

Область применения

Рекомендации настоящей методики распространяются на проведение испытаний масляных выключателей всех напряжений, с различными видами приводов как отдельно, так и совместно с другими элементами электроустановок (с изоляторами выкатных элементов КРУ, проходными изоляторами ячеек, трансформаторами тока и т.п.).

Масляные выключатели предназначены для коммутационных операций в цепях переменного тока различного напряжения. На практике широкое распространение получили масляные выключатели на номинальное напряжение 6 – 10кВ (номинальные токи от 400 до 5600А и более, при номинальном токе отключения от 10кА и выше), 35кВ, 110 и 220кВ. В настоящее время масляные выключатели активно вытесняются вакуумными и элегазовыми выключателями.

В масляных коммутационных аппаратах гашение дуги производится в масле.

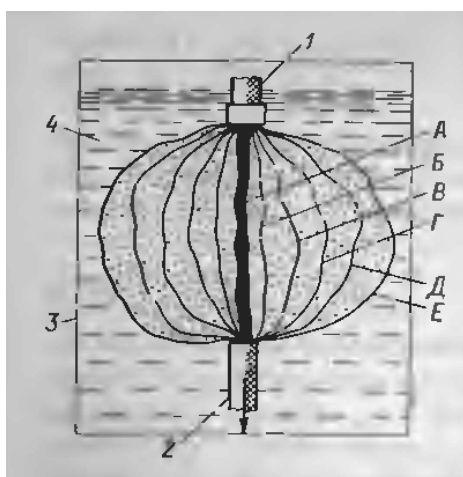
Контакты выключателя погружаются в масло. Возникающая при разрыве контакта (в момент отключения) электрическая дуга приводит к интенсивному испарению окружающего её масла с диссоциацией его паров. Вокруг дуги образуется газовая оболочка (смотри рис. 1) - газовый пузырь, состоящий в основном из водорода (70-80% газов пузыря) и мааров масла. При этом водород, обладающий наивысшими среди всех газов дугогасящими свойствами, наиболее тесно соприкасается со стволом дуги. Выделяемые с громадной скоростью газы проникают непосредственно в зону ствола дуги, вызывают перемешивание холодного и горячего газа в пузыре, создают интенсивное охлаждение и деионизацию дугового промежутка, особенно в момент прохождения тока через нуль.

Быстрое (взрывное) разложение масла приводит к повышению давления внутри пузыря, что также способствует гашению дуги. В обычных конструкциях масляных выключателей давление в газовом пузыре повышается до 0,5-1 МПа, а в выключателях с дугогасительными камерами – ещё больше.

Следует отметить, что сам процесс разложения масла с образованием газопаровой смеси связан с отбором от дуги большого количества энергии (30-35%), что также благоприятно влияет на её гашение.

Процесс гашения в масле происходит тем интенсивнее, чем ближе соприкасается дуга с маслом и чем быстрее движется масло по отношению к дуге. При простом разрыве дуги в масле дуга окружена пузырьём, заполненным парами масла и газа, находящимися в относительно спокойном состоянии. Воздействие самого масла на дугу относительно мала. Воздействие масла на дугу существенно увеличивается, если дуговой разрыв отграничить каким-либо замкнутым изоляционным устройством, так называемым дуговым устройством (камерой). В дугогасительных камерах создаётся более тесное соприкосновение масла с дугой, а также интенсивное обдувание дуги потоками газов, паров масла и самим маслом, в результате чего значительно возрастает продольный градиент напряжения, ускоряется процесс деионизации, сокращается время горения дуги, уменьшается ход контактов по сравнению с простым разрывом в масле.

В случае когда дуга горит в газовом пузыре, объём которого не ограничивается стенками, средняя температура газопаровой смеси находится в пределах 800-1000 К, а в случае горения



- 1 - неподвижный контакт
- 2 - подвижный контакт
- 3 - стенка бака
- 4 - масло
- А - ствол дуги
- Б - водородная оболочка
- В - зона распада
- Г - зона газа
- Д - зона пара
- Е - зона испарения

Рисунок 1. Электрическая дуга в сфере газового пузыря в масле при простом разрыве.

дуги в узком, ограниченном объёме при больших токах средняя температура газопаровой смеси достигает 2000-2500 К, т.е. отвод энергии от дуги здесь значительно больший.

Дугогасительные устройства современных масляных выключателей по принципу действия могут быть разделены на три основные группы:

1. *Дугогасительные устройства с автодутьём*, в которых дутьё газопаровой смеси и масла в зону гашения дуги создается за счет энергии, выделяющейся в самой дуге.

2. *Дугогасительные устройства с принудительным (импульсным) масляным дутьём*, в которых масло в зону гашения дуги (к месту разрыва) подается с помощью специальных нагнетающих гидравлических механизмов за счет по стороннего источника энергии.

3. *Дугогасительные устройства с магнитным гашением дуги в масле*, в которых ствол дуги под влиянием поперечного магнитного поля перемещается в узкие, заполненные маслом каналы и щели, образованные стенками из изоляционного материала.

Наибольшее распространение находят дугогасительные устройства первой группы, так как обеспечивают большую эффективность гашения при сравнительно несложных конструкциях.

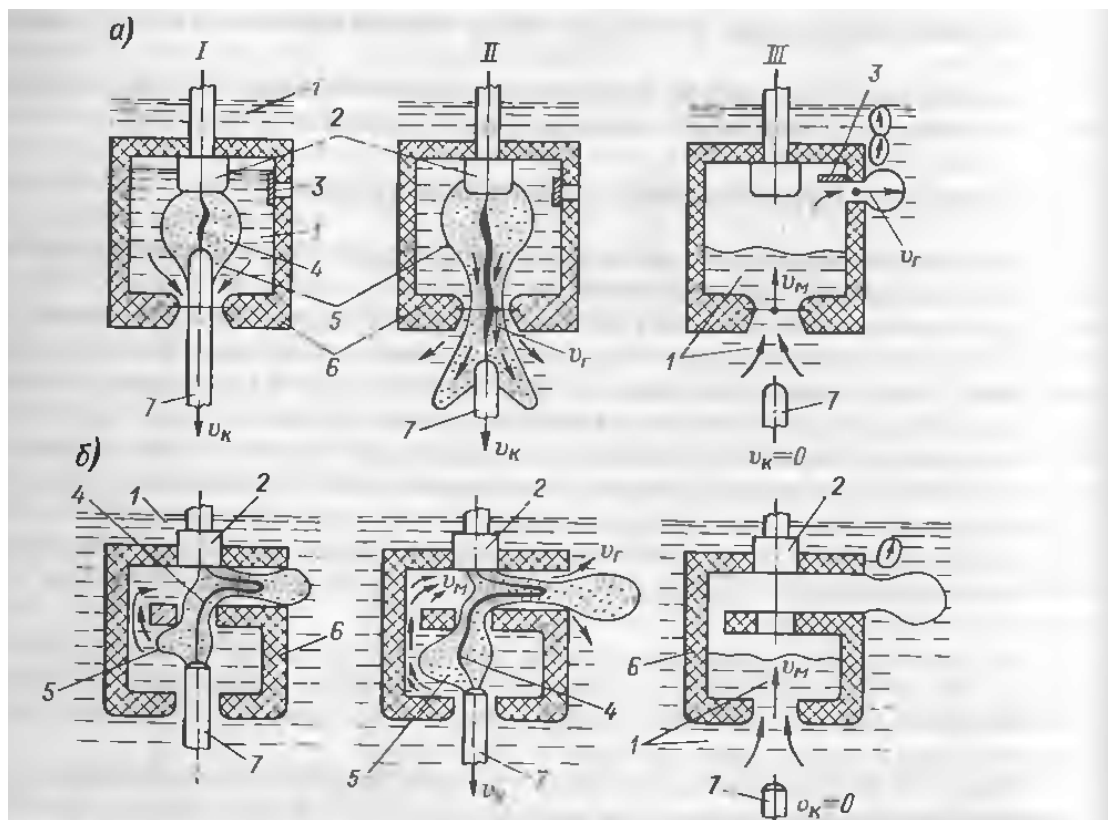


Рисунок 2. Схемы процесса гашения электрической дуги в камерах с автодутьём.

а) – камера продольного дутья; б) – камера поперечного дутья;

1 – масло; 2 - неподвижный контакт; 3 – клапан; 4 – дуга; 5 - газовый пузырь; 6 – камера;
7 - подвижный контакт.

Принципиальные схемы работы простейших дугогасительных камер с автодутьём приведены на рисунке 2. Газовый пузырь, образующийся вокруг дуги при размыкании контактов, приводит к существенному повышению давления в ограниченном объеме камеры (положение I). Масло и продукты его разложения, стремясь выйти через отверстия в камере, создают интенсивное обдувание дуги потоками газопаровой смеси и масла вдоль дуги (продольное дутьё – рисунок 2 а) при выходе подвижной контакт - детали из камеры (положение II) или поперек дуги (поперечное дутьё – рисунок 2б) при наличии выхлопного отверстия, расположенного против места разрыва (положение II). После гашения дуги камера наполняется маслом (положение

III). Современные масляные выключатели снабжены более сложными камерами, в которых используются указанные принципы в различных комбинациях с одним, двумя и большим числом разрывов.

Объект испытания.

Объектом испытания в масляных выключателях является, прежде всего, фазная изоляция выключателей, состояние контактов выключателей, временные характеристики выключателей, и, при испытании выключателей на выкатном элементе (тележке), соосность входа выключателей на тележке с приёмными элементами ячейки КРУ, глубина входа и равномерность входа по фазам, а также состояние контактов ячейки и выключателя. Последние испытания обычно проводятся именно для выкатного элемента ячейки, а не выключателя. Для высоковольтных выключателей (на напряжение более 35кВ) добавляется скорость движения траверсы и тангенс угла диэлектрических потерь изоляции.

Объём испытаний масляных выключателей:

1. измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и электромагнитов управления (К, М);
2. измерение сопротивления изоляции силовых частей выключателей (К, М);
3. испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты (К);
4. испытание изоляции вторичных цепей и электромагнитов управления (К);
5. испытание вводов (К, М)
6. оценка состояния внутрибаковой изоляции и изоляции дугогасительных устройств баковых масляных выключателей 35кВ (К);
7. проверка состояния контактов выключателя – измерение сопротивления постоянному току (К, Т, М);
8. измерение сопротивления постоянному току шунтирующих резисторов дугогасительных устройств (К, Т, М);
9. проверка временных (при необходимости и скоростных) характеристик выключателей (К);
10. измерение хода подвижных контактов с контролем одновременности замыкания контактов и определения при необходимости вжима контактов (К, М);
11. проверка срабатывания электромагнитов управления при пониженном напряжении (К);
12. испытание выключателей многократным включением и отключением (К);
13. испытание трансформаторного масла (К, М);
14. испытание встроенных трансформаторов тока (М);
15. тепловизионный контроль (М)

Примечание: К – капитальный ремонт, испытание при вводе в эксплуатацию; Т – испытания при текущем ремонте; М – межремонтные испытания

Внешний вид масляного выключателя типа ВМГ-133 представлен на рисунке 2. Выключатель установлен в ячейку распределительного устройства. Привод выключателя электромагнитный, установлен в низковольтном отсеке – выключатель отделён от низковольтного отсека разделительной стенкой.



Рисунок 3. Выключатель ВМГ-133 стационарного исполнения (вид со стороны полюсов).

Масляные выключатели могут устанавливаться на выкатные элементы ячеек КРУ (рисунок 4 – выкатной элемент с масляным выключателем типа НЛ, производитель АБВ).

Применение масляных выключателей в распределительных устройствах ограничено неудобствами эксплуатации этого оборудования – контроль уровня масла, замена масла после отключения токов КЗ, низкий коммутационный ресурс и большие размеры выключателей.

Определяемые характеристики.

Сопротивление изоляции.

В процессе эксплуатации измерения проводятся:

- ❖ **на масляных выключателях 6-10кВ** – при ремонтных работах в ячейках (присоединениях), где они установлены, проверка изоляции вторичных цепей и электромагнитов управления может проводиться совместно с проверкой устройств релейной защиты.
- ❖ **на масляных выключателях 35кВ и выше** – при проведении ремонтных работ на присоединении.

Сопротивление изоляции измеряется в процессе пусконаладочных работ на выключателях всех напряжений и при капитальных ремонтах.

Измеренные значения сопротивления изоляции должны быть не менее значений, приведённых в таблице 1.

Таблица 1. Значения сопротивления изоляции масляных выключателей

Класс напряжения (кВ)	Допустимые сопротивления изоляции (МОм) не менее	
	Основная изоляция	Вторичные цепи и электромагниты управления
3-10	1000 (300)	1(1)
15-150	3000 (1000)	1(1)
220	5000 (3000)	1(1)

*Сопротивление изоляции основной изоляции приведены: без скобок – при пусконаладочных работах и при капитальных ремонтах, в скобках – при измерении в межремонтный период.

*Сопротивление изоляции вторичных обмоток приведены: без скобок – при отключённых вторичных цепях, в скобках – с подключёнными вторичными цепями.

Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытание изоляции повышенным напряжением проводится при капитальных ремонтах выключателей. Испытание вторичных цепей и электромагнитов управления может при проверке цепей релейной защиты присоединения в объёме, соответствующем виду проверки.

Значение испытательного напряжения для вторичных цепей и электромагнитов управления должно составлять 1кВ, при условии, что данные устройства рассчитаны на напряжение не ниже 60В.

У масляных выключателей на напряжение 6-10кВ испытанию подвергаются межконтактные промежутки – так называемое испытание «на разрыв». При испытании выключателя «на разрыв» испытательное напряжение равно напряжению для испытания основной изоляции.

Выключатели на напряжение выше 35кВ испытанию повышенным напряжением промышленной частоты не подвергаются.



Рисунок 4. Масляный выключатель на выкатном элементе.

Таблица 2. Значения испытательного напряжения промышленной частоты.

Класс напряжения (кВ)	Испытательное напряжение (кВ) для масляных выключателей		
	На заводе – изготовителе	Перед вводом в эксплуатацию и в эксплуатации	
		Фарфоровая изоляция	Другие виды изоляции
До 0,69	2,0	1	1
3	24,0	24,0	21,6
6	32,0	32,0	28,8
10	42,0	42,0	37,8
15	55,0	55,0	49,5
20	65,0	65,0	58,5
35	95,0	95,0	85,5

Испытание вводов и оценка состояния внутрибаковой изоляции и изоляции дугогасительных устройств баковых масляных выключателей 35кВ..

Испытание вводов производится в соответствии с «Методикой испытания вводов и изоляторов».

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь вводов производится при полностью собранном выключателе. Допустимые значения tg изоляции вводов приведены в таблице 3.

Таблица 3. Допустимые значения tg изоляции вводов и проходных изоляторов при температуре 20°С.

Вид и зона изоляции ввода	Предельные значения tg, %, для вводов с номинальным напряжением кВ		
	35	110	220
Бумажно-масляная изоляция:			
основная изоляция и изоляция измерительного конденсатора	-	1,5	1,2
последние слои изоляции	-	3,0	2,0
Твёрдая изоляция с масляным заполнением – основная изоляция	1,5	1,5	-
Бумажно-бакелитовая изоляция с мастичным заполнением - основная изоляция	9,0	-	-
Маслобарьерная изоляция вводов – основная изоляция	-	5	4

При снижении значения тангенса вводов более чем на 5% ниже допустимого – изоляция подлежит сушке.

Измерение производится при полностью собранном выключателе.

Измерение сопротивления постоянному току.

Состояние силовых контактов определяют путём измерения сопротивления постоянному току полюсов выключателей. Сопротивление постоянному току каждого полюса выключателя должно быть не более нормируемого в технической документации на соответствующее оборудование.

Ориентировочные данные сопротивлений полюсов выключателей в зависимости от номинального тока выключателей указаны в таблице 4. Для некоторых типов выключателей заводом-изготовителем может нормироваться другое значение сопротивления, поэтому необходимо ориентироваться на данные паспорта именно данного выключателя.

Данные таблицы 4 приведены для одного полюса выключателя. При измерении необходимо обращать внимание на отсутствие дополнительных токоведущих элементов в цепи - например токоведущих шин, подключенных к полюсам выключателя. При наличии дополнительных элементов необходимо вносить поправки в измеренные данные.

Таблица 4. Значения сопротивлений постоянному току токоведущего контура контактной системы масляных и электромагнитных выключателей

Тип выключателя	Номинальный ток, А	Сопротивление контактов, мкОм, не более
ВПМ-10	630	78
	1000	72
МГ-10, МГ-20	5000	300*
	6000	Нет данных
МГТ-10	3150	18; 240*
	4000	14; 240*
	5000	12; 240*
ВМ-14, ВМ-16	200	350
	600	150
	1000, 1250	100
ВМ-22, ВМ-23	600	150
	1000, 1500	100
ВМГ-133	600	100
	1000	75
ВМГ-10	630	75
	1000	70
ВПМП-10	630	78
	1000	72
ВМПЭ-10	630	50
	1000	40
	1600	30
ВМПП-10	630	55
	1000	45
	1600	32
ВМП-10, ВМП-10П	600	55
	1000	40
	1500	30
ВММ-10	630	85
	630	50/45**
ВК-10, ВКЭ-10	1000	45/40**
	1600	25
	1600	30
ВЭ-10, ВЭС-6	2000-2500	20
	3200-3600	15
	630	310
С-35	3200	60
	1000	250
МКП-35	630	550
ВТ-35, ВТД-35	630	1300
	1000	800
МКП-110Б	2000	800
	2000	365
У-110-2000-40	2000	600
У-110-2000-50	2000	450
У-220-1000/2000-25	2000	115/85***
У-220-2000-40	2000	115/85***
ВМТ-110	-	
ВМТ-220	-	

Тип выключателя	Номинальный ток, А	Сопротивление контактов, мкОм, не более
ММО-110	1250	180
ВМПЭ-10	3150	10
ВММ-10	400	55
МКП-220	600	1200
МКП-274	600	800
МКП-110М	630	800
МКП-110-5	1000	800
ВКЭ-М-10	1600	25

* Сопротивление дугогасительных контактов.

** В числителе указаны данные для выключателей на номинальный ток отключения 20 кА, в знаменателе - на 31,5 кА.

*** В числителе указано сопротивление дугогасительного устройства для выключателей на номинальный ток отключения 25 кА, в знаменателе - на 40 кА.

Измеренные сопротивления шунтирующих резисторов и электромагнитов управления должны соответствовать заводским данным на данный вид оборудования.

Проверка временных и скоростных характеристик выключателей.

Проверка временных характеристик масляных выключателей производится при номинальном напряжении оперативного тока. Временные параметры включения и отключения выключателей должны соответствовать паспортным данным на конкретный тип выключателей и данным приведённым в таблице 5.

Таблица 5. Скоростные и временные характеристики масляных электромагнитных выключателей

Тип выключателя	Скорость движения контактов, м/с		Собственное время, с, не более	
	при включении/ отключении	максимальная, не более	включения	отключения
ВПМ-10	2,3±0,3/2,4±0,3	2,6/3,9	0,3	0,12
МГ-10	2,2±0,2/1,8±0,3	-/2,4	0,75	0,135
МГ-20	2,0±0,3/1,8±0,3	-/2,3	0,8	0,155
МГГ-10-45УЗ	2,3±0,3/2,5±0,2	2,6/3,6	0,4	0,12
МГГ-10-5000-63УЗ	3,0±0,3/2,5±0,2	3,6/3,6	0,4	0,11
ВМ-14, ВМ-16	1,65/1,22	1,8/1,24	0,24	0,12
ВМ-22	1,6/1,5	-	0,24	0,15
ВМ-23	1,8/1,75	-	0,28	0,15
ВМГ-133	2,4÷3/1,75÷2	3,2/3,2	0,23	0,1
ВМГ-10	2,0÷2,6/2,1÷2,7	2,6/3,9	0,3	0,12
ВМПМ-10	2,4÷2,8/2,2±0,3	3,2/3,2	0,3	0,12
ВМПЭ-10-630 (1000, 1600)	4,7±0,3/3,0±0,3	5,7/5,0	0,3	0,07
ВМПЭ-10-3150	4±0,4/3,1±0,3	5,7/4,5	0,3	0,09
ВМП-10	4,5±0,5/3,4±0,4	5,0/5,0	0,3	0,1
ВМП-10П	4,5±0,4/3,5±0,3	6,0/5,0	0,2	0,1
ВММ-10	-/2,3±0,2	-	0,2	0,1
ВМПМ-10-20	4,2±0,4/2,5±0,2	-	0,2	0,1
ВМПМ-10-31,5	4,5±0,4/2,8±0,2	-	0,2	0,1
ВК-10-20-630 (1000)	3,5±0,3/2,5±0,2	-	0,075	0,05
ВК-10-20-1600	3,2±0,3/2,3±0,2	-	0,075	0,05
ВК-10-31,5-630 (1000)	4,2±0,4/2,5±0,2	-	0,075	0,05
ВК-10-31,5-1600	4,0±0,4/2,3±0,2	-	0,075	0,05

Тип выключателя	Скорость движения контактов, м/с		Собственное время, с, не более	
	при включении/ отключении	максимальная, не более	включения	отключения
ВЭ-10-1250 (1600)-20	5,2+0,5/3,5+0,4	-	0,075	0,06
ВЭ-10-2500 (3600)-20	4,8+0,5/3,0+0,3	-	0,075	0,06
ВЭ-10-1250 (1600)-31,5	6,5+0,6/3,5+0,4	-	0,075	0,06
ВЭ-10-2500 (3600)-31,5	5,8+0,6/3,0+0,3	-	0,075	0,06
ВЭ(С)-6	5,8+0,6/3,0+0,3	-	0,075	0,06
ВКЭ-10-20-630 (1000)	4,0+0,4/2,5±0,2	-	0,3	0,07
ВКЭ-10-20-1600	3,8+0,4/2,3±0,2	-	0,3	0,07
ВКЭ-10-31,5-630 (1000)	4,0+0,4/2,5±0,2	-	0,3	0,07
ВКЭ-10-31,5-1600	3,8+0,4/2,3±0,2	-	0,3	0,07
С-35-630 с приводом ШПЭ-12	2,7±0,3/1,0±0,2	3,0-0,3/1,6±0,2	0,34	0,05
С-35-630 с приводом ПП-67	2,7±0,3/1±0,2	3,0-0,3/1,6±0,2	0,4	0,12
С-35-3200-50 с приводом ШПЭ-38	2,3+0,2/1,5+0,2	3,2-0,3/2,4-0,2	0,64	0,055
МКП-35	1,7+0,2/1,6+0,2	3,2-0,3/3,6-0,2	0,4	0,05
ВТ-35	1,8±0,3/1,1±0,2	2,1±0,3/2,7±0,2	0,35	0,12
ВТД-35	2,2±0,3/1,1±0,2	2,5±0,2/3,1±0,3	0,35	0,12
МКП-110	1,7+0,2/1,3+0,2	3,8-0,4/2,9-0,3	0,6	0,05
У-110-2000-40	1,7+0,2/1,3+0,2	3,3-0,4/3,7-0,4	0,3 (ШПВ)	-
			0,7 (ШПЭ)	0,06
У-110-2000-50	1,7+0,2/2,1+0,3	3,5-0,4/3,9-0,4	0,3 (ШПВ)	-
			0,7 (ШПЭ)	0,05
У-220-1000/2000-25	1,9+0,2/1,3+0,2	4,6-0,4/3,8-0,4	0,8	0,05
У-220-2000-40	1,3+0,2/2,0+0,3	4,3-0,4/3,6-0,4	0,75	0,045
ВМТ-110, ВМТ-220 (25 кА)	2,7÷3,3/2,3÷2,9	-	0,13	0,035
ВМТ-110, ВМТ-220 (40 кА)	2,7÷3,3/2,3÷2,9	-	0,13	0,03
ММО-110	6,0±0,2/5,3±0,2	-	0,15	0,05
ВМГ-133 с приводом ПС-10	-	-	0,25	0,1
ВМГ-133 с приводом ППМ-10	-	-	0,2÷0,3	0,1
ВМГ-133 с приводом ПВ-10	2,0/3,0	3,0/3,2	0,16	0,1
ВМГ-133 с приводом ПЭ-11	3,2/3,8	5,0/5,0	0,3	0,12
ВМП-10 с пружинным приводом	4,5/3,8	5,0/5,0	0,2	0,1
МКП-35 с приводом ШПС-30	1,5÷2,1/1,5÷1,7	2,0÷2,5/2,8÷3,5	0,43	0,05
МКП-35 с приводом ШПЭ-2	1,7÷2,5/2,0±0,3	2,9/3,7	0,43	0,05
МКП-110-5 с приводом ШПЭ-37	2,1±0,3/1,6±0,3	3,7±0,4/3,3±0,4	0,75÷0,85	0,06
МКП-110-5 с приводом	2,2±0,3/1,4±0,2	3,0÷3,3/3,2±0,4	0,4÷0,5	0,055

Тип выключателя	Скорость движения контактов, м/с		Собственное время, с, не более	
	при включении/ отключении	максимальная, не более	включения	отключения
ШПЭ-44				
МКП-110М с приводом ШПЭ-31	2,0±0,3/1,5±0,2	3,2±0,4/2,7±0,4	0,05÷0,06	0,05
МКП-110М с приводом ШПЭ-33	2,3±0,3/1,5±0,2	3,3±0,4/3,7±0,4	0,6	0,05
МКП-220	2,7÷3,0/1,5±0,2	4,0±0,4/3,2±0,4	0,6÷0,7	0,03

Скоростные характеристики определяются с помощью вибрографов на выключателях на номинальное напряжение 35кВ и выше. Аналогичные измерения могут проводиться и на выключателях 6-10кВ.

Проверка регулировочных характеристик выключателей (измерение хода подвижных контактов, определение вжима контактов и одновременности замыкания фаз).

Проверка производится в объёме, определённом в заводской инструкции на данный тип выключателя. При отсутствии заводских данных ориентироваться следует на данные таблицы 6. В любом случае заводские данные предпочтительнее.

Таблица 6. Нормы на ход подвижных частей выключателей

Тип выключателя	Ход подвижных частей, мм	Ход в контактах (вжим), мм	Разновременность замыкания и размыкания контактов, мм, не более
ВПМ-10	210±5	45±5	5
МГ-10	425±15	90±2	5
МГ-20	475÷500	90±2	5
МГГ-10-3150 (4000, 5000)-45	295±5	90÷95	4
		(18±2)	4
МГГ-10-5000-63	290±5	90÷95	6 (4)
		(22±4)	
ВМ-14	-	-	4
ВМ-16	133±3	50±5	5
ВМ-22, ВМ-23	200±5	40±5	6
ВМГ-133	250±5	40±5	2
ВМГ-10	210±5	45±5	5
ВПМП-10	210±5	45±5	5
ВМПЭ-10-630 (1000, 1600)	204±3	55±4	5
ВМПЭ-10-3150	235±5	77±6	7
ВМП-10, ВМП-10П	240÷245	59±4	5
ВММ-10	180	35±3	5
ВМПП-10	207±4	59±4	5
ВК-10, ВКЭ-10	158±2	29÷32	3
ВЭ-10, ВЭ(С)-6	-	26÷31	-
		(7,5÷9)	1
С-35-630-10	228±6	10±1	1
С-35-3200-50	280±5	20±1	1
МКП-35	260-275	15±1	2
ВТ-35, ВТД-35	230±10	8÷13	2
МКП-110	465±10	8±1	2

Тип выключателя	Ход подвижных частей, мм	Ход в контактах (вжим), мм	Разновременность замыкания и размыкания контактов, мм, не более
У-110-2000-40	465±10	10±1	2
У-110-2000-50	485±15	20±1	2
У-220-1000/2000-25	795±10	7÷10	2
У-220-2000-40	730±10	20±1	2
ВМГ-110, ВМГ-220	492±3	57÷60	-
ММО-110	420 ⁺¹⁰ ₋₅	80±5	5
МКП-35 с приводом ШПС-30	280 ₋₁₀		
МКП-110М с приводом ШПЭ-33	500 ₋₂₀	7÷10	1
МКП-110М с приводом ШПЭ-31	510 ⁺⁵ ₋₁₀	7÷10	1
МКП-110-5 с приводом ШПЭ-44	500±10	7÷10	1
МКП-220	800 ⁺⁵ ₋₁₀	7÷10	1
МКП-274	1160±25	16±2	2

Примечание. В скобках указаны нормы для главных контактов.

Проверка срабатывания привода при пониженном напряжении.

Электромагниты управления должны срабатывать при напряжении:

- включения - $0,85U_{ном}$ при переменном токе и $0,8U_{ном}$ при постоянном токе.
- отключения - $0,7U_{ном}$ при постоянном токе и $0,65U_{ном}$ при переменном токе.

Проверка выключателей многократным включением и отключением.

Данное испытание проводится при номинальном напряжении на выводах электромагнитов управления. Число циклов включения-отключения для масляных выключателей равно 3-5.

Испытание трансформаторного масла из баков выключателя.

Масло из баков маломасляных выключателей на напряжение до 35кВ после выполнения ими предельного числа отключений токов КЗ заменяется свежим без проведения испытаний. На практике число отключений токов КЗ для выключателей типа ВМГ-133 и им подобных устанавливается в пределах 7-8.

У баковых масляных выключателей на напряжение 110кВ и выше масло испытывается также после выполнения ими предельно допустимого числа коммутаций токов КЗ или нагрузки. Количество отключений токов КЗ для выключателей такого типа устанавливается в соответствии с требованиями заводских инструкций.

Испытание встроенных трансформаторов тока.

Испытание проводится в соответствии с соответствующей методикой. Полярность трансформаторов тока выключателя определяется при включенном положении выключателя.

Условия испытаний и измерений

Испытание производят при температуре окружающей среды не ниже +10⁰С.

Влажность окружающего воздуха имеет значение при проведении высоковольтных испытаний, т.к. конденсат на изоляторах может привести к пробое изоляции и, соответственно, к выходу из строя оборудования (как испытательного, так и испытуемого).

Атмосферное давление особого влияние на качество проводимых испытаний не оказывает, но фиксируется для занесения данных в протокол.

Средства измерений.

Измерение сопротивления изоляции производят мегаомметрами на напряжение 2500В.

Измерение сопротивления постоянному току полюсов выключателей производится мостами постоянного тока (например Р 333), которые позволяют произвести замеры с точностью до 0,001 Ом, микроомметрами типа Ф4104-М1. При отсутствии данных приборов возможно использовать метод амперметра – вольтметра с источником постоянного тока, который может обеспечить достаточный ток для проведения данных испытаний. Аналогичные приборы используются для проверки характеристик контактов выкатного элемента и ячейки.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты производят с помощью различных установок, которые состоят из следующих элементов: испытательного трансформатора, регулирующего устройства, контрольно-измерительной и защитной аппаратуры. К таким аппаратам можно отнести установку АИИ – 70, АИД – 70, а также различные высоковольтные испытательные трансформаторы, которые обладают достаточным уровнем защиты и надлежащим уровнем подготовлены для проведения испытаний.

Для проверки соосности входа контактов используют специальные приспособления, поставляемые в комплекте с КРУ. Эти приспособления имеют вид металлического прута с разметкой. По делениям можно ориентировочно определить глубину входа подвижных контактов в неподвижные.

Все приборы должны быть поверены, а испытательные установки аттестованы в соответствующих государственных органах (ЦСМ).

Порядок проведения испытаний и измерений.

Измерение сопротивления изоляции.

Измерение сопротивления силовых частей выключателей производится по схеме, представленной на рисунке 5.

Измерение производится пофазно, при этом две свободные фазы заземляются. Выключатель включается, на все фазы выключателя устанавливается заземление. Мегаомметр подключается к одной из фаз, заземление с этой фазы снимается и производится измерение.

Значение сопротивления изоляции фиксируется через 60 секунд.

Аналогичным образом производится измерение сопротивления изоляции стационарно установленных выключателей.

Сопротивление изоляции вторичных цепей выключателя и электромагнитов управления может проверяться как в отдельности (на полностью выведенном выключателе с отсоединёнными вторичными цепями), так и в собранном виде, например, совместно с проверкой устройств релейной защиты и цепей сигнализации.

Причём для выключателей стационарного исполнения второй вариант предпочтительней. В то время как для выключателей на выкатных элементах (тележках КРУ) проще измерять сопротивление изоляции на полностью выкаченном и отсоединённом от всех цепей выключателе.

Измерение сопротивления изоляции на отключенном выключателе (на разрыв) не производится.

Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытание производится в два этапа – сначала производится пофазное испытание основной изоляции выключателя, затем производится испытание выключателя «на разрыв».

Для проведения испытания основной изоляции выключатель, также как и в опыте измерения сопротивления изоляции, включается, все фазы заземляются.

Подготавливается испытательная установка, подключается к испытательному объекту. Снимается установленное ранее заземление. Производится плавное поднятие напряжения до необходимого уровня (напряжение поднимается скачком до 1/3 необходимой величины, затем увеличение производится плавно со скоростью 1-2кВ в секунду вплоть до необходимого уровня испытательного напряжения), напряжение выдерживается в течение 1 минуты, и, затем, плавно понижается до нуля. На испытанную фазу выключателя устанавливается заземление, испытательная установка отсоединяется и подключается к следующей фазе.

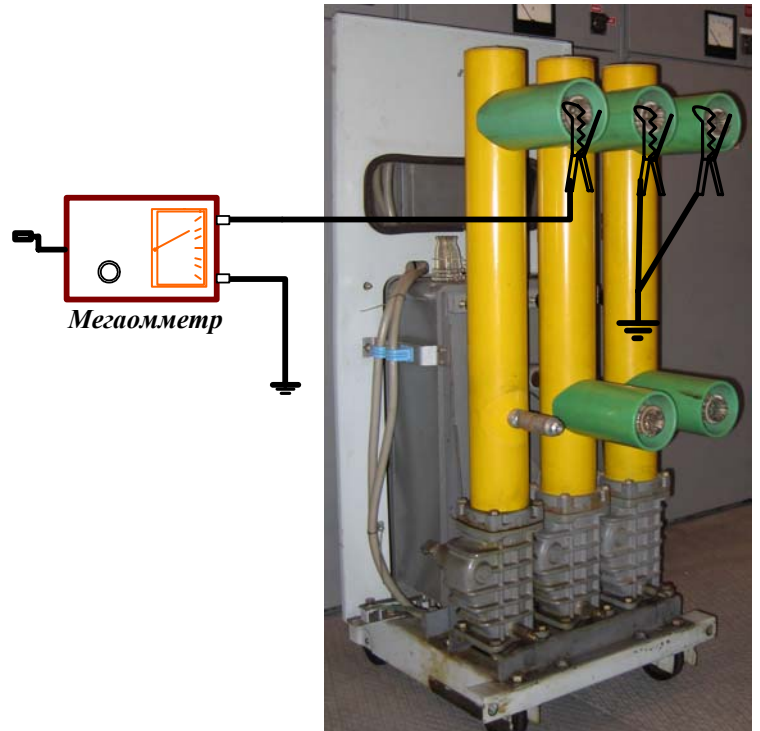


Рисунок 5. Измерение сопротивления основной изоляции масляного выключателя на выкатном элементе.

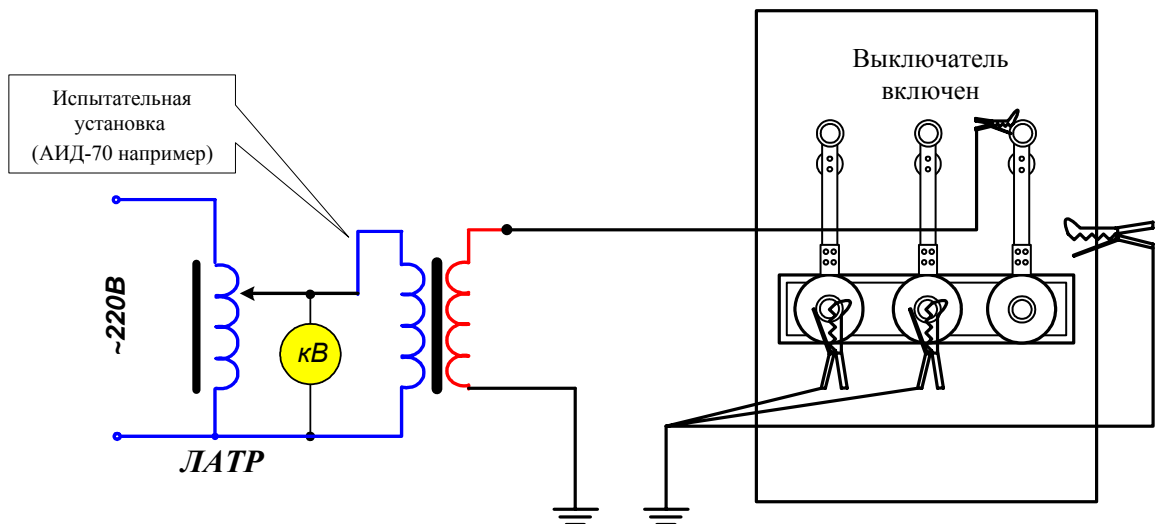


Рисунок 6. Испытание изоляции силовых частей выключателя на выкатном элементе повышенным напряжением промышленной частоты.

На рисунке 6 показана схема проведения для проведения испытания основной изоляции масляного выключателя на выкатном элементе напряжением промышленной частоты.

Для проведения испытания выключателя «на разрыв» собирается аналогичная схема, только в этом случае выключатель отключён, фаза объединены, с одной стороны установлено заземление, а на другую сторону выключателя подаётся испытательное напряжение.

Смысл испытания выключателя «на разрыв» - проверка изоляционных свойств масла в баке. Если с маслом всё нормально – испытание пройдёт успешно.

Продолжительность испытания и в том и в другом случае – 1 минута.

Проверка состояния контактов выключателя (измерение сопротивления постоянному току силовых контактов) и измерение сопротивления электромагнитов управления.

Проверка сводится к измерению сопротивления основных контактов выключателя с помощью микроомметров или мостов постоянного тока. Места замеров на выключателях показаны на рисунке 7. Измерение производится непосредственно на полюсе – измеряется сопротивление контактов самого выключателя.

Измеренное сопротивление сравнивается с нормируемыми значениями и на результатах сравнения оценивается состояние контактной системы выключателя.

Измерение можно произвести с помощью моста постоянного тока. Измерение производится аналогичным образом, главное – необходимо обеспечить надёжный контакт с измеряемой цепью. Для оценки состояния контактов выкатного элемента производится измерение полного полюса. Измерение производится аналогичным образом, как и при измерении полюса выключателя, но в данном случае необходимо измерить сопротивление как можно ближе к розеточным группам выкатного элемента. Значение сопротивления полного полюса выкатного элемента не должно превышать значение сопротивления полюса выключателя более чем на 50 мкОм.

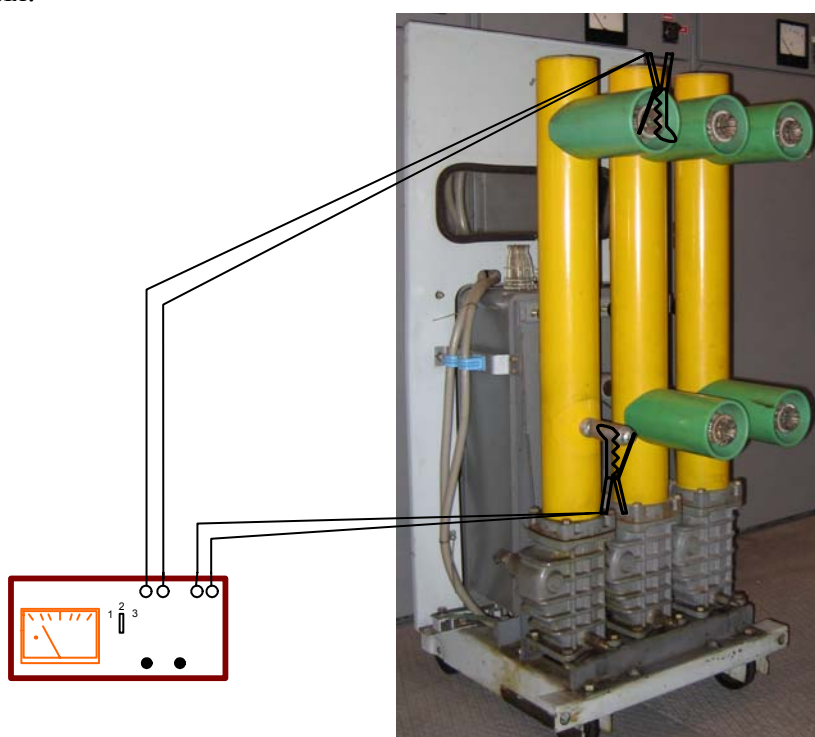


Рисунок 7. Измерение сопротивления основных контактов выключателей.

Измерение сопротивления электромагнитов (соленоидов включения и отключения) выключателя производят с помощью моста постоянного тока полностью выделив измеряемую часть из схемы управления. Измерение актуально для электромагнитных приводов (на постоянном токе) и менее актуально (но проводится всё равно) для пружинных и иных конструкций приводов выключателей.

В первом случае для постоянного тока значение сопротивления в дальнейшем используется для проверки работы выключателя при пониженном напряжении (для расчёта гасящих резисторов – смотри ниже и для проверки отсутствия замкнутых витков). Во втором случае измерение проводится для определения работоспособности катушки.

Проверка временных и регулировочных характеристик выключателей.

Данная проверка производится при номинальном напряжении оперативного тока.

Используя секундомер, который подключают на силовые контакты выключателя, засекают время включения выключателя после подачи сигнала от ключа. При этом ключ должен одновременно подать сигнал на пуск секундомера и на включения выключателя.

Схема не приводится, так как всё зависит от используемого оборудования.

Проверка регулировочных характеристик выключателей (полного хода, вжима) производится на выключателях типа ВМГ-133 и им подобных с открытым расположением подвижного контакта – свечи. Проверка производится в соответствии с рисунком 8.

Предварительно на каждый полюс выключателя подключается лампа накаливания (или любого другого типа, к примеру светодиодные индикаторы и т.п.), при этом горшки выключателя объединяются. На лампы через полюса выключателя подаётся напряжение (обычно 12В для безопасности), таким образом, чтобы в момент замыкания контактов лампы загорелись.

В отключенном состоянии выключателя на свече (подвижном контакте) в месте входа в горшок производится отметка – обычной отвёрткой проводится линия на рисунке 8 – 1. С помощью привода вручную начинается операция включения выключателя (на пружинном приводе необходимо для этого разгрузить пружину). В момент зажигания лампы (соприкосновение свечи с розеточным контактом) на свече снова проводится линия – на рисунке 8 – 2. Далее выключатель включается до фиксации и выполняется третья линия на свече – на рисунке 8 – 3.

Выключатель отключается и линейкой измеряется расстояние между линиями. Полный ход контакта – расстояние между крайними линиями. Вжим – между верхней и средней.

При проведении регулировочных испытаний одновременно можно провести испытаний на одновременность замыкания различных фаз выключателя. Для этого при включении индикатора на первой фазе (точнее при включении первого из индикаторов или лампочки на любой из фаз) на свече этого полюса ставят отметку – как уже было описано выше. Продолжают плавно включать выключатель до включения индикатора на другой или других фазах – в момент включения индикаторов на той фазе где индикатор включился первым на свече ставят ещё одну дополнительную отметку. Если включение двух других фаз произошло не одновременно, то такие же дополнительные отметки ставят и на той фазе, на которой включение индикатора произошло вторым. После полного включения и отключения выключателя измеряют расстояние между этими дополнительными отметками – это и будет разновременность замыкания контактов выключателя в мм.

Все вышеперечисленные испытания возможны на выключателях с наружным ходом свечи (подвижным контактом). На выключателях бакового исполнения корпус бака опускается (масло подсливается до уровня, необходимого для дальнейшего опускания бака, или сливается совсем). Дальнейшие испытания аналогичны вышеописанным – выключатель по немного вклю-

- 1). Подвижный полюс выключателя в отключенном состоянии
- 2). Подвижный полюс в момент соприкосновения с розеточным контактом
- 3). Выключатель во включенном положении
- 4). Подвижный полюс выключателя в отключенном состоянии с отметками хода

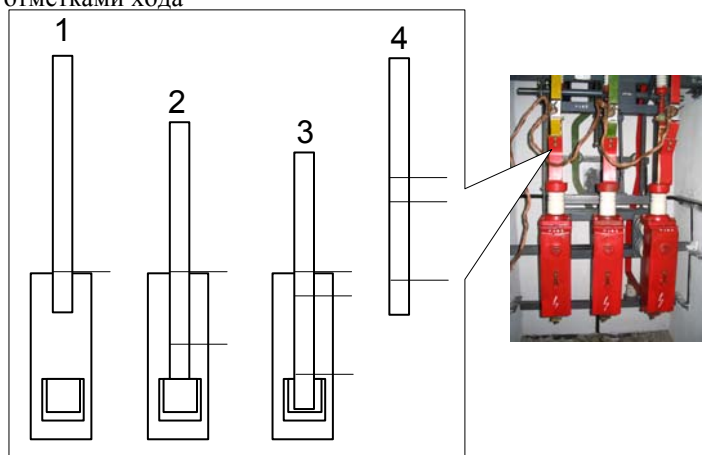


Рисунок 8. Проверка регулировок контактов выключателя.

чается вручную, при этом с помощью измерительного инструмента измеряется ход контактов и разновременность их включения.

Проверка срабатывания привода при пониженном напряжении

Проверка проводится на масляных выключателях оснащённых электромагнитным приводом. Данная проверка производится с выключателями оснащёнными пружинными приводами при условии взведённого положения пружины привода.

Принцип проверки основан на проверке возможности включения и отключения выключателя при пониженном напряжении оперативного тока. Проверка производится в следующем порядке:

1. Производится оценка потребляемой мощности электромагнита по параметрам измеренного сопротивления катушки;
2. В соответствии с потребляемой мощностью подбирается автотрансформатор (ЛАТР) для регулирования напряжения и выпрямительное устройство, при наличии мощного электромагнита включения (например на приводах типа ПС-10 и ПЭ-11, не говоря уже и приводах мощных выключателей типа МКП) подбирается дополнительное сопротивление или так называемый гасящий резистор. При включении добавочного сопротивления в цепь выключателя и подаче сигнала на включение напряжение на соленоиде включения должно быть не более допустимого;
3. Собирается схема в соответствии с рисунком 9 и производится пробное включение (отключение) выключателя.

С помощью ЛАТРа напряжение снижается до уровня $0,85U_{ном}$ для электромагнитов включения на переменном токе и $0,8U_{ном}$ для электромагнитов включения на постоянном токе. Для электромагнитов отключение напряжение соответственно должно быть $0,65U_{ном}$ и $0,7U_{ном}$.

При включении выключателя напряжение на зажимах ЭМУ снизится до требуемой величины за счёт падения напряжения в схеме испытательной установки. Электромагнит отключения гораздо меньше электромагнита включения, поэтому при отключении выключателя напряжение установки сразу устанавливается на нормируемом уровне.

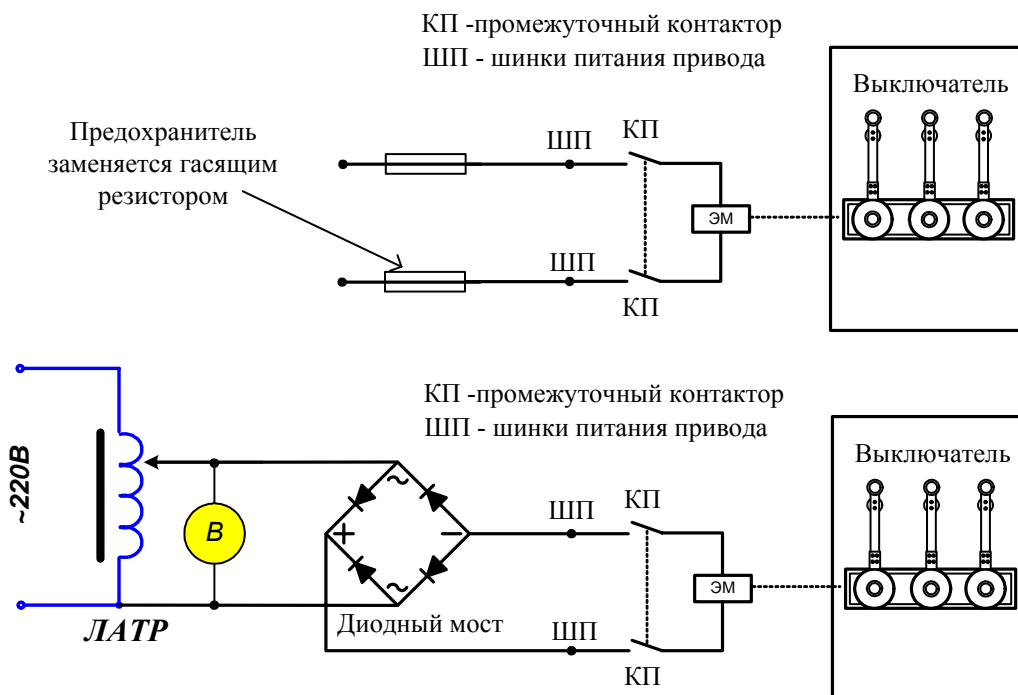


Рисунок 9. Проверка работы ЭМУ при пониженном напряжении.

Испытательная установка подключается к зажимам питания ШП (шинки питания электромагнитов управления, если таковые выполнены отдельно), или непосредственно на контакты промежуточного реле управления электромагнитом включения выключателя. При этом необходимо проверить, что штатное питание с этих зажимов отключено.

Для электромагнита отключения необходимо выделить цепь из общей схемы РЗА для включения испытательной схемы.

При наличии в схеме оперативного тока аккумуляторной батареи данное испытание можно произвести без применения ЛАТРа и выпрямительного блока. Для этого питание испытательной схемы подают от соответствующего количества аккумуляторов батареи.

Проверка соосности контактов выкатного элемента и ячейки и характеристик этих контактов (сопротивления).

Эта проверка производится только в том случае, если есть возможность открыть доступ к контактам при вкаченной ячейке. Такая возможность есть на ячейках К-104, К-304.

Обработка данных, полученных при испытаниях.

Первичные записи рабочей тетради должны содержать следующие данные:

- ✚ дату измерений.
- ✚ температуру, влажность и давление
- ✚ температуру изоляции измерительных трансформаторов
- ✚ наименование, тип, заводской номер трансформатора
- ✚ номинальные данные объекта испытаний
- ✚ результаты испытаний
- ✚ результаты внешнего осмотра
- ✚ используемую схему

Все данные испытаний сравниваются с требованиями НТД и на основании сравнения выдётся заключение о пригодности электродвигателя к эксплуатации.

Меры безопасности при проведении испытаний и охрана окружающей среды.

Перед началом работ необходимо:

- Получить наряд (разрешение) на производство работ
- Подготовить рабочее место в соответствии с характером работы: убедиться в достаточности принятых мер безопасности со стороны допускающего (при работах по наряду) либо принять все меры безопасности самостоятельно (при работах по распоряжению).
- Подготовить необходимый инструмент и приборы.
- При выполнении работ действовать в соответствии с программами (методиками) по испытанию электрооборудования типовыми или на конкретное присоединение. При проведении высоковольтных испытаний на стационарной установке действовать в соответствии с инструкцией.

При окончании работ следует:

- При окончании работ на электрооборудовании убрать рабочее место восстановив нарушенные в процессе работы коммутационные соединения (если таковое имело место).
- Сдать наряд (сообщить об окончании работ руководителю или оперативному персоналу).
- Сделать запись в кабельный журнал о проведённых испытаниях (при испытании кабеля), либо сделать запись в черновик для последующей работы с полученными данными.
- Оформить протокол на проведённые работы

Проводить измерения с помощью мегаомметра разрешается обученным работникам из числа электротехнической лаборатории. В электроустановках напряжением выше 1000В измерения проводятся по наряду, в электроустановках напряжением до 1000В – по распоряжению.

В тех случаях, когда измерения мегаомметром входят в содержание работ, оговаривать эти измерения в наряде или распоряжении не требуется.

Измерять сопротивление изоляции мегаомметром может работник, имеющий группу III.

Измерение сопротивления изоляции мегаомметром должно осуществляться на отключенных токоведущих частях, с которых снят заряд путём предварительного их заземления. Заземление с токоведущих частей следует снимать только после подключения мегаомметра.

При измерении мегаомметром сопротивления изоляции токоведущих частей соединительные провода следует присоединять к ним с помощью изолирующих держателей (штанг). В

электроустановках напряжением выше 1000В, кроме того, следует пользоваться диэлектрическими перчатками.

При работе с мегаомметром прикасаться к токоведущим частям, к которым он присоединён, не разрешается. После окончания работы следует снять с токоведущих частей остаточный заряд путём их кратковременного заземления.

Проведение работ с подачей повышенного напряжения от постороннего источника при испытании.

К проведению испытаний электрооборудования допускается персонал, прошедший специальную подготовку и проверку знаний и требований, содержащихся в разделе 5.1 Правил Безопасности, комиссией, в состав которой включаются специалисты по испытаниям электрооборудования с соответствующей группой.

Испытания электрооборудования, в том числе и вне электроустановок, проводимые с использованием передвижной испытательной установки, должны выполняться по наряду.

Проведение испытаний в процессе работ по монтажу или ремонту оборудования должно оговариваться в строке «Поручается» наряда.

Испытания электрооборудования проводит бригада, в составе которой производитель работ должен иметь группу IV, член бригады – группу III, а член бригады, которому поручается охрана, - группу II.

Массовые испытания материалов и изделий (средства защиты, различные изоляционные детали, масло и т.п.) с использованием стационарных испытательных установок, у которых токоведущие части закрыты сплошным или сетчатым ограждениями, а двери снабжены блокировкой, допускается выполнять работнику, имеющему группу III, единолично в порядке текущей эксплуатации с использованием типовых методик испытаний.

Рабочее место оператора испытательной установки должно быть отделено от той части установки, которая имеет напряжение выше 1000В. Дверь, ведущая в часть установки, имеющую напряжение выше 1000В, должна быть снабжена блокировкой, обеспечивающей снятие напряжения с испытательной схемы в случае открытия двери и невозможность подачи напряжения при открытых дверях. На рабочем месте оператора должна быть предусмотрена отдельная световая, извещающая о включении напряжения до и выше 1000В, и звуковая сигнализация, извещающая о подаче испытательного напряжения. При подаче испытательного напряжения оператор должен стоять на изолирующем ковре.

Передвижные испытательные установки должны быть оснащены наружной световой и звуковой сигнализацией, автоматически включающейся при наличии напряжения на выводе испытательной установки.

Допуск по нарядам, выданным на проведение испытаний и подготовительных работ к ним, должен быть выполнен только после удаления с рабочих мест других бригад, работающих на подлежащем испытанию оборудовании, и сдачи ими нарядов допускающему. В электроустановках, не имеющих местного дежурного персонала, производителю работ разрешается после удаления бригады оставить наряд у себя, оформив перерыв в работе.

При необходимости следует выставлять охрану, состоящую из членов бригады, имеющих группу III, для предотвращения приближения посторонних людей к испытательной установке, соединительным проводам и испытательному оборудованию. Члены бригады, несущие охрану, должны находиться вне ограждения и считать испытываемое оборудование находящимся под напряжением. Покинуть пост эти работники могут только с разрешения производителя работ.

При размещении испытательной установки и испытуемого оборудования в различных помещениях или на разных участках РУ разрешается нахождение членов бригады, имеющих группу III, ведущих наблюдение за состоянием изоляции, отдельно от производителя работ. Эти члены бригады должны находиться вне ограждений и получить перед началом испытаний необходимый инструктаж от производителя работ.

Снимать заземление, установленное при подготовке рабочего места и препятствующие проведению испытаний, а затем устанавливать их вновь разрешается только по указанию производителя работ, руководящего испытаниями, после заземления вывода высокого напряжения испытательной установки.

Разрешение на временное снятие заземлений должно быть указано в сток «Отдельные указания» наряда.

При сборке испытательной схемы прежде всего должно быть выполнено защитное и рабочее заземление испытательной установки. Корпус передвижной испытательной установки должен быть заземлён отдельным заземляющим проводником из гибкого медного провода сечением не менее 10 мм². Перед испытанием следует проверить надёжность заземления корпуса.

Перед присоединением испытательной установки к сети напряжением 380/220В вывод высокого напряжения её должен быть заземлён.

Сечение медного провода, применяемого в испытательных схемах заземления, должно быть не менее 4 мм².

Присоединение испытательной установки к сети напряжением 380/220В должно выполняться через коммутационный аппарат с видимым разрывом или через штепсельную вилку, расположенную на месте управления установкой.

Коммутационный аппарат должен быть оборудован устройством, препятствующим самопроизвольному включению, или между подвижным и неподвижным контактами аппарата должна быть установлена изолирующая накладка.

Провод или кабель, используемый для питания испытательной установки от сети напряжением 380/220В, должен быть защищен установленными в этой сети предохранителями или автоматическими выключателями. Подключать к сети передвижную испытательную установку должны представители организации, эксплуатирующие эти сети.

Соединительный провод между испытательной установкой и испытуемым оборудованием сначала должен быть присоединён к её заземлённому выводу высокого напряжения.

Этот провод следует закреплять так, чтобы избежать приближения (подхлестывания) к находящимся под напряжением токоведущим частям на расстояние менее указанного в таблице 1.

Присоединять соединительный провод к фазе, полюсу испытуемого оборудования или к жиле кабеля и отсоединять его разрешается по указанию руководителя испытаний и только после их заземления, которое должно быть выполнено включением заземляющих ножей или установкой переносных заземлений.

Перед каждой подачей испытательного напряжения производитель работ должен:

- Проверить правильность сборки схемы и надёжность рабочих и защитных заземлений;
- Проверить, все ли члены бригады и работники, назначенные для охраны, находятся на указанных им местах, удалены ли посторонние люди и можно ли подавать испытательное напряжение на оборудование;
- Предупредить бригаду о подаче напряжения словами «Подаю напряжение» и, убедившись, что предупреждение услышано всеми членами бригады, снять заземление с вывода испытательной установки и подать на нее напряжение 380/220В.

С момента снятия заземления с вывода установки вся испытательная установка, включая испытываемое оборудование и соединительные провода, должна считаться находящейся под напряжением и проводить какие – либо пересоединения в испытательной схеме и на испытуемом оборудовании не допускается.

Не допускается с момента подачи напряжения на вывод установки находиться на испытуемом оборудовании, а также прикасаться к корпусу испытательной установки, стоя на земле, входить и выходить из передвижной лаборатории, прикасаться к кузову передвижной лаборатории.

После окончания испытаний производитель работ должен снизить напряжение испытательной установки до нуля, отключить её от сети напряжением 380/220В, заземлить вывод ус-

тановки и сообщить об этом бригаде словами «Напряжение снято». Только после этого допускается пересоединять провода или в случае полного окончания испытания отсоединять их от испытательной установки и снимать ограждения.