

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Морской институт
Кафедра «Судовое электрооборудование»**

С.А. Конева, Е.Н. Ходак

СУДОВЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным работам
студентов специальности
26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования
и средств автоматики**

Часть II

Севастополь
СевГУ
2020

УДК 621.3(07)
ББК 31.2
К 71

Р е ц е н з е н т:
Ю.В. Матвеев - к.т.н., доцент кафедры СЭО

Конева С.А.

К 71 Судовые автоматизированные электроэнергетические системы: методические указания к лабораторным работам. Ч. II / С.А. Конева, Е.Н. Ходак. - Севастополь: СевГУ, 2020. – 24 с.

Представлены методические указания и рекомендации, обеспечивающие выполнение лабораторных работ студентов, изучающих учебную дисциплину **«Судовые автоматизированные электроэнергетические системы»**.

Методические указания предназначены для студентов Севастопольского государственного университета, Морского института, специальности **26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики**.

УДК 621.3(07)
ББК 31.2

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Судовое электрооборудование» Морского института Севастопольского государственного университета в качестве методических указаний к лабораторным работам по дисциплине **«Судовые автоматизированные электроэнергетические системы»** для студентов специальности **26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики**, протокол № 8 от 28.05.2019 г..

© Конева С.А., Ходак Е.Н. 2020
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа № 1.	5
Испытание судовых предохранителей	
Лабораторная работа № 2.	9
Испытание судовых автоматических выключателей	
Лабораторная работа № 3.	14
Исследование реле времени	
Лабораторная работа № 4.	18
Исследование реле защиты	
Библиографический список	23

ВВЕДЕНИЕ

Методическое указание предназначено в качестве учебного пособия для выполнения лабораторных работ по курсу «Судовые автоматизированные электроэнергетические системы».

Выполнение лабораторных работ направлено на формирование у студента профессиональных компетенций, обеспечивающих выпускнику осуществлять профессиональную деятельность в соответствии с ФГОС ВО с учетом требований Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года (**Конвенции ПДНВ**).

Целью лабораторных работ является изучение устройств и элементов защитной и коммутационной аппаратуры.

Выполнение лабораторных работ должно закрепить знания, полученные при изучении теоретического курса, развить навыки экспериментального исследования, дать представления о методах наладки и эксплуатации элементов оборудования судовой электростанции

Лабораторные работы выполняются бригадой студентов не более 3-4 человек. До выполнения лабораторных работ проводится контрольная проверка подготовки студентов с использованием технических средств обучения. Задание на лабораторную работу включает, помимо вопросов, входящих в обязательную программу, вопросы, связанные с проведением самостоятельного исследования отдельных режимов работы электрооборудования СЭС. По окончании каждой лабораторной работы оформляется отчет в виде протокола, в котором должно быть отражено следующее:

1. Основные технические данные используемого электрооборудования и измерительных приборов.
2. Принципиальные схемы, по которым проводились исследования.
3. Результаты исследования (графики, таблицы исследований и т.п.) и анализ полученных результатов.
4. Расчеты отдельных режимов и сопоставление их с результатами испытаний.
5. Общие выводы по лабораторной работе.
6. Библиографический список.

Защита лабораторных работ производится бригадой, выполнявшей работы, с индивидуальным опросом каждого студента.

До начала выполнения лабораторных работ, каждый студент обязан пройти инструктаж по технике безопасности с учетом особенностей электрооборудования лаборатории судовых электроэнергетических систем.

Лабораторная работа № 1

ИСПЫТАНИЕ СУДОВЫХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

1. Цель работы

Целью лабораторной работы является ознакомление с устройством предохранителей типа ПР-2, ПДС и экспериментальное определение токовых характеристик плавких предохранителей.

2. Теоретическая часть

Плавкие предохранители в судовых электроэнергетических системах обычно применяются для защиты электрических цепей от длительных перегрузок и токов короткого замыкания. Судовые предохранители просты по устройству, малогабаритны и обладают относительно большой отключающей способностью. Однако нестабильность токовых характеристик предохранителей ограничивает область их применения. В настоящее время, как правило, применяются следующие серии судовых предохранителей:

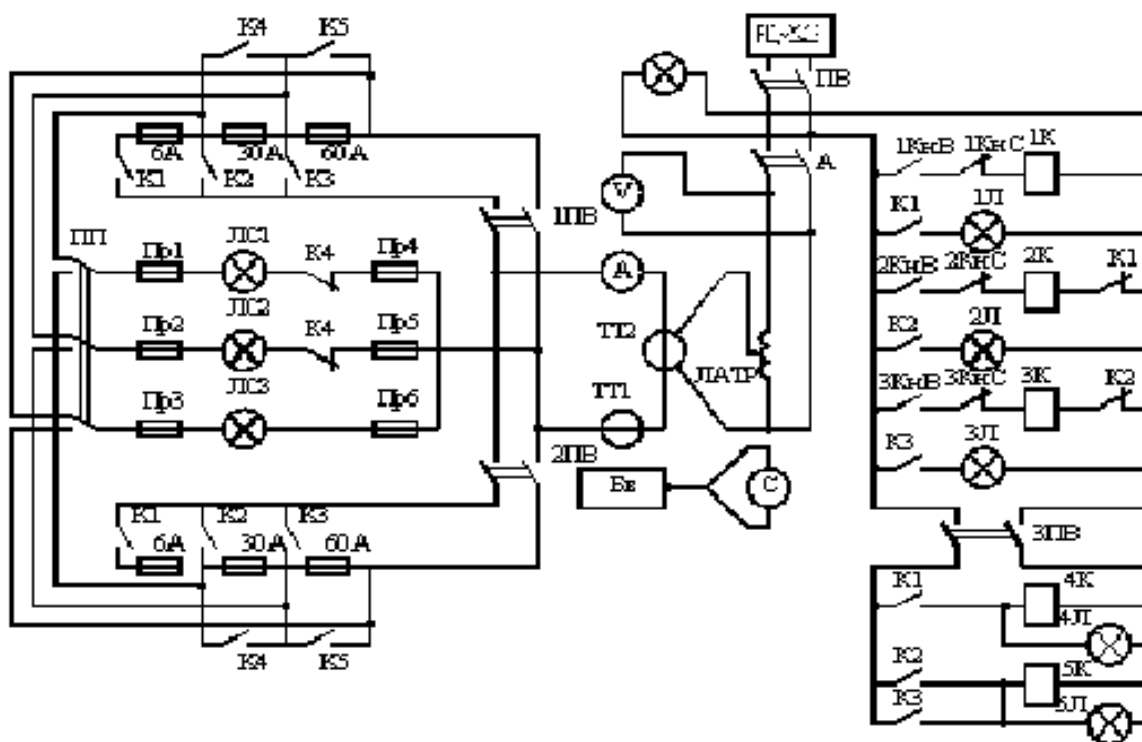
- серия ПР-2- трубчатые предохранители без наполнителя. Они изготавливаются на токи от 15 до 1000 А, а плавкие вставки от 6 до 1000 А. ПР-2 предназначены для установки в сетях постоянного тока напряжением до 350 В и в сетях переменного тока напряжением до 500 В.

- серия ПН-2 - предохранители с закрытым патроном и наполнителем, рассчитанным на токи 100, 250, 400, 600 А. Выпускаются на напряжения постоянного тока до 440В и переменного тока - до 500 В.

- серия ПД, ПДС – пробочные предохранители, предназначены для защиты цепей постоянного тока напряжением до 350 В и переменного тока до 380 В выпускаются на токи от 6 до 600 А.

На рисунке 1.1 представлена схема испытания судовых предохранителей, включающая силовую цепь и цепь управления. Силовая цепь обеспечивает требуемые значения токов при исследовании предохранителей и содержит блок источника тока, выполненного на базе трансформатора тока ТА, работающего в режиме источника тока и ручного регулятора напряжения ЛАТР, пакетные выключатели 1ПБ и 2ПБ, силовые контакторы К1-К5. Ток в цепи фиксируется амперметром со шкалой от 0 до 100 А, включенным через измерительный трансформатор тока, а о наличии напряжения на стенде свидетельствует свечение лампы Ст-7. Посредством кнопок 1КнВ - 3КнВ в цепи управления, осуществляется набор соответствующей схемы испытания. Напряжение подается автоматическим выключателем А. Набранный вариант исследования, отражается на мнемосхеме сигнальными лампами Л1-Л5.

- 1) Ознакомление с устройством предохранителей типа ПР-2, ПДС и испытательной установкой.
- 2) Экспериментальное определение токовременных характеристик плавких предохранителей.
- 3) Проверка селективной работы предохранителей.
- 4) Обработка результатов испытаний.



4. Порядок выполнения работы

- 1) Ознакомиться с установкой и работой ее основных элементов. Изучить конструкцию испытываемых предохранителей.
- 2) Снять токовременную характеристику предохранителей ПР-2, для чего:
 - а) подготовить установку к работе, для этого:

- установить 3ПВ и 2ПВ в положение "ВКЛ";
- 1ПВ - "ОТКЛ.", переключатель ПП – в положение "ПР";
- рукоятку регулятора напряжения установить в крайнее левое положение ($U_{\text{вых}}=0$) и включить автомат А.

б) включить кнопку 1КнВ "Пуск" (на мнемосхеме горят лампы Л1, Л4, Л5), цепь замкнута через предохранитель первой величины.

Рукояткой регулятора напряжения установить необходимое значение тока от 100 % до 200 % и определить время сгорания плавкой вставки для каждого тока. После каждого сгорания плавкой вставки, схема приводится в исходное положение кнопкой 1КнВ ("Стоп") и обесточивается выключателем автомата А.

После этого осуществляется замена плавкой вставки.

в) нажатием кнопки 2КнВ "Пуск" (на мнемосхеме горят лампы Л2, Л5), исследуется предохранитель ПР-2 второй величины. Аналогично пункту 2б производится установка тока и замер времени срабатывания предохранителя. Кнопкой 2КнС "Стоп" схема приводится в исходное положение;

г) включением кнопки 3КнВ "Пуск" (на мнемосхеме горит лампа Л3), цепь замыкается через предохранитель третьей величины. Рукояткой ЛАТР установить нужные значения тока в цепи и определить время сгорания плавкой вставки. Нажатием на кнопку 3КнС "Стоп" схема приводится в исходное состояние.

Результаты исследования по выполнению пунктов 2б, 2в, 2г заносятся в таблицу 1.

3) Для проверки селективной работы предохранителей ПР-2 трех величин, схема подготавливается к работе согласно пункту 2а за исключением выключателя 3ПВ, который устанавливается в положение "Откл.". Включением кнопки 1КнВ "Пуск" (на мнемосхеме горит лампа Л1), цепь замкнута через предохранители I, II, III величин. Устанавливается необходимый ток и фиксируется, какой предохранитель сгорает и его время срабатывания.

4) Исследование токовременных характеристик предохранителей типа ПДС трех величин осуществляется в том же порядке, как и для предохранителей ПР-2 в соответствии с пунктом 2, только в этом случае, выключатель 2ПВ – отключен, 1ПВ – включен. Результаты заносятся в таблицу 1.

5) Проверка селективной работы предохранителей ПДС трех величин осуществляется согласно пункту 3.

Внимание – Замена плавких вставок осуществляется только при выключенном положении автомата А. После сгорания плавкой вставки, рукоятка регулятора напряжения ЛАТР выводится влево до упора.

5. Обработка результатов испытаний

Результаты испытаний приводятся в отчете, который должен содержать:

1. Принципиальную схему испытания предохранителей.
2. Параметры испытываемых аппаратов.
3. Данные опытов и построенные по ним токовременные характеристики предохранителей (табл. 1).
4. Выводы по результатам испытаний.

6. Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы судовых предохранителей.
2. Как правильно выбирается плавкая вставка предохранителя.
3. Что показывает времятоковая характеристика предохранителя.
4. Из каких материалов изготавливаются плавкие вставки предохранителей.
5. В каких случаях предпочтительно устанавливать предохранители вместо автоматических выключателей?

Таблица 1

Результаты исследований предохранителей

Тип предохранителя	Величина предохранителя	Ток ПВ, А	Параметры	Нагрузка в %			
				100	150	175	200
ПР- 2	1		I, А				
			t,с				
	2		I, А				
			t,с				
	3		I, А				
ПДС			t,с				
	1		I, А				
			t,с				
	2		I, А				
			t,с				
	3		I, А				
			t,с				

Лабораторная работа № 2

ИСПЫТАНИЕ СУДОВЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

1. Цель работы

Ознакомиться с устройством судовых автоматических выключателей, экспериментально определить токовременные характеристики и проверить селективную работу установочных автоматов А-3100Р и АК-50.

2. Теоретическая часть

Судовые автоматические выключатели (автоматы) – это защитно-коммутационные электрические аппараты с большой коммутационной способностью, предназначенные для нечастых коммутаций электрических цепей в нормальных режимах работы и их автоматического отключения в аномальных режимах: перегрузки, короткие замыкания, провалы напряжений.

По характеру выполняемой защиты, автоматические выключатели делятся на максимальные автоматы, минимальные автоматы, автоматы обратного тока.

Первые осуществляют защиту от максимального тока, вторые – от пониженного напряжения, третьи – от обратного тока (обратной мощности). Для выполнения этих функций в автоматы встраивают реле, которые обычно называют расцепителями. В ряде случаев реле устанавливают вне автоматов.

На рисунке 2.1 представлены схемы устройств и токовременные характеристики максимальных автоматов, применяемых в настоящее время. На рисунке 2.1.а приведена схема автомата с максимальным расцепителем без выдержки времени и его токовременная характеристика. Принцип действия автомата в следующем.

При достижении током максимально допустимой величины, электромагнит 1, преодолевая усилие пружины 2, притягивает якорь 3. Последний, поворачиваясь на оси 4, освобождает рычаг 5, и автомат под действием пружины 6, размыкая свои контакты, отключается. Минимальный ток, при котором расцепитель срабатывает, называется током срабатывания $I_{ср}$. Изменяя натяжение пружины 2, регулируют величину тока срабатывания.

При токах $I=I_{ср}$, время срабатывания автомата практически неизменно и, в зависимости от типа автомата, составляет 0,02-0,25 с. В автоматах с замедлителем, время срабатывания может увеличиться. Характеристика автомата показывает, что с изменением тока в расцепителе, время сраба-

тивания автомата остается неизменным. Такую характеристику автоматического выключателя принято называть независимой.

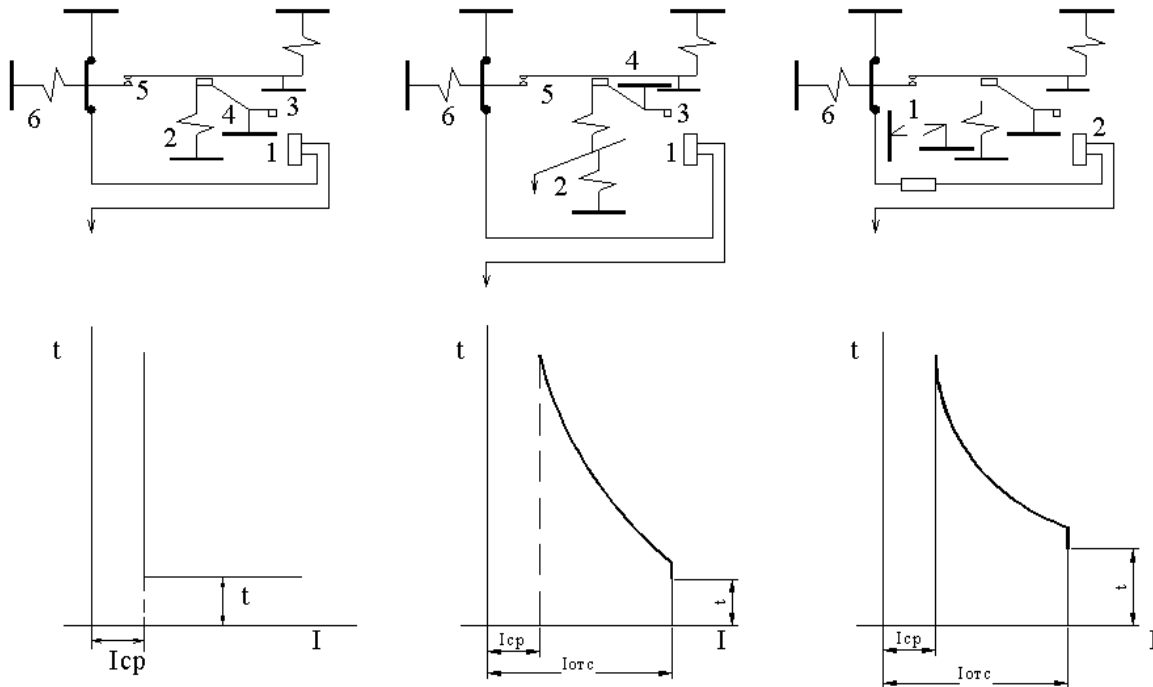


Рис. 2. 1 – Схемы устройства и характеристики автоматических выключателей

На рисунке 2.1.б представлены схема устройства и характеристика максимального автомата с ограниченно-зависимой характеристикой. Работает автомат следующим образом. Когда ток в цепи превысит ток срабатывания электромагнита 1, якорь 3 расцепителя начинает поворачиваться на оси 4, и усилие через пружину 5, исполняющую роль жесткой связи, передается пружине 2 и механизму реле времени РВ. В качестве последнего, используют часовой механизм, а иногда гидравлический замедлитель. Чем больше ток в обмотке электромагнита, тем больше его электромагнитная сила и тем быстрее срабатывает автомат. Начиная с момента, когда $I = I_{OTC}$ и $I_{OTC} > I_{CP}$, пружина 5, растягиваясь, позволяет якорю расцепителя сбросить защелку автомата еще до того, как растянется пружина 2 и сработает реле времени.

Часть характеристики автомата, зависящая от тока, используется для защиты элементов цепи от токов перегрузки, а независимая часть характеристики – от токов короткого замыкания. Величину I_{CP} регулируют натяжением пружины 2, ток отсечки автомата I_{OTC} регулируют натяжением пружины 5.

На рисунке 2.1, в изображены схемы устройства и характеристика автомата с комбинированными расцепителями - тепловым 1 и электромагнитным 2. При токах нагрузки в пределах от $I_{\text{ср.}}$ до $I_{\text{отс.}}$ работает только тепловой расцепитель. Электромагнитный расцепитель начинает работать при $I = I_{\text{отс.}}$, при этом он срабатывает быстрее теплового расцепителя. При $I > I_{\text{отс.}}$, время срабатывания автоматов практически не зависит от величины тока. Автоматы, устанавливаемые на судовых распределительных устройствах, делятся на установочные, универсальные и, разновидность последних, селективные.

В настоящее время на судах применяются установочные автоматы серий А-3100Р и АК-50. Первые выполняются с электромагнитным максимальным расцепителем или с комбинированным (электромагнитный и тепловой), вторые – только с электромагнитным расцепителем максимального тока.

Автоматы серии А-3100Р изготавливаются на токи от 15 до 600А при напряжении 320В постоянного тока и 400В переменного тока. Коммутационная способность $I_y = 4-5$ кА, а время срабатывания $t = 0,01...0,04$ с. А-3100Р могут выпускаться и без расцепителя, что отмечается цифрой 7Р в знаменателе обозначения.

Автоматы серии АК-50 изготавливаются на токи 50А, а расцепители от 0,6 до 50А. С гидравлическим замедлителем типа АК-50-2МГ, АК-50-3МГ и без замедлителя АК-50-2М, АК-50-3М. Время срабатывания $t = 0,02...0,04$ с.

Установочные автоматы имеют ручное управление со свободным расцепителем, моментным замыканием и размыканием контактов.

Селективные автоматы выпускаются в основном следующих серий:

а) АМ – на токи 800, 1500, 2500, 3000 и 3500 А с расцепителями на токи от 130 до 5500 А. Время срабатывания $t = 0,18, 0,38, 0,63, 1,0$ с обеспечивается анкерным механизмом, коммутационная способность которого на постоянном токе $I_y = 50 - 80$ кА и на переменном токе $I_y = 30 - 20$ кА;

б) серии АВ – на токи от 400 до 2000А, а расцепители на токи от 100 до 2000А; время срабатывания $t = 0,25; 0,4$ или $0,4; 0,6$ с;

в) серии А-3500, А-3600 и А-3700 с полупроводниковыми расцепителями различных параметров.

Схема испытания автоматов представлена на рисунке 2.2. Блок источника тока позволяет плавно регулировать ток нагрузки в заданном диапазоне.

Набор схемы испытания автоматов А1-А4 производится при помощи пакетных выключателей 1ПВ-8ПВ. Измерение тока нагрузки и установка его величины выполняется с помощью амперметра, включенного через трансформатор тока. Блок времени БВ, в комплекте с электрическим се-

кундомером, служит для отсчета времени прохождения тока нагрузки через автомат.

3. Программа работы

1. Ознакомление с устройством установочных автоматов и испытательной установкой.
2. Экспериментальное определение токовременных характеристик установочных автоматов с комбинированным расцепителем типа А-3100Р и мгновенного действия типа АК-50.
3. Проверка селективной работы автоматов.
4. Обработка результатов оформления отчета.

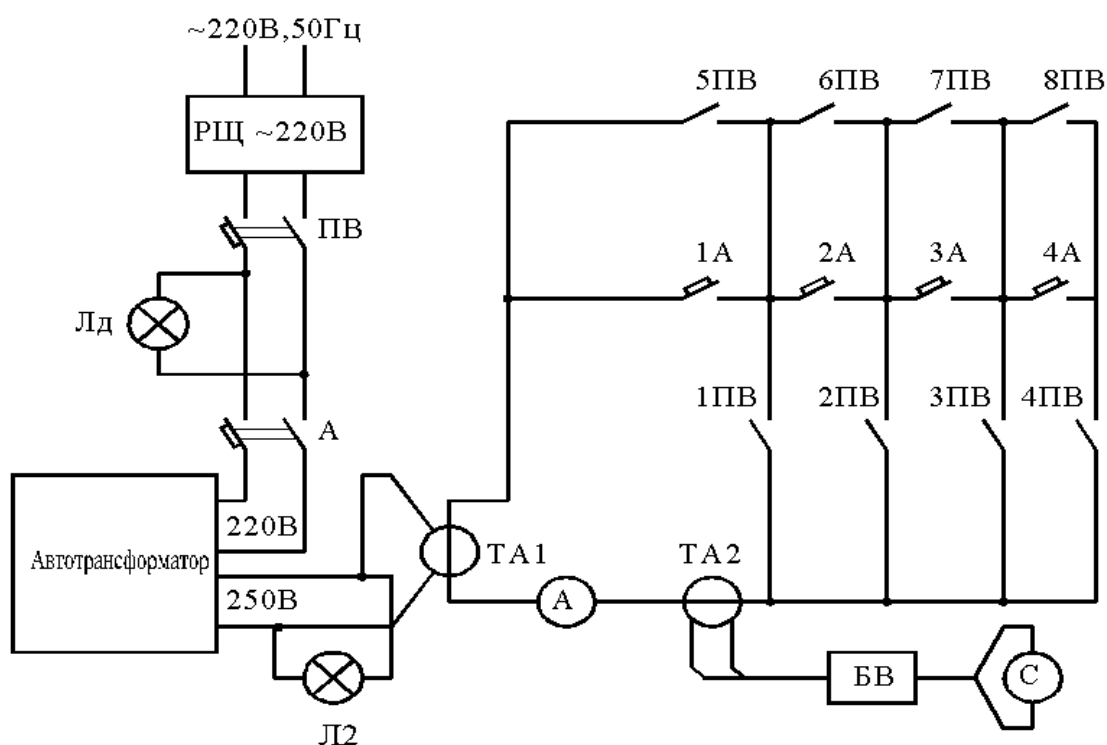


Рис. 2.2 – Схема испытания автоматических выключателей

4. Порядок выполнения работы

- 1) Ознакомиться с испытательной установкой и работой основных ее элементов. Изучить конструкцию установочных автоматов.
- 2) Снять токовременные характеристики автоматов. При испытании автомата АК-50 изменять ток в цепи от I_H до I_{CP} , а при испытании автомата А-3100Р с комбинированным расцепителем – от 1 до $10I_H$ (номинального тока уставки теплового расцепителя), чтобы охватить зону срабатывания электромагнитного расцепителя.

Опыт повторить несколько раз, с целью определения разброса характеристик автомата.

Примечание - После каждого сбрасывания автомата, необходимо в течение 10 – 15 минут охлаждать тепловой расцепитель.

3) Проверяется селективность работы между различными установочными автоматами, путем установки тока срабатывания на соответствующих участках цепи испытания. Токи срабатывания и время срабатывания автоматов фиксируются.

5. Обработка результатов испытаний

Обработка результатов испытаний приводится в отчете, который должен содержать:

1. Принципиальную схему испытаний установочных автоматов.
2. Параметры испытываемых автоматов.
3. Данные опытов и построенные по ним токовременные характеристики автоматов.
4. Выводы по результатам испытаний.

6. Контрольные вопросы

1. Каково назначение теплового расцепителя.
2. Назначение минимального автоматического выключателя.
3. Каково назначение максимального автомата.
4. Для чего служит механизм свободного расцепления.
5. как определяется «ток отсечки» автомата.
6. Что такое селективность.

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

1. Цель работы

Ознакомление с устройством и принципом действия электромагнитных реле времени постоянного и переменного тока, пневматического и программного реле.

2. Теоретическая часть

В качестве реле времени в СЭЭС, в частности, в автоматизированных системах, широко применяются электромагнитные реле различных конструкций. Эти реле работают автономно или в комплекте с другими аппаратами, а иногда они в них встроены. Основная функция этих реле - создание выдержки времени срабатывания и отпуска.

Выдержка времени в электромагнитных реле может быть обусловлена индуктивностью катушки или применением медной демпферной гильзы, надетой на сердечник. В первом случае, основной магнитный поток поддерживается магнитным потоком самоиндукции, так как катушка в этом случае отключается от сети и замыкается накоротко.

При срабатывании реле (т.е. отключении катушки от питающей сети), в демпферной гильзе наводятся вихревые токи, которые своим магнитным потоком препятствуют исчезновению основного магнитного потока катушки, чем и достигается выдержка времени.

Время срабатывания реле, регулируют с помощью магнитной прокладки между сердечником и якорем, а также пружиной. Оно зависит от степени нагрева катушки и колебаний напряжения сети.

В реле с механическим замедлением (с выдержкой времени порядка 15-20 с), в качестве замедляющего (демпфирующего) органа, широко применяется анкерный механизм, пневматический, гидравлический и магнитный замедлители.

Для создания больших выдержек времени (до десятка минут), в качестве промежуточного механизма используется небольшой двигатель постоянного или переменного тока с соответствующей редукцией. Время срабатывания электромагнитного реле состоит из двух составляющих — времени трогания, обусловленного нарастанием потока (тока), и времени движения якоря реле. Первое, определяется как время, прошедшее с момента подачи напряжения на обмотку реле и момента начала движения якоря до его остановки. Время отпускания электромагнитного реле постоянного тока, состоит также из двух слагающих: времени спада потока и времени движения якоря.

В работе исследуются электромагнитные реле времени постоянного тока с магнитным демпфированием типа РЭ-583 и РЭМ-225, реле времени с часовым механизмом и приводным электромагнитом переменного тока типа ЭВ-225, пневматическое реле типа РВП-2 с втягивающим электромагнитом переменного тока. Проверяется работа программного реле типа ВС-26-31.

Для реле РЭ-583 и РЭМ-225, с целью изменения выдержки времени производится:

а) плавная регулировка, которая осуществляется изменением величины сжатия отключающей пружины в пределах, указанных заводом-изготовителем;

б) ступенчатая регулировка, которая производится изменением толщины немагнитной (латунной) прокладки (0,05–0,5 мм). Регулировка выдержки времени пневматического реле РВП-2, как правило, осуществляется изменением отверстия в диафрагме камеры с помощью специальной иглы. Настройку реле можно производить путем изменения величины сжатия отключающей пружины.

Схема стенда (рисунок 3.1) включает в себя исследуемые реле, сигнальные лампы 1Л–4Л, автоматы 1А–2А, универсальные переключатели 1УП–2УП, служащие для набора необходимой схемы исследования, секундомер С, сигнальное табло переменного тока и вольтметр постоянного тока для, контроля напряжения.

3. Программа работы

1. Ознакомление с устройством реле и элементами стенда.
2. Исследование работы электромагнитных реле времени постоянного тока и определение их параметров.
3. Исследование работы пневматического реле времени и определение его параметров.
4. Исследование работы электромагнитного реле времени переменного тока и определение его параметров.
5. Проверка работы программного реле.
6. Обработка результатов исследования и оформление отчета.

4. Порядок выполнения работы

- 1) Ознакомиться со стендом, его схемой и компоновкой, изучить конструкцию исследуемых реле.
- 2) Исследование реле РЭ-583:
 - а) определить время срабатывания реле $t_{\text{ср}}$ в зависимости от натяга противодействующей пружины $F_{\text{пр}}$ (тяг пружины изменяется путем

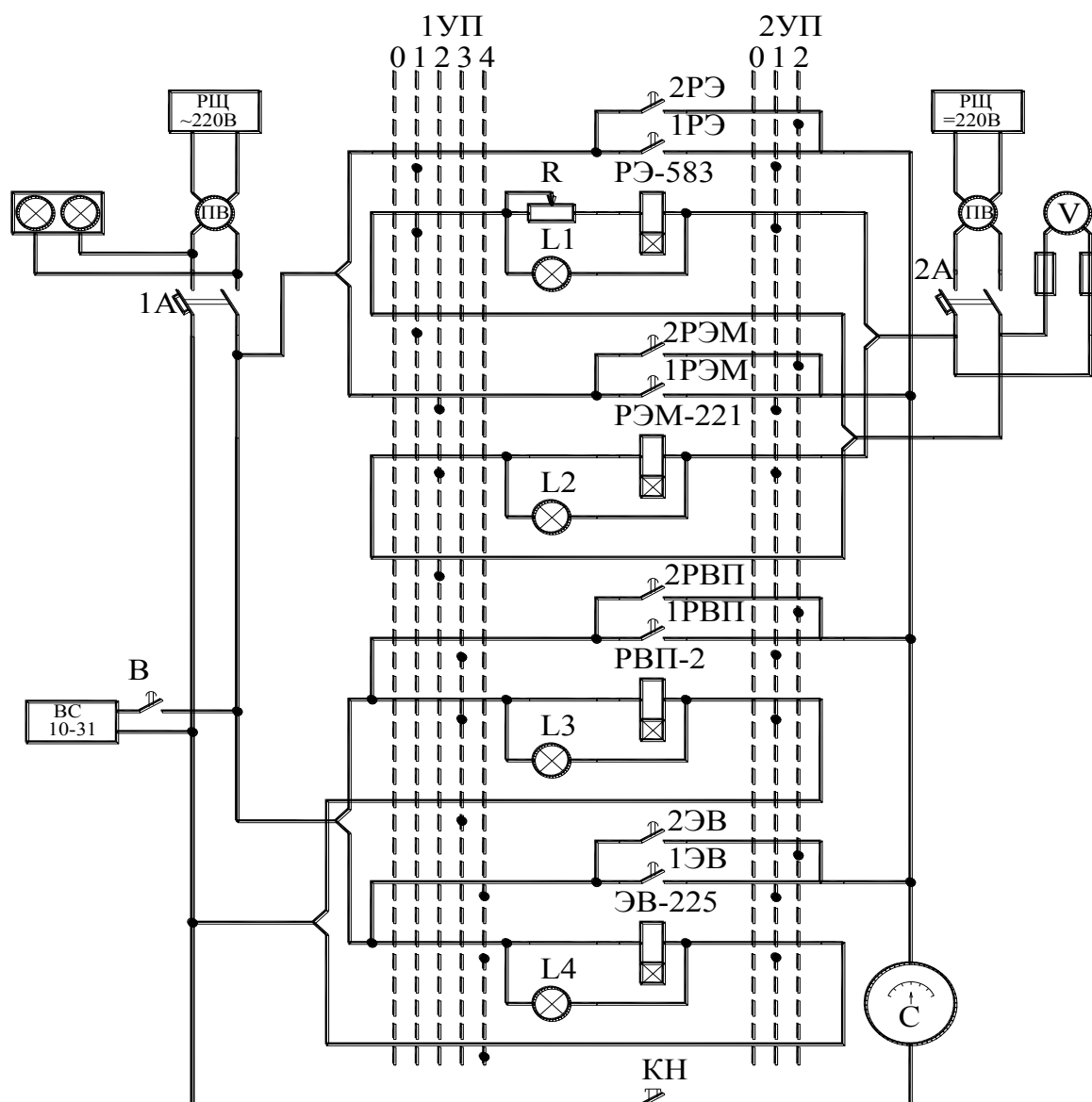


Рис. 3.1 – Схема стенда исследования реле времени

уменьшения или увеличения числа оборотов гайки), при неизменном напряжении питания на катушке $U_H=220$ В и фиксированном воздушном зазоре. При выполнении настоящего пункта переключатель 1УП устанавливается в положение 1, переключатель 2УП - в положение 1, загорается лампа 1Л и осуществляется запуск секундомера.

По полученным данным, построить характеристику $t_{CP} = f(F_{ПР})$. Натяжение противодействующей пружины изменяется в пределах, при которых реле надежно срабатывает и отпускает;

б) определить время отпускания реле, в зависимости от натяга противодействующей пружины при $U_H=220$ В. При этом сначала необходимо зарядить реле, поставить переключатели 1УП и 2УП в положение 1, затем

поставить 2УП в положение 2 и фиксировать время. В остальном, порядок выполнения аналогичен пункту а);

в) определить время спада магнитного потока для двух значений величины натяжения противодействующей пружины $F_{\text{пр. max}}$ и $F_{\text{пр. min}}$ при $U=220$ В и трех значениях воздушного зазора; зазор между якорем и сердечником изменяется с помощью латунных прокладок. По полученным данным построить зависимости:

$$t_{\text{CP}} = f(\delta) \text{ при } F_{\text{пр. max}}; \quad t_{\text{CP}} = f(\delta) \text{ при } F_{\text{пр. min}}.$$

3) Исследование реле РЭМ-221 производится так же, как и реле РЭ-583, только переключатель 1УП устанавливается в положение 2. В этом случае работает сигнальная лампа 2Л.

4) При исследовании пневматического реле РПВ-2 определить время срабатывания и отпускания реле и осуществить регулировку ВВ с помощью иглы, фиксируя при этом время. В этом эксперименте переключатель 1УП ставится в положение 3, а переключатель 2УП в положение 1 при определении t_{CP} и в положение 2 при определении $t_{\text{отп.}}$. Контроль работы выполняет лампа 3Л.

5) Для реле ЭВ-225 снять зависимости времени срабатывания от уставки по времени. В этом случае переключатель 1УП в положение 4, а переключатель 2УП – в положение 1 и 2 соответственно. Все коммутации выполняются только на стороне переменного тока. Лампа 4Л осуществляет контроль работы схемы.

6) Проверить работу программного реле ВС-10-31.

5. Обработка результатов исследований

Обработка результатов исследований приводится в отчете, который должен содержать:

- 1) Программу работы.
- 2) Принципиальную схему исследований реле
- 3) Краткую характеристику исследуемых реле
- 4) Таблицы и графики результатов исследований.
- 5) Выводы по результатам исследований.

6. Контрольные вопросы

1. Каково назначение реле времени.
2. Назовите основные способы изменения времени срабатывания реле.
3. Поясните принцип работы пневматического реле времени.
4. Поясните принцип работы испытательного стенда.

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕ ЗАЩИТЫ

1. Цель работы

Ознакомиться с конструкцией и принципом действия реле защиты РТ 40/10, ЭН 524/200, РТ 81/1, ИМ-149.

2. Теоретическая часть

В качестве реле защиты в СЭЭС чаще всего применяются реле обратного тока типа ДТ, реле обратной мощности типа ИМ-149 и реле напряжения серий РЭМ-20 и РЭМ-200. Реле типа РЭМ-20 также используются в качестве грузового (РЭМ-24), промежуточного и обрыва поля (РЭМ-25). Реле ДТ и ИМ-149 применяются соответственно для защиты ГПТ и СГ от перехода их в режим электродвигателя, т.е. выполняют направленную защиту ГА. В работе исследуются два электромагнитных реле - реле тока типа РТ 40/10 и реле напряжения ЭН 524/200, индукционные реле - реле тока РТ 81/1 и реле обратной мощности типа ИМ-149.

Электромагнитные реле тока и напряжения одинаковы по устройству. Разница только в числе витков их обмоток - реле тока имеет мало витков, а реле напряжения - много витков. Оба реле работают дискретно. Величина тока срабатывания устанавливается изменением натяжения противодействующей пружины.

Индукционное реле тока типа РТ 81/1м представляет собой комбинацию индукционной и электромагнитной систем. Реле имеют ограниченно-зависимую токовременную характеристику с отсечкой. Уставки индукционной системы по времени можно регулировать изменением положения зубчатого сектора с помощью винта, а уставку по току отсечки электромагнитной системы – изменением воздушного зазора, путем вращения упорного винта.

Реле обратной мощности ИМ-149 чисто индукционное с бегущим магнитным полем. Оно имеет две магнитные системы - верхнюю и нижнюю. На верхней системе расположена токовая катушка, а на нижней - две катушки напряжения, соединенные последовательно. Подвижная система реле представляет собой алюминиевый диск, который насажен на ось, на которой расположена шестерня, связанная с другой шестерней. На последней установлен подвижной контакт реле, а на оси этой шестерни закреплена противодействующая спиральная пружина. Для торможения диска применены постоянные магниты, которые создают реле зависимую $t = f(P)$ характеристику. Потоки магнитных систем, пересекая диск, вызывают его вращение.

Когда СГ работает нормально и отдает мощность в сеть, развиваемый момент на диске действует согласно с моментом противодействующей пружины. Наоборот, при изменении направления мощности момент диска, преодолевая момент пружины, действует в сторону замыкания контактов реле и оно, срабатывая непосредственно или через автомат, отключает СГ. Токовая катушка обесточивается и реле возвращается в исходное положение под действием спиральной пружины.

Уставку реле ИМ-149 на мощность срабатывания можно регулировать путем изменения числа витков токовой катушки реле, отпайки от которых выведены на мостик. Мостик имеет три рабочих гнезда 1, 2 и 3, соответствующих 6,4; 9,6 и 12,8 % номинальной мощности реле при номинальном напряжении. Для уставки на заданную мощность срабатывания нужно ввинтить штифт в соответствующее гнездо мостика. Величина обратной мощности срабатывания $P_{ср}$, Вт определяется по выражению

$$P_{ср} = P \frac{I_{нр} \sqrt{3} U_{нг} K_T}{P_{нг}},$$

где $P_{ср}$ - обратная мощность, при которой реле срабатывает, % от $P_{нг}$; $P_{нг}$ - номинальная мощность генератора, Вт; P - уставка реле на мощность срабатывания, % от $P_{н}$ реле; $I_{нр}$ - номинальный ток реле, 5А; $U_{нг}$ - номинальное напряжение СГ, В; K_T - коэффициент трансформации трансформатора тока, служащий для расширения пределов нагрузок реле.

Уставка реле на время срабатывания осуществляется изменением положения упора подвижного контакта. Рычаг упора снабжен стрелкой, передвигающейся по шкале, градуированной в секундах - 2, 3; 5; 7; 9 и 12 с. Это выдержки времени срабатывания.

На рисунке 4.1 изображена принципиальная схема стенда исследования реле защиты. В состав стенда входят: регулятор напряжения РОН, переключатели УП1 и УП2, трансформатор тока ТА, работающий в режиме источника тока, фазорегулятор ФР, служащий для изменения $\cos\varphi$ нагрузки, нагрузка $P_{н}$, реостат $R_{н}$, автоматы А1 и А2, четыре реле РН, РТ, ИР и РОМ, измерительные приборы и источник питания.

3. Программа работы

1. Ознакомление с испытательным стендом, конструкцией и принципом действия реле РТ 40/10, ЭН 524/200, РТ 81/1, ИМ-149.
2. Экспериментальное исследование реле защиты.
3. Обработка результатов и оформление отчета.

4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться со стендом и реле, составить схему и изучить порядок оперативных коммутаций для набора схем испытаний.

2. При испытании реле напряжения ЭН 524/200 снять показания напряжения срабатывания $U_{\text{ср.}}$ и напряжения отпускания $U_{\text{отп.}}$ В зависимости от уставки по напряжению. Опыт повторить 2-3 раза, изменяя уставку путем изменения натяжения противодействующей пружины.

По полученным данным определить коэффициент возврата $K_{\text{воз.}} = U_{\text{отп.}} / U_{\text{ср.}}$ в зависимости от уставки и построить статическую характеристику реле.

3. При испытании реле тока РТ 40/10, снять значения величины тока срабатывания $I_{\text{ср.}}$ и тока отпускания $I_{\text{отп.}}$ в зависимости от уставки по току. Опыт повторить 2-3 раза, меняя уставку величиной натяжения спиральной пружины. По данным опыта определить коэффициент возврата $K_{\text{в}} = I_{\text{отп.}} / I_{\text{ср.}}$ и построить статическую характеристику.

4. При испытании индукционного реле тока типа РТ-81/1:

а) определить коэффициент возврата для двух значений уставки по току $I_1 = 4\text{А}$ и $I_2 = 8\text{А}$;

б) определить ток отсечки для положения регулировочного винта электромагнитной системы при минимальной уставке и токе $I = 8\text{А}$;

в) снять показания и построить зависимость времени срабатывания от тока в катушке реле $t_{\text{ср}} = f(I)$ - при постоянной уставке по току 8А и двух значений уставки по времени $t = 0,5$ и 4 с. Зависимость построить для 5 значений тока нагрузки.

5. При испытании реле ИРН-49 снять временную характеристику при уставке 6,4 % от номинальной мощности реле

$$P_{\text{ср}} = P \frac{6,4 I_{\text{НР}} \sqrt{3} U_{\text{Н}} K_{\text{Т}}}{P_{\text{Н}} \cos \varphi_{\text{Н}}}$$

и двух значениях $\cos \varphi_{\text{Н}} = 0,1$ и $0,9$ (0,8) нагрузки. Для этого установить нагрузку $P_{\text{Н}}$, Вт

$$P_{\text{Н}} = \sqrt{3} U_{\text{Н}} I_{\text{Н}} \cos \varphi_{\text{Н}} = \sqrt{3} \cdot 5 \cdot 230 \cdot 1,0 = 1989,5$$

и, изменяя уставку времени 2, 3, 5, 7, 9 и 12с, фиксировать срабатывание реле. То же сделать при $\cos \varphi_{\text{Н}} = 0,9$ (0,8), который изменять с помощью фазорегулятора.

5. Обработка результатов испытаний

Обработка результатов испытаний производится в отчете, который должен содержать:

1. Принципиальную схему испытательного стенда.
2. Параметры испытываемых реле защиты и аппаратуры испытательного стенда.
3. Данные опытов и построенные по ним характеристики.
4. Выводы по проделанной работе - сравнительная оценка параметров и характеристик реле защиты.

6. Контрольные вопросы

1. Электромагнитные реле защиты. Назначение, конструкция и принцип действия реле тока.
2. Назначение, конструкция и принцип действия реле тока.
3. Назовите уставки реле обратной мощности. Его основное назначение.
4. Как изменить уставку электромагнитного реле.
5. Поясните назначение основных элементов лабораторного испытательного стенда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы /А.П. Баранов: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1988. – 328 с.
2. Верескун. В.И. Электротехника и электрооборудование **судов** [Текст]: учеб. для студ. судостроит. спец. вузов / В.И. Верескун, А.С. Сафонов. - Л.: Судостроение, 1987. - 280 с.: ил. - Алф. указ.: с. 274. - Предм. указ.: с. 275
3. Воскобович В.Ю. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных средств / В.Ю. Воскобович, Т.Н. Корнилова, В.А. Павлова. – СПб.: «Элмор», 2001. –384 с.
4. Константинов В.Н. Системы и устройства автоматизации судовых электроэнергетических установок / В.Н. Константинов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1988. – 312 с.
5. Никифоровский Н.Н. Судовые электрические станции /Н.Н. Никифоровский, Б.И. Норневский – М.: Транспорт, 1984. – 431 с.
6. Роджеро Н.И. Справочник судового электромеханика и электрика [Текст] / Н.И. Роджеро. - Москва: Транспорт, 1976. - 536 с.

**Конева Светлана Андреевна
Ходак Евгений Николаевич**

**СУДОВЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ*

Часть II

В авторской редакции

Изд. № 162/2020. Объем 1,5 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»