

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА  
ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА»

---

В. О. Тырва

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ  
АППАРАТЫ КОММУТАЦИИ И ЗАЩИТЫ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

*Рекомендовано Редакционно-издательским советом  
Государственного университета морского и речного флота  
имени адмирала С. О. Макарова*

Санкт-Петербург  
2013

УДК 621.3  
ББК 31.2

**Рецензент**

профессор кафедры электропривода и электрооборудования  
береговых установок, кандидат технических наук  
*А. В. Саушев*

**Тырва В. О.**

**Электромеханические и электронные аппараты коммутации и защиты электрических цепей:** учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013. — 26 с.

Учебно-методическое пособие содержит задания и сведения для выполнения лабораторных работ по исследованию электрических и электронных аппаратов коммутации и защиты электрических цепей. Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения по направлению 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электропривод и автоматика».

**УДК 621.3  
ББК 31.2**

© В. О. Тырва, 2013

© Государственный университет морского и речного  
флота имени адмирала С. О. Макарова, 2013

## Содержание

Общие положения .....	4
Лабораторная работа № 1 <b>Исследование коммутирующих аппаратов ручного управления, путевых и конечных выключателей</b> .....	
Лабораторная работа № 2 <b>Исследование силовых электромагнитных аппаратов</b> .....	12
Лабораторная работа № 3 <b>Исследование силовых электронных и гибридных аппаратов с тиристорными ключами</b> .....	16
Лабораторная работа № 4 <b>Исследование реле времени</b> .....	19
Лабораторная работа № 5 <b>Исследование аппаратов защиты</b> .....	22

ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова

## Общие положения

Аппараты коммутации и защиты электрических цепей производят замыкание и размыкание электрических цепей, реагируя таким образом на входные воздействия.

*Электромеханические аппараты* производят коммутацию электрических цепей при помощи коммутирующих контактов. В состав электромеханического аппарата входят следующие основные функциональные части: контактная система, приводное устройство и механическая передача.

Контактная система аппарата может состоять из одного или нескольких коммутирующих контактов. В ней могут быть предусмотрены специальные устройства для гашения электрической дуги, возникающей на коммутирующем контакте при размыкании контактом силовой электрической цепи. Необходимая для замыкания и размыкания коммутирующих контактов механическая энергия обеспечивается приводным устройством – механическим, как, например, у аппаратов ручного управления или электромеханическим, как, например, у электромагнитных аппаратов дистанционного управления. В любом из таких аппаратов необходимая для коммутации энергия передается коммутирующему контакту от приводного устройства с помощью механической передачи.

*Электронные аппараты* производят коммутацию электрических цепей при помощи электронных в большинстве случаев полупроводниковых ключей. В составе таких аппаратов выделяют две основные функциональные части: исполнительное устройство и устройство управления.

В исполнительное устройство могут входить один или несколько полупроводниковых ключей. В исполнительном устройстве могут быть предусмотрены снабберные цепи для защиты ключей в динамических режимах работы и другие функциональные узлы. Сигналы управления ключами формируются устройством управления, в составе которого могут

быть предусмотрены формирователи импульсов управления, регуляторы, устройства контроля и диагностики, а также другие функциональные устройства.

**Гибридные аппараты** в своем составе имеют компоненты электро-механических и электронных аппаратов. Например, гибридный контактор коммутирует силовые электрические цепи своими главными коммутирующими контактами и кроме них имеет электронные ключи, каждый из которых подсоединен параллельно своему главному контакту. При размыкании контакта электрический ток отводится с контакта в электронный ключ. Благодаря электронному ключу практически устраняется электрическая дуга на главном контакте аппарата.

**Целью лабораторных работ** является изучение устройства, принципа действия и технических характеристик электро-механических, электронных и гибридных аппаратов; проведение экспериментальных исследований, подтверждающих положения теории электрических аппаратов; приобретение навыков в построении электрических схем; закрепление знаний, полученных при изучении теоретических основ дисциплины «Электрические и электронные аппараты».

#### **Учебные пособия**

При подготовке к выполнению лабораторных работ и обосновании полученных результатов рекомендуется использовать следующие учебные пособия, на которые по тексту даются ссылки в прямоугольных скобках:

1. *Тырва В. О.* Электрические и электронные аппараты (Часть 1). Элементы и узлы электроаппаратов: учеб. пособие. — СПб.: ФГО ВПО СПГУВК, 2009. — 116 с.

2. *Тырва В. О.* Электрические и электронные аппараты. Часть 2. Аппараты электроприводов и распределительных устройств низкого напряжения: учеб. пособие. — СПб.: СПГУВК, 2010. — 191 с.

*До выполнения лабораторной работы* необходимо иметь четкие представления о назначении изучаемого аппарата, из каких основных функциональных частей он состоит и как работает, как он взаимодействует с другими элементами системы, как отображается аппарат и его части на электрической схеме в соответствии с ГОСТ РФ (см. [1] п. 1.1 – п. 1.3; см. [2] п. 1.1 – п. 1.4).

Выполнение лабораторной работы осуществляется в два этапа

Этап 1. По заданию преподавателя студент должен:

- ознакомиться с аппаратами, представленными на демонстрационном стенде по теме лабораторной работы;
- составить и заполнить для выделенных преподавателем аппаратов таблицу по форме

*Изучены следующие аппараты*

Наименование, тип аппарата	Назначение, выполняемая функция	Технические данные	Другие сведения
1.			
2.			
3.			

- построить структурную, функциональную или принципиальную схему аппарата по указанию преподавателя, выделив в аппарате основные функциональные части и проследив связи между этими частями аппарата (см. [1] п. 1.3);

- уяснить конструкцию и принцип действия отдельных функциональных частей и аппарата в целом, отобразить принцип работы аппарата с помощью характеристики управления (см. [1] стр. 6) в виде формул, графиков или таблиц замыканий согласно теоретическим представлениям;

- представить преподавателю полученные результаты в черновом виде для проверки.

**Этап 2.** На втором этапе выполнения лабораторной работы студент должен:

- разработать программу проведения исследований аппарата на стенде в соответствии с целью выполняемой лабораторной работы и заданием на проведение эксперимента, предварительно ознакомившись с оборудованием стенда и выбрав необходимое для проведения эксперимента приборы;

- составить электрическую схему соединений на стенде и представить ее преподавателю вместе с разработанной программой для проверки;

- собрать на стенде схему и получить от преподавателя разрешение на проведение эксперимента;

- провести эксперимент и записать результаты измерений параметров работы аппарата;

- представить преподавателю результаты (при необходимости в обработанном виде) для проверки;

- с разрешения преподавателя закончить исследование, разобрать схему соединений и привести стенд в исходное состояние.

**Отчет о лабораторной работе** каждый студент оформляет индивидуально. Содержание отчета включает:

- формулировку цели исследования;
- систематизированные результаты выполнения первого этапа лабораторной работы с таблицами, схемами, графиками;

- систематизированные результаты выполнения второго этапа работы с программой исследований, электрическими схемами, таблицами, графиками, результатами наблюдений и вычислений;

- выводы по работе.

## Лабораторная работа № 1

**Исследование коммутирующих аппаратов ручного управления,  
путевых и конечных выключателей**

**Введение**

Коммутирующие аппараты ручного управления (см. [2] п. 6.1, п. 6.3, п. 6.5) предназначены для включения, отключения и переключения электрических цепей. Они приводятся в действие мускульным усилием человека. Для этого в аппаратах ручного управления предусматривается орган управления (ОрУ) в виде кнопки, рукоятки, клавиши, пистолета или в ином исполнении. С помощью ОрУ и механической передачи (МП) аппарата мускульное усилие, прикладываемое к ОрУ, преобразуется в перемещение подвижных контактных узлов контактной системы (КС) аппарата (см. [1] п. 2.1, п. 2.2, п. 3.1, п. 3.2). В результате коммутирующие контакты одной группы замыкаются, другой группы - размыкаются. Те контакты аппарата, которые подключены к электрическим цепям (ЭЦ), производят коммутацию этих цепей.

Аналогичным образом работают электромеханические путевые и конечные выключатели (см. [2] п. 6.4). Их отличие состоит в том, что управляющее воздействие на ОрУ создается не человеком, а подвижной частью некоторого механизма.

Аппараты этого класса могут быть представлены структурной схемой (показанной на рис. 1.1 (см. [2] п. 6.1)).

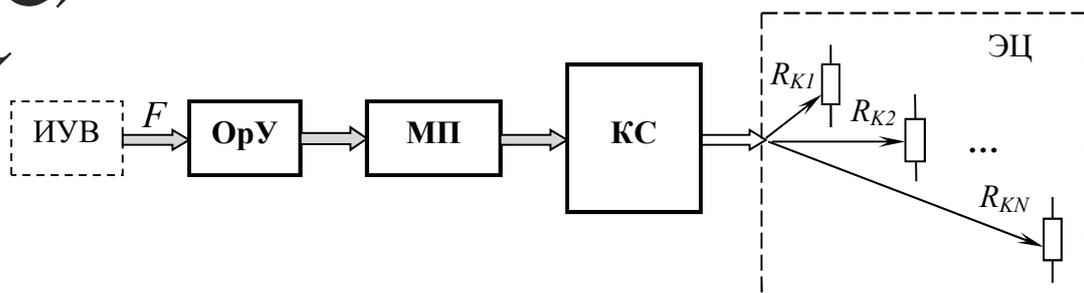


Рис. 1.1. Структура коммутирующего электромеханического аппарата

Усилие  $F$ , создаваемое *источником управляющего воздействия* ИУВ (человеком или механизмом), передается через  $OpU$  и механические передачи МП (см. [1] п. 3.2) в контактную систему КС, состоящую из  $N$  коммутирующих контактов. Замыкаясь и размыкаясь, контакты воздействуют на электрические цепи ЭЦ путем изменения сопротивлений  $R_{K1}, R_{K2}, \dots, R_{KN}$  в цепях (см. [1] п. 2.4).

Некоторые аппараты ручного управления, предназначены для непосредственного управления *силовыми цепями*. К ним относятся рубильники, пакетные выключатели и переключатели, контроллеры (см. [2] п. 6.5, п. 6.7). К аппаратам, предназначенным для управления *слаботочными цепями* (цепями управления), относятся так называемые командоаппараты – кнопки, ключи управления, командоконтроллеры, путевые и конечные выключатели (см. [2] п. 6.2, п. 6.3, п. 6.4).

Для некоторых аппаратов ручного управления, например, для переключателей, командоконтроллеров и контроллеров (см. [2] п. 6.3, п. 6.5), предусматривают несколько рабочих позиций  $OpU$ , каждой из которых соответствует определенная комбинация из замкнутых и разомкнутых контактов. Обычно обозначения позиций указывают на корпусе аппарата вблизи органа управления  $OpU$ . Для того чтобы узнать по положению  $OpU$  в каком состоянии (замкнутом или разомкнутом) находится каждый коммутирующий контакт аппарата, может быть использована электрическая схема аппарата или так называемая *таблица замыканий*. В качестве примера на рис. 1.2 приведена схема (рис. 1.2а) и таблица замыканий (рис. 1.2б) аппарата SA, коммутирующего четыре электрические цепи контактами SA1, SA2, SA3, SA4 при пяти позициях  $OpU$ : 0, 1, 2, 3, 4.

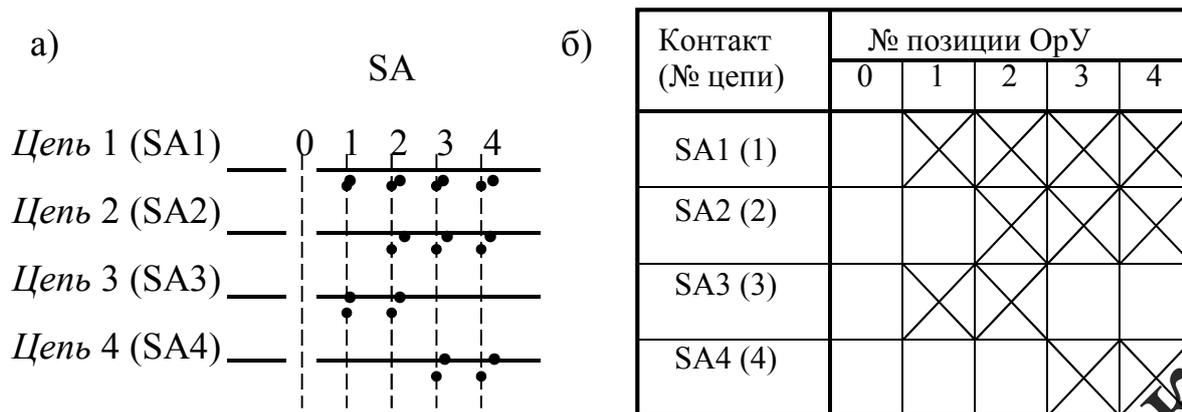


Рис. 1.2. Пример электрической схемы (а) и таблицы замыканий (б) аппарата с коммутирующими контактами

Точками на пунктирных линиях (рис. 1.2а) выделены цепи, замкнутые контактами аппарата SA в соответствующей позиции OpY. Точку ставят непосредственно под линией электрической цепи, которая замкнута контактом аппарата. Так в позиции 0 все контакты разомкнуты. В позиции 1 замкнуты контакты SA1, SA3 в цепи 1 и в цепи 3; остальные контакты разомкнуты. В позиции 2 замкнуты контакты SA1, SA2, SA3 в цепях 1, 2, 3; контакт SA4 разомкнут и т.д.

Таблица замыканий характеризует состояние выходов аппарата. Каждая строка таблицы отображает для указанного в ней контакта состояние этого контакта для различных положений OpY. Возможным позициям OpY соответствуют столбцы таблицы. В пересечении строки и столбца отмечают (обычно крестом) замкнутое состояние контакта ( $R_K \rightarrow 0$ ). Если в определенной позиции OpY контакт разомкнут ( $R_K \rightarrow \infty$ ), то соответствующую клетку оставляют пустой. На рис. 1.2б показана таблица замыканий для аппарата SA, представленного с помощью схемы на рис. 1.2а.

**Цель работы.** На конкретных примерах аппаратов, представленных на стенде, изучить технические реализации функциональных частей каждого аппарата и аппарата в целом, уяснить принцип действия аппарата и его применение в электроприводе.

**Задание.**

1) Выполнить первый этап работы в соответствии с общими положениями, приведенными в начале этого пособия.

2) Выполнить второй этап работы, используя командоконтроллер в качестве объекта исследования:

- составить и заполнить таблицу замыканий для командоконтроллера;

- составить на основе таблицы замыканий схему управления электродвигателем с помощью командоконтроллера, предусмотрев включение, отключение и изменение скорости вращения электродвигателя;

- собрать схему на стенде и испытать схему в действии.

Оформить отчет по результатам выполненной работы.

## Лабораторная работа № 2

## Исследование силовых электромагнитных аппаратов

**Введение**

Электромагнитный аппарат (ЭМА) получает управляющие воздействия по электрической цепи. Управляющее воздействие характеризуется электрическим напряжением ( $U$ ), электрическим током ( $I$ ) и мощностью ( $P=U \cdot I$ ). Сигнал управления аппаратом может быть передан на большое расстояние. Поэтому электромагнитные аппараты используют для дистанционного управления передачей энергии по электрическим и кинематическим цепям (см. [1] п. 1.1, п. 1.2). Реагируя на входной сигнал (см. [2] п. 1.3), ЭМА изменяет состояние своих коммутирующих контактов (см. [1] п. 2.1). Создаваемое контактом ЭМА сопротивление  $R_K$  в электрической цепи удовлетворяет условиям:  $R_K \rightarrow \infty$ , когда контакт разомкнут (энергия по ЭЦС не передается), и  $R_K \rightarrow 0$ , когда контакт замкнут (энергия по ЭЦС передается).

На рис. 2.1 представлена структурная схема системы дистанционного управления передачей энергии по силовой (трехфазной) электрической цепи ЭЦС с помощью электромагнитного аппарата ЭМА (контактора – см. [2] п. 2.1 – п. 2.4)

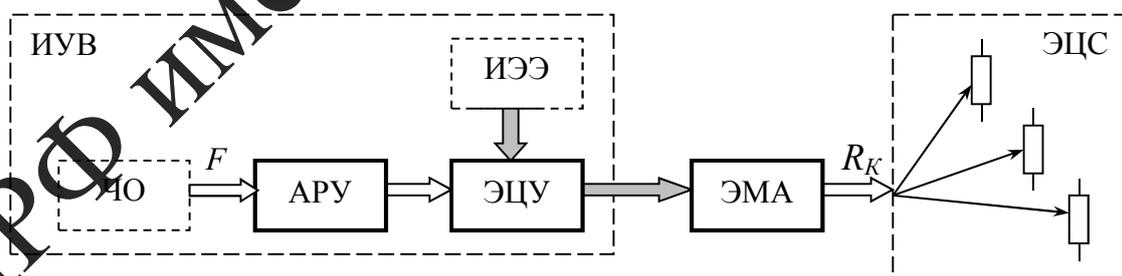


Рис. 2.1. Структурная схема системы дистанционного управления по командам от человека-оператора

В рассматриваемом случае человек-оператор ЧО с помощью аппарата ручного управления АРУ (см. [2] п. 6.1, п. 6.2) воздействует на электрическую цепь управления ЭЦУ. Она используется для передачи сигнала на

расстояние от АРУ до аппарата дистанционного управления ЭМА. Необходимую для управления аппаратом ЭМА энергию сигнала обеспечивает источник электрической энергии ИЭЭ (см. [1] п. 1.1). Дистанционно управляемый аппарат ЭМА по сигналу управления из ЭЦУ изменяет состояние своих коммутирующих контактов (закрывает или размыкает) в коммутируемой им электрической цепи ЭЦС, осуществляя тем самым управление передачей энергии по ЭЦС.

Система, состоящая из ЧО, АРУ, ИЭЭ, ЭЦУ (выделенная на рис. 2.1 пунктирной линией), является источником управляющего воздействия (ИУВ) для ЭМА.

Основные функциональные части электромагнитного контактора выделены на рис. 2.2.

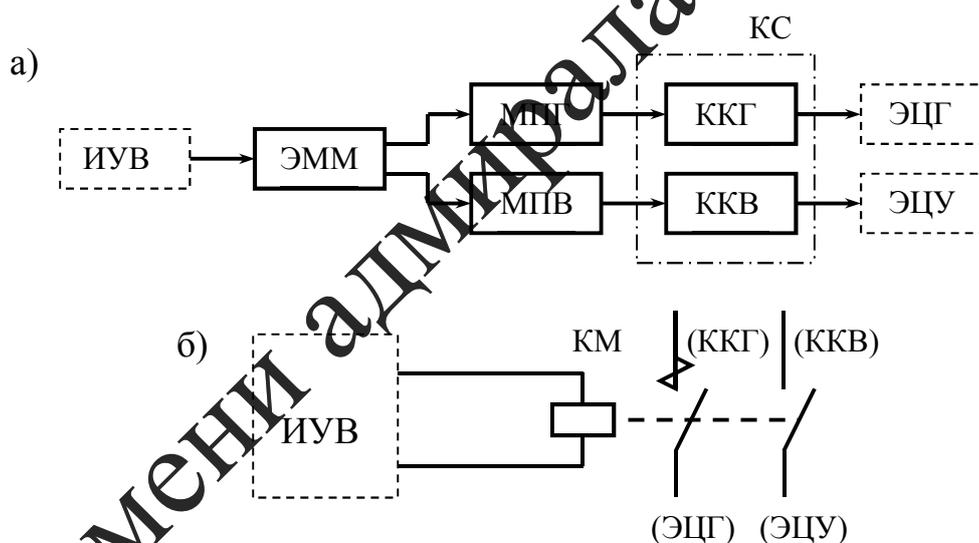


Рис. 2.2 Структурная схема (а) и условное графическое изображение (б) электромагнитного контактора с одним главным (ККГ) контактом и одним вспомогательным контактом (ККВ)

В состав контактора входят: контактная система КС (см.[1] п. 2.1), содержащая главные коммутирующие контакты ККГ и вспомогательные коммутирующие контакты ККВ; электромагнитный механизм ЭММ (см.[1] п. 4.1), который приводит в действие коммутирующие контакты – замыкает и размыкает их с помощью механических передач МПГ и МПВ (см.[1] п. 3.1, п. 3.2).

Главные контакты контактора (в количестве до 5) предназначены для коммутации силовых (главных) электрических цепей ЭЦГ, вспомогательные контакты (в количестве до 5) – для коммутации электрических цепей управления ЭЦУ, а также цепей сигнализации и электрической блокировки. Главные контакты выполняют пальцевыми (в контакторах с поворотным якорем) или мостиковыми (в контакторах с прямоходовыми ЭМП) (см.[1] п. 2.3). Главные контакты рассчитаны на токи до тысяч ампер при напряжении до 500 В. Для них предусматривают устройства гашения электрической дуги (см.[1] п. 2.5 – п. 2.8). Вспомогательные контакты (мостиковые и др. типов) рассчитаны на токи до 20 А. Мощность электрического сигнала управления контактором составляет от единиц до десятков ватт.

В электроприводе контакторы используют для включения и отключения электродвигателей. Допустимое количество коммутационных циклов для различных типов контакторов составляет до 1200 и даже более в час (см. [2] п. 1.3).

Систему дистанционного управления передачей механической энергии по кинематической цепи с помощью электромагнитного тормоза можно представить структурной схемой, подобной схеме на рис. 2.1. ЭМА в этом случае представляет собой конструктивное объединение электромагнитного привода (см.[1] п. 3.1) и механического тормоза (см. [2] п. 7.2).

*Цель работы.* На конкретных примерах аппаратов, представленных на стенде, изучить технические реализации функциональных частей каждого аппарата и аппарата в целом, уяснить принцип действия аппарата и его применение в электроприводе.

#### *Задание*

1) Выполнить первый этап работы в соответствии с общими положениями, приведенными в начале этого пособия. При изучении аппаратов установить отличительные особенности контакторов постоянного тока и контакторов переменного тока (см. [2] п. 2.3); определить основные пара-

метры коммутирующих контактов и построить характеристику управления подвижного контактного узла (см. [1] п. 2.2); объяснить влияние этих параметров на работу контактора (см. [1] п. 2.4, п. 2.5).

2) Выполнить второй этап работы, предусмотрев в программе исследований следующие пункты:

а) Экспериментально определить напряжения срабатывания и отпускания контактора переменного тока, проследить и объяснить характер изменения тока в цепи включающей катушки, рассчитать коэффициент возврата, построить характеристику управления контактора (см. [1] п. 4.4; [2] п. 2.1, п. 2.3).

Для выполнения этой части исследования необходимо:

- составить и собрать на стенде электрическую схему, в которой должно быть предусмотрена возможность плавного изменения напряжения на включающей катушке контактора от нуля до номинального значения и обратно до нуля;
- предусмотреть в схеме измерительные приборы для контроля напряжения и тока в цепи включающей катушки.

б) Исследовать влияние короткозамкнутого витка на работу контактора переменного тока (см. [1] п. 4.5).

Для выполнения этой части исследования необходимо на стенде сравнить работу двух однотипных контакторов, у одного из которых отсутствует короткозамкнутый виток.

в) Составить и собрать на стенде электрическую схему дистанционного управления электродвигателем, применив контактор (магнитный пускатель) и кнопочный пост управления (см. [2] п. 3.1, п. 3.2, п. 6.2). Реализовать аппаратно память системы управления и исследовать действие нулевой блокировки.

Оформить отчет по результатам выполненной работы.

## Лабораторная работа № 3

**Исследование силовых электронных и гибридных аппаратов  
с тиристорными ключами*****Введение***

Силовые электронные аппараты – бесконтактные коммутаторы силовых электрических цепей (см. [2] п. 2.5) являются статическими аппаратами (см. [1] п. 1.2). Тиристорный коммутатор управляет передачей электрической энергии по силовой цепи с помощью тиристорного ключа (см. [1] п. 6.4). В отличие от коммутирующего контакта тиристорный ключ осуществляет коммутацию электрической цепи без возникновения электрической дуги (см. [1] п. 2.5).

Это свойство тиристорного ключа используется также в гибридных аппаратах – гибридных контакторах (см. [2] п. 2.4). «Гибридным» называют контактор потому, что в нем конструктивно и функционально совмещены компоненты электромагнитного контактора (см. [2] п. 2.1) и электронного аппарата, называемого, при таком совмещении, полупроводниковой приставкой. Назначение полупроводниковой приставки – предотвращение разгорания электрической дуги на главном контакте контактора. При размыкании контакта электрический ток переходит с контакта в приставку и протекает в ней через тиристорный ключ, подключенный параллельно с контактом. Благодаря тиристорному ключу, который открывается на время размыкания контакта, электрическая дуга на контакте практически отсутствует.

Система дистанционного управления передачей энергии по силовой электрической цепи с применением гибридного контактора может быть представлена такой же структурной схемой, как на рис. 2.1 (лабораторная работа №2). Аналогичным образом может быть представлена структура

системы дистанционного управления с тиристорным коммутатором трехфазной цепи (ТКТЦ) – рис. 3.1.

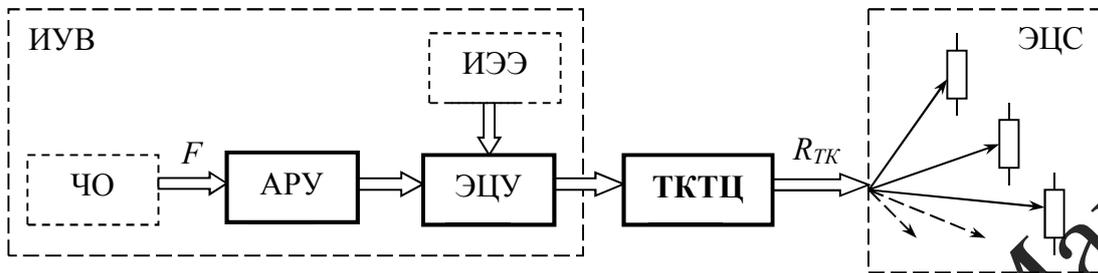


Рис. 3.1. Структурная схема системы дистанционного управления по командам от человека-оператора

Человек-оператор ЧО с помощью аппарата ручного управления АРУ (см. [2] п. 6.1, п. 6.2) воздействует на электрическую цепь управления ЭЦУ. Она используется для передачи сигнала на расстояние от АРУ до аппарата дистанционного управления – ТКТЦ (см. [2] п. 2.6). Необходимую для управления аппаратом ТКТЦ энергию сигнала обеспечивает источник электрической энергии ИЭЭ (см. [1] п. 1.1). Дистанционно управляемый аппарат ТКТЦ по сигналу управления из ЭЦУ изменяет состояние своих тиристорных ключей (включает или отключает) в коммутируемой им электрической цепи ЭЦС, осуществляя тем самым управление передачей энергии по ЭЦС путем изменения сопротивления  $R_{TK}$  ключей.

Система, состоящая из ЧО, АРУ, ИЭЭ, ЭЦУ (выделенная на рис. 3.1 пунктирной линией), является источником управляющего воздействия (ИУВ) для ТКТЦ. Мощность электрического сигнала управления тиристорным ключом составляет от единиц до десятков милливатт.

В электроприводе бесконтактные коммутаторы применяют для включения и отключения, а также и для реверсирования электродвигателей. При таком применении их называют *нереверсивными* или *реверсивными пускателями* (см. [2] п. 3.1, п. 3.3). Количество коммутационных циклов для тиристорных пускателей практически не ограничено.

**Цель работы.** На конкретных примерах аппаратов, представленных на стенде, изучить технические реализации функциональных частей каждого аппарата и аппарата в целом, уяснить принцип действия аппарата и его применение в электроприводе.

**Задание.**

1) Выполнить первый этап работы в соответствии с общими положениями, приведенными в начале этого пособия; уяснить работу тиристорного коммутатора нагрузки постоянного тока, реверсивного тиристорного пускателя и гибридного контактора по электрическим схемам, представленным преподавателем.

2) Выполнить второй этап работы:

- собрать на стенде схему системы управления электродвигателем постоянного тока с применением тиристорного коммутатора нагрузки постоянного тока; представить собранную схему преподавателю для проверки; испытать собранную схему в работе с отключающим конденсатором и без него;

- собрать на стенде схему системы управления трехфазным асинхронным двигателем с применением реверсивного тиристорного пускателя; представить собранную схему преподавателю для проверки; испытать собранную схему в работе;

- собрать на стенде схему системы дистанционного управления передачей энергии по силовой электрической цепи с применением гибридного контактора; представить собранную схему преподавателю для проверки; испытать собранную схему в работе;

- сделать выводы.

Оформить отчет по результатам выполненной работы.

## Лабораторная работа № 4

## Исследование реле времени

**Введение**

Реле времени (РВ) предназначено для коммутации электрической цепи управления (слаботочной цепи) с определенной выдержкой времени после поступления на вход реле управляющего сигнала из другой цепи управления (см. [2] п. 4.3). С помощью РВ сигнал с задержкой по времени передается из одной электрической цепи (ЭЦ1) в другую электрическую цепь (ЭЦ2) - рис. 4.1.



Рис. 4.1. Канал информационной связи электрических цепей ЭЦ1 и ЭЦ2 с помощью реле времени РВ.

Началом отсчета времени выдержки (задержки) служит скачкообразное изменение (увеличение или уменьшение) напряжения на входе реле, создаваемое обычно замыканием или размыканием цепи ЭЦ1 другим аппаратом. Выдержка продолжается до момента изменения положения (замыкания или размыкания) контакта реле на его выходе в цепи ЭЦ2 после поступления входного управляющего сигнала.

Представим состояние входа реле времени логической переменной  $x$ . Положим  $x=1$ , если подано на вход реле напряжение достаточное для срабатывания реле, и  $x=0$ , если напряжение на входе реле отсутствует. Выход реле также охарактеризуем логической переменной. Обозначим через  $y$  выходную логическую переменную:  $y=1$ , если коммутирующий контакт реле замкнут, и  $y=0$ , если контакт разомкнут. Создание выдержки времени при передаче сигнала от входа до выхода реле (из цепи ЭЦ1 в цепь ЭЦ2) можно представить с помощью временных диаграмм (рис. 4.2).

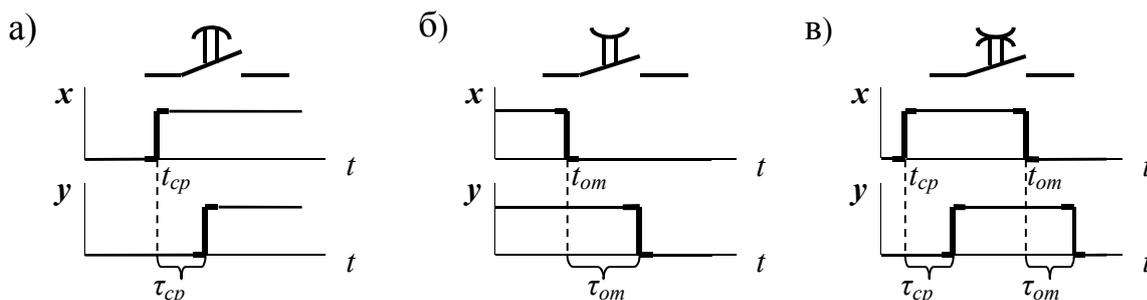


Рис. 4.2. Временные диаграммы, характеризующие действие реле времени: а) с выдержкой  $\tau_{cp}$  при срабатывании; б) с выдержкой  $\tau_{om}$  при отпускании; в) с выдержкой при срабатывании и при отпускании

Временные диаграммы выходов ( $y$ ) построены для замыкающего контакта реле времени. Входной управляющий сигнал и выходной сигнал реле времени показаны условно утолщенными линиями. Выдержки времени  $\tau_{cp}$  и  $\tau_{om}$  называют соответственно *выдержкой времени реле при срабатывании* (при включении) и *выдержкой времени реле при отпускании* (при отключении). Над диаграммами приведены соответствующие выдержкам  $\tau_{cp}$  и  $\tau_{om}$  условные обозначения замыкающего контакта на электрической схеме.

Величина выдержки времени реле зависит от способа ее получения. Исходя из этого, реле времени разделяют на реле, название которых указывает на способ получения выдержки времени: реле с анкерным механизмом, реле с электромагнитным замедлением, реле пневматическое, моторное реле и др. (см. [2] п. 4.3).

**Цель работы.** На конкретных примерах аппаратов, представленных на стенде, изучить технические реализации функциональных частей каждого аппарата и аппарата в целом, уяснить принцип действия аппарата и его применение в электроприводе, провести настройку реле на заданное время выдержки и определить время выдержки экспериментально.

#### Задание

1) Выполнить первый этап работы в соответствии с общими положениями, приведенными в начале этого пособия. При изучении реле времени

ознакомиться с технической реализацией различных способов создания выдержки времени. Построить структурные схемы реле, указанных преподавателем. Представить преподавателю отчет о выполнении первого этапа работы в черновом виде.

2) Выполнить второй этап работы:

- ознакомиться с оборудованием стенда;
  - выбрать на стенде, согласовав с преподавателем, два реле времени: одно с выдержкой времени при срабатывании, другое с выдержкой времени при отпускании;
  - разработать электрические схемы испытания каждого из выделенных реле времени с целью определения величины выдержки времени (использовать электронный секундомер, установленный на стенде);
  - представить электрические схемы преподавателю для проверки;
  - провести опыты с реле, создающим выдержку времени при срабатывании, при разных значениях (заданных преподавателем) уставки времени выдержки;
  - измерить по электронному секундомеру значение времени выдержки в каждом опыте и сравнить его с уставкой;
  - вычислить абсолютную и относительную погрешности времени выдержки реле;
  - построить в соответствии с рис. 3.1 временные диаграммы, характеризующие действие реле времени;
  - провести аналогичные опыты, измерения и построение временных диаграмм для реле времени, создающим выдержку времени при отпускании;
  - представить полученные результаты преподавателю для проверки.
- Оформить отчет по результатам выполненной работы.

## Лабораторная работа № 5

**Исследование аппаратов защиты****Введение**

В электроприводах и системах автоматики применяют аппараты защиты электрических цепей и приемников электрической энергии, а также обслуживающего персонала для отключения участка цепи, на котором возник ненормальный режим работы, в следующих случаях:

- возникновение сверхтока – электрического тока перегрузки или тока короткого замыкания;
- снижение электрического напряжения ниже допустимого значения;
- повышение электрического напряжения выше допустимого значения;
- появление недопустимого по величине тока утечки на землю и др. (см. [2] п. 5.1).

При выполнении функции защиты необходимо решать следующие задачи:

- 1) осуществлять контроль электрического параметра (тока, напряжения) в электрической цепи;
- 2) выработать команду на отключение участка цепи, если контролируемый параметр вышел за пределы области допустимых значений;
- 3) исполнить команду, отключив участок цепи, на котором возник ненормальный режим работы.

Для решения этих задач могут использоваться несколько электроаппаратов, например, три, если каждый аппарат реализует решение только одной из перечисленных задач и в совокупности они выполняют функцию защиты. Может использоваться один аппарат, но тогда он должен решать все три задачи.

На рис. 5.1 приведены схемы реализации функции автоматической защиты: с одним аппаратом (рис. 5.1а), с двумя аппаратами (рис. 5.1б) и с тремя аппаратами (рис. 5.1в).

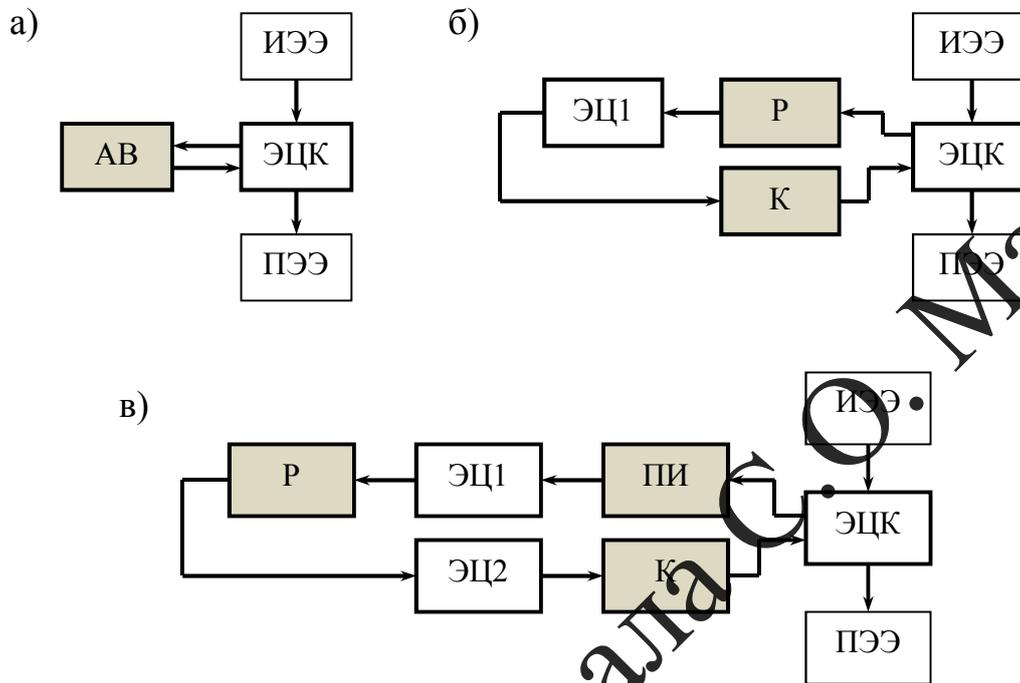


Рис. 5.1. Структурные схемы узлов автоматической защиты

Источником информации для аппарата защиты служит канал передачи энергии от источника электрической энергии (ИЭЭ) до приемника электрической энергии (ПЭЭ) по коммутируемой аппаратом электрической цепи (ЭЦК). Контролируемый параметр цепи ЭЦК – ток или /и напряжение.

В схеме на рис. 5.1а аппаратом защиты является *автоматический выключатель* (АВ) или *предохранитель* с плавкой вставкой.

Автоматический выключатель (см. [2] п. 5.4), называемый также *автоматом*, выполняет функцию защиты, разрывая своими контактами ЭЦК при автоматическом отключении сверхтоком. Предохранитель (см. [2] п. 5.6) разрывает ЭЦК своей плавкой вставкой, разрушаемой сверхтоком.

Для схем на рис. 5.1б и рис. 5.1в аппаратом защиты обычно называют реле Р тока или напряжения (см. [2] п. 5.2), применяемое сов-

местно с контактором К. Для защиты двигателей электроприводов от перегрузки применяются *электротепловые реле* (см. [2] п. 5.3). Функции контроля параметров ЭЦК и гальванической развязки цепи управления ЭЦ1 и силовой ЭЦК может выполнять (на рис. 5.1в) *измерительный преобразователь* ПИ, например, трансформатор тока или трансформатор напряжения.

**Цель работы.** На конкретных примерах аппаратов, представленных на стенде, изучить технические реализации функциональных частей каждого аппарата и аппарата в целом, уяснить принцип действия аппарата и его применение для защиты электрических цепей и электроустановок.

#### **Задание**

1) Выполнить первый этап работы в соответствии с общими положениями, приведенными в начале этого пособия. При изучении аппаратов защиты необходимо представить вид времятоковой (защитной) характеристики изучаемого аппарата. Построить структурные схемы аппаратов, указанных преподавателем. Представить преподавателю отчет о выполнении первого этапа работы в черновом виде.

2) Выполнить второй этап работы:

- ознакомиться с оборудованием стенда, с электрической схемой установки (на стенде);
- собрать на стенде схему для исследования плавкого предохранителя с целью получения времятоковой характеристики;
- провести опыты, задавая разные значения тока, протекающего по плавкой вставке предохранителя, и фиксируя по электронному секундомеру время перегорания плавкой вставки для каждого значения тока;
- свести результаты опытов в табл. 5.1

Таблица 5.1

Ток плавкой вставки, А	75	70	65	60	50	40	и т.д.
Время перегорания плавкой вставки, с							

- по данным табл. 5.1 построить времятоковую характеристику плавкой вставки;
- представить полученные результаты преподавателю для проверки.
- собрать на стенде схему для исследования автоматического воздушного выключателя с целью получения времятоковой характеристики;
- провести опыты, задавая разные значения тока и фиксируя по электронному секундомеру время срабатывания автомата (между опытами делать перерывы для остывания биметаллического расцепителя);
- свести результаты опытов в табл. 5.2;

Таблица 5.2

Ток в контролируемой цепи, А	75	70	65	60	55	50	и т.д.
Время срабатывания автомата, с							

- по данным табл. 5.2 построить времятоковую характеристику автомата;
  - представить полученные результаты преподавателю для проверки.
- Оформить отчет по результатам выполненной работы.

Учебное издание

*Тырва Владимир Оскарович*

**ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ  
АППАРАТЫ КОММУТАЦИИ И ЗАЩИТЫ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ**

*Учебно-методическое пособие  
по выполнению лабораторных работ по курсу  
«Электрические и электронные аппараты»*

---

Подписано в печать с оригинал-макета автора 30.12.13

Сдано в производство 30.12.13

Формат 60×84 1/16

Усл.-печ. л. 1,51.

Уч.-изд. л. 1,3.

Тираж 70 экз.

Заказ № 162

---

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова  
198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7

Отпечатано в типографии ФГБОУ ВПО ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова  
198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2