

Э.С. Мусаэлян

**Справочник по наладке вторичных цепей
электростанций и подстанций**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
Э1

Э1 **Э.С. Мусаэлян**
Справочник по наладке вторичных цепей электростанций и подстанций / Э.С. Мусаэлян – М.: Книга по Требованию, 2023. – 384 с.

ISBN 978-5-458-37583-2

Приводятся сведения по проверке, наладке, испытаниям и включению в работу устройств релейной защиты. Первое издание справочника вышло в 1979 г. Во втором издании материал значительно обновлен и расширен за счет новых устройств, в том числе с полупроводниковыми реле. Для инженеров, техников и квалифицированных электромонтеров монтажных и наладочных организаций; может быть полезен проектировщикам, эксплуатационному персоналу.

ISBN 978-5-458-37583-2

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Раздел первый

АППАРАТУРА, ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И ПРОВЕРОК ПРИ НАЛАДКЕ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

1.1. Организация работ

В соответствии с действующими «Правилами технического обслуживания устройств релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и линий электропередачи 35—330 кВ» (М.: СПО Союзтехэнерго, 1979 г.) при новом включении наладочные работы рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

Подготовительные работы. Подбираются полный комплект проектной и заводской документации, необходимых инструкций и программ испытаний, утвержденные уставки для настройки устройств защиты и электроавтоматики (их получают в соответствующих службах эксплуатации). Производится анализ работы и выверка принципиальных схем. По выверенным принципиальным схемам проверяются монтажные схемы панелей и пультов, ряды зажимов, кабельные журналы и т. п. При анализе принципиальных схем проверяется возможность настройки заданных уставок на проектных устройствах, выявляются реле, подлежащие замене.

Организуется рабочее место, при этом подготавливаются необходимые испытательные устройства, измерительные приборы, инструменты и приспособления, паспорта-протоколы на все устройства наладиваемого присоединения, оформляется допуск к работе.

Чтобы ошибочно не подать напряжение на соседние панели и устройства, все кабели, подключенные к рядам зажимов проверяемой панели, должны быть отсоединены. При наличии испытательных зажимов можно разобрать мостики и перемычки, чтобы был видимый разрыв цепи, отсоединить все провода, идущие к шинкам управления и сигнализации.

Внешний и внутренний осмотр. Проверяется соответствие установленной аппаратуры проекту и заданным уставкам.

Визуально и прозвонкой цепей проверяется правильность выполнения маркировки кабелей, жил кабелей, проводов; место установки и выполнение заземления вторичных цепей; наличие необходимых надписей на панелях и аппаратуре, выполняемых как правило, силами эксплуатационного персонала.

На наладиваемом устройстве (панели, щите, пульте) проверяется

соответствие выполнения внешнего монтажа принципиальным и монтажным схемам, покачиванием и подергиванием пинцетом за провод контролируется надежность паек, подтягиваются все контактные соединения на рядах зажимов и у аппаратов. Проверку правильности монтажа на серийных типовых панелях, как правило, не производят.

При внутреннем осмотре и проверке механической части аппаратуры проверяют отсутствие видимых повреждений, надежность болтовых соединений и паек, состояние контактных поверхностей. Воздействуя рукой на реле, проверяют ход, перемещение и отсутствие затираний подвижных частей, наличие регламентируемых люфтов, зазоров, прогибов, провалов и т. д.

Предварительная проверка сопротивления изоляции проводится для контроля сопротивления изоляции отдельных узлов налаживаемого присоединения (пультов, панелей, контрольных кабелей, вторичных обмоток трансформаторов тока и напряжения и т. д.) перед подачей на них испытательного напряжения от проверочных устройств. Измерение производят мегаомметром на 1000—2500 В между отдельными группами электрически не связанных цепей (тока, напряжения, оперативного тока, сигнализации и т. д.) относительно земли и между собой. Для обеспечения повышенной надежности проверяется сопротивление изоляции между жилами кабеля газовой защиты и между жилами кабеля от трансформаторов напряжения до шкафа, где установлены защитные элементы — автоматические выключатели или предохранители. Аппаратура, не рассчитанная на испытательное напряжение 1000 В (например, магнитоэлектрические и поляризованные реле), исключается при проверках из схемы и испытывается в соответствии с заводскими нормами. Методика измерений при проверке описана в [2].

Проверка электрических характеристик и настройка заданных рабочих установок производится в соответствии с требованиями правил технического обслуживания, действующих инструкций, в том числе и заводских, для данного конкретного типа устройств.

Особое внимание уделяется использованию рекомендуемой испытательной аппаратуры и источников ее питания, выбору схем проверки. Постоянный оперативный ток подается со строгим соблюдением полярности. Работа по проверке электрических характеристик завершается настройкой заданных уставок, по окончании которой производят сборку всех вторичных цепей данного присоединения подключением жил кабеля на рядах зажимов, за исключением цепей связи с устройствами, находящимися в работе.

Измерение и испытание изоляции производится в полностью собранной схеме при установленных и закрытых кожухах, крышках, реле, дверцах и т. д. каждой группы электрически не связанных вторичных цепей. Электрическая прочность изоляции испытывается напряжением 1000 В переменного тока в течение 1 мин относительно земли. До и после подачи переменного испытательного напряжения мегаомметром 1000—2500 В измеряют сопротивление изоляции испытываемых цепей. Элементы и цепи с рабочим напряжением 60 В и ниже при данных проверках исключаются. Методика измерений и испытания описана в [2].

Проверка взаимодействия элементов устройства. При напряжении оперативного тока, равном $0,8 U_{ном}$, проверяется правильность взаи-

модействия реле защиты, электроавтоматики, управления и сигнализации. Проверка взаимодействия производится в соответствии с принципиальной схемой, замыканием и размыканием вручную цепей контактов реле, при этом проверяется отсутствие обходных цепей, правильность работы схемы при переключении накладок, рубильников, испытательных блоков и т. д. На рядах зажимов проверяемого устройства контролируется наличие и отсутствие сигналов, предназначенных для воздействия на устройства, находящиеся в работе.

Комплексная проверка производится по согласованной и утвержденной программе имитацией различных аварийных режимов при номинальном напряжении оперативного тока, подаваемого по проектной схеме со щита постоянного тока. От проверочного устройства на испытуемое присоединение для этого подаются различные сочетания токов и напряжений, которые соответствуют параметрам аварийных режимов (данная проверка производится при закрытых крышках реле).

При имитации каждого режима измеряется время действия каждой из ступеней защиты на контактах выходных реле, проверяется правильность действия блокировок и сигнализации. Для исключения многократного воздействия на выключатели, разъединители, клапаны, задвижки и т. д. необходимо предусмотреть надежный вывод из работы выходных цепей защиты. После проверок в различных режимах восстанавливаются все связи с другими аппаратами и устройствами (особенно внимательно подключается аппаратура, находящаяся в работе). Комплексная проверка завершается опробованием действия на коммутационную аппаратуру и контролем взаимодействия с устройствами других присоединений.

Результаты проверки оформляются соответствующей записью в журнале релейной защиты, после чего работы в оперативных цепях данного присоединения без специального допуска производиться не могут.

Подготовка устройства к включению в работу. Перед включением производится повторный осмотр панелей, рядов зажимов, контролируется положение соединительных мостиков и перемычек, положение накладок в цепях отключения, отсутствие отсоединенных и неизолированных проводов и жил кабелей, наличие заземления в соответствующих цепях.

При новом включении оборудования все защиты, в том числе и не проверенные рабочим током, вводятся в работу с действием на отключение, сразу после включения производится проверка устройств под нагрузкой совместно наладочным персоналом и специалистами местных служб, в том числе оперативным персоналом. Данная проверка устройства под нагрузкой рабочим током и напряжением является окончательной, подтверждающей правильность включения и поведения отдельных реле и устройства в целом. При проверке рабочим током и напряжением сначала проверяется правильность выполнения цепей напряжения, а затем снятием векторной диаграммы токов и оценкой ее по фактическому направлению мощности в первичной сети проверяется правильность выполнения токовых цепей. Для контроля целостности нулевого провода обязательно измеряется в нем ток небаланса, созданием соответствующих режимов контролируется протекание через нулевой провод фазного тока.

После завершения проверки под нагрузкой тщательно осматривают

и восстанавливают перемычки на всех реле, режим которых изменился при проверке их рабочим током. В журнале релейной защиты делается соответствующая запись о состоянии проверенных устройств и о возможности включения их в работу.

1.2. Измерительные приборы и устройства

Комплектная переносная установка У5053. При наладке устройств релейной защиты и электроавтоматики используются различные устройства и приборы, обеспечивающие в широких пределах регулирование и измерение значения переменного и постоянного тока и напряжения, регулирование угла между векторами тока и напряжения (фазы тока, напряжения), имитацию различных аварийных режимов, измерение времени срабатывания реле или защиты и т. д.*

Наиболее полно перечисленным требованиям отвечает комплектная переносная установка У5053, выпускаемая взамен устройства типа УПЗ-2 и предназначенная для наладки и проверки простых и сложных устройств с фазозависимыми характеристиками релейной защиты на месте их установки или в лабораториях.

Установка выполнена по блочному принципу и состоит из трех блоков, электрически связанных между собой при помощи штатных кабелей с разъёмными соединениями: К513 — блока регулировочного, К514 — блока нагрузочного; К515 — блока-приставки для имитации аварийных режимов и проверки защит с фазозависимыми характеристиками.

Каждый из перечисленных блоков может в некоторых случаях использоваться отдельно, как самостоятельное проверочное устройство:

блок К513 — как источник с плавно-ступенчатым регулированием переменного напряжения до 380 В, переменного тока до 10 А, выпрямленного напряжения до 240 В, выпрямленного тока до 4,5 А, при этом он обеспечивает и измерение временных параметров реле;

блок К514 — как источник однофазного переменного тока до 200 А со ступенчатым регулированием;

блок К515 — как источник однофазного плавно-регулируемого переменного напряжения или как источник симметричной системы трехфазных напряжений 100 В, например для подключения приборов.

Блоки К513 и К514 образуют самостоятельное комплектное основное устройство — установку У5052 — взамен устройства типа УПЗ-1; установка предназначена для проверки простых релейных защит и элементов электроавтоматики.

При проверках установкой У5053 сложных защит устройство У5052 используется как источник однофазного регулируемого тока, при проверке оперативных цепей — как источник регулируемого выпрямленного напряжения.

Устройство У5052 позволяет выполнить следующие работы:

1) проверку и настройку заданных уставок у реле переменного

* Здесь и далее для удобства пользования справочником при наладке устройств применяются заводские обозначения отдельных элементов проверочных устройств, приборов, типовых панелей релейных защит и отдельных реле.

тока, реагирующих на одну из величин (ток, напряжение), при токе срабатывания до 200 А или напряжении срабатывания до 380 В, значение тока при этом — не более 10 А. Устройство предусматривает проверку защит и с $I_{ном}=1$ А, обладающих значительно большим сопротивлением цепей тока, чем защиты с $I_{ном}=5$ А; предел регулирования тока в этом режиме — до 10 А при существенном увеличении выходного напряжения цепи тока;

2) прогрузку первичным током защит, проверку коэффициента трансформации трансформаторов тока при первичном токе, не превышающем 200 А. Устройство обеспечивает возможность регулирования и измерения переменного тока в пределах, указанных в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Технические данные устройства У5052 при проверке реле переменного тока

Номинальный ток проверяемого реле защиты, А	Предел по току, А	Допустимые значения однофазного переменного тока нагрузки и получаемых напряжений при длительностях включения					
		до 30 мин		до 3 мин		до 30 с	
		Ток, А	Напряжение, В	Ток, А	Напряжение, В	Ток, А	Напряжение, В
5	25	6,5	108	13	115	25	80
	50	13	54	26	58	50	40
	100	20	36	40	38	100	20
	200	40	18	80	19	200	10
1	10	2	350	4	375	10	250

При проверке реле типов РНТ, ДЗТ, РТ-80 и других реле, у которых форма кривой тока влияет на значение уставки срабатывания, необходимо использовать встроенные, предвключенные активные резисторы, которые существенно улучшают форму кривой выходного тока. При выборе сопротивления предвключенного резистора $R_{пр}$ следует исходить из допустимых токов нагрузки, приведенных в табл. 1.2, при

Таблица 1.2. Допустимые токи нагрузки при длительности включения различных $R_{пр}$ не более 3 мин

Предел по току, А	$R_{пр}$		
	20 Ом	70 Ом	200 Ом
25	19	9,5	4,5
50	36	20	9
100	65	32	14,5
200	112	66	28
10 (при $I_{ном} = 1$ А)	4	2	1

длительности включения не более 3 мин, руководствуясь при этом соображениями: чем больше $R_{пр}$, тем меньше коэффициент нелинейных искажений у кривой переменного тока в нагрузке;

3) проверку промежуточных реле, реле времени, контакторов постоянного тока на напряжение до 220 В или ток до 5 А в соответствии с пределами плавно-ступенчатого регулирования, указанными в табл. 1.3.

Таблица 1.3. Технические данные устройства У5052 при проверке реле постоянного тока

Режим нагрузки		Длительность включения не более, мин	Коэффициент пульсаций тока на нагрузке, %	Положение переключателя «S12», мкФ*
Напряжение, В	Выпрямленный ток, А			
240	0,06	30	2	«100»
220	0,6	5	3	«500»
110	1	5	3	«1000»
—	4,5	1	20	«1000»

* Выбор емкостей переключателем «S12» производится при отключении установки.

Дополнительно устройство позволяет производить определение однополярных выводов параллельных и последовательных обмоток промежуточных реле постоянного тока, времени срабатывания (возврата) проверяемых аппаратов (реле, контактов, выключателей и т. д.) на замыкающих, размыкающих или временно замыкающих контактах. Измерение времени осуществляется с помощью встроенного электрического секундомера или внешнего миллисекундомера, для присоединения которого на задней панели предусмотрены специальные зажимы.

Устройство У5052 позволяет в отличие от установки УПЗ-1 проверять защиты по переменному току с одновременным питанием их оперативных цепей нерегулируемым выпрямленным напряжением 220 В, создаваемым в регулировочном блоке К513, без подачи в этом случае на защиту оперативного тока от аккумуляторной батареи.

На регулировочном блоке К513 установлены электроизмерительные приборы: измеритель тока и напряжения с диапазоном измерения по току 0,01; 0,05; 0,25; 1,0; 5,0 А, по напряжению 7,5; 30; 75; 150; 300; 450 В, электрический секундомер типа ПВ-53Щ; на блоке К514 — измерительный трансформатор тока класса точности 0,5.

Питание устройства У5052 — однофазное от сети переменного тока частоты $50 \pm 0,5$ Гц напряжением 220 или 380 В мощностью не менее 6 кВт·А. Питающий кабель сечением не менее 4 мм² от силовой сборки подключают на входные зажимы «Сеть» блока К513 с обозначением «*» — «220» или «*» — «380». При работе с установкой У5052 без блок-приставки К515 в колодку разъема Х5 блока К513 должна устанавливаться специальная колодка — крышка разъема Х6, предотвраща-

щающая доступ к выводам, находящимся под напряжением, и замыкающая цепь тока.

Всякие переключения в цепях защиты, подключение и отключение соединительных шлангов между блоками производятся только при отключенном главном выключателе *S10* блока *K513*. Наличие напряжения на блоке при включении *S10* контролируется по сигнальной лампе *H1*.

Комплектное устройство *У5053* в дополнение к указанным обеспечивает:

определение правильности чередования фаз трехфазной питающей цепи;

имитацию нормального режима при проверке защит, когда на защиту подается симметричное трехфазное нерегулируемое напряжение 100 В. Встроенный вольтметр блока *K515* в этом режиме напряжения на выходе не контролирует, на выходе блока *K513* ток отсутствует;

имитацию двухфазного КЗ со сбросом напряжения между поврежденными фазами до заданного значения при одновременной подаче на защиту предварительно отрегулированного, аварийного тока. В этом режиме имеется возможность регулирования напряжения между поврежденными фазами от 0 до 100 В при сохранении симметричности регулируемого напряжения по отношению к напряжению неповрежденной фазы и возможность плавного регулирования угла между аварийным током и напряжением;

имитацию трехфазного КЗ со сбросом напряжения трех фаз до нуля или другой расчетной величины. Допускаемая длительность имитации трехфазного КЗ со сбросом напряжения до нуля — не более 5 с. На блоке *K514* установлены электроизмерительные приборы: измеритель напряжения с диапазоном измерения 1,5; 3; 7,5; 30; 75; 150 В и измеритель фазы с рабочими шкалами 0—90°, 0—360° и допустимыми погрешностями $\pm 5^\circ$, $\pm 10^\circ$ соответственно. Предусмотрена возможность измерения угла сдвига фаз между током, получаемым от блока *K513*, и внешним напряжением до 150 В (например, при проверке блока манипуляции дифференциально-фазных защит).

Напряжение питания устройства *У5053* трехфазное, симметричное 220 и 380 В, частотой $50 \pm 0,5$ Гц от источника мощностью не менее 6 кВ·А.

При работе в комплекте *У5053* питание на регулировочный и нагрузочный блоки *K513* и *K515* подается с блока *K514* по соединительным шлангам, поэтому дополнительно напряжение на зажимы «Сеть» блока *K513* подавать не следует. При работе все три блока (*K513*, *K514*, *K515*) должны быть надежно заземлены.

Электронный миллисекундомер ЭМС-54 предназначен для измерения промежутков времени, начало и конец которых фиксируются замыканием или размыканием контактов проверяемых аппаратов (контакторов, реле, выключателей и др.). Прибор позволяет измерить:

время срабатывания реле с замыкающими (з.) и размыкающими (р.) контактами;

время возврата реле с з. и р. контактами;

разницу во времени срабатывания любой комбинации двух контактов;

время кратковременного замыкания или размыкания контактов

(методика и схемы данных измерений не указаны в заводских материалах).

Прибор имеет пять диапазонов измерений — 25, 50, 100, 250, 500 мс — с рабочей частью шкалы от 20 до 100 % ее длины и позволяет измерять промежутки времени от 5 до 500 мс, при этом основная погрешность не превышает $\pm 5\%$ номинального значения, дополнительная температурная погрешность $\pm 2,5\%$ на каждые 10°C отклонения от оптимальной температуры $+20^\circ\text{C}$.

Питание прибора — от сети переменного тока 50 Гц напряжением 110, 127 или 220 В (имеется модификация прибора с напряжением питания только 220 В), допустимое отклонение питающего напряжения $\pm 15\%$. Пусковой ключ прибора допускает в цепи обмотки реле постоянного тока при 220 В размыкание 10 А, в цепи переменного тока при 380 В — 6 А.

Прибор после предварительного прогрева 3—5 мин может использоваться непрерывно в течение 8 ч в горизонтальном или вертикальном рабочем положении.

Принцип действия прибора состоит в следующем: в течение измеряемого промежутка времени конденсатор емкостью 4 мкФ заряжается стабилизированным током до некоторой величины. В процессе заряда значение тока поддерживается неизменным в течение всего измеряемого промежутка времени, поэтому напряжение на конденсаторе в конце заряда прямо пропорционально измеряемому отрезку времени:

$$U = \frac{It}{C} = kI,$$

где I — ток заряда; C — емкость конденсатора; t — время заряда; k — коэффициент пропорциональности.

Ламповым вольтметром с большим внутренним сопротивлением, во избежание шунтирующего действия прибора измеряется напряжение на конденсаторе. Поскольку напряжение U пропорционально времени t , шкала вольтметра градуируется непосредственно в миллисекундах.

В приборе использован метод стабильного тока заряда на каждом пределе, т. е. при переходе на другой предел измерений меняется абсолютное значение тока заряда, а емкость и шкала вольтметра остаются неизменными. Включение конденсатора на заряд и прекращение заряда может осуществляться любой комбинацией замыкания и размыкания контактов.

Подготовка прибора к работе и работа с ним. Переключатели и потенциометр, установленные на лицевой панели прибора, имеют заводские обозначения (рис. 1.1, а) и выполняют следующие функции.

Переключатель K_1 имеет три положения: *Установка предела* — головка измерительного прибора включена в цепь зарядного тока, регулировка тока осуществляется потенциометром P_1 ; *Установка нуля* — головка измерительного прибора подключена к схеме лампового вольтметра, основной зарядный конденсатор закорочен, потенциометром P_2 осуществляется установка нуля вольтметра; *Измерение* — головка измерительного прибора подключена к схеме лампового вольтметра, снята закоротка с конденсатора, прибор готов к измерению. Переключатель K_2 *Пределы* выбирает предел измерения. Ключ K_3 — пусковой, имеет два положения — *Подготовка* и *Пуск*, служит для пуска схемы, через

его контакты осуществляются подача и снятие напряжения с обмоток проверяемых реле. Замыкающий контакт *a-d* ключа выведен на зажимы 4-6 (рис. 1.1, б) и служит для пуска схемы миллисекундомера. Два других контакта служат для подключения обмотки реле; замыкающий *e-e* выведен на зажимы 7-9, размыкающий *z-e* — на зажимы 7-8.

Переключатель K_4 — *Контроль* в положении *Вкл* — подключает параллельно емкости резистор, обеспечивая тем самым на первом пределе « $\times 1$ » проверку вольтметра, так как при номинальном токе заряда в этом случае стрелка прибора должна отклониться на всю шкалу. Ключ K_5 включает питание прибора. Потенциометром Π_3 осуществляется коррекция чувствительности лампового вольтметра при старении ламп.

Приступая к измерениям, следует произвести частичную проверку электрического режима схемы прибора и проверку одновременности замыкания контактов пускового ключа K_3 .

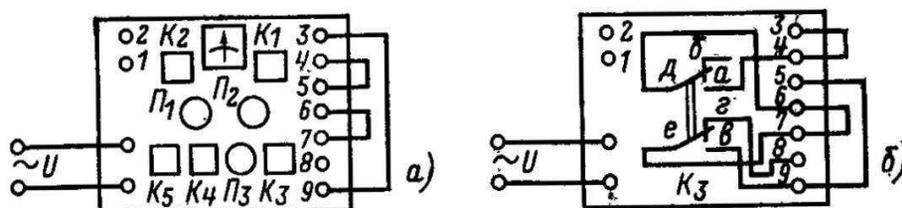


Рис. 1.1. Схема измерения разницы во времени замыкания контактов *a-d* и *e-e* ключа K_3 :

a — когда *e-e* замыкается ранее *a-d*; *б* — когда *a-d* замыкаются ранее *e-e*

Проверка лампового вольтметра производится в следующей последовательности:

- 1) закорачиваются зажимы 3 и 6;
- 2) переключатель K_1 переводится в положение *Установка предела*;
- 3) переключатель K_2 переводится в положение « $\times 1$ »;
- 4) ключом K_5 подается питание;
- 5) после предварительного прогрева прибора потенциометром Π_1 стрелка вольтметра устанавливается на последнее деление шкалы;
- 6) переключатель K_4 переводится в положение *Вкл* (стрелка прибора должна остаться на месте);
- 7) переключатель K_1 переводится в положение *Установка нуля*, потенциометром Π_2 стрелка устанавливается на нуль;
- 8) переключатель K_1 переводится в положение *Измерение*, при правильной регулировке прибора стрелка устанавливается при этом на последнее деление шкалы. Если стрелка прибора занимает другое положение, значит, произошло изменение чувствительности вольтметра и необходимо произвести корректировку чувствительности.

Корректировка чувствительности производится по следующей методике:

- а) убедившись, что стрелка прибора стоит не на последнем делении шкалы, и не делая никаких переключений отверткой, поворачивают ось переменного потенциометра Π_3 . Если стрелка не дошла до последнего

деления, то потенциометром Π_3 показания прибора несколько уменьшают, если стрелка вышла за шкалу, то потенциометром Π_3 показания прибора увеличивают;

б) переключатель K_1 переводят в положение *Установка нуля*, потенциометром Π_2 устанавливают стрелку на нуль;

в) переключатель K_1 переводят в положение *Измерение*; если стрелка установилась на последнем делении шкалы, то корректировка вольтметра на этом заканчивается, в противном случае необходимо последовательно повторять указанные в пп. а) и б) операции до окончания корректировки чувствительности вольтметра.

В том случае, когда необходимо измерять малые отрезки времени (до 5 мс), необходимо произвести проверку одновременности замыкания двух пар $a-d$ и $e-e$ замыкающих контактов пускового ключа K_3 (зажимы 4-6, 7-9) по схеме рис. 1.1 и проверку одновременности замыкания контакта $a-d$ (зажимы 4-6) и размыкания контакта $z-e$ (зажимы 7-8 по схеме рис. 1.2).

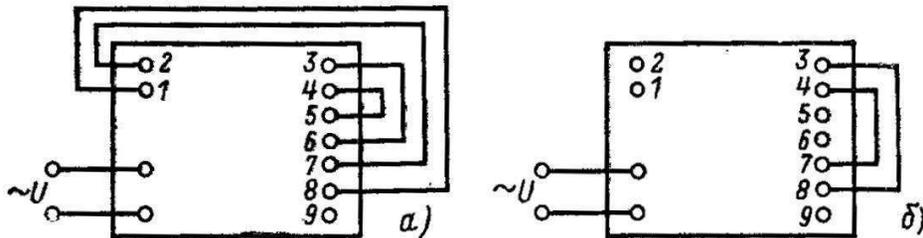


Рис. 1.2. Схема измерения разницы во времени между замыканием контактов $a-d$ и размыканием контактов $z-e$ ключа K_3 :

a — когда $z-e$ размыкается ранее замыкания $a-d$; $б$ — когда $a-d$ замыкается ранее размыкания $z-e$

Типовые схемы измерения времени срабатывания и возврата реле с замыкающими (з.) и размыкающими (р.) контактами и порядок операций при измерениях указаны на крышке прибора. На рис. 1.3—1.5 приведены схемы для определения разницы во времени замыкания или размыкания контактов и разницы во времени между замыканием и размыканием контактов при срабатывании. Если при измерениях по схемам рис. 1.1, а, 1.2, а, 1.5, а прибор не дает показаний, необходимо собрать схему рис. 1.1, б, 1.2, б, 1.5, б. Если прибор не дает показаний при измерениях по схемам рис. 1.3 и 1.4, необходимо поменять местами контакты K_1 и K_2 . По схемам рис. 1.3—1.5 производят измерения, когда оперативное напряжение U подается на обмотку проверяемого реле KL внешним рубильником S , при измерениях по этим схемам ключ K_4 должен стоять в положении *Отключено*.

Измерение времени замкнутого состояния проскальзывающего (замыкающего) контакта при срабатывании реле производят по схеме рис. 1.6. В этом случае цепь заряда конденсатора создается только на время замкнутого состояния контактов.

Измерение времени разомкнутого состояния проскальзывающего (размыкающего) контакта при срабатывании производят по схеме