

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

Л. В. Веппер, В. В. Логвин, М. Н. Погуляев

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

ПРАКТИКУМ

**по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-53 01 05
«Автоматизированные электроприводы»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2016

УДК 621.316.5(075.8)
ББК 31.264я73
В30

*Рекомендовано научно-методическим советом
факультета автоматизированных и информационных систем
ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 5 от 28.12.2015 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Теоретические основы электротехники»
ГГТУ им. П. О. Сухого *А. В. Козлов*

Веппер, Л. В.
В30 Электрические аппараты : практикум по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» днев. и заоч. форм обучения / Л. В. Веппер, В. В. Логвин, М. Н. Погуляев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – 42 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Мб RAM ; свободное место на HDD 16 Мб ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены рекомендации по выполнению лабораторных работ по силовым аппаратам, аппаратам максимальной защиты и цепей управления.

Для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.316.5(075.8)
ББК 31.264я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа 1 Исследование плавких предохранителей.....	5
Лабораторная работа 2 Исследование контакторов постоянного и переменного тока.....	11
Лабораторная работа 3 Исследование электромагнитного реле времени.....	20
Лабораторная работа 4 Исследование автоматического выключателя	25
Лабораторная работа 5 Исследование реле максимального тока	30
Лабораторная работа 6 Исследование теплового реле	36
Лабораторная работа 7 Исследование тиристорного регулятора напряжения.....	41

ВВЕДЕНИЕ

Целью выполнения данных лабораторных работ является четкое представление студентом конструкции, принципа работы и основных характеристик изучаемых аппаратов.

К выполнению лабораторных работ допускаются лишь те студенты, которых прошли вводный инструктаж по технике безопасности и изучили теоретический материал по данной теме.

На подготовку к каждой работе необходимо в среднем 1–1,5 часа, на её выполнение отводится 2 академических часа.

Отчет составляется по форме, принятой на кафедре.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторные стенды являются действующими электроустановками, поэтому они могут быть источниками поражения электрическим током. Все лабораторные работы проводятся на напряжении 220 В.

Необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

1. Перед сборкой схемы для испытаний необходимо убедиться, что автоматы сети находятся в положении «выкл.», а автотрансформаторы в положении «нуль» или «выкл.».
2. При сборке цепей избегайте пересечений проводов, обеспечьте надежный контакт мест соединений.
3. Включить стенды можно только после проверки схемы преподавателем и с его разрешения.
4. Разборку схемы или какие-либо пересоединения в ней проводить только при отключенном стенде.
5. Не прикасайтесь к незаизолированным элементам электротехнических устройств, находящихся под напряжением.
6. При обнаружении неисправности в работающем стенде немедленно его отключить и сообщить об этом преподавателю.
7. Замену и установку плавкой вставки предохранителя осуществлять только при отключенной сети и с разрешения преподавателя.

Ответственность за соблюдение правил техники безопасности возлагается на студентов, работающих в лаборатории, а контроль – на преподавателя, проводящего занятия.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВКИХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

1.1. Цель работы: ознакомиться с конструкцией и техническими данными

низковольтных предохранителей типов ПР-2, ПН-2, ПНД-2, ПРС, НПН-60, снять времятоковую характеристику плавкой вставки и сравнить с расчетной.

1.2. Основные теоретические сведения.

Плавкими предохранителями называют электрический аппарат, который при токе, большем заданной величины, размыкает электрическую цепь путем расплавления плавкой вставки, непосредственно нагретой током до расплавления.

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, серебро. Медь по сравнению с цинком имеет малое удельное сопротивление, что позволяет применять плавкие вставки небольшого сечения. Однако 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 серебряных вставок. Температура плавления серебра - 961°C .

К достоинствам цинковых вставок следует отнести, помимо невысокой температуры плавления (419°C), неизменность их сечения при эксплуатации.

Основными параметрами предохранителей являются:

$I_{н.пр.}$ – номинальный ток патрона - максимальный ток, при котором токоведущие и контактные части нагреваются не выше допустимой температуры;

$I_{н.вст.}$ – номинальный ток вставки - длительный рабочий ток, при котором плавкая вставка не должна перегорать;

$I_{н.откл.}$ – предельный ток отключения предохранителя.

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

$$t_{откл} = t_{нагр} + t_{пл} + t_{дуги}$$

Зависимость полного времени отключения цепи плавким предохранителем от тока называют времятоковой характеристикой, или защитной характеристикой.

Предохранитель будет защищать объект лишь в том случае, если его защитная характеристика(1) располагается несколько ниже защитной характеристики, защищаемого объекта при любом значении тока в цепи(2) (рис. 1.1).

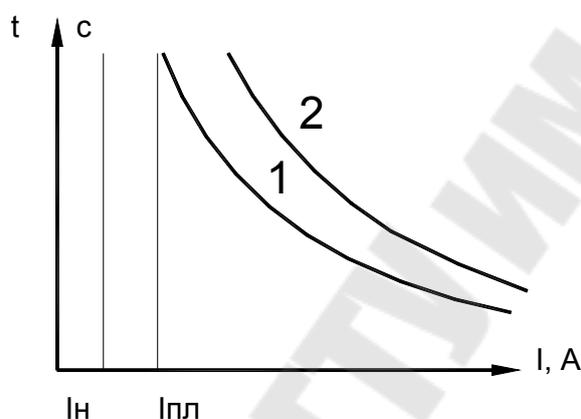


Рисунок 1.1 – Защитная характеристика плавкого предохранителя

Крутизна защитной характеристики предохранителя определяет быстрдействие срабатывания предохранителя а, следовательно, надежность защиты.

Выбор предохранителя производится:

а) по номинальному напряжению сети

$$U_{ном.} \geq U_{вст.},$$

где $U_{ном.}$ - номинальное напряжение предохранителя.

Рекомендуется номинальное напряжение предохранителей выбирать по возможности равным номинальному напряжению сети.

б) по длительному расчетному току линии

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

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

в) по условиям пуска асинхронных двигателей (с к.з. ротором):

$$I_{\text{ном. вст}} = \frac{I_{\text{пуск}}}{\alpha},$$

где $\alpha = (1,5 \dots 2,5)$ – коэффициент, зависящий от условий пуска,

г) если предохранитель стоит в линии, питающей сразу несколько двигателей с к.з. ротором:

$$I_{\text{кр}} = I_{\text{пускmax}} + \sum I_{\text{ном}}, \text{ А}$$

где $I_{\text{кр.}}$ - расчетный номинальный ток линии, А

д) для двигателей с фазным ротором, если

$I_{\text{пуск.}} < 2I_{\text{ном.дв.}}$, то $I_{\text{ном.вст.}} \geq (1 \dots 1,25)I_{\text{ном.дв.}}$

В цепях управления и сигнализации плавкие вставки выбираются по соотношению:

$$I_{\text{ном.вст.}} \geq \Sigma I_{\text{раб.макс.}} + 0,1 \Sigma I_{\text{вкл.макс.}},$$

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 включении катушек, одновременно включаемых аппаратов.

1.3. План работы

1.3.1. Изучить теоретические сведения и конструкции низковольтных предохранителей по имеющимся образцам, плакатам и справочной литературе.

1.3.2. Снять времятоковую характеристику медной круглой вставки для различных сечений вставок.

Для снятия данной характеристики необходимо собрать схему рисунок 1.2.

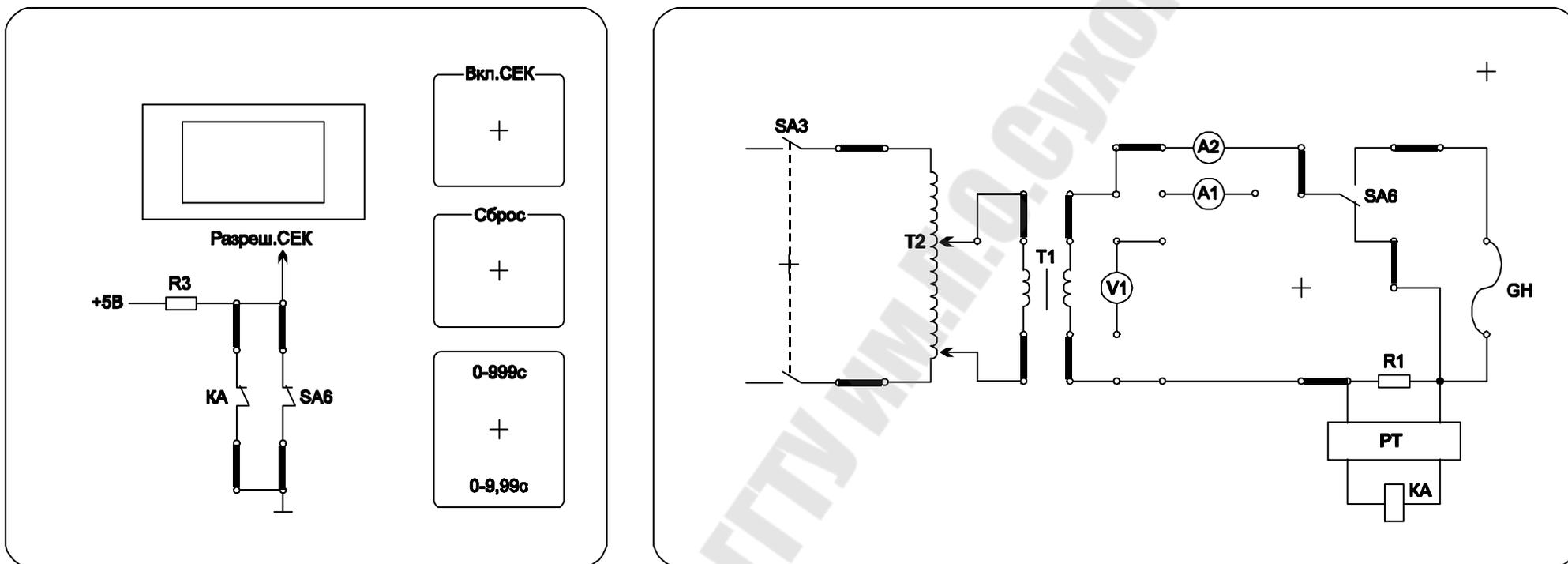


Рисунок 1.2 – Схема исследования плавкого предохранителя

В держатель предохранителя установить плавкую вставку на 0,5-1,0 А. Включить секундомер тумблером «Вкл. СЕК» При ненулевых показаниях секундомера произвести сброс одноименной кнопкой. Тумблер SA6 должен находиться в нижнем положении, при котором ток нагрузки через предохранитель не протекает. Включить тумблером ЛАТР и постепенно увеличивая напряжение, подаваемое на понижающий трансформатор Т1 установить необходимую величину тока. Зафиксировать показания приборов. Затем тумблером SA6 переключить цепь на исследуемый предохранитель Пр. Секундомер начнет отсчет и остановится при перегорании нити предохранителя. Записать показания секундомера и затем обнулить индикаторы кнопкой «Сброс». Повторить опыт при различных величинах тока. Данные занести в табл. 1.1. и рассчитать температуру плавления по формуле:

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

где S – сечение вставки, мм²; I - значение устанавливаемого тока по шкале, А

Таблица 1.1 – Результаты опыта

Ток нагрузки, $I_{ном}$, А				
Показание секундомера t , с				
Расчетная температура плавления $t_{пл}$, °C				

1.3.3. По данным опыта п.1.3.2 построить в одном масштабе времятоковые характеристики, сравнить их и сделать выводы.

1.4. Контрольные вопросы

1. Назначение предохранителей.
2. Требования к материалу для плавких вставок.
3. Назначение металлургического эффекта в предохранителях.
4. Особенности работы предохранителя при "пограничном" токе.
5. Основные параметры предохранителей.
6. Схема включения предохранителей в защищаемую цепь.
7. Отличия легко- и тугоплавких вставок.
8. Время токовая характеристика предохранителей в относительных единицах.
9. Устройство и принцип работы предохранителей ПН-2, ПР-2, ПРС.

Лабораторная работа 2

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТОРОВ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

2.1. Цель работы: ознакомиться с техническими данными и изучить конструкцию контакторов и магнитных пускателей переменного тока, исследовать магнитные пускатели переменного тока.

2.2. Основные теоретические сведения

Контакторы - это коммутационные аппараты, предназначенные для частых включений и отключений электрических цепей при нормальных режимах работы. Контакторы применяются в цепях напряжения до 500В переменного тока и 600В постоянного тока.

Принцип действия контакторов заключается в следующем: при подаче напряжения на обмотку электромагнита якорь притягивается. Подвижный контакт, связанный с якорем, замыкает или размыкает главную цепь. Дугогасительная система обеспечивает быстрое гашение дуги. Вспомогательный блок-контакт используется для согласования работы контактора с другими аппаратами.

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

$$U = (0,85...1,1)U_{ном.}$$

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

$$K_v = U_{отп.} / U_{ср.}$$

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

Противодействующие силы в электромагнитных контакторах создаются с помощью пружин.

Магнитный пускатель - это контактор переменного тока, предназначенный для дистанционного управления и защиты от понижения напряжения питающей сети асинхронных двигателей малой и средней мощности.

Основным узлом магнитного пускателя, как контактора, является электромагнит переменного тока, приводящий в действие систему с контактами.

Обычно в магнитных пускателях применяют трех полюсный контактор переменного тока, имеющий три главных замыкающих контакта и от одного до четырех вспомогательных, блокировочных, или блок-контактов.

В кожух магнитного пускателя, кроме контактора, часто встраивается тепловое реле, выполняющее токовую защиту с выдержкой времени, зависящей от величины тока.

Выбор магнитного пускателя и контакторов производится:
по номинальному напряжению сети:

$$U_{ном.} = U_{сети},$$

где $U_{ном.}$ - номинальное напряжение катушки магнитного пускателя;

по номинальному току нагрузки:

$$I_{ном.} \geq I_{ном.нагр.},$$

где $I_{ном.}$ - номинальный ток магнитного пускателя, контактора для конкретного режима работы;

по мощности двигателя исполнительного механизма;

по режиму работы;

по числу включений в час;

по номинальному напряжению контактов аппарата:

$$U_{ном.конт.} \geq U_{сети}.$$

по времени включения и отключения.

2.3. План работы.

2.3.1. Изучить устройство, назначение контакторов и магнитных

пускателей и их систем.

2.3.2. Для исследования свойств магнитного пускателя переменного тока ПМЛ-110 с номинальным напряжением катушки 110В, 50Гц необходимо собрать схему согласно рис. 2.1.

Включить стенд, затем включить источник питания 24В и далее ЛАТР. Увеличивая величину подаваемого напряжения контролировать показания приборов и зафиксировать их в момент, когда якорь втянется в катушку. Зафиксировать величину резко изменившегося тока. Затем довести напряжение до номинальной величины 110В и вновь замерить ток в катушке. Затем уменьшать напряжение до момента отпускания якоря. Зафиксировать величину тока и напряжения в этот момент (в моменты переключения регулятора напряжения придерживать пальцем кнопку якоря пускателя, обеспечивая его притянутое положение на момент кратковременного обесточивания катушки). Данные занести в табл. 2.1. Повторить опыт несколько раз. Во избежание перегрева катушки пускателя не допускать длительной работы катушки с невтянутым якорем, а также необходимо делать паузу между опытами.

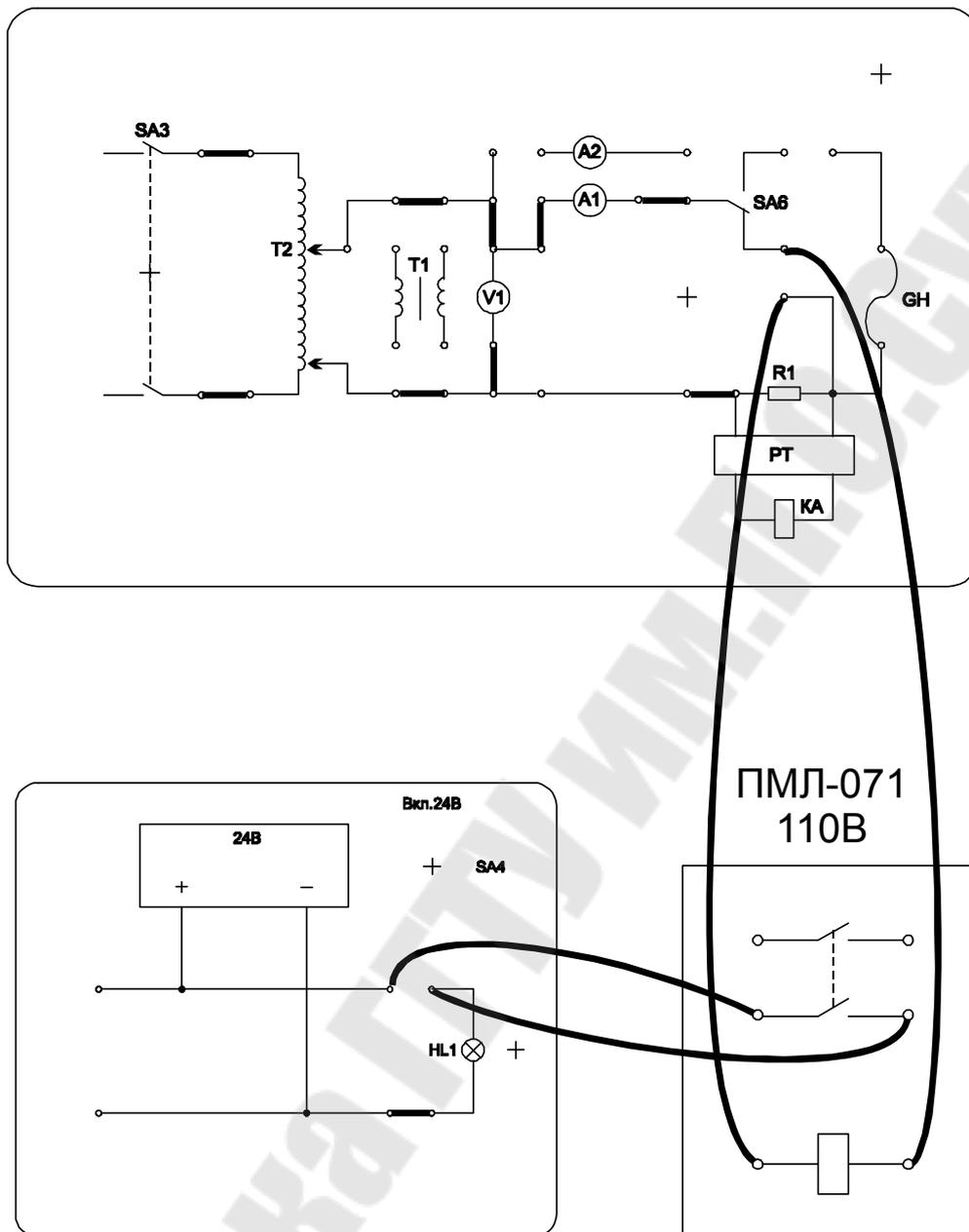


Рисунок 2.1 – Схема исследования электромагнитного пускателя

Таблица 2.1 – Результаты опыта

Напряжения срабатывания $U_{\text{ср.}}$, В					
Ток при невтянутом якоре в опыте на включение $I_{\text{ср.}}$, А					
Ток при втянутом якоре в опыте на включение $I_{\text{вкл.}}$, А					
Напряжение возврата, В					

2.3.3. Произвести расчет параметров пускателя по следующим формулам:

Коэффициент возврата:

$$K_{\text{в}} = U_{\text{в}} / U_{\text{ср}}$$

Кратность пускового тока к номинальному:

$$K = I_{\text{ср}} / I_{\text{ном}}$$

Номинальная активная мощность :

$$P_{\text{ном}} = I R, \text{ Вт.}$$

Номинальная полная мощность катушки:

$$S_{\text{ном}} = I_{\text{ном}} U_{\text{ном}}, \text{ ВА.}$$

Пусковая полная мощность катушки:

$$S_{\text{п}} = I_{\text{ср.ном}} U_{\text{ном}}, \text{ ВА.}$$

2.3.4. Для исследования свойств магнитного пускателя переменного тока ПМЛ с номинальным напряжением катушки 220 В, 50Гц необходимо собрать схему согласно рис. 2.2.

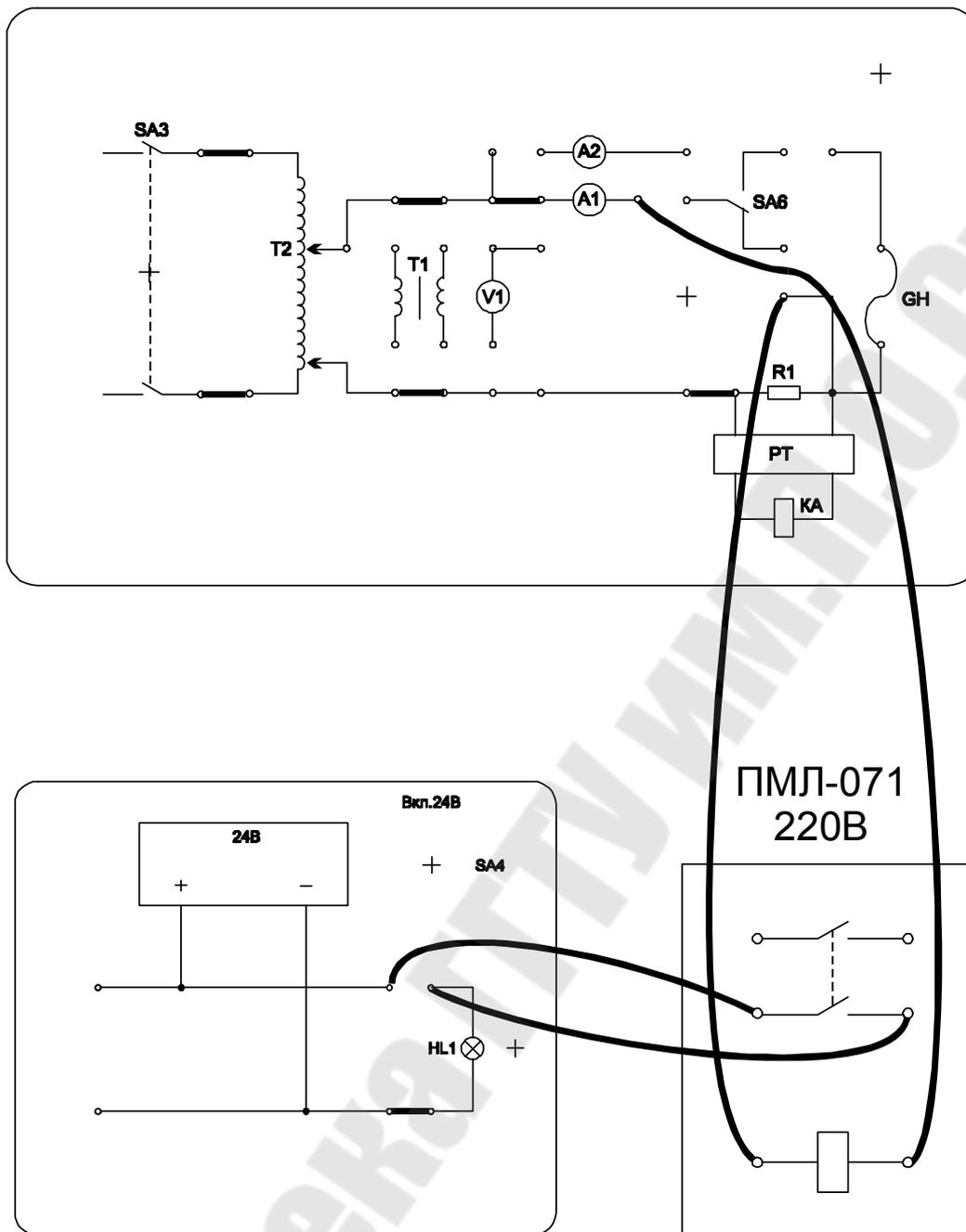


Рисунок 2.2 – Схема исследования электромагнитного пускателя

Далее работа выполняется аналогично приведенной выше. Включить стенд, затем включить источник питания 24В и далее ЛАТР. Увеличивая величину подаваемого напряжения контролировать показания приборов и зафиксировать их в момент, когда якорь втянется в катушку. Зафиксировать величину резко изменившегося тока. Затем довести напряжение до номинальной величины 220В и вновь замерить ток в катушке. Затем уменьшать напряжение до момента отпущения

якоря (в моменты переключения регулятора напряжения придерживать пальцем кнопку якоря пускателя, обеспечивая его притянутое положение на момент кратковременного обесточивания катушки). Зафиксировать величину тока и напряжения в этот момент. Данные занести в табл. 2.1. Повторить опыт несколько раз. Во избежание перегрева катушки пускателя не допускать длительной работы катушки с не втянутым якорем, а также необходимо делать паузу между опытами. Результаты опыта занести в табл. 2.2. и произвести расчеты, как и в предыдущем опыте.

Таблица 2.2 – Результаты опыта

Напряжения срабатывания $U_{\text{ср.}}$, В					
Ток при не втянутом якоре в опыте на включение $I_{\text{ср.}}$, А					
Ток при втянутом якоре в опыте на включение $I_{\text{вкл.}}$, А					
Напряжение возврата, В					

2.3.5. Для исследования свойств промежуточных реле постоянного тока с номинальным напряжением катушки 24В необходимо собрать схему согласно рис. 2.3.

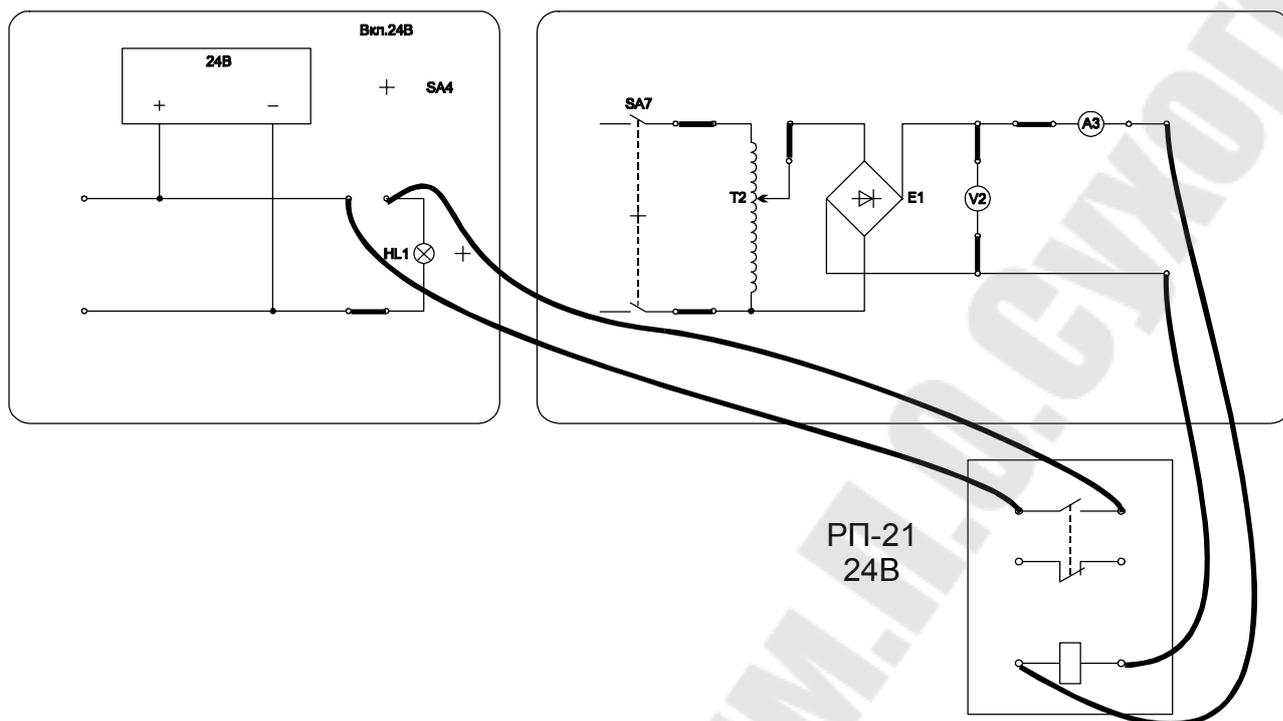


Рисунок 2.3 – Схема исследования электромагнитного реле

Далее работа выполняется аналогично приведенной выше (напряжение, подаваемое на катушку реле изменяется регулятором напряжения). Результаты измерений занести в табл. 2.3 и произвести расчеты как и в предыдущем опыте (кроме номинальной и пусковой полной мощности).

Таблица 2.3 – Результаты опыта

Напряжение срабатывания $U_{ср.}$, В					
Ток при не втянутом якоре в опыте на включение $I_{ср.}$, А					
Ток при втянутом якоре в опыте на включение $I_{вкл.}$, А					
Напряжение возврата, В					

2.3.6. Определить зависимость тока, потребляемого катушкой контактора, пускателя от величины воздушного зазора. Величина зазора меняется за счет немагнитных прокладок, помещаемых в рабо-

чий зазор магнитной системы пускателя, контактора. Опыт провести для разных толщин немагнитных прокладок. Результаты опытов занести в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Результаты опыта

Толщина прокладки, мм							
Ток, потребляемый катушкой, А							

2.4. Контрольные вопросы

1. Назначение контакторов и магнитных пускателей.
2. Конструкции контакторов и магнитных пускателей.
3. Назначение теплового реле в магнитном пускателе.
4. Начертить схему управления пуском асинхронного двигателя с помощью магнитного пускателя.
5. Отличия контакторов постоянного и переменного тока.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

3.1. Цель работы: изучить конструкцию и принцип действия электромагнитного реле времени, освоить способы настройки реле времени на заданную выдержку времени, исследовать влияние напряжения на работу реле времени.

3.2. Основные теоретические сведения

Электромагнитное реле времени обеспечивает выдержку времени с момента подачи сигнала управления на реле времени и моментом замыкания или размыкания его контактов.

Временем срабатывания электромагнитного реле времени называют время, проходящее с момента замыкания цепи катушки до полного притяжения якоря или, наоборот, с момента отключения катушки от сети до полного отпадания якоря. В первом случае время срабатывания называют временем срабатывания на включение, а во втором случае - временем срабатывания на отключение.

Время срабатывания как при включении, так и при отключении состоит из двух составляющих:

$$t_{ср.} = t_{тр.} + t_{дв.}$$

Первая составляющая $t_{тр.}$, называемая временем трогания, определяет собой: при включении - время, протекающее с момента замыкания цепи катушки до начала трогания якоря; при отключении - время, с момента размыкания цепи катушки до начала отпускания якоря.

Вторая составляющая $t_{дв.}$ - есть время движения якоря до полного его притяжения (при включении) или до полного отпадания (при отключении).

Замедленное срабатывание электромагнита, как при включении, так и отключении от сети может быть осуществлено увеличением или $t_{тр.}$ или $t_{дв.}$ В первом случае замедление достигается с помощью магнитного демпфирования, во втором - с помощью механического демпфирования.

3.3. План работы

3.3.1. Изучить конструкцию и принцип действия реле времени ВЛ-69.

3.3.2. Для исследования свойств реле времени ВЛ-69 необходимо собрать схему согласно рис. 3.1. Тумблер SA4 служит для одновременного запуска электронного секундомера и самого реле времени.

После включения стенда схема готова к пуску. Произвести включение схемы тумблером SA4. Секундомер будет производить отсчет времени до момента срабатывания реле времени. Занести показания секундомера в табл. 3.1, выключить тумблер SA4, обнулить показания секундомера и повторить опыт при различных уставках времени (устанавливается переключателями на лицевой панели реле времени ВЛ-69).

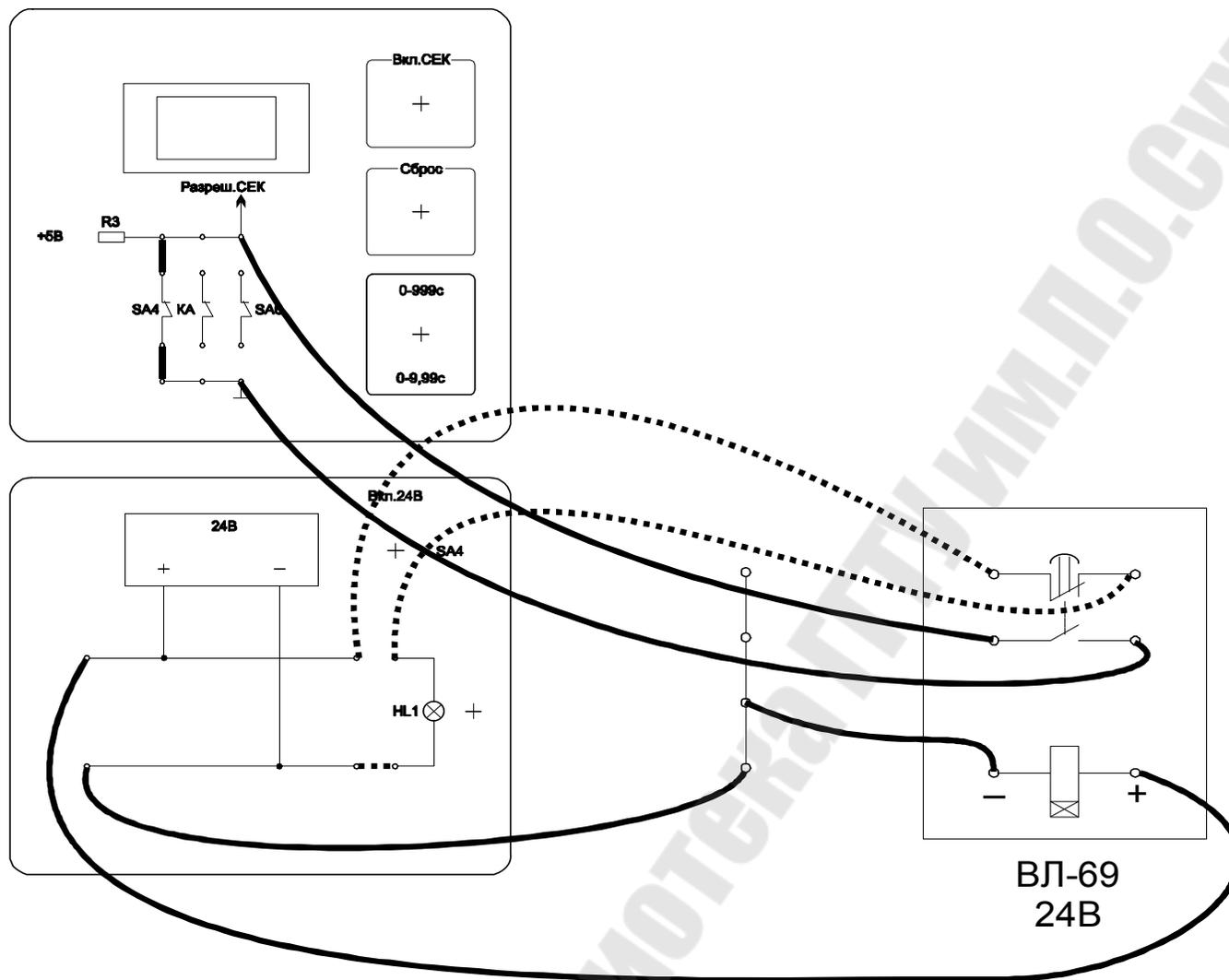


Рисунок 3.1 – Схема исследования электронного реле времени

Таблица 3.1 – Результаты опыта

Уставка времени $t_{уст.}$, с					
Время срабатывания $t_{ср.}$, с					
Погрешность срабатывания t , с					
Относительная погрешность t , %					

3.3.3. По результатам измерений произвести расчет погрешности срабатывания реле времени по формуле:

$$\Delta t = t_{уст.} - t_{ср.}$$

Рассчитать относительную погрешность по формуле:

$$\Delta = \frac{t_{ср.}}{t_{уст.}} 100, \%$$

Определить среднюю относительную погрешность по формуле:

$$\Delta_{ср} = \frac{t_{ср.}}{n}$$

где n - число измерений.

3.3.4. Произвести измерения и расчеты по п.п. 3.3.2 и 3.3.3 при пониженном напряжении питания катушки реле времени ВЛ. Данные измерений занести в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты опыта

Уставка времени $t_{уст.}$, с					
Время срабатывания $t_{ср.}$, с					
Погрешность срабатывания t , с					
Относительная погрешность t , %					

3.4. Контрольные вопросы

1. Что такое время трогания электромагнита?
2. В чем заключается принцип магнитного демпфирования?
3. С какой целью магнитопровод реле времени изготовлен цельным из материала с малым удельным сопротивлением и малой коэрцитивной силой?
4. Каково назначение массивной гильзы?
5. Каким образом можно регулировать выдержку времени срабатывания реле времени?

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

4.1. Цель работы: изучить устройство, конструкции и принцип действия автоматических выключателей, применяемых в системах электроснабжения и в электроприводах.

4.2. Основные теоретические сведения

Автоматический воздушный выключатель (автомат) - аппарат, предназначенный для автоматического размыкания электрических цепей.

Как правило, автоматические выключатели выполняют функции защиты при коротких замыканиях, перегрузках, снижении или исчезновении напряжения, изменения направления передачи мощности или тока и т.п.

Независимо от назначения, автоматы состоят из следующих основных узлов:

- а) контактной системы;
- б) дугогасительной системы;
- в) привода;
- г) механизма свободного расцепления расцепителей;
- д) коммутатора с блок-контактами.

Контактная система автоматов должна находиться под током не отключаясь весьма длительное время и быть способной выключать большие токи короткого замыкания. Широкое распространение получили

двухступенчатые (главные и дугогасительные) и трехступенчатые (главные, промежуточные и дугогасительные) контактные системы.

Дугогасительная система должна обеспечивать гашение дуги больших токов короткого замыкания в ограниченном объеме пространства. Задача дугогасительного устройства заключается в том, чтобы ограничить размеры дуги и обеспечить ее гашение в малом объеме. Распространение получили камеры с широкими щелями и камеры с дугогасительными решетками.

Привод в автомате служит для включения автомата по команде

оператора.

Отключение автоматов осуществляется отключающими пружинами.

Механизм свободного расцепления предназначен:

а) исключить возможность удерживать контакты автомата во включенном положении (рукояткой, дистанционным приводом) при наличии ненормального режима работы защищаемой цепи;

б) обеспечить моментальное отключение, т.е. не зависящую от операторов, рода и массы привода скорость расхождения контактов.

Механизм представляет собой систему шарнирно-связанных рычагов, соединяющих привод включения с системой подвижных контактов, которые связаны с отключающей пружиной. Механизм свободного расцепления позволяет автомату отключаться в любой момент времени, в том числе и в процессе включения, когда включающая сила воздействует на подвижную систему автомата.

При отключении автомата первыми размыкаются главные контакты и весь ток перейдет в параллельную цепь дугогасительных контактов с накладками из дугостойкого материала. На главных контактах дуга не должна возникать, чтобы они не обгорели. Дугогасительные контакты размыкаются, когда главные контакты расходятся на значительное расстояние. На них возникает электрическая дуга, которая выдувается вверх и гасится в дугогасительной камере.

Расцепители - 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 защиты расцепители бывают:

а) токовые максимальные мгновенного или замедленного действия;

б) напряжения - минимальное, для отключения автомата при снижении напряжения ниже определенного уровня;

в) обратного тока - срабатывает при изменении направления тока;

г) тепловые - работают в зависимости от величины тока и времени его протекания (применяются обычно для защиты от перегрузок)

д) комбинированные - срабатывают при сочетании ряда факторов.

Блок-контакты служат для производства переключения в цепях Управления блокировки, сигнализации в зависимости от коммутационного положения автомата.

Вспомогательные контакты выполняются нормально открытыми (замыкающие) и нормально закрытыми (размыкающие).

Номинальный ток, защищающего от перегрузки электромагнитного теплового или комбинированного расцепителя автоматов $I_{н.з.}$ выбирается по длительному расчетному току линии $I_{н.з.} = I_{дл.}$; ток срабатывания (отсечки) 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 А3700 рассчитаны на напряжение до 440В постоянного тока и до 660В переменного тока и номинальную силу тока 160, 250, 400 и 630А. Уставки токов срабатывания выключателей составляют десятикратную величину их номинальных токов. Серийно изготавливаются также автоматические выключатели типов АЕ2000 на номинальный ток до 100А; АК63 на номинальный ток до 63А; А63 на номинальный ток до 25А и т.п.

4.3. План работы

4.3.1 Для исследования свойств автоматического выключателя А63-М необходимо собрать схему рис. 4.1. Автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем.

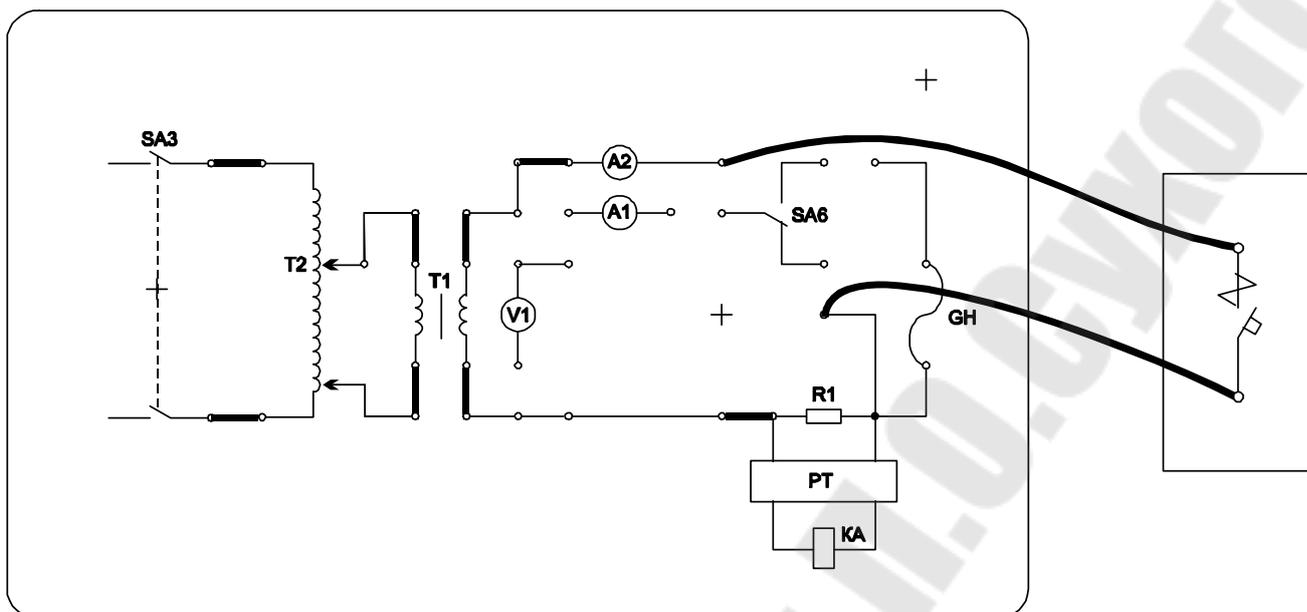


Рисунок 4.1 – Схема исследования автоматического выключателя

4.3.2. Включить ЛАТР и плавно увеличивая ток нагрузки через автомат, добиться срабатывания максимальной защиты. Зафиксировать показания амперметра. Затем вернуть регулятор напряжения в положение MIN и установить рычаг выключателя в положение "0". Далее вновь включить автомат и повторить опыт несколько раз. Показания прибора A1 занести в таблицу 4.1.
ВНИМАНИЕ! Не допускать длительной работы автомата в режиме перегрузки, близких к току срабатывания. после каждого срабатывания делать паузу 5-мин для остывания катушки расцепителя.

Таблица 4.1 – Результаты опыта

Значение тока уставки	Значение тока нагрузки, при котором срабатывает автомат						

4.4. Контрольные вопросы

1. Назначение воздушных выключателей.

2. Понятие о времени срабатывания автомата.
3. Основные узлы автоматов и их назначение.
4. Функции и виды расцепителей.
5. Принцип гашения дуги в автоматическом выключателе.
6. Вид характеристики теплового расцепителя.
7. Основные параметры автоматических выключателей.

Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухого

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО ТОКА

5.1. Цель работы: ознакомиться с конструкциями электромагнитного реле максимального тока, произвести проверку и снятие основных характеристик реле максимального тока.

5.2. Основные теоретические сведения

Плавкие предохранители - простые, но не совершенные аппараты защиты. Изменение уставки срабатывания возможно только ступенчатое путем замены патронов, а регулирование времени срабатывания вообще невозможно. В этом отношении более совершенным аппаратом токовой защиты электрических приемников и цепей являются максимальные токовые реле.

Максимальным токовым реле называют реле, реагирующее на увеличение тока в защищаемой цепи. С помощью таких реле осуществляются максимальные токовые защиты, отключающие электроустановки при сверхтоках, возникающих при перегрузках и коротких замыканиях.

Устройство одного из видов реле максимального тока представлено на рис. 5.1.

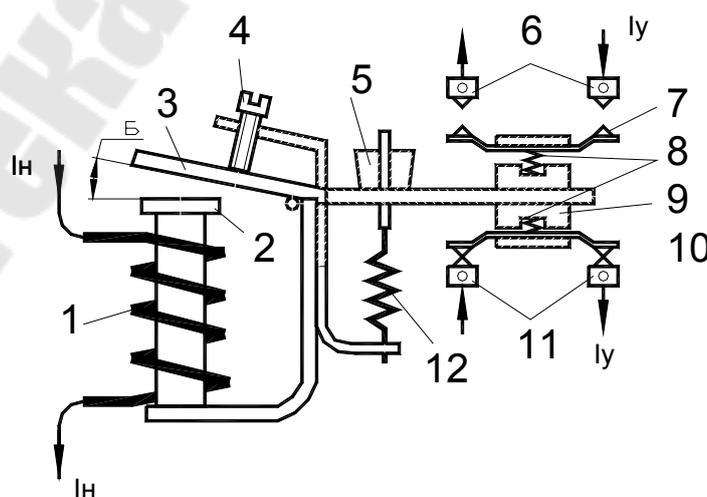


Рисунок 5.1 – Схема реле максимального тока

Катушку 1 включают последовательно в контролируемую цепь с током нагрузки I_n . 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 - 11 и замыкание контактов 6 - 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 числа витков катушки 1. Силу натяжения возвратной пружины 12 изменяют с помощью гайки 5 и рабочего воздушного зазора, который устанавливают с помощью винта 4. Диапазон регулирования

тока срабатывания таких реле достигает четырех и настраивается бесступенчато, что весьма важно для достижения высокой точности работы. Время срабатывания электромагнитного токового реле обычно

не превышает 0,03с при $I_{ном} = 2I_{уст.}$ и 0,1с при $I_{ном} = 1,3I_{уст.}$. На таком принципе работают и реле минимального ток, а также реле минимального и максимального напряжения. Максимальные токовые реле электромагнитного принципа действия могут работать в цепях как переменного, так и постоянного тока.

Минимальный ток, при котором срабатывает реле, называют током срабатывания $I_{ср.}$

Максимальный ток, при котором якорь реле возвращается в исходное положение, называют током возврата $I_{в.}$

Отношение тока возврата к току срабатывания реле называют коэффициентом возврата:

$$K_v = I_v / I_{ср.}$$

Коэффициент возврата всегда меньше единицы: чем ближе K_v к единице, тем выше чувствительность максимальной токовой защиты.

К группе электромагнитных токовых реле относится токовое реле типа РТ-40. Все реле РТ-40 имеют один замыкающий и один размыкающий контакты. У реле серии РТ-40 коэффициент возврата

не менее 0,85 на первой уставке (минимальной) и не менее 0,8 на остальных уставках шкалы.

Время срабатывания $t_{ср.} = 0,1с$ при токе в катушках реле равном $1,2I_{ср.}$ и $0,03с$ при $3I_{ср.}$ 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 $I_{ср.}$ находится в пределах 0,2...0,8 ВА. Причем меньшую величину имеют реле с уставкой до 2А, большую величину - реле с уставкой до 200А.

При защите асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором ток уставки $I_{уст.}$ реле максимального тока выбирается по пусковому току двигателя:

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

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

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

Схема включения токовых электромагнитных реле приведена на рис. 5.2.

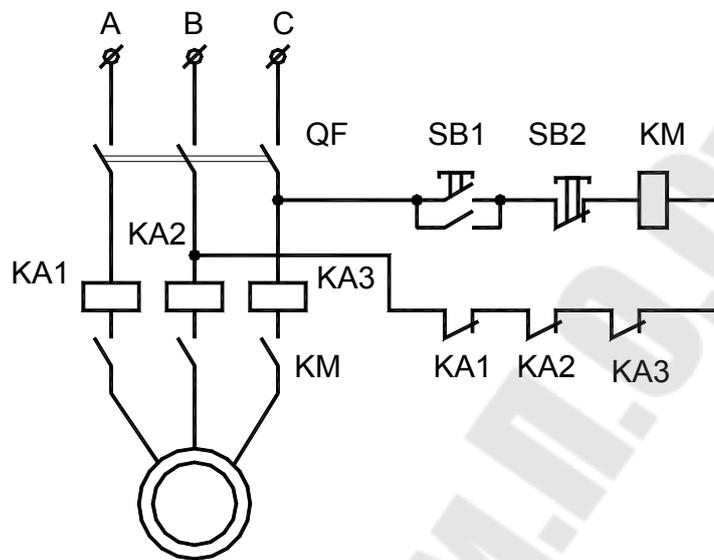
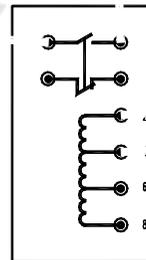
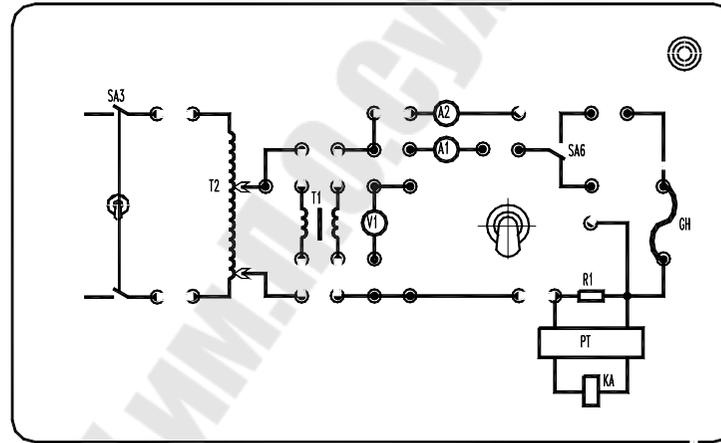
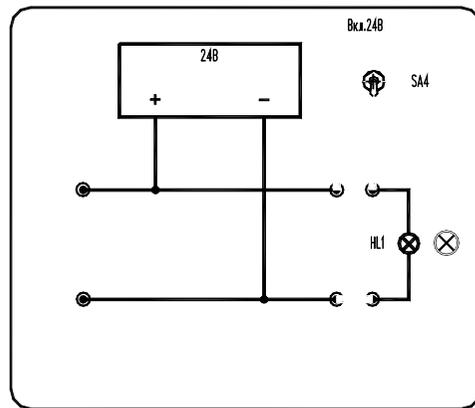


Рисунок 5.2 – Схема включения электродвигателя в сеть с токовым реле

5.3. План работы

5.3.1. Собрать схему для исследования реле максимального тока типа РТ-40 (рис. 5.3.).

Установить требуемую величину тока уставки $I_{уст.}$, перемещая регулятор реле. Включить стенд, затем включить источник питания 24В одноименным тумблером. Включить регулятор напряжения и увеличивать ток нагрузки до момента срабатывания реле максимального тока (индикатор погаснет), зафиксировать величину тока срабатывания $I_{ср.}$. Затем уменьшить величину тока до момента отпускания реле (индикатор вновь загорится). Зафиксировать показания амперметра $I_{воз.}$. Повторить опыт несколько раз при одном значении тока уставки и затем также при других величинах тока уставки. Данные занести в табл. 5.1.



PT40-1Д

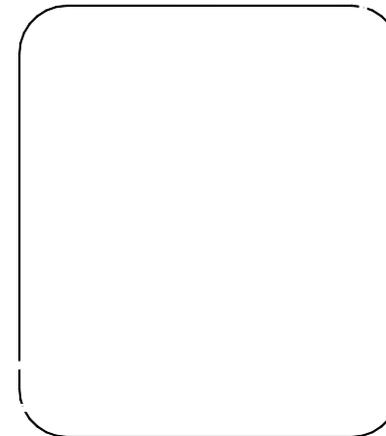


Рисунок 5.3 – Схема исследования токового реле

Таблица 5.1 – Результаты опыта

$I_{уст}$	$I_{ср.}$			$I_{ср.ср.}$			$I_{воз.}$			$I_{воз.ср.}$	K_B	%
	1	2	3	1	2	3	1	2	3			

$I_{ср.ср.}$ - средняя по трем измерениям величина тока срабатывания:

$$I_{ср.ср.} = \frac{I_{ср.} + I_{ср.} + I_{ср.}}{3}, A;$$

$I_{возвр.ср.}$ - средняя по трем измерениям величина тока возврата:

$$I_{возвр.ср.} = \frac{I_{возвр.} + I_{возвр.} + I_{возвр.}}{3}, A.$$

5.4. Контрольные вопросы

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЛЕ

6.1. Цель работы: ознакомиться с конструкциями тепловых реле, изучить принцип действия тепловых реле.

6.2. 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, а следовательно, к преждевременному выходу его из строя. Для защиты электрооборудования от таких перегрузок служат тепловые реле, которые включают последовательно в контролируемую цепь.

Тепловые реле работают в цепях переменного и постоянного тока. Их используют как самостоятельно, так и в составе магнитных пускателей.

Основным элементом теплового реле является биметаллическая пластина.

Нагрев биметаллического элемента может производиться за счет тепла, выделяемого в пластине током нагрузки. Очень часто нагрев биметалла производится от специального нагревателя, по которому протекает ток нагрузки. Лучшие характеристики получаются при комбинированном нагреве, когда пластина нагревается за счет тепла, выделяемого специальным нагревателем, также обтекаемым током нагрузки. Прогибаясь, биметаллическая пластина своим свободным концом воздействует на контактную систему, обеспечивая срабатывание реле.

Основной характеристикой теплового реле является зависимость времени срабатывания от тока нагрузки (времятоковая характеристика), имеющая вид на рис. 6.1.

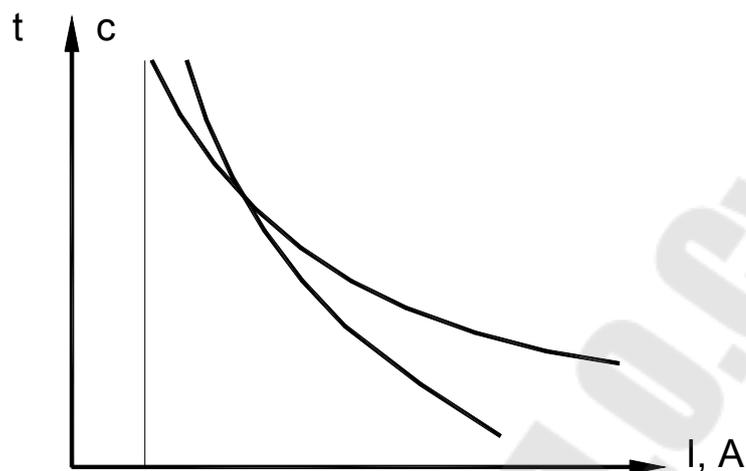


Рисунок 6.1 – Времятоковая характеристика электротеплового реле

Для обеспечения надежной защиты времятоковая 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, ТРП и РТЛ) на различные 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 30% от номинального значения, а некоторые типы реле (ТРН) имеют предел регулирования от 0,75 до 1,25I_н.

Тепловые реле выбираются по номинальному току теплового элемента и номинальному току двигателя:

$$U_{\text{ном.реле}} \geq U_{\text{сети}};$$

$I_{\text{ном.реле}} = I_{\text{ном.дв.}}$ - для двигателей, работающих в длительном режиме работы.

Для двигателей, работающих в кратковременном режиме, тепловая

защита не используется за исключением случаев возможной работы двигателя на упор.

6.3. План работы

6.3.1. В качестве исследуемого применяется реле ТРН-10 с номинальной уставкой тока 0,8 А. Для исследования необходимо собрать схему на рис. 6.2.

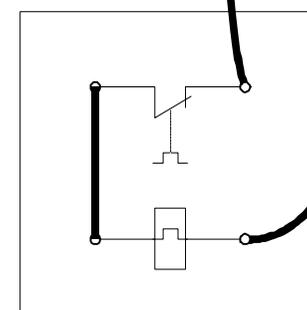
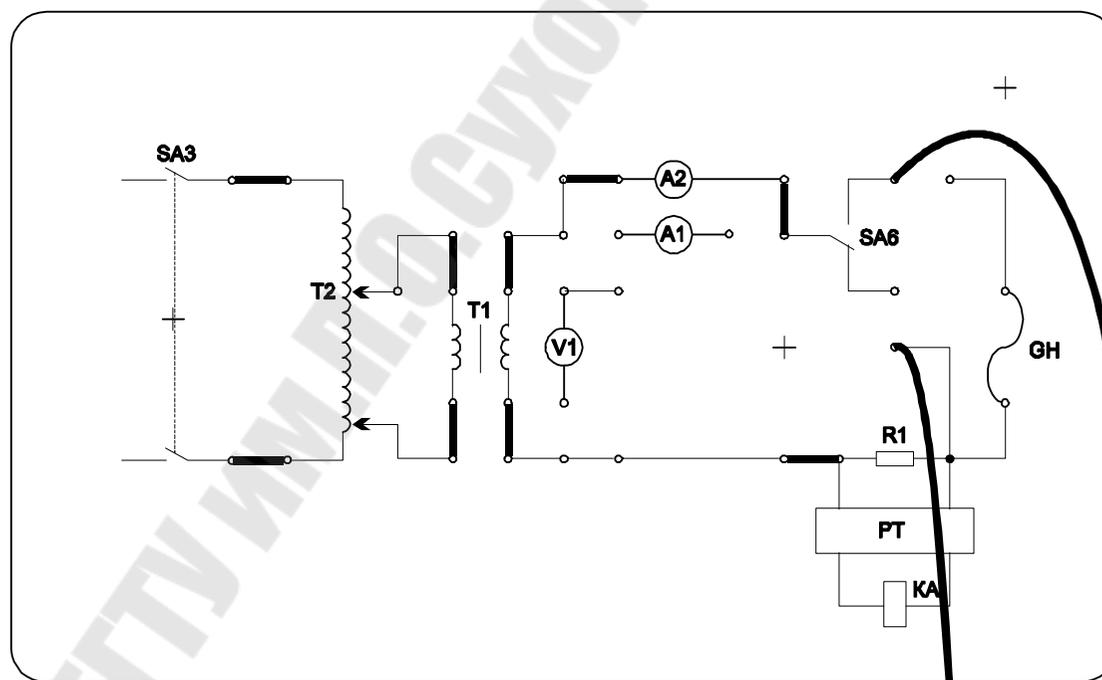
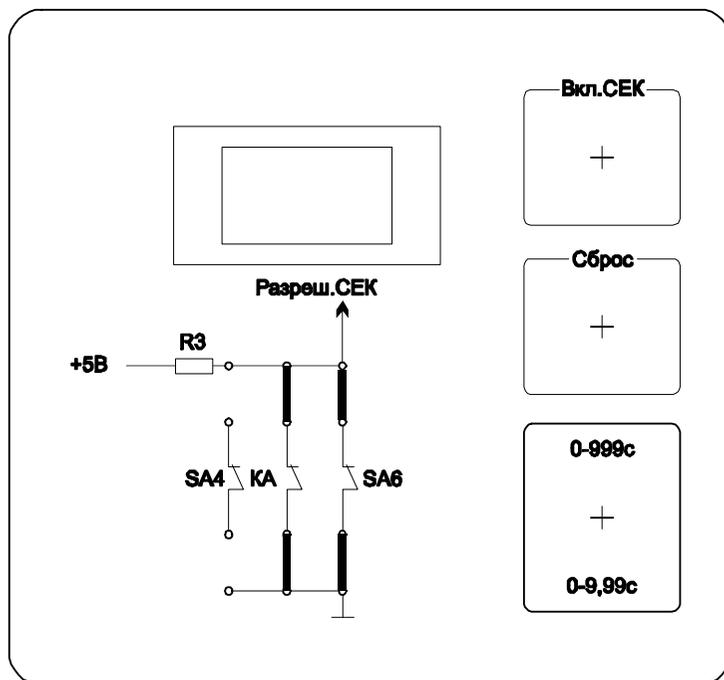


Рисунок 6.2 – Схема исследования электротеплового реле

Так как время срабатывания реле измеряется десятками секунд или минутами, то можно в качестве секундомера использовать наручные часы (при этом часть схемы с секундомером не нужна). Работу начинают с включения ЛАТРа и регулятором устанавливают необходимую величину тока нагрузки. Затем отключают ЛАТР, обнуляют показания секундомера и после паузы, необходимой для остывания теплового элемента реле вновь включают. Секундомер начинает отсчет и останавливается после срабатывания реле. Во избежание перегрева теплового элемента реле ЛАТР следует сразу отключить.

Перед повтором эксперимента необходимо сделать паузу для полного остывания теплового элемента реле и затем вернуть его в исходное состояние нажатием возвратной кнопки. Затем устанавливают другую величину тока нагрузки и повторяют выше приведенные действия. Данные, полученные по показаниям приборов, заносят в таблицу и строят зависимость времени срабатывания теплового реле от тока нагрузки.

Допускается дополнить схему лабораторной работы, встроив контакт магнитного пускателя с рабочим напряжением катушки 220В между выходом регулятора напряжения и первичной цепью понижающего трансформатора, а его катушку запитать от гнезд 220В в блоке ТРН через размыкающий контакт теплового реле (при этом SA2 нужно будет включить). Тем самым достигается автоматическое отключение нагрузки при срабатывании теплового реле. В цепь же секундомера взамен контакта теплового реле включается замыкающий контакт пускателя.

6.4. Контрольные вопросы

1. Какие виды биметаллических пластин применяются в тепловых реле?
2. Как регулируется ток срабатывания теплового реле с непосредственным и косвенным нагревом?
3. Как зависит величина прогиба пластины от ее длины и толщины?

ИССЛЕДОВАНИЕ ТИРИСТОРНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

7.1. Цель работы: изучить принцип действия тиристорных регуляторов напряжения, исследовать схему управления тиристорного регулятора напряжения, исследовать свойства тиристорного как электрического аппарата.

7.2. Основные теоретические сведения

Схема тиристорного регулятора напряжения дана на рисунке 7.1.

Силовая часть представляет собой тиристорную пару, в которой тиристоры включены встречно. Управление величиной напряжения на нагрузке (вольтметр $V1$), а следовательно и током нагрузки (амперметр $A1$) достигается управлением угла отпирания тиристоров. При этом осциллограмма, снимаемая с нагрузки, имеет вид, представленный на рис. 7.2. При $\alpha = \pi$ тиристоры практически закрыты и на нагрузке нет напряжения, а при $\alpha = 0$ полностью открыты и напряжение на нагрузке имеет вид полных полуволн и соответствует максимальному значению, получаемому от выпрямителя.

Управление углом отпирания тиристоров осуществляет схема управления, формирующая синхронизированные с сетевым напряжением импульсы управления, передаваемые на управляющие электроды тиристоров через импульсные трансформаторы, позволяющие произвести гальваническую развязку силовых цепей преобразователя от цепей управления. Синхронизация импульсов управления с сетевым напряжением достигается путем формирования в блоке ГОИ из пониженного синусоидального напряжения импульсов пилообразной формы (рис. 7.3).

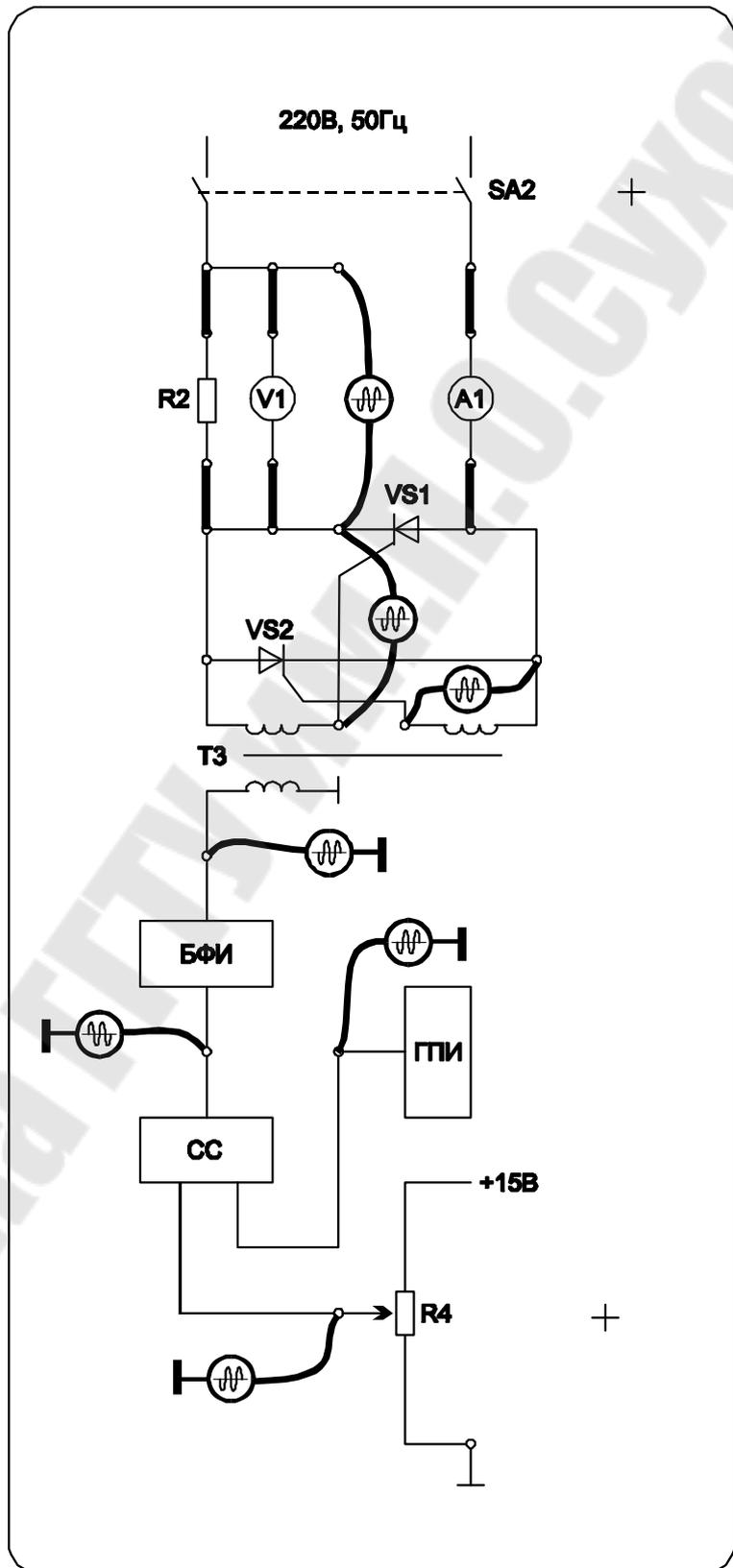


Рисунок 7.1 – Схема исследования тиристорного регулятора напряжения

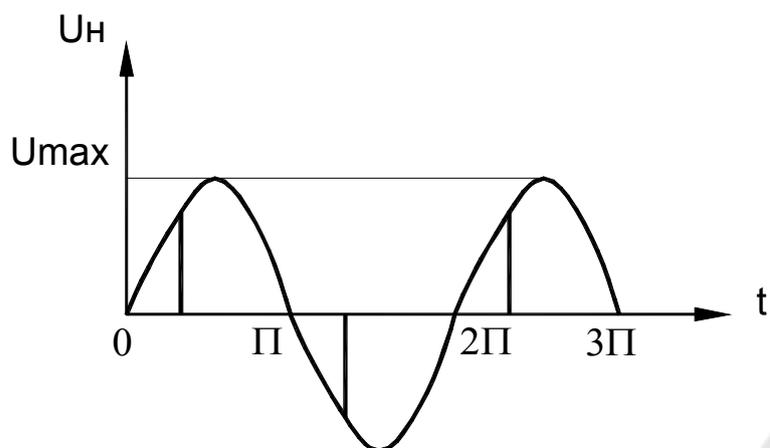


Рисунок 7.2 – Осциллограмма на нагрузке

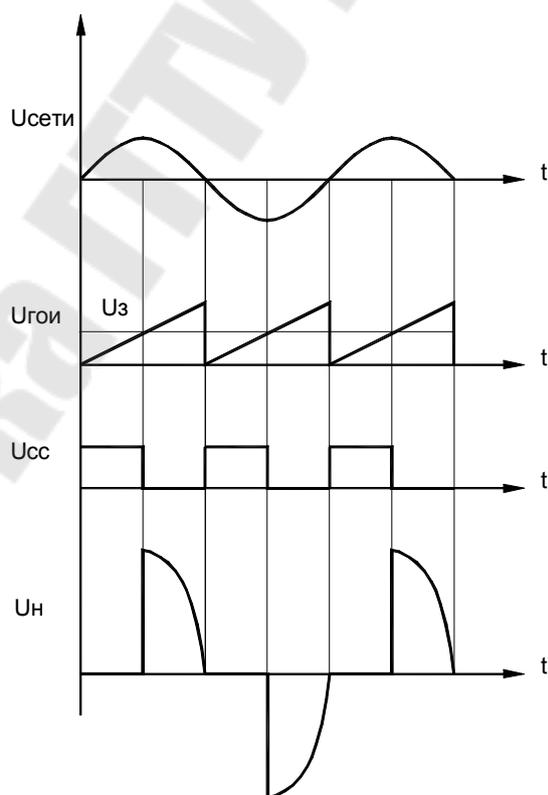


Рисунок 7.3 – ТРН

Последние поступают в блок сравнения СС, равно как и напряжение задания, снимаемое с потенциометра R4. В результате сравнения этих величин блок СС формирует прямоугольные импульсы, скважность которых зависит от положения движка потенциометра R4, что показано на рис. 7.3. Последние и управляют углом отпирания тиристоры, преобразуясь в блоке БФИ для передачи через обмотки импульсного трансформатора ТЗ.

7.3. План работы

7.3.1. Соберите схему согласно рисунк 7.1.

7.3.2. Включите сетевой выключатель SA1, проверьте наличие напряжения в сети по свечению индикаторной лампы. Затем включите напряжение питания ТРН тумблером SA2.

7.3.3. Снять осциллограммы сигналов на выходе блоков ГОИ, СС, БФИ и на нагрузке в нескольких положениях потенциометра R4, в том числе при минимальном и максимальном напряжении на нагрузке (точки подключения осциллографа показаны на рис.7.1, подключение осциллографа к нагрузке следует производить через делитель напряжения). Напряжение на движке R4 измерять тестером либо осциллографом. По осциллограммам определите соответствующие углы отпирания тиристоры.

7.3.4. Снимите регулировочную характеристику тиристорного регулятора напряжения $U_n = f(U_3)$. U_3 измерять с помощью тестера.

7.3.5. Для 2-3-х значений U_3 по двум точкам снимите выходные характеристики $U_n = f(I_n)$.

7.3.6. По окончании опыта отключить тумблер SA2 и сетевой выключатель SA1.

7.4. Контрольные вопросы

1. Рассказать принцип действия тиристорного регулятора напряжения.
2. Рассказать принцип действия системы управления тиристорным регулятором напряжения.
3. С какой целью применяется гальваническая развязка силовых и управляющих цепей?
4. Для чего необходима синхронизация управляющих импульсов с сетевым напряжением?

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок / Министерство топлива и энергетики РФ – 6-е издание переработанное и дополн. – М.: Главэнергоиздат России, 1998.
2. Чунихин А.А. Электрические аппараты. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 648 с.
3. Таев И.С. Электрические аппараты управления. – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.
4. Родштейн Л.А. Электрические аппараты. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 304 с.
5. Усатенко С.Т., Каченюк Т.В., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД. Справочник. – М.: Из-во стандартов, 1992. – 318 с.
6. Елкин В.Д., Елкина Т.В. Электрические аппараты.– Мн.: Дизайн-ПРО, 2003.

**Веппер Леонид Владимирович
Логвин Владимир Васильевич
Поголяев Михаил Никифорович**

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

**Практикум
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-53 01 05
«Автоматизированные электроприводы»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 29.09.16.

Рег. № 99Е.
<http://www.gstu.by>