

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

# **АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Методические указания  
по выполнению лабораторных работ  
для студентов инженерных специальностей**

**Барановичи  
РИО БарГУ  
2009**

УДК 631.171:636(072)  
ББК 31.261:31.264я73  
Э45

Рекомендовано к печати  
методической комиссией инженерного факультета

С о с т а в и т е л и:

*И. В. Дубень, С. И. Козлов, М. И. Гридюшко*

Р е ц е н з е н т ы:

*Ю. И. Шадид*, кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой механизации и энергообеспечения  
производства БарГУ;

*Д. А. Ционенко*, кандидат физико-математических наук, доцент,  
заведующий кафедрой физико-математических дисциплин БарГУ

**Аппараты защиты электроустановок [Текст] :** метод. указания  
А по выполнению лаб. работ для студентов инженер. специальностей /  
сост.: И. В. Дубень, С. И. Козлов, М. И. Гридюшко. — Барановичи :  
РИО БарГУ, 2009. — 35, [5] с. — экз.

Приведены правила техники безопасности при работе в лаборатории электротехники, порядок подготовки к лабораторным занятиям и оформления отчетов, методика проведения опытов и обработки опытных данных по экспериментальному исследованию аппаратов защиты электроустановок.

Предназначены для студентов инженерных специальностей дневной и заочной форм получения образования, изучающих дисциплины «Электротехника, электрические машины и аппараты» и «Электрооборудование сельскохозяйственного производства».

УДК 631.171 : 636 (072)  
ББК 31.261:31.264я73

© БарГУ, 2009

## ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ

### ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие указания по выполнению лабораторных работ .....	
Требования техники безопасности при выполнении лабораторных работ .....	
<i>Лабораторная работа 1.</i> Исследование плавких вставок предохранителей .....	
<i>Лабораторная работа 2.</i> Исследование контакторов и реле постоянного и переменного тока .....	
...	
Список источников .....	

Репозиторий БарГУ

## **ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Лабораторные работы, представленные в настоящих методических указаниях, выполняются на базе комплектного лабораторного стенда НТЦ-09, которым оснащена лаборатория электротехники, электрических машин и аппаратов.

*Подготовка к лабораторным работам:*

1. Предварительно необходимо ознакомиться с правилами внутреннего распорядка и техники безопасности.

2. По лекциям и соответствующим литературным источникам изучить теоретическую часть, относящуюся к данной работе.

3. Подготовить бланк отчета по лабораторной работе согласно методическим указаниям по соответствующей лабораторной работе.

Студенты, явившиеся на занятие неподготовленными, к выполнению лабораторной работы не допускаются.

*Выполнение лабораторных работ:*

1. На рабочем месте необходимо ознакомиться с приборами, аппаратами и прочим оборудованием, записать в отчет технические данные объектов и средств исследования. При этом нужно выяснить, какие зажимы приборов соответствуют тем или иным точкам электрической схемы и в какие положения нужно установить органы управления блока питания.

2. Сборку электрических цепей следует производить, пользуясь соответствующей электрической схемой и указаниями преподавателя.

3. При сборке цепей следует избегать излишнего пересечения соединительных проводов.

4. При сборке цепей постоянного тока необходимо соблюдать полярность включения приборов в соответствии с полярностью источника тока.

5. Во время выполнения работы необходимо следить за показаниями приборов и не перегружать их.

6. По окончании выполнения лабораторной работы необходимо отключить лабораторный стенд, показать преподавателю полученные результаты, и с его разрешения разобрать электрическую схему.

Уход из лаборатории до окончания занятий не разрешается. Время, отводимое студентам для выполнения лабораторной работы, равно двум академическим часам.

*Отчеты по лабораторным работам* оформляются согласно общепринятым на инженерном факультете нормам и правилам. Все вычисления следует производить в системе единиц СИ. Построение экспериментальных кривых выполняется в прямоугольной системе координат. Координатные оси должны иметь обозначения изображаемых величин, размерность и масштаб.

Отчеты должны содержать:

- 1) наименование работы и ее номер, цель работы в краткой формулировке;
- 2) электрическую схему лабораторной установки (выполняется карандашом с соблюдением правил начертания и обозначения элементов согласно системе ЕСКД);
- 3) перечень используемой аппаратуры, ее технические данные, условные обозначения;
- 4) основные расчетные формулы с подробной расшифровкой условных обозначений и указанием единиц измерения;
- 5) результаты измерений и расчетов;
- 6) графические зависимости и векторные диаграммы (при необходимости);
- 7) анализ результатов работы и выводы.

Отчеты, выполненные с отступлениями от вышеперечисленных требований, к защите не допускаются.

Лабораторная работа считается защищенной, если студент показал знание цели, физической сущности исследуемых процессов, методики выполнения опытов, может объяснить и проанализировать полученные результаты и разъяснить основные выводы.

## **ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

К работе в учебной лаборатории электротехники, электрических машин и аппаратов допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности с обязательной росписью в журнале регистрации.

*Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо:*

- 1) изучить необходимые разделы в рекомендуемой литературе;
- 2) изучить методические указания по выполнению работы, правила работы с приборами и оборудованием, а также правила техники безопасности при работе в лаборатории;
- 3) ознакомиться с экспериментальной установкой, подготовить рабочее место, убрав все посторонние предметы;
- 4) убедиться, что переключатели напряжения на блоках питания находятся в нулевом положении, и все рукоятки регулирования выведены в крайнее левое положение.

*При выполнении лабораторной работы необходимо:*

1. Строго соблюдать правила работы с используемыми приборами и оборудованием.
2. Не наклоняться низко над приборами и оборудованием, не передавать через них предметы и не опираться на них.
3. Быть внимательным, соблюдать порядок, не вмешиваться в работу других студентов и не отвлекать их от работы.

4. Не включать приборы и оборудование, работа которых не предусмотрена заданием.

5. Не оставлять без присмотра включенное оборудование.

6. На рабочем месте поддерживать чистоту и порядок, не загромождать рабочие места и проходы.

7. Перед сборкой электрических схем следует убедиться в исправности изоляции используемых соединительных проводов. Запрещается пользоваться проводами без наконечников.

8. Собирать электрические цепи разрешается только при выключенных лабораторных стендах.

11. После окончания сборки схемы тщательно проверить правильность соединений в соответствии со схемами, прилагаемыми к лабораторным работам.

12. Включать стенды под напряжение разрешается только после проверки электрических цепей руководителем и только в его присутствии.

13. Нельзя прикасаться к неизолированным проводам, соединительным жилам и другим частям электрических цепей, которые находятся под напряжением.

14. Прежде чем производить какие-либо изменения в исследуемой цепи, нужно отключить ее от источника электрической энергии и после присоединения получить разрешение руководителя на повторное включение.

15. Запрещается без надобности в течение долгого времени держать собранную цепь под напряжением во избежание перегрева источников питания и элементов цепи.

16. При отключении цепей переменного тока, содержащих индуктивности и емкости, следует сначала плавно снизить напряжение питания рукояткой лабораторного автотрансформатора, так как при резком отключении могут возникнуть значительные ЭДС, опасные для человека и для изоляции обмоток.

17. Обнаружив любую неисправность в электротехническом устройстве, находящемся под напряжением, а также при появлении дыма, специфического запаха или искрения, следует немедленно сообщить о случившемся преподавателю.

18. Перед разборкой цепи необходимо убедиться, что источник питания отключен. Запрещается выдергивать соединительные провода из зажимов.

19. После выполнения лабораторной работы необходимо выключить напряжение питания стенда, разобрать цепь и привести в порядок рабочее место.

20. При эксплуатации стенда необходимо соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

*В случае возникновения аварийной ситуации:*

1. Немедленно прекратить работу.

2. Отключить вышедшее из строя оборудование либо отключить напряжение в лаборатории общим выключателем и доложить о случившемся преподавателю.

3. В случае поражения человека электрическим током немедленно оказать пострадавшему доврачебную медицинскую помощь, освободив его от действия электротока, сообщить о случившемся преподавателю или в скорую помощь.

4. При возникновении пожара или возгорания следует немедленно сообщить о случившемся преподавателю или в городскую пожарную службу.

***Помните!** Несоблюдение правил техники безопасности может привести к поражению электрическим током или к выходу из строя дорогостоящего оборудования.*

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВКИХ ВСТАВОК ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

*Цель работы:*

1) ознакомиться с конструкцией и техническими данными низковольтных предохранителей типов ПР-2, ПН-2, ПНД-2, ПРС, НПП-60;

2) снять защитную (время-токовую) характеристику плавкой вставки и сравнить ее с расчетной.

#### 1.1 Подготовка к выполнению лабораторной работы

1. Изучить необходимые разделы в рекомендуемой литературе, а также теоретические сведения, приведенные в п. 1.4.

2. Записать и пояснить паспортные данные исследуемого предохранителя.

3. Вычертить принципиальную электрическую схему лабораторной установки.

4. Подготовить таблицу для записи результатов измерений и расчетов.

#### 1.2 Объект и средства исследования

Лабораторная работа выполняется на стенде НТЦ-09 «Электрические аппараты». Объектом исследования является плавкая вставка предохранителя ГН, в качестве которой можно использовать медную проволоку диаметром 0,05...0,15 мм.

Средствами исследования служат: лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) Т2 типа ОСМ1-0,16; трансформатор Т1 типа ОСМ1-0,1 с номинальным напряжением 220/24 В; амперметр РА2 типа Э8030 с номинальным током 1 А, секундомер электронный.

#### 1.3 Порядок выполнения работы

1. Пользуясь схемами (рис. 1.1), изучить расположение используемых узлов и органов управления на панели лабораторного стенда.

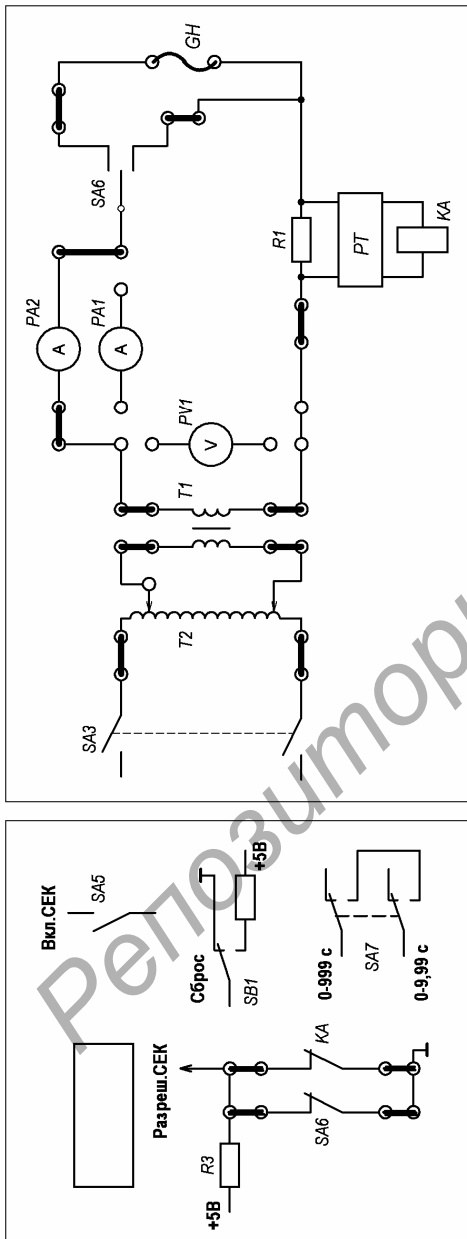


Рисунок 1.1 — Схема опыта по исследованию плавкой вставки предохранителя

2. Собрать электрическую цепь (см. рис. 2.2, п. 2.3) с помощью соединительных проводников и произвести настройку стенда: все переключатели стенда установить в положение «Выключено»; регулировочные рукоятки перевести в положение, соответствующее нулевому значению напряжения или тока (против часовой стрелки до упора); тумблер SA6 перевести в нижнее положение, при котором ток нагрузки через предохранитель не протекает.

3. На штырьки держателя предохранителя закрепить плавкую вставку – калиброванную проволоку диаметром 0,05...10 мм.

5. Включить секундомер тумблером «Вкл. СЕК» и произвести сброс его показаний кнопкой «Сброс».

6. Включить тумблером ЛАТР и постепенно увеличивая напряжение, подаваемое на понижающий трансформатор Т1, установить необходимое значение тока (по указанию преподавателя).

7. Тумблером SA6 переключить цепь на исследуемый предохранитель ГН. Секундомер начнет отсчет и остановится при перегорании плавкой вставки. Записать показания секундомера и затем обнулить индикаторы кнопкой «Сброс». Повторить опыт при различных значениях тока, данные занести в таблицу 1.1.

8. Для исследуемой плавкой вставки рассчитать температуру плавления (°C):

$$t_{\text{пл}} = \frac{S^2}{I^2} \cdot 10^5,$$

где  $S$  — площадь поперечного сечения плавкой вставки, мм<sup>2</sup>;

$I$  — значение устанавливаемого тока по шкале, А.

9. По данным опыта построить в одном масштабе защитные (временные) характеристики плавких вставок, сравнить их и сделать выводы.

10. Определить номинальный ток плавкой вставки (А)

$$I_{\text{н.вст}} = \frac{\alpha \sqrt{d^3}}{2,5},$$

где  $\alpha$  — коэффициент, зависящий от материала проволоки (для меди  $\alpha = 80$ ; для свинца  $\alpha = 10,7$ );

$d$  — диаметр проволоки, мм.

11. Сравнить расчетное значение номинального тока плавкой вставки с опытным.

Т а б л и ц а 1.1 — Результаты опыта по исследованию плавкой вставки

Ток нагрузки $I_n$ , А						
Время $t$ , с						
Расчетная температура плавления $t_{\text{пл}}$ , °C						

## 1.4 Основные теоретические сведения

Предохранитель представляет собой электрический аппарат, который при токе, значение которого больше заданной величины, размыкает электрическую цепь путем расплавления плавкой вставки, непосредственно нагретой током до расплавления.

Предохранители подразделяются по степени закрытия плавкой вставки на следующие типы:

- с открытой плавкой вставкой (применяются редко);
- с полужакрытым патроном;
- с закрытым патроном, в которых отсутствует выброс пламени дуги при перегорании плавкой вставки.

Предохранители с закрытым патроном могут быть с наполнителем и без него. В предохранителях с наполнителем дуга гасится в порошкообразном наполнителе, а в предохранителях без наполнителя — вследствие высокого давления газов в патроне.

Материалы для плавких вставок должны иметь малое удельное сопротивление, небольшую температуру плавления и, кроме того, должны быть стойкими к окислению. В современных предохранителях для плавких вставок обычно применяются медь, цинк или серебро. Медь по сравнению с цинком имеет малое удельное сопротивление, что позволяет применять плавкие вставки небольшого сечения. В то же время медь имеет весьма высокую температуру плавления (около 1083°C) и подвержена окислению. Серебро, как и медь, имеет малое удельное сопротивление и, кроме того, не окисляется, что обуславливает высокую стабильность пограничных токов срабатывания (температура плавления серебра — 961°C).

В предохранителях с медными или серебряными вставками при небольших токах перегрузки возможен значительный нагрев патрона предохранителя и его разрушение. Одним из способов снижения температуры плавления вставки является применение металлургического эффекта, когда на медную или серебряную вставку наплавляют шарики из металла с низкой температурой плавления (олово или свинец). При нагреве от тока перегрузки шарик плавится и растворяет в себе металл вставки, что приводит к расплавлению в этом месте. Металлургический эффект способствует заметному снижению времени перегорания вставок при небольших токах перегрузки.

К достоинствам цинковых вставок следует отнести невысокую температуру плавления (419°C) и неизменность их сечения при эксплуатации.

Основными параметрами предохранителей являются:

$I_{НОМ.ПАТР}$  — номинальный ток патрона — максимальный ток, при котором токоведущие и контактные части нагреваются не выше допустимой температуры;

$I_{НОМ.ВСТ}$  — номинальный ток вставки — длительный рабочий ток, при котором плавкая вставка не должна перегорать;

$I_{НОМ.ОТКЛ}$  — предельный ток отключения предохранителя.

Полное время отключения цепи предохранителем включает время нагрева вставки до плавления, время перехода из твердого состояния в жидкое (плавление) и время горения (гашения) дуги:

$$t_{\text{откл}} = t_{\text{нагр}} + t_{\text{пл}} + t_{\text{дуг}}$$

Зависимость полного времени отключения цепи плавким предохранителем от тока называют защитной (время-токовой) характеристикой.

Предохранитель будет защищать объект лишь в том случае, если его защитная характеристика располагается несколько ниже защитной характеристики защищаемого объекта при любом значении тока в цепи. Крутизна защитной характеристики предохранителя определяет быстрейшее срабатывания предохранителя и, как следствие, надежность защиты.

Значение тока, при котором вставка предохранителя не перегорает в течение длительного времени, называют пограничным током. Номинальный ток плавкой вставки должен быть меньше пограничного тока.

Для обычных предохранителей при 5-10-кратном превышении тока отключение происходит за время 0,5...0,1 с, а при 1,5-2-кратном токе — за 20...50 с.

Для цепей, требующих большего быстрействия защиты, предназначены быстрействующие предохранители (серия ПНБ), которые отключают при 5-10-кратном токе за время не более 0,01 с, а при 1,5-2-кратном токе — за 10 с.

В некоторых случаях (например, для защиты асинхронных двигателей с прямым пуском) требуется повышенная инерционность срабатывания предохранителя. В таком случае применяются специальные инерционные предохранители с двумя различными плавкими вставками, что обуславливает двухступенчатый вид защитной характеристики с различной крутизной.

Каждый тип предохранителя изготавливают на определенный номинальный наибольший ток, а плавкие вставки к нему изготавливают на несколько значений номинального тока. Так, например, предохранитель на номинальный ток 60А снабжают плавкими вставками на токи 15, 20, 25, 35, 45 и 60 А.

Выбор предохранителя производится:

- 4) по номинальному напряжению сети  $U_{\text{ном}}$ :

$$U_{\text{вст.ном}} \geq U_{\text{ном}},$$

где  $U_{\text{вст.ном}}$  — номинальное напряжение предохранителя.

Номинальное напряжение предохранителей рекомендуется выбирать по возможности равным номинальному напряжению сети;

- 4) по длительному расчетному току линии:

$$I_{\text{вст.ном}} \geq I_{\text{длит}},$$

где  $I_{\text{вст.ном}}$  — номинальный ток вставки;

3) по условиям пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором:

$$I_{\text{ВСТ.НОМ}} = I_{\text{ДВ.ПУСК}} / \alpha,$$

где  $\alpha$  — коэффициент, зависящий от условий пуска,  $\alpha = 1,6 \dots 2,5$ .

Если предохранитель стоит в линии, питающей сразу несколько двигателей с короткозамкнутым ротором:

$$I_{\text{ВСТ.НОМ}} = 0,4 [I_{\text{РАСЧ}} + (I_{\text{ДВ.ПУСК}} - I_{\text{ДВ.НОМ}})],$$

где  $I_{\text{РАСЧ}}$  — расчетный номинальный ток линии, равный сумме номинальных токов двигателей  $I_{\text{ДВ.НОМ}}$ .

Разность  $(I_{\text{ДВ.ПУСК}} - I_{\text{ДВ.НОМ}})$  принимается для двигателя, у которого она наибольшая;

4) для двигателей с фазным ротором (при  $I_{\text{ДВ.ПУСК}} < 2I_{\text{ДВ.НОМ}}$ )

$$I_{\text{ВСТ.НОМ}} \geq (1 \dots 1,25) I_{\text{ДВ.НОМ}};$$

5) для защиты цепи управления и сигнализации

$$I_{\text{ВСТ.НОМ}} \geq \Sigma I_{\text{РАБ.МАКС}} + 0,1 \Sigma I_{\text{ВКЛ.МАКС}},$$

где  $\Sigma I_{\text{РАБ.МАКС}}$  — наибольший суммарный ток, потребляемый катушками аппаратов, сигнальными лампами и т. д. при одновременной работе;

$\Sigma I_{\text{ВКЛ.МАКС}}$  — наибольший суммарный ток, потребляемый при одновременном включении аппаратов.

## 1.5 Контрольные вопросы

1. Укажите назначение и область применения предохранителей.
2. Назовите требования к материалу для плавких вставок.
3. Назовите основные способы сокращения времени горения дуги при перегорании плавкой вставки.
4. Назовите основные параметры предохранителей.
5. Приведите условное обозначение предохранителей и схемы их включения в защищаемую цепь.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТОРОВ И РЕЛЕ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

*Цель работы:*

- 1) ознакомиться с техническими данными и изучить конструкцию контакторов и магнитных пускателей переменного тока, промежуточных реле постоянного тока;
- 2) исследовать магнитные пускатели переменного тока, промежуточные реле постоянного тока.

#### 2.1 Подготовка к выполнению лабораторной работы

1. Изучить необходимые разделы в рекомендуемой литературе, а также теоретические сведения, приведенные в пункте 2.4.
2. Вычертить схему лабораторной установки.
3. Записать паспортные данные исследуемых аппаратов и измерительных приборов.
4. Подготовить таблицу для записи результатов измерений.

#### 2.2 Объект и средства исследования

Лабораторная работа выполняется на стенде НТЦ-09 «Электрические аппараты». Объектом исследования являются: магнитный пускатель переменного тока ПМЛ-071.4Б с номинальным напряжением катушки 110 В и номинальной частотой 50 Гц; магнитный пускатель переменного тока ПМЛ-071.4В с номинальным напряжением катушки 220 В и номинальной частотой 50 Гц; реле промежуточное постоянного тока НЖ -22F-42 с номинальным напряжением катушки 24 В.

Средствами исследования служат: лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) Т2 типа ОСМ1-0.16; вольтметр PV1 типа Э8030 с номинальным напряжением 75 и 250 В; вольтметр постоянного тока PV2 типа М2003 с номинальным напряжением 50 и 250 В; амперметр PA1 типа Э8030 с номинальным током 100 и 500 мА; амперметр PA3 с номинальным током 250 мА и 1 А; источник напряжения 24 В, лампа сигнальная с номинальным напряжением 24 В.

#### 2.3 Порядок выполнения работы

1. Пользуясь схемами (рис. 2.1, 2.2), изучить расположение используемых узлов и органов управления на панели лабораторного стенда.
2. Все переключатели стенда установить в положение «Выключено», регулировочные рукоятки перевести в положение, соответствующее нулевому значению напряжения или тока (против часовой стрелки до упора).

3. Собрать электрическую цепь (см. рис. 2.2) с помощью соединительных проводников и произвести настройку стенда.

4. После получения разрешения преподавателя включить стенд, затем включить источник питания 24В и ЛАТР.

5. Постепенно увеличивая напряжение питания катушки пускателя, контролировать показания приборов. Записать в **таблицу 2.1** значения тока и напряжения в момент притягивания якоря пускателя.

6. Довести напряжение питания до номинальной величины, измерить и записать значение тока в катушке.

7. Затем уменьшать напряжение до момента отпущения якоря и записать в таблицу значения тока и напряжения в этот момент.

**Внимание!** В моменты переключения ЛАТРа необходимо придерживать кнопку якоря пускателя, обеспечивая его притянутое положение на момент кратковременного обесточивания катушки.

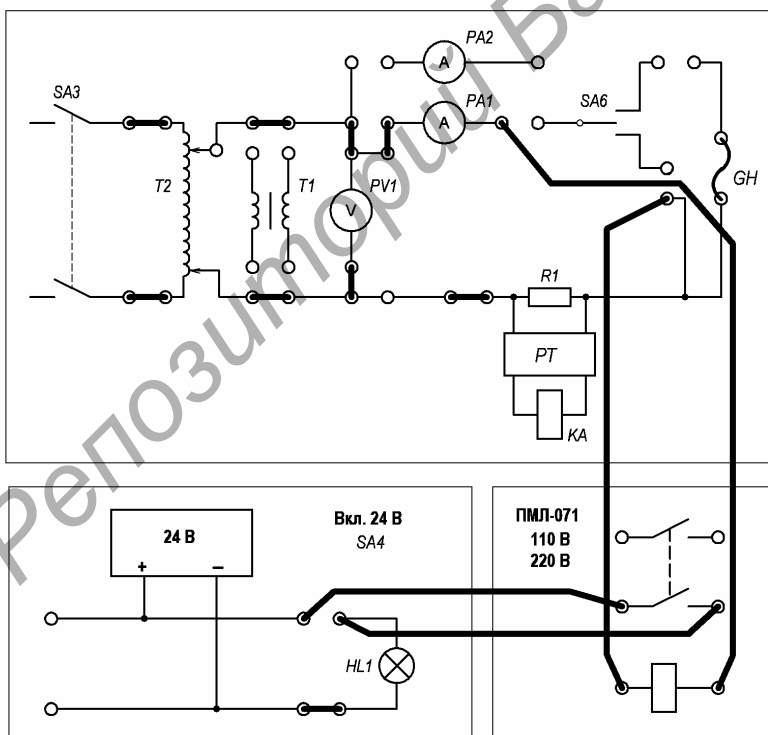


Рисунок 2.1 — Схема испытания магнитного пускателя

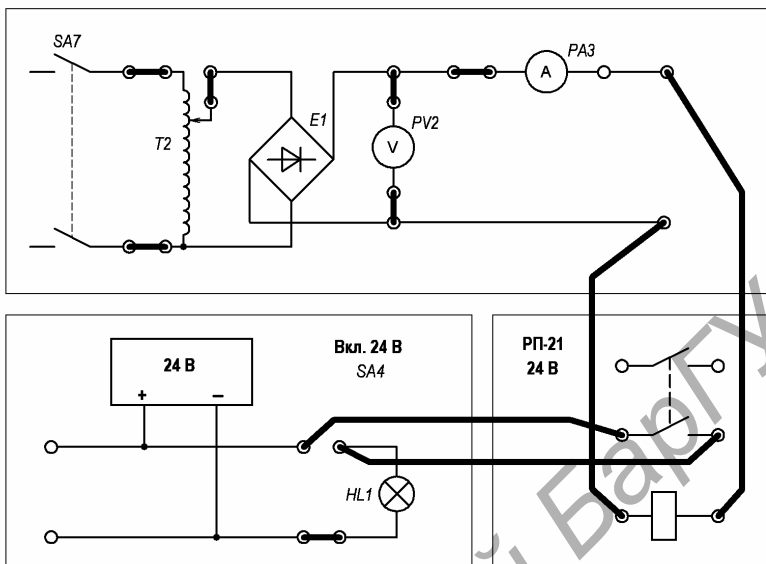


Рисунок 2.2 — Схема испытания промежуточного реле

**Внимание!** Во избежание перегрева катушки пускателя не допускать длительной работы катушки с невтянутым якорем, а также необходимо делать паузу между опытами.

8. Выполнить опыт (пп. 5—7) в трех повторностях и записать результаты измерений в таблицу 2.1.

9. Выполнить по аналогичной методике испытание магнитного пускателя ПМЛ-071 с номинальным напряжением катушки 220 В.

10. Собрать цепь для испытания промежуточного реле постоянного тока РП-21 (рис. 2.2) и по вышеприведенной методике провести его испытание.

11. Произвести расчет параметров испытываемых аппаратов по следующим формулам:

- коэффициент возврата:

$$k_B = U_B / U_{CP};$$

- кратность тока срабатывания по отношению к номинальному:

$$k_I = I_{CP} / I_{НОМ};$$

- номинальная полная мощность катушки (ВА):

$$S_{НОМ} = I_{НОМ} U_{НОМ};$$

Т а б л и ц а 2.1 — Результаты исследования магнитных пускателей и реле

Показатель	Номер повторности			Среднее
	1	2	3	
<i>Пускатель ПМП-071 (220 В)</i>				
Напряжения срабатывания $U_{ср}$ , В				
Ток при невтянутом якоре в опыте на включение $I_{ср}$ , А				
Ток при втянутом якоре в опыте на включение $I_{вкл}$ , А				
Ток при номинальном напряжении питания $I_{ном}$ , А				
Напряжение возврата $U_{в}$ , В				
Коэффициент возврата $k_{в}$				
Кратность тока срабатывания $k_{i}$				
Номинальная полная мощность катушки $S_{ном}$ , В · А				
Пусковая полная мощность катушки $S_{ср}$ , В · А				
<i>Пускатель ПМП-071 (110 В)</i>				
Напряжения срабатывания $U_{ср}$ , В				
Ток при невтянутом якоре в опыте на включение $I_{ср}$ , А				
Ток при втянутом якоре в опыте на включение $I_{вкл}$ , А				
Ток при номинальном напряжении питания $I_{ном}$ , А				
Напряжение возврата $U_{в}$ , В				
Коэффициент возврата $k_{в}$				
Кратность тока срабатывания $k_{i}$				
Номинальная полная мощность катушки $S_{ном}$ , В · А				
Пусковая полная мощность катушки $S_{ср}$ , В · А				
<i>Реле НЖQ -22F-42 (24 В)</i>				
Напряжения срабатывания $U_{ср}$ , В				
Ток при невтянутом якоре в опыте на включение $I_{ср}$ , А				
Ток при втянутом якоре в опыте на включение $I_{вкл}$ , А				
Ток при номинальном напряжении питания $I_{ном}$ , А				
Напряжение возврата $U_{в}$ , В				
Коэффициент возврата $k_{в}$				
Кратность тока срабатывания $k_{i}$				
Номинальная мощность катушки $P_{ном}$ , Вт				
Пусковая мощность катушки $P_{ср}$ , Вт				

Т а б л и ц а 2.2 — Зависимость тока катушки от величины зазора

Толщина прокладки, мм					
Ток катушки, А					

- пусковая полная мощность катушки (ВА):

$$S_{CP} = I_{CP} U_{CP}.$$

12. Определить зависимость тока, потребляемого катушкой контактора пускателя от величины воздушного зазора, который изменяется с помощью прокладок из немагнитного материала, помещаемых в рабочий зазор магнитной системы контактора. Результаты опытов записать в **таблицу 2.2**.

## 2.4 Основные теоретические сведения

**Контактор** представляет собой коммутационный аппарат, предназначенный для частых включений и отключений электрических цепей при нормальных режимах работы. Контакторы применяются в цепях напряжения до 500 В переменного тока и 600 В постоянного тока.

Контакторы подразделяют на следующие типы:

- постоянного тока — линейные (для замыкания или размыкания электрических цепей) и ускорения (для закорачивания отдельных ступеней пусковых реостатов);

- переменного тока промышленной частоты (50 Гц) и повышенной частоты (до 10 кГц).

Основными узлами электромагнитного контактора являются электромагнитный механизм, главные контакты, дугогасительное устройство и блок-контакты.

На неподвижном сердечнике 14 магнитной системы контактора (рис. 2.1) установлена втягивающая катушка 12. С подвижной частью магнитной системы, якорем 8 связан подвижный контакт 5, который соединяется с силовой цепью гибким проводником 7. При подаче напряжения на катушку 12

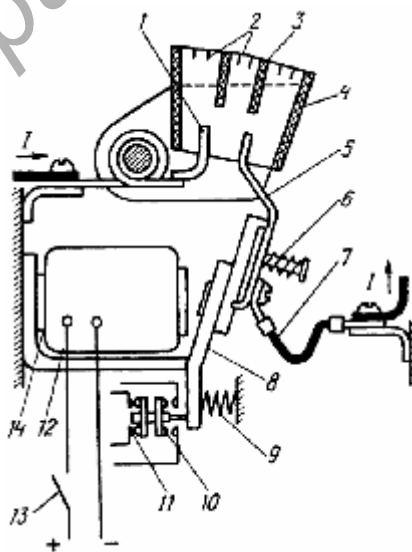


Рисунок 2.1 — Устройство однополюсного контактора постоянного тока

(замыкание контакта 13), якорь притягивается к сердечнику и контакт 5 замыкается с неподвижным контактом 1, что обеспечивает коммутацию тока 1. Необходимое нажатие главных контактов обеспечивается пружиной 6. С якорем 8 механически связаны вспомогательные контакты (блок-контакты) 10 и 11, предназначенные для согласования работы контактора с другими аппаратами в цепях управления и рассчитанные на небольшие токи.

Отключение силовой цепи производится размыканием контакта 13 в цепи катушки 12. При этом подвижная система контактора под действием возвратной пружины 9 приходит в исходное состояние. Возникающая между силовыми контактами 1, 5 дуга гасится в дугогасительной камере 4, изготавливаемой из жаростойкого изоляционного материала. Для уменьшения оплавления основных контактов дугой при токах более 50 А контактор имеет дугогасительные контакты.

Возврат якоря в начальное положение (после отключения магнита) осуществляется пружиной 8.

Контакты постоянного тока изготавливаются с одним или двумя полюсами на номинальные токи главных контактов от 4 до 2 500 А.

Контакты выполняют свои функции удовлетворительно, если напряжение на зажимах катушки:

$$U = (0,85 \dots 1,1) U_{\text{ном.}}$$

Снижение напряжения ниже  $0,85U_{\text{ном}}$  уменьшает силу, удерживающую якорь, в результате чего при некотором напряжении возврата  $U_B$  происходит отрыв якоря от полюсов. Наименьшее напряжение  $U_{\text{ср}}$ , при котором происходит включение контактора, называют напряжением срабатывания.

Отношение  $k_B = U_B / U_{\text{ср}}$  называют коэффициентом возврата.

Механической характеристикой контактора называют зависимость механических противодействующих сил, создаваемых пружинами, от величины рабочего зазора  $F_{\text{мех}} = f(\delta)$ .

Промышленностью выпускаются следующие основные серии контакторов переменного тока:

- контакторы серии КТ — на номинальные токи 75, 150, 300 и 600 А и номинальные напряжения 380 В и 500 В.

- контакторы серии КИ — в основном для установки в магнитных пускателях на токи 60, 100 и 150 А и напряжением 380 В.

Контакторы переменного тока обладают высоким коэффициентом возврата (0,6...0,7), что дает возможность осуществить защиту объекта от падения напряжения.

**Магнитный пускатель** представляет собой контактор переменного тока, предназначенный для дистанционного управления и защиты от понижения напряжения питающей сети и токов перегрузки (при наличии теплового реле) асинхронных двигателей малой и средней мощности.

Обычно в магнитных пускателях применяют трехполюсный контактор переменного тока, имеющий три главных замыкающих контакта и от одного до четырех

вспомогательных блок-контактов (рис. 2.2). В кожух магнитного пускателя, кроме контактора, часто встраивается тепловое реле, выполняющее защиту от небольших продолжительных перегрузок с выдержкой времени, зависящей от величины тока.

Выбор магнитных пускателей и контакторов производится по следующим параметрам:

1) по номинальному напряжению катушки:

$$U_{\text{НОМ.КАТ}} \geq U,$$

где  $U$  — напряжение подключения катушки пускателя;

2) по габариту (мощности двигателя исполнительного механизма);

3) по номинальному току нагрузки:

$$I_{\text{НОМ}} \geq I_{\text{НОМ.НАГР}},$$

где  $I_{\text{НОМ.НАГР}}$  — номинальный ток конкретного режима работы;

4) по номинальному напряжению контактов аппарата:

$$U_{\text{НОМ.КОНТ}} \geq U;$$

5) по допустимой частоте включений (числу включений в час);

6) по быстродействию (времени срабатывания контактов).

**Электромагнитное реле** представляет собой электрический аппарат, в котором при плавном изменении управляющей (входной) величины происходит скачкообразное изменение управляемой (выходной) величины. Электромагнитные реле получили широкое распространение в различных системах автоматизированного электропривода. Их используют в качестве датчиков тока и напряжения, для передачи команд и размножения сигналов в электрических цепях. В качестве исполнительных устройств они применяются в датчиках технологических параметров различных машин и механизмов.

На сердечнике из ферромагнитного материала 2 магнитной системы реле (рис. 2.3) расположена катушка 1, по обмотке которой протекает ток входного сигнала. В электромагнитном реле постоянного тока обмотка получает питание от источника постоянного тока, в реле переменного тока — соответственно от источника переменного тока.

Когда ток (напряжение) в цепи катушки превысит ток (напряжение) срабатывания реле, якорь 3, преодолевая противодействующую силу пружины 10, притягивается к сердечнику 2 и траверса 6 обеспечит замыкание контактов 8 и размыкание контактов 7.

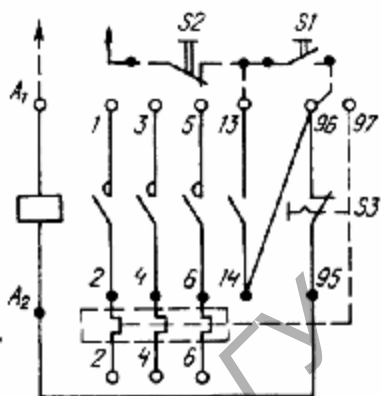


Рисунок 2.2 — Схема магнитного пускателя ПМА-0100:

S1 — кнопка «Пуск»;  
S2 — кнопка «Стоп»; S3 — кнопка возврата теплового реле

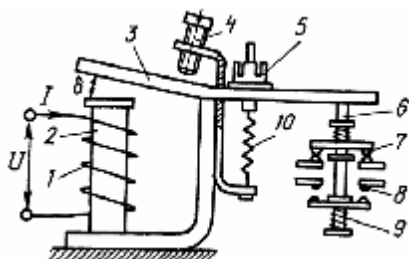


Рисунок 2.3 — Электромагнитное реле постоянного тока:

- 1 — катушка; 2 — сердечник; 3 — якорь;  
 4 — винт; 5 — гайка; 6 — траверса;  
 7, 8 — контакты; 9, 10 — пружины

При уменьшении тока (напряжения) в катушке якорь под воздействием пружины 10 перейдет в исходное состояние. Ток (напряжение), при котором якорь реле возвращается в исходное состояние, называется током (напряжением) возврата, а отношение тока или напряжения возврата к току или напряжению срабатывания — коэффициентам возврата реле. Ток или напряжение срабатывания реле зависят от натяжения пружины, от величины зазора 5 между якорем и сердечником и от количества витков катушки.

Поскольку контакты реле коммутируют небольшие (до 5...10 А) токи, дугогасительные устройства в них не используются. Магнитные системы электромагнитных реле переменного тока выполняются из пакета листов электротехнической стали, а в сердечник вмонтирован короткозамкнутый виток, уменьшающий вибрацию якоря. Чтобы устранить магнитное «прилипание» якоря к сердечнику после снятия напряжения питания катушки, в якорь запрессован выступающий латунный штифт 3.

Напряжение на обмотке реле, при котором ток в цепи обмотки равен току срабатывания, называется напряжением срабатывания  $U_{СР}$ . Напряжение на обмотке реле, при котором ток в цепи обмотки равен току отпускания, называется напряжением отпускания  $U_{ОТП}$ .

Ток в обмотке реле, при котором обеспечивается надежное замыкание контактов, называется рабочим (номинальным)  $I_{НОМ}$ , а соответствующее напряжение — рабочим (номинальным) напряжением  $U_{НОМ}$ .

Ток (напряжение) срабатывания электромагнитного реле может регулироваться изменением силы натяжения возвратной пружины 4, а также зазора 5. При ослаблении пружины 4 или уменьшении зазора 5 ток (напряжение) срабатывания уменьшается.

При нормальной работе реле ток  $I_{КОНТ}$ , проходящий через контакты, и напряжение между контактами  $U_{КОНТ}$  не должны превышать допустимых значений. Если значение тока превысит допустимое, то контакты могут выйти из строя из-за перегрева. При превышении напряжения между разомкнутыми контактами может произойти электрический пробой.

Важнейшими параметрами реле являются:

1) время срабатывания  $t_{СР}$  — время от момента подачи напряжения на обмотку до момента срабатывания реле (1...20 мс);

2) время отпускания  $t_{ОТП}$  — промежуток времени от момента снятия напряжения с обмотки реле до момента отпускания реле;

3) коэффициенты возврата по току и напряжению

$$k_{\text{ВТ}} = I_{\text{В}} / I_{\text{СР}};$$

$$k_{\text{ВУ}} = U_{\text{В}} / U_{\text{СР}};$$

4) коэффициенты запаса по току и напряжению

$$k_{\text{ЗТ}} = I_{\text{НОМ}} / I_{\text{СР}};$$

$$k_{\text{ЗУ}} = U_{\text{НОМ}} / U_{\text{СР}}.$$

В различных типах реле значения  $k_{\text{ВТ}}$  и  $k_{\text{ВУ}}$  находятся в пределах 0,2...0,5, значения  $k_{\text{ЗТ}}$  и  $k_{\text{ЗУ}}$  — в пределах 1,1...1,3.

В реле тока входной электрической величиной является ток. Обмотки таких реле выполняют из медного провода диаметром 1...2 мм с малым числом витков.

В реле напряжения входной электрической величиной является напряжение. Обмотки таких реле выполняют из тонкого медного провода диаметром 0,05...0,15 мм с большим числом витков (до нескольких тысяч).

Промежуточные электромагнитные реле применяют для передачи и размножения электрических сигналов в схемах управления. На обмотку промежуточного реле напряжение подается при включении контактов других реле, в том числе и промежуточных. Контакты промежуточного реле включают и выключают последующие, в том числе и промежуточные реле.

Характеристика управления электромагнитного реле приведена на рисунке 2.4. Для значений  $x < x_{\text{СР}}$ , выходной параметр  $y$  равен нулю. При  $x > x_{\text{СР}}$  в результате срабатывания реле выходной параметр скачком меняется от  $y_{\text{МИН}}$  до  $y_{\text{МАХ}}$ . Если после срабатывания уменьшать значение воздействующей величины, то при  $x < x_{\text{ОТТ}}$  происходит отпускание реле.

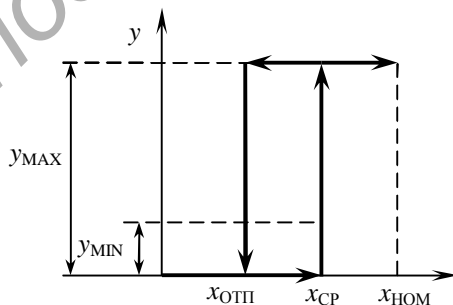


Рисунок 2.3 — Характеристика управления электромагнитного реле

## 2.5 Контрольные вопросы

1. Укажите назначение контакторов и магнитных пускателей.
2. Перечислите основные узлы и детали в конструкции контакторов и магнитных пускателей.
3. Объясните назначение теплового реле в магнитном пускателе.
4. Изобразите схему управления пуском асинхронного двигателя с помощью магнитного пускателя.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ

*Цель работы:*

- 1) изучить устройство, конструкции и принцип действия тепловых реле, применяемых в системах электроснабжения и в электроприводах;
- 2) экспериментально определить номинальный ток теплового реле;
- 3) получить и построить защитную характеристику теплового реле.

### 3.1 Подготовка к выполнению лабораторной работы

1. Изучить необходимые разделы в рекомендуемой литературе, а также теоретические сведения, приведенные в пункте 3.4.
2. Вычертить схему лабораторной установки.
3. Записать паспортные данные электрических машин и измерительных приборов.
4. Подготовить таблицу для записи результатов измерений.

### 3.2 Объект и средства исследования

Лабораторная работа выполняется на стенде НТЦ-09 «Электрические аппараты». Объектами исследования является тепловое реле типа ТРН-10 с номинальной уставкой тока 0,8 А.

Средствами исследования служат: лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) Т2 типа ОСМ1-0,16; трансформатор Т1 типа ОСМ1-0,1 с номинальным напряжением 220/24 В; амперметр РА2 типа Э8030 с номинальным током 5 А; вольтметр PV1 типа Э8030 с номинальным напряжением 250 В; секундомер электронный.

### 3.3 Порядок выполнения работы

1. Пользуясь схемами (рис. 3.1 и 3.2), изучить расположение используемых узлов и органов управления на панели лабораторного стенда.

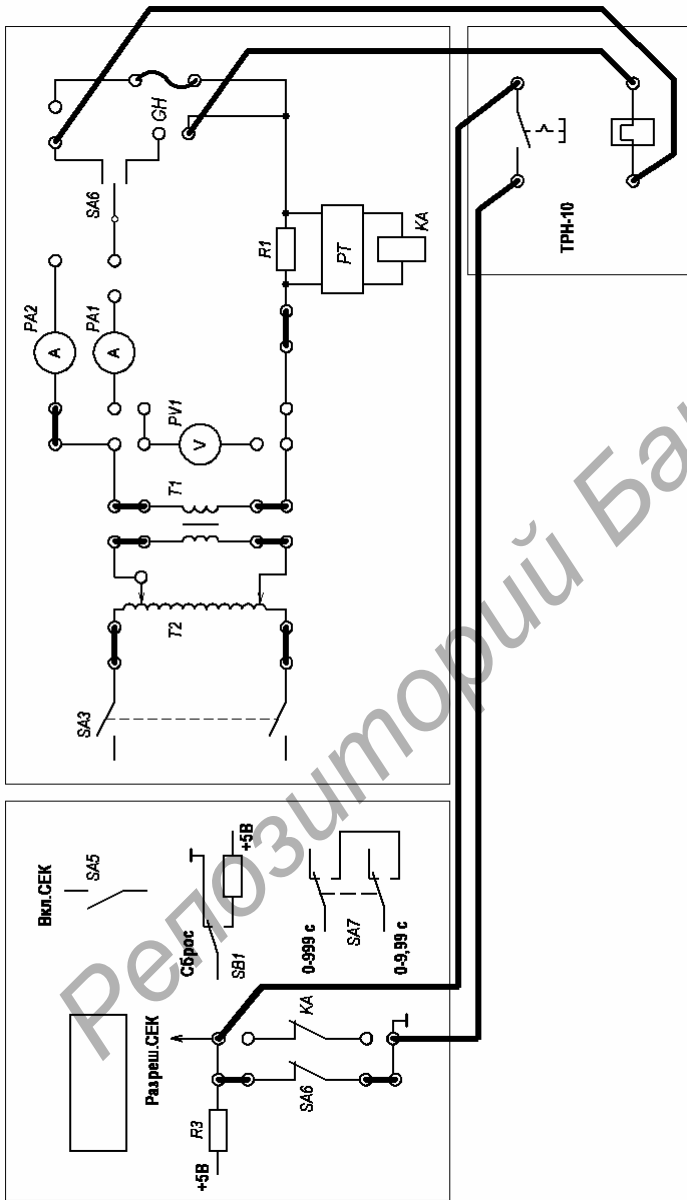


Рисунок 3.1 — Схема испытания теплового реле

2. Все переключатели стенда установить в положение «Выключено», регулировочные рукоятки перевести в положение, соответствующее нулевому значению напряжения или тока (против часовой стрелки до упора).

7. Собрать электрическую цепь для исследования теплового реле (рис. 3.1) с помощью соединительных проводников.

8. Включить ЛАТР и регулятором установить необходимое значение тока нагрузки. Затем отключить ЛАТР, сбросить показания секундомера и после паузы, необходимой для остывания теплового элемента реле, снова включить ЛАТР. Секундомер начинает отсчет и останавливается после срабатывания реле. Записать время срабатывания в таблицу 3.1

**Внимание!** Во избежание перегрева теплового элемента реле ЛАТР следует отключить сразу же после срабатывания теплового реле.

При малых токах нагрузки вместо секундомера можно воспользоваться наручными часами, при этом часть схемы с секундомером можно отключить.

9. Перед повтором эксперимента необходимо сделать паузу в течение 5—10 мин для полного остывания теплового элемента реле, затем вернуть его в исходное состояние нажатием возвратной кнопки.

10. Установить другую величину тока нагрузки и повторить действия пп. 4—5.

11. Построить защитную (время-токовую) характеристику теплового реле — зависимость времени срабатывания от кратности тока нагрузки  $t_{CP} = f(I / I_{НОМ})$ .

Т а б л и ц а 3.1 — Результаты исследования теплового реле

Номер опыта	Ток нагрузки $I, A$	Время срабатывания $t_{ср.в.}, c$			
		1	2	3	$t_{ср.в.ср}$
1					
2					
...					
5					

### 3.4 Основные теоретические сведения

При незначительных длительных перегрузках в электродвигателях, электромагнитах и других токоприемниках, возникающих при возрастании момента сопротивления на рабочем органе машины или за счет витковых замыканий в обмотках, протекает ток, превышающий допустимое значение на 20...50%. Такой режим работы приводит к перегреву обмоток и электродвигателя в целом, и в результате к преждевременному выходу его из строя.

Тепловые реле включаются последовательно в контролируемую цепь и служат для защиты электрооборудования от небольших продолжительных

перегрузок. Тепловые реле могут быть использованы в цепях как переменного, так и постоянного тока. Чаще всего их используют в составе комплектных магнитных пускателей.

Основным элементом теплового реле является биметаллическая пластина, нагрев которой может производиться как за счет тепла, выделяемого при прохождении тока по самой пластине (прямой нагрев), так и от специального нагревателя, по которому протекает ток нагрузки (косвенный нагрев). Оптимальные характеристики получаются при комбинированном нагреве, сочетающем прямой и косвенный нагрев током нагрузки. Изгибаясь, биметаллическая пластина своим свободным концом воздействует на контактную систему, обеспечивая срабатывание реле.

Основной характеристикой теплового реле является защитная (время-токовая) характеристика — зависимость времени срабатывания от тока нагрузки (рис. 3.2).

Для обеспечения надежной защиты время-токовая характеристика реле должна проходить во всем диапазоне изменения токов перегрузки ниже время-токовой характеристики защищаемого оборудования, что достигается правильным выбором теплового реле по току.

Реле изготавливают одно-, двух- и трехфазного исполнения (типов РТ, ТРВ, ТРА, ТРН, ТРЦ, РТЛ и РТТ) на номинальные токи от 0,5 до 600А. Номинальный ток теплового реле является его максимально допустимым током, а сменные тепловые элементы позволяют получить для каждого типоразмера реле от 4 до 12 номинальных токов уставки. При этом для каждого теплового элемента его ток уставки может изменяться (уменьшаться) специальным регулятором до 25% от номинального значения, а некоторые типы реле (ТРН) имеют предел регулирования от 0,7 до 1,3  $I_N$ .

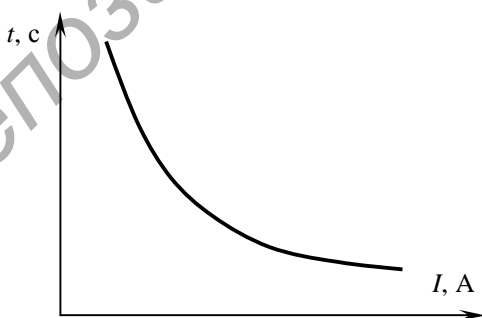


Рисунок 3.2 — Защитная характеристика теплового реле

Тепловые реле выбираются по номинальному току теплового элемента и номинальному току двигателя. Для двигателей с продолжительным номинальным режимом работы

$$U_{\text{НОМ}} \geq U;$$

$$I_{\text{НОМ}} = I_{\text{дв.НОМ}}.$$

Для двигателей с кратковременным номинальным режимом тепловая защита используется только для автоматического выключения установки при полном затормаживании ротора.

### 3.5 Контрольные вопросы

1. Объясните назначение теплового реле.
2. Что называется защитной (время-токовой) характеристикой теплового реле?
3. Укажите основные узлы теплового реле и объясните их назначение.
4. Перечислите основные параметры теплового реле.
5. Какие виды биметаллических пластин применяются в тепловых реле?
6. Как регулируется ток срабатывания теплового реле с непосредственным и косвенным нагревом?
7. Как зависит величина прогиба биметаллической пластины от ее длины и толщины?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО ТОКА

*Цель работы:*

- 1) ознакомиться с назначением и конструкцией электромагнитного реле максимального тока;
- 2) произвести проверку и снятие основных характеристик реле максимального тока;
- 3) получить и построить защитную характеристику реле максимального тока.

#### 4.1 Подготовка к выполнению лабораторной работы

1. Изучить необходимые разделы в рекомендуемой литературе, а также теоретические сведения, приведенные в п. 4.4.
2. Вычертить схему лабораторной установки.
3. Записать паспортные данные электрических машин и измерительных приборов.

## 4.2 Объект и средства исследования

Лабораторная работа выполняется на стенде НТЦ-09 «Электрические аппараты». Объектами исследования является реле максимального тока типа РТ40-1Д.

Средствами исследования служат: лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) Т2 типа ОСМ1-0,16; трансформатор Т1 типа ОСМ1-0,1 с номинальным напряжением 220/24 В; амперметр РА2 типа Э8030 с номинальным током 5 А, секундомер электронный; источник напряжения 24 В; сигнальная лампа с номинальным напряжением 24 В.

## 4.3 Порядок выполнения работы

1. Пользуясь схемой (рис. 4.1), изучить расположение используемых узлов и органов управления на панели лабораторного стенда. Собрать схему для исследования реле максимального тока.

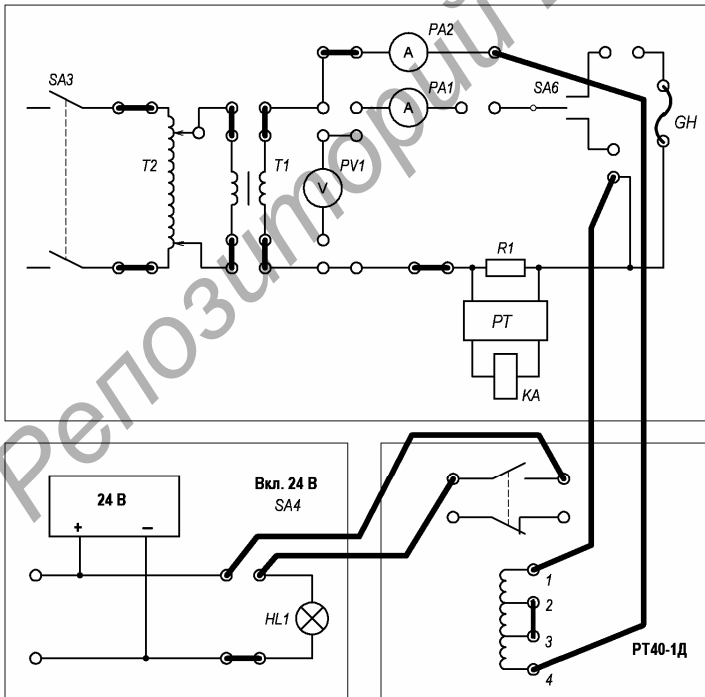


Рисунок 4.1 — Схема исследования реле максимального тока

2. Все переключатели стенда установить в положение «Выключено», регулировочные рукоятки перевести в положение, соответствующее нулевому значению напряжения или тока (против часовой стрелки до упора).

3. С помощью соединительных проводников собрать электрическую цепь (см. рис. 4.1).

4. Перемещая регулятор реле, установить требуемую величину тока уставки  $I_{уст}$  (по указанию преподавателя).

5. С разрешения преподавателя включить стенд, затем включить источник питания 24В и ЛАТР переключателем SA3.

6. Увеличивать ток нагрузки до момента срабатывания реле максимального тока, при этом лампочка индикатора погаснет. Значение тока срабатывания  $I_{ср}$  записать в таблицу 4.1.

Т а б л и ц а 4.1 — Результаты исследования реле максимального тока

$I_{уст}$	$I_{ср}$				$I_{в}$				$k_{в}$
	1	2	3	Среднее	1	2	3	Среднее	
1									
2									
...									

7. Уменьшить величину тока до момента отпускания реле (лампочка индикатора вновь загорится). Значение тока возврата  $I_{в}$  записать в таблицу 4.1.

8. Выполнить опыт (п. 6-7) в трехкратной повторности для пяти значений тока уставки  $I_{уст}$  (по указанию преподавателя).

9. Определить средние значения тока срабатывания  $I_{ср,ср}$  и тока возврата  $I_{в,ср}$  по трем повторностям для каждого значения тока уставки  $I_{уст}$ , а также значения коэффициента возврата по формуле

$$k_{в} = \frac{I_{в}}{I_{ср}} .$$

10. Построить график зависимости токов срабатывания  $I_{ср}$  и возврата  $I_{в}$  реле, а также зависимость коэффициента возврата  $k_{в}$  от тока уставки реле  $I_{уст}$ .

#### 4.4 Основные теоретические сведения

**Реле максимального тока** представляет собой реле постоянного или переменного тока, отключающее электроустановку при чрезмерном увеличении тока в защищаемой цепи. С помощью таких реле осуществляются максималь-

ные токовые защиты, отключающие электроустановки при сверхтоках, возникающих при перегрузках и коротких замыканиях (рис. 4.2).

Катушку *1* включают последовательно в контролируемую цепь с током нагрузки  $I_H$ . Когда этот ток достигает величины заданного тока срабатывания, при котором электромагнитная сила в зазоре становится выше противодействующей силы пружины *12*, якорь *3* притягивается к полюсному наконечнику *2*. Происходит размыкание контактов *10* и *11* и замыкание контактов *6* и *7*. Подвижные контакты *7* и *10* закреплены на якоре *3* с помощью пластмассовых колодок *9*. Сила нажатия в контактах создается пружинами *8*.

Ток срабатывания электромагнитного реле можно регулировать изменением силы натяжения возвратной пружины *12* с помощью гайки *5*, а также величины рабочего воздушного зазора, который устанавливают с помощью винта *4*. Диапазон регулирования тока срабатывания настраивается бесступенчато, что весьма важно для достижения высокой точности срабатывания.

Максимальные токовые реле электромагнитного принципа действия могут работать в цепях как переменного, так и постоянного тока. На аналогичном принципе работают и реле минимального ток, а также реле минимального и максимального напряжения.

Минимальный ток, при котором срабатывает реле, называют током срабатывания  $I_{ср}$ . Максимальный ток, при котором якорь реле возвращается в исходное

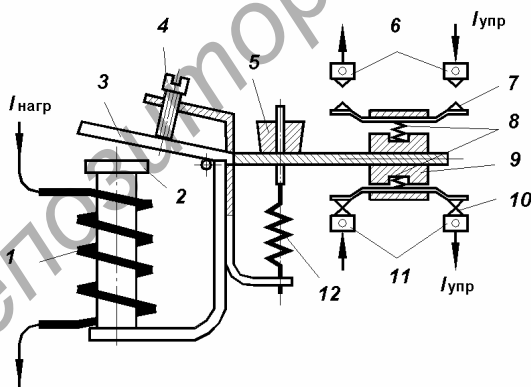


Рисунок 4.2 — Устройство электромагнитного токового реле типа РТ-40:

- 1* — катушка; *2* — сердечник; *3* — якорь;
- 4* — регулировочный винт; *5* — регулятор тока срабатывания; *6*, *11* — неподвижные контакты;
- 7*, *10* — подвижные контакты; *8* — прижимные пружины; *9* — диэлектрические колодки;
- 12* — размыкающая пружина

положение, называют током возврата  $I_B$ . Отношение тока возврата к току срабатывания реле называют коэффициентом возврата:

$$k_B = I_B / I_{CP}.$$

Значение коэффициента возврата всегда меньше единицы: чем ближе  $k_B$  к единице, тем выше чувствительность максимальной токовой защиты.

**Реле максимального тока РТ-40** имеет один замыкающий и один размыкающий контакты. Коэффициент возврата составляет не менее 0,85 на минимальной уставке и не менее 0,8 на остальных уставках шкалы. Время срабатывания  $t_{CP} = 0,1$  с при токе в катушках реле равном  $1,2I_{CP}$  и 0,03 с при  $3I_{CP}$  и выше.

Контакты реле способны коммутировать в цепи постоянного тока индуктивную нагрузку мощностью 60 Вт, а в цепи переменного тока – нагрузку мощностью 300 ВА при напряжении 220В и токе до 2А.

Потребляемая мощность при токе  $I_{CPAB}$  находится в пределах 0,2...0,8 ВА, причем меньшие значения мощности имеют реле с уставкой до 2 А, большие значения – реле с уставкой до 200 А.

Структура условного обозначения реле типа РТ-Х40/ХХ Х4:

РТ — реле тока;

Х — цифра 1 обозначает реле в унифицированной оболочке;

40 — номер разработки;

ХХ — максимальный ток уставки (0,2; 0,6; 2; 6; 10; 20; 50; 100; 200 А);

Х4 — климатическое исполнение (УХЛ, О) и категория размещения (4) по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89.

**Реле максимального тока типа РТ-81—РТ-86** применяются для защиты электрических машин, трансформаторов и линий передачи при коротких замыканиях и перегрузках. Коэффициент возврата – не менее 0,8. Потребляемая мощность составляет около 10 ВА.

Реле типов РТ-81, РТ-82 имеют один главный замыкающий контакт, действующий мгновенно при аварийных токах короткого замыкания и с выдержкой времени при перегрузках в защищаемых электроустановках. Перестановкой деталей замыкающий контакт преобразуется в размыкающий.

Реле типов РТ-83, РТ-84 и РТ-86 имеют, кроме того, один замыкающий сигнальный контакт, работающий с выдержкой времени при перегрузках, в то время как главный замыкающий контакт работает только при коротких замыканиях.

Реле типов РТ-85, РТ-86, предназначенные для работы на оперативном переменном токе, имеют усиленные замыкающий и размыкающий контакты, которые в реле типа РТ-85 могут действовать как мгновенно, так и с выдержкой времени, в реле типа РТ-86 – только мгновенно.

Ток замыкания главных замыкающих контактов реле типов РТ-81, РТ 82, РТ 83 и РТ 84 - 5 А при напряжении от 24 до 250 В постоянного и переменного тока. Ток размыкания размыкающих контактов 2 А при напряжении от 24 до 250 В переменного тока и 0,5 А при напряжении от 24 до 250 В постоянного тока.

Сигнальные контакты реле типов РТ 83, РТ 84 и РТ 86 могут замыкать и размыкать цепь постоянного тока до 0,2 А и переменного тока до 1 А при напряжении от 24 до 250 В.

Ток уставки  $I_{уст}$  реле максимального тока при защите асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (рис. 4.4) выбирается по пусковому току двигателя:

$$I_{уст} \geq (1,3 \dots 1,5) I_{дв.пуск}$$

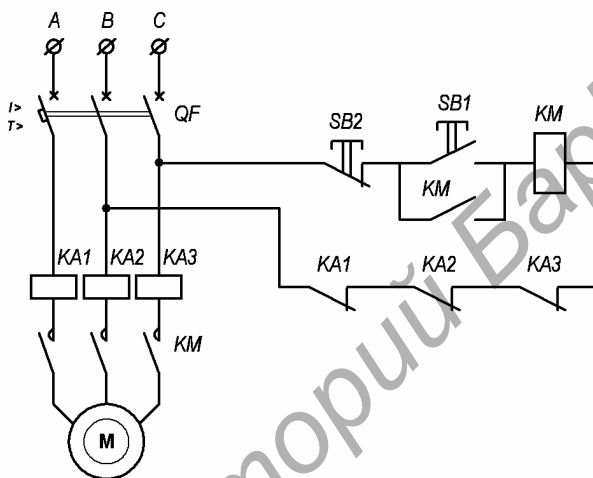


Рисунок 4.4 — Схема включения токового реле в цепь трехфазного асинхронного электродвигателя

При защите асинхронных двигателей с фазовым ротором от короткого замыкания ток уставки реле определяется:

$$I_{уст} \geq (2,25 \dots 2,5) I_{дв.ном}$$

### 4.5 Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены максимальные токовые реле?
2. Каким образом регулируется ток срабатывания у электромагнитных максимальных токовых реле?
3. Почему коэффициент возврата реле всегда меньше единицы?
4. Объясните принцип действия реле максимального тока.
5. Объясните принцип действия схемы включения реле максимального тока для защиты асинхронного двигателя от токов короткого замыкания.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

### ИССЛЕДОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

*Цель работы:*

1. Ознакомиться с конструкцией электромагнитного расцепителя максимального тока автоматического выключателя.
2. Произвести проверку и снятие основных характеристик расцепителя максимального тока.
3. Экспериментально определить номинальный ток автоматического выключателя.
4. Получить и построить защитную характеристику автоматического выключателя.

#### 5.1 Подготовка к выполнению лабораторной работы

1. Изучить необходимые разделы в рекомендуемой литературе, а также теоретические сведения, приведенные в п. 5.4.
2. Вычертить схему лабораторной установки.
3. Записать паспортные данные электрических машин и измерительных приборов.

#### 5.2 Объект и средства исследования

Лабораторная работа выполняется на стенде НТЦ-09 «Электрические аппараты». Объектом исследования является автоматический выключатель типа АБЗ-М с номинальным током 1А и отсечкой  $5I_n$ .

Средствами исследования служат: лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) Т2 типа ОСМ1-0,16; трансформатор Т1 типа ОСМ1-0,1 с номинальным напряжением 220/24 В; амперметр РА2 типа Э8030 с номинальным током 1 А, секундомер электронный; источник напряжения 24В; сигнальная лампа с номинальным напряжением 24 В.

#### 5.3 Порядок выполнения работы

1. Пользуясь схемой (рис. 5.1), изучить расположение используемых узлов и органов управления на панели лабораторного стенда. Собрать схему для исследования расцепителя максимального тока автоматического выключателя.
2. Все переключатели стенда установить в положение «Выключено».
3. Все переключатели стенда установить в положение «Выключено», регулировочные рукоятки перевести в положение, соответствующее нулевому значению напряжения или тока (против часовой стрелки до упора).

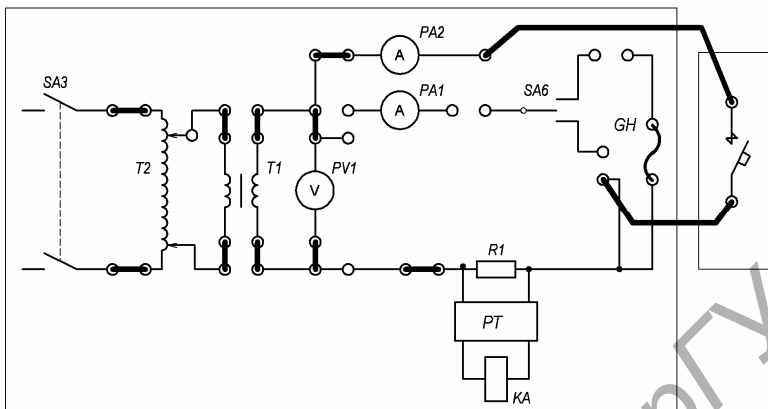


Рисунок 5.1 — Схема испытания автоматического выключателя

4. Собрать электрическую цепь для исследования электромагнитного расцепителя автоматического выключателя (см. рис. 5.1) с помощью соединительных проводников.

5. После разрешения преподавателя автоматическими выключателями «Сеть» подключить стенд к сети.

6. Включить ЛАТР и плавно увеличивая ток нагрузки через автомат, добиться срабатывания максимальной защиты. Зафиксировать показания амперметра. Затем вернуть регулятор ЛАТРа в положение MIN и установить рычаг выключателя SA3 в положение «Выкл.». Далее снова включить автомат и повторить опыт пять раз. Показания амперметра PA1 записать в **таблицу 5.1**.

Т а б л и ц а 5.1 — Результаты исследования электромагнитного расцепителя

Значение тока уставки	Значение тока нагрузки, при котором срабатывает автомат				

**Внимание!** Нельзя допускать длительной работы автомата в режиме перегрузки при токах, близких к току срабатывания. После каждого срабатывания автоматического выключателя необходимо делать паузу 5 мин для остывания катушки!

## 5.4 Основные теоретические сведения

**Автоматический выключатель** (автомат) представляет собой аппарат, предназначенный для ручного включения и отключения электрических цепей, а также автоматического отключения при возникновении аварийных режимов. Как правило, автоматические выключатели выполняют функции защиты при коротких замыканиях, перегрузках, снижении или исчезновении напряжения, изменения направления передачи мощности или тока и т. п.

Расцепители представляют собой элементы, контролирующие заданный параметр цепи и воздействующие через механизм свободного расцепления на отключение автомата при отклонении заданного параметра за установленные пределы.

В зависимости от выполняемых функций расцепители бывают:

- 1) электромагнитные токовые максимальные — мгновенного или замедленного действия;
- 2) напряжения минимальные — для отключения автомата при снижении напряжения ниже определенного уровня;
- 3) обратного тока — срабатывает при изменении направления тока;
- 4) тепловые — срабатывают в зависимости от величины тока и времени его протекания и применяются для защиты от небольших (до 300% продолжительных) перегрузок;
- 5) комбинированные.

Номинальный ток защищающего от перегрузки теплового или комбинированного расцепителя автоматов  $I_{н.з}$  выбирается по длительному расчетному току линии  $I_{н.з} = I_{дл}$ .

Ток срабатывания (отсечки) максимально-токового электромагнитного расцепителя  $I_{ср}$  определяется из соотношения:

$$I_{ср} = 1,25I_{кр},$$

где  $I_{кр}$  — максимальный кратковременный ток линии, который при ответвлении к одиночному электродвигателю равен его пусковому току.

Коэффициент 1,25 учитывает неточность в определении максимального кратковременного тока линии и разброс характеристик расцепителей.

**Автоматические выключатели серии А63** предназначены для проведения тока (постоянного и переменного) в нормальном режиме и отключения тока при перегрузках и коротких замыканиях, а также для оперативных включений и отключений электрических цепей (табл. 5.2). Основное назначение выключателей А63 – защита кабелей и проводов, а также электродвигателей. При правильно выполненной системе заземления выключатели предотвращают поражение человека электрическим током при косвенных прикосновениях. Выключатели выпускаются в исполнениях постоянного или переменного тока в соответствии с ГОСТ 9098-78.

Т а б л и ц а 5.2 — Технические характеристики автоматических выключателей серии А63

Типоисполнение	А63-МГУЗ, А63-МГТЗ, А63-МГХЛ5, А63С-МГУЗ, А63С-МГТЗ, А63С-МГХЛ5	А63-МУЗ, А63-МТЗ, А63-МХЛЗ, А63С-МУЗ, А63С-МГЗ, А63С-МХЛЗ
Номинальное напряжение $U_{ном}$ , В	380 В, 50 и 60 Гц переменного тока или 110 В постоянного тока	
Номинальный ток расцепителя $I_{ном}$ , А	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 2,0; 2,5; 3; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	40
Кратность тока уставки $I/I_n$	10	1,3; 2; 5; 10
Износостойкость общая, циклов	30 000	16 000
Износостойкость коммутационная, циклов	16 000	5 000

Особенность этого автоматического выключателя состоит в том, что он не имеет теплового расцепителя, а только расцепитель максимального тока, срабатывающий при токе отсечки. При температуре окружающей среды  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  в холодном состоянии автоматы не отключаются при токе  $1,05I_{ном}$  в течение 1 ч и отключаются при токе  $1,35 I_{ном}$  за время не более 30 мин.

Серийно выпускаются следующие исполнения:

А63-М — общего применения без гидравлического замедлителя;

А63-МГ — общего применения с гидравлическим замедлителем;

А63С — с низкими уровнями коммутационных перенапряжений (рекомендуются к применению в электрических цепях постоянного тока, чувствительных к коммутационным перенапряжениям, в частности, для защиты аппаратуры связи).

Выключатель А63 имеет климатические исполнения для умеренного (У), холодного (ХЛ) и тропического (Т) климата при категориях размещения 3 и 5.

Структура условного обозначения автоматов серии А63 (на примере А63С-МУЗ пост. ток  $6,3 \times 5$ ):

А63С — обозначение типа выключателя;

М — обозначение вида расцепителя (М, МГ);

У — климатическое исполнение (У, ХЛ, Т);

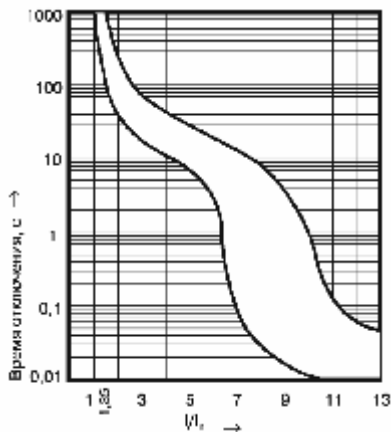


Рисунок 5.2 — Защитная характеристика автоматического выключателя типа А63М

- 3 — категория размещения (3, 5);
- пост. ток — род тока (пост ток, переменю ток);
- 6,3 — номинальный ток, А;
- 5 — кратность тока уставки электромагнитного расцепителя.

### 5.5 Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены устройства максимальной токовой защиты?
2. Объясните принцип действия максимальной токовой защиты автоматического выключателя.
3. Что называется защитной (время-токовой) характеристикой?
4. Укажите функции и виды расцепителей автоматических выключателей.
5. Назовите основные параметры автоматических выключателей.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Волынский, Б. А.* Электротехника : учебник для неэлектрич. спец. вузов / Б. А. Волынский, Е. Н. Зейн, В. Е. Шатерников. — М. : Энергоатомиздат. 1987. — 528 с.
2. *Соколова, Е. М.* Электрическое и электротехническое оборудование : общепромышленные механизмы и бытовая техника : Учеб. пособие. — М. : Издательский центр «Академия», 2001 . — 224 с.
3. *Чукаев, Д. С.* Электрооборудование строительных машин и электроснабжение строительных площадок : Учебник для техникумов. / Д.С.Чукаев, М. Д. Федуркина. — М. : Стройиздат, 1981. — 223 с.
4. *Зимин, Е. Н.* Электрооборудование промышленных предприятий и установок / Е. Н.Зимин, В. И.Преображенский, И. И.Чувашов. — М. : Энергоиздат, 1981. — 522 с.
5. *Алиев, И. И.* Электрические аппараты : Справ. / И. И.Алиев, М. Б. Абрамов. — М. : ИП РадиоСофт, 2004. — 256 с.
6. *Соркин, Ю. И.* Электрооборудование животноводческих ферм и комплексов : Справ. — Мн. : Ураджай, 1988. — 247 с.
7. *Дойников, В. Б.* В помощь персоналу, обслуживающему электроустановки (в вопросах и ответах). — Мн. : БОИМ, 2002. — 240 с.
8. *Шабад, М. А.* Максимальная токовая защита. — Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. — 96 с. — (Биб-ка электромонтера; Вып. 640).

*Учебное издание*

**АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Методические указания  
по выполнению лабораторных работ  
для студентов инженерных специальностей**

Составители: *И. В. Дубень, С. И. Козлов, М. И. Грідюшко*

Технический редактор О. И. Ющук  
Корректор  
Компьютерная верстка

Ответственный за выпуск *Е. Г. Хохол*

Подписано в печать \_\_\_\_\_.2009.  
Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Таймс. Отпечатано на ризографе.  
Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд. л. 1,70.  
Заказ \_\_\_\_\_. Тираж \_\_\_\_ экз.

ЛИ 02330/0133468 от 09.02.2005

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Барановичский государственный университет»  
225404, г. Барановичи, ул. Войкова, 21.

Репозиторий БарГУ

Репозиторий БарГУ