

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**Невинномысский технологический институт (филиал)**

Методические указания по выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Электрические и электронные аппараты»

Направление подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника  
Профиль подготовки – Электропривод и автоматика  
Квалификация выпускника – бакалавр

Невинномысск 2021

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ по дисциплине «Электрические и электронные аппараты» для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и соответствуют требованиям ФГОС ВО направления подготовки бакалавров.

Составитель: доцент кафедры ИСЭА Д.В.Самойленко

## СОДЕРЖАНИЕ

Организация лабораторного практикума .....	4
Подготовка и проведение измерений с помощью электронного мультиметра.....	5
Работа 1. Определение коэффициента возврата электромагнитного контактора.....	7
Работа 2. Снятие времятоковой характеристики электротеплового реле .....	11
Работа 3. Определение коэффициента возврата электромагнитного реле переменного тока .....	16
Работа 4. Определение коэффициента возврата электромагнитного промежуточного реле переменного напряжения .....	21
Работа 5. Снятие зависимости выдержки времени от уставки электромеханического реле времени.....	25
Список рекомендуемой литературы .....	29

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

Все лабораторные проводятся фронтально. Подгруппа студентов распределяется преподавателем на бригады по 2 – 4 человека.

Каждое занятие состоит из четырех этапов: подготовки к лабораторной работе; предварительной беседы преподавателя; выполнения лабораторной работы; составления отчета и защиты выполненной работы.

В ходе предварительной беседы преподаватель раскрывает смысл и цель предстоящей работы, напоминает основные положения теории, разбирает методику сложных измерений и производит допуск к работе по результатам устного опроса.

Подготовка к работе проводится студентами самостоятельно и включает повторение теоретического материала, ответы на контрольные вопросы, заготовку таблиц для отчета и выполнение предварительных расчетов.

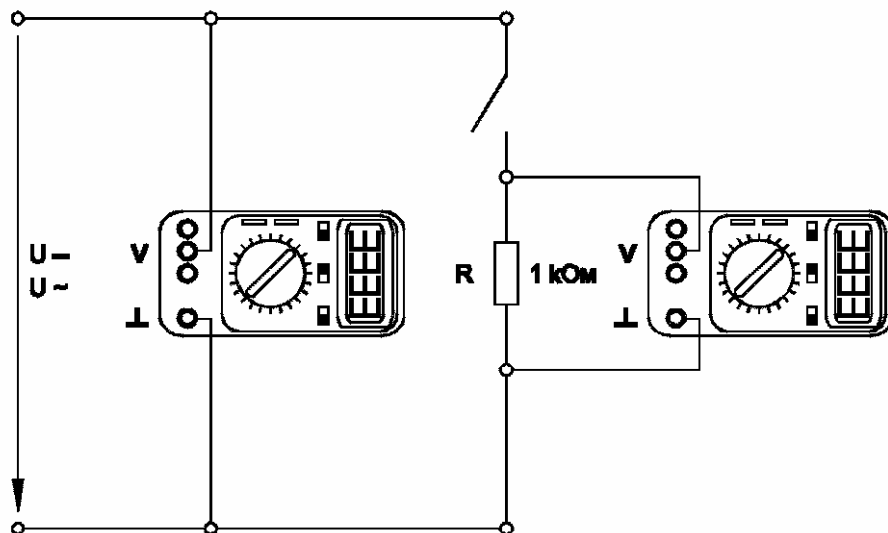
Питание подается после проверки преподавателем или лаборантом правильности сборки испытуемой схемы и получения разрешения на проведение экспериментальных работ. После окончания работы, прежде чем выключить питание, студент должен показать полученные результаты преподавателю.

В отчете должны быть приведены: исследуемая схема; таблицы результатов измерения; необходимые расчеты; ответы на контрольные вопросы. Ход выполнения работ должен сопровождаться краткими пояснениями. После выполнения работы стенд и приборы обесточиваются и соединительные провода предъявляются преподавателю или лаборанту.

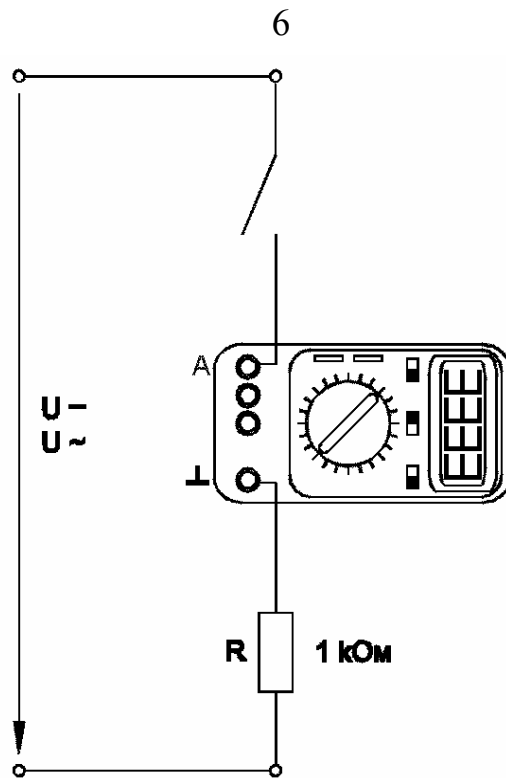
## ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО МУЛЬТИМЕТРА

Для измерения трех базовых электрических величин (напряжения, тока и омического сопротивления) используется мультиметр. До его подключения к цепи необходимо выполнить следующие операции:

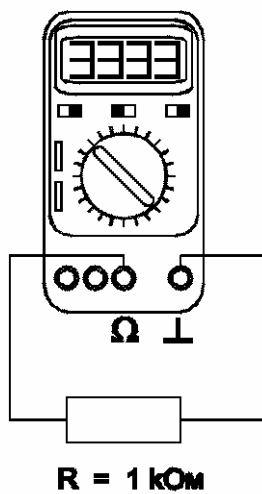
- установку рода тока (постоянный/переменный);
- выбор диапазона измерений соответственно ожидаемому результату измерений;
- правильное подсоединение зажимов мультиметра к измеряемой цепи.



*Присоединение мультиметра как вольтметра*



*Присоединение мультиметра как амперметра*



*Присоединение мультиметра как омметра*

## РАБОТА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВОЗВРАТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОНТАКТОРА

### 1 Цель работы

Изучить устройство и принцип работы контакторов постоянного и переменного тока, а также научиться экспериментально определять коэффициент возврата.

### 2 Оборудование

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	$\sim 220 \text{ В} / 16 \text{ А}$
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	$\sim 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
A2	Контактор	372	120 ВА / 220/24 В
A3	Выпрямитель	373	$\sim 220 \text{ В} / 2 \times 5 \text{ А} /$ 0,005 Гн
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра $= 0 \dots 1000 \text{ В} /$ $= 0 \dots 10 \text{ А} /$ 0...20 МОм

### 3 Программа работы

1. Изучение устройства и принципа работы контактора постоянного и переменного тока.
2. Определение коэффициента возврата электромагнитного контактора на переменном токе.
3. Определение коэффициента возврата электромагнитного контактора на постоянном токе.

#### 4 Порядок выполнения работы

Подавать питание можно только после сборки испытуемой схемы и разрешения преподавателя.

После проведения эксперимента питание необходимо отключить.

1. Составьте на одном стеллаже оборудование, используемое в эксперименте.

2. Соберите схему рис.1.1.

3. Соедините гнезда защитного заземления «» устройств с гнездом «РЕ» автотрансформатора А1.

4. Поверните рукоять автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелки положение.

5. Включите автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.

6. Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и автотрансформатора А1.

7. Рукоять мультиметра P1.1 установите в положение «V~ 700» и включите его питание.

8. Медленно вращая регулировочную рукоять автотрансформатора А1 по часовой стрелке, увеличивайте напряжение, прикладываемое к обмотке контактора А2.

9. В момент включения контактора зафиксируйте с помощью мультиметра P1.1 напряжение  $U_1$ .

10. Медленно вращая рукоять автотрансформатора А1 против часовой стрелки, уменьшайте напряжение, прикладываемое к обмотке контактора А2.

11. В момент отключения контактора зафиксируйте с помощью мультиметра P1.1 напряжение  $U_2$ .

12. Вычислите коэффициент возврата электромагнитного контактора на переменном токе по формуле  $k_{\sim} = U_2/U_1$ .

13. Отключите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и автотрансформатора А1.

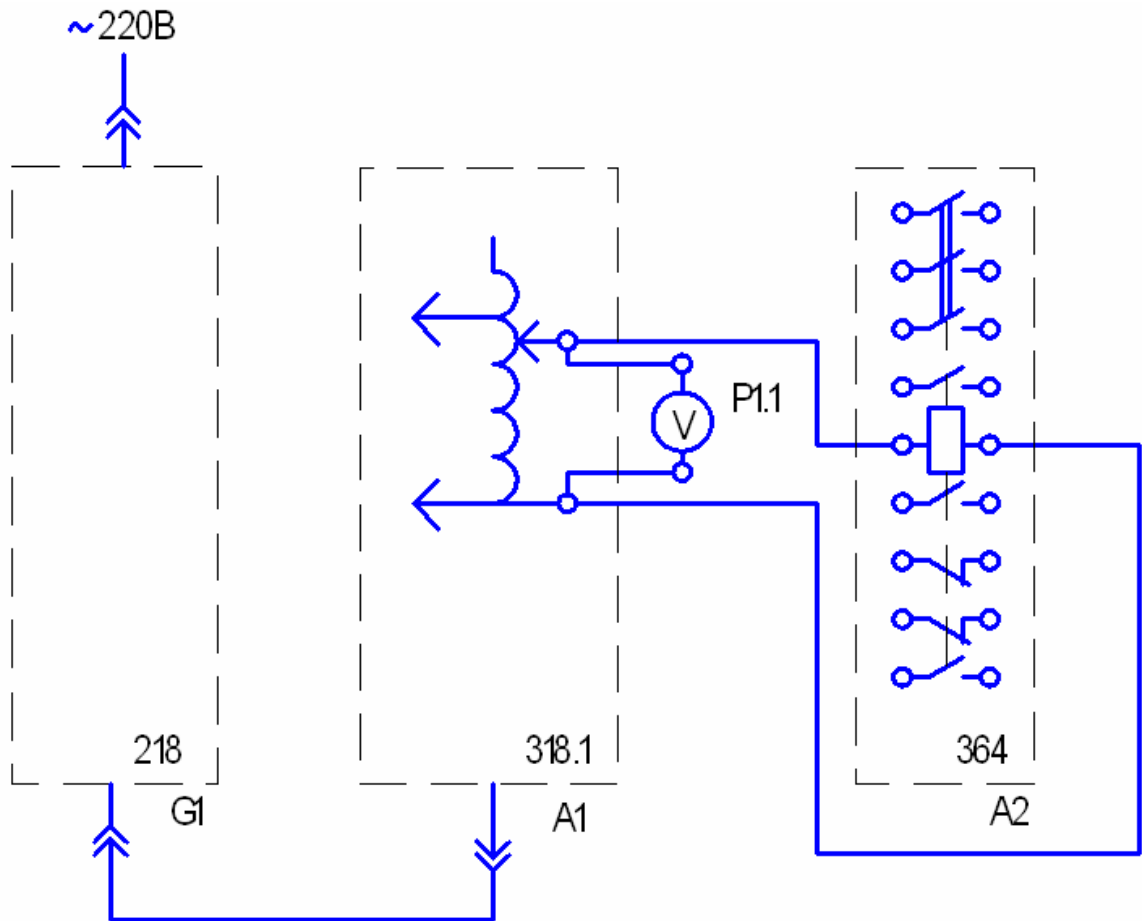


Рисунок 1.1 – Схема соединений

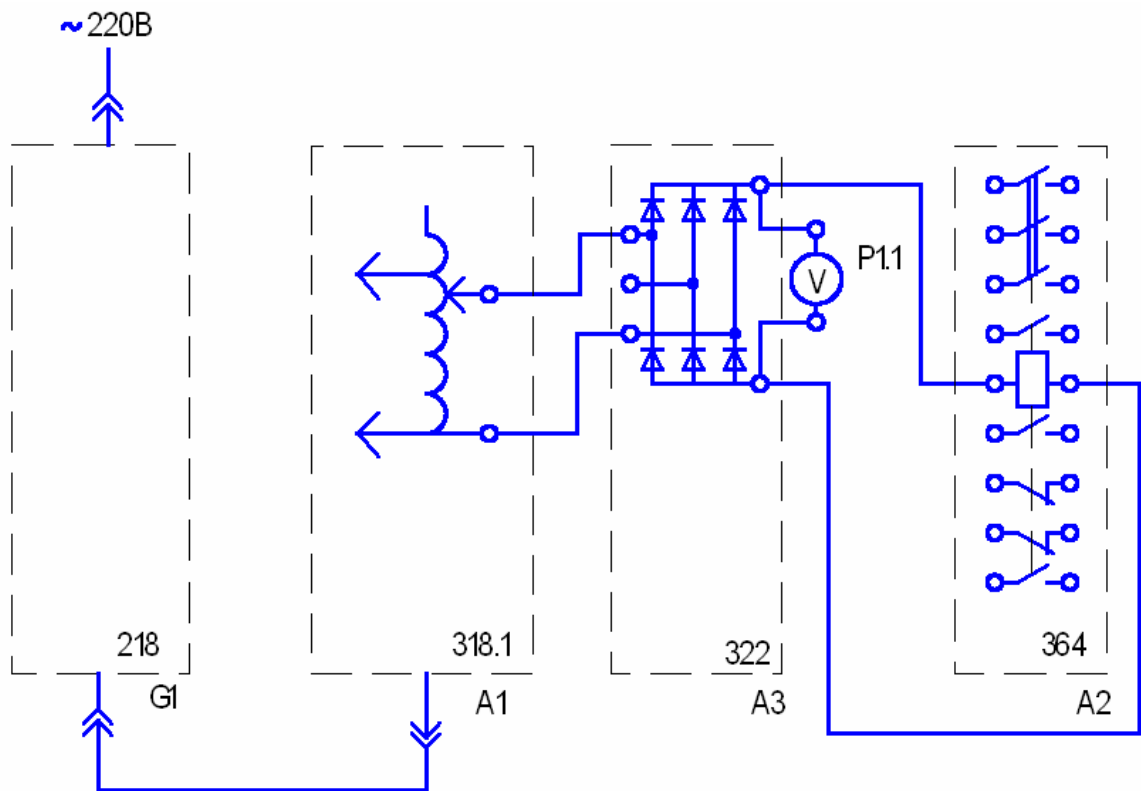


Рисунок 1.2 – Схема соединений

14. Соберите схему рис. 1.2.
15. Повторите пункты 4, 5, 6.
16. Рукоять мультиметра Р1.1 установите в положение « $\times 1000$ » и включите его питание.
17. Повторите пункты 8, 9, 10, 11.
18. Вычислите коэффициент возврата электромагнитного контактора на постоянном токе по формуле  $k = U_2/U_1$ .
19. Сделайте выводы.

### 5 Содержание отчета

В соответствии с общими требованиями отчет должен содержать:

- тему и цель лабораторной работы;
- программу работы;
- схемы исследуемых установок;
- напряжения включения и отключения контакторов;
- рассчитанные коэффициенты возврата;
- выводы по работе.

### 6 Контрольные вопросы

1. Дайте определение контактора и магнитного пускателя?
2. В чем отличие контактора от магнитного пускателя?
3. Перечислите основные параметры, по которым выбирается контактор?
4. Какие основные узлы имеет контактор?
5. Перечислите и охарактеризуйте категории применения контакторов?
6. Что такое механическая износостойкость контакторов?
7. Что такое коммутационная износостойкость контакторов?
8. Какие преимуществами по сравнению с контактными имеет статический контактор?

## Работа 2. Снятие времятоковой характеристики электротеплового реле

### 1 Цель работы

Изучить устройство, принцип работы электротеплового реле и научиться экспериментально определять его времятоковую характеристику.

### 2 Оборудование

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	$\sim 220 \text{ В} / 16 \text{ А}$
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	$\sim 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
A4	Однофазный трансформатор	372	120 ВА / 220/24 В
A5	Электротепловое реле	356	Главная цепь: $\sim 3 \times 220 \text{ В} / 10 \text{ А}$ . Уставка реле: 0,42...0,58 А.
A6	Сдвоенный реактор	373	$\sim 220 \text{ В} / 2 \times 5 \text{ А} /$ 0,005 Гн
A11	Автоматический однополюсный выключатель	359	$\sim 230 \text{ В} / 0,5 \text{ А}$
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра $\approx 0 \dots 1000 \text{ В} /$ $\approx 0 \dots 10 \text{ А} /$ 0...20 МОм
P2	Измеритель тока и времени	524	0...5 А / 0,01...999 с


### 3 Программа работы

1. Изучение устройства и принципа электротеплового реле.
2. Снятие времятоковой характеристики электротеплового реле.

### 4 Порядок выполнения работы

Подавать питание можно только после сборки испытуемой схемы и разрешения преподавателя.

После проведения эксперимента питание необходимо отключить.

1. Составьте на одном стеллаже оборудование, используемое в эксперименте.
2. Соберите схему рис.2.1.
3. Соедините гнезда защитного заземления «» устройств с гнездом «РЕ» автотрансформатора А1.
4. Отключите выключатель А11.
5. Поверните регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелки положение.
6. Если выступает шток электротеплового реле А5, то нажмите его.
7. Включите автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.
8. Включите выключатели «СЕТЬ» Автотрансформатора А1, блока мультиметров Р1, измерителя тока и времени Р2.
9. Рукоять мультиметра Р1.1 установите в положение «V ~700» и включите его питание.
10. Вращая регулировочную рукоять автотрансформатора А1, установите по вольтметру Р1.1 напряжение, на выходе автотрансформатора А1 равное, например 200 В.

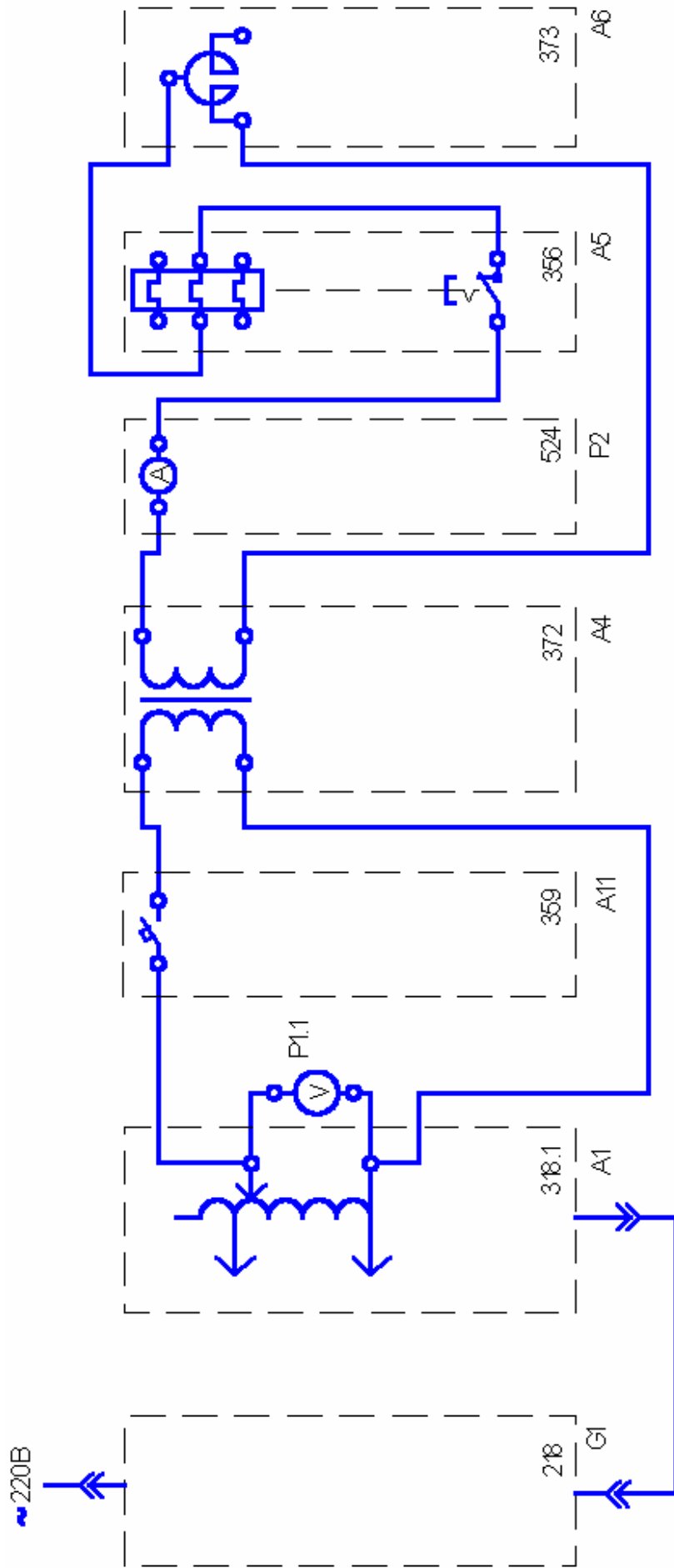


Рисунок 2.1 – Схема соединений

11. Включите выключатель А11.

12. После срабатывания электротеплового реле А5 считайте показания тока  $I$  и времени  $t$ , высвечивающиеся на индикаторах измерителя тока и времени Р2, и занесите их в таблицу 2.1.

Таблица 2.1.

$I, A$										
$t, c$										

13. Отключите выключатель А11.

14. Нажмите выступающий шток электротеплового реле А5.

15. Уменьшите напряжение на выходе автотрансформатора А1, например на 20 В.

16. Спустя, например 5 минут повторите операции, начиная с включения выключателя А11 и заканчивая уменьшением напряжения на выходе автотрансформатора А1.

17. Повторяйте пункты 11...16 до тех пор, пока после включения выключателя А11 электротепловое реле А5 не перестанет отключаться.

18. Отключите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров Р1, автотрансформатора А1, измерителя тока и времени Р2.

19. Используя данные табл. 2.1, постройте искомую времятоковую характеристику  $t = f(I)$  электротеплового реле.

20 Сделайте выводы.

## 5 Содержание отчета

В соответствии с общими требованиями отчет должен содержать:

- тему и цель лабораторной работы;
- программу работы;
- схему исследуемой установки;
- токи и времена срабатывания электротеплового реле;
- искомую времятоковую характеристику;
- выводы по работе.

## 6 Контрольные вопросы

1. Дайте определение электротеплового реле.
2. Из каких основных узлов и деталей состоит электротепловое реле?
3. В чем отличие электротеплового реле и температурного реле?
4. Почему электротепловые реле относятся к аппаратам косвенного действия?
5. От каких аварийных режимов защищает потребителя электрической энергии тепловое реле?
6. Почему необходимо выждать примерно пять минут, чтобы повторить эксперимент?
7. Как выбирается электротепловое реле из условия нормального пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?
8. Перечислите основные достоинства и недостатки электротепловых реле.

## РАБОТА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВОЗВРАТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЛЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

### 1 Цель работы

Изучить устройство, принцип работы электромагнитного реле переменного тока, и научиться экспериментально определять его коэффициент возврата.

### 2 Оборудование

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 16 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	~ 0...240 В / 2 А
A4	Однофазный трансформатор	372	120 ВА / 220/24 В
A6	Сдвоенный реактор	373	~ 220 В / 2×5 А / 0,005 Гн
A7	Реле максимального тока	366	Номинальный ток ~ 6,3 А / Уставка реле ~ 1,0...2,0 А / Коммутируемое напряжение 250 В / Контакты 1з+1р.
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра = 0...1000 В / = 0...10 А / 0...20 МОм



### 3 Программа работы

1. Изучение устройства и принципа работы электромагнитного реле переменного тока.
2. Определение коэффициента возврата электромагнитного реле переменного тока при разных токах уставки.

### 4 Порядок выполнения работы

Подавать питание можно только после сборки испытуемой схемы и разрешения преподавателя.

После проведения эксперимента питание необходимо отключить.

1. Составьте на одном стеллаже оборудование, используемое в эксперименте.
2. Соберите схему рис.3.1.
3. Соедините гнезда защитного заземления «» устройств с гнездом «РЕ» автотрансформатора А1.
4. Поверните регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелки положение.
5. Установите уставку реле тока А7, например, 1 А.
6. Включите автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.
7. Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р1 и автотрансформатора А1.
8. Рукоять мультиметра Р1.2 установите в положение «I ~10» и включите его питание.
9. Рукоять мультиметра Р1.3 установите в положение «» и включите его питание.
10. Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 по часовой стрелке, увеличивайте ток, протекающий по обмотке реле А7.
11. В момент срабатывания реле А7 (определяется по появлению звукового сигнала, издаваемого включенным в режиме «прозвонки» мультиметром Р1.3) зафиксируйте с помощью амперметра Р1.2 ток  $I_I$ .

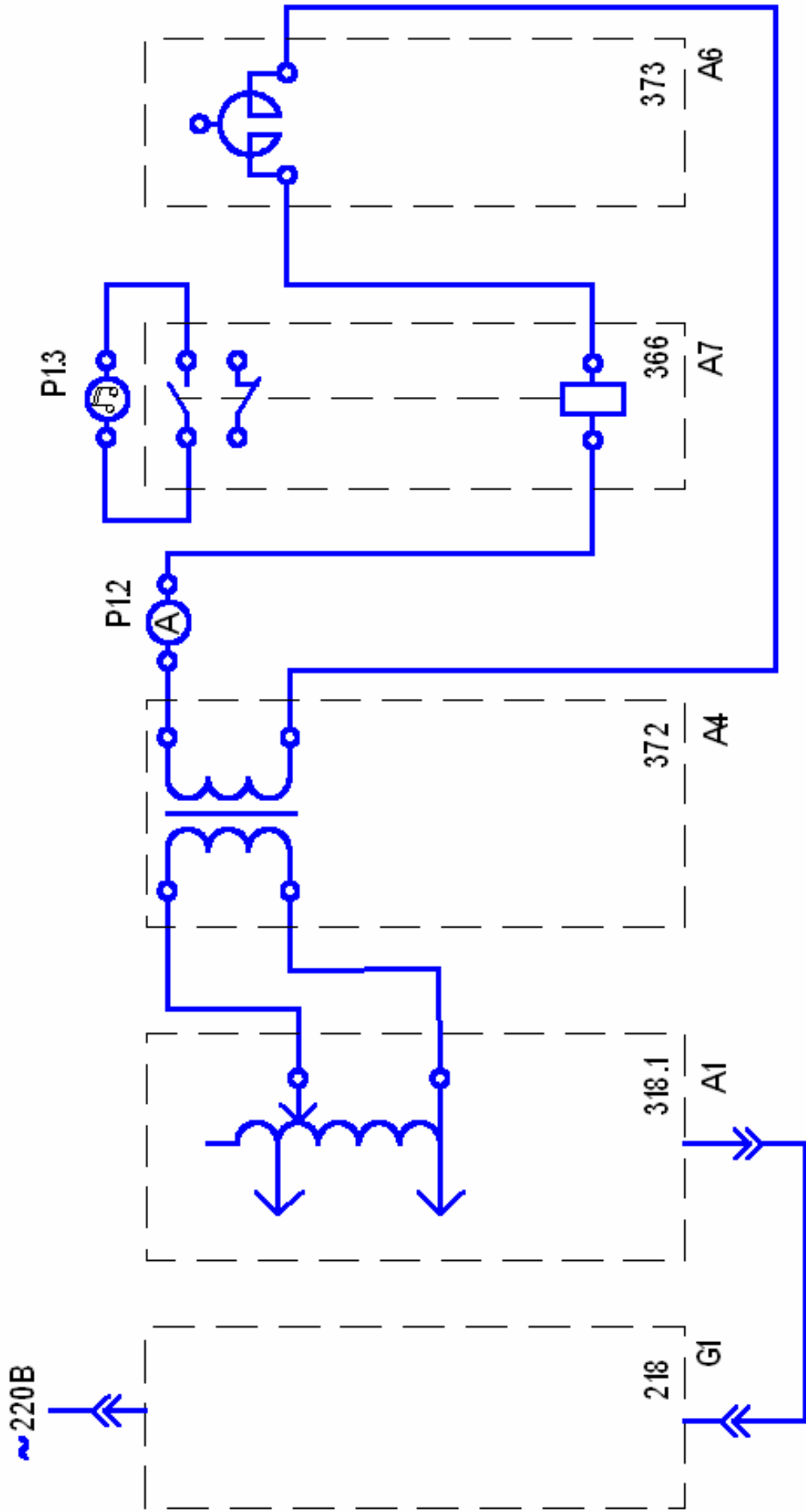


Рисунок 3.1 – Схема соединений

12. Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 против часовой стрелки, уменьшайте ток, протекающий по обмотке реле А7.

13. В момент возврата реле А7 (определяется по исчезновению звукового сигнала, издаваемого включенным в режиме «прозвонки» мультиметром Р1.3) зафиксируйте с помощью амперметра Р1.2 ток  $I_2$ .

14. Отключите автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

15. Отключите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р1 и автотрансформатора А1.

16. Повторите пункты с 6 по 15 при токе уставки, например 1,5 А.

17. Вычислите коэффициент возврата электромагнитного реле переменного тока по формуле  $k = I_2/I_1$ .

18. Сделайте выводы.

## 5 Содержание отчета

В соответствии с общими требованиями отчет должен содержать:

- тему и цель лабораторной работы;
- программу работы;
- схему исследуемой установки;
- токи включения и отключения электромагнитного реле;
- рассчитанные коэффициенты возврата;
- выводы по работе.

## 6 Контрольные вопросы

1. Дайте определение электромагнитного реле?
2. Из каких основных узлов и деталей состоит электромагнитное реле?
3. Какой вид имеют характеристики управления аппарата релейного действия?

4. Чем отличаются электрическое измерительное реле от электрического логического реле?
5. Что такое коэффициент возврата реле?
6. Какое электрическое реле называется электромагнитным?
7. Что такое одностабильное и двустабильное реле?
8. От каких аварийных режимов защищает исследуемое реле типа РТ-40.
9. По каким основным техническим параметрам выбирается электромагнитное реле максимального тока?
10. Перечислите основные достоинства и недостатки электромагнитных реле.

## РАБОТА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВОЗВРАТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОМЕЖУТОЧНОГО РЕЛЕ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

### 1 Цель работы

Изучить устройство, принцип работы электромагнитного промежуточного реле переменного напряжения и научиться экспериментально определять его коэффициент возврата.

### 2 Оборудование

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 16 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	~ 0...240 В / 2 А
A8	Промежуточное реле	370	Номинальное напряжение ~220 В / Ток контактов реле 5 А / Коммутируемое напряжение 250 В / Контакты 1з+4р
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра = 0...1000 В / = 0...10 А / 0...20 МОм

### 3 Программа работы

1. Изучение устройства и принципа работы электромагнитного промежуточного реле переменного тока.
2. Определение коэффициента возврата электромагнитного промежуточного реле переменного напряжения.

#### 4 Порядок выполнения работы

Подавать питание можно только после сборки испытуемой схемы и разрешения преподавателя.

После проведения эксперимента питание необходимо отключить.

1. Составьте на одном стеллаже оборудование, используемое в эксперименте.

2. Соберите схему рис. 4.1.

3. Соедините гнезда защитного заземления «» устройств с гнездом «РЕ» автотрансформатора А1.

4. Поверните регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелки положение.

5. Включите автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.

6. Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и автотрансформатора А1.

7. Рукоять мультиметра P1.1 установите в положение «V~ 700» и включите его питание.

8. Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 по часовой стрелке, увеличивайте напряжение, прикладываемое к обмотке реле А8.

9. В момент срабатывания реле А8 зафиксируйте с помощью вольтметра P1.1 напряжение  $U_1$ .

10. Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 против часовой стрелки, уменьшайте напряжение, прикладываемое к обмотке реле А8.

11. В момент возврата реле А8 зафиксируйте с помощью вольтметра P1.1 напряжение  $U_2$ .

12. Отключите автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

13. Отключите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и автотрансформатора А1.

14. Вычислите коэффициент возврата электромагнитного промежуточного реле переменного напряжения по формуле  $k = U_2/U_1$ .

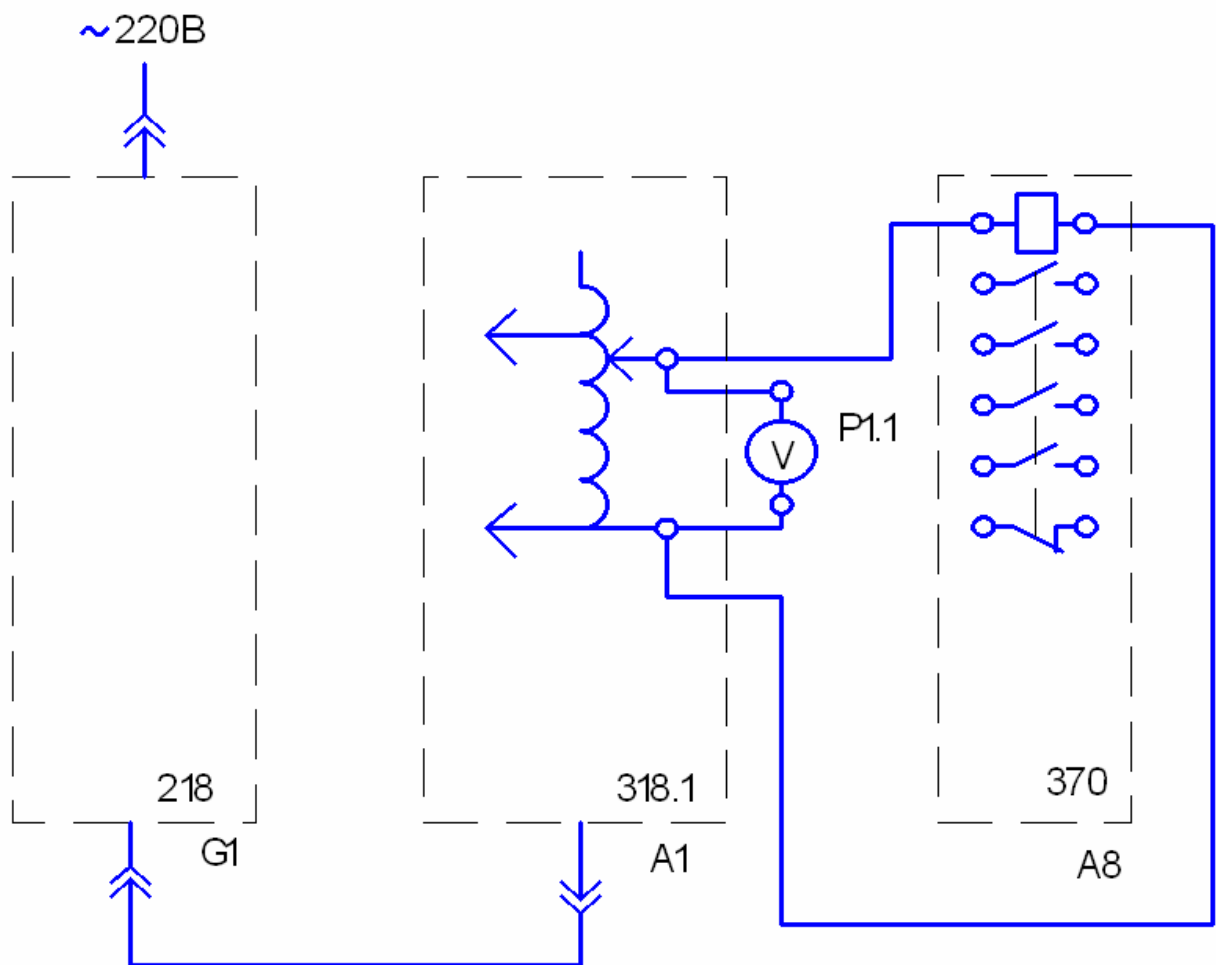


Рисунок 4.1 – Схема соединений

## 5 Содержание отчета

В соответствии с общими требованиями отчет должен содержать:

- тему и цель лабораторной работы;
- программу работы;
- схему исследуемой установки;
- напряжения включения и отключения реле;
- рассчитанный коэффициент возврата;
- выводы по работе.

## 6 Контрольные вопросы

1. Для каких целей используется промежуточное реле?
2. Из каких основных узлов и деталей состоит электромагнитное промежуточное реле переменного напряжения?
3. Какой вид имеют характеристики управления аппарата релейного действия?
4. Что такое коэффициент возврата промежуточного реле?
5. По каким основным техническим параметрам выбирается промежуточное реле?
6. Перечислите и охарактеризуйте основные требования, предъявляемые к промежуточным реле.

## РАБОТА 5. СНЯТИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЫДЕРЖКИ ВРЕМЕНИ ОТ УСТАВКИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

### 1 Цель работы

Изучить устройство, принцип работы электромеханического реле времени и научиться экспериментально снимать зависимость выдержки времени от уставки.

### 2 Оборудование

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	$\sim 220 \text{ В} / 16 \text{ А}$
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	$\sim 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
A4	Однофазный трансформатор	372	120 ВА / 220/24 В
A5	Электротепловое реле	356	Главная цепь: $\sim 3 \times 220 \text{ В} / 10 \text{ А}$ . Уставка реле: 0,42...0,58 А.
A6	Сдвоенный реактор	373	$\sim 220 \text{ В} / 2 \times 5 \text{ А} /$ 0,005 Гн
A8	Промежуточное реле	370	Номинальное напряжение $\sim 220 \text{ В} /$ Ток контактов реле 5 А / Коммутируемое напряжение 250 В / Контакты 1з+4р
A11	Автоматический однополюсный выключатель	359	$\sim 230 \text{ В} / 0,5 \text{ А}$

A9	Реле времени	369	Напряжение питания ~100...380 В / Уставка реле 0,5...9,0 с / Коммутируемое напряжение 380 В / Контакты 1з+1р
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра = 0...1000 В / = 0...10 А / 0...20 МОм
P2	Измеритель тока и времени	524	0...5 А / 0,01...999 с


### 3 Программа работы

1. Изучение устройства и принципа работы электромеханического реле времени.
2. Определение зависимости выдержки времени от уставки.

### 4 Порядок выполнения работы

Подавать питание можно только после сборки испытуемой схемы и разрешения преподавателя.

После проведения эксперимента питание необходимо отключить.

1. Составьте на одном стеллаже оборудование, используемое в эксперименте.
2. Соберите схему рис. 5.1.
3. Соедините гнезда защитного заземления «» устройств с гнездом «РЕ» автотрансформатора А1.
4. Отключите выключатель А11.
5. Поверните регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелки положение.
6. Установите желаемую уставку  $t_1$  реле времени А9, например 1 с, и занесите ее в таблицу 5.1.



высвечивающееся на индикаторе измерителя тока и времени P2, и занесите его в таблицу 5.1.

Таблица 5.1

$t_1, \text{с}$										
$t_2, \text{с}$										

13. Отключите выключатель A11.
14. Увеличьте уставку  $t_1$  реле времени A9, например, на 1 с.
15. Повторите пункты 11, 12, 13 до достижения уставки  $t_1$  реле времени A9 значения, равного 9 с.
16. Отключите автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.
17. Отключите выключатели «СЕТЬ» автотрансформатора A1, блока мультиметров P1, измерителя тока и времени P2.
18. Используя данные табл. 5.1, постройте искомую зависимость выдержки времени от уставки электромеханического реле времени  $t_2 = f(t_1)$ .

## 5 Содержание отчета

В соответствии с общими требованиями отчет должен содержать:

- тему и цель лабораторной работы;
- программу работы;
- схему исследуемой установки;
- времена уставки и срабатывания электромеханического реле времени;
- построенную зависимость выдержки времени от уставки;
- выводы по работе.

## 6 Контрольные вопросы

1. Для каких целей используются электромеханические реле времени?
2. Перечислите основные требования, предъявляемые к реле

времени.

3. Какие основные конструктивные элементы имеет электромеханическое реле времени.

4. Какие замедлители используются в реле времени?

5. Как исключить влияние частоты питающей сети, напряжения и температуры на временную выдержку?

6. Как организовываются большие выдержки времени, порядка десятков минут и часов?

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электрические и электронные аппараты: Учебник для вузов / Под ред. Ю.К. Розанова. – М.: Энерготомиздат, 1998.

2. Чунихин А.А. Электрические аппараты: общий курс. Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988.

3. Алиев А.А., Абрамов М.Б. Электрические аппараты: Справочник. – М.: РадиоСофт, 2005.

4. Соловьев А.Л. Защита асинхронных двигателей напряжением 0,4 кВ: Учебное пособие. – Спб.: ПЭИПК, 2005.

5. Электрические и электронные аппараты. Электронный курс лекций. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2007.