.3. Схема електрична принципова включення фазних обмоток статора АД-КЗ

Перед запуском двигуна треба включити автоматичний вимикач QF1. Пуск двигуна при з'єднанні фазних обмоток по схемі "зірка" здійснюється одночасним включенням пускачів KM1 і KM2. Для перемикавання на схему з'єднання "трикутник" необхідно відключити пускач KM2 і включити пускач KM3. При цьому перемиканні пускач KM1 свого стану не змінює і його контакти залишаються замкнутими. Схема управляючого пристрою №2 показана на рис.6.4.

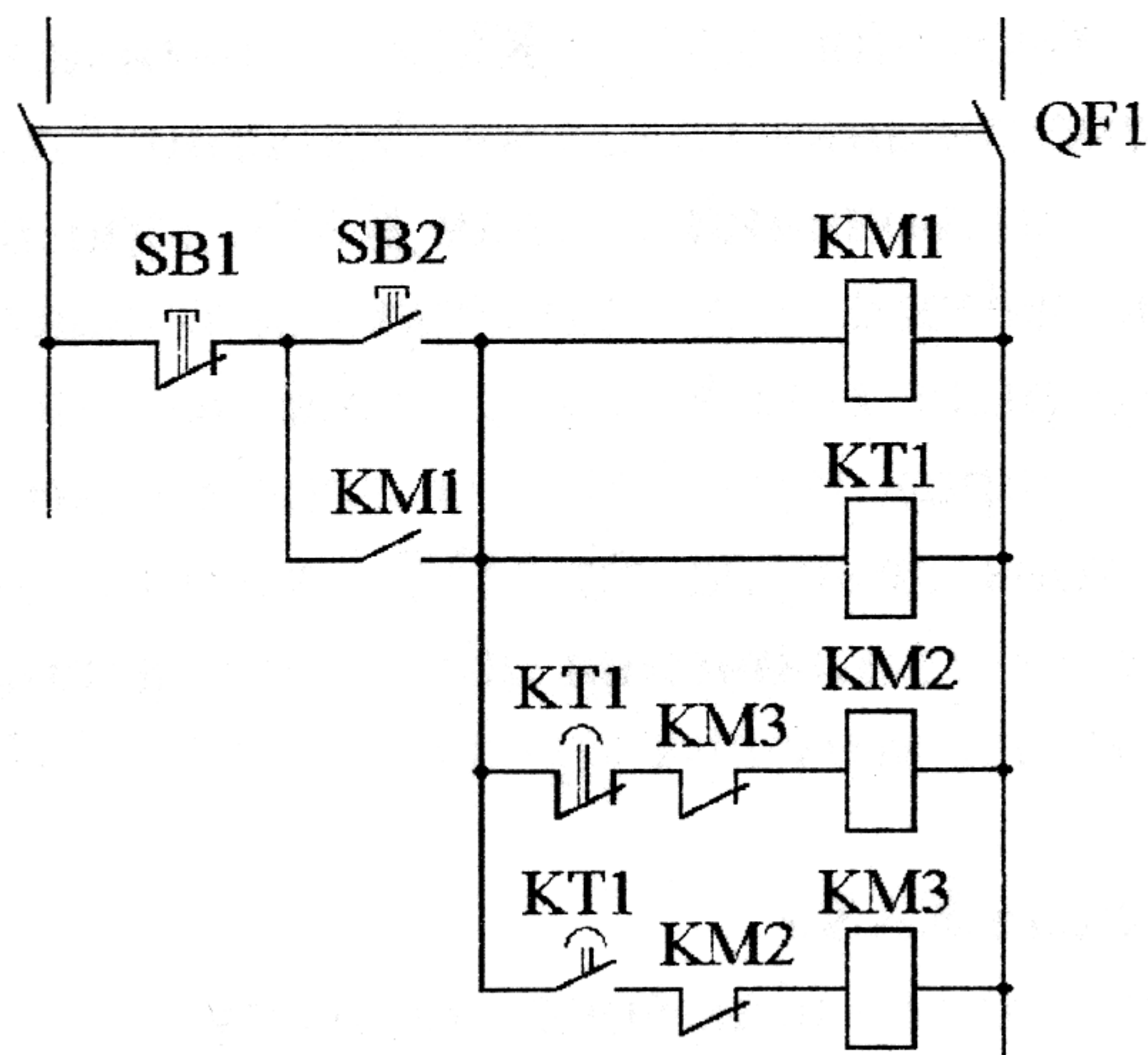


Рис.6.4. Схема управляючого пристрою №2



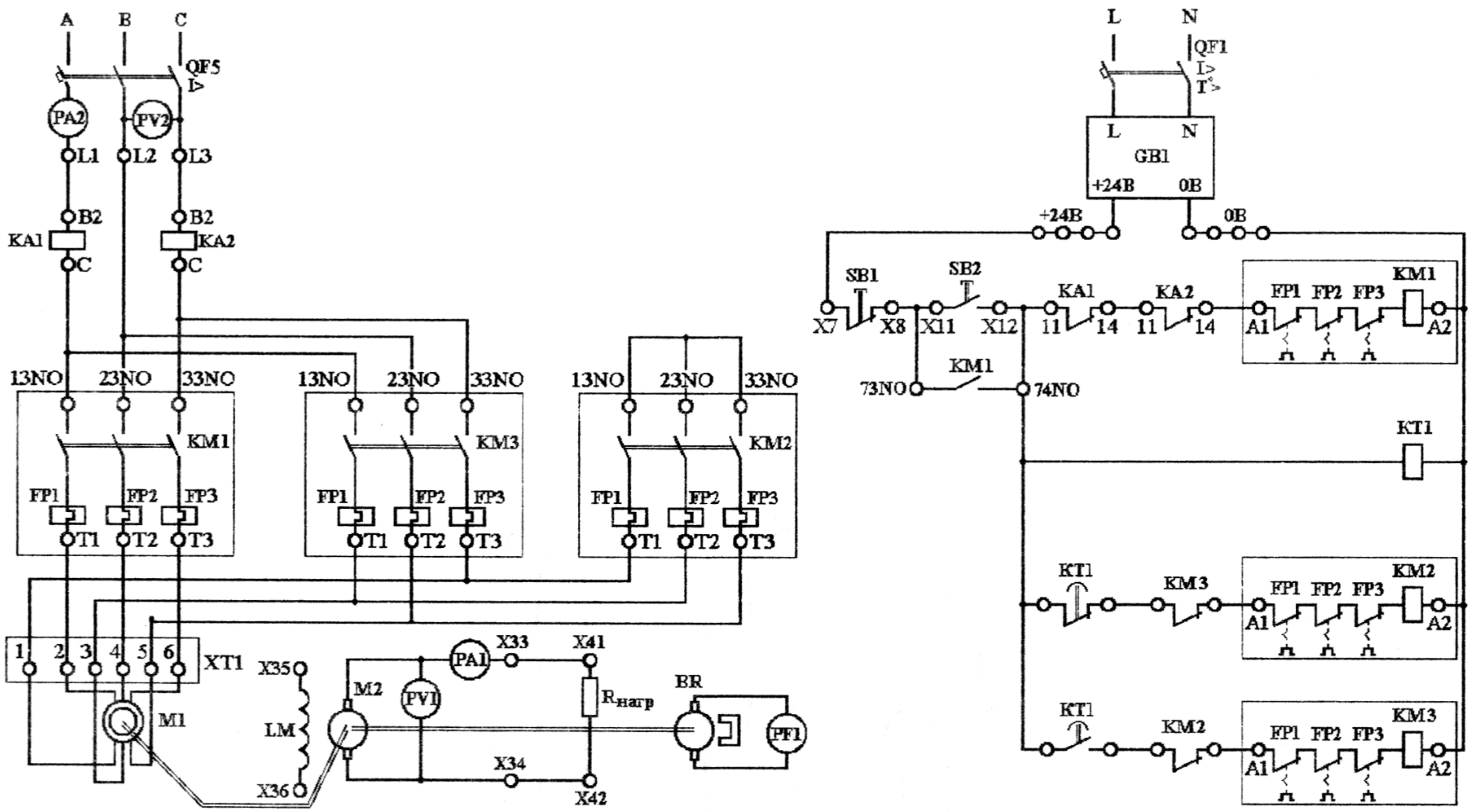


Рис.6.5

### Опис лабораторного стенду

**Завдання управління.** Підключити обмотку статора трифазного асинхронного двигуна до МЖ при з'єднанні фазних обмоток за схемою "зірка". Після закінчення розгону двигуна до швидкості, що встановилася, переключити схему з'єднання обмотки на "трикутник". Управління процесом пуску здійснити у функції часу.

**Склад силової частини.** Схема електрична принципова включення фазних обмоток статора двигуна приведена на рис.6.3.

Перед запуском двигуна вручну включають автоматичний вимикач QF1. Пуск двигуна при з'єднанні фазних обмоток за схемою "зірка" здійснюється одночасним включенням пускачів KM1, KM2 і замиканні їх контактів в ланцюгах обмоток. Для перемикавання на схему з'єднання "трикутник" має бути відключений пускач KM2 і включений пускач KM3. При цьому перемиканні пускач KM1 свого стану не змінює і його контакти залишаються замкнутими.

**Схема підключення реле EASY.** На рис.6.6 показано підключення до входів реле EASY кнопки управління SB2, за допомогою якої здійснюється підключення обмотки статора двигуна до МЖ і кнопки управління SB1, за допомогою якої здійснюється відключення обмотки статора двигуна від МЖ, а також показано підключення котушок пускачів KM1-KM3 до виходів реле EASY.

#### Перелік операндів реле EASY :

Входи: I2 - пуск двигуна; I1 - відключення двигуна.

Виходи: Q1, Q3, Q5 - включення і відключення пускачів KM1, KM2, KM3.



Реле часу: T01 визначає витримку часу від початку пуску до моменту перемикавання обмотки статора з схеми "зірка" на схему "трикутник".

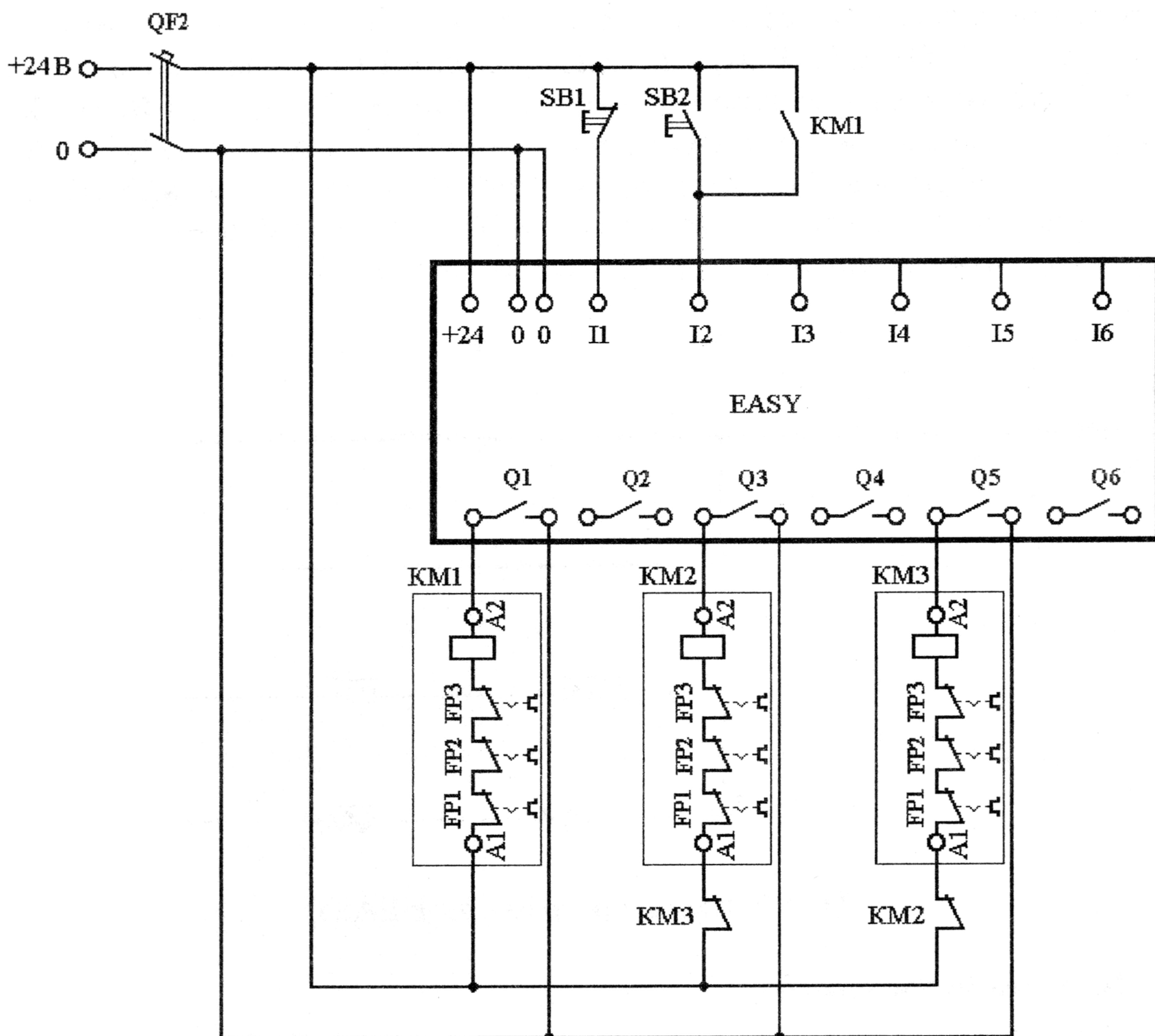


Рис.6.6. Схема підключення реле EASY

Схема з'єднань, що відповідає схемі керуючого пристрою №2 показана на рис.6.7. При натисненні кнопки SB2 на вході реле замикається контакт I02 в схемі з'єднань, він встановлює сигнал логічної "1" на виході Q1, що забезпечує включення пускача KM1. Одночасно контакт I02 запускає реле часу T01. Його розмикаючий контакт T01Q1 на початку процесу пуску є замкнутим і забезпечує через вихід Q3 включення пускача KM2 і з'єднання обмоток статора двигуна в "зірку". Після закінчення витримки часу розмикаючий контакт реле T01 розмикається (рядок 3), а замикаючий контакт T01Q1 замикається (рядок 4), що забезпечує відключення пускача KM2 і включення пускача KM3, який з'єднує фази обмотки статора двигуна в "трикутник".

#### Порядок виконання лабораторної роботи в програмі EASY - SOFT.

У програмі EASY - SOFT в режимі «Схема соединений» зібрати схему, представлену на рис.6.7. Встановити витримку часу реле T01 на замикання



контакту 3 секунди і перейти в режим «Імітація». У панелі інструментів у вкладці «Принцип роботи 1/R» встановити контакт I1, як замикаючий без фіксації і контакт I2, як замикаючий з фіксацією. Клацанням по кнопці «Показание» вибрати в меню, що відкрилося, виведення на індикацію виходів реле (Q1, Q3, Q5). Відкрити вкладку **Входи I** і включити виконання режиму **Імітація**. Клацнувши по зображенню контакту I2 у вкладці **Входи I**, спостерігати в панелі властивостей послідовність зміни стану виходів Q1 - Q3.

Перейти в режим **Комунікація**. Перенести програму з комп'ютера в програмоване реле. Перевести його в режим RUN, і, натискаючи кнопки SB1, SB2, спостерігати на дисплеї реле зміну стану входів і виходів.

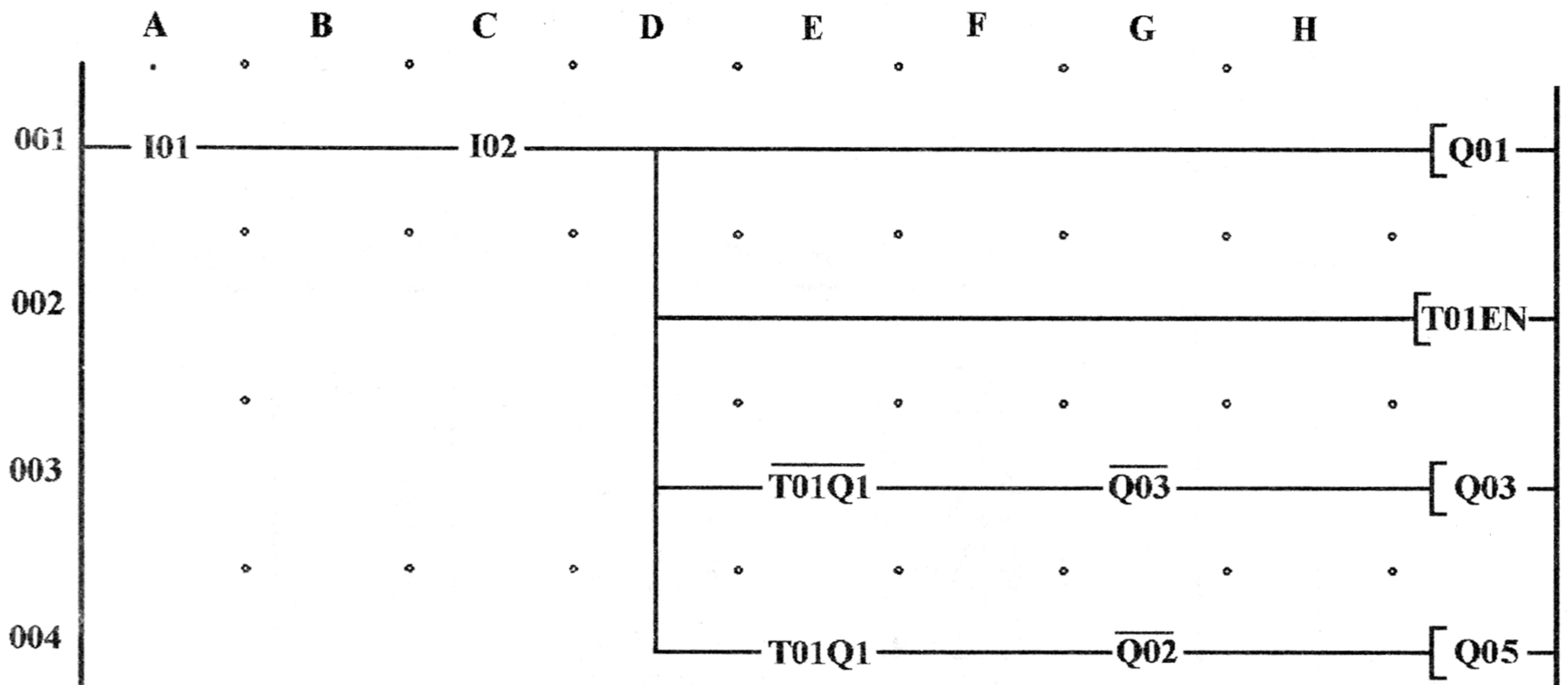


Рис.6.7. Схема програми реле EASY

### Проведення досліджень

1. Ознайомитися з приладами, апаратами і устаткуванням експериментальної установки, записати їх технічні параметри в протокол.
2. Виконати монтаж ЕП для дослідження автоматичного пуску АД-КЗ.
3. Після перевірки керівником правильності монтажу включити схему управління (без подачі напруги на перетворюючий пристрій) і переконатися в нормальній роботі всіх апаратів.
4. Налаштувати реле часу КТ1 на час включення від 1 секунди до 5 секунд і, одержавши дозвіл керівника, зробити пробний пуск АД-КЗ.
5. Оцінити значення пускового струму при спрацьовуванні контакторів КМ1 і КМ2, а також при включенні контактора КМ3, для чого скористатися осцилографом або амперметром (РА2). Результати вимірювань записати в таблицю 1.



Таблиця 1

№ досліду	Значення пускового струму при включенні	
	KM1, KM2	KM3
1		
.....		
6		

6. Після закінчення процесу пуску відключити двигун від МЖ за допомогою автоматичного вимикача QF. Після зупинки валу АД-КЗ підключити його до МЖ при з'єднанні фаз обмотки статора трикутником. Оцінити значення пускового струму. Для цього необхідно відключити котушку реле КТ1 від клеми 74NO і підключити її до клеми 73NO і натискати на кнопковий вимикач SB2 тільки після включення реле часу КТ1.

Зробити висновки про зміну пускового струму, який споживається з МЖ при використанні схеми «зірка-трикутник» і без її використання.

Дані спостережень звести в таблицю 2.

Таблиця 2

№ досліду	Значення пускового струму при включенні фаз обмотки статора трикутником
1	
.....	
6	

### Обробка результатів досліджень

1. Дати опис роботи схеми автоматичного пуску АД-КЗ, порядок перевірки і налаштування окремих апаратів.

2. Скласти специфікацію електроустаткування схеми автоматичного пуску АД-КЗ у формі таблиці 3.

Таблиця 3

№ п.п.	Найменування апарату і його технічна характеристика	Кількість	Примітка
1			
2			
3			

5. Скласти висновок за результатами виконаної роботи.



## Питання для самоперевірки

1. Від чого залежить початковий пусковий момент АД-КЗ і як можна його регулювати?
2. Як змінюється критичне ковзання АД-КЗ при перемиканні фаз обмотки статора із зірки на трикутник і чому? Пояснити за допомогою формул.
3. Як змінюється критичний момент АД-КЗ при перемиканні фаз обмотки статора із зірки на трикутник і чому? Пояснити за допомогою формул.
4. Як змінюється пусковий момент АД-КЗ при перемиканні фаз обмотки статора із зірки на трикутник і чому? Пояснити за допомогою формул.
5. Як змінюється механічна характеристика АД-КЗ при перемиканні фаз обмотки статора із зірки на трикутник і чому? Пояснити за допомогою формул.
6. Як змінюється струм, який споживає з МЖ схема пуску АД-КЗ при перемиканні фаз обмотки статора із зірки на трикутник і чому? Пояснити за допомогою формул.
7. Як змінюється максимальний тривалий момент АД-КЗ при перемиканні фаз обмотки статора із зірки на трикутник і чому? Пояснити за допомогою формул.
8. Які недоліки має схема пуску АД-КЗ при перемиканні фаз обмотки статора із зірки на трикутник і чому?
9. Як змінюється максимальна тривала потужність АД-КЗ при перемиканні фаз обмотки статора із зірки на трикутник і чому? Пояснити за допомогою формул.
10. Яка схема пуску АД-КЗ за співвідношенням значень струму, що споживає двигун з МЖ, і моменту, що розвиває двигун при пуску є найбільш близька схемі пуску АД-КЗ з перемиканням фаз обмотки статора із зірки на трикутник і чому?



## Лабораторна робота 7

### Дистанційне керування групою трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором

#### Мета роботи

1. Вивчити схеми дистанційного релейно-контактного керування групою трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.
2. Розробити свою схему дистанційного релейно-контактного керування групою трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором з врахуванням апаратів і пристроїв, які є на лабораторному стенді.
3. Виконати монтаж схеми.
4. Налаштувати апарати автоматичного пуску, захисту і блокування трьох двигунів, які потрібно включати у визначеній послідовності релейно-контактними пристроями.
5. Перевірити працездатність розробленої схеми керування групою трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.

#### Основні теоретичні положення

При автоматизації технологічних процесів, які вимагають визначеної послідовності пуску виробничих механізмів, застосовуються автоматичні пристрої керування трифазними асинхронними двигунами, в яких використовуються магнітні пускачі. Так, у поточно-транспортних конвеєрних системах (рис. 7.1), з метою уникнути завалів окремих конвеєрів матеріалом, який транспортується, двигуни М1, М2, М3 треба пускати в послідовності, яка є протилежною напрямку руху матеріалу. Це забезпечується таким з'єднанням апаратів систем керування окремих двигунів, при якому система керування двигуна виробничого механізму, який є попереднім відповідно до напрямку руху матеріалу, одержує живлення через допоміжні замикаючі контакти магнітного пускача, який включає двигун наступного виробничого механізму. Тому магнітний пускач КМ2 може підключити двигун М2 до трифазної МЖ тільки після спрацювання допоміжних замикаючих контактів КМ1:4 магнітного пускача КМ1, який підключає двигун М1 до трифазної МЖ, що приводить до руху стрічку наступного конвеєра. Окрім цього, включення магнітного пускача КМ2 може бути здійснене тільки за умовою замикання контактів реле SR1, яке оцінює значення кутової швидкості двигуна М1 і спрацьовує при досягненні номінальної швидкості стрічки конвеєра. Конструктивно реле контролю кутової швидкості SR1, SR2 встановлюють на веденому барабані, це забезпечує перевірку цілісності стрічок конвеєрів. Таким чином, схема релейно-контактного керування трьома трифазними АД-КЗ, наведена на рис.7.1, дозволяє реалізувати пуск конвеєрної лінії в функції швидкості.

Для оцінки стану виробничих механізмів використовують мнемонічну схему поточно-транспортної системи з підсвічуванням зеленими лампами НЛ1, НЛ3, НЛ5 зображень непрацюючих пристроїв і з підсвічуванням



червоними лампами HL2, HL4, HL6 зображень працюючих пристроїв. Вмикання і вимикання сигнальних ламп з підключеними послідовно з ними резисторами R1...R6, які обмежують струм, що споживають лампи, виконується допоміжними розмикаючими контактами KM1:2, KM2:2, KM3:2 і аналогічними замикаючими контактами KM1:3, KM2:3, KM3:3. Вони спрацьовують одночасно з однойменними головними замикаючими контактами KM1:1, KM2:1, KM3:1, які підключають і відключають двигуни M1, M2, M3 до мережі живлення.

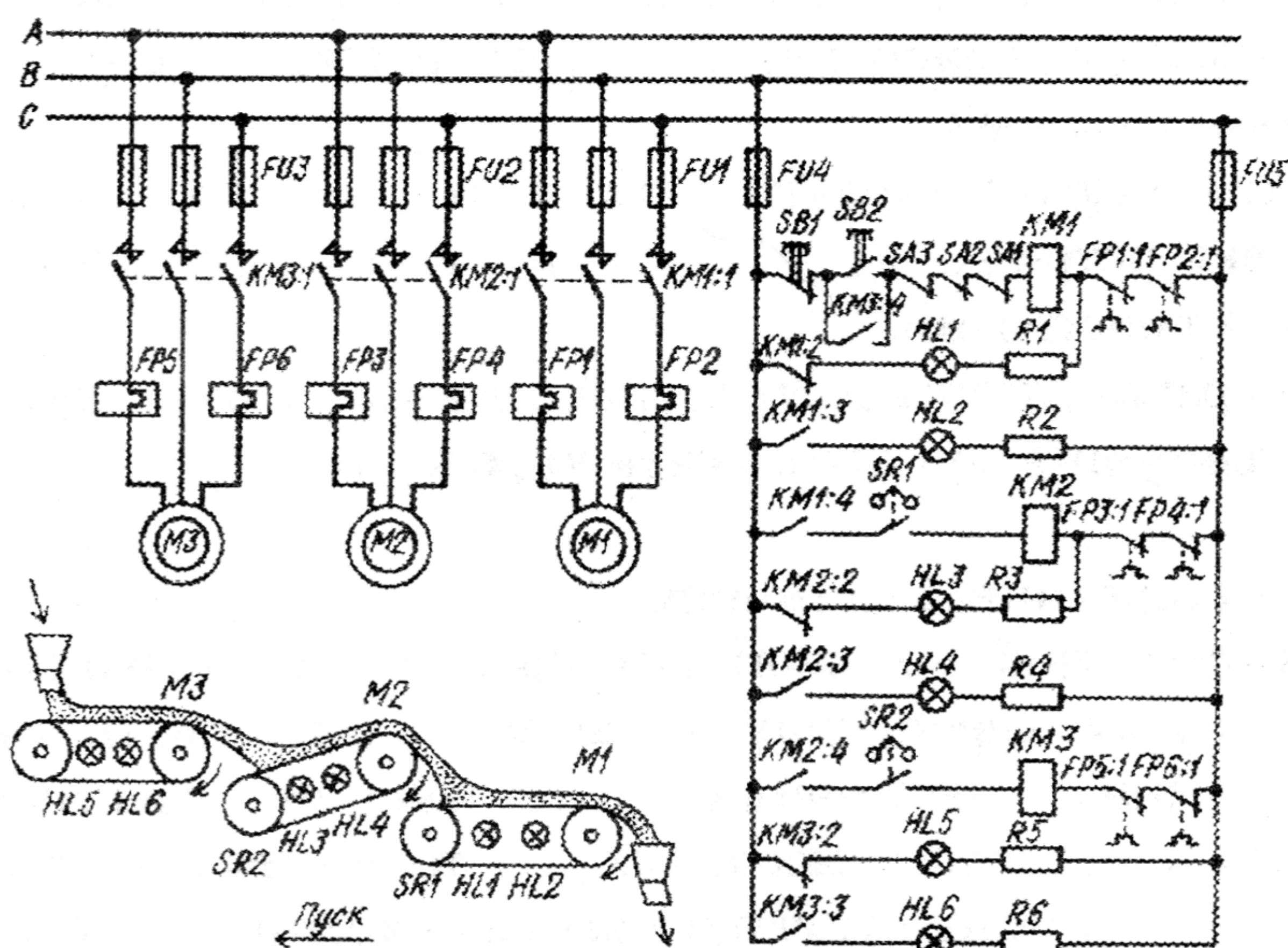


Рис. 7.1. Схема релейно-контакторного керування трьома трифазними АД-КЗ в функції швидкості.

У непрацюючій установці при замкнутих контактах теплових реле FP1...FP6 горять зелені лампи HL1, HL3, HL5. При натисканні пускової кнопки SB2 спрацьовує магнітний пускач KM1, що супроводжується пуском двигуна M1, вимиканням зеленої лампи HL1, вмиканням червоної лампи HL2 і спрацюванням допоміжних замикаючих контактів KM1:4 у колі котушки магнітного пускача KM2, який вмикається після спрацювання замикаючих контактів реле контролю кутової швидкості SR1. Вмикання магнітного пускача KM2 викликає розгін ротора двигуна M2, вимикання зеленої лампи HL3, вмикання червоної лампи HL4 і допоміжних замикаючих контактів KM2:4 у колі котушки магнітного пускача KM3. Після спрацювання замикаючих контактів реле контролю кутової швидкості SR2 вмикається пускач KM3 і підключає двигун M3 до трифазної мережі живлення. Вмикання пускача KM3 супроводжується вимиканням зеленої лампи HL5, вмиканням червоної лампи HL6 і шунтуванням пускової кнопки SB2 допоміжними замикаючими контактами KM3:4. Таким чином, пускову кнопку SB2 можна відпустити тільки при закінченні процесу пуску всієї конвеєрної лінії. Якщо пускову кнопку SB2 відпустити раніше ніж включиться пускач KM3, то процес пуску зупиниться, оскільки контактори KM1 і KM2 буде відключено.



Це важливо для запобігання розвитку можливих аварійних ситуацій при пуску конвеєрних ліній.

Натискання кнопки SB1 вимикає пускач KM1 і, завдяки електричному блокуванню, викликає вимкнення інших магнітних пускачів KM2 і KM3, унаслідок чого усі виробничі агрегати зупиняються, а їх зображення на мнемонічній схемі буде підсвічено зеленими лампами.

Аварійні вимикачі з розмикаючими контактами SA3, SA2, SA1 розташовують безпосередньо біля виробничих агрегатів, що дозволяє розмиканням кожного з них зупинити всю поточно-транспортну систему з відповідного робочого місця. Аварійні вимикачі мають пристрої, що фіксують контакти в розімкненому стані, тому наступний пуск системи можливий тільки при відновленні робочого стану вимкненого аварійного вимикача.

У більш складних схемах керування передбачають деблокуючі пристрої з перемикаючими контактами, що дає можливість поряд з централізованим автоматичним пуском всієї системи здійснювати індивідуальне ручне керування виробничими агрегатами.

Другий варіант схеми релейно-контактного керування трьома трифазними АД-КЗ, наведено на рис.7.2. Ця схема дозволяє реалізувати пуск конвеєрної лінії, яка складається з трьох конвеєрів, в функції часу. Відповідно до вимог технологічного процесу двигуни повинні вмикатися в наступній послідовності: спочатку вмикається двигун M1 останнього конвеєра 1, за ним – двигун M2 проміжного конвеєра 2, і, нарешті, вмикається двигун M3 прийомного конвеєра.

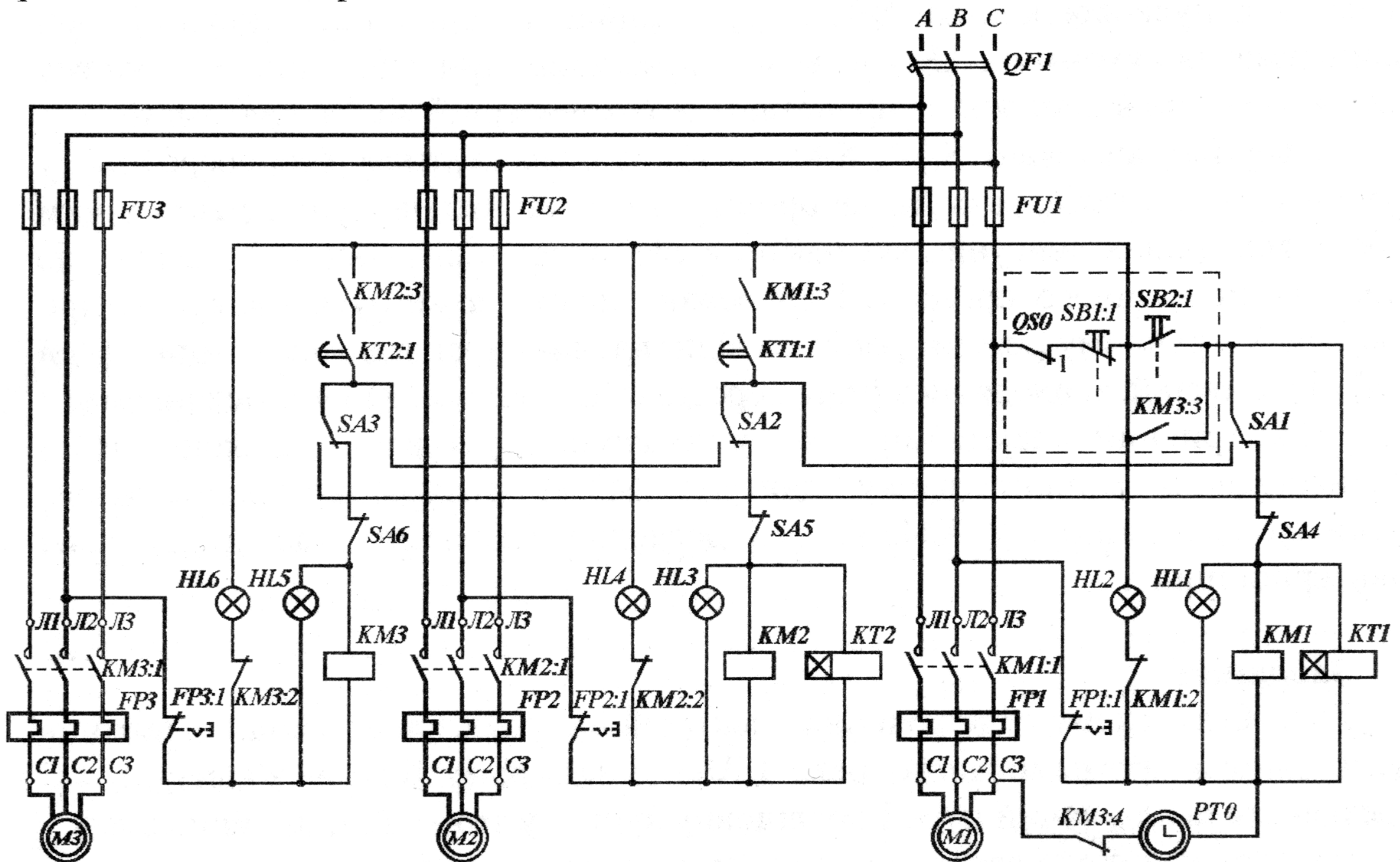


Рис. 7.2. Електрична схема дистанційного автоматичного керування групою АД-КЗ в функції часу.



Підключення всієї установки до трифазної мережі живлення здійснює автоматичний вимикач QF1. Для захисту від струму короткого замикання в силовому колі кожного магнітного пускача встановлено плавкі запобіжники FU1, FU2, FU3, а для захисту від перенавантаження двигунів – нагрівальні елементи FP1, FP2, FP3 триполюсних теплових реле.

Обмотки статорів двигунів M1, M2, M3 одержують живлення від трифазної МЖ через головні замикаючі контакти KM1:1, KM2:1, KM3:1 відповідних магнітних пускачів. Допоміжні замикаючі контакти KM1:3, KM2:3 забезпечують потрібну послідовність вмикання магнітних пускачів KM2, KM3, а контакт KM3:3 шунтує пускову кнопку SB2:1.

Електромагнітні реле часу KT1, KT2 забезпечують потрібну часову паузу при вмиканні відповідних двигунів. Для цього їхній замикаючі контакти KT1:1 і KT2:1 з'єднано послідовно з допоміжними замикаючими контактами KM1:3 і KM2:3 відповідних магнітних пускачів.

Допоміжні НЗ-контакти KM1:2, KM2:2, KM3:2, вмикають зелені сигнальні лампи HL2, HL4, HL6 при вимкнених двигунах M1, M2, M3. Червоні сигнальні лампи HL1, HL3, HL5, що приєднані паралельно котушкам магнітних пускачів KM1, KM2, KM3, загоряються при вмиканні відповідних двигунів. Усі зелені HL2, HL4, HL6 і червоні HL1, HL3, HL5 лампи підсвітлюють сигналізаційний щит з мнемонічною схемою установки.

Деблокуючі пристрої – однополюсні позиційні перемикачі SA1, SA2, SA3 при автоматичному пуску всієї установки знаходяться в правій позиції. Якщо ж усі перемикачі, крім одного, установити в ліву позицію, то при натисканні пускової кнопки SB2 у рух прийде тільки один двигун, а інші залишаться нерухомими. Цей режим є важливим при виконанні в ручному режимі робіт по відновленню працездатності конвеєрної лінії після аварій.

Аварійні вимикачі SA4, SA5, SA6, що знаходяться безпосередньо у виробничих агрегатів, можуть заборонити пуск даного двигуна і разом з ним роботу всіх інших двигунів, які мають включитися після нього відповідно до вимог технологічного процесу. Цей режим також може бути корисним при виконанні в ручному режимі робіт по відновленню працездатності конвеєрної лінії після аварій, знаходячись безпосередньо біля технологічних механізмів.

Електричний секундомір РТ0 вмикається пусковою кнопкою SB2 і зупиняється в момент пуску двигуна M3 і розмиканні допоміжного розмикаючого контакту KM3:4, що дозволяє визначити час пуску всієї конвеєрної лінії.

### **Завдання**

Розробити схему підключення електричних апаратів до входів і виходів електронного програмованого реле EASY і програму (схему з'єднань), які забезпечать послідовний пуск і послідовну зупинку трьох АД, що приводять у рух три стрічкових конвеєри, розташованих один за одним.

Пуск відбувається при натисканні на кнопковий вимикач SB1, при цьому спрацьовує пускач, що підключає обмотку статора двигуна третього конвеєра



(останнього за напрямом транспортування вантажу) безпосередньо до МЖ. Після цього з витримкою часу у 10 с запускається двигун другого конвеєру. Далі з витримкою часу 10 с – двигун першого конвеєру. При натисканні на кнопковий вимикач SB2 здійснюється зупинка двигунів відключенням обмоток статорів від мережі живлення у зворотному порядку, починаючи з зупинки двигуна першого конвеєру і закінчуючи зупинкою двигуна останнього (третього) конвеєру. Перед відключенням кожного двигуна забезпечується витримка часу у 10 с. Одночасна аварійна зупинка всіх двигунів відбувається при натисканні кнопки SB3.

### «Система управління послідовним пуском і зупинкою трьох конвейєрних стрічок зернового перевантажувача»

**Задача управління.** Перевантажувач зерна складається з трьох конвейєрних стрічок (рис. 7.3). Необхідно забезпечити три режими його роботи: "Послідовний пуск", "Послідовна зупинка", "Швидка зупинка". При послідовному пуску стрічки починають рух по черзі з інтервалом в 10 с. Стрічка № 3 починає рух першою. При послідовній зупинці стрічки зупиняються в зворотному порядку, починаючи з першої. Це забезпечує подальший запуск стрічок без навантаження, що дозволить уникнути режиму важкого пуску двигунів. Перед зупинкою першої і подальших стрічок забезпечується витримка часу 10 с. При швидкій зупинці всі стрічки зупиняються одночасно без затримки.

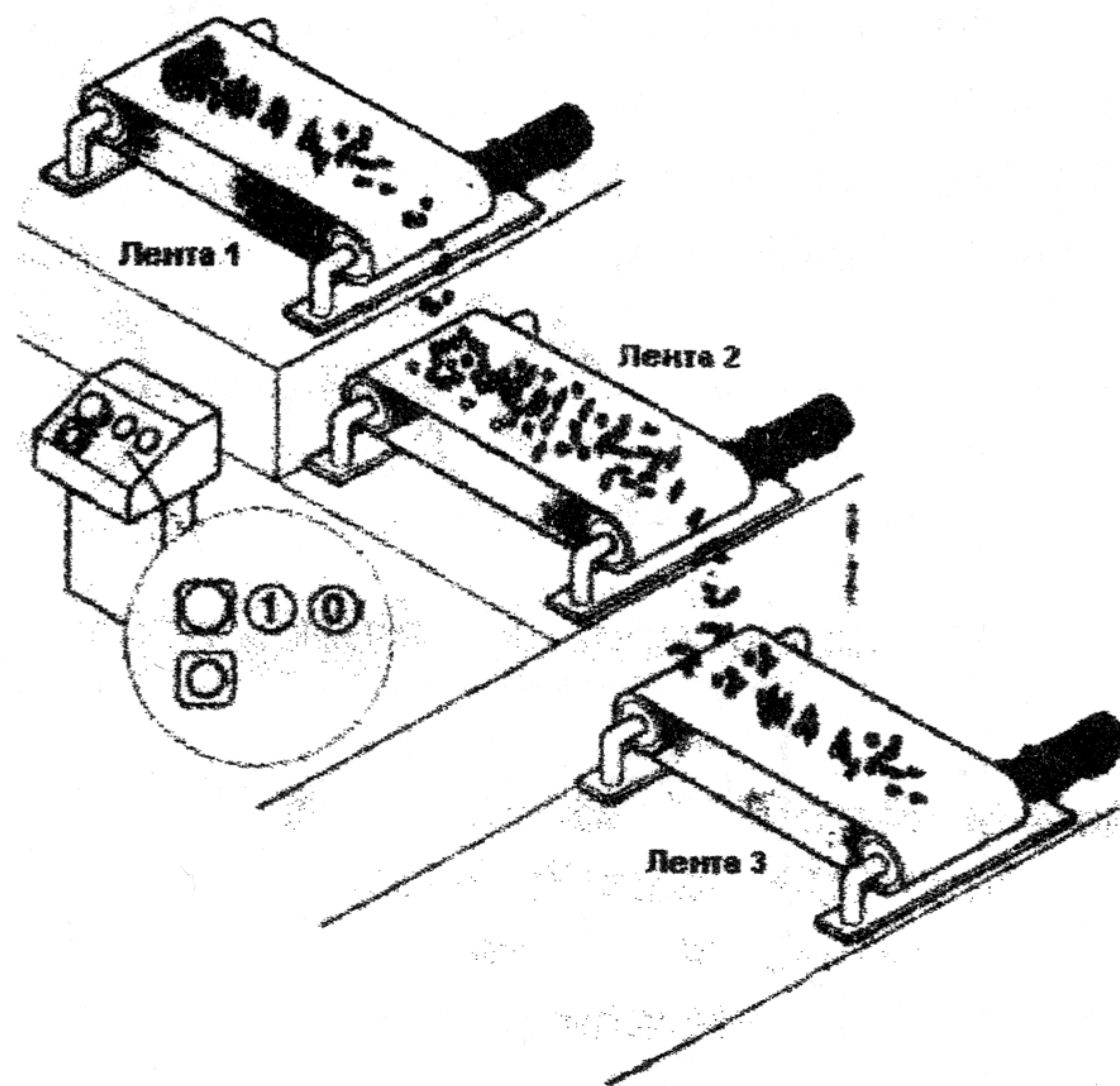


Рис. 7.3. Схема механізму перевантажувача зерна

Необхідно передбачити перевірку стану автоматичних вимикачів, встановлених в ланцюгах обмоток статорів двигунів конвейєрних стрічок. У випадку, якщо автоматичний вимикач спрацює, система конвейєрів повинна бути зупинена і повинен бути поданий сигнал за допомогою миготливої лампочки.

**Склад силової частини.** Схема електрична принципова електроприводу конвейєрних стрічок приведена на рис.7.4. Кожна конвейєрна стрічка



приводиться в рух окремим двигуном М1, М2, М3. Обмотки статорів двигунів підключаються до МЖ і відключаються від неї контакторами КМ1, КМ2, КМ3. Двигуни захищені від коротких замикань і перегріву автоматичними вимикачами QF, ... QF3.

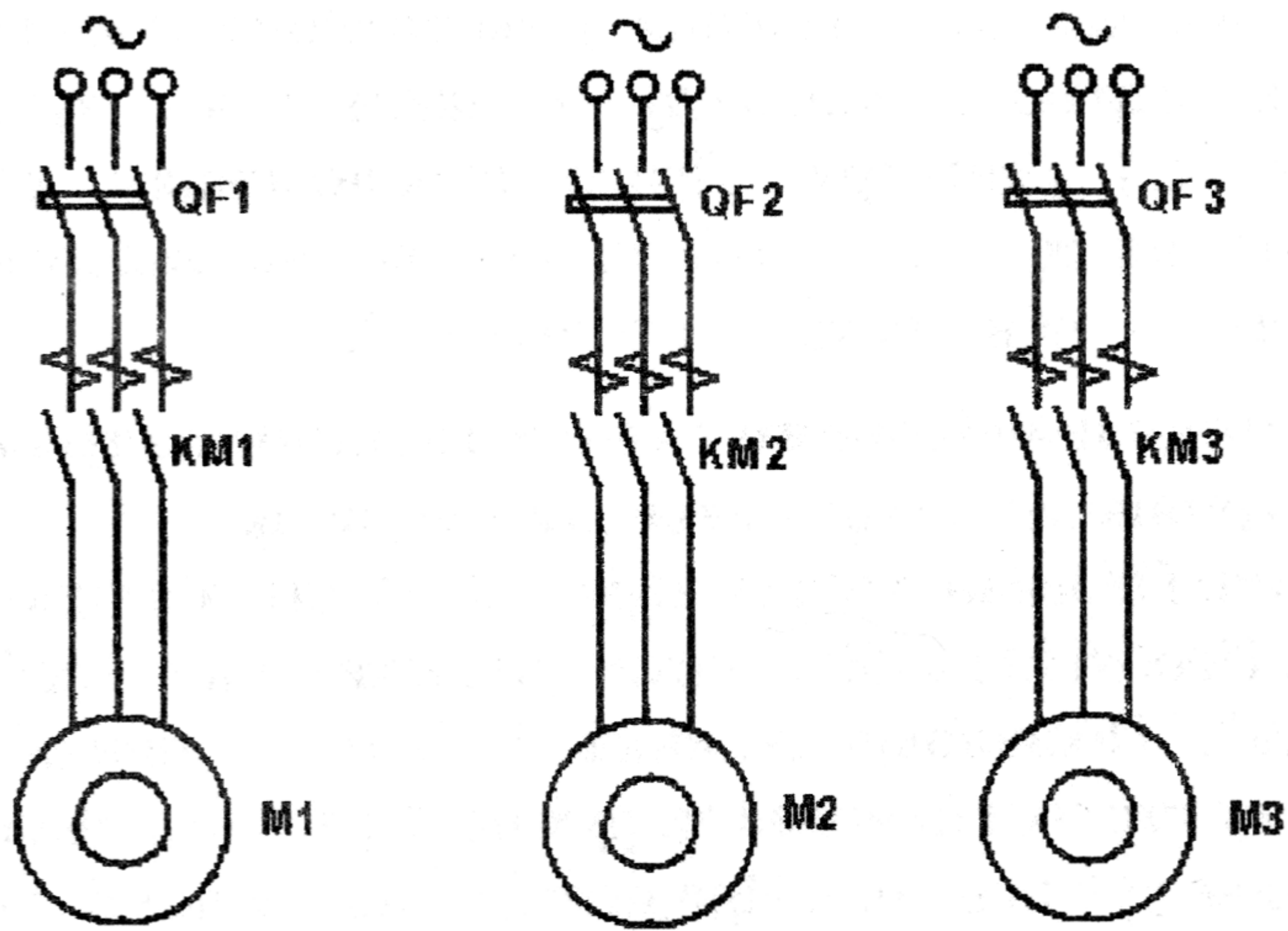


Рис. 7.4. Електрична схема підключення двигунів конвеєрів

**Схема підключення реле EASY.** На рис.7.5 показано підключення до входів реле EASY наступних контактів: S0 - аварійна зупинка, S1 - кнопка «Пуск», S2 -кнопка «Стоп», S3 - кнопка «Швидка зупинка», QF1, QF2, QF3 - допоміжні контакти автоматичних вимикачів двигунів М1, М2, М3; КМ1, КМ2, КМ3 - контактори включення двигунів М1, М2, М3; Н1 - лампочка індикації; SF1 - автоматичний вимикач.

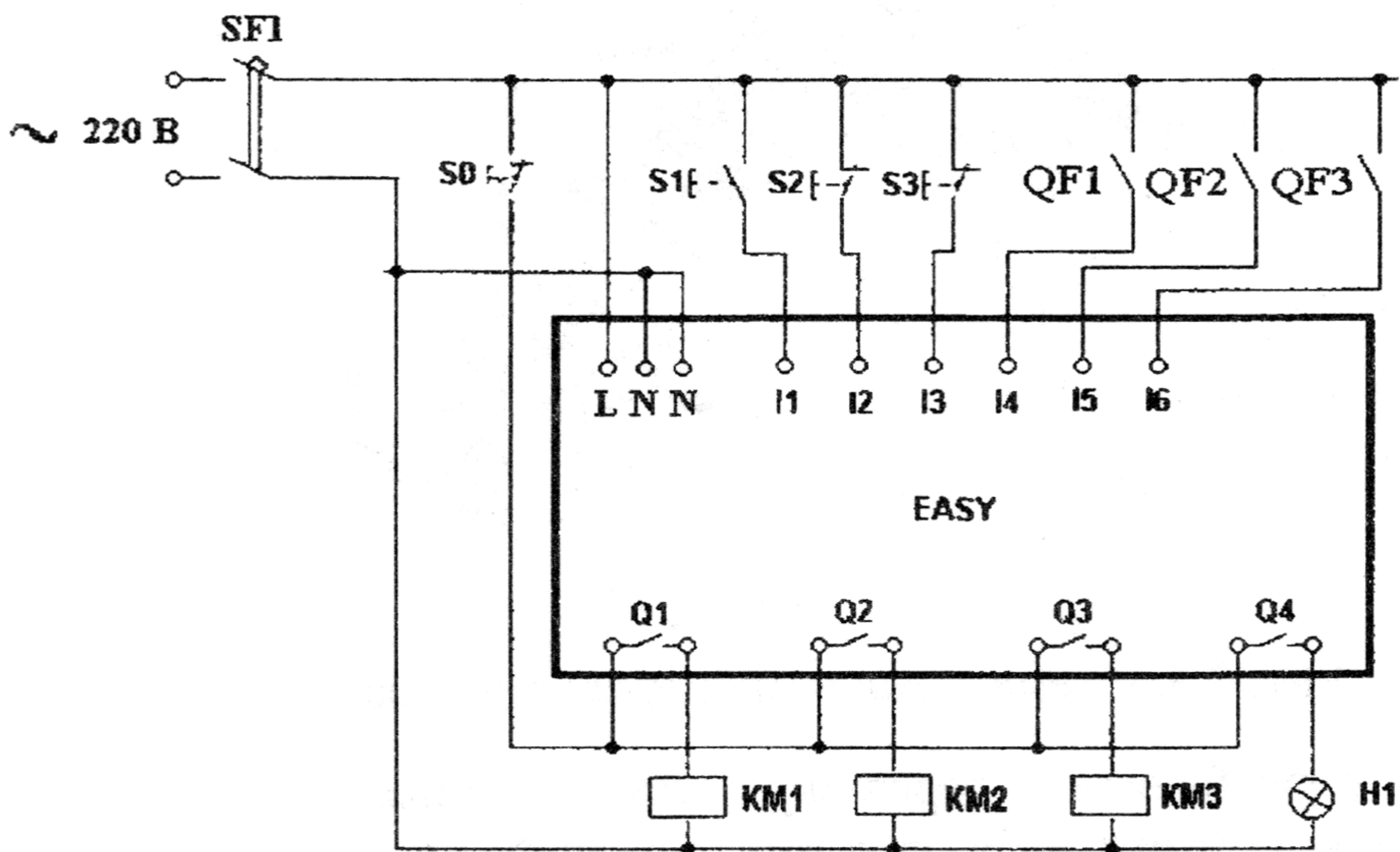


Рис.7.5. Схема підключення реле EASY

**Перелік операндів реле EASY:**

Входи: I1 - I3 – контроль стану контактів S1 - S3;



I4 - I6 – контроль стану допоміжних контактів автоматичних вимикачів;  
Виходи: Q1 - Q3 – включення і відключення двигуна відповідної стрічки конвейєра, Q4 - включення лампочки індикації.

Маркери: M1 - буферна пам'ять стану контактів QF1 - QF3, M2 -пам'ять режиму зупинки, M3 - пам'ять режиму пуску.

Реле часу: T01 - витримка часу перед пуском стрічки 2, T02 - витримка часу перед пуском стрічки 1, T03, T04, T05 - витримки часу перед зупинкою стрічок 1, 2 і 3 відповідно, T06 - генератор імпульсів для світлової індикації.

**Схема з'єднань** (програма, рис.7.6). Запуск конвейєрних стрічок можливий тільки при включених автоматичних вимикачах QF1 - QF3, що підтверджується замкнутим станом контактів I04 - I06 (рядок 1). При цьому буде включено маркер M01 і замкнуто його контакти в рядках 2, 5, 7. При натисканні на кнопку послідовного пуску S1 замикається контакт I01 (рядок 2), при цьому встановлюються в одиничний стан вихідне реле Q3 і маркер M03, контакт Q3 замикається.

Це забезпечує спрацьовування контактора КМ3 і пуск двигуна третьої стрічки, а також запуск реле часу T01 (рядок 4). Після витримки часу цього реле замикається його контакт (рядок 5) і встановлюється в одиничний стан котушка вихідного реле Q2, забезпечуючи запуск двигуна другої стрічки. Запускається також реле часу T02 (рядок 6), замикання контакту якого через витримку часу включає вихід Q1 і двигун першої стрічки (рядок 7).

При натисненні кнопки послідовної зупинки конвеєрів S2 замикаються контакти, скидаючи маркер M03 (рядок 29) і встановлюючи в одиничний стан маркер M02 (рядок 8). Останній своїм контактом (рядок 9) запускає реле часу T03, яке, відлічивши витримку часу, замикає свій контакт (рядок 10) і відключає вихід Q1 і двигун першої стрічки. Далі аналогічним чином працюють реле T04, T05, відключаючи послідовно виходи Q2, Q3 і двигуни другої і третьої стрічок (рядки 13-14, 18-19).

Натискання кнопки швидкої зупинки конвеєрів S3 деактивує котушки маркерів M02 і M03 (рядки 26, 28, 29, 31) і забезпечує миттєве розмикання контактів виходів (рядки 10, 12, 14, 17, 19, 21), при цьому двигуни всіх стрічок відключаються без затримки.



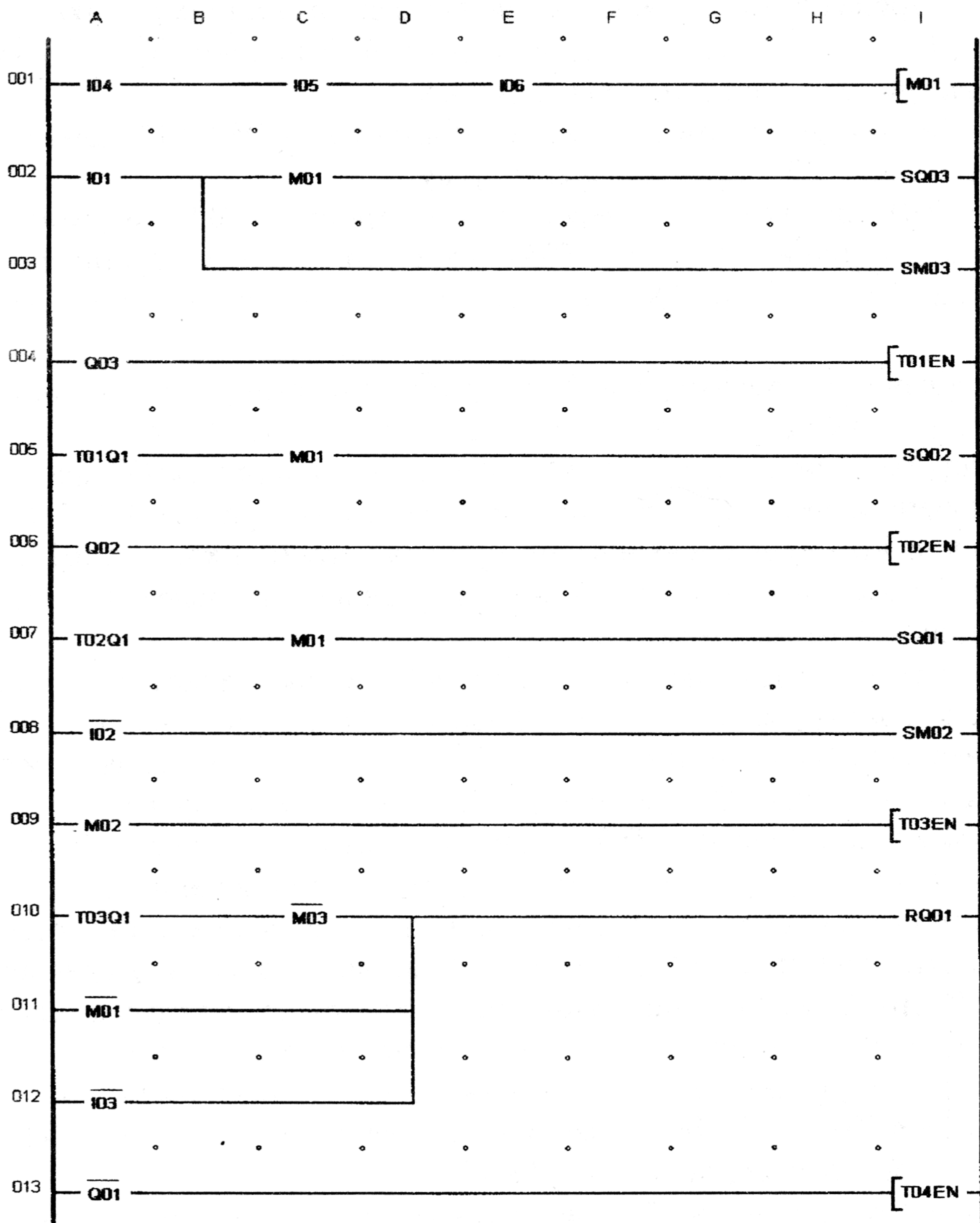


Рис.7.6. Схема програми реле EASY (початок)



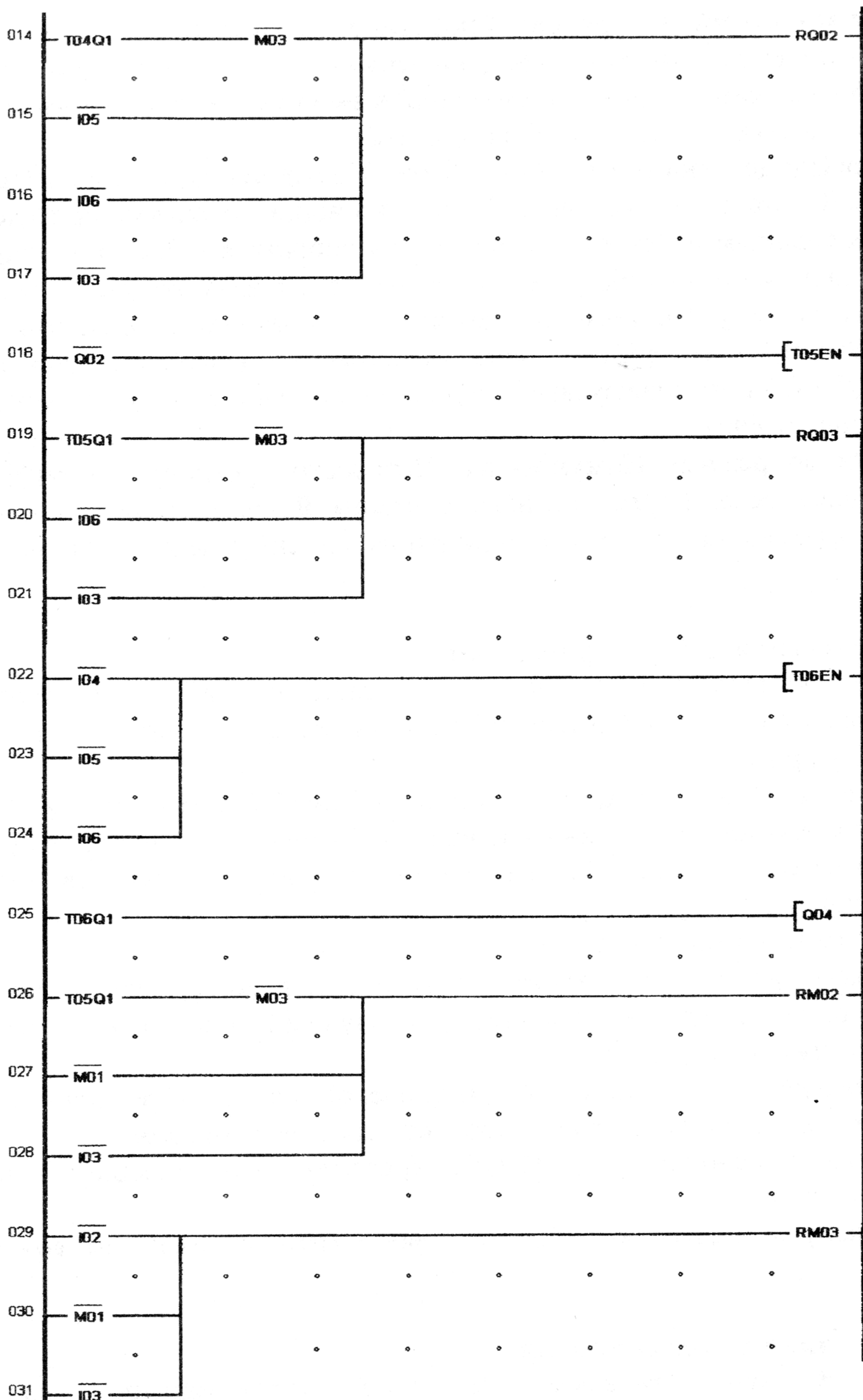


Рис. 7.6. Схема програми реле EASY (кінець)

Спрацьовування одного з автоматичних вимикачів QE1 - QF3 приводить до замикання одного з контактів (рядки 22 - 24) і запуску «миготливого» реле T06, яке керує виходом Q4 (рядок 25) і сигнальною лампою.



**Порядок виконання лабораторної роботи.** У програмі EASY-SOFT в режимі **Схема з'єднань** зібрати схему, представлену на рис. 7.6. Налаштувати реле T01 - T05 на режим "Затримка включення" з витримкою 10 с, а для реле T06 встановити режим „Миготливий" з періодом 1 с.

Перейти до режиму **Імітація**. У панелі інструментів у вкладці **Принцип роботи I/R** встановити контакти I1-I6 відповідно до схеми, приведеної на рис.7.6. Клацанням по кнопці «Показание» вибрати в меню, що відкрилося, вивід на індикацію виходів реле (Q). Відкрити вкладку **Входи I** і включити виконання режиму **Імітація**. Клацаючи по зображеннях контактів I1-I6 у вкладці **Входи I**, спостерігати в панелі властивостей включення і виключення виходів Q1 - Q4 і проаналізувати їх відповідність очікуваному режиму роботи конвейєрних стрічок.

Перейти до режиму **Комунікація**. Перенести програму з комп'ютера в програмоване реле. Перевести його в режим RUN, і, натискаючи кнопки управління режимом роботи, спостерігати на дисплеї реле зміну стану входів і виходів.

### **Проведення лабораторної роботи**

1. Ознайомитися з приладами, апаратами, які встановлено на лабораторному стенді, записати їхні технічні характеристики до протоколу лабораторної роботи.

2. На підставі схем, наведених на рис.7.1 і рис.7.2, розробити свою схему релейно-контактного керування групою трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором з врахуванням апаратів і пристроїв, які є на лабораторному стенді.

3. Виконати монтаж схеми.

4. Налаштувати апарати автоматичного пуску, захисту і блокування трьох двигунів, які потрібно включати у визначеній послідовності релейно-контактними пристроями.

5. Перевірити працездатність розробленої схеми керування групою трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.

Натиснути кнопку SB2 “Пуск”. Простежити за порядком вмикання окремих двигунів.

Натиснути кнопку SB1 “Стоп”, простежити за процесом вимикання двигунів.

### **Запитання для самоперевірки**

1. В яких випадках необхідно дотримуватись визначеної послідовності вмикання і вимикання виробничих агрегатів? Якщо переплутати послідовність вмикання конвеєрів при пуску і зупинці, що трапиться?

1.Яке призначення в схемах, наведених на рис.7.1 та рис.7.2, мають теплові реле?



2. Для чого виконується електричне блокування в колах керування магнітних пускачів?
3. Які види електричного блокування застосовують в установках з послідовним пуском двигунів?
4. Для чого призначені аварійні вимикачі і де їх встановлюють?
5. За яким принципом працює схема автоматизованого пуску електроприводів конвеєрів, що наведена на рис.7.1?
6. За яким принципом працює схема автоматизованого пуску електроприводів конвеєрів, що наведена на рис.7.2?
7. Яке призначення мають плавкі запобіжники (FU), що встановлені в схемах, наведених на рис.7.1 та рис.7.2?
8. Пояснить, як працює схема автоматизованого пуску електроприводів конвеєрів, що наведена на рис.7.1, в режимі пуску та зупинки?
9. Пояснить, як працює схема автоматизованого пуску електроприводів конвеєрів, що наведена на рис.7.2, в режимі пуску та зупинки?
10. Яке призначення в схемі, що наведена на рис.7.1 мають пристрої SR1 та SR2?
11. Яке призначення в схемі, що наведена на рис.7.1 мають зелені та червоні лампи і як вони позначені на схемі?
12. Яке призначення в схемі, що наведена на рис.7.2 мають перемикачі (SA1,...SA6)? Пояснить, як вони впливають на режим роботи схеми?
13. Як буде працювати схема, наведена на рис.7.1, якщо один з виводів котушки KM2 буде обірвано?
14. Як буде працювати схема, наведена на рис.7.2, якщо силові контакти KM2:1 будуть приварені?
15. Пояснить роботу Вашої схеми електропривода.
16. Як реалізовано нульовий захист в Вашій схемі електропривода?
17. Як реалізовано тепловий захист в Вашій схемі електропривода?
18. Як реалізовано захист від короткого замикання в Вашій схемі електропривода?



Загальні методичні вказівки	3
Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Лабораторні роботи з автоматичного управління двигунами змінного струму	10
Лабораторна робота №1. Автоматичний пуск трифазного асинхронного двигуна з короткозамкнутою обмоткою ротора	10
Лабораторна робота №2. Електропривод механізму пересування стола шліфувального верстата на базі схеми прямого пуску и реверсу АД.	27
Лабораторна робота №3. Електропривод механізму підйому ліфта на базі схеми прямого пуску и реверсу АД.	32
Лабораторна робота №4. Резисторні та реакторні схеми пуску АД.	41
Лабораторна робота №5. Автотрансформаторна схема пуску АД	52
Лабораторна робота № 6. Пуск АД-КЗ за схемою зірка – трикутник	60
Лабораторна робота № 7. Дистанційне керування групою трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором	69

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. О.А. Андрющенко, В.А.Водичев EASY это просто/ Учебн.пособ. – Одесса, 2006.
2. Иванов А.А. Электрооборудование пищевых предприятий. – 4-е изд., перераб. и доп. – Киев: Техніка, 1969, с. 128-152, 191-193.
3. Справочник по автоматизированному электроприводу /Под ред. В.А.Елисеева, А.В.Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1993.- 616 с.
4. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами /Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Бырыбина, М.Л. Самовера. -М.: Энергоатомиздат, 1993. – 416 с.
5. Вешеневский С. Н. Характеристики двигателей в электроприводе. -М.: Энергия, 1997. - 413 с.
6. Справочник по наладке энергооборудования промышленных предприятий /Под ред. Н.С. Мовсесова, А.М. Хратушина. - М.: Энергоатомиздат, 1993. - 480 с.
7. Каминский Е.А. Практические приемы чтения схем электроустановок. - М.: Энергоатомиздат, 1998. - 368 с.
8. Александров К.К., Кузьмина Е.Г. Электрические чертежи и схемы. - М.: Энергоатомиздат, 2000. - 288 с.