

Министерство путей сообщения Российской Федерации

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

К. И. Фоков

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ**

Сборник  
лабораторных работ

Хабаровск  
Издательство ДВГУПС  
2002

621.331:621.311.4(076.5)

ББК 0,217.1

Т 263

Фоков К.И.

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Электрические аппараты" - Хабаровск, издательство ДВГУПС 2002г.-с.44: ил. 21. .

Лабораторные работы включают практическое ознакомление с конструкцией и методами послеремонтных испытаний коммутационного оборудования электрических установок, а также способствуют подготовке студентов к изучению дисциплин специальности.

Методические указания к лабораторным работам разработаны для студентов специальностей 1018,1001,1002 дневной и заочной форм обучения, изучающих курс "Электрические аппараты".

Рецензент профессор

Балабанов В.Н.

## ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы, выполняемые при изучении курса "Электрические аппараты" проводятся в лаборатории "Оборудование электрических станций и подстанций" кафедры "Электроснабжение транспорта" ДВГУПС.

Включенные в сборник лабораторные работы, призваны закрепить знания, получаемые студентом в процессе изучения теоретического курса "Электрические аппараты".

Основным содержанием лабораторных работ является практическое ознакомление с конструкцией и методами испытания высоковольтного и низковольтного коммутационного оборудования переменного тока, приобретение навыков формирования электрических схем и правил включения измерительных приборов. Лабораторные работы выполняются на натуральных стендах с использованием типового высоковольтного оборудования и преследуют цель выработки у студентов навыков проведения наладочных работ, испытания оборудования, а также подготовка студентов к изучению специальных дисциплин учебного плана.

Для выполнения лабораторных работ требуется самостоятельное изучение рекомендуемой учебной и справочной литературы. Особое внимание следует уделить выработке навыков чтения схем управления коммутационными аппаратами.

Порядок и объем выполнения лабораторных работ, формы отчетности приведены в тексте методических указаний.

Методические указания к лабораторным работам предназначены для студентов специальностей 1018,1001,1002 дневной и заочной форм обучения, изучающих курсы "Электрические аппараты" и "Электрическая часть станций и подстанций".

## ПРАВИЛА ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В ЛАБОРАТОРИИ "ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ".

В лаборатории "Оборудование электрических станций и подстанций" все испытания проводятся при напряжении до 1000 В, однако эти напряжения при нарушении правил техники безопасности могут стать опасными для жизни, а наличие подвижных частей механизмов привести к травмам. Поэтому к выполнению лабораторных работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

### ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

- Настоящие правила распространяются на всех студентов, выполняющих лабораторные работы и являются **обязательными**.
- Перед выполнением лабораторной работы внимательно изучить методические указания к ней, ознакомиться с испытательной схемой и ее параметрами.
- Не приступать к работе на неисправном оборудовании. О всех замеченных неисправностях сообщать преподавателю или лаборанту.
- До сборки схемы убедиться в том, что автоматы питания рабочей схемы отключены.
- Перед сборкой схемы все аппараты и приборы необходимо расположить в порядке, обеспечивающем удобное и безопасное выполнение работы.
- В процессе сборки внимательно следить за состоянием контактов и соединительных проводов. Проводники должны быть надежно подключены к зажимам.
- До подачи напряжения рабочая схема должна быть проверена преподавателем или лаборантом. Без их разрешения подавать напряжение на рабочий стенд **запрещается**.
- Перед включением схемы необходимо убедиться, что никто из присутствующих не касается токоведущих частей.
- При наличии напряжения в схеме закреплять контакты, заменять проводники или приборы **запрещается**.
- Всекие изменения в схеме должны выполняться при полном снятии напряжения со стенда. После изменений в схеме ее необходимо повторно представить к проверке и напряжение вновь можно подавать только с разрешения преподавателя или лаборанта.
- Особенную осторожность следует соблюдать при работе с цепями, в которых имеются катушки с большим числом витков и конденсаторы.
- При работе с измерительными трансформаторами тока запрещается размыкать цепи вторичных обмоток, когда по первичной протекает ток.

- Работа на установках должна производиться бригадами, состоящими не менее чем из двух человек.
- Перед разбором схемы убедиться в отсутствии напряжения на испытательном стенде.
- После окончания лабораторной работы рабочее место должно быть приведено в полный порядок.
- Результаты измерений должны быть представлены для проверки преподавателем.
- При нарушении правил техники безопасности и рабочей дисциплины, порче приборов или оборудования по вине выполняющего лабораторную работу материальный и моральный ущерб возлагается на виновника происшествия.
- После ознакомления с изложенными выше правилами техники безопасности при выполнении лабораторных работ и устного инструктажа преподавателя студент расписывается в журнале по технике безопасности лаборатории.

Форма титульного листа отчета  
по лабораторной работе

Министерство путей сообщения Российской Федерации  
Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Кафедра "Электроснабжение транспорта  
Лаборатория "Оборудование  
электрических станций и подстанций"

ОТЧЕТ

по лабораторной работе

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Студент \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_

Дата выполнения \_\_\_\_\_

Руководитель занятий \_\_\_\_\_

Хабаровск, 2002

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

## Изучение автоматических воздушных выключателей низкого напряжения

1. Цель работы: ознакомиться с конструкцией и принципом действия автоматических выключателей, снятие время-токовых (защитных) характеристик.

2. Общая характеристика автоматических выключателей.

Автоматический воздушный выключатель (автомат) - это аппарат, предназначенный для нечастых включений и отключений электрической цепи при нормальной нагрузке, а также для автоматического отключения цепи при возникновении ненормальных режимов, перегрузки, коротких замыканий и исчезновения или снижения напряжения.

Название "воздушный" выключатель получил потому, что электрическая дуга, возникающая между его контактами при отключении цепи, гасится в среде окружающего воздуха.

Различают несколько разновидностей выключателей: универсальные (работают на постоянном и переменном токе), установочные (предназначаются для установки в общедоступных помещениях), быстродействующие постоянного тока, гашения магнитного поля мощных генераторов и другие.

Структурная схема конструкции универсальных и установочных автоматов в основном одинакова и приведена на рис.1.

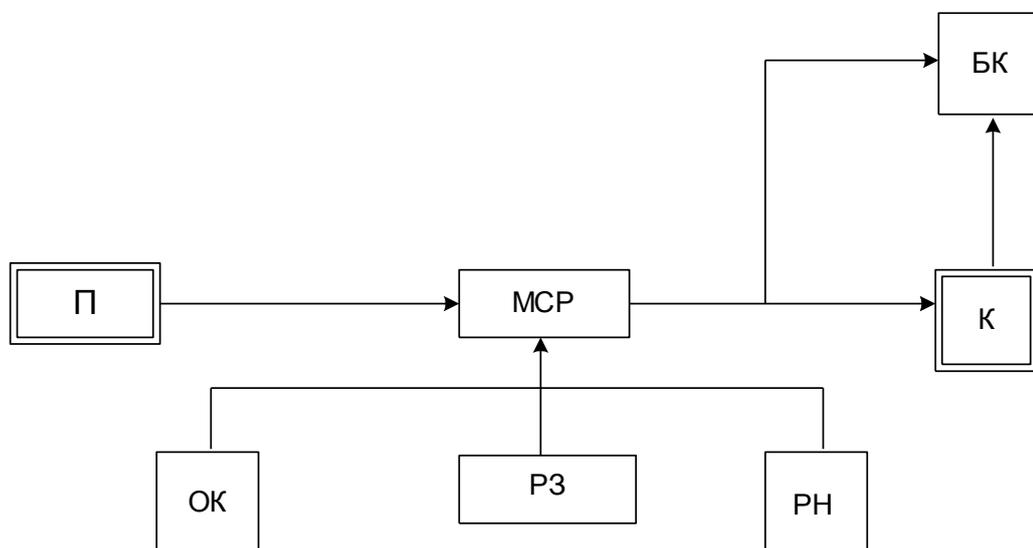
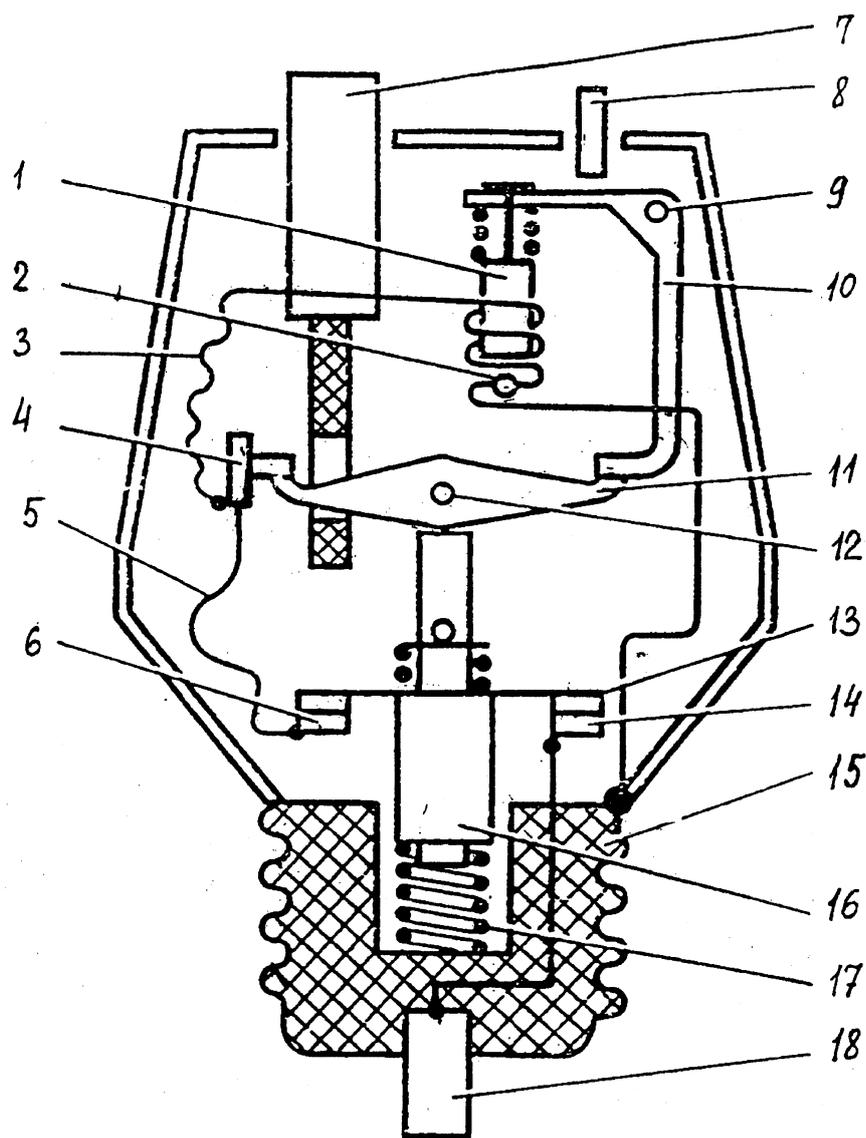


Рис. 1. Структурная схема конструкции универсальных и установочных автоматов

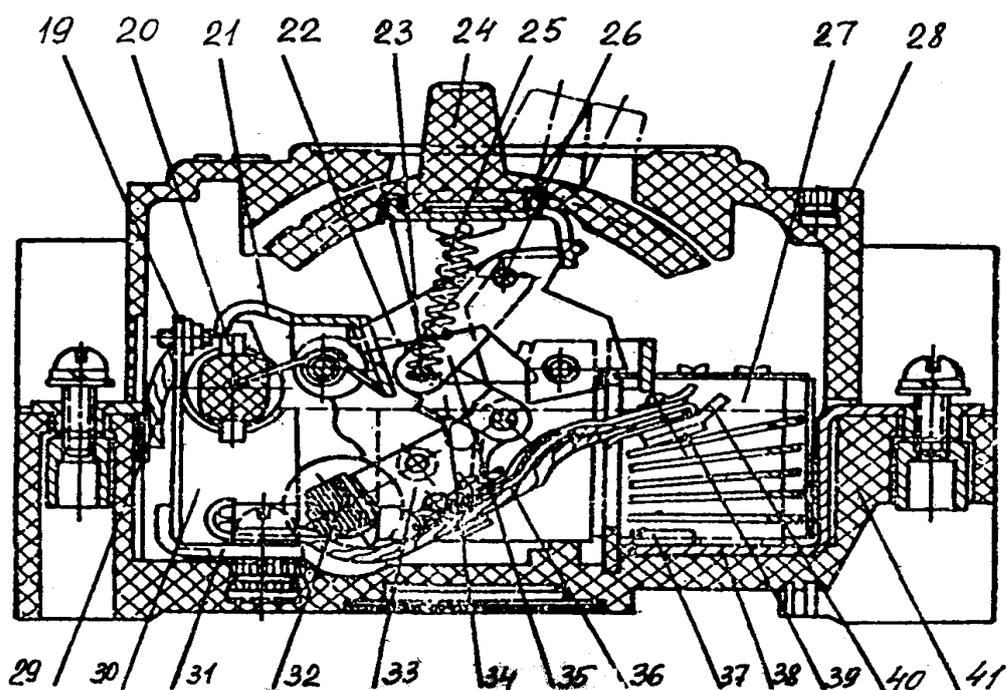
Выключатели состоят из следующих основных элементов: главной контактной системы, дугогасительной системы, привода, расцепляющего устройства, расцепителей и вспомогательных контактов (рис. 2, 3).



Составные элементы автоматов - пробок УХЛ4:

- |                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| 1. Сердечник;                | 10. Защелка;              |
| 2. Электромагнит;            | 11. Рычаг;                |
| 3. Гибкий проводник;         | 12. Ось;                  |
| 4. Штифт;                    | 13. Контактный мостик;    |
| 5. Биметаллическая пластина; | 14. Неподвижные контакты; |
| 6. Неподвижные контакты;     | 15. Гильза;               |
| 7. Кнопка включения;         | 16. Деталь;               |
| 8. Кнопка отключения;        | 17. Пружина;              |
| 9. Ось;                      | 18. Центральный контакт;  |

Рис. 2. Автомат типа УХЛ4



Составные элементы автоматов А3161:

- |                                 |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| 19. Биметаллическая пластина;   | 31. Проводники;        |
| 20. Отключающая рейка;          | 32. Траверса;          |
| 21. Собачка;                    | 33. Контактодержатели; |
| 22. Рычаг механизма управления; | 34. Рычаги;            |
| 23. Ось;                        | 35. Рычаги;            |
| 24. Переключатель;              | 36. Гибкое соединение; |
| 25. Пружина;                    | 37. Контакты;          |
| 26. Ось;                        | 38. Медные шины;       |
| 27. Дугогасительная камера;     | 39. Контакты;          |
| 28. Крышка;                     | 40. Медные основы;     |
| 29. Проводники;                 | 41. Основание.         |
| 30. Расцепитель $I_{max}$ ;     |                        |

Рис. 3. Автомат А3161

Контакты (К) производят замыкание и размыкание электрической цепи. Они заключены в дугогасительную камеру, назначение которой быстро гасить дугу и предотвращать выброс ионизированных газов из дугового промежутка.

Контакты К связаны с приводом (П) через механизм свободного расцепления (МСР), на который могут воздействовать также установленный в

автомате различные расцепители (PЗ), (PH) и отключающая катушка (OK). Благодаря наличию механизма МСР отключение автомата происходит при возникновении аварийного режима независимо от положения рукоятки привода.

Расцепители выполняют роль защитных элементов, реагирующих на отклонение определенного параметра от своего нормального значения. Они представляют собой электромагнитные и термобиметаллические реле, измерительные органы которых включены в электрическую цепь, а исполнительные - воздействуют на отключение контактов автомата (К).

Автоматы могут снабжаться блок-контактами (БК).

Установочные автоматы чаще всего используются для защиты электроустановок от сверхтоков перегрузки и коротких замыканий (КЗ). Этот тип автоматов позволяет заменить собой в распределительных устройствах неавтоматические выключатели и предохранители. Их применение вместо плавких предохранителей имеет следующие преимущества:

- При перегрузках или к.з. отключаются сразу три фазы, что устраняет возможность однофазной работы трехфазных двигателей.

- Снижаются простои, так как на включение сработавшего автомата требуется меньше времени, чем на замену перегоревшего предохранителя.

- Время-токовые характеристики защиты от перегрузок автоматов больше соответствуют параметрам защищаемого электрооборудования, чем предохранители.

Эскиз резьбового автомата с комбинированным расцепителем приведен на рис. 2. Когда автомат включен, ток приходит от центрального контакта 18 через неподвижные контакты 6,14, соединенные контактным мостиком 13, биметаллическую пластину 5, гибкий проводник 3 и обмотку электромагнита 2 к гильзе 15. При длительной перегрузке биметаллическая пластина 5 нагревается и изгибается, в результате через систему рычагов и пружины размыкается контактный мостик 13. При к.з. сердечник электромагнита втягивается вниз, защелка 10 поворачивается и автомат мгновенно отключается (режим отсечки). Включение автомата в ручную осуществляется нажатием белой большой кнопки 7, а отключение - нажатием малой красной кнопки 8. Устройство автомата А3161 приведено на рис.3.

### 3. ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТОВ

Зависимость полного времени отключения цепи от тока называют время-токовой характеристикой, или защитной характеристикой автомата (рис. 4).

Объект будет защищен в том случае, если его рабочая характеристика (1) располагается ниже защитной характеристики автомата (2) при любом значении тока нагрузки в цепи, в этом случае автомат не будет отключаться в нагрузочном режиме.

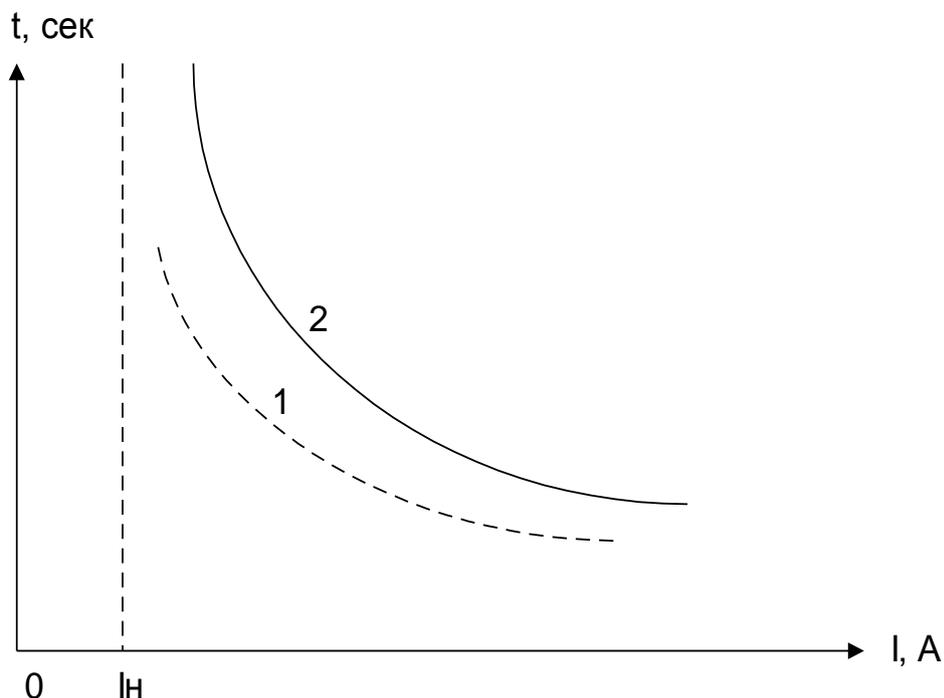


Рис. 4. Согласование защитных характеристик автомата  
1 - рабочий режим автомата; 2 - защитная характеристика объекта

#### 4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Силовые цепи на стенде показаны сплошной линией, а измерительные - пунктирной. Силовая цепь предварительно собрана, студенты собирают измерительную цепь и подключают ЛАТР к первичной обмотке нагрузочного трансформатора. Электрическая схема установки приведена на рис.5. На панели стенда установлены: трансформатор нагрузочный - ТН, трансформатор тока - ТТ, балластное сопротивление -  $R_b$ , автомат А3161-QA, резьбовая гильза для автомата-пробки (гнезда 1,2), ключ двойной с парами зажимов К1 и К2, С1 и С2.

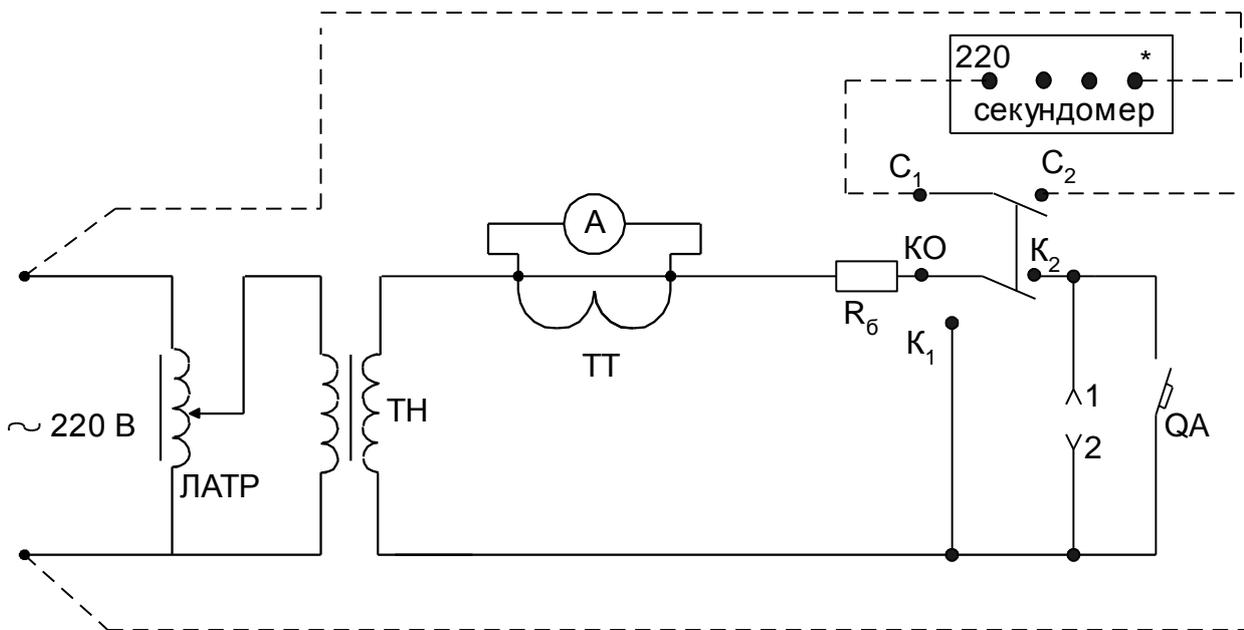


Рис. 5. Схема стенда для испытания воздушных автоматических выключателей

## ОБЪЕМ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться по рис. 2 и 3 с конструкцией и принципом работы автоматов. Составить эскиз кинематических связей подвижных элементов автоматов. Паспортные характеристики изучаемых коммутационных аппаратов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Паспортные характеристики автоматов

NN n/n	Тип ав- томатов	$U_H$	$I_H$	Число полю- сов	Вид рас- цепителя	Уставка сраба- тывания	Вид привода
		В	А				
	А3161	220	15	1	Тепловой	$1,25 I_H$	Ручной
	УХЛ4	220	6,3	1	Тепловой	$1,25 I_H$	Ручной

2. Собрать схему рис.5. Проверить исправность измерительной цепи, для чего замкнуть контакты ключа С1-С2 и зафиксировать работу секундомера.

**Примечание:** перед этим необходимо убедиться в том, что автомат А3161 и автомат-пробка находятся в отключенном состоянии. Движок ЛАТРа должен находиться в нулевом положении.

3. Проверить силовую цепь измерительной схемы (рис.5). Для этого ключом замыкаются контакты  $K_0$  и  $K_1$  и увеличивая напряжение ЛАТРа убедиться, что стрелка амперметра отклоняется. Необходимо проверить возможность изменения тока в силовой цепи в диапазоне  $0 \div 50$  А.

4. Возвратить движок ЛАТРа в нулевое положение. Контакты ключа  $K_0 \div K_1$  остаются замкнутыми. Включить в работу один из исследуемых автоматов.

5. Для снятия защитной характеристики, исследуемого автомата, установить контакты ключа в положение  $K_0-K_2$  (при этом секундомер начинает работать) быстро установить в цепи ток равный  $1,5 I_n$ .

**ВНИМАНИЕ:** В момент срабатывания автомата одновременно зафиксировать значение тока и времени срабатывания и привести ключ в нейтральное положение. Результаты измерения занести в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты измерений времени и тока срабатывания автомата

	УХЛ4					A3161
I, А						
t, сек						

Измерения повторить 4÷5 раз, изменяя значения тока срабатывания в пределах  $1,5 \div 4 I_n$  для построения защитной характеристики автомата.

**ВНИМАНИЕ:** Учитывая достаточно большое значение токов в цепях схемы, время снятия показаний приборов для каждого измерения не должно превышать 3-5 сек.

6. По результатам измерений построить защитные характеристики испытуемых автоматов и сделать выводы.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен быть составлен по пунктам программы испытаний и содержать:

- Формулировку целей работы
- Паспортные данные автоматов
- Эскиз кинематических связей подвижных элементов автомата
- Электрическую схему испытаний
- Защитные характеристики автоматов
- Выводы

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение и область применения автоматов.
2. Понятие о рабочих и защитных характеристиках электрических аппаратов.
3. Согласование защитных характеристик автоматов.
4. Способы защиты коммутируемых цепей от перегрузок и коротких замыканий с помощью автоматов.
5. Принцип работы тепловых и электромагнитных расцепителей.
6. Основные узлы конструкции автоматов и их назначение.
7. Основные параметры и характеристики автоматов.
8. Методика снятия защитных характеристик автоматов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чунихин А.А. Электрические аппараты. М: Энергоатомиздат.-1988, 718с.
2. Бурда А.Г. Обучение в электромонтажных мастерских. М: Радио-связь.-1988, 232с.
3. Кисаримов Р.А. Справочник электрика, М:Радио Софт.-1999.
4. Новиков Ю.Н. и др. Лабораторный практикум по электрическим аппаратам. М.:Высшая школа.-1971, 196с.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

### Изучение устройства магнитного пускателя и работы его схемы управления

1. Цель работы: ознакомиться с конструкцией и принципом работы основных узлов магнитного пускателя. Изучить и получить навыки в сборке схем управления нереверсивных и реверсивных коммутационных аппаратов.

#### 2. Общая характеристика магнитных пускателей

Магнитным пускателем (МП) называется трехполюсный контактор, предназначенный для коммутационных операций в цепях реверсивных и нереверсивных потребителей и защиты их от перегрузок при рабочих напряжениях до 500 В и рабочих токах до 150 А. Паспортные данные магнитного пускателя ПМЕ-212 приведены в таблице 3.

Таблица 3

## Паспортные данные магнитного пускателя

Тип магнитного пускателя		ПМЕ-212
Номинальное напряжение	В	380
Номинальный ток	А	25
Коммутационная износостойкость при $I_H$	В.О.	$5 \cdot 10^5$
Механическая износостойкость	В.О.	$20 \cdot 10^5$
Ток теплового реле номинальный	А	25
Ток теплового элемента	А	20
Пределы регулирования тока несрабатывания	%	$\pm 5$
Максимальная мощность двигателя	кВт	10

Управление работой главных контактов МП осуществляется электромагнитной катушкой КМ1 (Контакты КМ1.1, КМ1.2, КМ1.3 и блокировочные контакты КМ1.4 рис. 6).

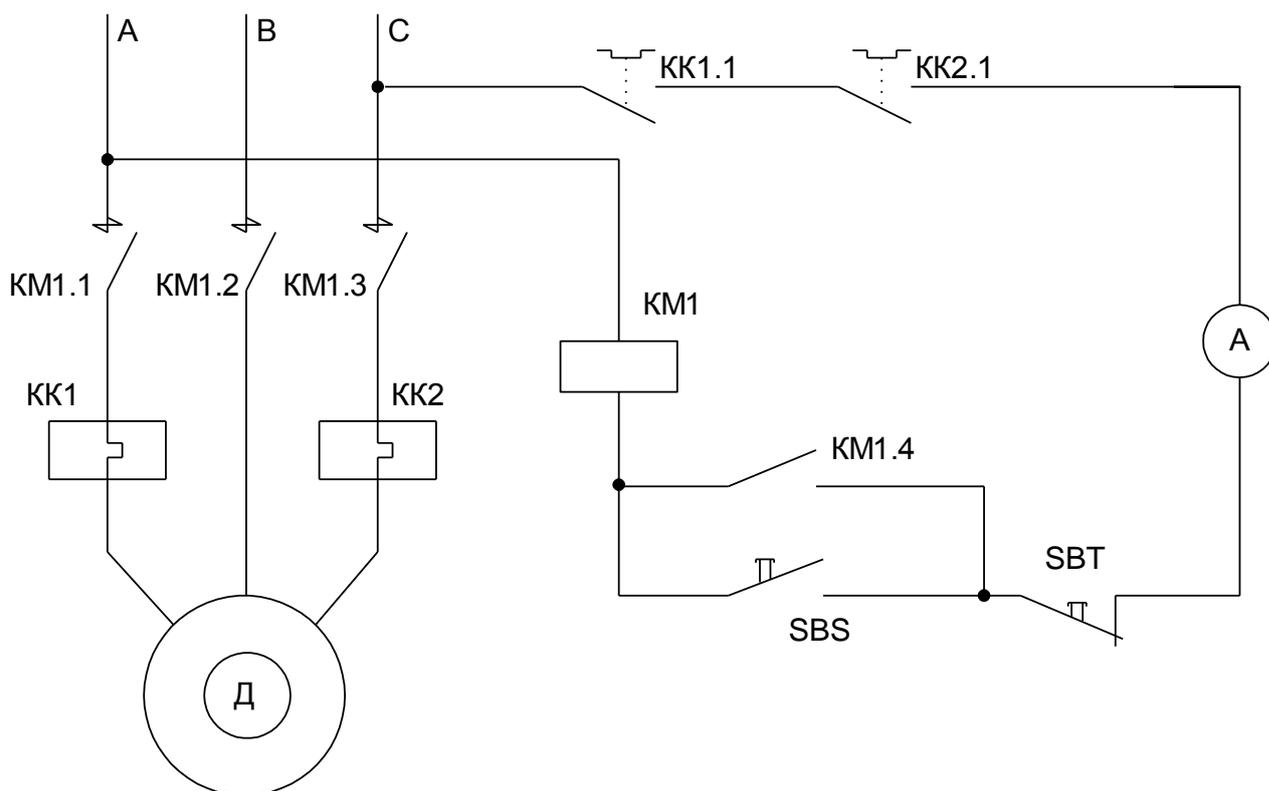


Рис.6. Схема управления нереверсивным двигателем с помощью двухкнопочной станции управления

Двухкнопочная станция состоит из кнопки ПУСК, имеющей нормально разомкнутые, замыкающиеся при нажатии кнопки контакты и кнопки СТОП, имеющей нормально замкнутые, размыкающиеся при нажатии кнопки контакты (Рис.7а).

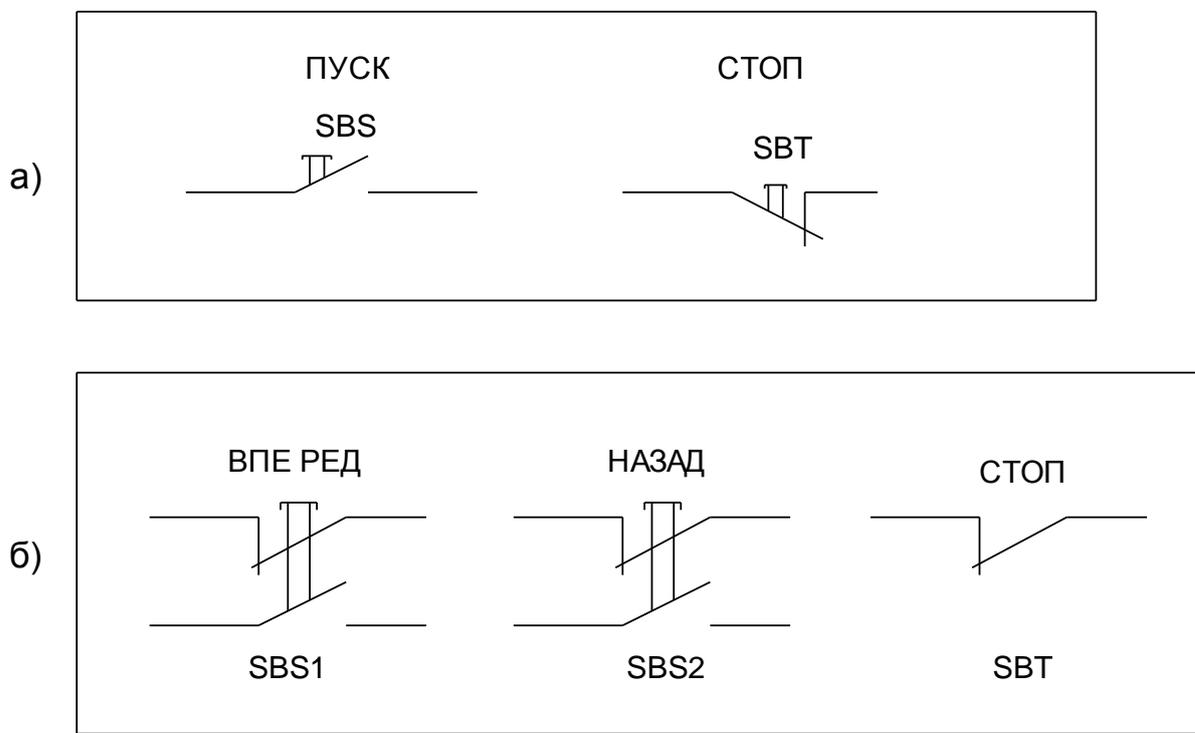


Рис. 7. Кнопочные группы: а) двухкнопочной; б) трехкнопочной пусковых станций

Схема управления нереверсивным двигателем с помощью двухкнопочной станции приведена на рис. 6. В силовую цепь двигателя последовательно в каждую фазу включены силовые контакты пускателя (KM1.1, KM1.2, KM1.3), подающие напряжение в обмотки двигателя.

В цепь управления, подключенную на линейное напряжение питающей сети последовательно включены: обмотка контактора KM1, кнопки SBS "ПУСК", SBT "СТОП". При нажатии кнопки ПУСК образуется цепь управления: фаза А - обмотка KM1 - контакты кнопки SBS "ПУСК" - контакты кнопки SBT "СТОП" - фаза С. Главные контакты KM1.1, KM1.2, KM1.3 замыкаются и в обмотки двигателя подается трехфазное напряжение; чтобы при отпускании кнопки "ПУСК" (ее контакты возвращаются в разомкнутое состояние) двигатель не остановился, параллельно ей подключены блокировочные контакты KM1.4. Остановка двигателя осуществляется нажатием кнопки "СТОП", размыкающие контакты которой разрывают цепь управления. Для защиты двигателя от перегрузки в цепь двух фаз включены тепловые реле КК1, КК2, нагревательные элементы которых разрывают цепь катушки KM1.

Реверсирование двигателя выполняется с помощью двух контакторов (KM1 и KM2) и трехкнопочной станции управления (рис. 8). При срабатывании контактора KM1 (силовых контактов KM1.1, KM1.2, KM1.3) к обмоткам двигателя подается напряжение сети с прямым порядком чередования фаз (ABC). Если срабатывает контактор KM2 (контакты KM2.1, KM2.2, KM2.3) порядок чередования фаз меняется (CBA) и двигатель изменяет направление вращения.

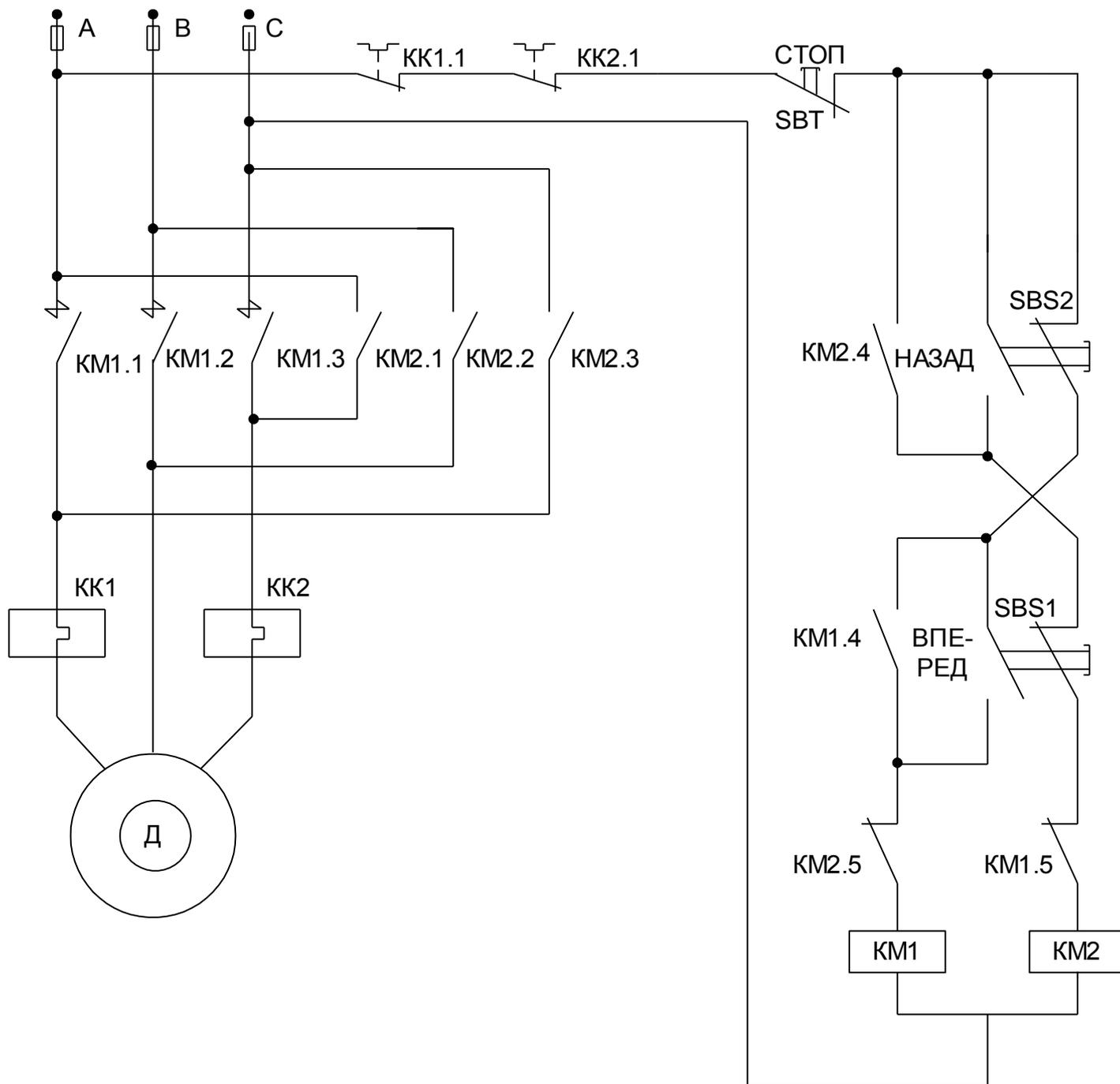


Рис. 8. Схема управления реверсивным двигателем с помощью трехкнопочной станции управления

При одновременном срабатывании обоих контактов КМ1 и КМ2 возникает короткое замыкание фаз А-С. Для предотвращения этого режима применяется электрическая блокировка цепи управления нормально замкнутыми контактами КМ1.5, КМ2.5 и SBS1 и SBS2.

Пуск двигателя "Вперед" осуществляется нажатием кнопки SBS1 "Вперед". При этом образуется цепь: фаза А - контакты термореле КК1, КК2 - замкнутые контакты кнопки SBT "СТОП" - замкнутые контакты SBS2 "Назад" - замыкающие контакты кнопки SBS1 "Вперед" - замкнутые контакты КМ2.5 - обмотка электромагнита контактора КМ1 - фаза С. Замыкаются силовые контакты КМ1.1, КМ1.2, КМ1.3. Двигатель получает прямой порядок чередования фаз.

Пуск двигателя "Назад" осуществляется нажатием кнопки SBS2. При этом образуется цепь: фаза А - контакты термореле КК1, КК2 - замкнутые контакты кнопки "СТОП" - замыкающие контакты SBS2 "Назад" - замкнутые контакты SBS1 - замкнутые контакты КМ1.5 - обмотка электромагнита контактора КМ2 - фаза С.

В результате срабатывания катушки электромагнита КМ2 замыкаются силовые контакты КМ2.1, КМ2.2, КМ2.3 и в обмотку двигателя подается обратный порядок чередования фаз трехфазной системы. Двигатель начинает вращаться в обратном направлении. Одновременное нажатие кнопок SBS1 "Вперед" и SBS2 "Назад" приведет к исчезновению тока в цепях катушек обоих электромагнитов и не один контактор не срабатывает. Защита силовой цепи двигателя от перегрузок осуществляется термореле КК1 и КК2. Короткие замыкания в цепях схемы отключаются предохранителями.

## ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

На панели стенда установлены:

- реверсивный магнитный пускатель, контакты основных узлов которого вынесены на стенд для использования при сборке схем управления;
- две пусковых двухкнопочных станции I и II;
- трехкнопочная станция.

Соответствующие контакты пусковых станций вынесены на панель стенда.

Двигатель, работой которого управляет МП, установлен внутри стенда.

## ОБЪЕМ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и компоновкой основных узлов МП. Составить эскиз кинематических связей подвижных элементов контактов, входящих в состав реверсивного МП.

2. Используя одну из двух двухкнопочных станций (рис. 7а), собрать схему управления нереверсивного двигателя (рис. 6), и опробовать ее в работе (рис.6).

3. Определить величину тока, потребляемого обмоткой контактора, рассчитать потребляемую мощность.

4. Ознакомившись с принципом работы нереверсивной схемы управления работой двигателя, самостоятельно разработать и собрать многопостовую схему управления работой двигателя, используя две двухкнопочные станции. Проверить ее в работе.

5. Используя трехкнопочную станцию управления (рис. 7б), собрать реверсивную схему управления работой двигателя (рис. 8). Опробовать ее в работе. Объяснить работу электрической блокировки, предотвращающей одновременное срабатывание двух контакторов МП.

Примечание: изменение направления вращения двигателя производить только после полной его остановки.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен быть составлен по пунктам программы выполнения работы и содержать:

- паспортные данные МП;
- формулировку цели работы;
- эскиз кинематических связей подвижных элементов контактора КМ;
- реверсивную, нереверсивную и многопостовую схемы управления работой двигателя;
- объяснение принципа работы блокировки от одновременного срабатывания двух контакторов МП.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Устройство и принцип работы МП.
2. Как осуществляется защита потребителя от перегрузок и коротких замыканий с помощью МП?
3. Объясните принцип работы реверсивной и нереверсивной схемы управления МП.
4. Принцип работы электрической блокировки от одновременного срабатывания двух контакторов МП.
5. Способы гашения дуги в МП.
6. Выбор МП.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чунихин А.А. Электрические аппараты. М: Энергоатомиздат.-1988, с.718.
2. Бурда А.Г. Обучение в электромагнитных мастерских. М: Радио-связь.- 1988, с.232.
3. Каминский Е.А. Техника чтения схем электроустановок. М: Энергия.-1972, с.117.
4. Кисаримов Р.А. Справочник электрика, М:Радио Софт.-1999, с. 318.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

#### Исследование работы электромагнитного привода выключателя

Цель работы: изучение устройства и работы электромагнитного привода выключателя; анализ работы схемы управления и способов реализации основных команд в процессе работы привода; получение навыков в чтении и сборке электрических схем, ознакомление с действием командных и блокировочных устройств электрических аппаратов.

#### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИВОДА ПС-10

Для управления работой высоковольтными выключателями широко применяются электромагнитные приводы типа ПЭ, ПС. Привод ПС-10 (новая модификация ПЭ-11) используется в комплекте с малообъемными масляными выключателями с моментом сопротивления при включении не более 45 кГм (выключатели типа ВМП-10, ВМГ-10, ВМ и др.). Основные паспортные характеристики привода приведены в таблице 4.

Таблица 4

Паспортные характеристики привода ПС-10

Соленоид включения	Обозначение в схеме	СВ
	Потребляемый ток	200 А
Соленоид отключения	Обозначение в схеме	СО
	Потребляемый ток	5 А
Ключ управления	УП-5110/А 301	
Контакты блокировки КСУ	2	
Контакты сигнальные КСА	2	
Вес, кг	55	

Включение выключателя производится с помощью соленоида включения (СВ), якорь которого, воздействуя на систему рычагов, вызывает пово-

рот вала выключателя, в результате чего замыкаются его силовые контакты и сжимаются отключающие пружины (смотри кинематику привода и выключателя на стенде). Отключение выключателя (оперативное и при работе защиты) производится при срабатывании соленоида отключения (СО), якорь которого обеспечивает перелом удерживающих рычагов привода. Выключатель отключается за счет энергии отключающей пружины.

## ОПИСАНИЕ СТЕНДА

На лабораторном стенде установлен привод ПС-10 со снятым кожухом для изучения конструкции. Выходной вал привода не связан с выключателем, воздействие которого имитируется пружиной. На панели стенда приведена схема управления приводом с сохранением паспортных условных обозначений, смонтирован ключ управления типа УП-5114/А 301, контактор цепи управления, а также контактор имитирующий работу высоковольтного выключателя и комплект реле защиты. Стенд получает питание от источника постоянного тока 110 В.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить устройство и работу электромагнитного привода ПС-10 используя лабораторный стенд, плакаты и [1, 2, 3]. Составить кинематическую схему привода.

2. Изучить принципиальную схему управления работой привода по рис.9 и [1, 2], объяснить назначение всей аппаратуры и контактов, используемых в схеме. В отчете по лабораторной работе указать назначение каждой электрической цепи в поясняющей таблице, приведенной на рис. 9.

3. Ознакомиться с работой ключа управления типа УП-5114/А 301 и составить диаграмму замыкания его контактов (таблица 5).

Таблица 5

Диаграмма замыкания контактов ключа управления

Положение ключа	Включение		Отключение	
	Включить	Включено	Отключено	Отключить
NN контактов	+ 45	0	0	- 45
1 ... 2	-	-	x	x
3 ... 4	-	-	x	x
и т.д.				
15 ... 16	x	-	-	-

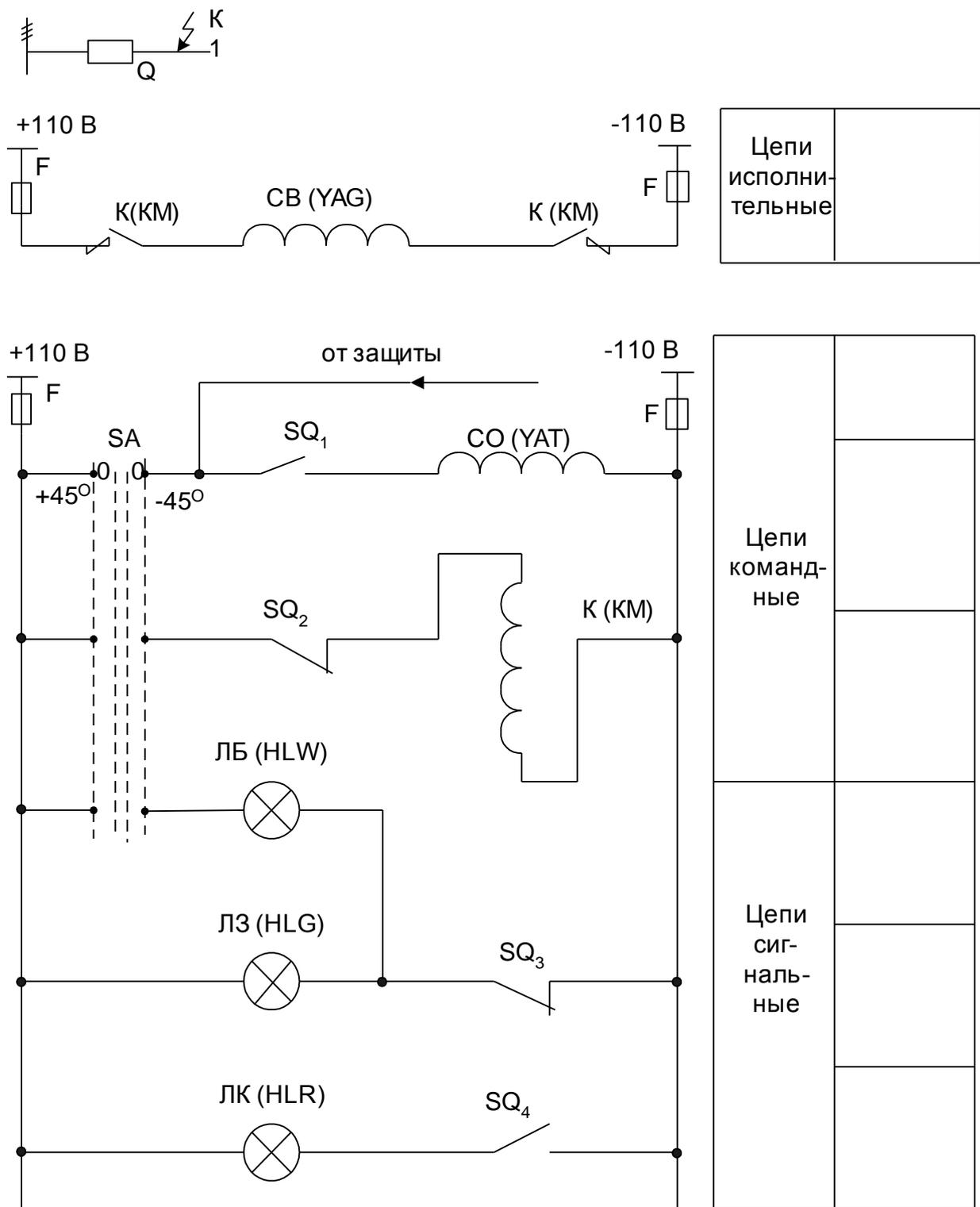


Рис. 9. Схема управления работой привода ПС-10

В скобках приведены обозначения по ГОСТ.

Обратить внимание на то, что рукоятка ключа поворачивается на 45 градусов в обе стороны с самовозвратом в нейтральное положение - 0. Состояние контактов фиксировать для каждого из четырех положений ключа (таблица 5).

4. Пользуясь таблицей 5, самостоятельно выбрать необходимые для правильной работы схемы управления группы контактов и присоединить их к схеме на панели стенда. После проверки схемы произвести включение привода выключателя с помощью ключа (оперативное включение), отключение с помощью ключа управления и от релейной защиты. Объяснить работу командных и сигнальных цепей схемы при выполнении указанных операций.

Обратить внимание на работу механизма свободного расцепления.

5. Ознакомиться с объемом испытаний приводов выключателей по [4].

*Примечание:*

1. Монтаж цепей соленоида включения и отключения, максимальной токовой защиты и оперативного тока на стенде уже выполнен. Подключению подлежат только необходимые контакты ключа управления и выходного реле защиты.

2. Короткое замыкание имитировать замыканием штепсельных гнезд на стенде после выключателя.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете по лабораторной работе приведите:

- Кинематическую схему привода с пояснениями.
- Таблицу замыкания контактов ключа управления.
- Схему управления приводом с поясняющей таблицей (рис. 9).
- Выводы по работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение приводных устройств выключателей и их характеристика, основные типы приводов.

2. Устройство, работа и кинематическая схема привода ПС-10.

3. Назначение и способы реализации механизма свободного расцепления в приводных устройствах выключателей.

4. Назначение ключей управления и их работа; условные обозначения в схемах, характеристика рабочих состояний ключа.

5. Назначение используемых аппаратов и контактов в схеме управления привода.

6. Объясните работу всех электрических цепей схемы управления выключателем при выполнении оперативных переключений и работе защиты.

7. Порядок испытания приводных устройств выключателей. Определение временных и скоростных характеристик привода.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прохорский А.А. Тяговые и трансформаторные подстанции. -М.: Транспорт, 1983.

2. Рожков Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций.- М.: Энергия, 1980.

3. Справочник по электроснабжению железных дорог. Т.2. Под ред. Марквардта К.Г. -М.: Транспорт, 1981.

4. Руководство по производству пусконаладочных работ на тяговых подстанциях. -М.: 1985.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

Изучение конструкции высоковольтного выключателя ВМПЭ-10 и ознакомление с методикой пусковых и послеремонтных испытаний масляного выключателя

Цель работы: ознакомление с принципом работы и конструктивным выполнением масляных выключателей 10 кВ и выработка навыков испытания высоковольтного коммутационного оборудования.

1. Общая характеристика выключателя ВМПЭ-10 и описание лабораторного стенда

Изучаемый в настоящей работе выключатель вмонтирован в конструкцию высоковольтной ячейки КРУ-10 кВ и предназначен для коммутации электрических цепей напряжением до 10 кВ. Общий вид выключателя и элементы его конструкции приведены на рис. 10 и в [1,2,4].

Выдвижная тележка с выключателем может занимать три положения: рабочее, когда тележка находится в камере; испытательное, когда тележка частично выдвинута и разъемы цепей управления замкнуты; ремонтное, когда тележка находится вне камеры. Предусмотрены блокировка, не допускающая выкатывания тележки при включенном выключателе.

На лицевую сторону выкатной тележки выведены контакты всех аппаратов, которые используются при выполнении лабораторной работы.

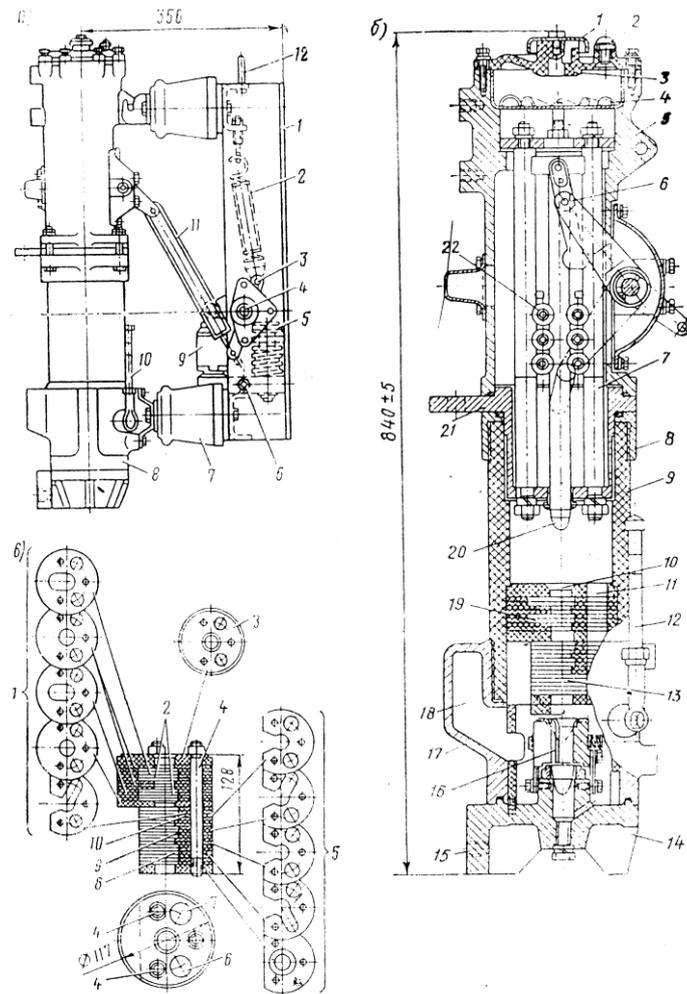


Рис. 10. Выключатель ВМПЭ-10 и основные его конструктивные элементы

Паспортные данные выключателя ВМПЭ-10 приведены в таблице 6.

Таблица 6

Паспортные данные выключателя ВМПЭ\_10

Номинальное напряжение выключателя	кВ	10
Номинальный ток выключателя	А	630
Максимальный ток отключения	кА	20
Максимальный ток включения	кА	52
Время отключения (не более)	С	0,1
Время включения (не более)	С	0,3
Напряжение питания электромагнитного привода	В	110
Ток электромагнита включения	А	180
Ток электромагнита отключения	А	5

## ОБЪЕМ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить конструкцию и основные паспортные данные выключателя (рис. 10) и табл. 6 [1,2]. Ознакомиться с объемом испытаний выключателя [3]. Принципиальную схему конструкции выключателя привести в отчете по лабораторной работе.

2. Привести выкатную тележку камеры в ремонтное положение и ознакомиться с назначением размещенного в ней оборудования.

3. Произвести осмотровую проверку состояния блокировочных контактов, контакторов, систем рычагов и сделать выводы.

4. Собрать схему рис. 11 и определить минимальное напряжение срабатывания включающей катушки (соленоида) привода выключателя. Результаты измерений сравнить с допустимыми (табл. 6).

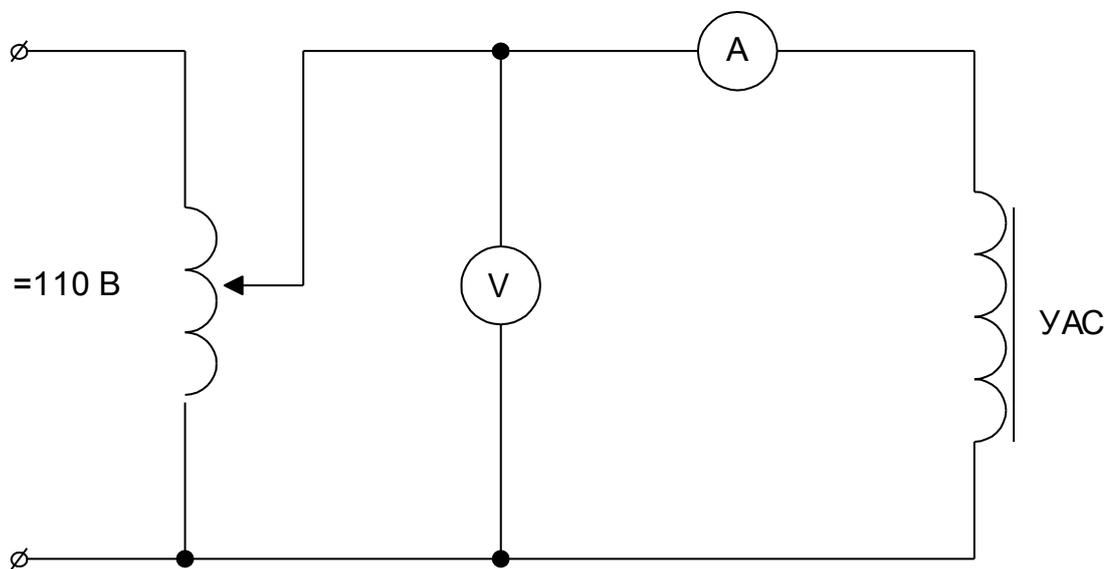


Рис. 11 . Схема для определения напряжения срабатывания включающей катушки

5. Перевести тележку в испытательное положение и замкнуть разъемы цепей управления. Используя установленные на панели стенда выводы обмоток и контактов, собрать схему управления и сигнализации выключателя и, после проверки ее лаборантом, подать питание на стенд.

*Примечание.* На схеме разъемными контактами выделены элементы схемы управления, установленные на выкатной тележке и связанные с камерой гибким шлангом.

6. Измерить мегомметром сопротивление изоляции (рис.12) между:

- подвижным и неподвижным контактом выключателя (1-2);
- подвижным контактом и корпусом (1-3);
- неподвижным контактом и корпусом (2-3) и сделать выводы.

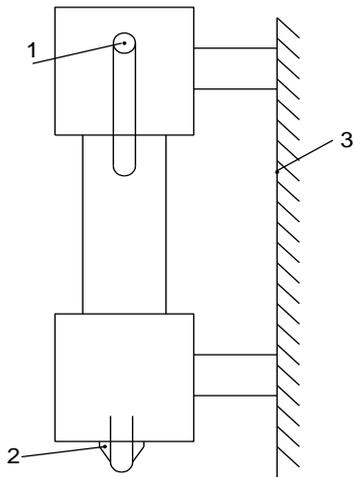


Рис. 12. Схема для измерения сопротивления изоляции

7. Используя схему стенда по горению сигнальных ламп проверить одновременность включения контактов выключателя (рис. 13). По результатам сделать выводы.

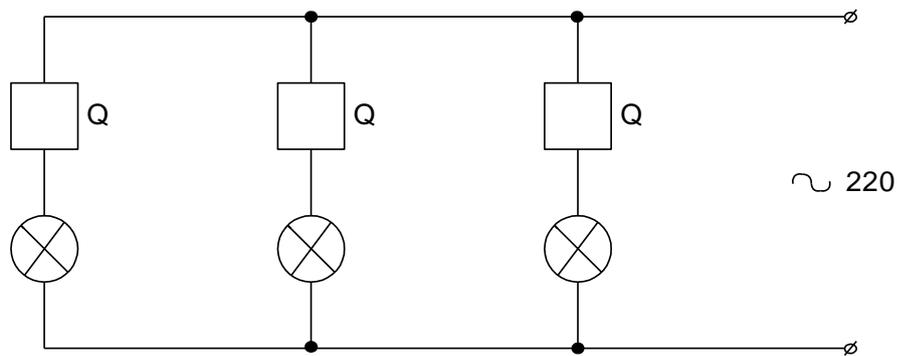


Рис. 13. Определение одновременности замыкания контактов

8. Пользуясь схемой рис. 14 измерить переходное сопротивление контактов измерительным мостом.

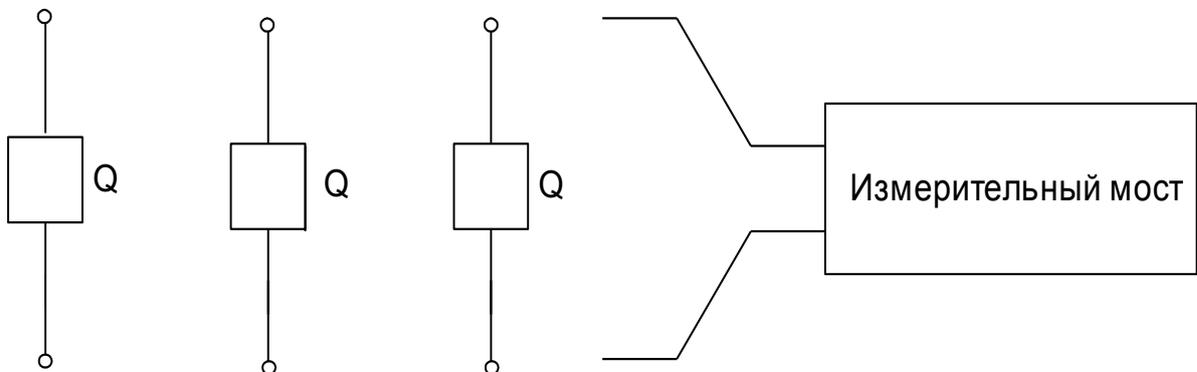


Рис. 14. Измерение сопротивления контактов

Сопротивление контактов рассчитывается по формуле:

$$r_{\text{пк}} = r_{\text{из}} - r_{\text{пр}},$$

где  $r_{\text{из}}$  - величина, измеряемого мостом сопротивления;  $r_{\text{пр}}$  - сопротивление соединительных проводов,  $r_{\text{пр}} = 0,0583 \text{ Ом}$ .

Результаты измерений занести в таблицу 7. Результаты измерений сравнить с паспортными данными (табл. 6) и сделать выводы.

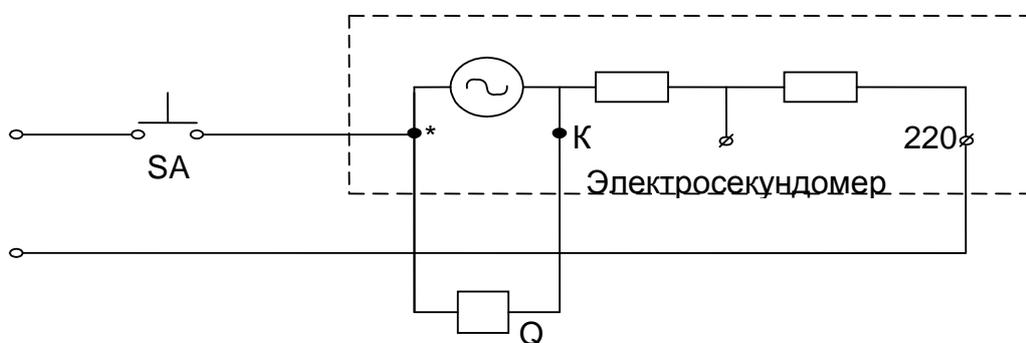
Таблица 7

Результаты измерений сопротивления контактов выключателя

Тип выключателя	Сопротивление $r_{\text{пр}}$ проводов	Фаза А		Фаза В		Фаза С	
		$r_{\text{из}}$	$r_{\text{пк}}$	$r_{\text{из}}$	$r_{\text{пк}}$	$r_{\text{из}}$	$r_{\text{пк}}$

9. Собрать схему рис. 15 и определить время замыкания контактов выключателя (рис. 15, а) и время размыкания его контактов (рис. 15, б). Результаты измерений занести в таблицу 8. Время включения и отключения определяется как среднее по многократным измерениям.

а)



б)

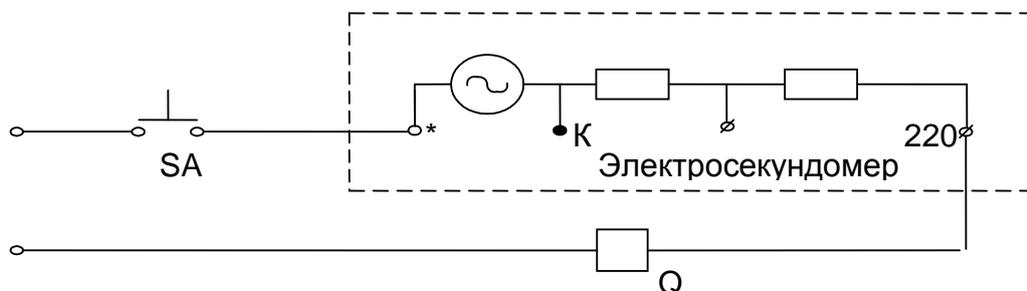


Рис. 15. а) схема определения времени замыкания контактов выключателя; б) схема определения времени размыкания контактов выключателя

Таблица 8

Результаты измерения времени замыкания и размыкания  
рабочих контактов выключателя

Измерения величин	Номера измерений				Среднее значение
	1	2	3	4	
Время включения, с					
Время отключения, с					

10. Сопоставить полученные результаты с техническими данными выключателя и камеры и сделать выводы о пригодности их к работе. В отчете привести все используемые в процессе работы схемы и результаты измерений.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Оформленный отчет по лабораторной работе должен включать:

1. Эскизный чертеж одного бака и область применения выключателя.
2. Паспортные технические параметры испытуемого выключателя.
3. Перечень проведенных послеремонтных испытаний выключателя с приведением всех испытательных схем и таблиц с результатами измерений и выводами.
4. Выводы о возможности использования выключателя для работы в высоковольтных цепях.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Назначение и конструктивное выполнение выключателя.
2. Особенности работы выключателей с малым объемом масла и принцип гашения дуги в нем.
3. Объем и назначение послеремонтных испытаний выключателя, способы их реализации.
4. Методика определения времени включения и отключения выключателей, диагностика состояния кинематики выключателя.
5. Основные типы высоковольтных выключателей, способы гашения дуги в них, выбор выключателей.
6. Влияние восстанавливающегося напряжения на отключение электрической цепи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев А.А. Электрическая часть станций и подстанций. -М: Энергоатомиздат, 1990.
2. Прохорский А.А. Электрические станции и подстанции. -М.: Транспорт, 1983.
3. Руководство по производству пуско-наладочных работ на тяговых подстанциях.-М.: ВНИИТС, Москва, 1985.
4. Справочник по проектированию электроснабжения. -М.: Энергоатомиздат, 1990.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

#### Изучение работы электрической и механической блокировок разъединителя с ручным приводом

Цель работы: выработка навыков выполнения коммутационных операций разъединителем с использованием электрических и механических блокировок обеспечения безопасности переключений.

### ОПИСАНИЕ СТЕНДА

На лабораторном стенде установлен разъединитель РНДЗ-35 с ручным приводом ПРН-22Ом, паспортные параметры, которых приведены в таблице 9.

1. Ручной привод ПРН-22Ом предназначен для выполнения коммутационных операций с разъединителями, имеющими заземляющие ножи, непосредственно обслуживаемым персоналом. Привод имеет систему механических и электрических блокировок, которые осуществляются с помощью фасонных дисков и рычагов, препятствующих включению заземляющих ножей разъединителя при замкнутых главных его ножах. Электрическая блокировка реализуется с помощью трех электромагнитных замков типа 35-1 (Р1, 1.3, 2.3), рабочие обмотки которых получают питание через три группы блокировочных контактов КВЦ (на схеме стенда и рис.1: Р1 - Р6; 1.3.1.- 1.3.3.; 2.3.1.- 2.3.3.). Состояние блокировочных контактов Р1 - Р6, 1.3.1.- 1.3.3., 2.3.1.-2.3.3. (замкнуты, разомкнуты) связаны с положением главных "Р" и заземляющих (1.3, 2.3) ножей разъединителя. Изменение положения главных и заземляющих ножей разъединителя (рукоятками включения) возможно только после того, как с помощью электромагнитного ключа будут сняты электрические и механические блокировки приводного вала ножей разъединителя.

Схема силовых цепей и цепей управления разъединителем приведена на рис.16.

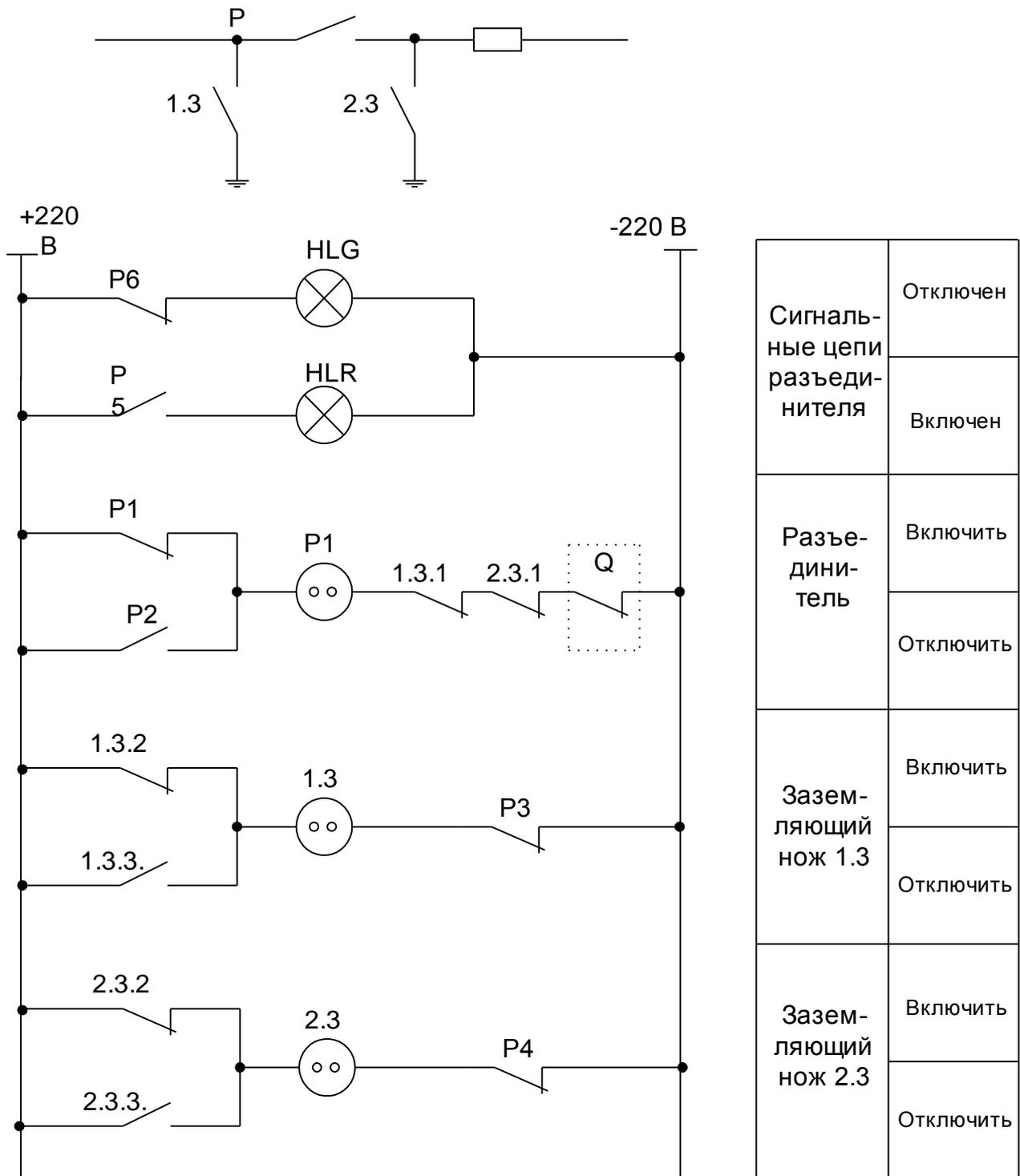


Рис. 16. Схема управления работой разъединителя с использованием электромагнитных замков

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. По [1,3] изучить назначение, конструктивное исполнение и объем выполняемых работ при ревизии разъединителей.

2. Ознакомиться с конструкцией и паспортными данными разъединителя РНДЗ-35, с приводом ПРН-22Ом по лабораторному стенду и таблице 9.

3. Изучить работу механических и электрических блокировок, обеспечивающих безопасное выполнение коммутационных операций с разъединителем. Объяснить работу этих блокировок, привести кинематические схемы их работы.

4. Изучить работу схемы управления работой разъединителя с использованием электромагнитных замков (рис.16).

5. Пользуясь схемой рис.16 собрать схему управления работой разъединителя на лабораторном стенде и произвести операции включения и отключения главных и заземляющих ножей разъединителя в требуемой правилами техники безопасности последовательности. Убедиться, что при нарушении, установленной правилами последовательности выполнения операций включения и отключения главных и заземляющих ножей, наличие электрических и механических блокировок предотвращает возникновение аварийных режимов.

Таблица 9

ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ РАЗЪЕДИНИТЕЛЯ РНДЗ-2-35

Тип разъединителя				РНДЗ-2-35
Номинальное напряжение			кВ	35
Номинальный ток			кА	1600
Стой- кость при сквоз- ных к.з.	Главных ножей	Сквозной ток к.з.	кА	63
		Ток термической стойкости	кА/с	25/4
	Заземляющих ножей	Сквозной ток к.з.	кА	63
		Ток термической стойкости	кА/с	25/1
Масса			кг	182
Привод	Тип привода			ПРН-22Ом
	Число контак- тов КВУ	Главных ножей		12
		Заземляющих ножей		4
	Тип блокзамка			35-1

6. Результаты выполненной работы предъявить преподавателю и получить разрешение на разбор схемы.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен включать.

1. Назначения и паспортные данные исследуемого оборудования.
2. Кинематическую схему работы разъединителя и привода.
3. Схему управления работой разъединителя.
4. Объяснение работы механических и электрических блокировок.
6. Выводы по работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение разъединителей, их условные обозначения и выбор.
2. Конструкция и основные типы разъединителей, назначение заземляющих ножей.
3. Основные типы приводов разъединителей и их характеристика.
4. Устройство и работа привода разъединителя ПРН-220м.
5. Как осуществляется электрическая и механическая блокировка главных и заземляющих ножей.
6. Объясните работу схемы управления разъединителя с использованием электромагнитных замков.
7. Объясните работу сигнальных цепей положения разъединителя.
8. Перечень выполняемых работ при ревизии разъединителей.
9. Возможность отключения токов холостого хода линий и трансформаторов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прохорский А.А. Электрические станции и подстанции.- М.: Транспорт, 1983.
2. Бей Ю.П. и др. Тяговые подстанции.- М.: Транспорт, 1987.
3. Руководство по производству пусконаладочных работ на тяговых подстанциях. - М.: ВНИИТС, Москва, 1985.
4. Неклепаев Б.Н. и др. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1989.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

### Изучение конструкции и схемы дистанционного управления работой разъединителя

Цель работы: ознакомление с конструкцией разъединителей с моторными приводными устройствами, изучение схемы дистанционного управления разъединителем и испытание ее в работе.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

На стенде смонтирован разъединитель РЛНД-35 с моторным приводом ПДН-35. Все части привода монтируются на чугунном основании и включают червячный редуктор с электродвигателем, механизм управления с системой блок-контактов, выходные валы для связи с главными и заземляющими ножами (на стенде последние отсутствуют) разъединителя.

Для ручного управления приводом предусмотрено отверстие под рукоятку ручного включения, закрытое заслонкой. Для открытия этого отверстия необходимо повернуть заслонку против часовой стрелки на угол  $90^{\circ}$ , предварительно оттянув на себя головку фиксатора. При этом открывается доступ к червяку редуктора, а фиксатор удерживает заслонку в повернутом положении; вспомогательный блок-контакт безопасности "КРБ", механически связанный с заслонкой, разрывает цепь электродвигателя. После окончания ручного включения все операции повторяют в обратном порядке.

Элементы схемы дистанционного управления приводом приведены на лабораторном стенде и рис.17. Ключ дистанционного управления ДУ обеспечивает подготовку схемы управления для выполнения операций "включить" и "отключить". Таблица контактов ключа ДУ и блокировочных контактов КВ, КО приведен в табл. 11. Пуск привода при включении и отключении разъединителя осуществляется кнопкой пуска КП.

Блокировочные контакты КВ, КО обеспечивают изменение направления вращения двигателя привода для выполнения операций включения и отключения.

Блокировочные контакты КРБ обеспечивают разрыв цепи питания электродвигателя при проведении ремонта червячного редуктора или переходе на ручное управление разъединителем.

Блокировочные контакты БЗ не допускают операции с разъединителями при включенных заземляющих ножах (заземляющие ножи на стенде отсутствуют, в связи с этим контакты БЗ находятся в замкнутом положении).



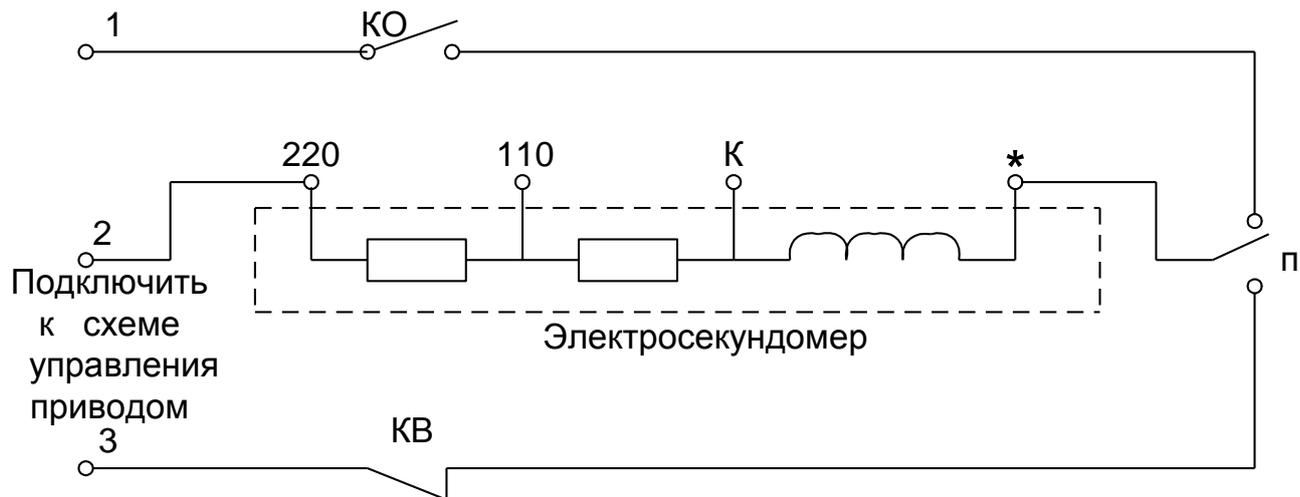


Рис. 18. Схема для измерения времени выполнения коммутационных операций разъединителя с моторным приводом

Измерить время включения и отключения разъединителя при изменении питающего напряжения в пределах  $(0,8 \div 1,1)U_H$  (для облегчения работы электродвигателя привода ползунков реостата R установить в среднем положении).

Результаты измерений занести в таблицу 12.

По результатам измерений построить зависимость времени работы привода для процесса включения и отключения разъединителя (в одних осях) и сделать выводы.

Таблица 10  
Паспортные характеристики разъединителя РЛНД-35  
и привода ПДН-35

Разъединитель	Тип		РЛНД-35
	Номинальное напряжение	кВ	35
	Номинальный ток	А	600
	Амплитуда сквозного тока к.з.	кА	80
	10 сек. ток термич. устойчив.	кА	12
	Вес	кг	65
Привод	Тип		ПДН
	Допустимое отклонение напряжения	%	-15% - +10% $U_H$
	Время включения	сек.	1,3
	Время отключения	сек.	1,4
	Вес	кг	295

Таблица 11

Таблица замыкания контактов ключа управления ДУ и блокировочных контактов КВ, КО, БЗ, КРБ

	ДУ включено				ДУ отключено				Примечание
	С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>	КО	КВ	С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>	КО	КВ	
2Л <sub>1</sub>									
2Л <sub>2</sub>									
3Л <sub>1</sub>									
3Л <sub>2</sub>									

Таблица 12

Зависимость времени включения и отключения разъединителя при изменении питающего напряжения

U=0,8U <sub>н</sub>		U=U <sub>н</sub>		U=1,1U <sub>н</sub>	
Вкл.	Откл.	Вкл.	Откл.	Вкл.	Откл.
С	С	С	С	С	С

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен включать:

1. Паспортные данные исследуемого оборудования.
2. Кинематическую схему работы привода.
3. Схему дистанционного управления разъединителей и диаграмму замыкания контактов ключа "ДУ".
4. Объяснение назначения электрических и механических блокировок.
5. Результаты измерений, графики.
6. Выводы по работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение разъединителей, отделителей и короткозамыкателей.
2. Конструкция и основные типы разъединителей, выбор разъединителя.
3. Основные типы приводов разъединителей и их характеристика.
4. Устройство и работа механизма привода ПДН-35.
5. Как осуществляется механическая и электрическая блокировка главных и заземляющих ножей разъединителя.
6. Объясните назначение вспомогательных контактов "КРБ".

7. Объясните последовательность работы элементов схемы дистанционного управления разъединителя.

8. Объясните работу сигнальных цепей схемы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прохорский А.А. Электрические станции и подстанции. - М.: Транспорт, 1983.

2. Бей Ю.П. и др. Тяговые подстанции. - М.: Транспорт, 1987.

3. Руководство по производству пусконаладочных работ на тяговых подстанциях. - М.: ВНИИТС, Москва, 1985.

4. Федоров А.А. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. - М.: Энергия, 1987.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

### Испытание измерительного трансформатора тока

Цель работы: изучение конструкции и порядка проведения испытаний измерительных трансформаторов тока; проведение частичных испытаний трансформатора тока типа ТПФМ-10/20; снятие основных характеристик номинального режима.

### РЕГЛАМЕНТИРУЕМЫЙ ОБЪЕМ ИСПЫТАНИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Испытание высоковольтного оборудования распределительных устройств производится после полного завершения монтажных работ на электроустановке или ремонта аппарата, при сдаче в эксплуатацию с целью определения соответствия его характеристик и качества монтажа проекту, правилам и нормам эксплуатации.

Измерительные трансформаторы тока должны быть подвергнуты следующим испытаниям [1]:

1. Проверка сопротивления изоляции обмоток.

2. Испытание повышенным напряжением первичных обмоток.

3. Проверка маркировки выводов обмоток (начало, конец).\*

4. Измерение коэффициента трансформации.\*

5. Испытание повышенным напряжением вторичных обмоток.

6. Снятие характеристики намагничивания.\*

7. Измерение сопротивления обмоток постоянному току на всех ответвлениях.

8. Испытания масла (напряжение более 35 кВ) на электрическую прочность и химический состав.

9. Измерение диэлектрических потерь (кроме фарфоровых).

10. Испытание повышенным напряжением вводов первичной обмотки (в трансформаторах наружной установки).

Порядок проведения, схемы и необходимое оборудование для испытаний приводятся в [1]. Типовые нормы времени на выполнение работ указаны в [2].

*Примечание:* звездочками отмечены виды испытаний выполняемые в данной лабораторной работе.

## ОБЪЕМ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством и паспортными данными испытуемого трансформатора тока ТПФМ-10/20. (табл. 13, трансформатор на стенде). Обратить внимание на расположение выводов первичных и вторичных обмоток.

Таблица 13

Паспортные параметры трансформатора тока ТПФМ-10/20

Тип трансформатора тока			ТПФМ-10/20
Номинальный первичный ток		А	20
Номинальное напряжение		кВ	10
Варианты классов точности		-	0,5÷3
Номинальный вторичный ток		А	5
Номинальная нагрузка в классах точности	0,5	Ом/ВА	0,6/1,5
	3,0	Ом/ВА	1,2/3,0
Сопротивление вторичной обмотки в классе точности 0,5/3		Ом	0,25/0,2
Односекундная термическая устойчивость (кратность)			75
Динамическая устойчивость (кратность)			165

2. Используя схему рис. 19 проверить маркировку выводов обмоток

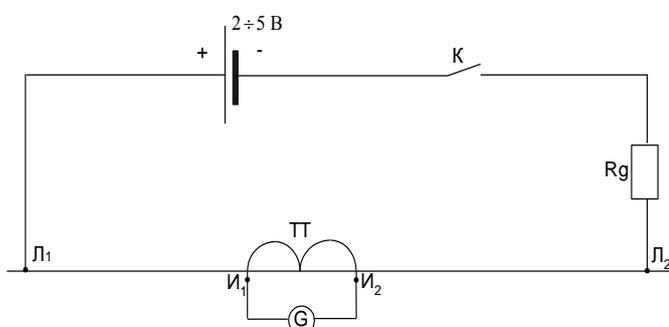


Рис. 19. Схема проверки маркировки выводов обмоток трансформатора

трансформатора с соблюдением указанной на рис. 19 полярности батареи и прибора: стрелка гальванометра должна отклониться вправо.

3. Произвести проверку коэффициента трансформации трансформатора тока, используя схему рис. 20. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 14. Для получения объективных данных необходимо выполнить 8-10 измерений в пределах номинальных параметров трансформатора тока, соблюдая точность в отчетах показаний приборов. По полученным данным необходимо построить зависимость относительной погрешности величины коэффициента трансформации в диапазоне номинальных токов трансформатора  $f_k \% = f(I_2)$ .

Таблица 14

Результаты экспериментальной оценки коэффициента трансформации трансформатора тока

NN измерений	$I_1$		$I_2$		$K_{и}$	$K_{н}$	$f_k \%$	$f_{k\text{ ср}} \%$
	дел.	А	дел	А				
1.								
2.								
...								
9.								
10.								

Относительная погрешность коэффициента трансформации определяется по формуле

$$f_k \% = \frac{K_{н} - K_{и}}{K_{и}} \cdot 100,$$

где  $K_{н}$  - номинальное значение коэффициента трансформации, определяемое по паспортным данным.

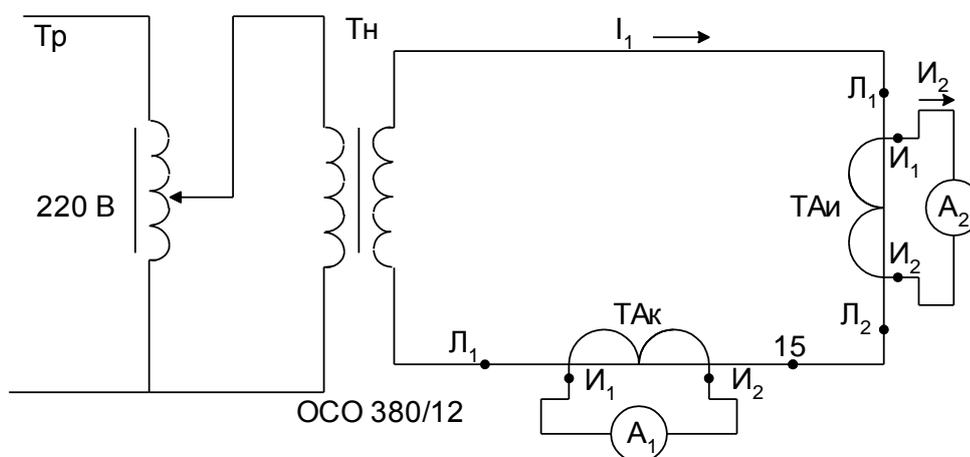


Рис. 20. Схема проверки коэффициента трансформации трансформатора тока

$$K_{и} = \frac{I_1}{I_2} - \text{измеренное значение коэффициента трансформации.}$$

Найдите среднее значение относительной погрешности коэффициента трансформации и сравните ее с паспортной, сделайте выводы.

*Примечание:* При определении тока  $I_1$  учитывайте параметры контрольного трансформатора тока ТАк.

4. Снять характеристику намагничивания трансформатора тока, используя схему рис. 21. Характеристика намагничивания представляет собой зависимость напряжения на вторичной обмотке трансформатора тока  $U_2$  (или индукции) от протекающего по ней тока намагничивания  $I_0$ . Произвести 8-10 измерений в диапазоне номинального тока равного 5 А.

Результаты измерений сводятся в таблицу 15.

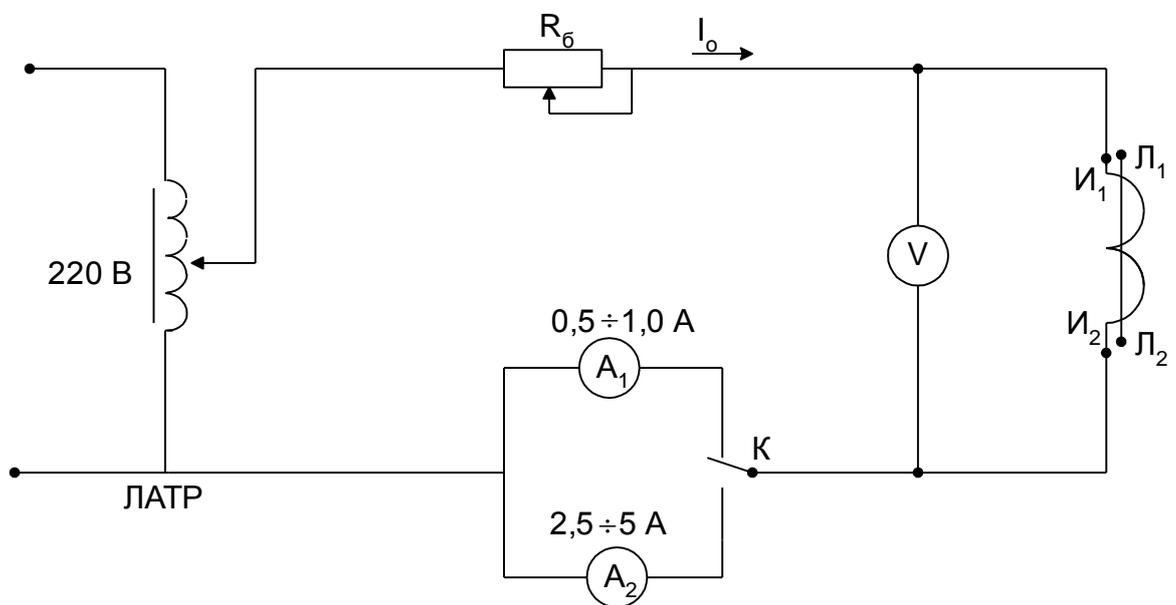


Рис. 21. Схема для снятия характеристики намагничивания трансформатора тока

Таблица 15

Зависимость напряжения вторичной обмотки от тока намагничивания трансформатора тока

NN измерений	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
параметры трансформатора										
$U_2, В$										
$I_0, А$										

По полученным данным построить характеристику намагничивания испытываемого трансформатора тока  $U_0 = f(I_0)$ . Попробуйте предсказать ход этой характеристики при увеличении тока намагничивания за пределы номинального вторичного тока. Дайте объяснение физическим процессам в магнитопроводе трансформатора тока. Сделайте выводы по результатам измерений.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Назначение и общая характеристика испытываемого трансформатора тока.
2. Схемы испытаний трансформатора тока и их назначение.
3. Таблицы измеренных и вычисленных величин.
4. Графики зависимостей  $f_{\text{и}} = f(I_2)$ ;  $U_2 = f(I_0)$  и их характеристика.
5. Выводы по результатам каждого испытания. Заключение о соответствии полученных результатов нормативным требованиям.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение и область применения измерительных трансформаторов тока (ТТ), векторная диаграмма ТТ.
2. Техника безопасности и правила работы с ТТ.
3. Объем основных испытаний ТТ после ремонта или завершения монтажных работ.
4. Классы точности и область применения ТТ с учетом их работы в контролируемых цепях.
5. Основные конструктивные варианты ТТ и их применение, выбор ТТ.
6. Дайте характеристику каждому виду испытаний, выполненных в лабораторной работе и назначению измерительных приборов.
7. Назовите основные эксплуатационные факторы, влияющие на погрешность ТТ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по производству пусконаладочных работ. ВНИИТ. Москва, 1985.
2. Типовые нормы времени на технологическое обслуживание ГУЗ и Э МПС.- М.: Транспорт, 1991.
3. Беркович В. А. Основы техники эксплуатации релейной защиты. Госэнергоиздат, 1979.

4. Прохорский А.А. Электрические станции и подстанции.-М.: Транспорт, 1983.

10. Наклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций.-М.: Энергоатомиздат, 1989.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение .....	3
2. Правила техники безопасности в лаборатории "Оборудование станций и подстанций".....	4
3. Форма титульного листа отчета по лабораторной работе .....	6
4. Работа N 1. Изучение автоматических воздушных выключателей низкого напряжения .....	7
5. Работа N 2. Изучение устройства магнитного пускателя и работы его схемы управления .....	14
6. Работа N 3. Исследование работы электромагнитного привода выключателя.....	20
7. Работа N 4. Изучение конструкции высоковольтного выключателя ВМПЭ-10 и ознакомление с методикой пусковых и послеремонтных испытаний масляного выключателя .....	24
8. Работа N 5. Изучение работы схемы управления электрической и механической блокировок разъединителя с ручным приводом.....	30
9. Работа N 6. Исследование конструкции и схемы дистанционного управления работой разъединителя.....	34
10. Работа N 7. Испытание измерительного трансформатора тока .....	38

Министерство путей сообщения Российской Федерации

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Кафедра «Электроснабжение  
транспорта»

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ**

Сборник  
лабораторных работ

Автор

Заведующий кафедрой

Председатель РИК

Председатель МК

Ответственный за выпуск

Хабаровск  
Издательство ДВГУПС  
2002

