

Міністерство освіти і науки України  
Чернігівський промислово-економічний коледж  
Київського національного університету технологій та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з НР

\_\_\_\_\_ С.В.Бондаренко

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Методичне забезпечення  
практичних занять з дисципліни  
Системи керування електропривода  
для студентів 3 курсу  
Спеціальність 5.05070104 Монтаж і експлуатація  
\_підприємств і цивільних споруд**

Уклав

О.В. Шевченко

Розглянуто на засіданні  
циклової комісії  
спеціальних електротехнічних дисциплін  
Протокол №\_\_ від \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

Голова циклової комісії

В.В. Олійник

## Інструкція для виконання практичної роботи №1

### Тема: Складання схеми керування пуском та роботою двигуна постійного струму (ДПС)

1. **Мета:** Набути практичні навички по вивченню елементів та схеми керування пуском та роботою двигуна постійного струму

### 2. Матеріально-технічне та навчально- методичне забезпечення:

2.1 Лінійка

2.2 Олівець

2.3 Аркуш формату А4

### 3. Теоретичні відомості:

Керування в функції швидкості потребує контролю швидкості з наступною дією на відповідний апарат. Швидкість двигуна часто фіксується непрямим методом та вимірюванням параметрів, які однозначно зв'язані зі швидкістю. Для двигуна постійного струму (ДПС) це ЕРС, яка пропорційна швидкості.

На рис. 1.1 наведений вузол схеми автоматичного пуску ДПС з незалежним збудженням в функції ЕРС. При такому приєднанні контакторів прискорення КП1, КП2 та КП3 вдається вирівняти напруги втягування для всіх трьох котушок. Контактори повинні спрацьовувати при заданих швидкостях  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  та  $\omega_3$ .

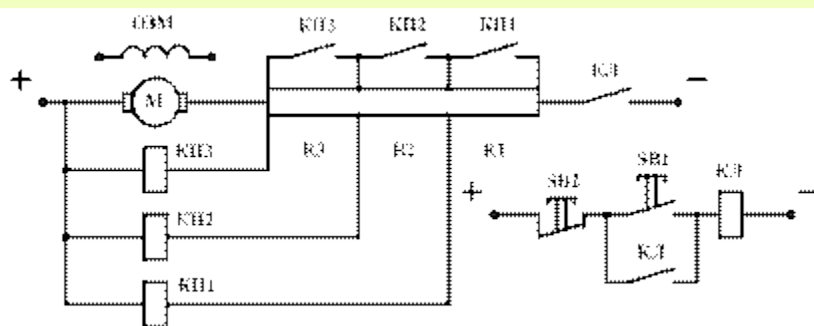


Рис.1.1. Типовий вузол схеми автоматичного керування пуском ДПС в функції ЕРС

Напруги втягування дорівнюють

$$U_{КП1} = c\omega_1 + I(R_{\text{Я}} + R_2 + R_3),$$

$$U_{КП2} = c\omega_1 + I(R_{\text{Я}} + R_3),$$

$$U_{КП3} = c\omega_1 + IR_{\text{Я}}.$$

Через належний вибір точок приєднання контакторів КП2 та КП3 напруги втягування мало відрізняються одна від одної, тому котушки контакторів можуть бути вибрані на однакову напругу втягування.

Схема працює наступним чином. При натисненні кнопки SB1 спрацьовує лінійний контактор КЛ, який переходить на саможивлення та підключає якорь двигуна М до мережі через пусковий резистор. Після кидка струму двигун починає розганятись і його швидкість та ЕРС зростає. Коли напруга на затискачах двигуна досягне значення напруги втягування контактора КП1, останній спрацює та зашунтує першу ступінь пускового резистора R1. Після кидка струму двигун продовжує розганятись. Коли напруга на затискачах двигуна досягне значення напруги втягування контактора КП2, останній спрацює та зашунтує другу ступінь пускового резистора R2. Далі процес розгону протікає аналогічно.

Подібні схеми зустрічаються в електроприводах малої потужності, головним чином в металорізальних верстатах.

Струм під час пуску двигуна коливається у деяких певних межах. Початковий стрибок струму визначається значеннями необхідного пускового моменту  $M_{II}$  та допустимого струму  $I_{доп}$ . В міру збільшення швидкості двигуна його струм зменшується. В момент зменшення струму до певного значення частина пускового резистора шунтується, що призводить до нового стрибка струму до  $I_{доп}$ .

Струм перемикання  $I_2$  вибирають виходячи з необхідності забезпечити потрібне мінімальне прискорення при пуску двигуна із заданим навантаженням, тому струм перемикання вибирають більшим за статичний струм.

На рис.1.2 наведений вузол схем автоматичного пуску ДПС з незалежним збудженням в функції струму.

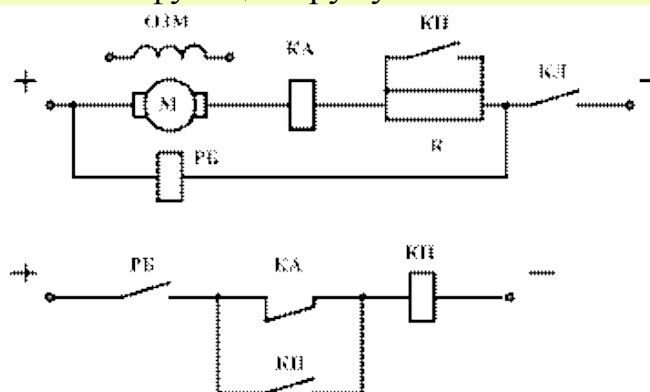


Рис.1.2. Типовий вузол схеми автоматичного керування пуском ДПС в функції струму

При вмиканні контактора КЛ отримує живлення котушка струмового реле КА і його розмикаючий контакт у колі контактора КП на початку пуску розмикається. Отже, пуск починається з повністю веденим резистором R у колі якоря двигуна. Контакт реле РБ не дозволяє контактору КП ввімкнутись

відразу ж після вмикання контакту КЛ, оскільки власний час вмикання реле РБ вибирається більшим за власний час вмикання реле РП.

Коли струм відпускання реле РП буде дорівнювати  $I_2$ , спрацює контактор КП й зашунтує пусковий резистор R. При цьому контактор КП не вимкнеться через те, що контакт реле КА буде зашунтований контактом КП.

Перевагою схеми є те, що перемикання здійснюється при певних значеннях струму в якорному колі, які не залежать від коливань напруги в мережі.

Недоліком є те, що при пуску двигуна, коли статичний момент  $M_c$  перевищує момент перемикання  $M_2$ , резистор R не буде вимкненим, що може призвести до його перегорання, оскільки він не розрахований на тривалу роботу.

В цьому випадку відсутня небезпека тривалої роботи двигуна на низькій швидкості, оскільки застосовується максимальний захист.

Для автоматизації пуску ДПС в функції часу часто застосовується реле часу. Витримка часу в деяких із них досягається за рахунок замикання накоротко котушки реле після зняття напруги. В цьому випадку магнітний потік в котушці спадає повільно, оскільки стала часу котушки при притягнутому якорі порівняно велика. Ці реле можуть мати контакти, які працюють з витримкою часу лише при вимкненні. В інших електромагнітних реле витримка часу забезпечується за рахунок встановлення мідної гільзи на осерді реле.

#### **4. Хід роботи**

- 4.1 Зібрати схему управління
- 4.2 Описати перелік та призначення елементів схеми.
- 4.3 Описати роботу схеми керування пуском ДПС у функції струму

#### **5 Висновки**

- 5.1 Зробити висновки про виконану роботу

#### **6 Література**

- 1 В.В.Москаленко Электрический привод – М.; В.Ш. 1991
- 2 Ю.А. Михеев. Э.В. Морозов Электрический привод – М.; ВО «Агропромиздат» 1988
- 3 Э.А. Каминский Практические приемы чтения схем электроустановок- М.; Энергоатомиздат

## Інструкція для виконання практичної роботи №2

### Тема: Складання схеми керування пуском асинхронного двигуна з фазним ротором у функції струму

**1 Мета:** Набути практичні навички по вивченню елементів та схеми керування пуском асинхронного двигуна з фазним ротором у функції струму.

#### **2 Матеріально-технічне та навчально- методичне забезпечення:**

2.1Лінійка

2.2Олівець

2.3 Аркуш формату А4

#### **3. Теоретичні відомості:**

Схема керування пуском асинхронного двигуна з фазним ротором у функції струму показана на рис. 9.14. При натисканні на кнопку *SB2* «Пуск» спрацьовує лінійний контактор *KM1* і блокувальне реле *KV*. Контактор головними контактами вмикає обмотку статора двигуна в мережу, а допоміжним замикаючим контактом шунтує кнопку *SB2*. При пуску двигуна через обмотку ротора проходить великий пусковий струм, тому реле струму *KA1* і *KA2*, котушки яких увімкнені у це коло, спрацьовують і розмикають свої контакти у колі котушок контакторів *KM2* і *KM3*. Блокувальне реле *KV* створює витримку часу, достатню для спрацювання реле струму *KA1* і *KA2*. Тому контактори *KM2* і *KM3* не спрацьовують, і

двигун розганяється при увімкненому у коло ротора пусковому реостаті *R1...R6*. При зростанні кутової швидкості двигуна струм падає, і при певних значеннях струму реле *KA1* і *KA2* по черзі повертаються у вихідне положення, подаючи своїми розмикаючими контактами напругу на котушки контакторів *KM2* і *KM3*. При цьому спочатку спрацьовує контактор *KM2* і своїми головними контактами закорочує перший ступінь *R1...R3*, а потім, через деякий час, спрацьовує контактор *KM3* і закорочує другий ступінь *R4...R6* пускового реостата.

#### **4 Хід роботи**

4.1 Зібрати схему управління

4.2 Описати перелік та призначення елементів схеми.

4.3 Описати роботу схеми керування пуском асинхронного двигуна з фазним ротором у функції струму

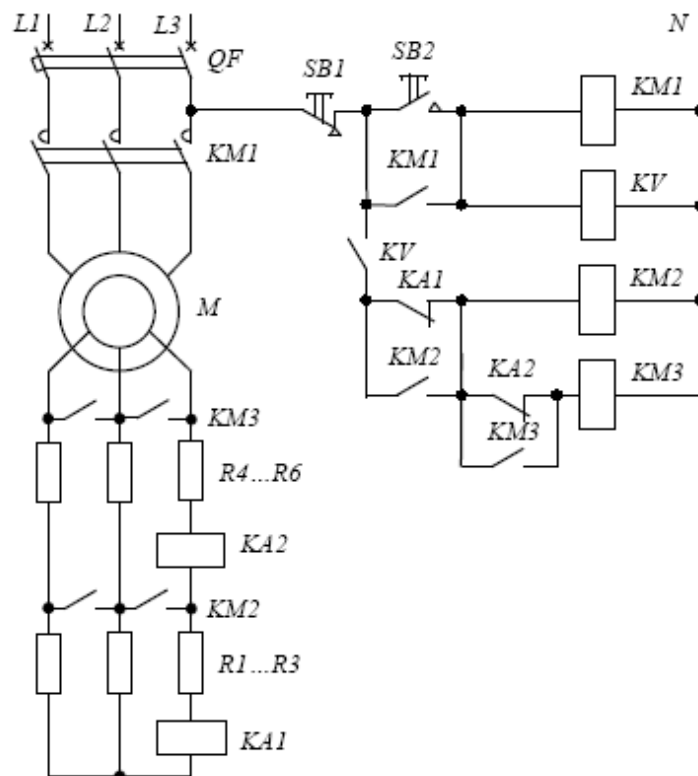


Рис. 9.14. Принципіальна електрична схема керування пуском асинхронного двигуна з фазним ротором у функції струму

## 5 Висновки

5.1 Зробити висновки про виконану роботу

## 6 Література

- 1 В.В.Москаленко Электрический привод – М.; В.Ш. 1991
- 2 Ю.А. Михеев. Э.В. Морозов Электрический привод – М.; ВО «Агропромиздат» 1988
- 3 Э.А. Каминский Практические приемы чтения схем электроустановок- М.; Энергоатомиздат

## Інструкція для виконання практичної роботи №3

### Тема: Складання схеми керування пуском та гальмуванням асинхронного двигуна з фазним ротором

1. **Мета:** Набути практичні навички по вивченню елементів та схеми керування пуском та гальмуванням асинхронного двигуна.

2. **Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:**

2.1 Лінійка

2.2 Олівець

2.3 Аркуш формату А4

### 3. Теоретичні відомості:

Схема пуску АД з фазним ротором в одну ступінь в функції часу та гальмування противмиканням в функції ЕРС наведена на рис.1.3. У вихідному стані, коли подана напруга живлення, спрацьовує реле часу КТ та своїм розмикаючим контактом розриває коло живлення контактора КМ3, що запобігає передчасному шунтуванню пускових резисторів у колі ротора двигуна.

Ввімкнення АД здійснюється натисканням кнопки SB1, після чого вмикається контактор КМ1. Статор АД підключається до мережі, електромагнітне гальмо розгальмовується і починається розгін двигуна. Одночасно спрацьовує контактор КМ4 і своїми контактами шунтує ступінь противмикання, а також розриває коло реле КТ. Реле КТ з витримкою часу замикає свій контакт у колі контактора КМ3, який спрацьовує та шунтує опір  $R_1$  у колі ротора двигуна. АД виходить на природну характеристику.

Керування гальмуванням здійснює реле КV, яке контролює рівень ЕРС ротора. За допомогою регульовального опору  $R_p$  реле КV налагоджено таким чином, щоб при пуску ( $0 < s < 1$ ) наведеної у роторі ЕРС буде недостатньо для його вмикання, а в режимі проти вмикання ( $1 < s < 2$ ) - достатньо.

Для здійснення гальмування АД натискується кнопка SB2, яка розмикає коло живлення контактора КМ1.

АД вимикається із мережі, вимикається контактор КМ4 та замикається коло живлення реле КТ. В результаті вимикається контактор КМ3 та у коло ротора двигуна вводиться опір  $R_1 + R_2$ . Одночасно замикається коло живлення контактора КМ2, який знов підключає АД до мережі, але з іншим чергуванням фаз. АД переходить у режим гальмування противмиканням. Реле КV спрацьовує і після відпускання кнопки SB2 буде забезпечувати живлення контактора КМ2 через свій контакт та замикаючий контакт КМ2.

Наприкінці гальмування, коли швидкість обертання близька до нуля, ЕРС ротора зменшиться і реле КV відключиться та своїм контактом розімкне коло котушки контактора КМ2. Контакт КМ2 відключає АД від мережі і схема переходить у вихідне положення. Після вимкнення контактора КМ2 гальмо УВ забезпечить фіксацію вала АД.

## 4 Хід роботи

4.1 Зібрати схему управління

4.2 Описати перелік та призначення елементів схеми.

Описати роботу схеми керування пуском та гальмуванням асинхронного двигуна з фазним ротором

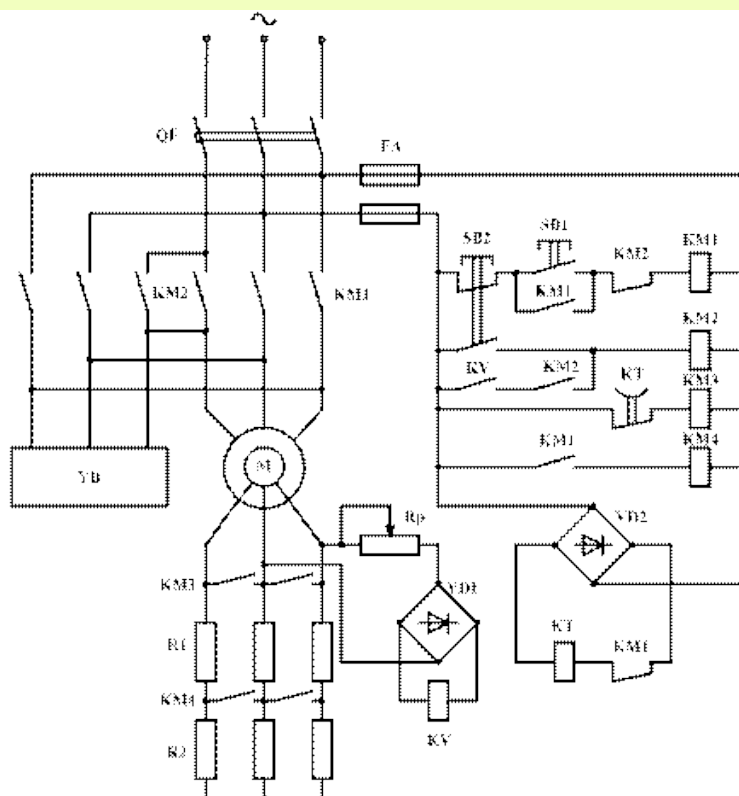


Рисунок 1.3 Схема пуску АД з фазним ротором в одну ступінь в функції часу та гальмування протидивмканням в функції ЕРС

## 5 Висновки

5.1 Зробити висновки про виконану роботу

## 6 Література

- 1 В.В.Москаленко Электрический привод – М.; В.Ш. 1991
- 2 Ю.А. Михеев. Э.В. Морозов Электрический привод – М.; ВО «Агропромиздат» 1988



## Інструкція для виконання практичної роботи №4

### Тема: Складання схеми керування пуском синхронного двигуна з контролем швидкості та струму

1. **Мета:** Набути практичні навички по вивченню елементів та схеми керування пуском синхронного двигуна контролем швидкості та струму.

### 2 Матеріально-технічне та навчально- методичне забезпечення:

- 2.1Лінійка
- 2.2Олівець
- 2.3Аркуш формату А4

### 3. Теоретичні відомості:

Пуск СД складається із трьох етапів:

- розгін двигуна до підсинхронної швидкості;
- подача збудження в обмотку ротора;
- синхронізація з мережею.

Подача збудження в обмотку ротора СД здійснюється від збудника G (рис.1.14,а) або напівпровідникового випрямляча (рис.1.12,б). Синхронізація СД з мережею відбувається автоматично при підсинхронній швидкості та наявності збудження.

Залежно від моменту подачі повної напруги на обмотку статора СД у поєднанні з подачею збудження в обмотку ротора існують три види пуску СД:

- прямий;
- важкий;
- легкий.

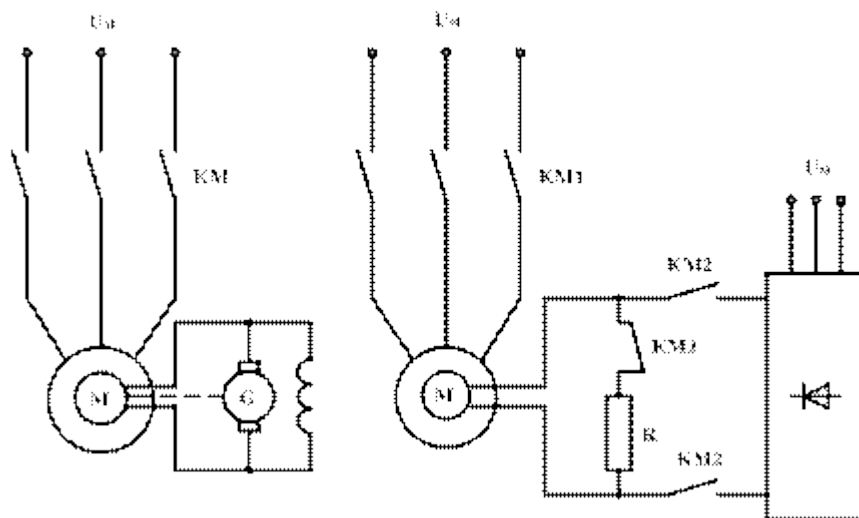


Рис.1.14. Схеми подачі збудження в обмотку ротора СД

При прямому пуску на обмотку статора подається повна напруга  $U_M$ , а коло обмотки ротора підключається наглухо до якоря збудника (рис.1.12,а). Цей пуск можливий при наявності трьох умов:

- коли дозволяє потужність мережі;
- коли час розгону до підсинхронної швидкості меншій за час самозбудження збудника, щоб подача напруги в ротор відбувалася після досягнення підсинхронної швидкості;
- коли  $M_c \leq 0,4M_{ном}$  синхронного двигуна, що гарантує розгін без зупинки на половині синхронної швидкості.

Зупинка СД на половині синхронної швидкості можлива через наявність в механічній характеристиці провалу моменту на  $0,5\omega_c$  внаслідок взаємодії короткозамкненої обмотки ротора та поля статора й створення моменту одновісного вмикання. При прямому пуску синхронізація з мережею відбувається автоматично після самозбудження збудника. Коли умови не виконуються, то застосовують прямий пуск з розрядним опором  $R$  в обмотці збудження ротора (рис.1.15), який вимикається при розгоні СД.

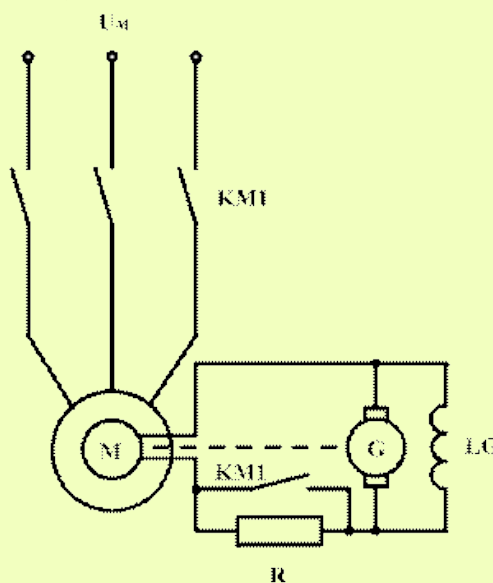


Рис.1.15. Схема прямого пуску СД з розрядним опором

Розрядний резистор обмежує струм збудження при пуску, покращуючи цим механічну характеристику СД, та забезпечує прискорене гасіння поля СД після вимкнення двигуна із мережі, що знижує аварійне руйнування обмотки при короткому замиканні. Розрядний опір вибирається із умови

$$R = (8 \dots 10) R_p,$$

де  $R_p$  - опір ротора.

При пуску СД зі зниженою напругою мережі розрізняють легкий та важкий пуск. При легкому пуску збудження подається при пониженій напрузі мережі. Цей від пуску застосовують при малих моментах опору на валу двигуна. При важкому пуску збудження подається при повній напрузі

мережі. Цей від пуску застосовують при великих моментах опору на валу двигуна.

Керування моментом подачі збудження можливе з контролем швидкості (рис.1.16,а) або струму (рис.1.16,б).

В схемі з контролем швидкості (рис..1.16,а) підключення обмотки збудження до напруги  $U_c$  здійснюється контактором КМ2, який керується реле швидкості КР. Котушка цього реле зв'язана з частиною розрядного резистора  $R$  через діод VD.

При вмиканні контактора КМ1 обмотка статора СД підключається до мережі та створює обертове магнітне поле, яке викличе появу моменту двигуна, під дією якого він почне розгін, та ЕРС в обмотці збудження СД. Під дією ЕРС по обмотці реле КР почне протикати випрямлений струм, воно спрацює та розімкне коло живлення контактора КМ2. Тим самим розгін СД буде відбуватись без струму збудження з замороченою на опір  $R$  обмоткою збудження.

В міру зростання швидкості ротора його ЕРС та струм в котушці реле КР зменшуються. При підсинхронній швидкості струм в котушці реле КР стане меншим за струм відпускання. Реле КР вимкнеться та викличе ввімкнення контактора КМ2. Контактор КМ2 підключить обмотку збудження до напруги  $U_z$  та відбудеться синхронізація СД з мережею.

Схема з контролем струму (рис.1.14,б) містить реле струму КА, обмотка якого живиться від трансформатора струму ТА, та реле часу КТ. При підключенні СД до мережі контактором КМ1 у колі обмотки статора виникає кидок пускового струму, що призводить до спрацювання реле КА та вимкнення контактора КМ2. Розгін СД здійснюється із замкненою на опір  $R$  обмоткою збудження. Наприкінці пуску при підсинхронній швидкості та зменшенні струму в колі статора вимикається реле КА й котушка реле КТ втрачає живлення. Через певну витримку часу вмикається контактор КМ2 та через його контакти обмотка збудження підключається до напруги  $U_z$ , після чого СД втягується у синхронізм.

## **4 Хід роботи**

4.1 Зібрати схему управління

4.2 Описати перелік та призначення елементів схеми.

4.3 Описати роботу схеми керування пуском синхронного двигуна з контролем швидкості

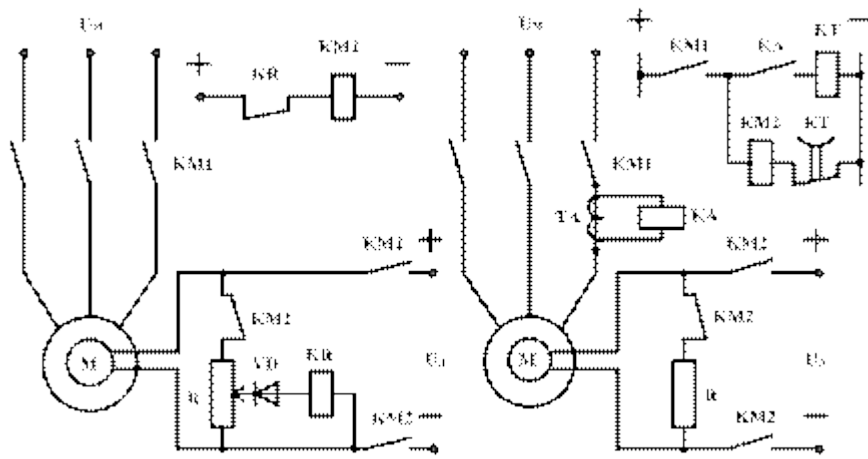


Рис.1.16. Схеми для керування моментом подачі збудження з контролем швидкості (а) та струму(б)

## 5 Висновки

5.1 Зробити висновки про виконану роботу

## 6 Література

- 1 В.В.Москаленко Электрический привод – М.; В.Ш. 1991
- 2 Ю.А. Михеев. Э.В. Морозов Электрический привод – М.; ВО «Агропромиздат» 1988

## Інструкція для виконання практичної роботи №5

**Тема:** Складання схеми керування пуском та роботою асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором у функції шляху

### 3. Мета:

1.1 Набути практичні навички по вивченню елементів та схеми пуском асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором у функції шляху.

### 4. Матеріально-технічне та навчально- методичне забезпечення:

4.1 Лінійка

4.2 Олівець

4.3 Аркуш формату А4

### 3. Теоретичні відомості:

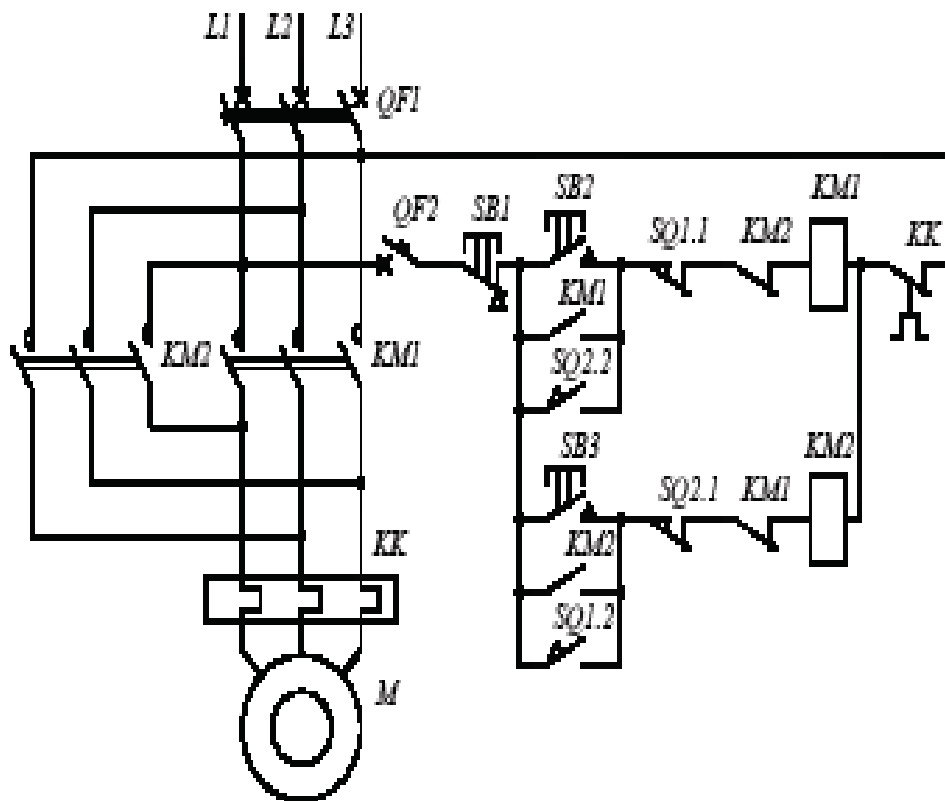
Якщо необхідно здійснити автоматичне реверсування механізмів у функції шляху, то в схему, зображену на рис. 9.9, вмикають контакти кінцевих перемикачів *SQ1* і *SQ2* (рис. 9.10). Для пуску двигуна «Вперед» натискають кнопку *SB2*. Контактор *KM1* вмикає двигун, і механізм рухається до місця встановлення кінцевого вимикача *SQ1*. При підході механізму до нього розмикаючий контакт *SQ1.1* розмикає коло котушки *KM1*, а замикаючий контакт *SQ1.2* замикається у колі котушки *KM2*. Контактор *KM1* вимикається, і вмикається контактор *KM2*. Двигун реверсується, і механізм починає рухатися у зворотному напрямку до місця встановлення кінцевого перемикача *SQ2*. При цьому контакти *SQ1* повертаються у вихідний стан і готують коло керування до повторного реверсу. При підході механізму до іншого крайнього положення аналогічно перемикаються контакти перемикача *SQ2*.

### 5. Хід роботи

5.1 Накреслити схему

5.2 Описати перелік та призначення елементів схеми.

5.3 Описати роботу схеми керування пуском асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором у функції шляху



## 5 Висновки:

Зробити висновки про виконану роботу

## Література

- 1 В.В.Москаленко Электрический привод – М.; В.Ш. 1991
- 2 Ю.А. Михеев. Э.В. Морозов Электрический привод – М.; ВО «Агропромиздат» 1988
- 3 Э.А. Каминский Практические приемы чтения схем электроустановок- М.; Энергоатомиздат