

ГЛАВА 5

КОНТАКТОРИ І МАГНІТНІ ПУСКАЧІ

Викладені принципи роботи, конструкції, схеми та особливості сучасних контакторів постійного та змінного струму і магнітних пускачів, приведені умови їх вибору.

Навчальна ціль глави – формування умінь, які потрібні при читанні схем, виборі і експлуатації контакторів і пускачів.

5.1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Контактор являє собою електричний апарат, призначений для частих комутацій силових електричних кіл. Замикання чи розмикання контактів контактора здійснюється найчастіше під впливом електромагнітного приводу.

Розрізняють контактори постійного струму і контактори змінного струму.

Контактори постійного струму призначені для комутації кіл постійного струму і, як правило, приводяться в дію електромагнітом постійного струму.

Контактори змінного струму призначені для комутації кіл змінного струму. Електромагніти цих контакторів можуть бути як змінного, так і постійного струму.

В даний час частота комутацій у схемах електропривода досягає 3600 у годину. Цей режим роботи є найбільш важким. При кожному вмиканні і вимиканні відбувається знос контактів (2.2). Тому приймаються міри щодо скорочення тривалості горіння дуги при вимиканні і усунення вібрацій контактів.

Загальні технічні вимоги до контакторів і умови їхньої роботи регламентовані держстандартами. Нижче представлені **категорії застосування** сучасних контакторів. Параметри кіл, що комутуються ними, у залежності від характеру навантаження приведені в [13].

а) Контактори змінного струму

АС-1—активне чи малоіндуктивне навантаження.

АС-2—пуск електродвигунів з фазним ротором, гальмування противмиканням.

АС-3—пуск електродвигунів з короткозамкненим ротором. Вимикання двигунів при номінальному навантаженні.

АС-4—пуск електродвигунів з короткозамкненим ротором. Вимикання нерухомих електродвигунів, чи електродвигунів, що повільно обертаються. Гальмування противмиканням.

б) Контактори постійного струму

ДС-1—активна чи малоіндуктивне навантаження.

ДС-2—пуск електродвигунів постійного струму з паралельним збудженням і їхнє вимикання при номінальній частоті обертання.

ДС-3—пуск електродвигунів з паралельним збудженням і їхнє вимикання при нерухомому стані чи повільному обертанні ротора.

ДС-4-пуск електродвигунів з послідовним збудженням і їхнє вимикання при номінальній частоті обертання.

ДС-5-пуск електродвигунів з послідовним збудженням, вимикання нерухомих двигунів, чи двигунів, що повільно обертаються; гальмування протиструмом.

Для контакторів існує також режим рідких комутацій, що характеризується більш тяжкими умовами, чим при нормальних комутаціях (струм вмикання досягає $10 I_{\text{ном}}$). Такі режими виникають досить рідко (наприклад при КЗ).

Основними технічними даними контакторів є:

$I_{\text{ном}}$ - номінальний струм головних контактів;

$I_{\text{відк.}}$ - граничний струм, що вимикається;

$U_{\text{ном}}$ - номінальна напруга кола, що комутується;

$n_{\text{пр.}}$ - припустиме число вмикань у годину;

$N_{\text{м}}, N_{\text{к}}$ - механічна і комутаційна зносостійкість;

$t_{\text{вм.в.}}, t_{\text{вим.в.}}$ - власний час вмикання і вимикання.

Здатність контактора, як і будь-якого комутаційного апарата, забезпечити роботу при великому числі операцій характеризується зносостійкістю. Розрізняють механічну і комутаційну зносостійкість. Механічна зносостійкість $N_{\text{м}}$ визначається числом циклів «вмикання-вимикання» контактора без ремонту і заміни його вузлів і деталей. Струм у колі при цьому дорівнює нулю. Механічна зносостійкість сучасних контакторів складає $(10 \div 20) \cdot 10^6$ операцій.

Комутаційна зносостійкість $N_{\text{к}}$ визначається таким числом вмикань і вимикань кола зі струмом, після якого потрібно заміна контактів. Сучасні контактори повинні мати комутаційну зносостійкість порядку $(2 \div 3) \cdot 10^6$ операцій (деякі контактори, що випускаються в дійсний час, мають комутаційну зносостійкість 10^6 операцій і менш).

Власний час вмикання $t_{\text{вм.в.}}$ складається з часу наростання потоку в електромагніті контактора до значення потоку зрушення і часу руху якоря. Велика частина цього часу витрачається на наростання магнітного потоку. Для контакторів постійного струму з номінальним струмом 100 А власний час вмикання складає 0,14с, для контакторів зі струмом 630 А воно збільшується до 0,37с.

Власний час вимикання $t_{\text{вим.в.}}$ — час з моменту знеструмлення електромагніта контактора до моменту розмикання його контактів. Воно визначається часом спаду потоку від сталого значення до потоку відпускання. Часом з початку руху якоря до моменту розмикання контактів можна зневажити. У контакторах постійного струму з номінальним струмом 100 А власний час вимикання складає 0,07с, у контакторах з номінальним струмом 630 А—0,23с.

Номінальний струм контактора $I_{\text{ном}}$ являє собою струм, який можна пропускати по замкнутих головних контактах протягом 8 год. без комутацій, причому перевищення температури різних частин контактора не повинне бути більше припустимого (переривчасто-тривалий режим роботи). Номінальний робочий струм контактора $I_{\text{ном,р}}$ —це припустимий струм через його замкнуті головні контакти в конкретних умовах застосування. Так, наприклад, номінальний робочий струм $I_{\text{ном,р}}$ контактора для комутації асинхронних двигунів з короткозамк-

нений ротором вибирається з умов вмикання шестиразового пускового струму двигуна.

Номінальною напругою $U_{\text{ном}}$ називається найбільша напруга кола, що кому-

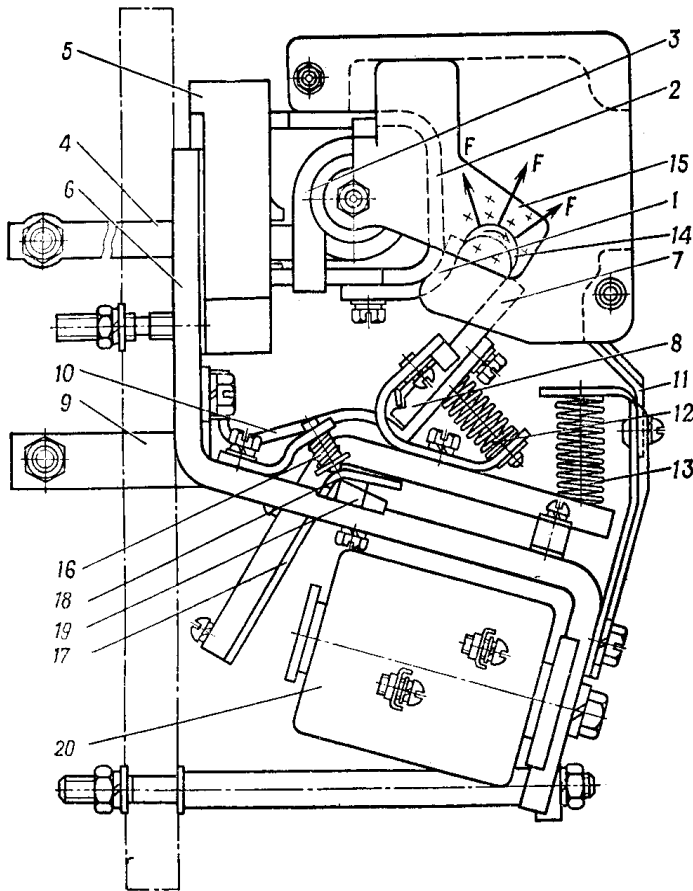


Рис. 5.1 Контакттор постійного струму серії КПВ-600

тується, для роботи при якій призначений контактор. Комутаційна зносостійкість головних контактів для категорій ДС-2, ДС-4 і АС-3 у режимі нормальних комутацій повинна бути не менш 0,1, а для категорій ДС-3 і АС-4 не менш 0,02 механічної зносостійкості.

Контактор має наступні основні вузли: контактну систему, дугогасильний пристрій, електромагніт і систему допоміжних контактів. При подачі напруги на обмотку електромагніта контактора його яркір притягається. Рухомий контакт, зв'язаний з ярком електромагніта, замикає чи розмикає головне коло. Дугогасильний пристрій забезпечує швидке гасіння дуги, завдяки чому досягається малий знос контактів. Система допоміжних слабкострумових контактів

служить для узгодження роботи контактора з іншими пристроями.

5.2. КОНТАКТОРИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

5.2.1. Контактна система

З метою зменшення зносу для контакторів застосовуються переважно лінійні контакти, що перекочуються, [13]. Для запобігання вібрацій контактів у контактній пружині створюється попереднє натиснення, що складає приблизно 50 % кінцевого контактного натиснення. Великий вплив на вібрацію робить твердість кріплення нерухомого контакту і стійкість до вібрацій усього контактора в цілому. На рис. 5.1 показана конструкція контактора серії КПВ-600. Нерухомий контакт 1 жорстко прикріплений до скоби 2, до якої приєднаний один кінець дугогасильної котушки 3. Другий кінець дугогасильної котушки з виводом 4 закріплений у пластмасовій підставі 5. Остання кріпиться до міцної сталевій скоби 6. Рухомий контакт 7 виконаний у виді товстої пластини, нижній кінець

якої може повертатися відносно точки опору 8. Завдяки цьому контакт 7 може перекинутися і сковзати по поверхні нерухомого контакту 1. Вивід 9 з'єднується з рухомих контактом 7 гнучким зв'язком 10. Контактне натискання створюється пружиною 12.

При зносі контакт 1 замінюється новим, а пластина рухомого контакту перевертається на 180° і використовується її неушкоджена сторона.

Для зменшення оплавлення контактів дугою при струмах більш 50 А кон-

тактор має дугогасильні контакти — рога 2, 11. Під дією магнітного полю опорні точки дуги 14 швидко переміщуються на скобу 2, з'єднану з нерухомим контактом 1, і на захисний ріг рухомого контакту 11. Повернення якоря в початкове положення (після вимикання електромагніта) виробляється пружиною 13.

У контакторах КТВ-600, як і в багатьох інших, вивід рухомого контакту електрично з'єднаний з корпусом. Як при включеному, так і при відключеному стані контактора його конструктивні деталі можуть знаходитися під напругою, і зіткнення з ними небезпечно для життя.

Для реверса асинхронних двигунів при великій частоті включень у годину (до 1200) застосовуються контактори типу КТПВ-600 зі здвоєними полюсами. У цих контакторах рухливі контакти ізольовані від корпусу, що робить більш безпечним обслуговування апарата. На рис. 5.2 показана схема вмикавання головних контактів контактора КТПВ-600 (обведені штриховою лінією) для реверса асинхронного двигуна.

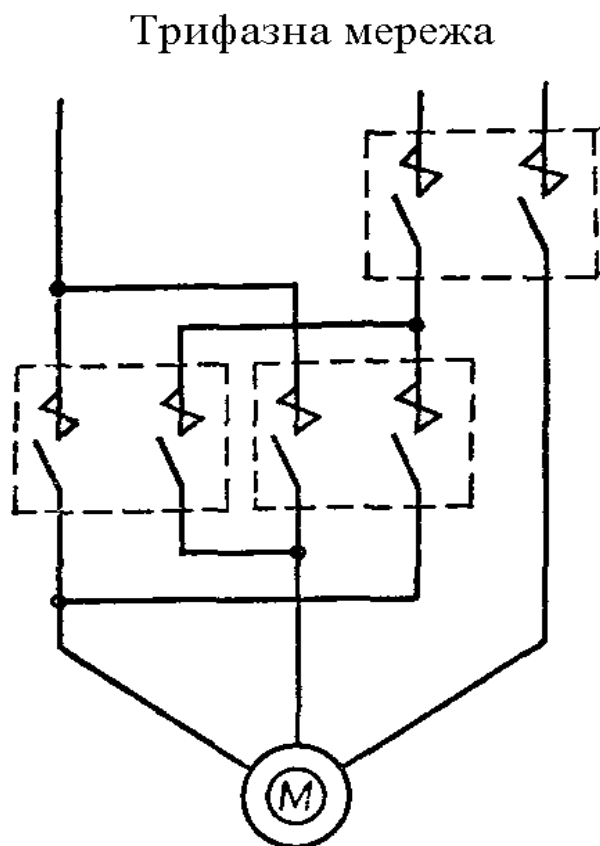


Рис. 5.2. Схема підключення головних контактів контактора КТПВ-600 для реверсу асинхронного двигуна

на. Для пуску, зупину і реверса двигуна використовуються три контактори такого ж типу.

У контакторах типу КМВ-521, призначених для вмикавання і вимикання потужних електромагнітів постійного струму масляних вимикачів, також застосовується двохполюсна контактна система. Така система, ввімкнута в обох проводах мережі постійного струму, забезпечує надійне вимикання індуктивного навантаження, тому що в коло, що вмикається, вводяться два дугових проміжки.

5.2.2. Дугогасильний пристрій

У контакторах постійного струму найбільше поширення одержали пристрої з електромагнітним дуттям з котушкою струму 3 і полюсами 15 (див. рис. 5.1).

Слід зазначити, що при вимиканні малих постійних струмів (5...10 А) і великої індуктивності навантаження спостерігається тривале горіння дуги. По досвідченим даним струм, надійно вимикаємий контактором, складає 20...25 % номінального струму.

5.2.3. Електромагніт

У контакторах постійного струму (рис. 5.1) поширені електромагніти клапанного типу 20. Застосування спеціальної пружини 16, що притискає якір до призми 19 (рис. 5.1), дозволяють забезпечити зносостійкість вузла обертання в контакторів КПВ-600 до $20 \cdot 10^6$ операцій при припустимому числі вмикань 1200 у годину. В міру зносу зазор між скобою якоря 18 і призмою 19 автоматично вибирається під впливом пружини 16.

При вмиканні електромагніта подолуються зусилля поворотної і контактної пружин. Тягова характеристика електромагніта повинна у всіх точках йти вище характеристики цих пружин при мінімально припустимій напрузі на котушці ($0,85 U_{\text{ном}}$) і нагрітому її стані. Вмикання повинне відбуватися за увесь час наростаючої швидкості руху якоря. Швидкість якоря не повинна знижуватися й у момент замикання головних контактів.

Важливим параметром контактора є коефіцієнт повернення $k_{\text{п}} = U_{\text{відп.}} / U_{\text{спр.}}$ ($U_{\text{відп.}}$ – напруга відпускання; $U_{\text{спр.}}$ – напруга спрацьовування контактора). Для контакторів постійного струму $k_{\text{в}}$, як правило, малий (0,2...0,3), що не дозволяє використовувати контактор для захисту двигуна від зниження напруги.

Найбільша напруга на котушці не повинна перевищувати 110 % $U_{\text{ном}}$, тому що при більшій напрузі збільшується знос контактів через посилення ударів якоря, а температура обмотки може перевищити припустиме значення.

Електромагніти контакторів серії КМВ, призначених для вмикання і вимикання приводів масляних вимикачів, допускають регулювання напруги спрацьовування і відпускання за рахунок регулювання поворотної і спеціальної відривний пружин. Мінімальна напруга спрацьовування цих контакторів досягає $0,65 U_{\text{ном}}$. Схема вмикання електромагніта контактора для пуску двигуна аналогічна схемі вмикання електромагніта пускача (рис. 5.9).

5.3. КОНТАКТОРИ ЗМІННОГО СТРУМУ

5.3.1. Контактна система

Контактори змінного струму випускаються на номінальний струм до 1000 А при числі головних контактів від одного до п'яти [13]. Найбільш поширені контактори триполюсного виконання. Наявність великого числа контактів приводить до збільшення зусилля електромагніта і відповідно моменту, необхідного для вмикання контактора.

Так само як і контактори постійного струму, контактори змінного струму мають допоміжні контакти, що приводяться в дію тим же електромагнітом, що і головні контакти.

Через більш сприятливі умови гасіння дуги зазор між головними контактами робиться менше, ніж у контакторах постійного струму. Зменшення зазору дозволяє зменшити потужність електромагніта, його габарити і масу.

На рис. 5.3,а показаний розріз по магнітній системі, а на рис. 5.3,б - розріз по контактній системі і загальний вид одного полюсу контактора КТ-6000.

Рухомий контакт 1 із пружиною 2 укріплений на важелі 3. Рухомий контакт 1 і якорь 4 електромагніту зв'язані між собою через вал контактора 6. На відміну

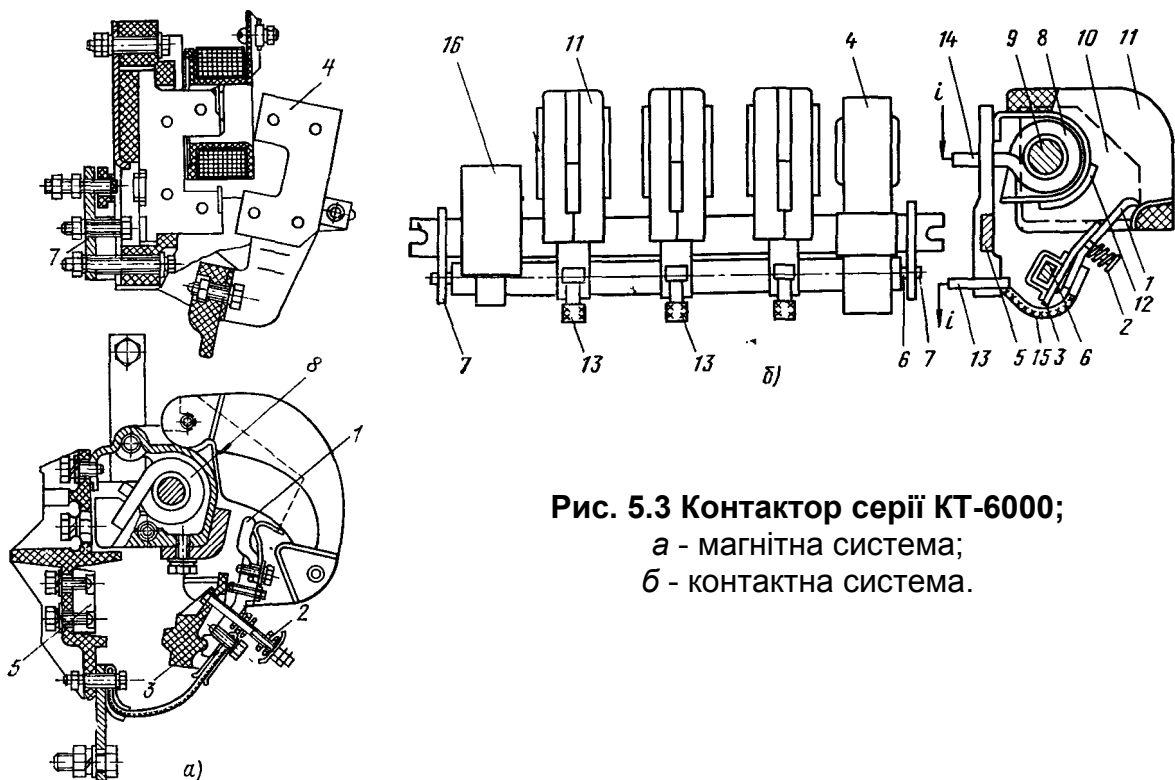


Рис. 5.3 Контактор серії КТ-6000;
а - магнітна система;
б - контактна система.

від контакторів постійного струму рухомий контакт у контакторі КТ-6000 плоский без перекочування. Вимикання апарата відбувається під дією контактних пружин і маси рухомих частин.

Для зручності експлуатації рухомий і нерухомий контакти зроблені легко змінюваними. Контактна пружина 2, так само як і в контакторах постійного струму, має попереднє натиснення, що складає приблизно половину кінцевого.

Усі деталі контактора укріплені на ізоляційній рейці 5. Важіль 3 рухомого контакту 1 укріплений на валу 6, покритому ізоляційним матеріалом. Вал обертається у підшипниках 7. Система дугогасіння складається з послідовної котушки 8, сердечника 9, полюсних пластин 10 і керамічної камери 11. Котушка 8 ввімкнута в коло послідовно з нерухомим контактом 12 і рухомих контактом 1. Головні контакти підключаються в схему виводами 13 і 14. Рухомий контакт 1 з'єднується з виводом 13 за допомогою гнучкого зв'язку 15.

Блок допоміжних контактів 16 приводиться в дію від вала 6. Кріплення всіх деталей на рейці дозволяє використовувати контактор у комплектних станціях

рейкової конструкції і скоротити об'єм і масу станції керування. Припустиме число вмикань досягає 1200 у годину.

У контакторах змінного струму широко поширена місткова контактна система з двома розривами кола на кожен полюс, що забезпечує швидке гасіння дуги при відсутності гнучких зв'язків. Відсутність гнучкого зв'язку полегшує роботу електромагніта і зменшує габарити апарата. Як матеріал головних контактів застосовується металокераміка, а для допоміжних - срібло або біметал. Основою біметалічного контакту є мідь, покрита тонкою пластиною зі срібла.

У контакторах змінного струму поряд з магнітним гасінням дуги широко застосовуються дугогасильна решітка (див. § 3.3), особливо при полегшених режимах роботи.

5.3.2. Електромагніт

Для привода контактів контактора змінного струму широке поширення одержали електромагніти із Ш - і П - образними магнітопроводами. Магнітопровід електромагніта складається з двох сердечників, один із яких нерухомий, а інший (якір) зв'язаний через важелі з контактною системою. Для амортизації удару якоря об нерухомий сердечник останній кріпиться до основи за допомогою пружини. Це поліпшує умови роботи і контактної системи, оскільки при вмиканні не виникає вібрація основи контактора.

З метою усунення вібрації якоря у ввімкнутому положенні на полюсах магнітної системи встановлюються короткозамкнені витки [13].

Котушки електромагнітів більшості контакторів допускають до 600 включень у годину при ПВ=40 %.

В особливо тяжких умовах працюють електромагніти п'ятиполюсних контакторів. Для забезпечення нормальної роботи п'яти контактних пар необхідне форсування електромагніту [1].

Електромагніти контакторів змінного струму можуть також мати живлення від мережі постійного струму.

Електромагніти контакторів забезпечують надійну роботу в діапазоні коливання напруги живлення $0,85—1,1U_{ном}$. Спрацьовування і відпускання електромагніта змінного струму відбуваються значно швидше, ніж електромагніта постійного струму. Власний час спрацьовування (вмикання) контакторів складає $0,03—0,05$, а час відпускання $0,02$ с.

5.3.3. Контакттори серії МК

Контакттори серії МК [9] можуть працювати в мережах постійного струму напругою до 440В и в мережах змінного струму напругою до 660В, частотою 50, 60 Гц при струмах до 160 А. Електромагнітний привод контактора виконується тільки на постійному струмі з напругою 24...220 В. Загальний вид контактора даний на рис 5.4. Усі деталі монтується на сталевій скобі 1. Якір електромагніта 2 притягається до двох полюсів П-образного магнітопроводу електромагніта 3 і через ізоляційні колодки 4, 5 діє на системи головних 6 і допоміжних контактів 7. Система головних контактів показана на рис. 5.5. Усі деталі кріпляться до ізоляційної плити 1. Якір електромагніта впливає на шток

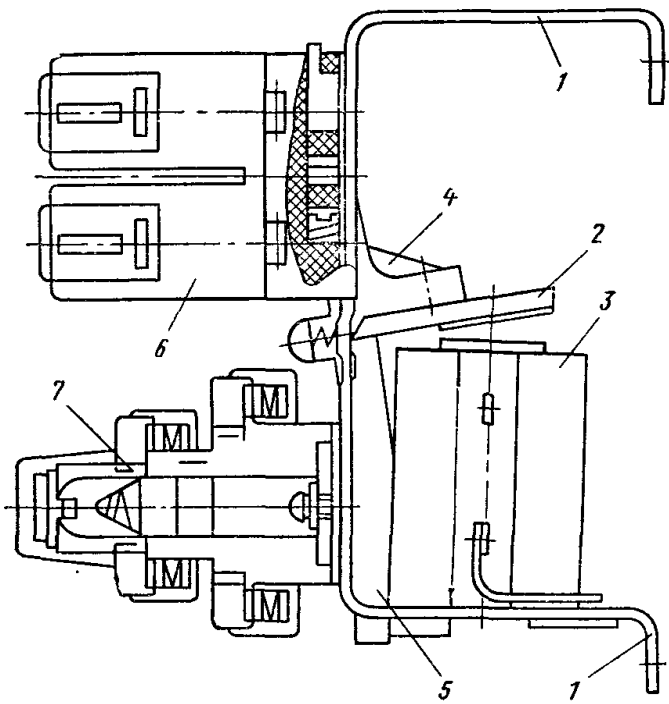


Рис. 5.4 Контакттор серії МК

працювати у трифазних колах і при цьому використовуватися для пуску трифазних асинхронних двигунів. Контакттор має також чотири кола допоміжних замикаючих чи розмикаючих контактів. Механічна зносостійкість контактторів з номінальним струмом до 63 А складає $16 \cdot 10^6$, зі струмом 100 і 160 А— $10 \cdot 10^6$ циклів. Припустима частота спрацьовувань складає 1200 у годину при ПВ=40%.

Власний час вмикання 0,08с і вимикання 0,06с.

Для збільшення зносостійкості і надійності контактторів серії МК використовується спеціальна напівпровідникова приставка [13], схема якої приведена на рис. 5.6. Головні контакти ГК, шунтовані тиристорами $VS1$ і $VS2$, керування якими здійснюється через розділові діоди $VD2$ і $VD3$.

Якщо в даний напівперіод напрямок струму відповідає показаному на рис. 5.6, то напруга, прикладена між містком головного контакту і верхнім нерухомим головним контактом, через діод $VD2$ відкриває тиристор $VS1$, по якому починає проходити струм кола. Після проходження струму через нуль тиристор закривається і процес вимикання закінчується. Якщо струм має зворотну полярність, то працюють діод $VD3$ і тиристор $VS2$. Для захисту керуючих переходів тиристорів від перевищень напруги служать діоди $VD1$ і $VD4$. Коло RC по-

привода контактів 2, на якому встановлений рухомий містковий контакт 4. Нерухомий контакт 3 укріплений на скобі 5. Натискання контактів створюється пружиною 6. Повернення рухомого контакту в початкове положення здійснюється поворотною пружиною 7. За рахунок місткового контакту кожен полюс головного кола має два розриви, що сприяє прискореному гасінню дуги змінного струму. Для гасіння дуги постійного струму маютья дві системи магнітного гасіння з котушкою струму 8. Контакттори в залежності від модифікації можуть мати від однієї до трьох систем головних контактів. Таким чином, контакттор може

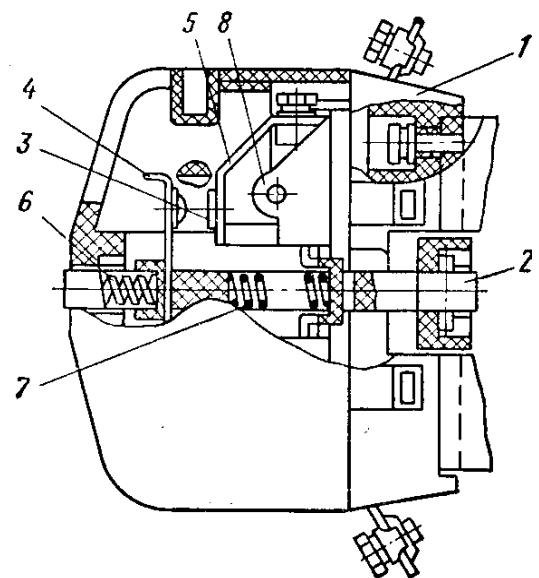


Рис. 5.5 Система головних контактів контакттора серії МК

легшує умови відновлення напруги і знижує перенапруги на тиристорах. Контактори МК із такою приставкою призначені для важкого режиму роботи - режим АС-4 з частотою комутації 1200 у годину і більш. Їхня комутаційна зносостійкість складає $5 \cdot 10^6$ циклів при струмі $I_{\text{НОМ}}=63$ А і $3 \cdot 10^6$ циклів при струмі $I_{\text{НОМ}}=100$ А. Номінальний робочий струм $I_{\text{р,НОМ}}$ при цьому береться рівним $0,6 I_{\text{НОМ}}$.

5.3.4. Вакуумні контактори

Вакуумні контактори мають герметичний ДП, за допомогою якого вимикання кола, що комутується, відбувається у вакуумному середовищі за один-два напівперіоди (3.3). На такій основі створені трифазні вакуумні контактори типів КТ12Р33 і КТ12Р37 з номінальними струмами 160 А і 400 А і номінальними напругам 660 і 1140 В.

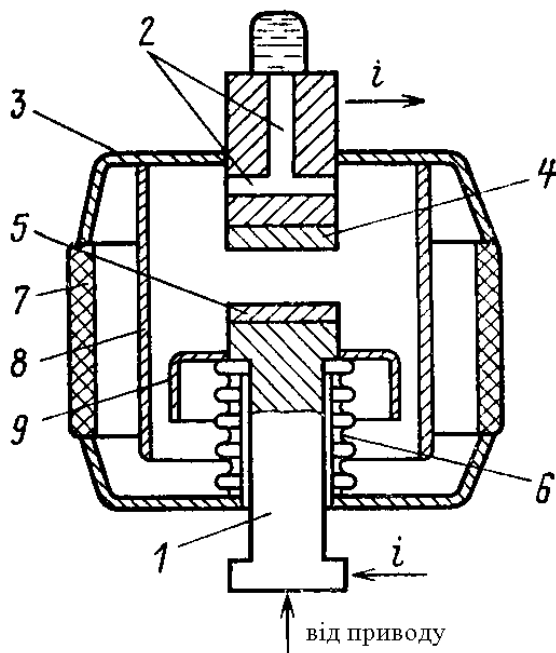


Рис. 5.7 Дугогасильний пристрій вакуумного контактора

рухомому контакту. Рухомий і нерухомий контакти ізолюються друг від друга скляним або керамічним циліндром 7. Екрани 8 і 9 вирівнюють електричне поле між контактами і захищають циліндр і сильфон від парів металів, що з'являються при гасінні.

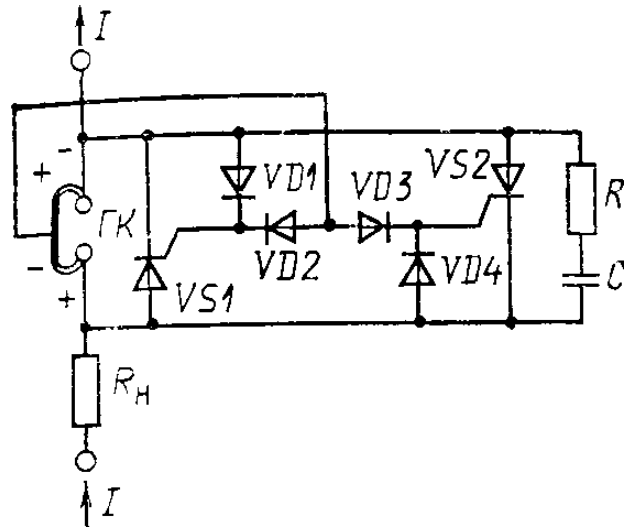


Рис. 5.6 Схема напівпровідникової приставки до контактору серії МК

Контактори призначені для роботи в режимах АС-3 і АС-4 при числі циклів комутації 600 і 1200 у годину з високою зносостійкістю [13].

Малий хід контактів (1,2...2 мм) забезпечує малу вібрацію і зносостійкість до $2 \cdot 10^6$ циклів при ПВ=40%, частоті вмикань 600 у годину, режимі АС-3 і напрузі 1140 В. Дугогасильний пристрій вакуумних контакторів приведений на рис. 5.7. Рухомий контакт 1 зв'язаний з якорем електромагніта і пружиною, що відключає. Нерухомий контакт 2 закріплений у корпусі 3. Поверхні контактування облицьовані металокерамічними пластинами 4 і 5. Рухомий контакт 1 з'єднаний з нижньою частиною ДП за допомогою сильфона 6, що представляє собою металеву гармошку, виконану з нержавіючої сталі. Сильфон дає можливість переміщення

5.4. МАГНІТНІ ПУСКАЧІ

Магнітним пускачем називається електричний апарат, призначений для пуску і вимикання короткозамкнених асинхронних двигунів. Як правило, у пускач крім контактора убудовані теплові реле для захисту двигуна від струмових перевантажень і «утрати фази». Робота асинхронних двигунів у значній мірі залежить від таких властивостей пускачів, як зносостійкість, комутаційна здатність, надійність захисту двигуна від перевантажень. У процесі експлуатації досить часто обривається одна з фаз трифазної напруги живлення, наприклад через перегорання запобіжника. До двигуна при цьому підводяться тільки дві фази і струм у статорі різко зростає, що приводить до виходу його з ладу через нагрівання обмотки до високої температури. Теплові реле пускача від цих струмів повинні спрацьовувати і вимикати двигун.

При вмиканні асинхронного двигуна пусковий струм у 5...6 разів перевищує номінальний. При такому струмі навіть незначна вібрація контактів швидко виводить їх з ладу. Це накладає високі вимоги у відношенні вібрації і зносу контактів. З метою зменшення часу вібрації контакти і рухомі частини контакторів магнітного пускача робляться можливо легше, зменшується їхня швидкість, збільшується контактне натискання.

При номінальних струмах до 100 А доцільні срібні накладки на мідних контактах. При струмі вище 100 А ефективна композиція срібла і оксиду кадмію (див. 2.3).

Після розгону двигуна струм падає до номінального значення. Тому вимикання працюючого двигуна відбувається при меншому токовому навантаженні контактів.

Нерідкі випадки, коли двигун необхідно відімкнути від мережі одразу після пуску. У цих випадках контактор пускача вимикає струм, рівний шестиразовому номінальному при низькому коефіцієнті потужності ($\cos \varphi \leq 0,3$) і напрузі, що відновлюється, рівній номінальній напрузі мережі. Згідно діючих норм після 50-кратного вмикання і вимикання загальмованого двигуна пускач повинний бути придатний для подальшої роботи. У технічних даних магнітних пускачів указуються їхній номінальний струм $I_{\text{ном}}$ і номінальна потужність двигуна $P_{\text{ном.д}}$ при різних напругах. Оскільки струм, що вимикається пускачем, відносно мало падає з ростом напруги, потужність двигуна, з яким може працювати даний пускач, зростає зі збільшенням номінальної напруги. Найбільша робоча напруга пускачів $U_{\text{ном}} = 660 \text{ В}$.

Електрична зносостійкість контакторів пускача зворотно пропорційна потужності керованого електродвигуна у степені 1,5...2. Для підвищення терміну служби пускача його необхідно вибирати на струм, що перевищує номінальний струм двигуна.

З урахуванням широкого поширення магнітних пускачів великого значення набуває зниження споживаної ними потужності, що витрачається в електромагніті контактора й інших елементах схеми (теплових реле і т.д.). Утрати потужності в електромагніті складають приблизно 60 %, у теплових реле 40 % загальних утрат пускача.

Магнітні пускачі серія ПМЛ працюють у мережах змінного струму з напругою 660 В при номінальному струмі від 10 до 200 А. Комутаційна зносостійкість пускача на 200 А складає $2 \cdot 10^6$ при 600 вмиканнях у годину і напрузі 380 В для категорії застосування АС-3 і $320 \cdot 10^3$ при 600 вмиканнях у годину і ту ж напругу для категорії застосування АС-4. При напрузі 660 В зносостійкість та ж при 300 вмиканнях у годину.

Магнітний пускач на номінальний струм 10 А (рис. 5.8, а) має місткову контактну систему (позиції 3, 9, 11) з метало-

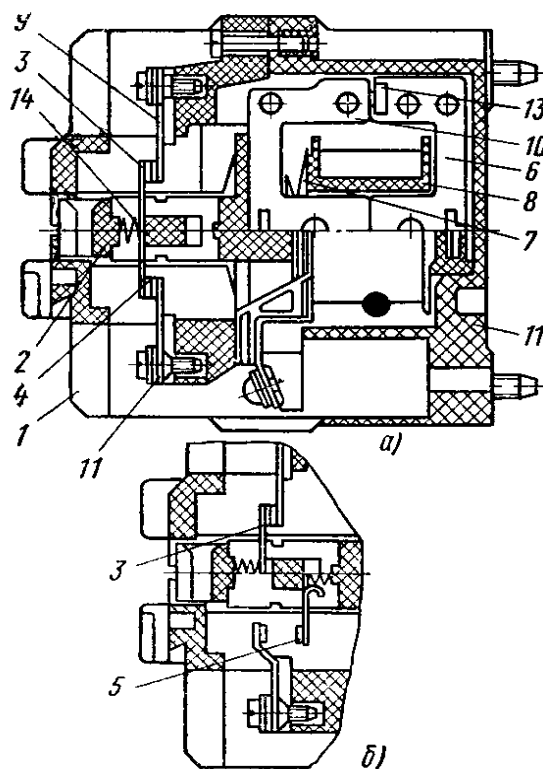


Рис. 5.8 Магнітний пускач серії ПМЛ

керамічними контактами 4, розташованими у ДП 1. Контактне натискання створюється пружиною 14, що упирається в траверсу 2. На контакти діє електромагніт 10 із Ш-образним магнітопроводом і короткозамкненим витком 13, розташованим на нерухомій частині магнітопроводу 6.

Поворотна пружина 7 розташована у середині електромагніта. На його середньому стрижні розміщена котушка 8.

При $I_{\text{ном}} > 10$ А ДП виконується у виді дугогасильної решітки на кожному розриві. У системі допоміжних контактів можна установити до чотирьох додаткових контактів 5 (рис. 5.8, б). Деталі пускача укріплені на підставі 11. У корпусі пускача встановлюється теплове трифазне реле типу РТЛ, що дозволяє регулювати струм спрацьовування.

У пускачах серії ПМА на струми від 40 до 160 А и напругою 380...660 В електро-

магніт може бути як змінного, так і постійного струму. Частота вмикань досягає 1200 у годину. Комутаційна зносостійкість складає від 0,5 до $2,5 \cdot 10^6$ циклів у залежності від умов роботи.

У схемі пускача, приведеної на рис. 5.9, у двох фазах двигуна M включені нагрівальні елементи теплових реле $KK1$, $KK2$. Теплові реле захищають двигун від перевантаження, а запобіжники $FU1$ — $FU3$ захищають живильну мережу від КЗ у двигуні.

Головні контакти $KM1$ — $KM3$ пускача включені послідовного з запобіжниками $FU1$ — $FU3$. Котушка KM контактора підключається до мережі через контакти теплових реле і кнопок управління $SB1$ «Пуск» і $SB2$ «Стоп». При натисканні кнопки «Пуск» напруга на котушку KM подається через замкнуті контакти кнопки $SB1$ і замкнуті контакти теплових реле. При спрацьовуванні контактора замикаються допоміжні контакти KM , шунтуючі замикаючі контакти кнопки $SB1$, яку після цього можна відпустити. Для вимикання двигуна натискається кнопка $SB2$, після чого контакти $KM1$ — $KM3$ розмикаються. При токовому перевантаженні двигуна спрацьовують $KK1$, $KK2$, контакти яких розривають

коло котушки KM . При цьому контакти $KM1—KM3$ розмикаються і двигун відключається. Високий коефіцієнт повернення електромагнітів контакторів змін-

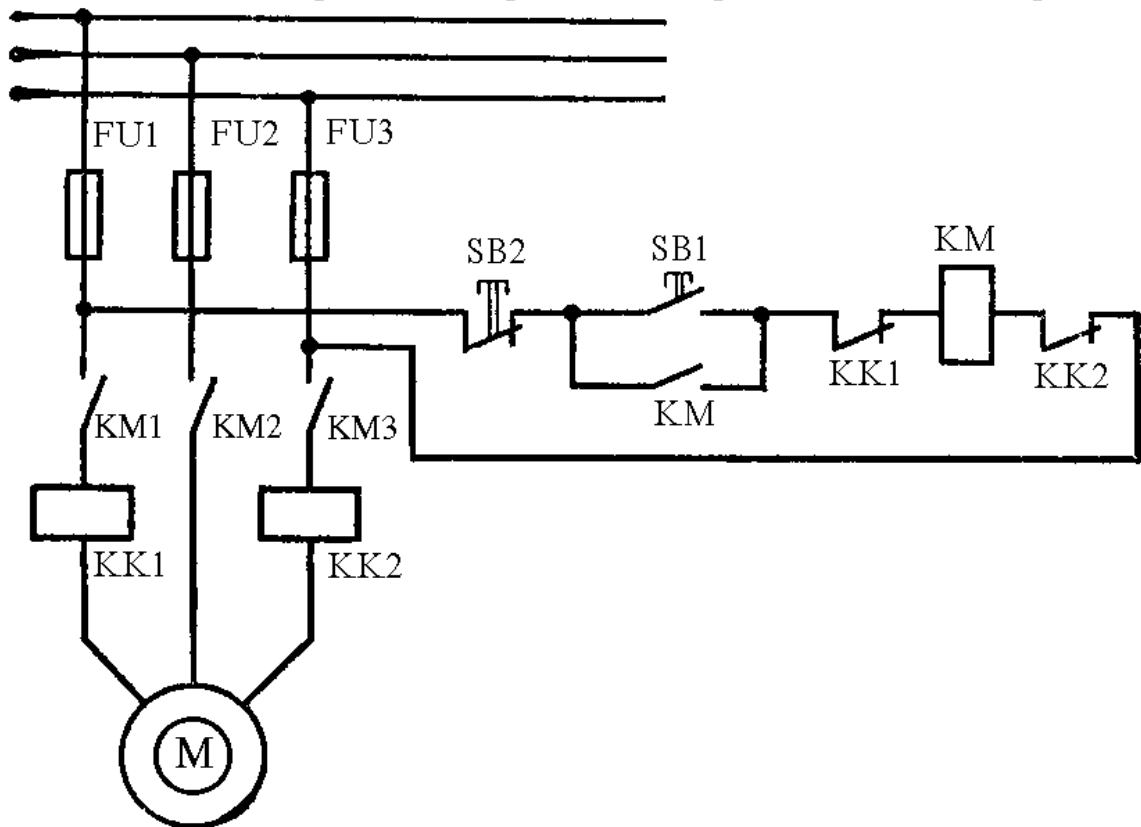


Рис. 5.9 Схема нереверсивного пускача

ного струму дозволяє захищати двигун від зниження напруги мережі: $U_{\text{відп.}} = (0,6-0,7)U_{\text{ном.}}$. При відновленні напруги мережі до номінального значення мимовільне вмикання пускача не відбувається, тому що після розмикання контакту KM коло котушки KM не замкнуте (так званий “нульовий захист” приводу).

Реверсивний магнітний пускач крім пуску і захисту двигуна забезпечує його реверс за допомогою зміни послідовності фаз. Пускач містить два контактори, якоря яких з'єднані між собою важелем механічного блокування, що запобігає одночасне спрацювання їхніх котушок.

Схема реверсивного пускача приведена на рис. 5.10. Кнопка управління $SB1$ «Уперед» має замикаючі контакти 1—2 і розмикаючі контакти 4-6. Аналогічні контакти має кнопка $SB2$ «Назад» для пуску двигуна в зворотному напрямку. При пуску «Уперед» замикаються контакти 1—2 відповідної кнопки і процес протікає так само, як і в нереверсивному пускачі (мал. 5.9). При цьому коло котушки контактора $KM1$ замикається через розмикаючі контакти 1 - 6 кнопки $SB2$. Одночасно розмикаються розмикаючі контакти 4-6 кнопки $SB1$, розривається коло котушки контактора $KM2$. При натисканні кнопки $SB2$ спочатку розмикаються контакти 1—6, знеструмлюється котушка контактора $KM1$ і розмикаються його контакти $KM1$. Потім контактами 4—3 вмикається контактор

КМ2 після чого замикаються його контакти. При цьому міняється порядок чергування фаз живлення двигуна. При одночасному натисканні кнопок «Уперед» і «Назад» обидва контактори не включаються.

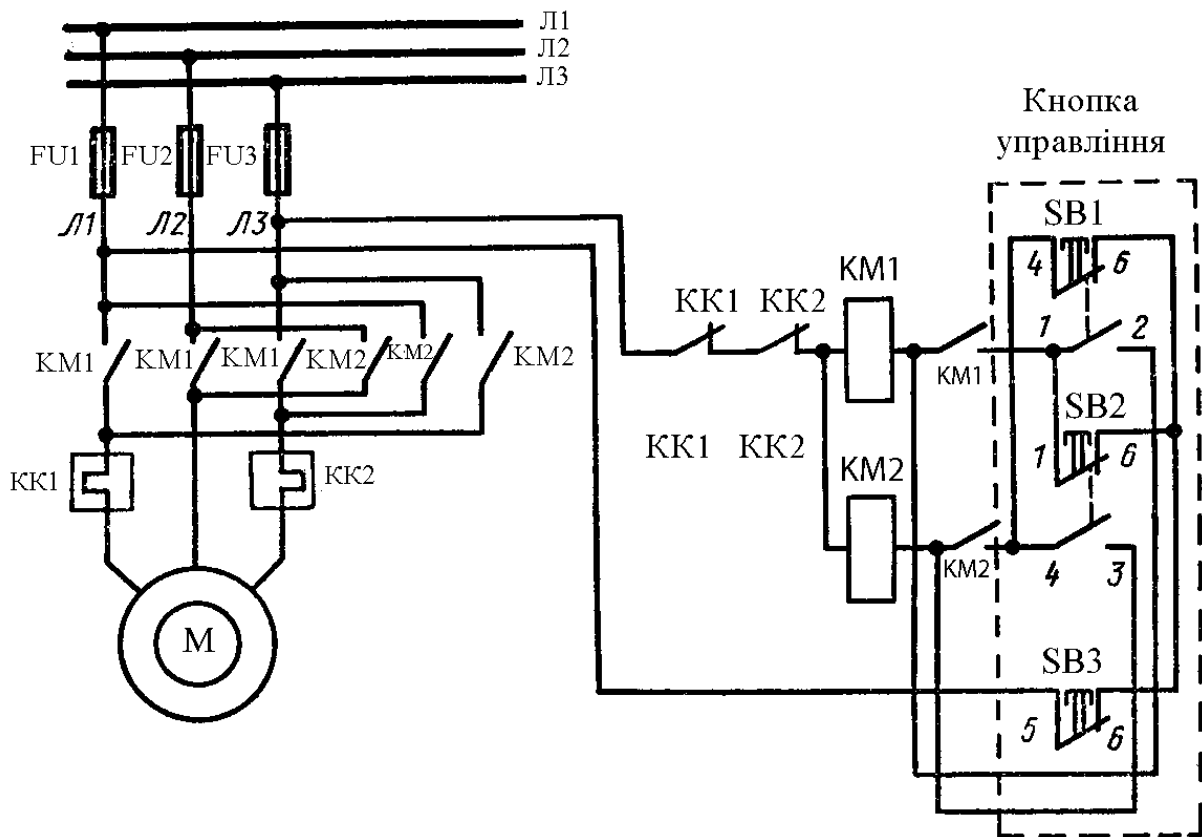


Рис. 5.10 Схема реверсивного пускача

5.5 ВИБІР КОНТАКТОРІВ І ПУСКАЧІВ

Найважливішою характеристикою контакторів і пускачів є режими комутації навантаження. У табл. 8.1 [13] дані характеристики режимів комутації контакторів, які слід використовувати при їхньому виборі.

Для контакторів серії КПВ допустимий струм повторно-короткочасного режиму з урахуванням нагрівання контактів дугою можна визначити по формулі

$$I_{\text{доп}} = \frac{I_{\text{ном}}}{\sqrt{\left(\frac{\text{ПВ} \%}{100} - \frac{n}{600}\right) \frac{\text{ПВ} \%}{100}}} \quad (5.1)$$

де $I_{\text{ном}}$ —номінальний струм контактора для тривалого режиму роботи;

$I_{\text{доп}}$ —допустимий струм повторно-короткочасного режиму; ПВ%—тривалість вмикання, %; n —число включень у годину.

У ряді випадків заводом-виготовлювачем указуються допустимі струми контактора, що комутуються, при різних режимах роботи і різній напрузі кола, що комутується.

Допустимі струми, що комутуються, для контакторів різних серій у різних режимах комутації приводяться в довідковій літературі [1]. Комутаційна зносостійкість може бути визначена по спеціальних кривих [13].

При замовленні контактора необхідно вказувати його тип, напругу і струм кола головних контактів (частоту, якщо струм змінний), число і виконання допоміжних контактів (замикаючих і розмикаючих), напругу котушки, кліматичне виконання і категорію розміщення. Так, наприклад, для контактора серії МК, для струму 40 А частотою 50 Гц і напругою 380 В, призначеного для роботи в зоні помірного клімату в закритому приміщенні, варто написати: контактор МК1, 380 В, 50 Гц, 40 А (головні контакти), один замикаючий контакт; допоміжні контакти: два замикаючих і два що розмикають; котушка 24 В. Виконання УЗ.

Запитання для самоперевірки

- 1. Чим відрізняється контактор змінного струму від контактора постійного струму.*
- 2. Головні конструктивні вузли контакторів.*
- 3. Які засоби гасіння дуги використовуються в контакторах?*
- 4. Переваги вакуумних контакторів.*
- 5. Що являє собою магнітний пускач?*
- 6. Умови вибору контакторів і пускачів.*

ГЛАВА 6

БЕЗКОНТАКТНІ КОМУТАЦІЙНІ АПАРАТИ

Навчальні цілі глави – ознайомити студента із можливими схемними реалізаціями; принципами дії безконтактних комутаційних апаратів; схемами і особливостями сучасних типів тиристорних пускачів і регуляторів.

6.1. МОЖЛИВІ СХЕМНІ РЕАЛІЗАЦІЇ

Досягнення силової електроніки дозволили створити безконтактні комутаційні апарати (БКА), що забезпечують: високу швидкодію; практично необмежений ресурс роботи; відсутність перенапруги при комутаціях і відсутність дуги; можливість роботи у вибухо- і пожежонебезпечних приміщеннях.

Найважливішими перевагами безконтактної комутаційної апаратури є її такі наступні функції, які не можуть бути реалізовані контактною комутаційною апаратурою: токообмеження; фазовмикання; плавне регулювання потужності, яка підводиться до електроприймача; реалізація плавного безударного пуску і гальмування двигунів.

Найбільше часто мають місце наступні схемні реалізації БКА на базі тиристорів (рис. 6.1).

Такі схемні реалізації тиристорних перетворювачів у силовій електроніці одержали назву широтно-імпульсних перетворювачів (ШПІ) змінної напруги. ШПІ змінної напруги перетворюють змінну напругу одного рівня у змінну напругу іншого рівня (незмінного чи регульованого) без зміни частоти. На базі таких перетворювачів працюють такі наступні безконтактні електричні апарати:

- тиристорні пускачі для прямого пуску асинхронних електродвигунів;
- тиристорні пускачі для плавного пуску, реверса і зупинки асинхронних двигунів великої потужності;
- регулятори потужності і напруги;
- автоматичні вимикачі змінного струму високої і низької напруги підвищеної швидкодії;
- регулюючі апарати для керування електродвигунами транспорту змінного струму з рекуперацією енергії при гальмуванні.

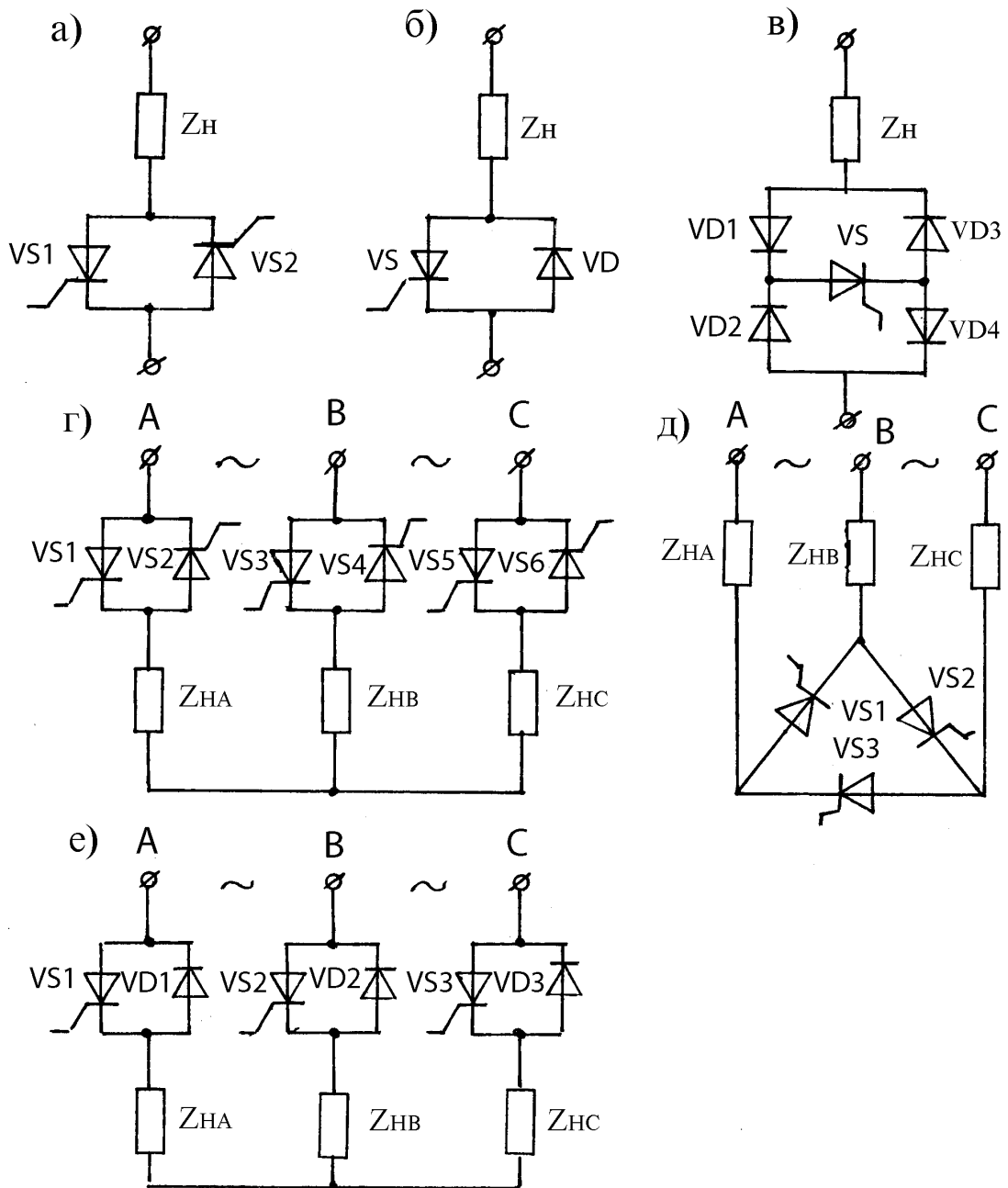


Рис. 6.1 Схемні реалізації БКА на базі тиристорів

6.2. Основні типи сучасних тиристорних пускачів і регуляторів

Один з базових варіантів схеми тиристорного пускача представлений на рис. 6.2.

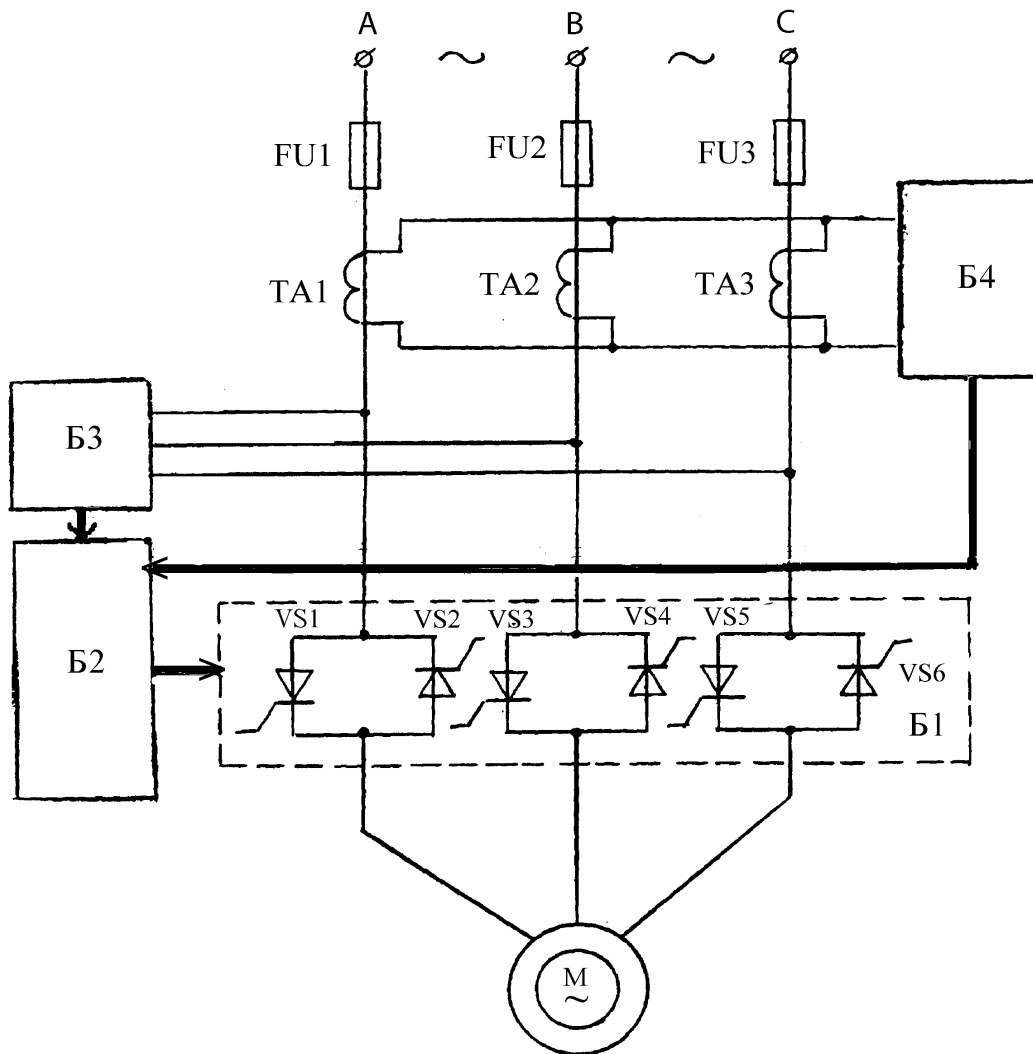


Рис. 6.2 Базова схема тиристорного пускача

Силовий блок Б1 містить тиристори $VS1...VS6$, розраховані на номінальний і пусковий струми асинхронного двигуна M . Тиристори $VS2, VS4, VS6$ можуть бути замінені діодами, що знижує діапазон регулювання напруги на виході блоку Б1 приблизно наполовину, але дозволить істотно знизити вартість пристрою. Сигнали керування тиристорами формуються в системі імпульсно-фазового керування СІФК (блок Б2), побудованої найчастіше на базі блокінг-генератора. Блок СІФК одержує живлення від блоку живлення Б3, виконаного на базі некерованого трифазного однонапівперіодного випрямителю.

Блок захисту двигуна і силових тиристорів від перевантаження Б4 при підвищенні струму в статорному колі двигуна M дає заборону на подачу відкриваючих імпульсів, на керуючі електроди тиристорів $VS...VS6$ з блоку Б2. Дозволяє регулювати струм і час спрацьовування захисту від перевантаження в широких межах.

Захист від струмів к.з. силової мережі здійснюється за допомогою спеціальних швидкодіючих запобіжників $FU1 - FU3...$

Переваги тиристорних пускачів у порівнянні з традиційними контактними:

1. Відсутність дуги при комутаціях дозволяє їхнє застосування у вибухонебезпечних середовищах.
2. Висока електрична зносостійкість (15×10^6 циклів).
3. Досконалий захист від аварійних режимів.
4. Малий час вимикання (0,02 с).
5. Висока надійність і довговічність, зручність в експлуатації.

До недоліків тиристорних пускачів можна віднести деяку складність схеми, великі габарити і високу вартість. Однак незважаючи на ці недоліки, тиристорні пускачі і регулятори знайшли широке застосування у вибухо- і пожежонебезпечних виробництвах і інших областях техніки, де потрібно висока надійність роботи.

Аналогічну схемну реалізацію мають такі наступні типи тиристорних пускачів і регуляторів, що випускаються вітчизняною промисловістю.

6.2.1. Тиристорні пускачі серії ПТ

У фазах А і В пускача (рис. 6.3) установлені трансформатори струму $TA1$ і $TA2$, що забезпечують роботу пристрою токового захисту. Захист тиристорів від перевантаження здійснюється терморезистором R_t . Оскільки пускач призначений для реверса двигуна, то у фазах А і В установлені додаткові комплекти зустрічно-паралельно включених тиристорів. При натисканні кнопки $SB1$ включається реле $K1$, що подає напругу на керуючі електроди тиристорів, що беруть участь у пуску «Уперед». При натисканні кнопки $SB2$ включається реле $K2$ і подається напруга на керуючі електроди тиристорів, що беруть участь у пуску «Назад». Живлення блоку захисту і реле $K1$ і $K2$ здійснюється випрямителем, що підключений до фаз В і С.

Основні параметри пускача: $U_{ном}=380$ В; $I_{ном}=40$ А; $I_{пуск}=360$ А при $t_{пуск}=0,4$ с; електрична зносостійкість 10^7 циклів; ресурс роботи не менш 10 000 год.

6.2.2. Тиристорні станції управління типу БЛЕ

Ці комплектні апарати служать для управління асинхронними електродвигунами потужністю до 7,5 кВт. Спрощена схема станції приведена на рис. 6.4.

Плавний розгін двигуна забезпечується зміною кута відкриття тиристорів $VS1$, $VS3$ і $VS4$, завдяки чому подавана напруга міняється від нуля до номінальної протягом 1...3 с. У кожній фазі є діоди $VD1$, $VD3$, $VD4$, які включені зустрічно-паралельно тиристорам $VS1$, $VS3$ і $VS4$. Тиристиори шунтовані RC - колом для обмеження перенапруг, що виникають при їхніх комутаціях

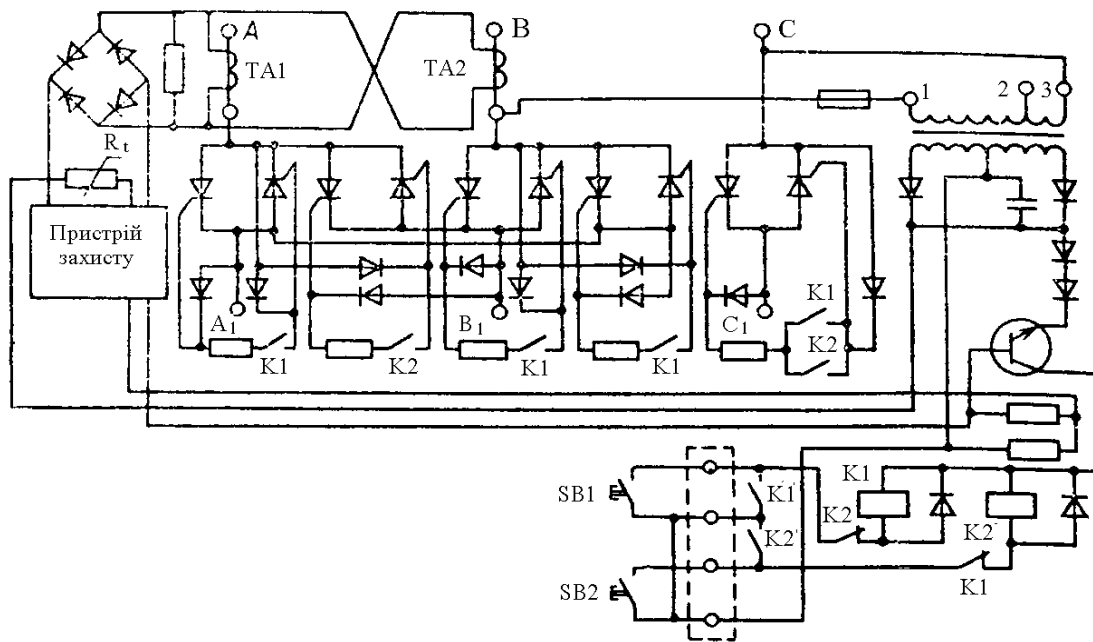


Рис. 6.3 Тиристорний пускач типу ПТ

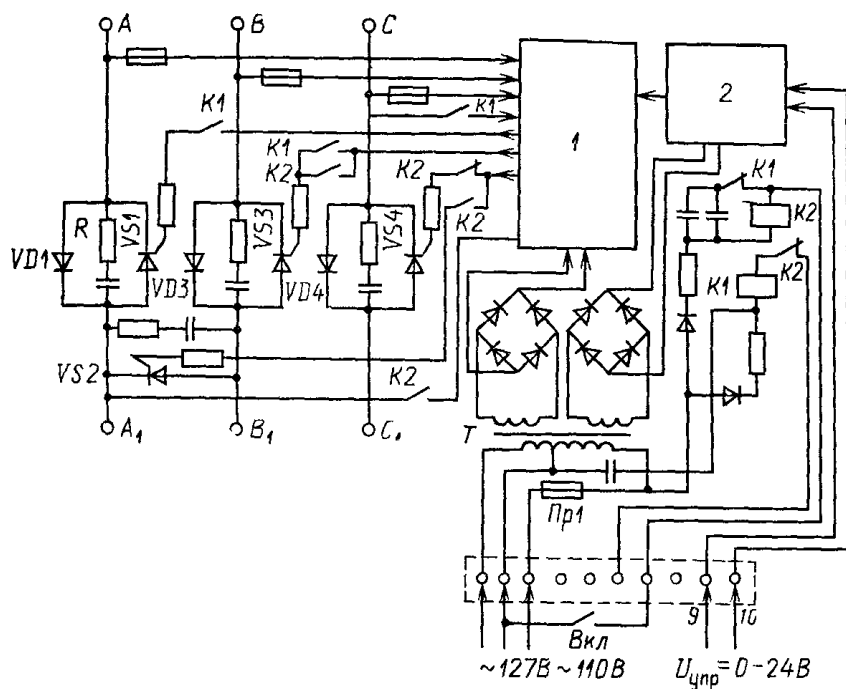


Рис. 6.4. Спрощена електрична схема тиристорної станції управління типу БЛ35301

. Тривалість розгону двигуна визначається задатчиком інтенсивності вмикання I , за допомогою якого регулюється момент видачі керуючими тиристорами сигналу. Задатчик інтенсивності вмикання, блок генератора імпульсів 2 одержують живлення від випрямителя, що складається з трансформатора T і двох випрям-

них мостів. випрямних мостів. При вмиканні реле $K1$ керуючі електроди тиристорів підключаються до блоку генератора імпульсів, а в задатчику інтенсивності починається вироблення імпульсу, що запускає, який подається в блок генератора пилкоподібної напруги.

При вмиканні реле $K1$ керуючі електроди тиристорів підключаються до блоку генератора імпульсів, а в задатчику інтенсивності починається вироблення імпульсу, що запускає, який подається в блок генератора пилкоподібної напруги.

Станція дозволяє регулювати частоту обертання двигуна від зовнішнього сигналу керування. Для цього до виводів 9 і 10 необхідно підключити регульоване джерело постійної напруги. Зміна цієї напруги змінює кут відкриття тиристорів і вихідну напругу станції, що надходить на обмотку статора двигуна.

При вимиканні двигуна знеструмлюється реле $K1$ і вмикається реле $K2$, що підключає тиристири $VS2$ і $VS3$. У результаті створюється контур для електродинамічного гальмування двигуна. Плавність гальмування визначається задатчиком інтенсивності, що змінює кут відкриття тиристорів $VS2$ і $VS3$. При напрузі мережі 380—500 В станція забезпечує плавний пуск і вимикання двигунів з гальмуванням. Електрична зносостійкість складає $15 \cdot 10^6$ циклів при числі включень до 1200 у годину.

6.2.3. Тиристорні станції управління серії ПТУ

Станції призначені для управління асинхронними двигунами великої потужності.

У залежності від модифікації станції серії ПТУ можуть забезпечувати прямий пуск і реверс двигунів, динамічне гальмування і реверс, пуск із фазовим керуванням, динамічним гальмуванням і реверсом. Схема станції з динамічним гальмуванням приведена на рис. 6.5. Станції мають такі наступні види захистів: максимальну струмову з часом спрацьовування не більш 0,015 с; від перевантаження по струму з часом вимикання не більш 20 с при струмі, рівному 1,35 струму уставки; від зниження напруги до 0,7...0,45 номінального значення; від зникнення струму в одній з фаз. Станції випускаються на $I_{\text{ном}}=400$ А, номінальна напруга до 440 В, число включень 2400 у годину. Електрична зносостійкість складає $24 \cdot 10^6$ циклів.

6.2.4. Тиристорний регулятор потужності

Регулятор потужності типу РМТ (рис. 6.6) призначений для широтно-імпульсного регулювання трифазних електропечей потужністю до 630 кВ·А з напругою мережі 380 В. Силовий блок $СБ$ має зустрічно-паралельно включені тиристор і діод у кожній фазі. Блоки захисту $БЗ$ і датчики струму і напруги $ДСН$, призначені для забезпечення автоматичного регулювання, мають

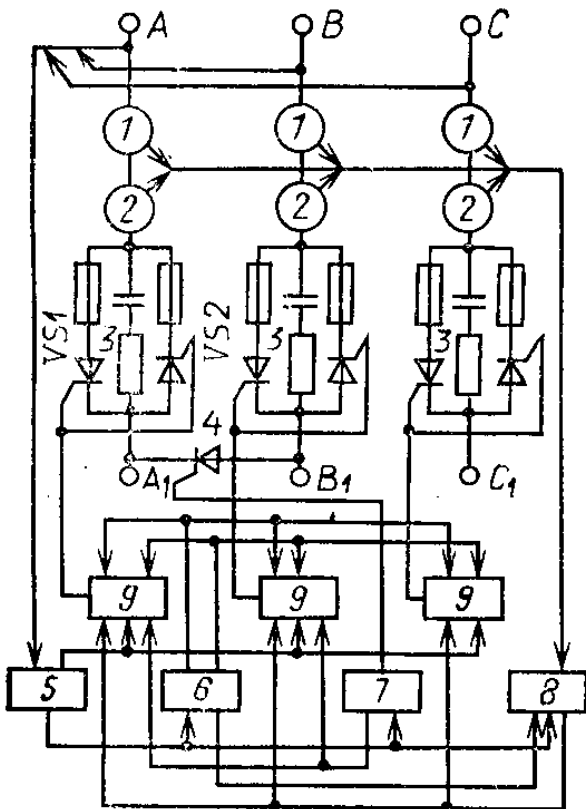


Рис. 6.5 Схема тиристорної станції управління типу ПТУ с динамічним гальмуванням:

1 — трансформатор струму максимального захисту; 2 — трансформатор струму перевантаження; 3—силовий тиристорний блок; 4 — тиристор в колі динамічного гальмування; 5—блок живлення; 6— блок вмикання; 7 — блок управління динамічним гальмуванням; 8— блок захисту; 9 — блок формування керуючих імпульсів.

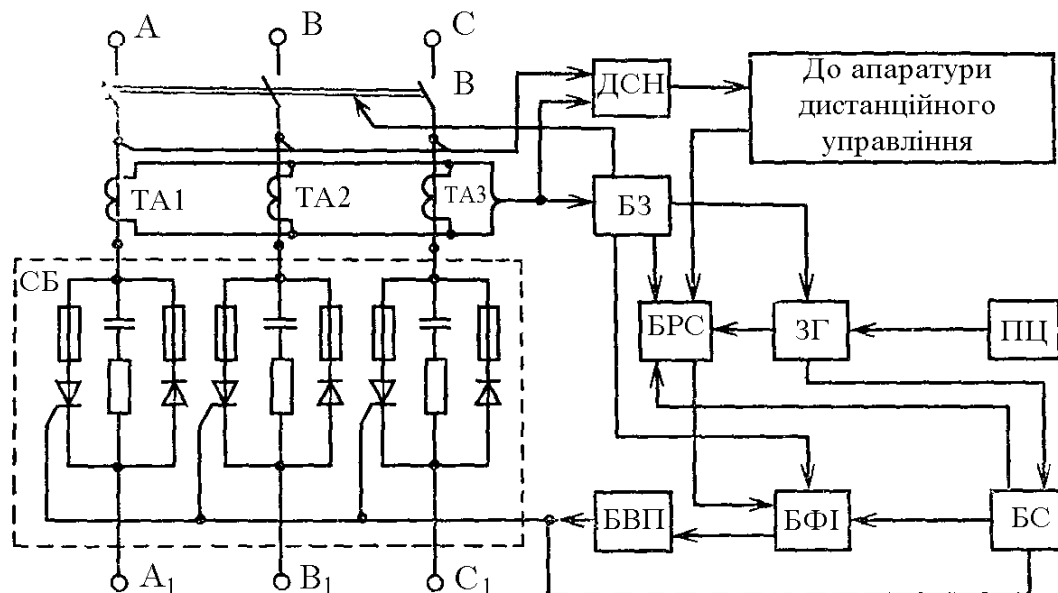


Рис. 6.6 Схема регулятора потужності типу РМТ

живлення від трансформаторів струму $TA1-TA3$. Керуючі імпульси для тиристорів виробляються блоками синхронізації $БС$, блоком формування імпульсів

БФІ і вихідним підсилювачем *БВП*. Керування блоком *БФІ* відбувається за допомогою блоків перемикача циклів *ПЦ*, задаючого генератора *ЗГ* і блоку регулювання і синхронізації *БРС*. Тривалість циклу регулювання встановлюється перемикачем циклів *ПЦ*, що впливає на генератор *ЗГ*. Один вихід блоку *ЗГ* керує блоком *БРС*, що служить для регулювання коефіцієнта заповнення імпульсів $\gamma = T_{\text{откр}} / (T_{\text{откр}} + T_{\text{закр}})$ при роботі РМТ і для обмеження пускових струмів при вмиканні активно-індуктивного навантаження.

Другий вихід блоку *ЗГ* впливає на блок синхронізації *БС* і забезпечує подачу керуючого сигналу на початку позитивної напівхвилі струму, що протікає через тиристор. Блоком захисту *БЗ* здійснюється захист регулятора в аварійному режимі.

На закінчення необхідно відзначити, що в даний час випускається цілий ряд напівпровідникових апаратів спеціального призначення — регулятори напруги типу *РНТТ* потужністю 200 кВ·А, тиристорні переривачі типу *ПТО* для комутації секцій первинних обмоток зварювальних трансформаторів, тиристорні регулятори для живлення двигунів електропотягів від мережі змінного струму і т.п.

Запитання для самоперевірки

- 1. Переваги безконтактної комутаційної апаратури.*
- 2. Базові схеми широтно-імпульсних перетворювачів змінної напруги, на базі яких будуються безконтактні комутаційні апарати.*
- 3. Які основні блоки повинна мати схема тиристорного пускача або регулятора?*
- 4. Основні типи безконтактних комутаційних апаратів.*

ГЛАВА 7

РУБИЛЬНИКИ І ПЕРЕМИКАЧІ

Навчальна ціль глави – ознайомити студента із призначенням, конструкціями, особливостями експлуатації рубильників, пакетних вимикачів і перемикачів.

7.1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Рубильник призначений для ручного вмикання і вимикання електричних кіл постійної напруги до 440 В и змінної до 500 В.

Перемикач на відміну від рубильника має дві системи нерухомих контактів і три комутаційних положення. У середнім положенні ножів кола розімкнуті. Спеціальний пристрій фіксує ножі в цьому положенні.

Пакетні вимикачі і перемикачі є малогабаритними комутаційними апаратами з ручним приводом, що служать для одночасного керування великим числом

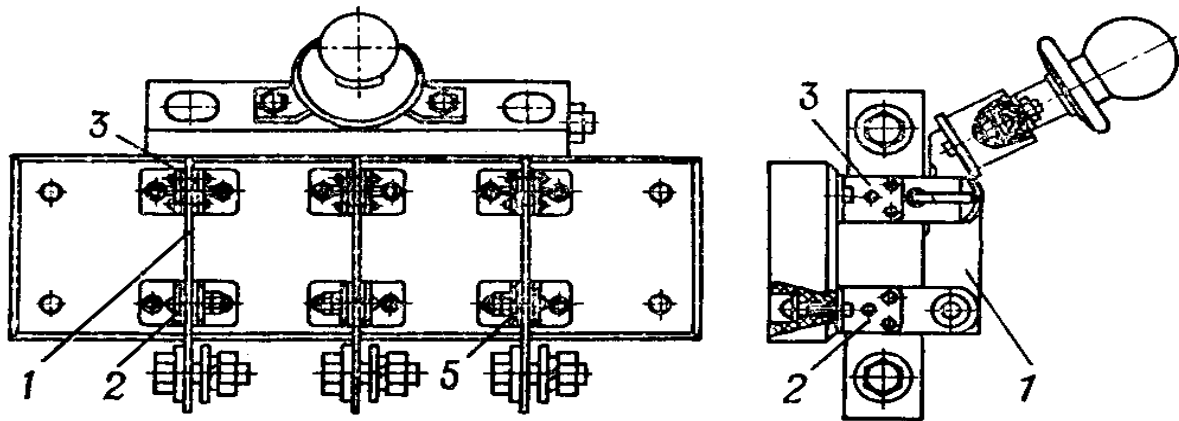


Рис. 7.1 Трифазний рубильник з центральною рукояткою

електричних кіл. Пакетні вимикачі і перемикачі використовуються для нечастих комутацій у колах невеликої потужності (струми до 400 А, постійної напруги 220 В и змінної 380 В). Пакетні перемикачі і вимикачі застосовуються як апарати розподільних пристроїв і кіл автоматики. Вони використовуються також для пуску і реверса двигунів, а також для переключення схеми з'єднання обмоток двигуна з зірки на трикутник.

У трифазному рубильнику з центральною рукояткою (рис. 7.1) рухомий контакт-ніж 1 обертається в шарнірній стійці 2. При розмиканні кола між ножем і нерухомих контактом стійки 3 загоряється дуга. Гасіння дуги постійного струму при струмі до 75 А відбувається за рахунок механічного подовження дуги ножем, що рухається. Чим більше швидкість руху контакту, тим більше швидкість розтягання дуги і менше час її горіння. Для безпеки ремонту відстань між контактними стійками 3 робиться не менш 0,05 м.

На процес гасіння дуги впливають також теплові потоки повітря, створювані дугою. Дуга гаситься більш інтенсивно, якщо її розтягання за рахунок конвективного руху повітря збігається з напрямком дії електродинамічних сил (рубильник встановлюється так, що кривизна дуги звернена нагору).

При вимиканні змінного струму дуга гаситься за рахунок виникнення електричної міцності 200...220 В біля кожного катода рубильника [13]. В однофазному колі двохполюсний рубильник дозволяє легко гасити дугу з номінальним струмом при напрузі до 380 В. Однополюсний рубильник з одним розривом надійно працює в мережі з напругою до 220 В. Рубильники і перемикачі з центральною рукояткою (рис. 7.1) дозволяється застосовувати тільки для вимикання знеструмленого кола. При вимиканні кіл під навантаженням дуга не повинна впливати на руку (рукоятка знаходиться збоку або застосовується важільний привод, див. рис. 7.2). Як правило, найбільш важко відключаємий струм (критичне значення) менше його номінального значення.

Для рубильників і перемикачів з бічною рукояткою або важільним приводом відношення струму, що відключається, до номінального складає 0,2 при постійній напрузі 220 В і 0,3 при змінній напрузі 380 В. При постійній напрузі 440 і змінній 500 В зазначені апарати використовуються тільки для вимикання знеструмлених кіл. Для збільшення здатності, вимикання рубильник забезпечується дугогасильною решіткою (див. 3.3). При цьому здатність вимикання рубильників збільшується до $0,5 I_{\text{ном}}$ при постійній напрузі 440 і змінній 500 В, і до $I_{\text{ном}}$ у колах з постійною напругою 220 і змінною 380 В.

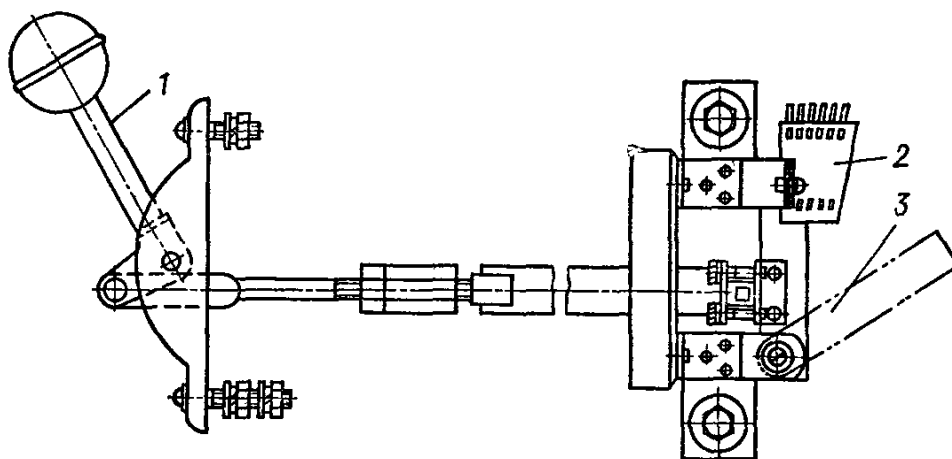


Рис. 7.2. Рубильник з важільним приводом і дугогасильною камерою

7.2. КОНСТРУКЦІЯ РУБИЛЬНИКІВ І ПЕРЕМИКАЧІВ

Рубильники випускаються в одно-, дво- і трьохполюсних виконаннях. На рис. 7.2 зображений трьохполюсний рубильник з центральним важільним приводом 1 і дугогасильною камерою 2. Ножі 3 усіх трьох полюсів з'єднані ізоляційним валиком, на який діє тяга важільного привода. Рукоятка привода монту-

ється на лицьовій стінці шафи розподільного пристрою. Така конструкція забезпечує безпеку обслуговуючого персоналу.

Якість рубильників і перемикачів у значній мірі визначається контактним з'єднанням ножа і контактних стійок. У сучасних апаратах переважно застосовується лінійний контакт типу, що рубає, (§ 2.3), що має менший перехідний опір, ніж плоский. Контактне натискання забезпечується за допомогою сталевих пружин.

У пакетному вимикачі чи перемикачі кожен полюс, що комутується, конструктивно оформлений у виді окремого елемента - пакета. На рис. 7.3 апарат має три полюси (три пакети), а на рис. 7.4—два полюса. Число пакетів у вимикачі серії ПКВ може досягати восьми.

Пакетний вимикач ПВМ (рис 7.3) складається з окремих зв'язаних разом пакетів 5 і приводного механізму 4. Кожен полюс має два розриви. Нерухомі контакти 1 виконані у виді масивних пластин з латуні. Рухомий контакт 2 насаджений на квадратний ізольований вал вимикача і має обертальний рух. Натискання контактів створюється за рахунок пружних властивостей губок рухомого контакту 2. До рухомого контакту прикріплені дві щічки 3 з фібрових пластин. Відстань між щічками трохи більше товщини нерухомого контакту, що дозволяє рухомому контакту вільно обертатися усередині пакета. Рухомий контакт переміщається за допомогою приводного механізму. При обертанні рукоятки спочатку заводиться пружина, а потім ця пружина передає необхідну швидкість контакту. Такий привод працює недостатньо надійно.

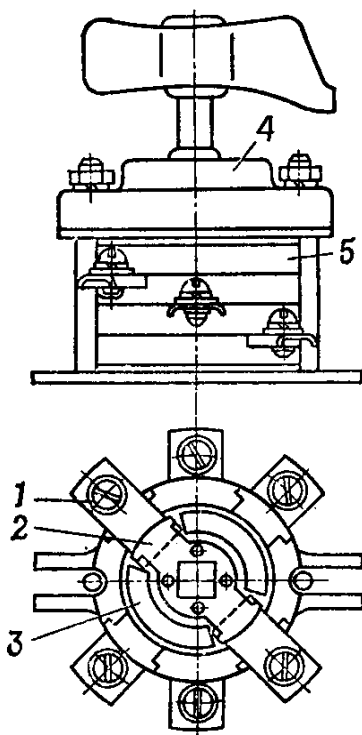


Рис. 7.3 Пакетний вимикач серії ПВМ

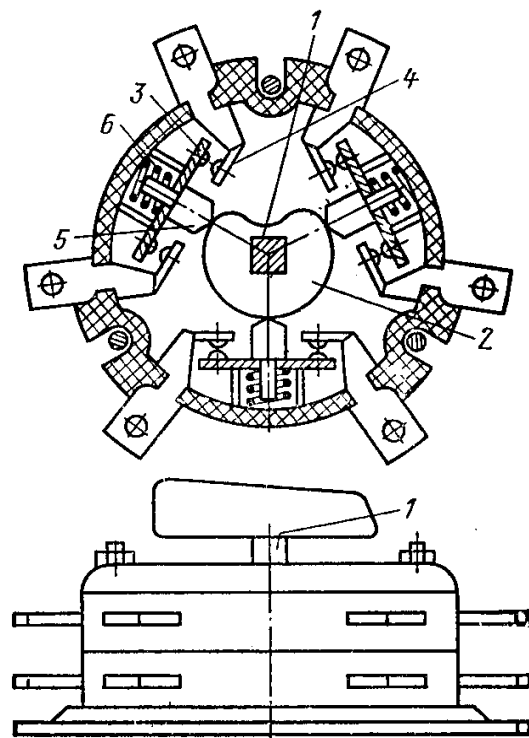


Рис. 7.4 Пакетний кулачковий вимикач серії ПКВ

При розбіжності контактів дуга загоряється в двох розривах, що забезпечує надійне гасіння дуги змінного струму за рахунок колокатодної електричної міцності. Дуга гасне при першому проходженні змінного струму через нуль.

Гасіння дуги постійного струму забезпечується за рахунок її горіння в просторі між фібровими щічками. При зіткненні дуги з фібровими стінками з них виділяється газ. Оскільки внутрішня порожнина пакета досить герметична, у середині пакета підвищується тиск. Це веде до підйому вольт-амперної характеристики і гасіння дуги (3.3). Однофазні кола повинні відключатися двохолюсним вимикачем.

Недоліками вимикача ПВМ є невисока зносостійкість (до $20 \cdot 10^3$ циклів) і недостатня надійність механізму привода.

Більш досконалий пакетний кулачковий вимикач серії ПКВ (рис. 7.4). На валу 1 укріплені кулачки 2 (по одному на пакет). Кожне коло має два розриви, утворені містками 3 і контактами 4. При обертанні вала кулачок повертається і у його поглиблення попадає шток 5. При цьому коло замикається. Натискання контактів створюється сталевією пружиною 6. Для підвищення зносостійкості використовуються металокерамічні контакти. Замість малонадійного привода ПВМ використовується такий же фіксатор положення, як у командоконтролерах [13]. Найбільший струм вимикачів серії ПКВ складає 160 А. Електрична зносостійкість досягає $2 \cdot 10^5$ циклів.

Пакетні вимикачі і перемикачі в порівнянні з рубильниками мають менші габарити, зручніше в монтажі. Дуга гаситься в замкнутому обсязі, без викидання полум'я і газів. Контактна система дозволяє керувати одночасно великою кількістю кіл. Ці вимикачі комутують номінальні струми, мають високу вібро- і ударостійкість.

Запитання для самоперевірки

- 1. Призначення рубильників і перемикачів.*
- 2. Основні конструктивні вузли рубильників.*
- 3. Основні конструктивні вузли пакетних вимикачів.*