МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Інтелектуальні системи енергопостачання»

ТЯГОВІ ТА ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ

Методичні рекомендації до лабораторної роботи

Електронний аналог
друкованого видання

Дніпро
2023

УДК 621.331
Т 99

Укладач:
Друбецька Тетяна Ігорівна

Рецензенти:
д.т.н., проф. О. В. Остапчук (КПІ)
д.т.н., проф. А. М. Муха (УДУНТ)

Рекомендовано МКФ УЕП (протокол №3 від 15.11.2022)
Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 584 від 19.12.2022)

Тягові та трансформаторні підстанції : методичні рекомендації до лабораторної роботи / уклад. Т. І. Друбецька ; Український державний університет науки і технологій. – Дніпро : УДУНТ, 2023. – 46 с.

Методичні рекомендації призначені для використання студентами всіх форм навчання спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка під час проведення лабораторних робіт з дисципліни «Тягові та трансформаторні підстанції» та їх самостійної роботи, можуть бути використані слухачами інституту післядипломної освіти.

Методичні рекомендації містять основні теоретичні положення для засвоєння матеріалу, інструкції до виконання лабораторних робіт, вимоги до аналізу результатів та оформлення робіт.

© Друбецька Т. І, укладання, 2023
© Україн. держ. ун-т науки і технологій, оригінал-макет, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП 4

ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ, ОФОРМЛЕННЮ ЗВІТІВ 4

Лабораторна робота № 1. ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ З'ЄДНАННЯ ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ ТА НАПРУГИ 5

Лабораторна робота № 2. ВИВЧЕННЯ РОЗ'ЄДНУВАЧА ТИПУ РНДЗ-1/35 І ПРИВОДА ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ДО НЬОГО 12

Лабораторна робота № 3. ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАКУУМНОГО ВИМИКАЧА СЕРІЇ ВВ/TEL 16

Лабораторна робота № 4. ВИМІР ОСНОВНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ МАСЛЯНОГО ВИМИКАЧА 21

Лабораторна робота № 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИВОДА ВИМИКАЧА ЗМІННОГО СТРУМУ І СХЕМИ КЕРУВАННЯ НИМ 28

Лабораторна робота № 6. ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОДІЮЧОГО ВИМИКАЧА ТИПУ АБ-2/3 І СХЕМИ КЕРУВАННЯ НИМ 30

Лабораторна робота № 7. ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОДІЮЧОГО ВИМИКАЧА ТИПУ ВАБ-43 І СХЕМИ КЕРУВАННЯ НИМ 38

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 45

ВСТУП

Дисципліна «Тягові та трансформаторні підстанції» відноситься до обов'язкової компоненти освітньої програми Електротехнічні системи електроспоживання.

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт сприяють досягненню наступних очікуваних результатів навчання – назвати основне обладнання підстанції; порівнювати різні типи силового обладнання підстанції.

ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ, ОФОРМЛЕННЮ ЗВІТІВ

1. До виконання лабораторної роботи кожний студент повинен:

1.1 Пройти інструктаж з охорони праці (одноразово на початку семестру).

1.2 Зробити заготовку у зошиті з лабораторних робіт.

1.3 Підготуватися по основній та додатковій літературі.

2. Кожний студент зобов'язаний вести робочий зошит, у який заноситься наступне:

- найменування та мета роботи;
- схема електричних з'єднань;
- таблиця для запису характеристик апаратів і приладів, використаних у лабораторній роботі;
- графіки та характеристики (за необхідності);
- висновки.

3. При складанні складних схем спочатку потрібно збирати силове коло, а потім-вторинні кола: керування, сигналізації, виміру. Подавати напругу можна лише після перевірки схеми викладачем або завідувачем лабораторією.

4. До виконання роботи рекомендується приступати тільки тоді, коли чітко встановлена послідовність її виконання і розподілені обов'язки між членами бригади.

5. По закінченню роботи слід показати викладачеві результати вимірів і побудувати по них графіки, дати характеристики, не розбираючи схеми. Після перевірки результатів схему потрібно розібрати й розмістити прилади, апаратуру й проводи в такому порядку, у якому вони були перед початком роботи.

6. Звіти в лабораторних роботах оформляються в спеціально виділених зошитах; схеми виконуються з дотриманням вимог діючих ГОСТів.

7. Звіт по лабораторній роботі представляється викладачеві на наступному черговому занятті в лабораторії.

8. Заліки по кожній лабораторній роботі здаються на занятті, або в час консультацій згідно з розкладом.

Лабораторне заняття проводиться зі студентами, кількість яких, як правило, не перевищує 10 осіб. Іноді (за вимогами безпеки, при обмеженій кількості робочих місць тощо) допускається проведення лабораторних занять з меншою чисельністю студентів [1].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ З'ЄДНАННЯ ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ ТАНАПРУГИ

Мета роботи: навчитися знімати векторні діаграми трансформаторів струму й напруги.

1.1. Теоретичні відомості

Зняття векторних діаграм є одним з основних способів перевірки правильності з'єднання первинних і вторинних обмоток вимірювальних трансформаторів струму й напруги та правильності приєднання до них обмоток реле, що реагують на напрямок потужності, ватметрів, лічильників та ін. приладів.

Для зняття векторних діаграм трансформаторів струму застосовують різні методи й прилади, які забезпечують різну точність і вимагають неоднакових витрат часу. Найбільше розповсюдження отримали методи з використанням однофазного ватметра й вольтамперфазоіндикатора типу ВАФ-85М. Метод зняття векторних діаграм за допомогою однофазного ватметра простий, але вимагає більше часу в порівнянні з ВАФ-85М. Для роботи із ВАФ-85М потрібні відповідні навики, але результати вимірів більш точні.

Зняття векторних діаграм однофазним ватметром. Перш за все фазо вказівником визначають правильність чергування фаз напруги змінного струму, що подається на первинні обмотки трансформаторів струму. Фазо вказівник підключають до затискачів *а, в, с* трансформатора напруги ТН, що використовується як у якості силового, так і вимірювального трансформатора. При правильному чергуванні фаз рухлива частина фазо вказівника обертається по годинниковій стрілці. Якщо рухлива частина фазо вказівника обертається проти годинниковий стрілки, то необхідно поміняти місцями підключення фазних проводів на первинній або вторинній стороні трансформатора ТН (рис. 1.1).

Реостатами R_a, R_b, R_c встановлюють однакові струми I_{2a}, I_{2b}, I_{2c} у вторинних обмотках трансформатора струму. За показаннями амперметрів необхідно вести постійне спостереження й у випадку відхилення їх від однакових показань регулювати струми реостатами.

Потім вільний кінець обмотки напруги ватметра, включеного у фазу *а*, по черзі підключають до затискачів *a ,b ,c;* показання ватметра з урахуванням знака заносять у таблиці 1.1 (графи U_a ,U_b , U_c при струмі I_{2a}). Перемикають ватметр у фази *b* і *c*, повторюють підключення вільного кінця обмотки напруги до фаз *a, b, c*, записуючи в графи U_a , U_b, U_c таблиці 1.1 показання ватметра при струмах I_{2b} , I_{2c} .

Порядок проведення дослідження однаковий для правильного й неправильного з'єднань трансформаторів струму. Неправильне з'єднання

трансформаторів струму задається викладачем. Воно полягає в зміні порядку підключення провідників до затискачів $Л_1$, $Л_2$ або $И_1$, $И_2$, також заміні підключення затискачів $Л_1$, $Л_2$ або $И_1$, $И_2$.

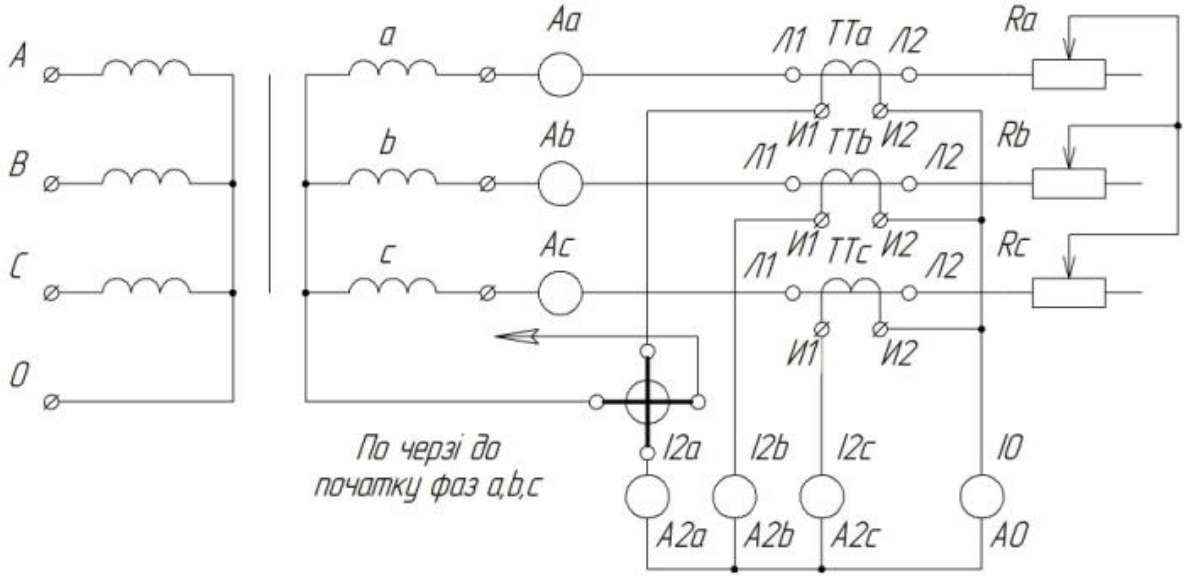


Рис. 1.1. Схема для зняття векторних діаграм трансформаторів струму

Таблиця 1.1

Показання приладів при знятті діаграм однофазним ватметром

Струми фаз у вторинних обмотках трансформаторів струму	Правильне з'єднання			Неправильне з'єднання		
	Показання ватметра при фазних напругах			Показання ватметра при фазних напругах		
	U_a	$U_в$	U_c	U_a	$U_в$	U_c
I_{2a} =	34 (47)	-17(-17)	-17(-30)			
$I_{2в}$ =	- 17	34	- 17			
I_{2c} =	- 17	- 17	34			
I_0 =						

При побудові векторних діаграм фазові напруги приймають за систему координат на комплексній площині. Показання ватметра по величині й знаку являють собою проекції вектора струму відповідної фази на осі координат. До проєкцій вектора струму відповідної фази проводять перпендикуляри. Точку перетинання перпендикулярів з'єднують із початком координат. Початок вектора – у точці перетинання перпендикулярів, кінець вектора – на початку координат. Приклад побудови векторної діаграми для правильного з'єднання трансформаторів струму згідно з показаннями ватметра (табл. 1.1) наведений на рисунку 1.2.

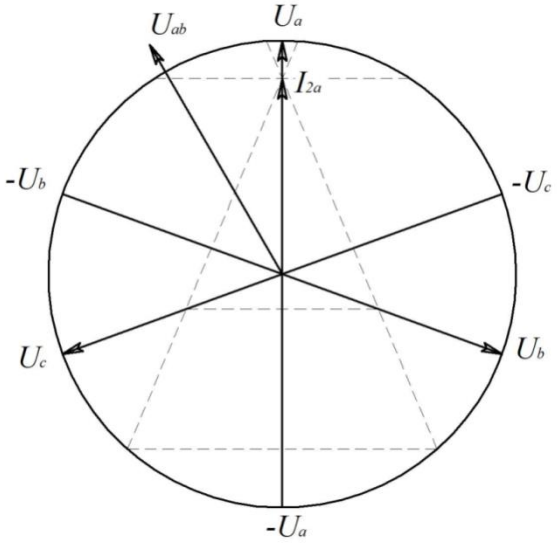


Рис.1.2. Векторна діаграма для правильного з'єднання трансформаторів струму

Для визначення напрямку вектора I_{2a} відкладають 34 одиниці за напрямком вектора U_a й по 17 одиниць за напрямком векторів U_b, U_c. Вектор I_{2a} співпадає з напрямком вектора U_a, тому що показання ватметра для фаз *b, c* однакові. При різних показаннях фаз *b, c* ватметра (див. значення в дужках табл. 1.1) вектор струму I_{2a} не співпадає з напрямком вектора U_a. Аналогічно будують вектори струмів I_{2b} , I_{2c} для правильного й неправильного з'єднань трансформаторів струму.

Зняття векторних діаграм напруг і струмів приладом ВАФ-85М. Прилад ВАФ-85М є спеціальним приладом і в курсі електричні виміри не вивчається. Тому тут приводиться коротка характеристика приладу й методика користування ним при виконанні лабораторних робіт. ВАФ-85М призначений для виміру величини й фази змінного струму й напруги частотою 50Гц. Він є багато визначеним детекторним приладом, у якого як вимірювальний прилад використовується мікрометр М-4204.

На лицевій панелі приладу (рис. 1.3) розміщені органи керування: 1 – контактні затискачі К1-К10; 2 – вимірювальний прилад ИП – мікроамперметр; 3 – перемикач меж вимірів струму й напруги; 4 – перемикач вимірюваних величин *V, A – m A* (вольти, ампери-міліампери); 5 – перемикач вимірюваних параметрів Фаза-Величині; 6 – кнопка стопора лімба; 7 – лімб фазо регулятора; 8 – проміжний гвинт; 9 – рухома планка [2, 3].

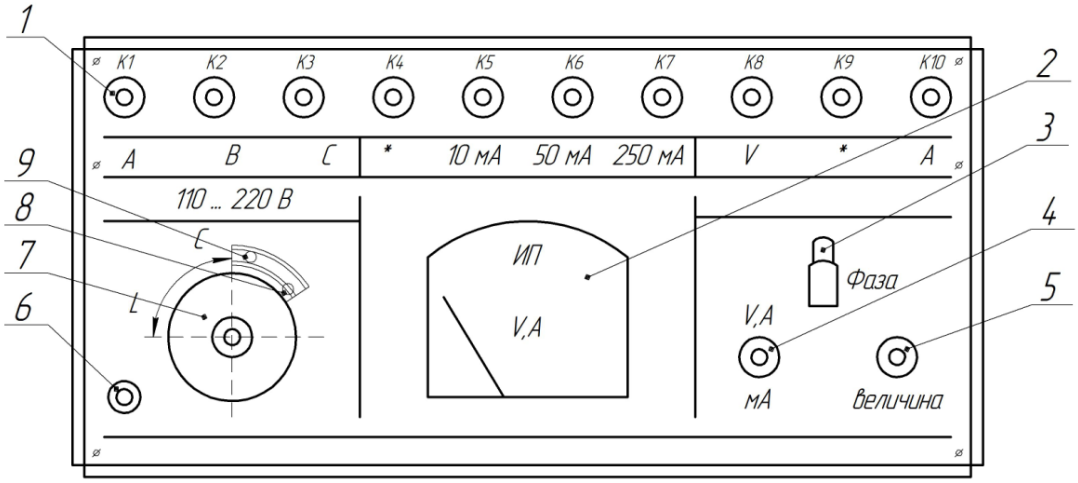


Рис. 1.3. Вид на панель прибору ВАФ-85М зі знятою кришкою

Вимір невеликих струмів з розривом електричного кола, наприклад, струмів небалансу в колах трансформаторів струму й релейного захисту, виконують за допомогою вбудованого багатограничного трансформатора струму. Залежно від передбачуваної величини струму прилад включають у розсічу електричного кола затискачами К4-К5 до 10 mA, К4-К6 до 50 mA, К4-К7 до 250 mA. Перемикач 4 (тумблер) ставлять у положення mA, а перемикач 5 (тумблер) – у положення Величина. Випрямлений діодом струм показує ИП.

Вимір струму без розриву електричного кола на межах 1,5 і 10 А виконують за допомогою малогабаритних струмовимірювальних кліщів, які входять у комплект приладу. Гнучкий провід струмовимірювальних кліщів приєднують до затискачів К9-КІ0 так, щоб співпадали зірочки на вилці проводу та панелі приладу. Порядок виконання виміру: тумблер Фаза-Величина ставлять у положення Величина; тумблер V, A – mA ставлять у положення V, A; перемикач меж виміру повертають ліворуч на передбачувану величину струму; струмовимірювальними кліщами охоплюють провід, у якому потрібно виміряти струм; по шкалі ИП знімають показання величини струму.

ВАФ-85М може вимірювати напруги 1, 5, 25, 125 і 250 В. Для виміру напруги прилад затискачами К8-К9 підключають до контрольованого електричного кола, попередньо поставивши тумблери Фаза-Величина й V, A – mA в положення Величина й *V, A*, а перемикач меж вимірів повернувши праворуч.

При вимірі струму й напруги до вимірювального приладу ИП подається однопівперіодна випрямлена напруга. Показання ИП пропорційні середньому значенню струму, що проходить через його обмотку.

При вимірі фази струму або напруги струм від фазорегулятора (ФР) подається до ИП через фазо залежний випрямляч. Через ИП буде протікати максимальний струм, якщо напруга й струм, підведені до фазо залежного випрямляча від ФР і контрольованої фази, співпадають по фазі. Якщо струм і напруга підведена до випрямляча під кутом 90°, то струм у вимірювальному приладі рівний 0. Це досягається поворотом лімба 7, насадженого на вісь ФР. Положення лімба, пов'язаного з роторами ФР, фіксує фазу вимірюваного струму або напруги. Слід мати на увазі, що при вимірі фази струму або напруги результати будуть правильними лише тоді, коли напрямок обертання лімба й напрямок стрілки ИП до нуля співпадають. При протилежному напрямку фактичний кут буде відрізнятися від відліченого по лімбу на 180°. Рекомендується завжди лімб обертати проти годинникової стрілки, тому що в цьому випадку більш чітко фіксується підхід до нуля справа стрілки ИП. При вимірі фіксується не тільки кут, але й зона, у якій він перебуває; зона 0…150° вправо від нуля лімба ємкісна (С), зона 0…180° вліво від нуля лімба – індуктивна (L) .

Перед початком виміру фази струму або напруги необхідно перевірити правильність чергування фаз, підведених до затискачів А, В, С з приладу. Для цього натискають кнопку 6 стопора лімба. При правильному чергуванні фаз підведеної напруги лімб обертається за годинниковою стрілкою. При

обертанні лімба проти годинникової стрілки необхідно змінити підключення проводів до затискачів А, В, С.

Зняття векторної діаграми в колах напруги виконують у такій послідовності. Роблять контроль і коректування нуля лімба по напрузі виміром фази опорної напруги $\boldsymbol{U}_{ab}$. Для цього полярний кінець вимірюваного вектора напруги підключають до затискача, відзначеного зірочкою, неполярного – до затискача V. (При графічнім зображенні вектора полярний кінець позначають стрілкою, при буквеному написанні полярному кінцю відповідає перша буква). Залежно від прийнятого методу з'єднують перемичками затискач фази А (КІ) із затискачем, позначеним зірочкою (К9), а затискач фази В(К2) – із затискачем *V*(К8). Обертають ротор фазорегулятора, домагаючись установки стрілки на нуль при співпадінні напрямку обертання ротора й ходу стрілки. При невідповідності нуля лімба й риски початку підрахунків здійснюють корекцію зсувом планки 9 з рискою. Після контролю й корегування нуля лімба вимірюють значення лінійних і фазних напруг зірки ТН. За отриманими даними в системі координат напруги, підведеного до затискачів А, В, С. Із приладу, будують векторну діаграму, по якій оцінюють дійсне виконання кіл напруги. Приклад побудови векторної діаграми напруг показаний на рисунку 1.4, на якому показана; V_a , V_b , V_c – напруги підведені до затискачів А, В, С з приладу; U_a ,U_b , U_c ,U_{bc} , U_{ca} значення і фази напруг, виміряні на навантаженні, підключеному до вторинної обмотки ТН (рис. 1.1).

При знятті векторних діаграм у колах струму спочатку теж роблять контроль і коректування нуля лімба по струму, однак методом, відмінним від розглядуваного вище.

Струмовимірювальні кліщі однополярними виводами приєднують до затискачів К9-К10 приладу. Перевірка й корегування нуля засноване на наступному принципі. ВАФ-85М у колах трифазного струму (затискачі А, В, С) мають чисто ємнісне навантаження (у кожну фазу включені конденсатори), внаслідок чого струми у фазах випереджають свої напруги на кут 90° (рис. 1.5). Вектор струму фази С I_c повернутий щодо вектора опорної напруги на 180°. Отже, вектор струму I_c співпадає з напрямком опорної напруги U_{ab}, що використовують при перевірці установки нуля лімба по струму. При подачі напруги на затискачі А, В, С і підключених струмовимірювальних кліщах вимірюють фазу струму I_c, для чого кліщі полярною стороною, позначеною зірочкою, розташовують убік приладу.

Обертанням лімба фазорегулятора стрілку ИП установлюють на нуль і роблять коректування нуля лімба, якщо він не співпадає з рискою рухливої планки 9. Перевірку необхідно робити щоразу, якщо відбувалося пере з'єднання кіл напруги при переході від однієї панелі захистів до іншої або від'єднувалися струмовимірювальні кліщі.

При знятті векторної діаграми струмів (рис. 1.6) струмовимірювальні кліщі, що охоплюють провідник з вимірюваним струмом, полярною стороною повинні розташовуватися убік трансформатора струму. При цьому необхідно стежити, щоб прилягання площин магнітопроводу струмовимірювальних

кліщів було щільним, без зазорів і перекосів. Зняття векторної діаграми виконують у такій послідовності. Заміряють струми фаз, які повинні становити не менш 15…20% номінальних струмів трансформаторів струму. Для цього тумблери Фаза-Величина ставлять у положення Величина; перемикач меж ставлять у ліве положення. Після виміру струмів тумблер Фаза-Величина встановлюють в положення Фаза. Струмовимірювальними кліщами по черзі охоплюють провідники вторинних кіл трансформаторів струму. Обертанням лімба проти годинникової стрілки встановлюють стрілку ИП на нуль. На лімбі проти риски планки роблять відлік кута й квадранта (ємнісного або індуктивного), у якім перебуває вектор струму.

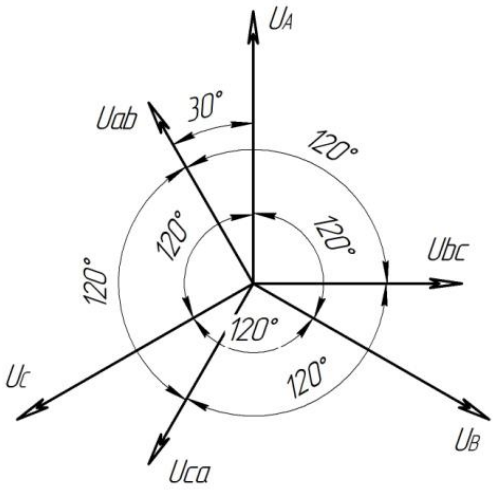


Рис. 1.4. Приклад побудови векторної діаграми напруги

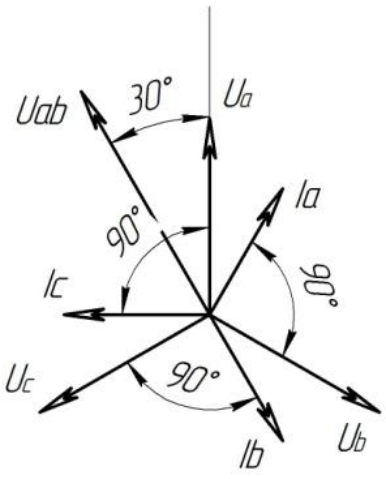


Рис. 1.5. Приклад побудови векторної діаграми напруги і струмів при встановленні на нуль по струму ВАФ-85М

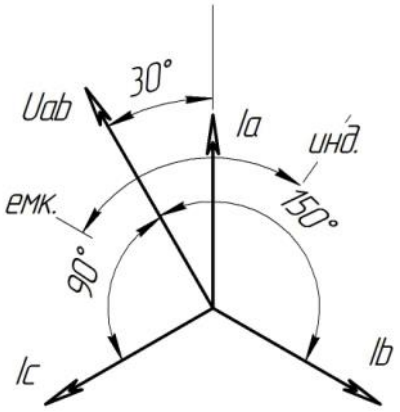


Рис. 1.6. Приклад побудови векторної діаграми струмів

Необхідно пам’ятати, що відлік кутів ведеться від вектора $U_{ав}$ за годинниковою стрілкою при індуктивному навантаженні й проти годинникової стрілки – при ємнісному, як показано на рисунку 1.6.

За знятими показниками будують векторну діаграму струмів.

1.2. Порядок виконання роботи

1. Перевірити фазопокажчиком чергування фаз на первинній і вторинній сторонах трансформатора напруги ТН.

2. Зібрати схему лабораторної роботи рис. 1.1.

3. Зняти показання ватметра й амперметрів, включених у вторинні кола трансформаторів струму, і занести в таблицю 1.1.

4. Зняти векторну діаграму напруг у вторинних колах трансформатора напруги ТН приладом ВАФ-85М. Показання приладу занести в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2

Показання приладів при знятті векторної діаграми напруг у вторинних колах ТН приладом ВАФ-85М

Кут вимірюваної напруги відносно опорної напруги, $U_{ав}$				
φ_{bc}	φ_{ca}	φ_a	φ_b	φ_c

5. Побудувати векторну діаграму лінійних і фазних напруг по даним таблиці 1.2

6. Встановити первинні струми фаз і записати їхні значення

I_a =____A, $I_в$ =____A , I_c =___ A .

7. Зняти векторну діаграму струмів у вторинних колах трансформаторів струму приладом ВАФ-85М. Показання приладу занести в таблицю 1.3.

8. Побудувати векторну діаграму фазних струмів за даними таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Показання приладів при знятті векторної діаграми струмів у вторинних колах ТС приладом ВАФ-85М

Правильне з'єднання			Неправильне з'єднання		
Кут вимірюваного струму відносно опорної напруги $U_{ав}$			Кут вимірюваного струму відносно опорної напруги $U_{ав}$		
φ_a	φ_b	φ_c	φ_a	φ_b	φ_c

1.3. Зміст звіту

1. Найменування лабораторної роботи та її мета.
2. Таблиця характеристик апаратів і приладів, використовуваних у лабораторних роботах.
3. Схема лабораторної роботи.
4. Лицьова панель приладу ВАФ-85М.
5. Таблиці показання приладів.
6. Векторні діаграми струмів і напруг трансформаторів струму та напруги.
7. Висновки по виконаній роботі.

1.4. Контрольні питання

1. Призначення та принцип роботи ТС і ТН.
2. Що таке клас точності ТС і ТН?
3. Область застосування ТС і ТН по класу точності.
4. Що таке кутова похибка ТС і в яких випадках вона повинна враховуватися?
5. Конструкція ТС і ТН.
6. Схеми з'єднання вторинних обмоток ТС. Як визначається правильність схем з'єднання ТН?

Література для підготовки [1-7]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ВИВЧЕННЯ РОЗ'ЄДНУВАЧА ТИПУ РНДЗ-1/35 І ПРИВОДА ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ДО НЬОГО

Мета роботи: вивчення пристрою роз'єднувача, механічних і електричних блокувань привода. Дослідження привода дистанційного керування роз'єднувача УМП-ІІ. Вивчення схеми управління привода УМП-ІІ.

2.1. Теоретичні відомості

Найбільшого поширення набули роз'єднувачі зовнішньої установки горизонтально-поворотного типу. На тягових підстанціях їх використовують в 35–220 кВ. Конструкцію таких роз'єднувачів розглянемо на прикладі роз'єднувача типу РНДЗ 2-110 (рис. 2.1).

На рисунку 2.1 прийняті наступні позначення: 1 – основа; 2, 9 – колонки ізоляторів; 3 – зажими; 4 – гнучкий зв’язок; 5 – ніж; 6 – пальцеві ламелі; 7 – лопатка; 8 – контакт для заземлюючого ножа; 10 – підшибник колонки; 11 – заземлюючі ножі; 12 – ричаг; 13 – тяга; 14 – вал; 15 – привід.

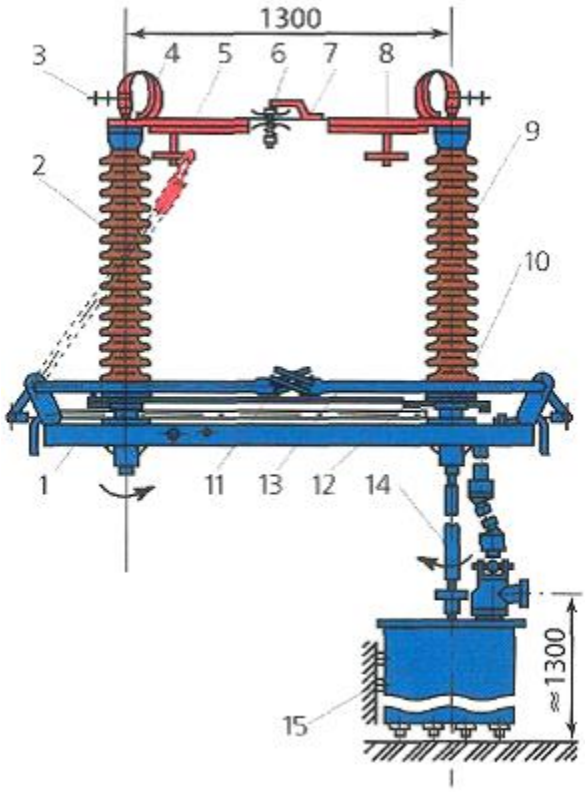


Рис. 2.1. Роз'єднувач горизонтально-поворотного типу РНДЗ-2-110

Роз'єднувачі типу РНДЗ та РДЗ відносять до роз'єднувачів горизонтально-поворотного типу. Широке використання цих роз'єднувачів пояснюється значно меншими габаритами та більш простим механізмом керування. В цих роз'єднувачах головний (робочий) ніж складається з двох частин, які переміщуються в горизонтальній площині при повороті колонок ізоляторів, на яких ці дві частини закріплюються.

Один полюс є головним, до нього приєднується привод. Рух до двох інших полюсів (другорядних) передається тягами. Роз'єднувачі можуть мати один чи два заземлюючі ножа. Контактна частина роз'єднувача складається з ламелів, закріплених на кінці одного ножа та контактної поверхні на кінці іншого ножа.

При вмиканні ніж входить між ламелями. Тиск в контакті створюється пружинами. В горизонтально-поворотних роз'єднувачах при вимиканні ніж, начебто «ламається» на дві частини, тому значно полегшується робота привода у випадку обмерзання контактів.

На рисунку 2.1 показаний увімкнутий стан роз'єднувача типу РНДЗ-2-110, а також його елементи.

В лабораторії наявний вимикач на 35 кВ з одним заземлюючим ножем РНДЗ-1-35

При виконанні лабораторної роботи необхідно звернути увагу на дію кінцевого вимикача моторного привода, який припиняє роботу мотора в циклах включення й відключення роз'єднувача. Кінцевий вимикач розташований у корпусі моторного привода. В кінці циклу включення або відключення перемикаються його контакти 1Л та 2Л. Процес перемикання контактів супроводжується різким клацанням.

Розглянемо **схему дистанційного управління приводом УМП-II** (рис. 2.2).

На рисунку 2.2 прийняті наступні позначення: FU1, FU2 – запобіжники; SBC1 – кнопка включення (місцеве керування); SBC2 – кнопка включення (дистанційного); SBT1 – кнопка відключення (місцеве керування); SBT2 – кнопка відключення (дистанційного); KL1, KL2 – кнопки проміжного реле в схемі телекерування; AK – блок-контакти із схеми керування вимикачем; M – електродвигун; LM – обмотка збудження електродвигуна; SAB1, SAB2 –

контакти кінцевого перемикача; HLG, HLR – лампочки (зелена та червона); KQSC – реле повторювач ввімкненого положення та його контакти KQST – реле повторювач відключеного положення та його контакти R – опір.

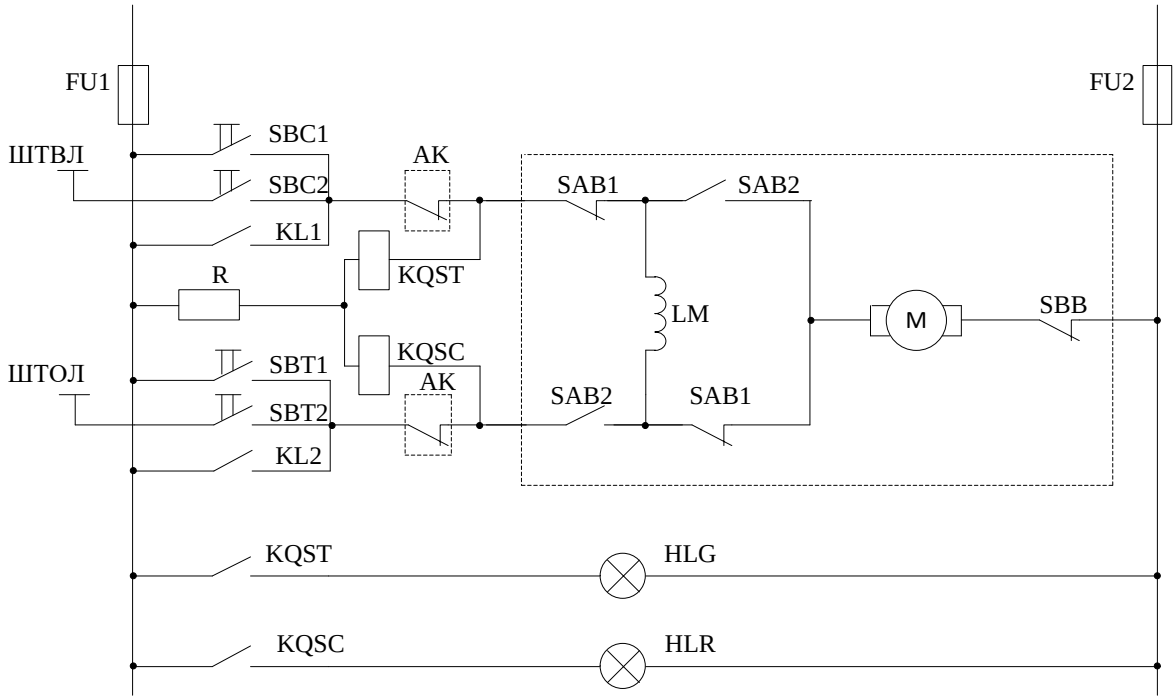


Рис. 2.2. Схема керування моторним приводом роз’єднувача УМП-II

Розглянемо принцип роботи схеми. Початковий стан схеми вказує на відключене положення роз’єднувача: струм протікає по ділянці FU1 – R – KQST – SAB1 – M – SBB – FU2. Реле-повторювач відключеного положення роз’єднувача KQST знаходиться у збудженому стані та замикає свій контакт в колі з зеленою лампою HLG (горіння зеленої лампи вказує на відключене положення).

Опір R в колі необхідний для обмеження струму через обмотку збудження LM та електродвигун M, що не дозволяє спрацювати останньому, але достатній щоб реле повторювач (KQST або KQSC) знаходилось у збудженому стані.

Ввімкнення двигуна приводу можливе 3 способами: місцевим та дистанційним керуванням, телекеруванням (кнопки SBC1, SBC2 або контакти KL1). При замиканні кнопки ввімкнення створюється коло для проходження струму FU1 – SBC1 – AK – SAB1 – LM – SAB1 – M – SBB – FU2 через електродвигун M та обмотку збудження LM. Двигун, повертаючи вал, вмикає роз’єднувач. В кінці процесу ввімкнення спеціальна шайба на вихідному валу приводу своїм виступом перекидає контакти SAB1 та SAB2, коло розмикається, двигун зупиняється. Реле повторювач ввімкненого положення KQSC збуджується FU1 – R – KQSC – SAB2 – LM – SAB2 – M – SBB – FU2, замикає свої контакти та загоряється червона лампа HLR, що сигналізує про ввімкнене положення роз’єднувача.

Відключення відбувається за допомогою кнопок SBT1, SBT2 або контакту KL2 по колу FU1 – SBT1 – AK – SAB2 – LM – SAB2 – M – SBB –

FU2. Двигун, повертаючи вал, відключає роз’єднувач. Контакти SAB1 та SAB2 знову перемикаються. Схема повертається до початкового стану.

2.2. Порядок виконання роботи

1. Вивчити пристрій фази роз'єднувача РНДЗ.
2. Заземлюючий ніж поставити у відключене положення.
3. Відкрити кришку моторного привода. Натиснути кнопку пуск SBC1 і спостерігати процес роботи привода на включення.
4. Зробити спробу включити заземлюючий ніж, звернувши особливу увагу на положення фасонних шайб механічного блокування, перешкоджаючих включенню заземлюючих ножів.
5. Натиснути кнопку стоп SBT1 і спостерігати процес роботи привода на відключення.
6. Включити заземлюючий ніж, звернувши увагу на положення фасонних шайб механічного блокування, що дозволяють включення заземлюючих ножів.
7. Процес включення й відключення роз'єднувача повторити не менше трьох раз, спостерігаючи за роботою черв'ячної пари моторного привода наприкінці циклів включення й відключення.
8. Відключити живлення пульта керування моторним приводом. Зробити двох-трьох кратне ручне включення роз'єднувача за допомогою рукоятки для ручного включення, прикладеної до моторного привода.

2.3. Зміст звіту

1. Найменування лабораторної роботи та її мета.
2. Ескіз фази роз'єднувача з моторним приводом (рис. 2.1).
3. Схема універсального моторного привода УМП-II (рис. 2.2).
4. Висновки по виконаній роботі.

2.4. Контрольні питання

1. Призначення й класифікація роз'єднувачів.
2. Моторний привод роз'єднувача зовнішньої установки – улаштування, схема, розшифрування літерних позначень.
3. Види блокувань між роз'єднувачем і вимикачем.

Література для підготовки [1-7]

Лабораторна робота № 3

ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАКУУМНОГО ВИМИКАЧА СЕРІЇ ВВ/TEL

Мета роботи: вивчення конструкції, технічних характеристик і основних параметрів вакуумного вимикача серії ВВ/TEL.

3.1. Теоретичні відомості

Призначення і область застосування вакуумних вимикачів серії ВВ/TEL

Вимикачі вакуумні серії ВВ/TEL (рис. 3.1) призначені для комутації електричних кіл з ізольованою нейтраллю при нормальному та аварійному режимах в мережах змінного струму частоти 50 Гц номінальною напругою 10…24 кВ.

Рис. 3.1. Загальний вигляд вимикача серії ВВ/TEL

На рисунку 3.1 прийняті наступні позначення:

1 – контактні виводи;

2 – полюси вимикача;

3 – корпус привода.

В основі принципу управління вимикача лежить використання пофазних електромагнітних приводів з «магнітною защіпкою», механічно пов'язаних загальним валом.

Така конструкція вимикача ВВ/TEL дозволила досягти наступних відмітних особливостей апарату в порівнянні з традиційними вакуумними вимикачами:

- високий механічний ресурс;
- мале споживання електроенергії по колах включення і відключення;
- малі габарит і вага;
- можливість управління як по колах оперативного постійного струму, так і оперативного змінного;
- відсутність необхідності ремонту протягом усього терміну служби;
- низька трудомісткість виробництва і, як наслідок, помірна ціна.

Гасіння електричної дуги

Вакуумні вимикачі являють собою герметизовані камери, з яких відкачано повітря. Тиск середовища в камері, де розміщені контакти, мізерно низький і становить 1,33 (0,01–0,001) Па, тому при розмиканні контактів не утворюється потужна дуга, так як дуже розряджене середовище, яке могло б бути іонізоване. Внаслідок цього тривалість горіння дуги у вакуумних камерах вимикачів, як правило, не перевищує 0,01 с. Процес гасіння дуги виглядає так. При розходженні контактів зменшується площа їхнього зіткнення, що призводить до різкого підвищення температури поверхонь, що контактують. Між поверхнями контактів утворюється місток з розплавленого металу, який дуже швидко нагрівається і випаровується. У середовищі парів металу загоряється дуга. Глибокий вакуум сприяє швидкій дифузії заряджених частинок в навколишній простір, не іонізуючи його. Дуга гасне при першому переході струму через нуль. Електрична міцність між контактами відновлюється приблизно через 10 мкс.

Конструкція вимикача

Приклад виконання вимикача ВВ / TEL на 10 кВ представлений на рисунку 3.2. Вимикач вакуумний серії ВВ/TEL складається з трьох полюсів, встановлених на загальних підставах. Всі три полюси мають однакову конструкцію.

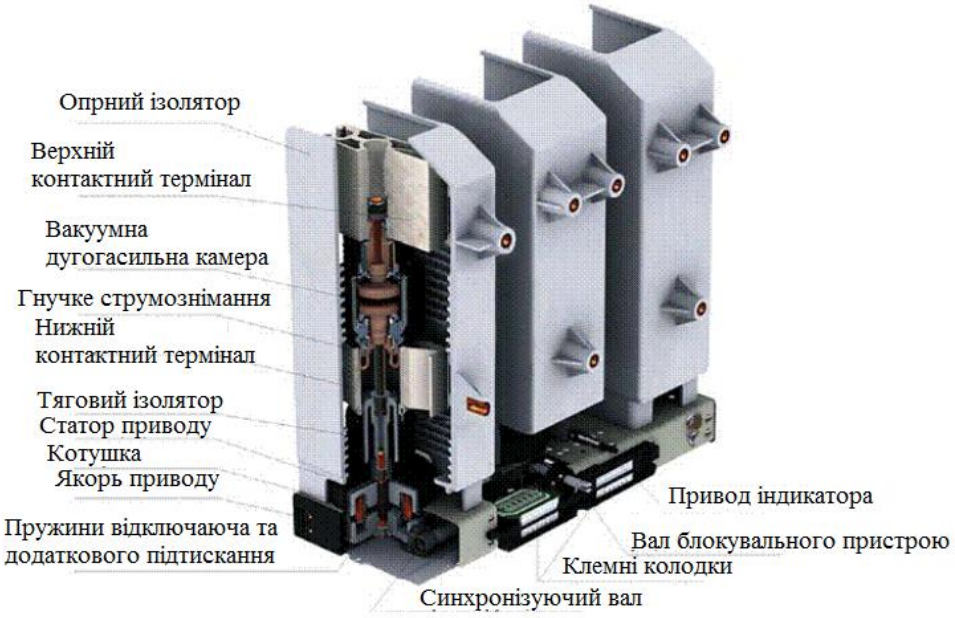


Рис. 3.2. Приклад конструкції вимикача ВВ/TEL-10-31.5 / 2000 (1600)

Привід вимикача складається з електромагнітів (по одному на кожну фазу), електрично з'єднаних між собою паралельно, і блоку управління (БУ). Кожен полюс складається з опорного ізолятора, виконаного з органічного ізоляційного матеріалу, деталей головних кіл (ВДК і струмознімання), що розміщуються всередині опорного ізолятора, і електромагніту, який розташований в загальних підставах вимикача і з'єднаний з рухомим контактом ВДК тяговим ізолятором. Схема пристрою полюса вимикача представлена на рисунку 3.3, де умовно показаний тільки один полюс вимикача, а два інших з'єднані з ним загальним валом.

Механічно якоря 11 приводних електромагнітів вимикача з'єднані між собою загальним валом 14, який в процесі включення і відключення

повертається навколо своєї поздовжньої осі і забезпечує виконання таких функцій:

- управління покажчиком положення вимикача «Увімкнути-Вимкнути»;
- ручне відключення вимикача при аварійних ситуаціях;
- управління контактами для зовнішніх допоміжних кіл за допомогою постійного магніту;
- запобігання спрацьовування вимикача в неповнофазному режимі.

Робота приводу. Включення вимикача

У початковому стані контакти вакуумної дугогасильної камери розімкнуті за рахунок впливу на них відключаючої пружини 10 через тяговий ізолятор 5 (див. рис. 3.3). При подачі напруги позитивної полярності до котушки 11 електромагніту в зазорі магнітної системи (рис. 3.4) наростає магнітний потік.

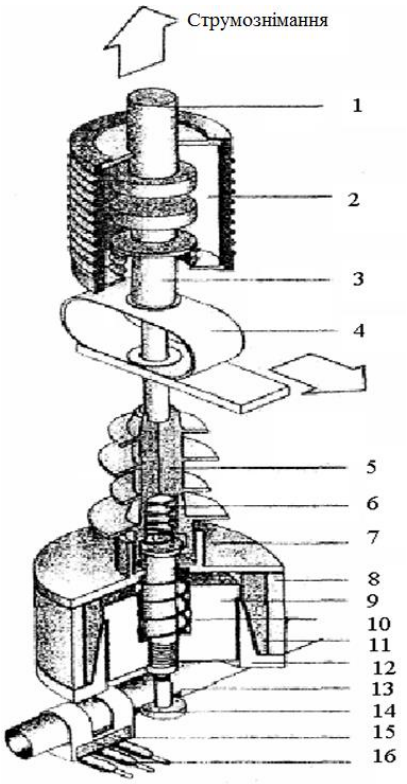


Рис. 3.3. Полюс вимикача серії ВВ / TEL

На рисунку 3.3 прийняті наступні позначення:
1 – нерухомий контакт ВДК;
2 – вакуумна дугогасильна камера;
3 – рухомий контакт ВДК;
4 – гнучке струмознімання;
5 – тяговий ізолятор;
6 – пружина підтискання;
7 – верхня кришка;
8 – кільцевий магніт;
9 – якір;
10 – відключаюча пружина;
11 – котушка;
12 – нижня кришка;
13 – вал;
14 – пластина;
15 – постійний магніт;
16 – геркони (контакти для зовнішніх допоміжних кіл)

При замиканні контактів вакуумної камери в магнітній системі залишається зазор додаткового підтискання, рівний 2 мм. Швидкість руху якоря різко падає, так як йому доводиться долати ще й зусилля пружини додаткового контактного підтискання 6. Однак під впливом зусилля, створюваного магнітним потоком і інерцією, якір 9 продовжує рухатися вгору, стискаючи пружину відключення 10 і пружину 6 додаткового контактного підтискання.

У момент замикання магнітної системи якір стикається з верхньою кришкою приводу 7 і зупиняється. Рухова ЕРС стає рівною нулю, в котушці 11 знову починає збільшуватися струм. У цей період формується необхідна залишкова індукція кільцевого постійного магніту (запасається магнітна

енергія, необхідна для утримання вимикача у включеному стані). Після закінчення процесу включення струм котушки приводу відключається.

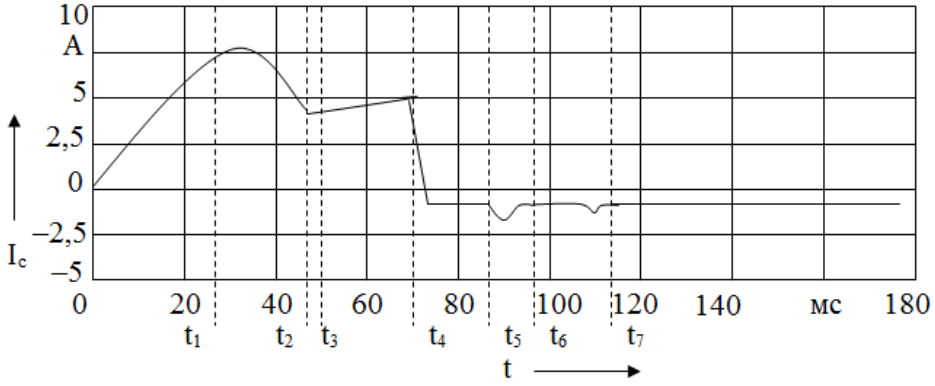


Рис. 3.4. Зміна струму в котушці приводу при перехідному процесі

Вимикач залишається у включеному положенні за рахунок залишкової індукції, що створюється кільцевим постійним магнітом 8, який утримує якір 9 в притягнутому до верхньої кришки 7 положенні без додаткового струмового підживлення. У такому положенні якір залишається необмежено довго, поки постійний магніт не буде розмагнічений імпульсом струму негативної полярності або магнітна система не буде розірвана механічно (ручне відключення). Даний принцип утримання комутаційного апарату у включеному положенні, відомий в електротехніці під назвою «магнітна защіпка», широко застосовується в слабкострумових апаратах (поляризовані реле). Сучасні досягнення в області магнітотвердих матеріалів дозволили реалізувати на цьому ж принципі силовий комутаційний апарат. Запас по зусиллю утримання (сила, необхідна для відриву якоря 9 від верхньої кришки 7) становить 450–500 Н для одного полюса вимикача, тобто 1350–1500 Н для вимикача в цілому, що цілком достатньо для надійного утримання вимикача у включеному положенні навіть в умовах впливу на вимикач вібрацій і ударних навантажень.

Відключення вимикача

Для відключення вимикача необхідно прикласти до виводів котушки напругу негативної полярності (див. рис. 3.4, лінія t5). Струм, що протікає по обмотці (див. рис. 3.3), розмагнічує магніт 8. Якір 9 електромагніта під тиском пружини відключення 10 і пружини додаткового контактного підтискання 6 розганяється і завдає удар по тяговому ізолятору 5, з'єднаному з рухомим контактом 3 вакуумної камери. Ударне зусилля, що створюється якорем електромагніта, перевищує 200 кгс, що сприяє розриву точок зварювання, які можуть виникати між контактами при пропущенні струму короткого замикання. Крім того, рухомий контакт 3 вакуумної камери фактично миттєво набуває високу стартову швидкість, що позитивно позначається на відключенні струму КЗ.

Після згаданого вище удару якір 9 електромагніту рухається вниз разом з рухомим контактом 3 вакуумної камери і тяговим ізолятором 5 під дією пружини відключення, поки всі деталі не займуть вихідного положення.

Привід з магнітною засувкою вимагає незначної енергії для «скидання» засувки. При відключенні від джерела постійної напруги час прикладення напруги зазвичай обмежується 10 мс. При цьому струм в колі відключення не перевищує 1,5 А при напрузі 220 В.

Якоря електромагнітів всіх полюсів вимикача з'єднані між собою загальним валом 13. При русі якорів пластина 14, що входить в проріз вала 13, повертає вал, а разом з ним і закріплений магніт 15, який управляє герметизованими контактами для зовнішніх допоміжних кіл 16.

3.2. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з принципами дії вакуумних вимикачів з магнітною засувкою.

2. Провести вимірювання часу включення і відключення вимикача. Зібрати схему (рис. 3.5) і виміряти час руху рухомих частин вимикача і занести дані в таблицю 3.1. Значення часу руху не повинно відрізнятися від паспортних даних більш ніж на ± 10%. Розібрати схему.

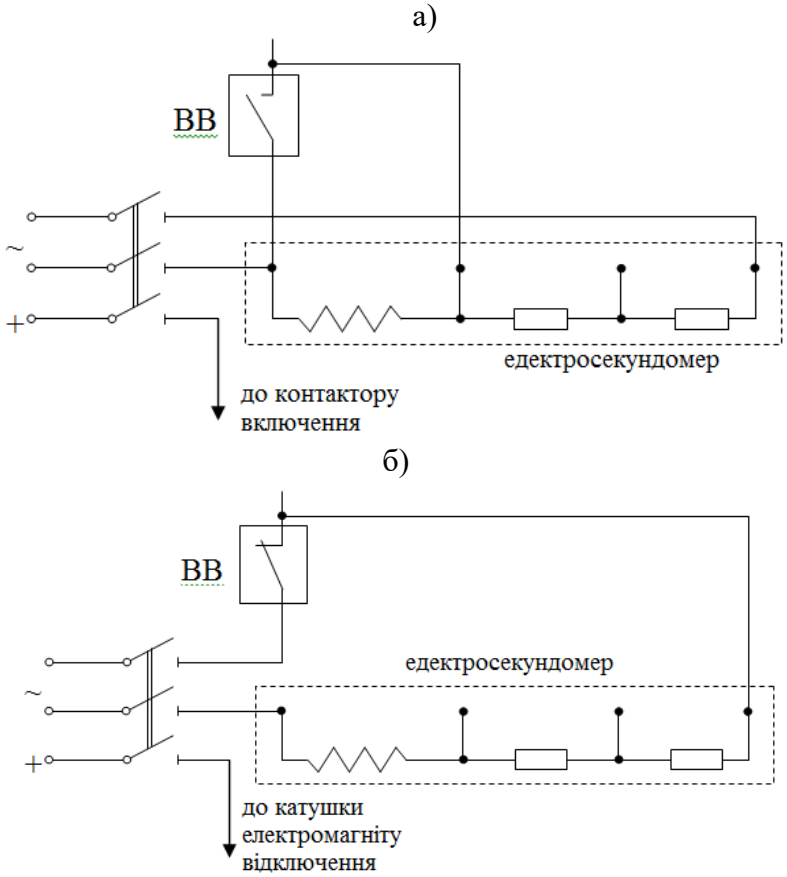


Рис. 3.5. Схема вимірювання часу включення (а) і відключення (б) вимикача

Таблиця 3.1

Результати вимірювання

		Дослід №1	Дослід №2	Дослід №3
Час включення вимикача, мс	за результатами досліду			
	паспортні дані			
	розбіжність, %			
Час відключення вимикача, мс	за результатами досліду			
	паспортні дані			
	розбіжність, %			

3. Перевірити роботу вимикача триразовим ввімкненням і вимкненням через блок управління.

4. Провести включення і відключення вимикача по радіозв'язку.

3.3.Зміст звіту

1. Найменування лабораторної роботи та її мета.
2. Конструкція полюсу вимикача серії ВВ / TEL (рис. 3.3).
3. Схема лабораторної роботи (рис. 3.5).
4. Результати вимірювань (табл. 3.2).
5. Висновки по виконаній роботі.

3.4. Контрольні питання

1. Поясніть роботу полюса вимикача серії ВВ / TEL.

2 Поясніть роботу приводу при включенні і відключенні вимикача.

3 Поясніть, чим спричиняється зниження швидкості спрацьовування вимикача.

Література для підготовки [5, 9]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ВИМІР ОСНОВНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ МАСЛЯНОГО ВИМИКАЧА

Мета роботи: Вивчити конструкцію масляного вимикача. Виміряти перехідний опір контактів масляного вимикача. Виміряти час включення й відключення масляного вимикача. Перевірити одночасність замикання контактів масляного вимикача.

4.1. Теоретичні відомості

Конструкція вимикача ВМП-10

Вимикач ВМП-10 (вимикач масляний підвісний) на напругу 10 кВ для внутрішньої установки представлений на рисунку 4.1.

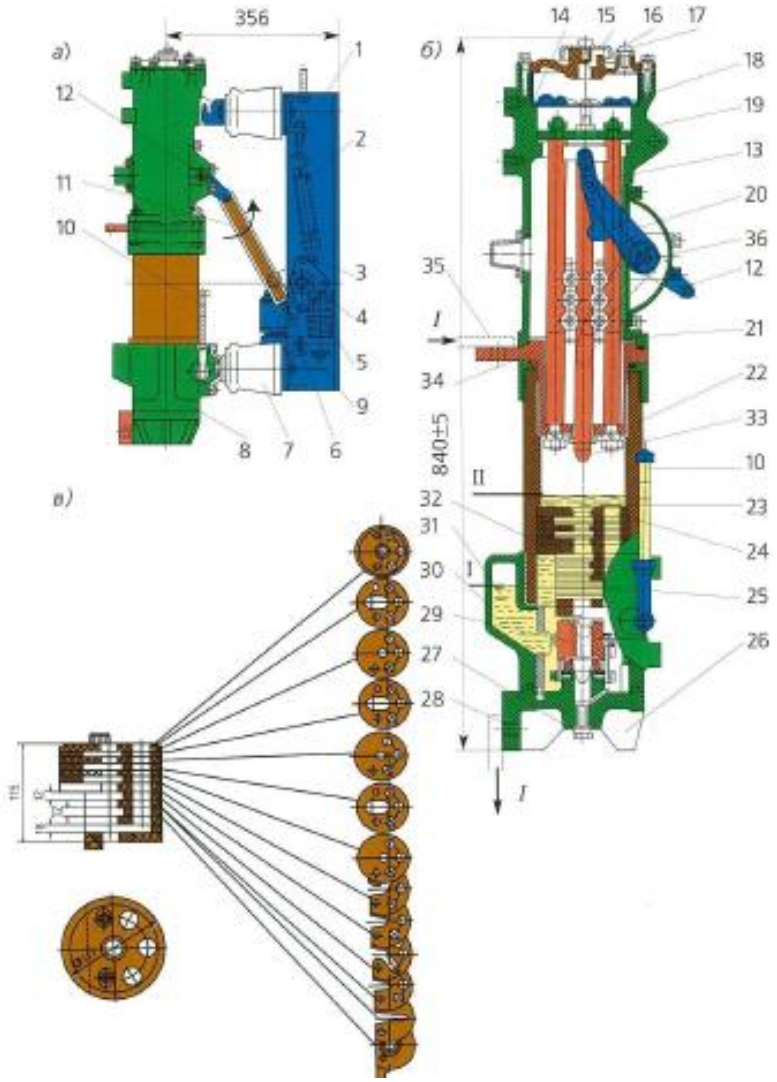


Рис. 4.1. Вимикач ВМП-10:
а – зовнішній вигляд вимикача; б – розріз фази вимикача; в – дугогасна камера

На рисунку 4.1 використані наступні позначення: 1 – сталева рама; 2 – пружина відключення; 3 – двуплечний важіль; 4 – вал вимикача; 5 – пружинний демпфер; 6 – болт заземлення; 7 – опорний ізолятор; 8 – бачок фази; 9 – масляний демпфер; 10 – масло вказівник; 11 – ізолююча тяга; 12 – ричаг; 13 – випрямляючий механізм; 14 – масловіддільник; 15 – канал для виходу газу; 16 – кришка; 17 – пробка масло наливного отвору; 18 – отвір масловіддільника; 19 – корпус; 20 – ричав; 21 – контактний стрижень; 22 – скло епоксидний циліндр; 23 – центральний канал камери; 24 – бічний вихлопний канал; 25 – дугогасна камера; 26 – нижня кришка фази; 27 – масло спускна пробка; 28 – шина відведення; 29 – нерухомий контакт; 30 – нижній

фланець; 31 – буферний простір; 32 – масляний карман; 33 – рухомий контакт; 34 – верхній вивід; 35 – підходяща шина; 36 – струмоз'ємні ролики.

На сталевій рамі 1 встановлено шість опорних ізоляторів 7, на яких змонтовані три полюси (фази) 8 вимикача (на рисунку 4.1,а показано два ізолятори і один полюс). В підшипниках рами вільно обертається вал 4, на якому закріплені три двухплечних важеля 3 навпроти кожного полюса. Важелі одним плечем з'єднуються з ізоляційною тягою 11, а іншим – з пружиною відключення 2. Для амортизації при включенні та відключенні вимикач обладнаний масляним 9 та пружинним 5 демпферами. Болт 6 слугує для заземлення рами вимикача. Ізоляційна тяга 11 пов'язує ричав валу вимикача з важелем 12 валу полюса. Рівень масла в вимикачі контролюється масло вказівником 10.

Конструктивне виконання одного полюса вимикача показано на рисунку 4.1,б. До циліндра 22, виконаного з склоепоксиду, прикріплені нижній 30 та верхній 34 фланці. Фланець 30 має буферну порожнину 31, знизу закритий кришкою 26, на якій розташований нерухомий розетковий контакт 29 та маслопускна кнопка 27. Шина струмовідведення 28 прикріплена до кришки за допомогою болтів. Над розетковим контактом 29 знаходиться камера поперечного дуття 25. Всередині корпусу 19 змонтований рухомий контакт зі з'ємним наконечником 33, що має облицювання з металокераміки. Рухомий контакт приводиться в дію важелем 20 на валу полюса, які з'єднані між собою через випрямляючий механізм 13, що перетворює обертальний рух вала в поступальний – стрижня. Струмознімання з рухомого контактного стрижня на нерухомі 21 здійснюється за допомогою роликів 36. Підведення струму від шини підведення 35 до стрижнів 21 здійснюється через фланець 34, до якого вона кріпиться болтами. Корпус полюсу зверху закритий пластмасовою кришкою 15 з масло наливним отвором, в який закручується пробка 17.

Дугогасна камера поперечного масляного дуття (рис. 4.1,в) складається з пакету текстолітових пластин. Пластини верхньої частини камери круглі та мають центральний отвір 23 для проходу контактного стрижня. Частина пластин мають отвори подовженої форми. Це дозволяє при зборці камери створити спеціальні масляні кармани 32 (рис. 4.1,б). Окрім центрального отвору верхні пластини мають ще три (в деяких камерах – два) отвори, завдяки яким у зібраній камері створюються вертикальні канали дуття 24, які в нижній частині переходять у горизонтальні.

Процес гасіння дуги у вимикачі показаний на рисунку 4.2. У включеному положенні рухомий контактний стрижень 6 знаходиться в розеточному контакті 3. При відключенні стрижень виходить з розеточного контакту та виникає електрична дуга. Під дією високої температури масло генерує гази, навколо дуги виникає газовий пузир, тиск в камері підвищується та повітря в буферній порожнині А стискається. Коли при русі стрижні вгору відкриваються дуттьові горизонтальні канали, стиснуте повітря витискає в них масло та гази, здійснюючи поперечне дуття, розтягуючи дугу та

проводячи її інтенсивну деіонізацію. Масло та гази по вертикальним дуттьовим каналам викидаються з дугогасної камери в верхню частину полюса. Гази через отвори 18 у масляний відділ 14 (рис. 4.2,б) та далі по каналу 15 у верхній пластмасовій кришці виходять з вимикача. Масло через масловіддільник не проходить, воно стікає по стінкам циліндра вниз та через отвори 23 та 24 камери повертається в нижню частину полюса.

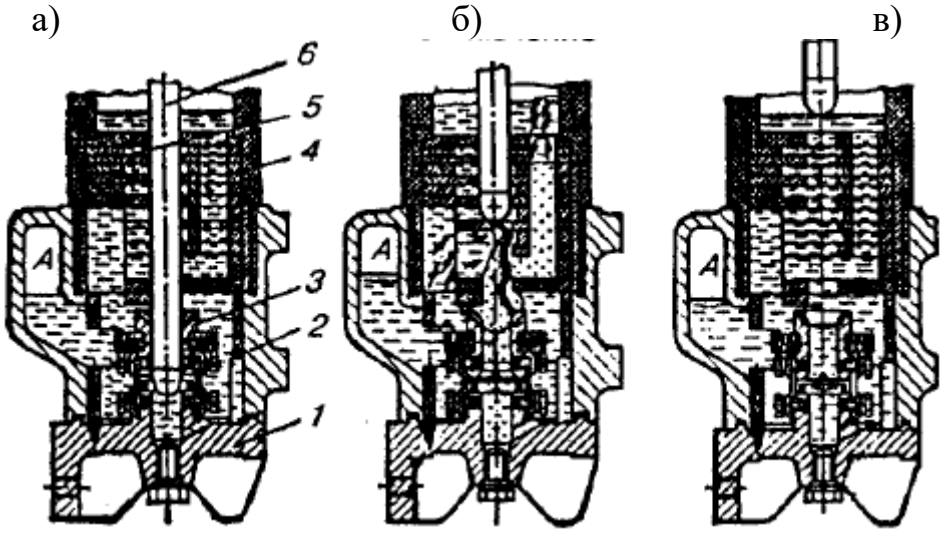


Рис. 4.2. Процес гасіння дуги в дугогасній камері вимикача ВМП-10:
а – включений; б – відключення; в – відключений

Якщо відключаються невеликі струми, то тиск в камері може бути недостатнім для швидкого погашення дуги. Вона тягнеться за стрижнем та в верхній частині камери випарює масло в масляних карманах 5 (рис. 4.2), створюючи зустрічно-радіальне дуття, яке гасить дугу. Масло в процесі гасіння фактично не витрачається, однак, насичується частинками металу електродів, зваженим вуглецем – продуктом розкладу масла, твердими механічними домішками і водою. Тому масло після деякої кількості відключень міняють, для чого в кришці 1 нижнього фланця 2 наявна пробка. Після відключення рухомий контакт виходить з масла, ізоляцію між контактами здійснює циліндр 4 зі склоепоксиду.

ВМП-10 належить до вимикачів прискореної дії: власний час відключення вимикача з приводом складає 0,09 с, а повний – 0,11 с.

Вимірювання параметрів вимикача

Обчислення опору контактів засноване на рівності падінь напруг на контактах і мікроамперметрі.

Величина перехідного опору контактів фази вимикача при введенні в експлуатацію або після капітального ремонту наведена в таблиці 4.1.

Перевірку одночасності замикання контактів вимикача (рис. 4.3) виконують включенням вручну за допомогою спеціальної важільної системи, прикладеної до електромагнітного привода. Включення здійснюють повільним впливом важеля на привод, тому що тільки в цьому випадку можна зафіксувати неодночасність замикання контактів. При великій швидкості вимикання цього не визначити.

Таблиця 4.1

Величина перехідного опору контактів фази вимикача

№ п/п	Тип вимикача	$I_н$, А	$R_{конт}$, мкОм
1	МКП -110	600	1600
2	МКП - 35	600 - 1000	250
3	ВМК - 25	1000	120
4	ВМП - 10	600- 1000 - 1500	55 - 40 - 30

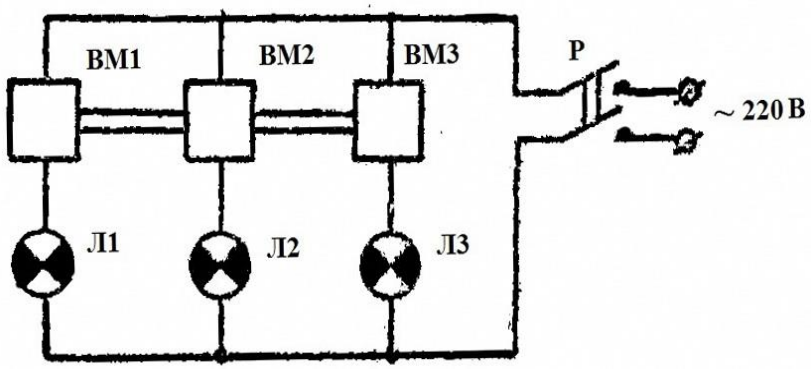


Рис. 4.3. Схема для перевірки одночасності замикання контактів масляного вимикача

4.2. Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему для виміру перехідного опору контактів (рис. 4.4).

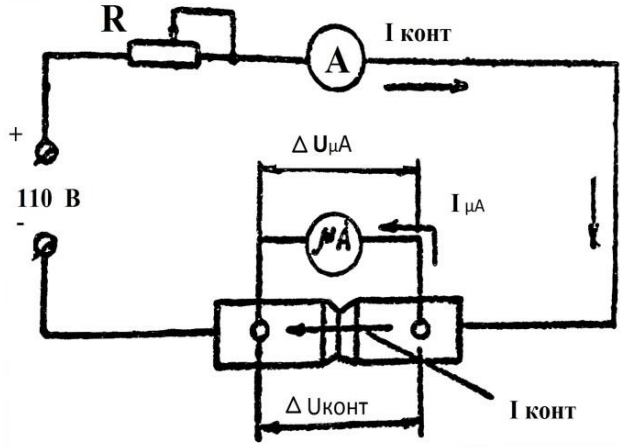


Рис. 4.4. Схема для виміру перехідного опору контактів

2. Встановити реостатом R струм у колі контактів I конт = 3…5 А.
3. Відрахувати число поділокпо мікроамперметру μА.
4. Показання приладів занести в таблицю 4.2.

У таблиці 4.2 позначено:

$I_{конт}$ – струм, що протікає через контакт вимикача;

R_{mA} – внутрішній опір мікроамперметра, Ом;

$C\mu A$ – ціна поділки мікроамперметра, А/ под.;

N – кількість відлічених поділок мікроамперметра;

I_{mA} – струм, що протікає через мікроамперметр, А;

$R_{конт}$ – обчислений опір контактів, Ом або мОм.

Таблиця 4.2

Показання приладів під час виміру перехідного опору контактів

№ п /п	$I_{конт}$, А	R_{mA}, Ом	$C\mu A$, А/под..	N, под.	I_{mA}, А	$R_{конт} = \frac{R_{mA} * I_{mA}}{I_{конт}}$, Ом
1	3	540	$1 \cdot 10^{-7}$			
2	4	540	$1 \cdot 10^{-7}$			
3	5	540	$1 \cdot 10^{-7}$			

5. Обчислити середнє значення опору контактів

$$R_{конт.сер} = \frac{R_{конт1} + R_{конт2} + R_{конт3}}{3}$$

6. Обчислене $R_{конт.сер}$ порівняти з нормованим значенням опору контактів для відповідного вимикача. Зробити висновок.

7. Перевірити одночасність замикання контактів масляного вимикача (рис. 4.3)

8. Зібрати схему для виміру часу включення масляного вимикача (рис. 4.5).

9. Виміряти час трьох включень і занести в таблицю 4.3.

10. Обчислити середній час включення вимикача й занести в таблицю 4.3

$$t_{вкл.сер} = \frac{t_{вкл.1} + t_{вкл.2} + t_{вкл.3}}{3}$$

11. Обчислене $t_{вкл.сер}$ порівняти з каталожним для відповідного вимикача**.** Зробити висновок.

12. Зібрати схему для виміру часу відключення масляного вимикача (рис. 4.6).

13. Виміряти час трьох відключень і занести в таблицю 4.3.

14. Обчислити середній час відключення вимикача й занести в таблицю 4.3.

$$t_{відкл.сер} = \frac{t_{відкл.1} + t_{відкл.2} + t_{відкл.3}}{3}$$

15. Обчислене $t_{відкл.сер}$ порівняти з каталожним для відповідного вимикача. Зробити висновок.

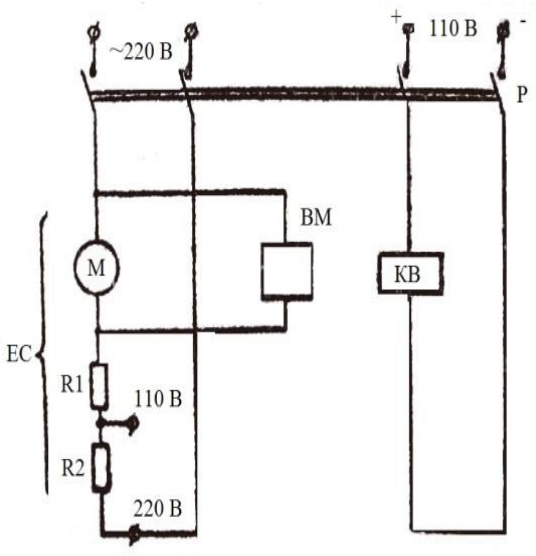


Рис. 4.5. Схема для виміру часу включення масляного вимикача

Таблиця 4.3

Показання приладів під час виміру часу включення масляного вимикача

№ п/п	Тип вимикача	Час включення $t_{вкл}$,с	$t_{вкл.сер}$, с	Час відключення $t_{відкл}$,с	$t_{відкл.сер}$,с
1	ВМП-10				
2	ВМП-10				
3	ВМП-10				
4	ВМП-10				

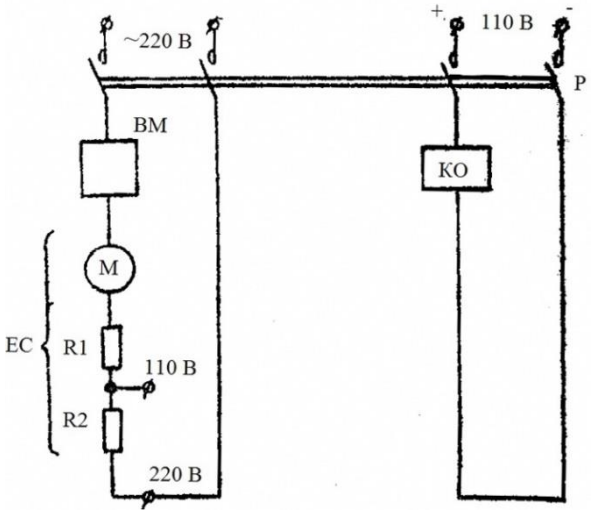


Рис. 4.6. Схема для виміру часу відключення масляного вимикача

4.3. Зміст звіту

1. Найменування лабораторної роботи і її мета.

2. Схеми виміру опору контактів, часу відключення й включення контактів, перевірки одночасності замикання контактів (рис. 4.4–4.6), таблиці вимірюваних і розрахованих величин (табл. 4.3 та 4.4).

3. Висновки по виконаній роботі.

4.4. Контрольні питання

1 Умови утворення й гасіння електричної дуги.

2. Гасіння електричної дуги змінного струму.

3. Призначення й класифікація вимикачів змінного струму.

9. Перелічити типи високовольтних вимикачів змінного струму й дати кожному коротку характеристику.

4. Улаштування і принцип роботи вимикача ВМП-10.

5. Процес гасіння дуги в дугогасній камері вимикача ВМП-10

6. Що таке електричний контакт?

7. Що таке перехідний опір контактів?

Література для підготовки [2, 4-7]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИВОДА ВИМИКАЧА ЗМІННОГО СТРУМУ І СХЕМИ КЕРУВАННЯ НИМ

Мета роботи: Вивчити кінематику приводу і його зв'язки з вимикачем. Вивчити схеми управління привода й дослідити її на ушкодження.

5.1. Теоретичні відомості

Вивчення кінематики привода ПЕ-11 виконують при знятому кожусі. Спеціальною важільною системою, прикладеною до привода, повільно переміщують вгору сердечник електромагніта, який своїм штоком впливає на ролик системи важелів привода. Спочатку необхідно вивчити взаємодію всіх елементів привода, а потім – привода з важільною системою пружинами, що й відключають, вимикач. Звернути особливу увагу на положення блок-контактів при включеному й відключеному положенні вимикача. Оперативне включення й відключення вимикача виконують ключем КУ, розташованим на щиті керування, аварійне відключення – шляхом порушення тимчасово стійкого стану привода впливом на рукоятку правої засувки. Аварійне миготіння зеленої лампи усувають квитуванням ключа керування.

Основні елементи схеми керування й сигналізації вимикача: КВ – котушка включення вимикача; КВМ – контактор включення масляного вимикача; КО –

котушка відключення вимикача; ПМВ – реле-повторювач включеного положення вимикача; ПМО – реле-повторювач відключеного положення вимикача; РСМ – реле сигналізації масляного вимикача; РМС1 і РМС2 – реле пульс-пари миготливої сигналізації; КУ – ключ керування; ЛК і ЛЗ – лампи червона й зелена.

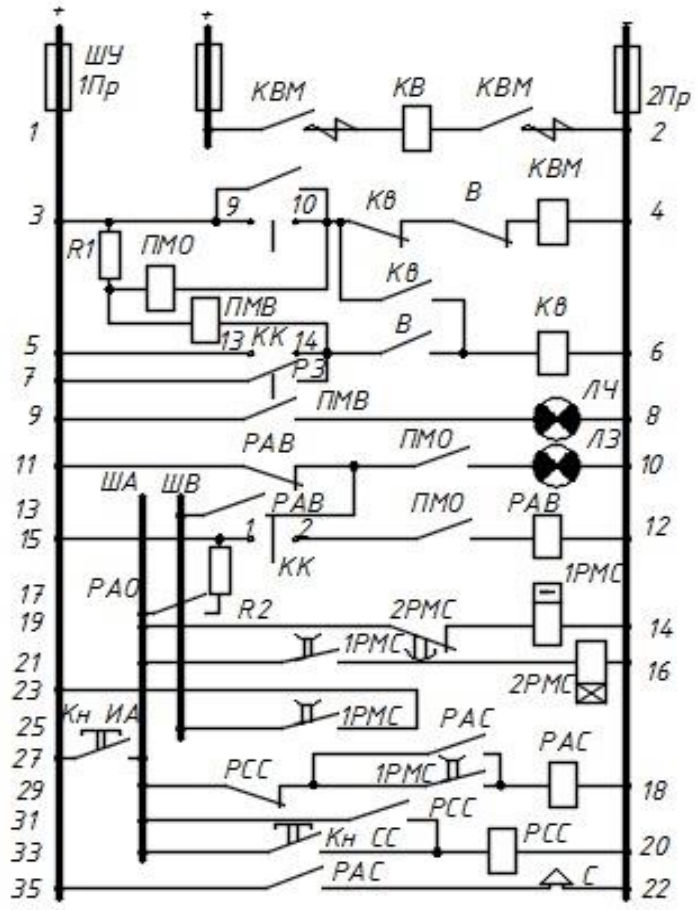


Рис. 5.1. Схема керування й сигналізації вимикача

Вмикання вимикачем здійснюють поворотом рукоятки ключа керування КК (див. рис. 5.1) на ввімкнення, при якому короткочасно замикаються його оперативні контакти 9–10 в колі 3–4 (у подальшому слово «коло» буде опущено) та збуджується контактор КВМ при замкнутому блок-контакті вимикача В, що вказує на його вимкнене положення та замкнутому блок-контакті котушки відключення КВ, що вказує на те, що в цей час не відбувається вимикання вимикача від релейного захисту. Контактами КВМ (1–2) замикається коло котушки ввімкнення Кв і відбувається ввімкнення вимикача, після чого блок-контакти В в колі 3–4 розмикаються, а в колі 5–6 замикаються.

Якщо ж ввімкнення вимикача здійснено на КЗ й спрацював релейний захист, то через замкнені контакти вихідного реле захисту РЗ й блок-контакти В замикається коло 7–6 на котушку відключення КВ, яка вимикає вимикач. При збудженні КВ роз'єднується її контакт КВ в колі 3–4 й припиняється живлення КВМ, а через контакт що замкнувся КВ у перемичці між КК й КВ (3–6) підтримується живлення котушки вимкнення КВ (3–4). Автоматичне ввімкнення відбувається контактом реле автоматичного ввімкнення ВА (3–4). Після ввімкнення вимикача його розмикаючим блок-контактом В (3–4) припиняється живлення КВМ, а замикаючим блок-контактом (5–6) замикається коло послідовно ввімкненим резистора R1, реле-повторювача ввімкненого положення масляного вимикача ПМВ й відключаючої котушки КВ. Струм, обмежений в цьому колі резистором R1, недостатній для спрацювання котушки КВ, але достатній для спрацювання реле ПМВ, яке вказує на ввімкнене положення масляного вимикача. Реле ПМВ своїм контактом замикає коло

червоної лампи ЛЧ (9–8). Ввімкнена червона лампа вказує на ввімкнене положення вимикача.

5.2. Порядок виконання роботи

1. Вивчити кінематику привода ПЕ-11 і його зв'язок з вимикачем ВМП-10.
2. Вивчити схему управління привода, оперативної й аварійної сигналізації вимикача (рис. 5.1).
3. Виконати 2–3 оперативних включення й відключення ключем керування й стільки ж аварійних відключень впливом на привод, спостерігати за сигналізацією.
4. Дослідити схему керування й сигналізації вимикача на предмет ушкодження її різних кіл і елементів.

5.3. Зміст звіту

1. Найменування лабораторної роботи і її мета.
2. Привод ПЕ-11 зі знятим кожухом; специфікація до нього.
3. Схема керування й сигналізації вмикача.
3. Висновки по виконаній роботі.

5.4. Контрольні питання

1.Типи приводів вимикачів.
2. Що являє собою механізм вільного розчіплювання й для чого він призначений?
3.Операції, виконувані вимикачем.
4. Пристрій і принцип роботи ПЕ-11.
5. Робота схеми управління вимикача.
Література для підготовки [2, 4-7]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОДІЮЧОГО ВИМИКАЧА ТИПУ АБ-2З1 І СХЕМИ КЕРУВАННЯНИМ

Мета роботи: Вивчити улаштування швидкодіючого вимикача, дугогасної камери та схеми керування вимикачем. Виміряти натискання головних контактів вимикача. Виміряти площі доторкання головних контактів і якоря з П-подібним магнітопроводом. Налаштувати швидкодіючий вимикач на струм відключення.

6.1. Теоретичні відомості

Основні елементи схеми керування й сигналізації швидкодіючого вимикача АБ-2/3: ДК – котушка, що тримає; ВК – котушка, що включає; ПА – реле-повторювач положення автомата; КВА – контактор включення автомата; БВА – реле блокування включення автомата; КПП – ключ перемикання полярності, що включає котушки; ШУ – шина керування; ЩДК – шина котушки, що тримає; ШС – шина сигналізації; РПЗЗ – контакти проміжного реле земляного захисту; ЛК і ЛЗ – сигнальні червона й зелена лампи.

Включити АБ-2/3. Закріпити динамометр за рухомий контакт. Повільним відтягуванням зафіксувати величину сили по динамометру в момент відходу рухомого контакту, від нерухомого.

Вимірювання натискання головних контактів порівняти з нормативними значеннями (300–350 Н). При відхиленні від норми вказати метод регулювання натискання контактів. Відключити АБ-2/3.

Закласти між головними контактами, якорем і П-подібним сердечником листочки звичайного й копіювального паперу. Включити, а потім відключити АБ-2/3. Витягти вкладені листочки. По відбитках на папері для письма визначити відсотки площ зіткнення головних контактів, якоря й П-подібного сердечника, зробити висновки про придатність АБ-2/3 до експлуатації.

У лабораторії відсутнє багатоамперне джерело живлення, від якого можна було б пропустити необхідний струм уставки $I_у$ через виток головного струму АБ-2/3. Тому настроювання АБ-2/3 на струм відключення виконують непрямим методом по каліброваній залежності $I_у=f(I_{вкл})$. У швидкодіючого вимикача типу АБ-2/4 є спеціальна калібрована котушка, насаджена на ту ж частину магнітопроводу, на якій розташований виток головного струму. Швидкодіючий вимикач типу АБ-2/3 не має такої котушки. Замість неї використовують котушку, що включає, ВК, у якої за допомогою ключа перемикача полярності КПП змінюють напрямок струму. Для включення швидкодіючого вимикача замикають контакти І і 3 КПП, а для відключення – контакти 2 і 4. Принцип настроювання швидкодіючого вимикача на струм уставки, наприклад, на 2І25А полягає в наступному. Котушка, що включає, з числом витків $\omega_{вкл}$.= 980 повинна створювати струмом $I_{вкл}$. таку ж МРС, як і виток головного струму $\omega_{гс}$ =1 при протіканні через нього струму уставки $I_у$ = 2125А, тобто $I_{вкл}\cdot 980 = 2125\cdot I$, звідки $I_{вкл}$= 2125/950=2,17 А.

Порядок настроювання швидкодіючого вимикача на заданий струм уставки. Знаходять $I_{вкл}$. КПП ставлять у положення, при якім замкнені контакти 1 і 3

Кнопкою КУА включають швидкодіючий вимикач. КПП перемикають у положення 2–4. Реостатом R5 плавно збільшують струм до моменту автоматичного відключення. Залежно від величини $I_{вкл}$ при автоматичному відключенні швидкодіючого вимикача регулюють повітряний зазор магнітопроводу, домагаючись відповідності $I_{вкл}$ струму $I_у$.

Улаштування та принцип роботи. Вимикачі АБ-2/4 мають магнітопровід у вигляді сталевого прямокутного бруска 14 (рис. 6.1) до якого з однієї сторони закріплений стрижень 11 утримуючої котушки 13, а з іншої – сердечник 16 у вигляді перевернутої букви П, що складається з ізольованих один від одного листів сталі. Кінець стрижня 11 з'єднують з бруском 8, на якому шарнірно на осі 22 розміщується спеціальної форми важіль 9. Між щоками цього важеля закріплений якір 19. На кінці бруска 8 розміщується регулюючий гвинт 21 для зміни повітряного зазору і тим самим регулювання струму уставки спрацювання вимикача.

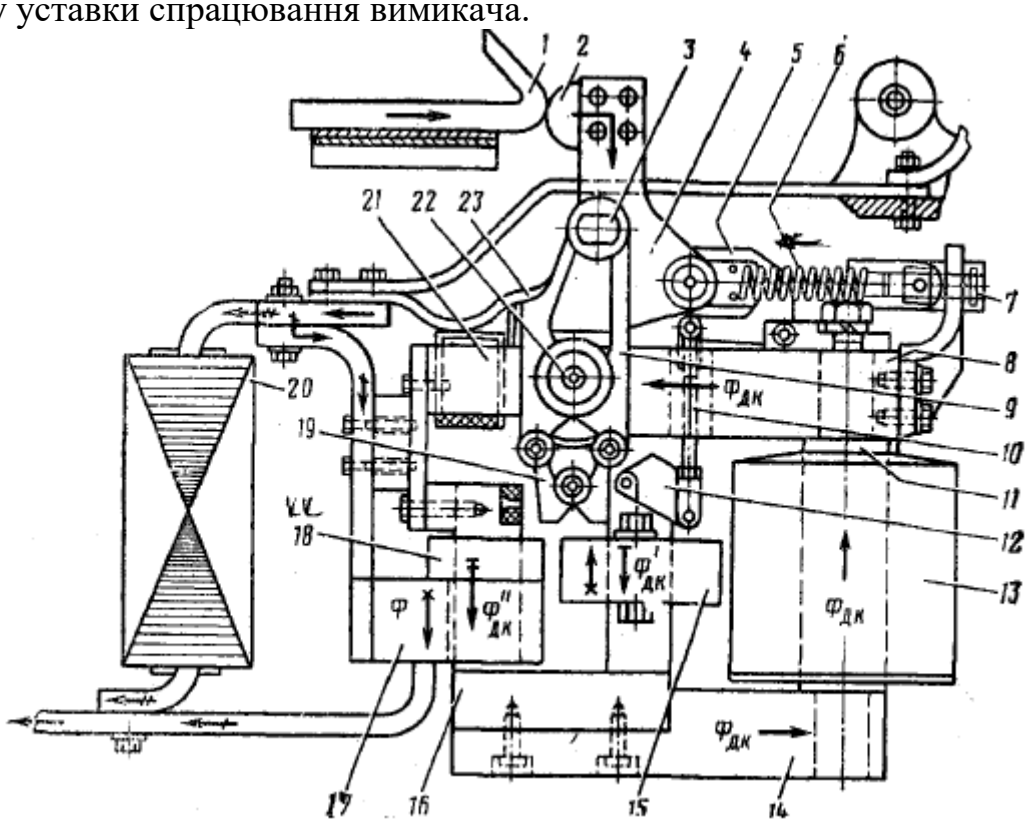


Рис. 6.1. Улаштування вимикача АБ-2/4

На правий кінець П-подібного сердечника надіта включаюча котушка 15, а на лівий – розмагнічуючий виток 17 котушки головного струму та допоміжна калібровочна котушка 18. У положенні *включено* якір 19 щільно притягнутий до сердечника 16 зі сторони включаючої котушки та утримується в такому положенні магнітним потоком утримуючої котушки 13, по якій протікає струм від джерела оперативного постійного струму. У положенні *відключено* якір 19 під дією відключаючої пружини 6 притиснутий до сердечника 16 зі сторони розмагнічуючого витка 17.

Для переводу якоря 19 в положення *включено* необхідно подати до включаючої котушки 15 струм такого напрямку, при якому магнітні потоки котушок 13 та 15 мали б однаковий напрямок. При переході якоря 19 у положення *включено* розтягуються пружини 6, які намагаються повернути контактний ричав 4 навколо вісі 3 до замикання рухомого контакту 2 з нерухомим контактом 1. Однак цьому перешкоджає якірець 12, що

притягується до скошеної частини П-подібного сердечника у момент подачі струму до включаючої котушки 15. Якірець 12 через тягу 10 впливає на скобу 5, яка, натискаючи на хвостовик важеля 4, не дозволяє замкнутися рухомому контакту 2 з нерухомим контактом 1. При знятті напруги у включаючій котушці якірець 12 утримується на П-подібному сердечнику лише силою магнітного потоку утримуючої котушки, яка легко долається пружинами 6. Пружини діючи на важіль 4, повертають його навколо вісі 3 та замикають рухомий та нерухомий контакти. Натяг пружин для створення необхідної швидкості руху контакту 2 забезпечується гвинтом 7. При включеному положенні вимикача струм проходить від нерухомого контакту 1 через рухомий контакт 2, гнучке з'єднання 23, паралельно з'єднані виток 17 головного струму та індуктивний шунт 20.

Оперативне відключення вимикача відбуваються шляхом зняття напруги з утримуючої котушки 13, після чого розтягнутими пружинами 6 рухомий контакт 2 швидко відводиться від нерухомого контакту.

Вимикач АБ-2/4 поляризований, тобто спрацьовує при протіканні струмів к.з. та перевантажень певного напрямку та не реагує на протікання струмів протилежного напрямку.

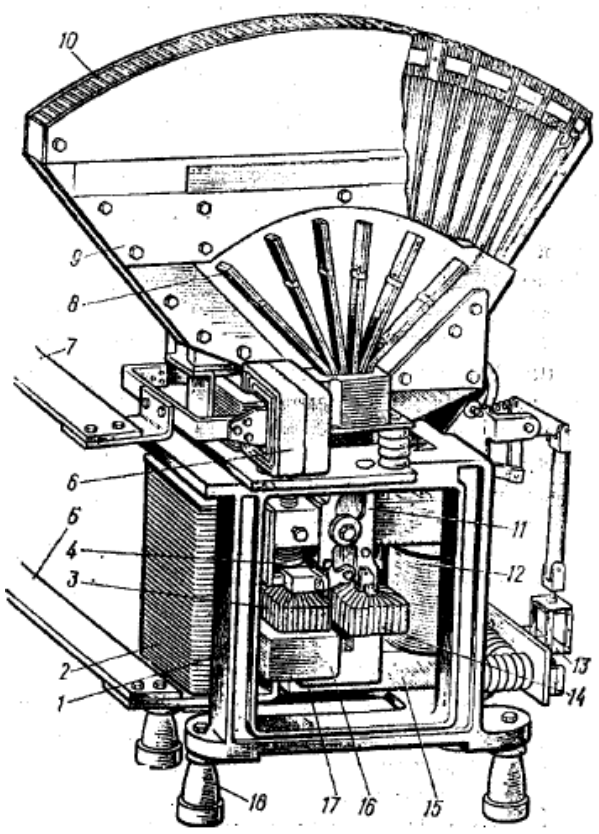
Автоматичне відключення вимикача АБ-2/4 засноване на перерозподілі магнітних потоків при к.з. та перевантаженнях в колі що захищається. В П-подібному сердечнику потік утримуючої котушки $\Phi_{дк}$з огляду наявності повітряного зазору розгалужується на дві нерівні частини – $\Phi'_{дк}$ та $\Phi''_{дк}$. Потік витка головного струму Ф, направлений у правому кінці П-подібного сердечника зустрічно до потоку утримуючої котушки $\Phi''_{дк}$ представляє для нього великий магнітний опір, в наслідок чого $\Phi'_{дк}$ витісняється у лівий кінець сердечника 16. Витіснення магнітного потоку утримуючої котушки в паралельну ділянку магнітного кола (лівий кінець сердечника) зменшує магнітну силу правого кінця, що діє на якір та збільшує магнітну силу лівого кінця П-подібного сердечника. Такий перерозподіл магнітних сил забезпечує сумісно з пружинами 6 швидке переключення якоря 19 з положення *включено* в положення *відключено*. При нормальному режимі роботи живлячої лінії дія витіснення магнітного потоку витка головного струму незначна, та якір 19 утримується магнітним потоком утримуючої котушки у положенні *включено*.

Струм установки спрацювання швидкодіючого вимикача регулюється зміною магнітного опору шляхом зміни зазору між лівим кінцем бруска 8 та сердечником 16 за допомогою гвинта 21. Струм спрацювання тим більше, чим більше зазор між гвинтом 21 та лівим кінцем сердечника 16. У вимикачі АБ-2/4 передбачена калібрувальна котушка 18, яка дозволяє налаштовувати вимикач на струм уставки спрацювання без включення розмагнічуючого витка 17 від спеціального багато амперного низьковольтного агрегату. Калібрувальна котушка представляє собою багатовиткову котушку, при протіканні через яку невеликих струмів створюються такі ж ампер-витки, як і

при протіканні великого струму по розмагнічуючому витку головного струму.

Швидкодія вимикача залежить як від швидкості наростання струму, так і від величини останнього. При великому струмі швидкодія забезпечується в основному електромагнітними силами, а при малому струмі або перевантаженнях – силами пружин. Для підвищення швидкодії відключення к.з. вимикач АБ-2/4 обладнаний індуктивним шунтом 20 з великою індуктивністю. Цей шунт включений паралельно витку 17 головного струму. При нормальному режимі індуктивний опір шунта незначний та шунт практично не впливає на перерозподіл струмів у паралельному колі «індуктивний шунт-виток головного струму». Коли виникає к.з. в колі, що захищається, то різке зростання струму викликає стрибкоподібне збільшення індуктивного опору шунта, внаслідок чого більша частина струму к.з. протікає через виток головного струму. Різке зростання струму у головному витку завдяки впливу шунта викликає прискорену дію механізму та тим самим сприяє зменшенню власного часу вимикача.

На рисунку 6.2 показаний вимикач АБ-2/4 з дугогасною камерою.



На рисунку 6.2 позначені наступні вузли та деталі: 1 – рама; 2 – індуктивний шунт; 3 – калібрувальна котушка; 4 – регулюючий гвинт; 5 та 7 – шини електричної мережі, в яку включений швидкодіючий вимикач; 6 – котушка магнітного дуття; 8 – магнітопровід з розгалуженими полюсами; 9 – дугогасна камера; 10 – полум'ягасні решітки; 11 – контактний важіль; 12 – утримуюча котушка; 13 – комутатор з замикаючими та розмикаючи ми блок-контактами; 14 – включаюча котушка; 15 – магнітопровід; 16 – виток головного струму; 17 – П-подібний сердечник; 18 – опорні ізолятори.

Рис. 6.2. Загальний вигляд вимикача АБ-2/4

Схема управління вимикачем АБ-2/4. Утримуюча котушка 13 (рис. 6.3) знаходиться весь час під напругою. Для включення швидкодіючого вимикача натискають кнопку КнП; утворюється коло 32–29, і струм проходить по обмотках контактора КВА та блокувального реле БВА. Опір обмотки контактора КВА в 2,5 рази більше опору обмотки блокувального реле БВА.

Тому струм в колі спочатку має невелику величину, достатню для спрацювання лише контактора.

Контактор КВА своїм контактном подає напругу на включаючу котушку 15 (коло 34–31).

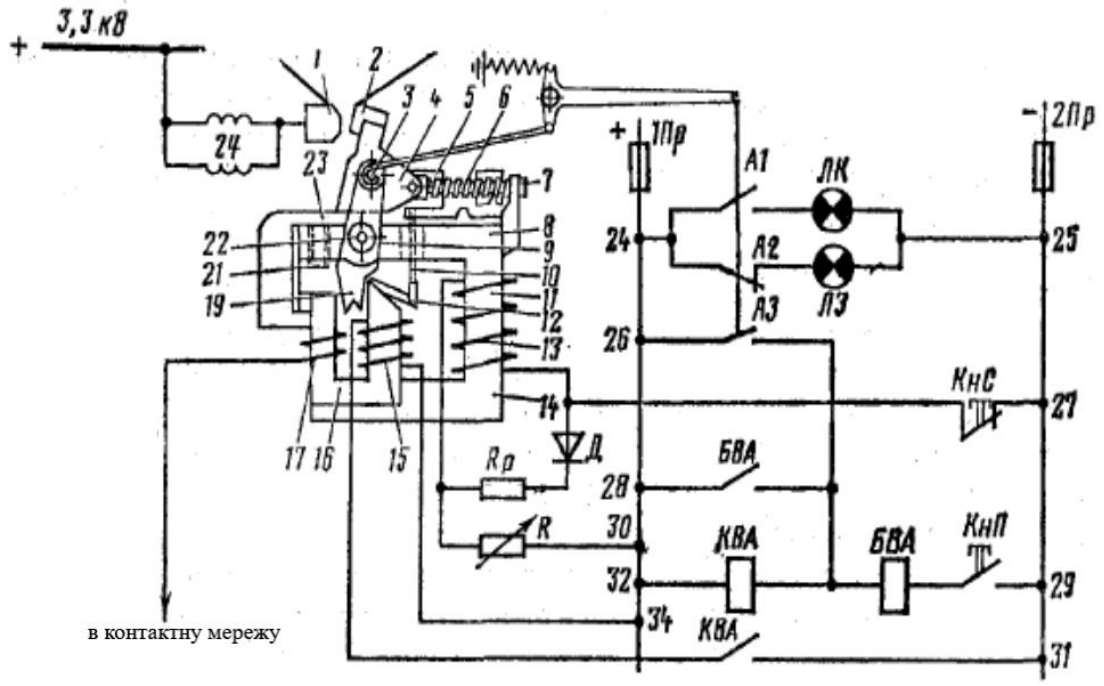


Рис. 6.3. Схема управління вимикачем АБ-2/4

Після притягнення якоря вимикача до сердечника включаючої котушки контактна стойка (комутатор) під дією ричажної системи шунтує своїми контактами А3 котушку контактора КВА та вся напруга оперативного струму приходиться тоді на котушку блокуючого реле БВА (коло 26 – А3 – БВА – КнП – 29). В колі котушки реле БВА значно зростає струм, воно спрацьовує та своїми контактами БВА ще раз шунтує обмотку контактора КВА (коло 28 – конакти БВА – котушка БВА – КнП – 29). Внаслідок шунтування обмотки контактор КВА своїм контактом розмикає коло включаючої котушки, після чого під дією пружини 6 замикаються головні контакти 1 та 2. Блокувальне реле БВА забезпечує незалежність часу включення вимикача від часу замкнутого положення кнопки КнП та не дозволяє швидкодіючому вимикачу включитися повторно при замкнутому положенні кнопки КнП у випадку відключення вимикача від струму к.з. Це відбувається тому, що контактами реле БВА шунтована котушка контактора КВА, внаслідок чого навіть при замкнутій кнопці КнП вона не може збудитися та своїми контактами не створює коло на котушку включення 15.

Як будь-який вимикач АБ-2/4 має механізм вільного розчеплення, який складається з якірця 12, тяги 10 та стопорної скоби 5. Принцип вільного розчеплення у відключаючому механізмі вимикача здійснюється за рахунок того, що якір 19 під дією імпульсу струму у включаючій котушці переходить з положення *відключено* у положення *включено* до замикання контактів 1 та 2. Замикання цих контактів, як показано вище, відбувається лише при

відсутності напруги на включаючій котушці. Цим забезпечується відключення вимикача при замиканні контактів 1 та 2 на коло к.з.

Для відключення вимикача кнопкою КнС розмикають коло 30–27 утримуючої котушки 13. Внаслідок зникнення утримуючого магнітного потоку контактний важіль під дією пружин повертається та головні контакти швидко розходяться.

Автоматичне відключення вимикача відбувається при протіканні струму уставки через виток головного струму 17 в результаті перевантаження або к.з. живлячої лінії.

Про відключене положення вимикача сигналізує зелена лампа ЛЗ, коло 24–25 якої замикається блок-контактами А2, а про включений стан – червона лампа ЛК через блок-контакти А1.

Резистор R призначений для регулювання струму утримуючої котушки, а резистор $R_р$ – для створення кола розряду небезпечної для утримуючої котушки ЕРС самоіндукції, що виникає при її відключенні. В коло $R_р$ включений діод Д, який виключає протікання струму через $R_р$ при замкнутій кнопці КнС, чим скорочують витрату енергії. Послідовно з контактами 1 та 2 включена котушка магнітного дуття 24, магнітний потік якої забезпечує гасіння дуги у дугогасній камері швидкодіючого вимикача.

6.2. Порядок виконання роботи

1. Вивчити улаштування швидкодіючого вимикача типу АБ-2/3 (АБ-2/4), дугогасної камери й схему керування (рис 6.1–6.4)

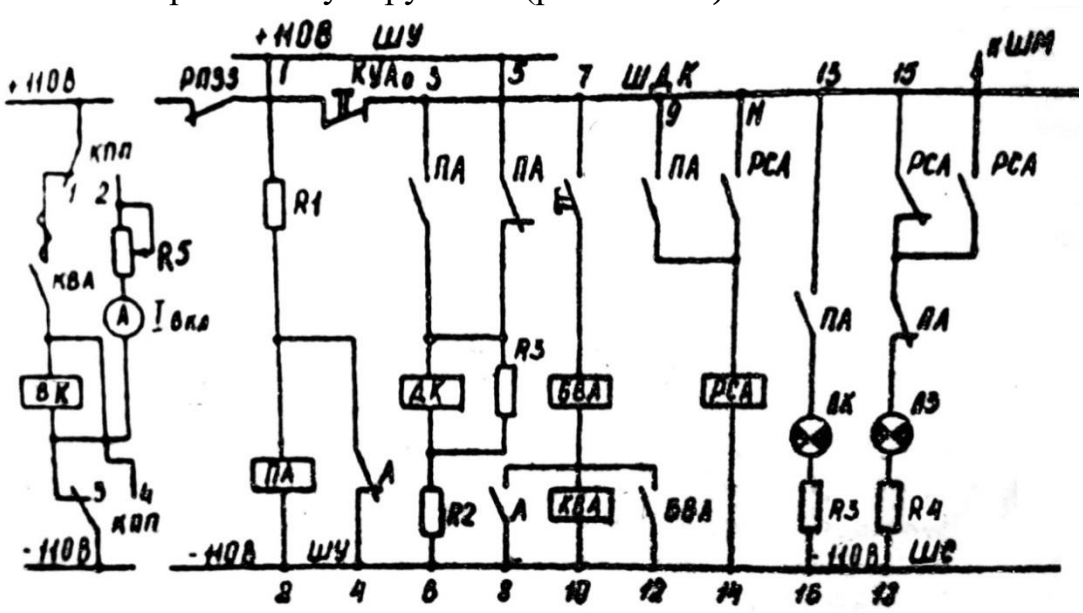


Рис. 6.4. Схема керування й сигналізації АБ-2/3

2. Виміряти натискання головних контактів за допомогою динамометра.

3. Виміряти площі зіткнення головних контактів і якоря з П-подібним магнітопроводом методом зняття відбитків на аркуші паперу.

4. Настроїти швидкодіючий вимикач на струм відключення за завданням викладача за допомогою каліброваної залежності (рис. 6.5).

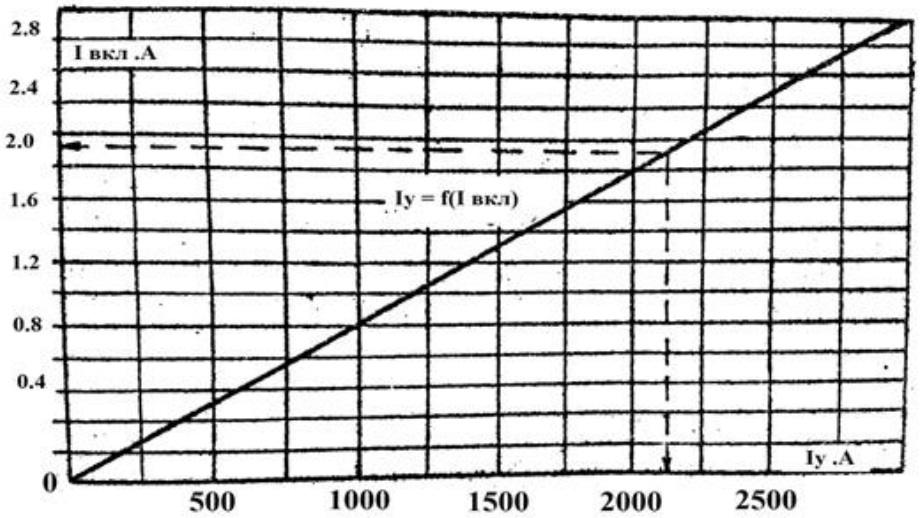


Рис. 6.5. Калібрована залежність $I_у=f(I_{вкл})$ швидкодіючого вимикача типу АБ-2/3 (АБ-2/4)

5. Дослідити схему керування й сигналізації вимикача на предмет ушкодження її різних кіл і елементів.

6.3. Зміст звіту

1. Найменування лабораторної роботи та її мета.
2. Схема керування й сигналізації швидкодіючим вимикачем (рис. 6.1).
3. Калібрована залежність $I_у=f(I_{вкл})$ (рис. 6.2).
4. Відбитки площ зіткнення головних контактів і якоря.
5. Висновки по виконаній роботі.

6.4. Контрольні питання

1. Призначення й вимоги до швидкодіючих вимикачів.
2. Типи швидкодіючих вимикачів і їх особливості.
3. Гасіння дуги постійного струму. Принцип гасіння дуги постійного струму в дугогасних камерах.
4. Пристрій і принцип роботи лабиринто-щілинної камери.
5. Камера з автоматичним включенням активного опору в коло електричної дуги.
6. Пристрій і схема керування АБ-2/3(АБ-2/4).

Література для підготовки [2, 4-7]

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

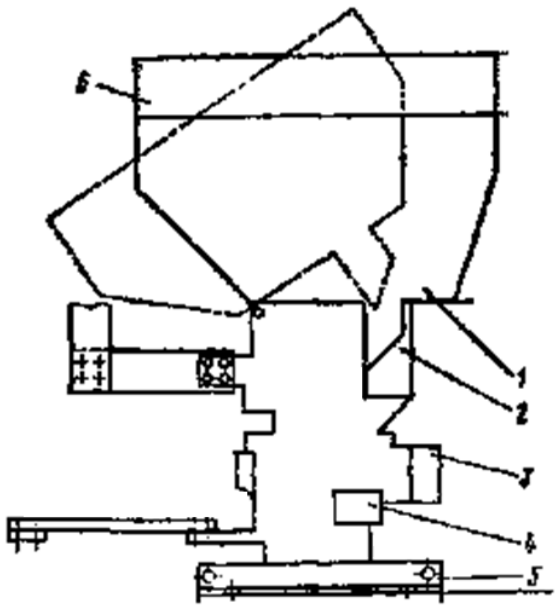
ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОДІЮЧОГО ВИМИКАЧА ТИПУ ВАБ-43 І СХЕМИ КЕРУВАННЯНИМ

Мета роботи: Вивчити улаштування швидкодіючого вимикача ВАБ-43, дугогасної камери та схеми керування вимикачем. Виміряти площі доторкання головних контактів.

7.1. Теоретичні відомості

Вимикач автоматичний швидкодіючий типу ВАБ-43 призначений для захисту установок та ліній постійного струму при к.з. та недопустимих перевантаженнях. Включення ВАБ-43 у коло що захищається передбачено лише по 2 послідовно.

Основні вузли вимикача ВАБ-43 показано на рисунку 7.1.



1 – дугогасильна камера з краном 6;
2 – контактний блок;
3 – блок сигналізації;
4 – блок швидкодіючого приводу;
5 – рама.

Рис. 7.1. Загальний вигляд вимикача ВАБ-43

Блок швидкодіючого приводу (рис. 7.2–7.4) включає в себе: електромагніт, який складається з верхнього 17 та нижнього 22 брусів, чотирьохсекційної тримаючої котушки 20, П-подібного сердечника 26 з включаючою котушкою 25 (вона також використовується в якості калібровочної) та розмагнічуючого витка 60, якоря 24, магнітного шунта 19 та індуктивного шунта 23 на шині 21; механізм вільного розчеплення, що складається з магнітопровідної скоби 30, сердечника 29, защіпки 40 з пружиною 31 та якірця 28 з пружиною 59.

Блок сигналізації (рис. 7.2, 7.3) закріплений на скобі 30 через ізолятори, складається з блок-контактів 37, ричала 38 з механічним вказівником включеного та відключеного положення, пружини 36, регулювальної гайки 34, ізоляційної основи 32, металевих екранів 33 та 35, тяги 39.

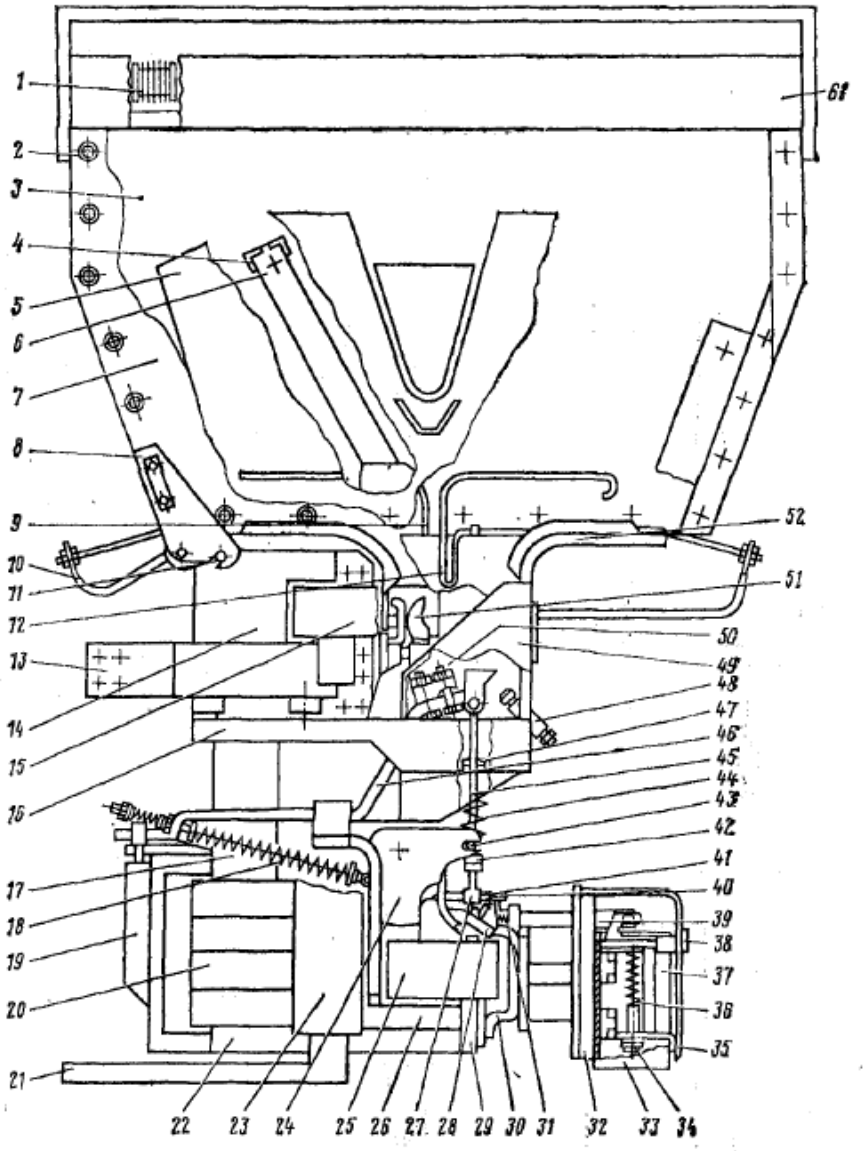


Рис. 7.2. Улаштування вимикача ВАБ-43

Контактний блок (рис. 7.2, 7.3) складається з шини 13, нерухомого контакту 14 з котушкою магнітного дуття, полюсів магнітного дуття 15, закріплених на нерухомому контакті; рухомого контакту 50, який через гнучкі зв'язки 46 з'єднані з шиною 21; скоби 52 з упором 48 та ізоляційним екраном 49, закріпленим на тій же металевій основі, що і рухомий контакт; гнучких зв'язків 10, що з'єднують нерухомий і рухомий контакти з рогами 9 та 12 дугогасної камери. Всі збірні деталі контактного блоку встановлені на ізоляційній основі 15. Головні контакти 14 та 50 (рис. 7.3) зі срібними накладками захищені від обгоряння дугогасильними контактами 51 та 54.

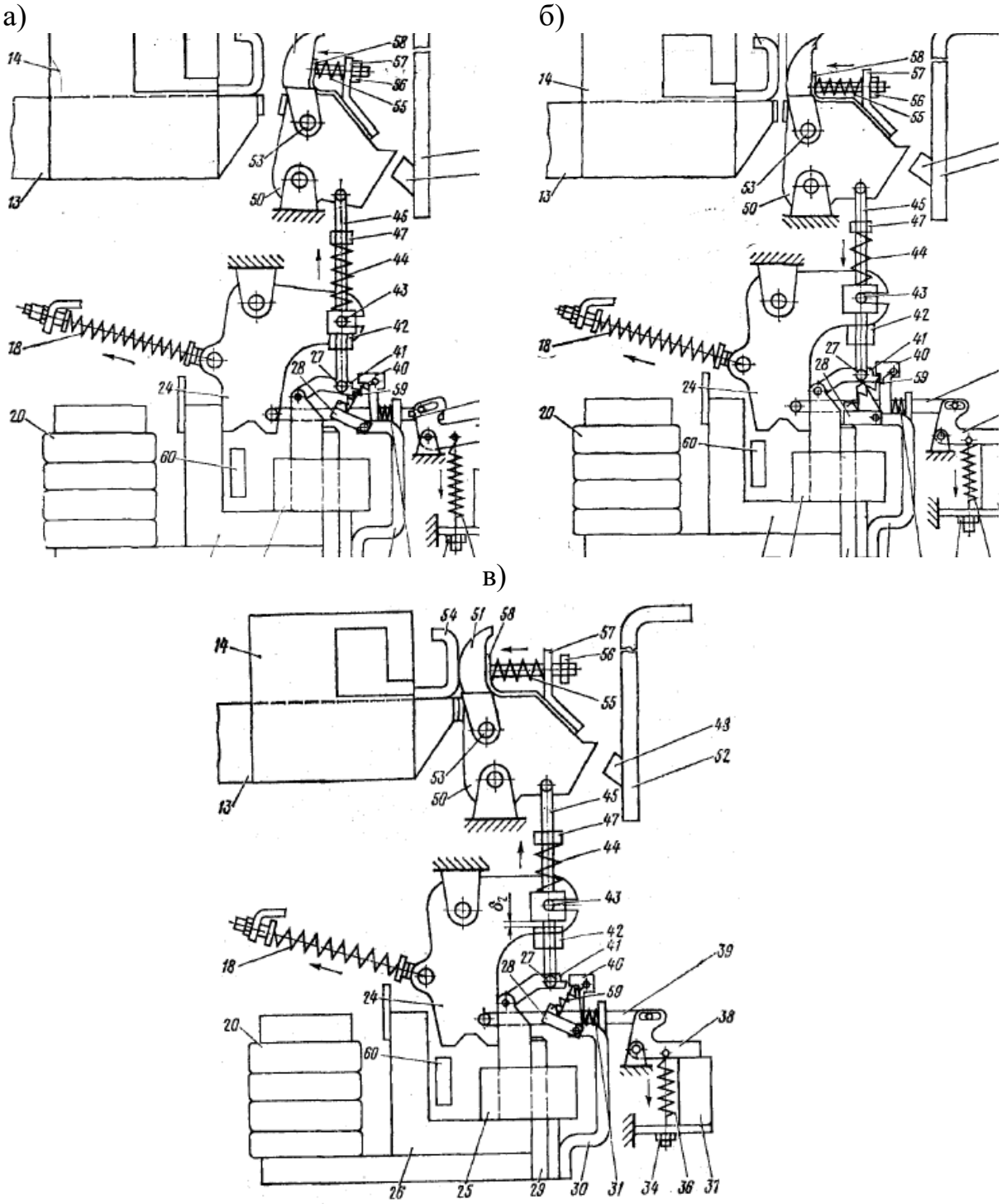


Рис. 7.3. ВАБ-43:
а – відключене положення; б – передвключене положення; в – включене положення

Дугогасний контакт 51 обертається на осі 53 та електрично зв’язаний гнучким зв’язком 58 з головним рухомим контактом 50. Між скобою 57, що закріплена на рухомому контакті, та дугогасним контактом 51 встановлена пружина 55, натискання якої на контакт 51 регулюється гайкою 56. Рухомий контакт пов’язаний з швидкодіючим приводом тягою 45, що проходить через отвір в осі 43. На тязі є гайки 47 для регулювання натягу пружини 44 та упор 42. Тяга 45 за допомогою вилки та осі 27 пов’язана з важелем 41.

У відключеному положенні ВАБ-43 (рис. 7.3,а) діє магнітний потік лише утримуючої котушки $Ф_{дк}$ (рис. 7.4,а), що розгалужується на $Ф_{дк}`$ та $Ф_{дк}``$. При включенні ВАБ-43 магнітний потік котушки включення $Ф_{вк}$ направлений зустрічно потоку $Ф_{дк}`$ у лівому стрижні П-подібного сердечника. Так як $Ф_{вк}>Ф_{дк}`$, то відбуваєтьсявитіснення $Ф_{дк}`$ у правий стрижень П-подібного сердечника, де він співпадає з напрямком $Ф_{вк.}$ Під дією суми магнітних потоків $Ф_{вк}+Ф_{дк}`$ якір 24 переключається з лівого положення в праве (рис. 7.3,б). Однак ані головні, ані дугогасні контакти замкнутися не можуть, так як тяга 45, що з'єднана з рухомим контактом 50, зупиняється, коли між контактами ВАБ-43 ще мається зазор δ1. Це відбувається з наступної причини. Одночасно з переключенням якоря 24 в праве положення до сердечника 29 притягається якірець28. Пружина 59, натягаючись, переміщує защіпку 40 на зуб ричала 41, зупиняючи рух вгору тяги 45. При цьому знімається пружина 44, що знаходиться між віссю 43 та гайкою 47. Коли котушка ввімкнення 25 знеструмлюється, якір 24 зупиняється в притягнутому положенні, що утримується магнітним потоком утримуючої котушки. Якірець 28, що раніше був притягнутий магнітним потоком розсіювання котушки включення 25, під дією пружини 59 повертається у попередній стан, вдаряє по защіпці 40, звільняючи тягу 45. Зжата пружина 44, діючи на гайку 47, переміщує вгору тягу 45, здійснюючи замикання спочатку дугогасних, а потім головних контактів. Контакти ВАБ-43 замикаються лише після того, як знеструмлена котушка включення. Цим забезпечується негайне відключення ВАБ-43 при включенні його на наявні в колі к.з. Струм кола що захищається проходить по шині 13, котушці магнітного дуття та нерухомому контакту 14, рухомому контакту 50, гнучким зв'язкам 46, розмагнічуючому витку 60 та шині 21.

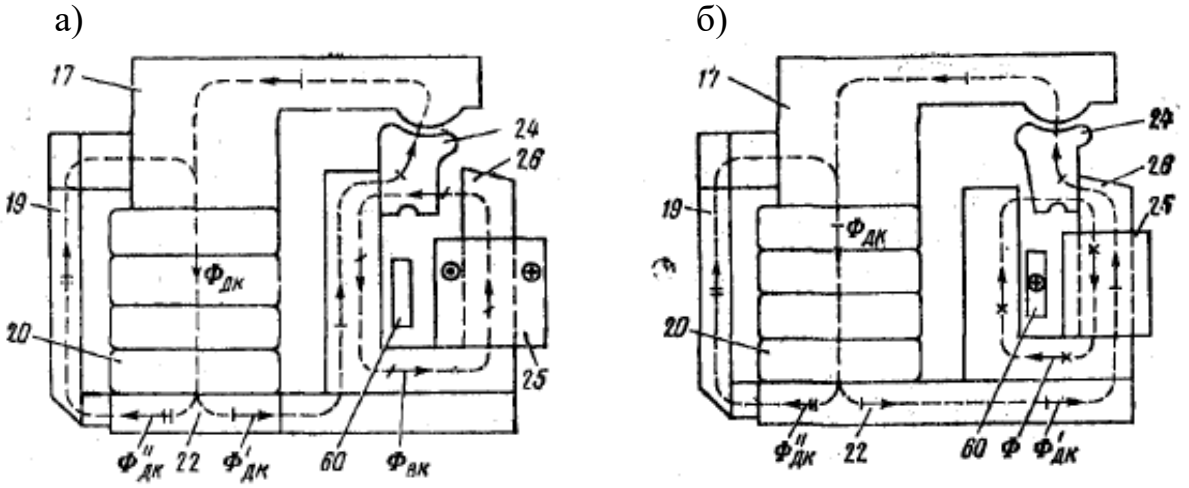


Рис 7.4. Направлення магнітних потоків ВАБ-43:
а – при включенні; б – при магнітному відключенні

ВАБ-43 має індуктивний 23 і магнітний 19 шунти (рис. 7.2). Перший підвищує швидкодію відключення к.з., другий призначений для плавного регулювання струму уставки спрацювання. Магнітний потік $Ф_{дк}$ (рис. 7.4,а) розділяється на дві частини: $Ф_{дк}`$ проходить по основному магнітному колу,

$Ф_{дк}$`` – через магнітний шунт. При переміщенні шунта 19 вгору зменшується переріз лівої частини магнітопроводу, збільшується її магнітний опір, в наслідок чого зменшується потік $Ф_{дк}$``, а потік $Ф_{дк}$` збільшується і відповідно йому збільшується струм уставки спрацювання ВАБ-43. Верхнє і нижнє положення шунта відповідає найбільшій та найменшій величинам струму уставки спрацювання. Магнітний шунт має шкалу уставок спрацювання.

Оперативне відключення здійснюють зняттям напруги з утримуючої котушки. Під дією пружин відключення 18 відбувається перекидання якоря 24 з правого в ліве положення. Верхня частина якоря 24 (рис. 7.3,в) проходить вниз шлях δ2 та вдаряє по упору 42 тяги 45. Спочатку розмикаються головні контакти 14 та 50, а потім дугогасні контакти 51 та 54.

Автоматичне відключення лінійного ВАБ-43, поляризованого на прямий струм, тобто струм через вимикач в лінію, відбувається наступним чином. Магнітний потік Ф, що створюється частиною струму розмагнічуючого витка 60 (друга частина струму проходить через індуктивний шунт) в правому стрижні П-подібного сердечника 26 (рис. 7.4,б) направлений зустрічно магнітному потоку $Ф_{дк}$`, що створюється утримуючою котушкою 20. $Ф_{дк}$` витісняється з правого стрижня сердечника в лівий, сумуючись з потоком Ф, та при досягненні в лінії величини струму спрацювання відбувається відключення ВАБ-43 під дією магнітної сили та сили пружин відключення 18. Цим досягається швидкодія відключення аварійного режиму лінії.

Дугогасна камера (рис. 7.2) складається з зовнішніх подвійних щитів 7, скріплених болтами 2, косинки 8 з прорізю 11, магнітопроводів 6 з наконечниками 4, V-подібних щитів 5, внутрішніх розділяючих перегородок 3, рогів 9 та 12, екрану з жалюзями 1 для зменшення викиду іонізованих газів у навколишнє середовище. Процес гасіння дуги виглядає так. При відключенні ВАБ-43 розмикаються головні 14 та 50, а потім дугогасні 51 та 54 контакти. Дуга, що утворюється на дугогасних контактах видувається вгору магнітним полем, що створюється котушкою та полюсами магнітного дуття 15. Потрапляючи на роги 12, дуга під дією магнітного поля втягується в щілину, попередньо повертається та, піднімаючись в гору, потрапляє на ріг 9. З цього моменту дуга ділиться на дві частини та горить у двох різних секціях. Принцип гасіння дуги в обох секціях аналогічний, тому розглянемо принцип гасіння дуги в одній з них. Дуга горить та розтягується між рогами 9 та 12. Розтягнута до верхніх кінців V-подібних перегородок 5 дуга повністю виходить в широку щілину, що обмежена зовнішніми стінками та внутрішніми перегородками. В широкій щілині дуга стабілізується, охолоджується та гасне. В наслідок стабілізації дуги при її гасінні ВАБ-43 не створює великих перенапруг.

Схема управління ВАБ-43. Управління ВАБ-43 може бути на оперативному струмі напругою 110 В (рис. 7.5) та 220 В. Принципова відмінність цих схем управління полягає в застосуванні типів транзисторів Т для стабілізації струмів в колах утримуючих котушок ДК, так як від постійності струму в них залежить точність роботи ВАБ-43 на задану уставку

струму спрацювання. Для напруги 110 В застосовано транзистор типу p-n-p, а для напруги 220 В – транзистор типу n-p-n. Утримуючі котушки ввімкнені в кола колекторів транзисторів. Величина струму колектора залежить від величини та знаку напруги на базі. Незалежно від коливання напруги оперативного струму зі стабілітрону *Ст* на базу транзистора подається незмінна від'ємна напруга в схемі 7.5.

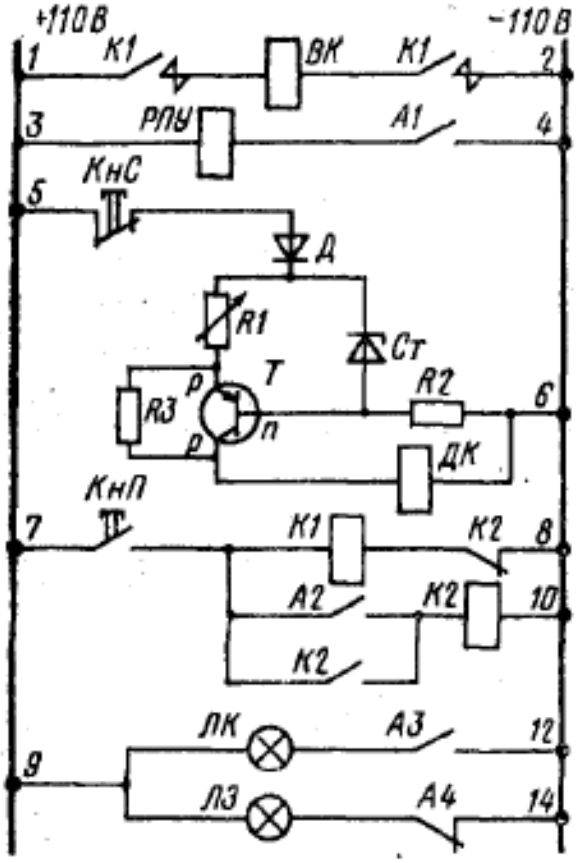


Рис. 7.5. Схема управління ВАБ-43 на оперативному струмі напругою 110 кВ

Стабілітрони ввімкнені в коло 5–6 через діоди та резистори. Крім того, стабілізації колекторного струму сприяють резистори R3, підключені до емітерів та колекторів транзисторів. Резистори R1 служать для установки струму ДК до значення (0,5+0,05) А.

Для включення ВАБ-43 замикають коло 7–8 кнопкою КнП. Збуджується котушка включення ВК, виконуючи першу стадію включення ВАБ-43. Замикаються блок-контакти А1, А2, А3 та розмикаються А4. Блок-контактами А3 та А4 створюються кола сигналізації включеного (9–12) та відключеного (9–14) положення вимикача. Блок-контакти А2 замикають коло 7–10 контактора К2, контакти якого розмикають коло 7–8 контактора К1.

Останній знеструмлюється та розмикає свої контакти в колі 1–2. Втрачає збудження включаюча котушка ВК, відбувається включення ВАБ-43. Контактор К2 стає через власні контакти на самопідживлення та знаходиться у збудженому стані до тих пір, поки замкнуті контакти КнП. Контактор К2 виконує роль блокуючого елементу, як реле БВА у схемі управління АБ-2/4, що виключаєбагатократне включення ВАБ-43 при відключенні його від струмів к.з. при замкнутих контактах КнП. Багатоконтактне реле РПУ (3–4) призначене для розмноження кіл, узгоджених з відключеним і включеним положенням ВАБ-43. Оперативне відключення ВАБ-43 виконують кнопкою КнС, яка знімає напругу з ДК в колі 5–6.

7.2. Порядок виконання роботи

1. Вивчити пристрій швидкодіючого вимикача типу ВАБ-43 дугогасної камери й схему керування (рис. 7.1–7.5)
2. Виміряти площі зіткнення головних контактів.

7.3. Зміст звіту

1. Найменування лабораторної роботи та її мета.
2. Схема керування й сигналізації швидкодіючим вимикачем (рис. 7.5).
3. Принцип роботи схеми (рис. 7.5)
4. Відбитки площ зіткнення головних контактів.
5. Висновки по виконаній роботі.

7.4. Контрольні питання

1. Типи швидкодіючих вимикачів і їх особливості.
2. Старі швидкодіючі вимикачі та вимикачі нового покоління
3. Відмінності між ВАБ-43, ВАБ-49 та ВАБ-206
4. Гасіння дуги постійного струму. Принцип гасіння дуги постійного струму в дугогасних камерах.
5. Принцип роботи і схема керування ВАБ-43

Література для підготовки [2, 4-7]

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Положення про організацію освітнього процесу в Українському державному університеті науки і технологій. – Дніпро, 2022. – 54 с.

2. Вольтамперфазометр. ВАФ-85-М1. Паспорт. 2.728.067ПС-11 с.

3. Тягові підстанції електрифікованих залізниць : навч. посіб. / Т. І. Друбецька, А. М. Бойко. – К. : видавець ФОП Піча Ю.В., 2022. – 338 с.

4. Електрична частина станцій і підстанцій : навч. посібник / Є. І. Бардик, М. П. Лукаш – К. : НТТУ «КПІ», 2011.– 220 с.

5. Камишинський О. М., Овчинников В. Є. Електричні станції та підстанції залізниць. – Харків : Корпорація «Техностандарт», 2008. – 304 с.

6. Електрична частина станцій та підстанцій : підручник / В. Д. Козлов, В. П. Захарченко, О. М. Тачиніна ; ред. В. Д. Козлова.– К. : НАУ, 2018. – 312 с.

7. Вакуумні вимикачі серії ВВ/TEL-10-31,5/1600 (2000). Технічний опис та посібник з експлуатації АРТА.674152.002 Р – 36 с.

Навчально-методичне видання

ТЯГОВІ ТА ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ

Методичні рекомендації до лабораторної роботи

Редактор В. С. Пасічна
Комп’ютерна верстка В. С. Пасічна

Формат 60х84 1/16. Ум. друк. арк. 2,67. Обл.-вид. арк. 1,81.
Замовлення № 8.

Український державний університет науки і технологій
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010