

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Ташкентский государственный аграрный университет

На правах рукописи  
УДК: 621.313

БОЙНАЗАРОВ САНЖАР АБДУХАМИТОВИЧ

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Специальность: 5А430201- Электротехническое оборудование и электро-  
снабжение агропромышленного комплекса

ДИ С С Е Р Т А Ц И Я

На соискание академической степени магистра

Научный руководитель  
доктор технических наук,  
профессор  
Муратов Х.М.

Ташкент - 2013

## Содержание

Введение	3
1 Общие положения	6
2 Краткое описание газовых и струйных реле	8
2.1 Особенности газовых реле ПГ-22, ПГЭ-22	3
2.2 Особенности газового реле ГРЧЗ-66	15
2.3 Особенности газового реле BF 80/Q (BF 50/10)	20
2.4 Особенности газового реле РЗТ-50 (РЗТ-80)	24
2.5 Особенности струйных реле URF-25, RS-1000, РЗТ-25	27
3 Краткое описание конструкции отсечного клапана и реле уровня масла	33
3.1 Отсечной клапан	33
3.2 Реле уровня масла	36
4 Виды, объем и периодичность технического обслуживания газовой защиты	37
5 Техническое обслуживание элементов газовой защиты	41
5.1 Подготовительные работы	41
5.2 Внешний осмотр	41
5.3 Внутренний осмотр	42
5.4 Проверка правильности установки по скорости потока масла	43
5.5 Измерение сопротивления и испытания изоляции	46
5.6 Проверка работы элементов газового реле при понижении уровня масла	47
5.7 Проверка работы схемы газовой защиты	48
5.8 Проверка отсечного клапана и реле уровня	48
6 Оперативное обслуживание газовой защиты	49
6.1 Контроль за уровнем масла в расширителе трансформатора при его работе и при выводе в резерв	49
6.2 Работы с газовой защитой при замене поврежденной фазы трансформатора (резервной)	50
6.3 Отбор пробы газа	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	54
ПРИЛОЖЕНИЯ	55

## ВВЕДЕНИЕ

Анализ работы агропромышленного и топливно- энергетического комплекса показал, что электроснабжением потребителей народного хозяйства, техническим обслуживанием и ремонтом электросетей наряду с их реконструкцией, совершенствованием и техническим перевооружением занимаются магистральные электрические сети (МЭС) унитарного предприятия (УП) «Узэлектросеть», которые эксплуатируют электрические сети и подстанции (ПС) 220-500 кВ и распределительно-сбытовые предприятия электрических сетей (открытие акционерные общества электрических сетей- ОАО ЭС), которые на своем балансе имеют и обслуживают линии электропередачи и подстанции 6/10-110 кВ.

Организационная структура управления распределительно-сбытовых предприятий электрических сетей включает в себя подразделения и взаимосвязь между ними в рамках ПТЭС. При всем многообразии условий и оборудования в системе государственно-акционерной компании (ГАК) «Узбекэнерго» применяется функциональная схема управления, при которой все электроустановки в ПТЭС закреплены за соответствующими производственными службами, осуществляющими ремонт и оперативно- эксплуатационное обслуживание электросетей.

Внешняя цель ПТЭС заключается в обеспечении надежного снабжения электроэнергией установленного качества потребителей на закрепленной территории. В состав предприятия входят районы электрических сетей (РЭС), участки электрических сетей, монтерские пункты и производственные службы.

Известно, что электроснабжение сельских потребителей имеет свои особенности, а также в отличие от промышленных потребителей с трехфазной нагрузкой, питающихся от кабельных сетей, сельские потребители питаются от воздушных разветвленных электрических сетей. Сельские потребители имеют относительно небольшие, но разные по

значению мощности, нагрузки, которые удалены друг от друга на большие расстояния.

К любой точке электрической сети может быть присоединено большое число потребителей с самыми разнообразными характеристиками. В отдельных случаях электроснабжение маломощных потребителей осуществляется от однофазных трансформаторов.

Особую группу составляют предприятия по производству сельскохозяйственной продукции на промышленной основе (комплексы по откорму свиней, крупного рогатого скота, птицефабрики и т.п.). Схемы электроснабжения этих комплексов по сложности приближаются к схемам промышленных предприятий.

Поскольку электрические сети внешнего электроснабжения находятся на балансе ПТЭС, их обслуживанием занимается персонал районных электрических сетей (РЭС), признанных структурными подразделениями ПТЭС, организуемых как правило, в границах административных районов. Внутриплощадочные электрические сети сельскохозяйственных потребителей сооружаются за счет средств сельскохозяйственных предприятий и находятся на их балансе.

Однако, обслуживанием внутриплощадочных электрических сетей сельскохозяйственных предприятий в настоящее время занимаются частные лица, то есть те люди, которые «понимают электрическое дело».

**Цель работы-** разработка мероприятий по эффективной эксплуатации газовой защиты трансформаторных подстанций сельскохозяйственных предприятий.

**Задачи исследований:**

- анализ конструкций газовых и струйных реле
- обосновать виды, объем и периодичность технического обслуживания газовой защиты;

- установить методику технического обслуживания элементов газовой защиты, периодичность и программы проведения технического обслуживания;

- определить объемы оперативного обслуживания газовой защиты.

**Объект исследований**- газовые защиты силовых трансформаторов.

**Научная новизна**- с учетом особенностей сельских трансформаторных подстанций обоснованы виды, объем и периодичность технического обслуживания газовой защиты;

- установлена методика технического обслуживания элементов газовой защиты, определены объемы оперативного обслуживания, периодичность и программы проведения технического обслуживания газовой защиты;

**Практическая ценность**- Повышение надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей и населения.

**Предмет исследований**- методика проверок и испытаний газовой защиты .

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка использованной литературы и приложения.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Практически все повреждения внутри бака маслонаполненного аппарата (трансформатора, автотрансформатора, реактора) сопровождаются выделением газов в результате разложения масла и других изолирующих материалов под действием электрической дуги или сильного нагрева. При этом происходит ускоренное перетекание масла или его смеси с газом из бака в расширитель. Возможно снижение уровня масла, а также выделение газов по разным причинам.

Сюда относятся короткие замыкания (КЗ) между обмотками, витковые замыкания, "пожар" стали магнитопровода, неисправности переключателей ответвлений и др. Защита, реагирующая на указанные повреждения, получила название "газовой".

Эта защита осуществляется с помощью специального газового реле, реагирующего на скопление в нем определенного объема газа, а также на быстроту его образования, косвенно связанную со скоростью перемещения масла в трубопроводе от бака трансформатора к расширителю.

При внутренних повреждениях в трансформаторе, даже самых незначительных, выделяются газообразные продукты разложения масла или органической изоляции, чем обеспечивается действие газовой защиты почти в самом начале возникновения постепенно развивающегося повреждения. В некоторых случаях опасных внутренних повреждений трансформаторов действует только газовая защита, в то время как максимальная и дифференциальная защиты не приходят в действие из-за недостаточности тока.

Защита контакторов РПН осуществляется с помощью струйных реле, реагирующих на скорость потока масла из бака контактора в расширитель.

В настоящей работе по эксплуатации газовой защиты описаны принципы действия и конструкция газовых и струйных реле, а также

методы технического и оперативного обслуживания защит с этими реле. В нее включены также сведения об отсечном клапане, представляющем собой устройство для перекрытия трубопровода расширителя трансформаторов, для предотвращения развития пожара (в случае его возникновения) за счет вытекания из расширителя большого количества масла на поврежденный трансформатор и реле контроля уровня масла в расширителе, так как эти элементы функционально входят в состав цепей газовой защиты.

## 2 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГАЗОВЫХ И СТРУЙНЫХ РЕЛЕ

Газовые реле реагируют на повреждения, сопровождающиеся выделением газов, перетоком масла из бака в расширитель и снижением уровня масла в баке маслонаполненного аппарата. Исходя из этого и выполнена конструкция всех газовых реле.

Газовые реле имеют герметически закрытый корпус, устанавливаемый между баком трансформатора и расширителем, на рисунке 1 показан эскиз такого реле. Оно имеет сигнальный 1 и отключающие 2 и 3 элементы (1, 3 поплавки, 2 пластина), каждый из которых срабатывает при определенных условиях.

В нормальных условиях работы корпус реле заполнен маслом, и элементы занимают положение, при котором их контакты разомкнуты. При незначительном газообразовании в баке трансформатора газ по маслопроводу проходит в расширитель, скапливаясь в верхней части корпуса реле, где помещен сигнальный элемент 1.

При скоплении в реле определенного количества газа уровень масла в нем снижается так, что поплавок 1 сигнального элемента опускается под действием силы тяжести, и сигнальный контакт замыкается; так же срабатывает сигнальный элемент реле при снижении уровня

масла по другим причинам ( для упрощения контакты на рисунке 1 не показаны).

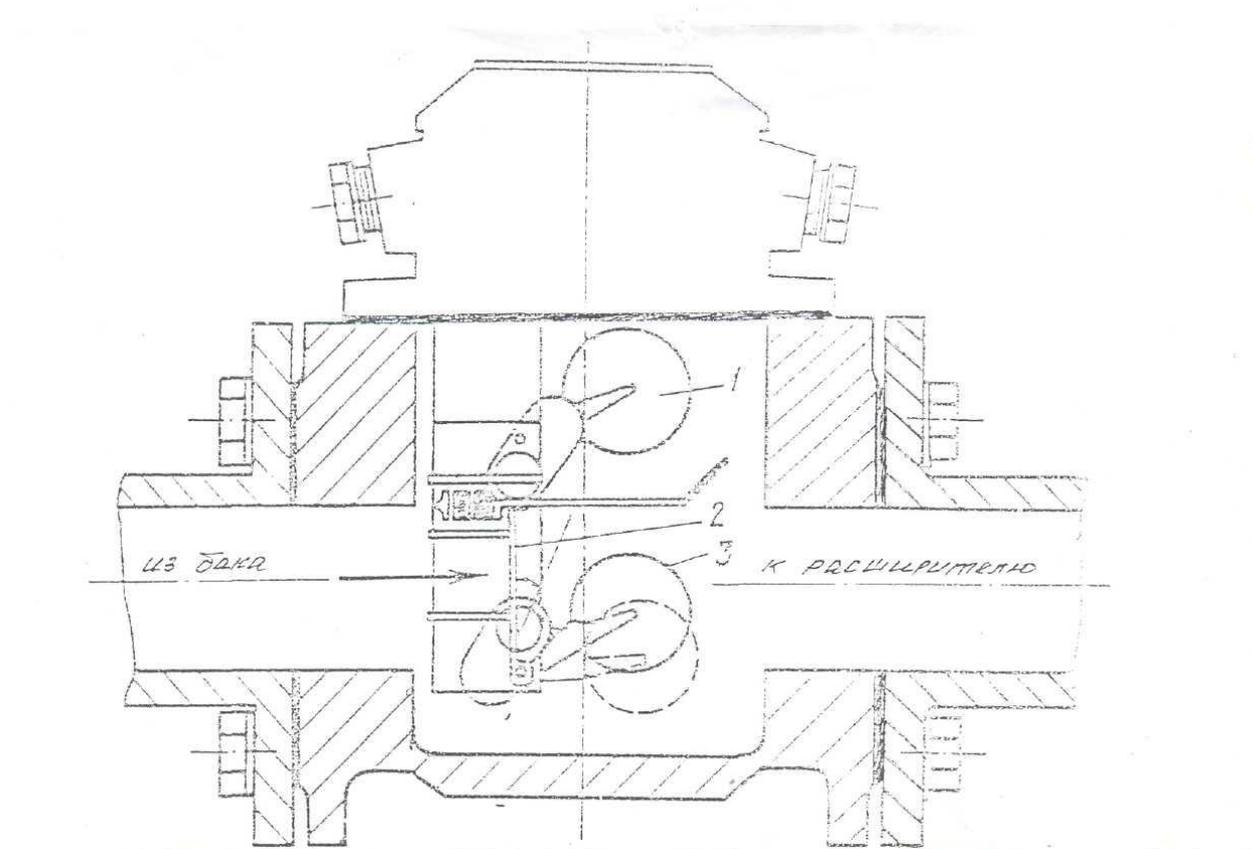


Рисунок 1- Газовое реле

При дальнейшем снижении уровня масла, когда корпус реле опорожняется практически полностью, поплавков 3 отключающего элемента также опускается под действием силы тяжести, и отключающий контакт замыкается.

При внутренних повреждениях трансформатора в месте КЗ происходит бурное разложение масла, и поток масла или смеси масла с газом устремляется из бака в расширитель (стрелка на рисунке 1). Под воздействием этого потока отклоняется на определенный угол пластина 2, и отключающий контакт замыкается. В зависимости от вида и развития повреждения трансформатора возможна последовательная работа

сигнального и отключающего элементов реле или их одновременная работа.

При бурном газообразовании и резких толчках масла возможны кратковременные замыкания контактов, поэтому газовое реле должно действовать на отключение через промежуточное реле по схеме с самоудержанием.

Для защиты контакторов РПН от внутренних повреждений применяются так называемые струйные реле, которые в отличие от газовых реле не работают при уходе масла из трубопровода и заполнении корпуса реле воздухом или газом; уровень масла в расширителе контролируется по маслоуказательному стеклу или с помощью реле уровня масла.

Использование струйных реле обусловлено особенностью работы контакторов устройств РПН. В нормальной работе контактора под воздействием электрической дуги в момент переключения происходит разложение незначительного количества масла и выделение из него газа, который по трубопроводу проходит в свой расширитель или в отсек общего расширителя и далее через его дыхательные пути выходит в атмосферу. Небольшое количество горючего газа, выделяющегося из масла в процессе работы контактора, является нормальным явлением.

Нарушение нормальной работы контактора может быть вызвано повреждением изоляции, ослаблением пружин механизма, старением керамических силовых контактов, что ведет к замедлению и нечеткости переключения. Затянувшаяся дуга сопровождается (с учетом небольшого объема масла в баке контактора) бурным разложением масла. Струя масла в смеси с газом направляется из бака контактора в расширитель.

При таких повреждениях требуется отключение трансформатора и устройства РПН для принятия мер по устранению повреждения. Поэтому защита контакторов устройств РПН выполняется с помощью струйных реле. Эти реле имеют только один реагирующий элемент (пластину),

срабатывающий при заданной скорости струи масла из бака контактора в расширитель и действующий на отключение защищаемого аппарата.

Для обеспечения правильной работы газовой защиты необходимо выполнять правила установки и монтажа трансформатора и реле.

Реле должно устанавливаться в трубопроводе с соответствующим внутренним диаметром, при этом опорожнение его от масла ведет к опорожнению нижней части корпуса реле, опусканию нижнего поплавка и замыканию отключающего контакта. В случаях установки реле в трубопровод с меньшим внутренним диаметром при опорожнении трубопровода от масла в нижней части корпуса реле остается некоторое количество масла, так что нижний поплавок не опускается, т.е. реле не срабатывает при уходе масла из бака трансформатора. Крышка трансформатора (реактора) должна иметь подъем по направлению к расширителю и, следовательно, к газовому реле не менее 1%, а маслопровод к расширителю - не менее 2%.

Для подъема крышки трансформатора со стороны расширителя применяют металлические подкладки под катки трансформатора.

Указанный подъем выполняется для того, чтобы выделяющийся из масла газ не скапливался под крышкой бака, а, оказавшись в наиболее высоком месте бака, проходил по маслопроводу в газовое реле. После заполнения верхней части корпуса реле продолжающий поступать газ проходит в расширитель и далее через дыхательную трубку в атмосферу.

Между реле и расширителем устанавливается кран для перекрытия маслопровода, что требуется при проведении различных работ в процессе эксплуатации трансформатора и, в частности, при некоторых работах с газовым реле.

Правильная установка реле, когда стрелка на крышке направлена в сторону расширителя, обеспечивает работу пластины отключающего элемента, на которую будет направлен поток масла из бака трансформатора в расширитель (при неправильной установке реле

пластина отклоняться не может). Наиболее низкий уровень масла в расширителе, допустимый в условиях эксплуатации, должен не менее чем на 50 mm превышать уровень крышки корпуса реле.

Для обслуживания газовой защиты трансформатор снабжается стационарной лестницей с площадкой наверху, стоя на которой оперативный персонал или другое лицо может с соблюдением требований правил техники безопасности выполнять различные операции с газовой защитой, в порядке профилактического обслуживания на работающем или включенном под напряжение трансформаторе (наблюдать за уровнем масла в реле, отбирать пробу газа и пр.).

С этой же площадки должен выполняться возврат в нормальное положение отсечного клапана.

Для обеспечения правильной работы струйных реле защиты контактора должны выполняться требования установки и монтажа бака (отсека) контактора и реле.

Подъем маслопровода от контактора к расширителю должен составлять 2-4 % к горизонтали, реле должно устанавливаться в маслопроводе с внутренним диаметром 25 mm и по возможности ближе к контактору.

Стрелки на крышке и на корпусе реле должны быть направлены к расширителю. Прокладки между фланцами маслопровода и реле и под крышкой реле должны быть проложены точно и не выступать внутрь маслопровода и корпуса реле. Все болты должны быть надежно затянуты, под болт безопасности должна быть проложена зубчатая шайба с зубцами в сторону крышки реле.

Для обеспечения надежной работы газовой защиты при повреждениях в трансформаторе кабели от газовых и струйных реле следует прокладывать на трансформаторе в защитном металлорукаве. В целях уменьшения мест возможного снижения изоляции прокладывать кабели следует непосредственно от выводов реле к выводам панели

защиты трансформатора. Изоляция применяемых кабелей должна быть маслостойкой.

## 2.1 ОСОБЕННОСТИ ГАЗОВЫХ РЕЛЕ ПГ-22, ПГЗ-22

Особенностью конструкции газового реле ПГ-22, а в последствии ПГЗ-22 является отсутствие отключающей пластины, реагирующей на скорость потока масла из трансформатора в расширитель. Конструкция реле ПГЗ-22 показана на рисунке 2,а. Внешний вид реле показан на рисунке 2б. В корпусе реле (рисунок 2,а) расположены один над другим два поплавка 1 и 2, каждый из которых несет на себе замыкающий ртутный контакт 3. Контакт верхнего поплавка 1 (сигнальный) замыкается при опускании поплавка в случае снижения уровня масла до определенного предела. Контакт нижнего поплавка 2 (отключающий) замыкается при дальнейшем снижении уровня масла в реле, а также при бурном выделении газов, когда масло в маслопроводе приобретает значительные скорости. Поплавки имеют регулировочные устройства в виде грузов. Верхний поплавок снабжен грузом 4, нижний - грузом 5. Перемещая груз верхнего поплавка можно изменить его плавучесть (в небольших пределах) и тем самым изменить чувствительность срабатывания контакта в зависимости от количества выделенного объема газа под крышкой реле или снижения уровня масла.

Перемещение груза 5 на нижнем поплавке по кольцу 6 из крайнего левого положения в крайнее правое можно регулировать чувствительность срабатывания контакта - в зависимости от скорости потока масла от трансформатора к расширителю по маслопроводу. На крышке корпуса реле установлен кран 7 для отбора пробы газа и выпуска воздуха из реле после его монтажа. Кроме того, на крышке имеются выводы 8, 9, 10, 11 от контактов 3 для подключения к схеме защиты. Технические данные реле приведены в приложении А.

## 2.2 ОСОБЕННОСТИ ГАЗОВОГО РЕЛЕ РГЧЗ-66

Основной особенностью конструкции газового реле РГЧЗ-66 является то, что поплавки в нем выполнены в виде металлических чашек. Как и все газовые реле, оно (рисунок 3) имеет герметически закрытый корпус, устанавливаемый в маслопроводе между баком трансформатора и расширителем. В нем расположено три элемента: верхний (чашка 1) - сигнальный и два нижних отключающих элемента (чашка 2 и пластина 11).

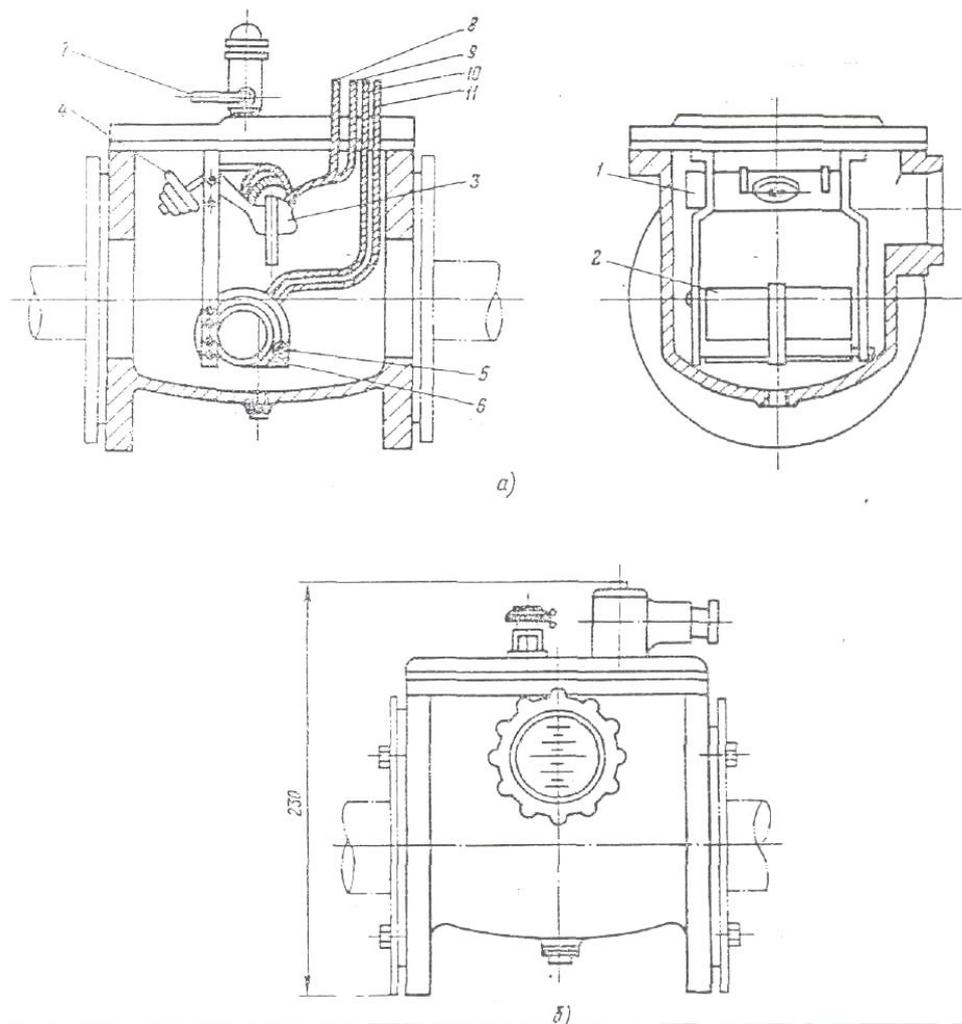
Когда реле заполнено маслом, контакты, расположенные внутри чашек, остаются разомкнутыми, так как каждая чашка со стороны спиральной пружины 5 подтянута ею вверх до упора.

При выделении воздуха или повреждении трансформатора, сопровождающимся слабым газообразованием, поднимающийся к расширителю газ или воздух скапливается в верхней части реле, вытесняя масло.

При этом масло остается в чашке сигнального элемента реле, и под действием массы этого масла чашка поворачивается вокруг своей оси 12 вниз до замыкания контактов.

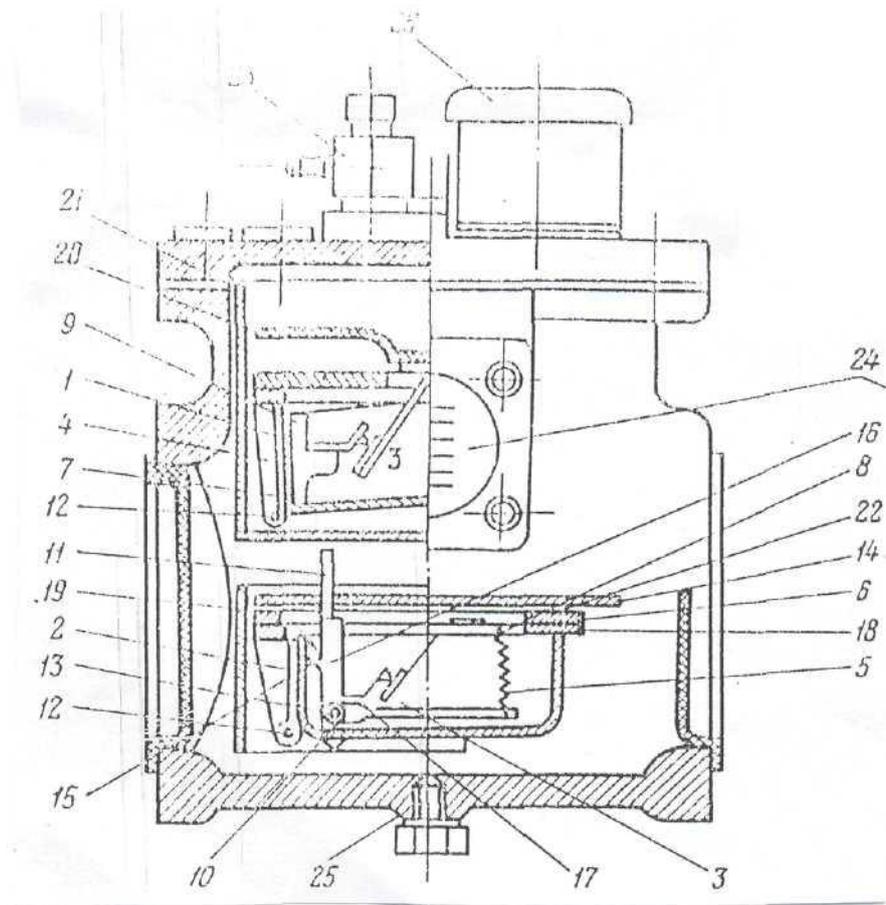
Отключающие элементы (чашка и пластина) расположены в нижней части корпуса реле, пластина установлена против входного отверстия маслопровода со стороны трансформатора. Она является элементом, реагирующим на скорость движения масла в маслопроводе, а чашка - элементом, реагирующим на полное опорожнение корпуса реле от масла. Оба элемента действуют на один контакт, причем при работе пластины чашка может не работать. При повреждении трансформатора, сопровождающимся бурным газообразованием, давление в баке повышается, и масло вытесняется из бака в расширитель. При скорости потока масла, равной уставке реле или больше нее, усилием, возникающим на пластине 11, последняя поворачивается вокруг оси 13

со стойкой 16 и подвижными контактами до их замыкания с неподвижными контактами. При этом чашка отключающего элемента может оставаться в покое. Сигнальный элемент в этом случае может сработать несколько позже отключающего, пока выделившийся газ поднимается из бака трансформатора и заполнит верхнюю часть корпуса газового реле.



а- конструкция; б- внешний вид

Рисунок 2- Газовое реле ПГЗ-22



1,2 – чашки; 3- контакты; 4,9,16- стойки; 5- спиральная пружина; 6- сборочное кольцо; 7,8- держатели; 10- скобообразная стойка; 11- отключающая пластина; 12,13- оси; 14-прокладка; 15- выступ; 17-ричаг; 18- пластина; 19,20,21,22- экраны; 23- кран; 24- смотровое стекло; 25- пробка; 26- коробка выводов

Рисунок 3- Газовое реле РГЧЗ-66

При аварийном упуске масла, когда нижняя часть корпуса реле окажется без масла, отключающий элемент (чашка) будет работать так же, как и сигнальный - с замыканием контактов. В этом случае отклоняется и пластина, так как стенка чашки при движении нажимает на выступ 15 стойки 16, к которой крепится пластина.

В верхней части реле, расположенной выше маслопровода и предназначенной для фиксации появления газов, поднимающихся из

трансформатора в расширитель, врезаны сквозные смотровые стекла 24 с делениями ( в кубических сантиметрах), позволяющие определять объем скопившегося газа.

На крышке корпуса реле установлен кран 23 для отбора пробы газа и выпуска воздуха из реле; коробка выводов 26 служит для подключения контрольного кабеля. На крышке реле нанесена стрелка, указывающая направление потока масла от трансформатора к расширителю, которая предусмотрена для правильной установки выемной части реле на трансформаторе. В дне коробки с выводами предусмотрено отверстие для стока собирающейся в ней влаги. В нижней части корпуса реле предусмотрена пробка 25 для спуска влаги и осадков масла, скопившихся в реле. Выемная часть реле крепится к крышке корпуса с помощью стоек, на которых смонтированы все элементы реле.

Каждая чашка со стороны входа потока масла закрыта цилиндрическими полуэкранами (19, 21). Сверху над чашкой сигнального элемента 1 установлен экран 20 для уменьшения оседания на дно чашки шлама из масла и других механических примесей. С этой же целью установлен экран 22 над нижней чашкой 2. В экране предусмотрена прорезь для перемещения пластина 11.

На входе созданного экранами 19, 20, 21, 22 канала установлена пластина 11. Когда корпус реле заполнен маслом, контакт разомкнут, дно чашки имеет подъем по направлению к расширителю на 5,5-11%.

При скоплении в верхней части реле воздуха, газа или при понижении уровня масла в реле верхняя чашка, заполненная маслом, под действием собственной массы и массы масла начинает поворачиваться (опускаться) вниз до замыкания контактов. При полном опорожнении корпуса реле от масла спускается заполненная маслом нижняя чашка. При этом боковая стенка чашки нажимает на выступ 15 стойки 16 и поворачивает ее с укрепленной на ней пластиной 11 до замыкания своих контактов 3.

При повреждении трансформатора, сопровождающимся перетоком масла из трансформатора в расширитель, срабатывает только пластина 11. Сравнительно малое время срабатывания (практически 0,1 s) скоростного элемента (пластины) в этом случае достигнуто тем, что пластина и чашка механически жестко не связаны между собой- пластина может поворачиваться при неподвижной чашке.

Реле может иметь одну из трех фиксированных уставок по скорости масла: 0,6; 0,9; 1,2 m/s. Изменение уставок производится заменой калиброванных пластин 11.

Технические данные реле РГЧЗ-66 приведены в приложении А.

### 2.3 ОСОБЕННОСТИ ГАЗОВОГО РЕЛЕ ВР 80/Q (ВР 50/10)

Газовые реле ВР 80/Q (ВР 50/10) (рисунок 4) состоят из корпуса и крышки из атмосферостойкого сплава легких металлов, к которой крепятся все основные элементы реле (В – реле с двумя элементами, F - с фланцем, 50, 80 - внутренний диаметр фланца в мм, Q - фланец квадратной формы). На крышке закреплена табличка с указанием типа реле и его данных, а также изображена стрелка, которая должна быть направлена в сторону расширителя.

Стальная сборочная скоба 8 крепится двумя винтами к крышке реле, эта скоба является основной для крепления сигнального и отключающего элементов, постоянного магнита 10 и ряда других деталей реле.

Сигнальный элемент состоит из пластмассового полого шарообразного поплавка 2 с держателем, который крепится к сборочной скобе 8. С поплавком жестко связан круглый магнит 3, служащий для управления сигнальным контактом 4.

Как сигнальный, так и отключающий контакт 5 реле выполнены с помощью магнитоуправляемых герконов, замыкание которых происходит от приближения магнита к концу стеклянной колбы, в которой заключен

контакт. При понижении уровня масла в реле опускается поплавок 2 сигнального элемента и при объеме газа в реле 250-300 см<sup>3</sup> управляющий магнит 3 приводит к замыканию сигнального контакта 4 реле.

Отключающий элемент помещен в нижней части корпуса реле под пластиной, служащей для закрепления магнита 10 в одном из трех положений и одновременно выполняющей функцию экрана, защищающего элемент от оседающего из масла шлама.

Отключающий элемент ( как сигнальный) крепится к сборочной скобе 8 и состоит также из пластмассового поплавка 6, круглого магнита 7 и геркона 5. Пластина 9 отключающего элемента удерживается в нормальном положении с помощью постоянного магнита 10. Она предназначена для срабатывания от потока масла; при определенной скорости потока преодолевается сила притяжения магнита 10 и пластина отклоняется на некоторый угол, поворачиваясь вокруг своей оси.

Для достижения требуемого быстродействия пластина помещена против входного отверстия реле и при своем движении не связана с поплавком 6 отключающего элемента; только в конце хода пластина нажимает на поплавок, который опускается, что приводит к замыканию отключающего контакта 5 реле. В пластине 9 имеются два отверстия для прохождения части масла, чтобы пластина не повредилась при больших скоростях потока масла за счет сильного давления на нее.

Изменение скорости срабатывания реле достигается выбором расстояния между пластиной 9 и магнитом 10 путем изменения положения магнита. Трем положениям магнита соответствуют уставки скорости срабатывания 0,65 м/с\*, 1,0 м/с и 1,5 м/с. Магнит передвигается после отвинчивания винта магнитодержателя и перемещения последнего до появления в окне магнитодержателя цифры требуемой скорости срабатывания. Время срабатывания отключающего элемента реле при ско-

рости потока масла 1,25 скорости уставки составляет 0,15 s; при скорости потока масла 1,5 скорости уставки - не менее 0,1 s. Технические данные реле приведены в приложении А.

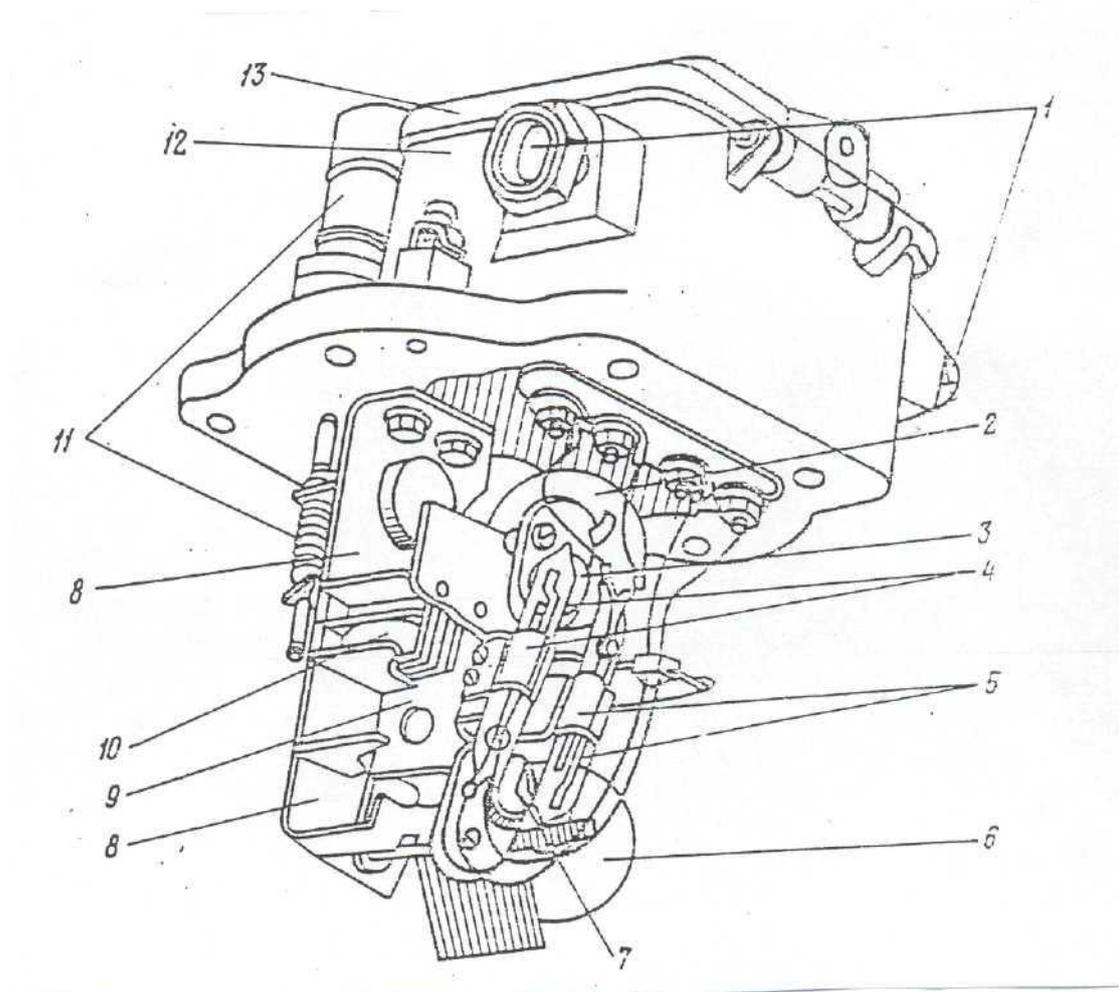


Рисунок 4- Съемная часть газового реле BF 80/Q ( BF 50/10)

Выводы сигнального и отключающего контактов реле размещены в коробке 12, на внутренней стороне откидной крышки 13 этой коробки имеется табличка с маркировкой выводов. Крышка коробки выводов имеет надежное устройство для закрывания и уплотнения, что предотвращает попадание влаги в коробку.

Кабель цепей защиты может быть подведен в любое из двух отверстий 1 в коробке выводов 12; неиспользуемое отверстие остается закрытым крышкой с винтовой резьбой.

Реле серии ВР снабжены устройством 11 для контроля работоспособности обоих элементов и контактов реле. Оно состоит из кнопки, рейки с выступами, возвратной пружины и рамки. В условиях эксплуатации кнопка закрыта крышкой (колпачком) с винтовой резьбой. На табличке около кнопки устройства контроля изображены два положения кнопки с надписями "Сигнал" и "Отключение".

При нажатии на кнопку рейка перемещается вниз в направляющей рамке, и верхний выступ нажимает на держатель верхней поплавка, который опускается и обеспечивает замыкание сигнального контакта реле. При дальнейшем нажатии на кнопку опускается нижний поплавок под действием нижнего выступа, и отключающий контакт реле также замыкается.

Пластина от устройства контроля не опробуется. Опускание кнопки приводит к возврату устройства контроля под действием возвратной пружины; при этом поплавки реле всплывают, и оба контакта размыкаются.

В крышке реле имеется кран для отбора пробы газа из реле и для выпуска газа; в нижней части корпуса имеется два отверстия для слива загрязненного масла; эти отверстия закрыты пробками с винтовой резьбой.

Верхние смотровые стекла имеют отметки уровня масла с цифрами (от 250 до 450 см<sup>3</sup>), обозначающими объем газа в корпусе реле.

Для безопасности обслуживающего персонала крышка реле заземляется с помощью одного из болтов, крепящих крышку к корпусу реле. Головка этого болта (болт безопасности) окрашена в красный цвет.

Для создания металлического контакта крышки и корпуса реле через болт под него помещается фигурная шайба зубцами в сторону крышки, так что при затягивании болта зубцы создают надежный контакт с крышкой, и она (несмотря на прокладку изоляции) оказывается заземленной на корпус реле и бак трансформатора.

## 2.4 ОСОБЕННОСТИ ГАЗОВОГО РЕЛЕ РЗТ-50 (РЗТ-80)

Устройство реле поясняется на примере реле РЗТ-50, схематический разрез которого дан на рисунке 5.

Реле состоит из корпуса 1 и механического блока 2.

Корпус выполнен литым из алюминиевого сплава и имеет входной и выходной фланцы с отверстиями для подсоединения реле к трубопроводам.

Для визуального контроля работы механического блока в корпусе имеется с двух сторон смотровые стекла. Для защиты стекол от загрязнений и вредного воздействия солнечных лучей имеются откидываемые вверх защитные крышки.

Красная стрелка на корпусе указывает направление движение жидкости к расширителю.

Механический блок состоит из крышки и включающего механизма.

Механический блок крепится к корпусу болтами.

На крышке, литой из алюминиевого сплава крепится газоспускной клапан 7, контрольная кнопка 8, и в клеммной коробке блок герметизированных магнитоуправляемых контактов 9 и клеммник 3. Клеммная коробка имеет два резьбовых отверстия, в которые крепятся заглушка 4 и переходник 5 для герметизированного ввода и крепления контрольного кабеля в металлорукаве, и сверху закрывается откидной крышкой 6 с резиновой прокладкой.

Блок герметизированных контактов (БГК) 9 состоит из кожуха, выполненного из нержавеющей стали, с присоединительным фланцем и печатной платы. С одним или двумя ( в зависимости от исполнения) магнитоуправляемыми контактами. После сборки кожух заполняется азотом или осушенным воздухом и герметизируется эпоксидным компаундом. Конструкция исключает контакт токонесущих элементов с рабочей жидкостью.

Включающий механизм состоит из сборной рамы, в которой смонтирована верхняя и нижняя системы переключений.

Верхняя система переключения выполнена конструктивно по принципу ломающегося рычага, на одном плече которого закреплен металлический полый поплавок, а на другом - постоянный магнит, при опускании поплавка рычаг замыкается и магнит принудительно перемещается относительно кожуха БГК, и вызывает замыкание магнитоуправляемого контакта, а при подъеме поплавок плечо рычага с магнитом свободно опускается под действием силы тяжести и размыкает контакт.

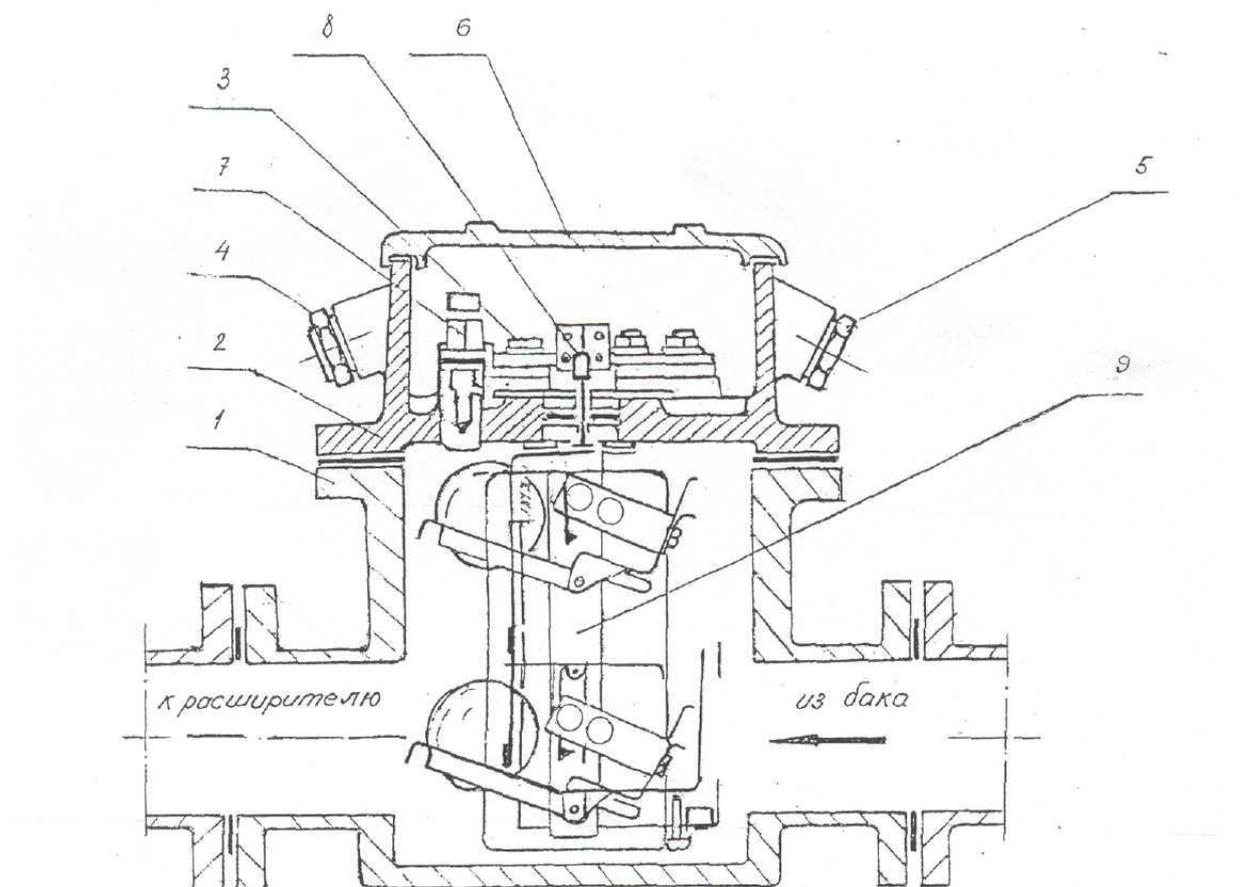


Рисунок 5- Схема реле защиты трансформатора РЗТ-50, РЗТ-80

Нижняя система переключения выполнена аналогично, но имеет дополнительный элемент (на той же оси рычага) - заслонку, воспринимающую скоростной напор потока жидкости.

Заслонка удерживается в фиксированном положении регулируемым магнитным щелевым затвором. Перед заслонкой установлен экран с отверстием, перекрываемым регулируемой шторкой.

Реле типа РЗТ-80 имеет дополнительную систему экранов, защищающих верхнюю систему переключений от динамического воздействия потока изолирующей жидкости, протекающей через реле.

У струйного реле типа РЗТ-25 имеется только одна система переключения, которая соответствует нижней системе переключений двухпоплавокных реле типа РЗТ-50 и РЗТ-80, и фиксатор-заслонку, обеспечивающий "запоминание" сигнала "ОТКЛЮЧЕНИЕ".

## 2.5 ОСОБЕННОСТИ СТРУЙНЫХ РЕЛЕ URF-25, RS-1000, РЗТ-25

Для защиты контактов РПН применяются URF 25/10 и RS-1000. Реле URF 25/10 состоит из корпуса и крышки (рисунок 6), изготовленных из атмосферостойкого сплава легких металлов, к крышке крепятся все основные элементы реле (U - контрольное, R - реле, F - с фланцем, 25 - внутренний диаметр в мм, 10 - давление в месте крепления фланца в  $\text{kgf/cm}^2$ ). На верхней части крышки реле закреплена табличка с указанием типа и данных реле, а на корпусе и на крышке изображены стрелки, которые должны быть направлены в сторону расширителя. Струйное реле URF 25/10-1 (далее реле URF 25/10) является одноэлементным.

Стальная фигурная скоба 1 (рисунок 6), крепящаяся винтами к крышке реле, служит основой для крепления реагирующего элемента реле, представляющего собой пластину 9, подобную пластине газового реле. Пластина расположена со стороны бака контактора и в нормальных условиях удерживается в определенном положении грузом 6.

Струя масла через реле, показанная стрелкой на рисунке 6 создает давление на пластину 9, что приводит к повороту ее на определенный угол.

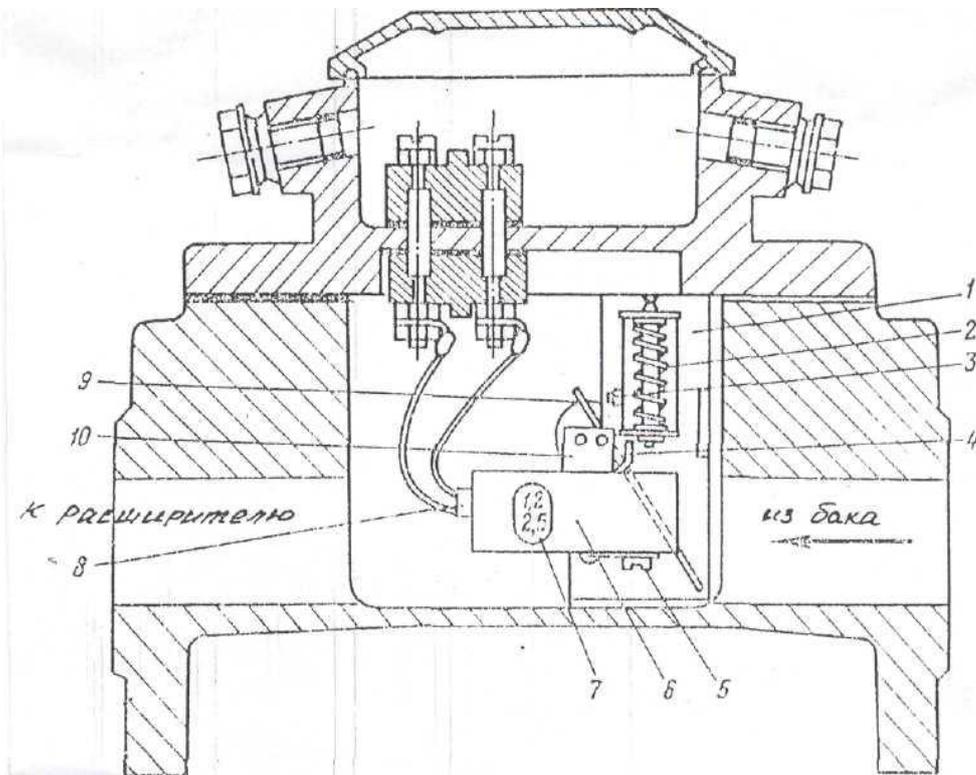


Рисунок 6- Струйное реле URF-25/10

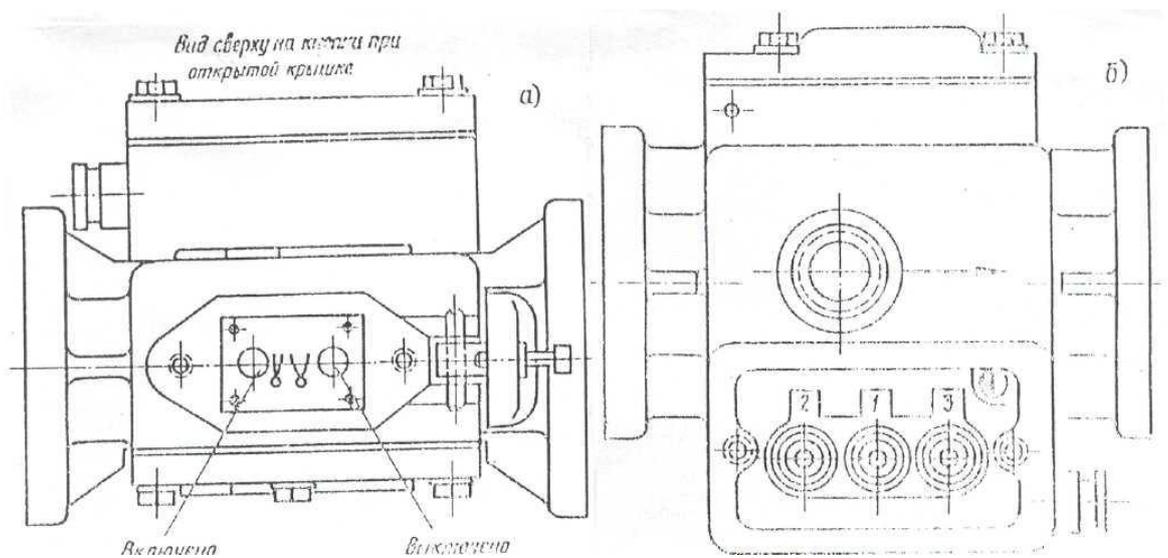


Рисунок 7- Струйное реле RS-1000

Груз 6 при этом поднимается, и круглый магнит (не виден на рисунке 6) приближается к управляемому им геркону 8, последний замыкается.

По окончании движения пластина оказывается зафиксированной в положении срабатывания с помощью защелки 4 из стальной проволоки, поэтому контакт реле остается замкнутым на длительное время, до возврата вручную. Это не дает возможности включить в работу отключившийся трансформатор с устройством РПН без принятия требуемых мер и ручного возврата струйного реле. Для возврата сработавшего реле в нормальное положение в нем имеется устройство возврата, которое служит также для контроля работоспособности реле, поэтому ниже оно называется устройством контроля-возврата.

Устройство контроля-возврата струйного реле конструктивно похоже на устройство контроля газового реле BF 80/Q, описанное выше, и состоит из подвижной рейки с возвратной пружиной и выступом. Устройство контроля-возврата управляется, как и у газового реле, кнопкой на крышке струйного реле. На табличке около кнопки изображены два ее положения с надписями "Возврат" и "Контроль".

При медленном нажатии кнопки рейка, двигаясь в направляющей рамке, опускается примерно на половину своего хода и отводит пружинную защелку из прорези установочной скобы 1, что приводит под действием силы тяжести груза 6 к возврату пластины 9 в нормальное положение и к размыканию контакта реле (сквозь смотровое стекло видно, как груз возвращается в горизонтальное положение). При дальнейшем нажатии кнопки вниз до упора происходит нажатие выступа 3 рейки 2 на закругленный край держателя груза 10, и последний поднимается, как и при давлении струи масла на пластину реле (сквозь смотровое стекло видно, когда реле оказалось в положении срабатывания), что приводит к действию реле на отключение.

Реле URF 25/10 выпускается двух исполнений для выбора различных уставок (скоростей масла):

1 диапазон - 0,9; 1,2; 1,5 m/s;

2 диапазон - 1,5; 2,0 и 2,5 m/s.

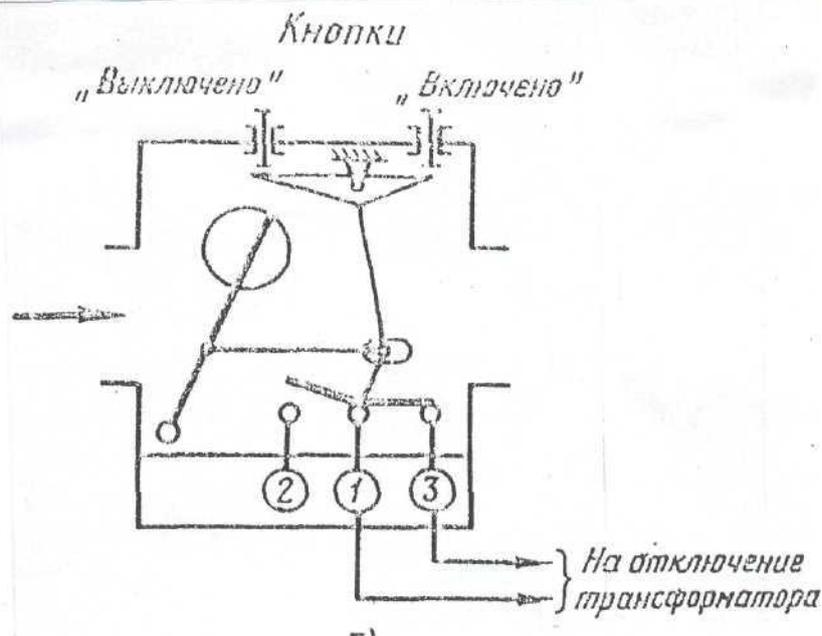
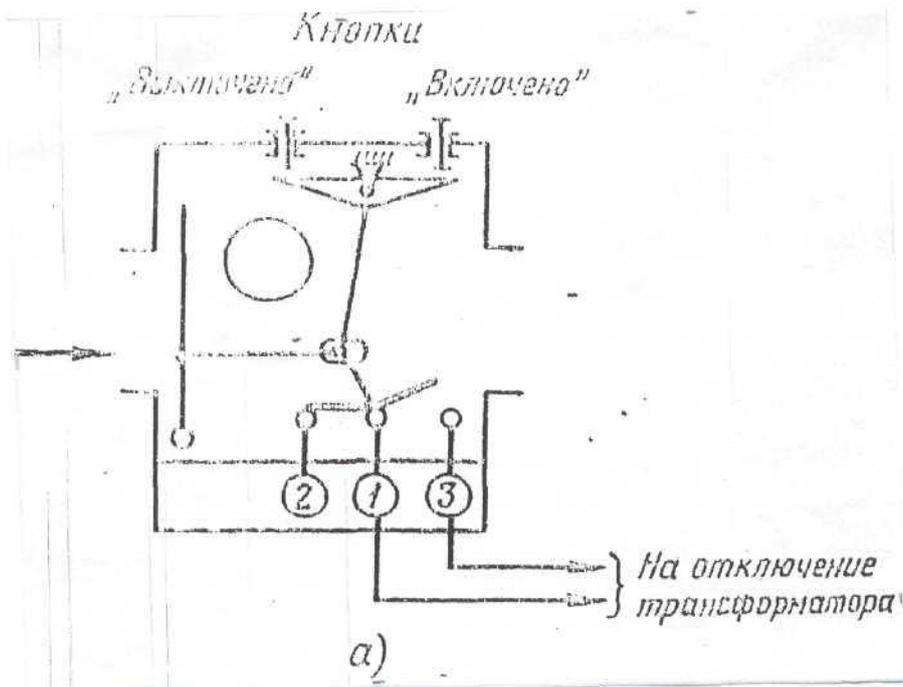
Выбор одной из трех уставок скорости масла каждого диапазона выполняется отвинчиванием винта 5 и перемещением груза 6 в держателе до положения, при котором в окне 7 держателя груза появится цифра выбранной скорости срабатывания.

Конструктивное выполнение коробки и крышки выводов реле, уплотнение крышки, выводов контактов, отверстий для контрольного кабеля и крепления выемной части реле к корпусу и крепления к маслопроводу аналогичны выполнению их в газовом реле BF 80/Q.

Один из болтов крепления крышки реле URF 25/10 к корпусу предназначен для заземления крышки, как это сделано у реле BF 80/Q; головка этого болта безопасности также окрашена в красный цвет.

Струйные реле RS-1000 устанавливаются на трансформаторах с устройствами РПН и предназначены для их защиты. Внешний вид реле RS-1000 показан на рисунке 7, функциональная схема, поясняющая принцип работы реле - на рисунке 8. Как и реле URF 25/10, реле RS-1000 реагирует только на скорость потока масла, однако имеет только одну уставку по скорости потока - 0,9 m/s.

Конструкция реле RS-1000 аналогична конструкции реле URF 25/10. Реагирующий элемент (пластина) расположен со стороны бака контактора и нормально удерживается в определенном положении. При возникновении повреждения струя масла через реле, (показана стрелкой), создает давление на пластину, что приводит к ее повороту на определенный угол и срабатыванию (замыканию) ртутного контакта 1-3 реле. Пластина фиксируется в сработавшем состоянии с помощью защелки, поэтому контакт 1-3 остается замкнутым длительное время, до возврата реле вручную.



а- в нормальном режиме; б- в режиме срабатывания

Рисунок 8- Функциональная схема реле RS-1000

Для возврата сработавшего реле необходимо нажать на кнопку "Включено", находящуюся под верхней крышкой (рисунок 7). В отличие от реле URF 25/10, реле RS-1000 имеет независимую кнопку для проверки работоспособности - "Выключено". При нажатии кнопки "Выключено" с помощью тяги отключающая пластина поворачивается,

что приводит к замыканию контакта 1-3, как при срабатывании реле от потока масла. Возврат реле выполняется нажатием кнопки "Включено".

У реле РЗТ-25 опробование работоспособности производится нажатием на контрольную кнопку. При этом, в момент срабатывания реле, срабатывает фиксатор-защелка и не позволяет системе вернуться в исходное состояние. Для того, чтобы вернуть реле в рабочее состояние необходимо повторно нажать на контрольную кнопку.

В отличие от газовых реле у струйных реле URF 25/10, РЗТ-25 и RS-1000 отсутствует кран для отбора проб газа или масла, нет делений на смотровых стеклах, поскольку в процессе эксплуатации нет надобности выпускать газ из реле. Замена масла в баке (отсеке) контактора предусматривается при ухудшении его качества или при достижении заданного числа переключений контактора.

Отбор проб масла из бака контактора производится через сифонное устройство, а не из струйного реле.

### 3 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОТСЕЧНОГО КЛАПАНА И РЕЛЕ УРОВНЯ МАСЛА

#### 3.1 ОТСЕЧНОЙ КЛАПАН

Отсечной клапан представляет собой устройство для перекрытия маслопровода вблизи расширителя трансформатора мощностью 100 MVA и более для предотвращения развития пожара (в случае его возникновения) за счет вытекания масла из расширителя на поврежденный трансформатор 4.

Поэтому отсечной клапан 3 (рисунок 9) устанавливается на маслопроводе, соединяющем расширитель 1 и бак трансформатора 4 (между расширителем 1 и газовым реле 2).

Конструкция отсечного клапана показана на рисунке 10. Он состоит из корпуса 1, клапана 2, пружины 3, ввода 4, плиты 5, пробки 6, кожуха 7, кнопки 8, тяги 9, вилки 10, стаканов 11,15, диска 12, якоря 13 и обмотки 14 электромагнита, пружины 16, фланца 17 для присоединения к расширителю.

Вводы электромагнита клапана (рисунок 10) подключаются к схеме релейной защиты трансформатора. В случае возникновения внутренних повреждений в трансформаторе на обмотку электромагнита 14 от его устройств релейной защиты подается напряжение переменного тока 220 V, якорь 13 втягивается и выводит из зацепления вилку 10 с тягой 9. Под действием пружины 3 клапан 2 перекрывает проход для масла между расширителем и баком. При этом одновременно диск 12 нажимает на кнопку 8, контакт который отключает электромагнит 14.

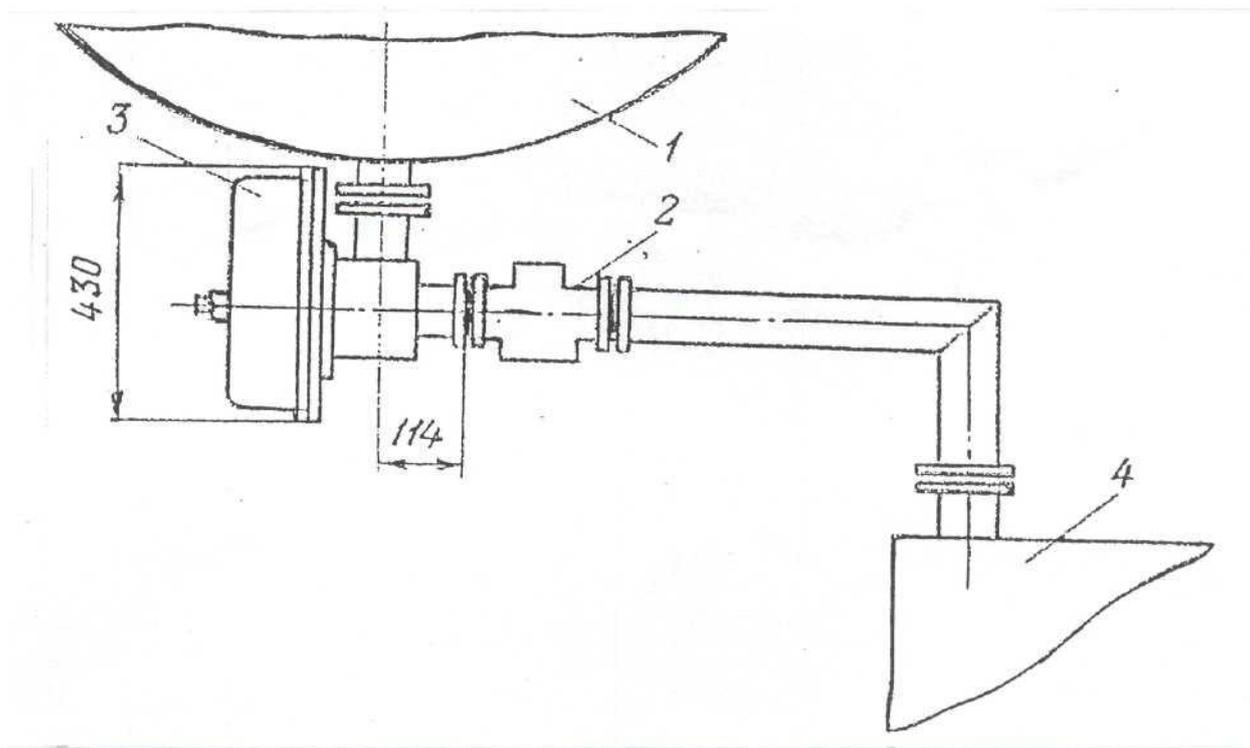


Рисунок 9- Отсечной клапан

Другой контакт кнопки используется в цепях сигнализации, указывая путем действия на сигнализацию закрытое положение отсечного

клапана. Номинальное напряжение обмотки электромагнита – 220 V переменного тока, 50 Hz.

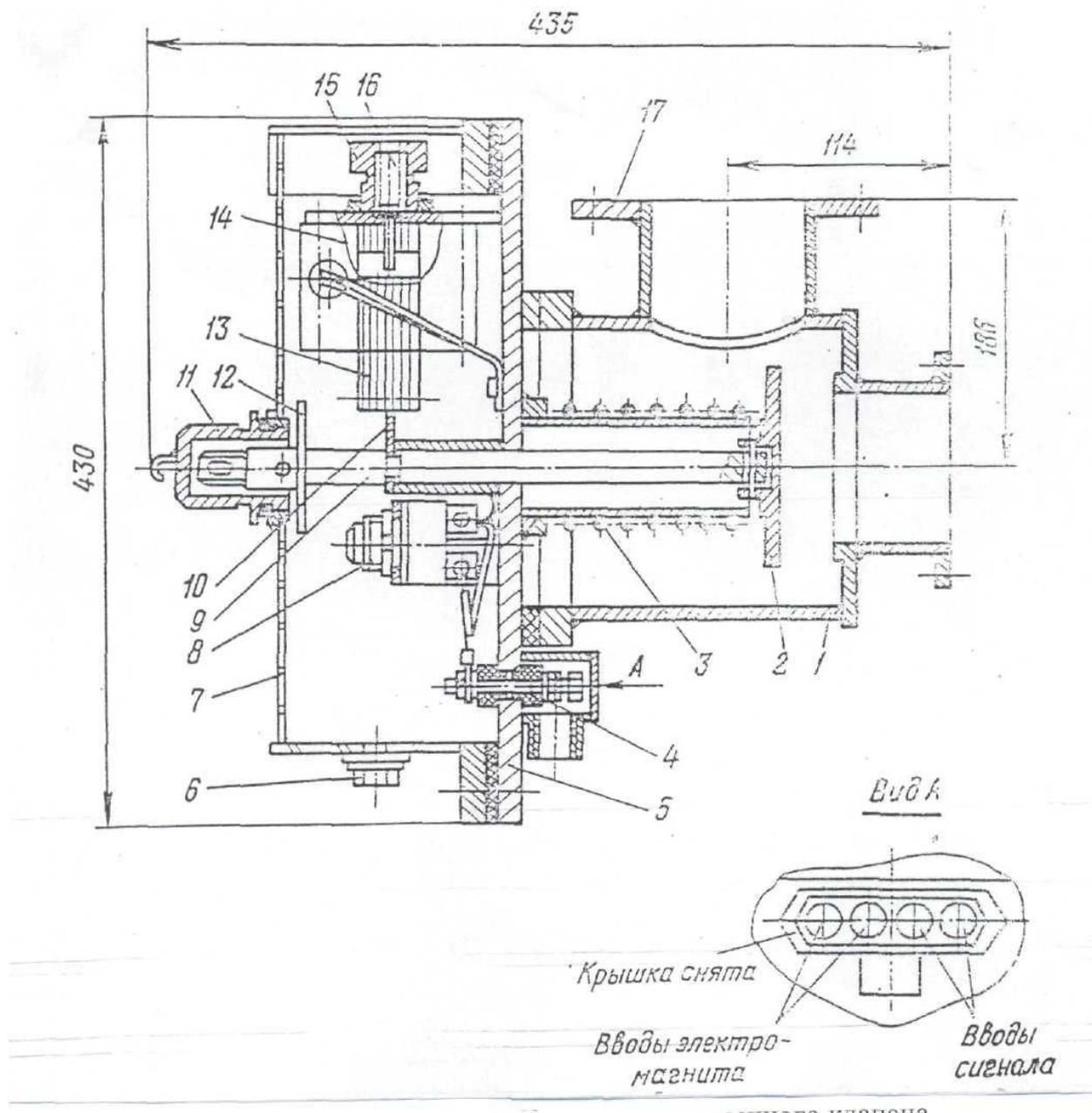


Рисунок 10- Конструкция отсечного клапана

Установка клапана в рабочее (взведенное) состояние производится вручную путем оттягивания тяги 9 крюком стакана 11. Для этого сначала необходимо отвинтить стакан 11, а затем крюком на его крышке оттянуть тягу 9.

### 3.2 РЕЛЕ УРОВНЯ МАСЛА

Реле уровня масла предназначено для контроля количества масла в расширителе трансформатора. Оно имеет стрелочный указатель для визуальной оценки уровня масла и контактный выход для подключения к цепям сигнализации.

Реле выполнено в виде диска, с одной стороны которого под стеклянной крышкой перемещается стрелка визуального указателя, а с другой - крепится каркас, на котором смонтирован сигнальный элемент реле. Сигнальный элемент состоит из широкой плоскодонной чашки, которая имеет возможность поворачиваться вокруг оси. На другой ее стороне закреплен стрелочный указатель. Внутри чашки помещена изоляционная стойка, на выступе которой закреплены подвижные контакты. Неподвижные контакты смонтированы на изоляционной пластинке, установленной на каркасе реле. С наружной стороны ниже стеклянной крышки крепится коробка выводов с сальником для подключения кабеля.

Когда сигнальный элемент находится в масле, чашка сигнального элемента при помощи пружины приподнята несколько кверху (на 5-10°С), при этом контакты разомкнуты. При понижении уровня масла усилие, создаваемое массой масла в чашке, заставляет ее опуститься и надежно замкнуть контакты.

В новых конструкциях реле уровня замыкающие контакты заменены на герконы, чашка на поплавок. При изменении положения поплавок меняется положение связанных с ним стрелки и постоянного магнита. Последний при приближении к геркону заставляет его переключаться.

Контакты используются в цепи внешней сигнализации (входящей в комплект защит трансформатора) о снижении уровня масла в расширителе до недопустимо низкого уровня. Срабатывание реле уровня масла

происходит до срабатывания сигнального элемента газового реле, что позволяет заблаговременно принять меры по устранению неисправности трансформатора.

#### 4 ВИДЫ, ОБЪЕМ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ

Газовая защита должна проверяться в соответствии с действующими директивными материалами. Устанавливаются следующие виды планового технического обслуживания защиты:

- проверка при новом включении (Н);
- первый профилактический контроль (К1);
- профилактический контроль (К);
- профилактическое восстановление (В).

Кроме того, в процессе эксплуатации могут проводиться следующие виды непланового технического обслуживания:

- внеочередная проверка;
- послеаварийная проверка.

Цикл технического обслуживания (срок между профилактическими восстановлениями) газовой защиты трансформаторов должен устанавливаться на основе цикла капитальных ремонтов трансформатора или его выключателей и может быть принят 6-8 лет.

В перерывах между профилактическими восстановлениями один раз в 3-4 года может проводиться профилактический контроль.

Учитывая возможность выявления каких-либо дефектов, не обнаруженных при новом включении или проявившихся в первый год эксплуатации, первый профилактический контроль проводится через год-полтора эксплуатации защиты.

Неплановое техническое обслуживание следует производить после проведения каких-либо работ на трансформаторе, которые могут оказать

влияние на работу газовой защиты, а также после случаев ее излишней и ложной работы.

Техническое обслуживание защиты контакторов устройств РПН производится в те же сроки, что и обслуживание защиты трансформатора с совмещением профилактического контроля и профилактического восстановления с плановыми ремонтами трансформатора.

При проведении технического обслуживания газовых реле и струйных реле должны проводиться следующие виды работ:

- a) подготовительные работы (Н, К1, К, В);
- b) внешний осмотр (Н, К1, К, В); спуск из корпуса реле около 2-2,5 л загрязненного масла (только при К1, К 5 0, В);
- c) внутренний осмотр, ревизия механической части (Н, К1, В);
- d) проверка правильности регулирования уставки и положения контактов (Н, К1, В).
- e) проверка срабатывания отключающего и сигнального элементов спуском масла из корпуса реле (Н, К1, В);
- f) измерение сопротивления (при Н, К1, К, В) и испытания (при Н, К1, В) изоляции электрических цепей реле между цепями (при отключенных контактах реле) и по отношению к "земле". Проверка изоляции разомкнутых контактов реле мегаомметром на 500 В для реле с герконами и 1000 В для всех остальных;

Примечание- Рекомендуемые значения уставок по скорости срабатывания реле защиты трансформаторов приведены в таблице 1, а контакторов РПН - в таблице 2. Проверка производится при новом включении.

g) проверка срабатывания реле нажатием на кнопку контроля работоспособности - для реле BF 80/Q, BF 50/10, URF 25/10, P3T-25, P3T-50, P3T-80, RS-1000 (Н, К1, К, В);

h) проверка герметичности и плавучести поплавков для реле ПГ-22, ПГЗ-22 (Н, К1, В) и чашек - РГЧЗ-66 ;

j) проверка уставки срабатывания по скорости потока масла измерением действительной уставки - только после ремонта механической части или замены отключающей пластины в реле РГЧЗ-66.

Таблица 1- Рекомендуемые уставки по скорости срабатывания газовых реле

Мощность трансформатора (MVA) и вид охлаждения	Уставка реле (скорость масла), m/s			
	BF 80/Q, РЗТ-80	РГЧЗ-66	ПГ-22, ПГЗ-22	BF 50/10 РЗТ-50
До 40 MVA включительно, охлаждение М и Д	0,65	0,6	0,6	0,65
Более 40 MVA, охлаждение Д	1,0	0,9	-	-
Независимо от мощности, охлаждение Ц и ДЦ	1,0	1,2	-	-

Таблица 2-Рекомендуемые уставки по скорости срабатывания реле защиты контакторов переключающих устройств

Типы устройств РПН	Номинальный ток, А	Уставка реле (скорость масла), m/s			
		URF 25/10 РЗТ-25	BF 80/Q, РЗТ-80	РГЧЗ-66	RS-1000
Однофазные РНОА	1000 и более	2,5	1,0	1,2	-
Трехфазные: SCV1-1100		2,5	-	-	-
SDV-1250	1100	2,5	-	-	-
Однофазные SAV1-1600	1250	2,5	-	-	-
	1600	1,5	-	-	-
Трехфазные SDV1-630	630	0,9	0,65	0,6	-
Трехфазные РНТА 35/320	320	0,9	0,65	0,6	-
Все другие типы устройств РС-2, РС-3 и РС-4	Менее 400 Все токи	-	-	-	0,9

Примечание - При использовании газовых реле (РГЧЗ-66, РЗТ-80, BF 80/Q) в качестве струйных реле защиты контакторов РПН (при нехватке струйных реле) они

устанавливаются в маслопроводе диаметром 25 mm и предназначены для срабатывания от потока масла; для этого используется только отключающий элемент реле;

Техническое обслуживание отсечного клапана и реле уровня производится в те же сроки, что и реле газовой защиты. При этом должны выполняться следующие виды работ:

- а) внешний осмотр (Н, К1, В);
- б) проверка срабатывания (Н, К1, В);
- с) измерение сопротивления и испытания изоляции между цепями (при отключенных контактах, используемых в цепях сигнализации) и по отношению к "земле" (Н, К1, В).

## 5 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ

### 5.1 ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

В подготовительные работы входят: подготовка и анализ схем защиты трансформатора, анализ выполнения цепей газовой защиты, связанных с другими устройствами РЗА данной электростанции или подстанции, определение уставки срабатывания отключающего элемента реле по скорости потока (только при наладке), подготовка программы работ, а также инструментов, приборов и устройств, требующихся при техническом обслуживании.

### 5.2 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

При внешнем осмотре реле по направлению стрелки должна проверяться правильность установки его в маслопроводе, целостность корпуса, смотровых стекол и проходных изоляторов выводов и наличие всех крепежных болтов и их затяжка.

Должны также проверяться правильность установки на крышке реле болта, головка которого окрашена в красный цвет (болта

безопасности), наличие уплотняющей прокладки в крышке коробки выводов реле, надежность крепления крышки и состояние разделки контрольного кабеля защиты, а также исправность крана для отбора газа и пробок спускных отверстий в дне корпуса и отсутствие течи масла из корпуса реле.

### 5.3 ВНУТРЕННИЙ ОСМОТР

При осмотре выемной части реле проверяется отсутствие видимых повреждений и надежность крепления всех внутренних элементов (затяжка всех болтов и гаек, наличие пружинящих шайб), величина люфтов осей реле (продольные люфты не должны превышать 0,5 мм, а поперечные должны практически отсутствовать), отсутствие заедания движущихся частей и отсутствие на них продуктов разложения масла (желеобразных масс).

Кроме того, производится проверка правильности установки прокладок между фланцами реле (они не должны сужать проходное отверстие маслопровода) и регулировки контактной системы реле.

У реле с ртутными контактами проверяется:

- отсутствие трещин в стеклянных баллончиках ртутных контактов с помощью лупы не менее чем с пятикратным увеличением;
- отсутствие посторонних включений и качество ртути (ртуть не должна прилипать к стеклу и дробиться на шарики при встряхивании);
- стеклянные баллончики должны быть установлены так, чтобы в нормальном (несрабатывшем) состоянии, когда контакт разомкнут, расстояние от поверхности ртути до второго электрода, непогруженного в ртуть, составляло 3-4 мм. При замыкании контакта ртуть должна залить оба контакта равномерно. У реле RS-1000 аналогично проверяется перетекание ртути от размыкающего контакта (выводы 1-2) к замыкающему (выводы 1-3).

У реле с замыкающими (механическими) контактами (РГЧЗ-66) проверяется:

- степень износа спиральной пружины, удерживающей подвижную контактную систему в верхнем положении;

- отсутствие выработки отверстий в местах крепления оси чашек;

- параллельность пластин неподвижных контактов и расположение их в одной плоскости, соблюдение расстояния между подвижными и неподвижными контактами 2-2,5 mm;

- надежность запрессовки оси чашки в стойку, отсутствие возможного перемещения чашки вместе со стойкой вдоль оси;

Совместный ход контактов (около 2 mm), при этом подвижные контакты должны скользить по середине пластин неподвижных контактов.

У реле с герконами проверяется:

- целостность стеклянных баллонов герконов (отсутствие масла), путем осмотра. Расстояние от стеклянного баллона до плоскости управляющего магнита должно быть в пределах 0,5-2,0 mm при замкнутых контактах;

- четкость работы контактов при крайних положениях поплавков и пластины отключающего элемента;

- отсутствие масла в полостях пластмассовых поплавков.

#### 5.4 ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ УСТАВКИ ПО СКОРОСТИ ПОТОКА МАСЛА

Для обеспечения срабатывания контактов отключающих поплавков реле ПГ-22 и ПГЗ-22 при скорости масла не менее 0,5 m/s, необходимо регулирующий груз установить так, чтобы он создавал наибольший тормозящий момент (в сторону размыкания контакта). При такой установке груза проверка чувствительности реле по скорости потока масла необязательна.

У реле РГЧЗ-66 для получения заданной уставки необходимо установить соответствующую калиброванную пластину. Затем необходимо

провести косвенную проверку чувствительности нижнего элемента реле. Для этого выемная часть реле вместе с крышкой устанавливается на горизонтальной плоскости. Затем нижняя чашка реле заполняется трансформаторным маслом и с помощью пружинного граммометра (динамометра) до 50 g, конец которого подводится под край дна чашки с той стороны, где установлена спиральная пружина, приподнимается.

При усилии 25-30 g контакты должны разомкнуться. Совместный ход до размыкания контактов около 2 mm.

Если косвенной проверкой обнаружена разрегулировка реле, то проверка чувствительности реле по скорости потока масла должна производиться на специальной установке подачей потока масла толчком при постепенном увеличении скорости потока масла до срабатывания элемента (пластины) реле с замыканием контактов. Время срабатывания реле при скорости потока, равной 1,25 уставки, должно быть не более 0,2 s.

Для получения нужной уставки реле BF 80/Q следует вывернуть винт магнитодержателя отключающего элемента и передвигать последний до тех пор, пока в его окне не появится необходимая цифра выбранной в соответствии с таблицами 1,2 уставки.

Для выполнения нужной уставки реле URF 25/10 следует вывернуть винт грузодержателя, груз передвинуть в нужное положение до появления в окне грузодержателя цифры нужной уставки, затем груз зафиксировать винтом.

Скорость срабатывания некоторых реле не проверяется, поскольку настройка не требует большой точности, и реагирующая часть реле выполнена так, что возможность изменения скорости срабатывания исключена.

После внутреннего осмотра и настройки реле их подвижная часть во избежание повреждения при перевозке или монтаже арретируется

путем помещения под крышку устройства контроля-возврата прокладки заводского изготовления.

Проверка чувствительности реле подачи потока масла должна производиться только после ремонта, вызванного механическими повреждениями.

Проверка чувствительности отключающего элемента реле RS-1000 должна производиться косвенным образом, путем измерения усилия, необходимого для срабатывания реле.

Для определения усилия необходимо установить рычаг граммометра в верхний край отключающей пластины так, чтобы рычаг являлся продолжением плоскости пластины и плавно вести граммометр в сторону срабатывания реле. В этих условиях усилие срабатывания исправного реле, отрегулированного на заводе-изготовителе, колеблется в пределах 120-140 g.

Реле РЗТ поставляются потребителю в соответствии с заказанным порогом срабатывания по скорости потока масла. При отсутствии этих данных устанавливается порог срабатывания по скорости потока масла 1 m/s. При необходимости изменения порога срабатывания по скорости потока масла реле вскрывается и изменением положения шторки, частично перекрывающее проходное окно в экране, регулируется требуемая скорость. Правильность выставленной уставки должна проверяться на установке по проверке газовых реле.

## 5.5 ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ И ИСПЫТАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ

Измерение сопротивления изоляции цепей газовой защиты и испытание электрической прочности их изоляции должны выполняться следующим образом.

Мегаомметром на 1000 V измеряется сопротивление изоляции газовой защиты при полностью собранной схеме:

- между отключающими и сигнальными цепями;

- отключающих цепей относительно земли;
- сигнальных цепей относительно земли;
- между жилами сигнальных цепей;
- между жилами отключающих цепей.

При двух последних измерениях кабель газовой защиты отключается от выводов реле с герконом, поскольку изоляция между их размыкающими контактами рассчитана на испытательное напряжение 500 V.

Изоляция между размыкающими контактами геркона должна измеряться и испытываться мегаомметром на 500 V, а реле с ртутными и замыкающими контактами - на 1000 V.

Испытание электрической прочности изоляции цепей газовой защиты относительно земли в полной схеме и изоляции между жилами контрольного кабеля (с отсоединенным реле) должно производиться напряжением 1000 V переменного тока в течение 1 min. При профилактических восстановлении допускается проводить испытание изоляции мегаомметром 2500 V.

#### 5.6. ПРОВЕРКА РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОВОГО РЕЛЕ ПРИ ПОНИЖЕНИИ УРОВНЯ МАСЛА

Эту проверку следует производить после монтажа реле на маслопроводе. Сначала необходимо закрыть кран между газовым реле и расширителем. Кран в крышке реле открывается для доступа в реле воздуха, после чего отвинчивается пробка в дне корпуса. По мере вытекания масла из реле его верхняя часть заполняется воздухом. Объем воздуха, при котором срабатывает сигнальный элемент (около 300 см<sup>3</sup> для реле ВР 80/Q и РЗТ-80. Для реле РГЧЗ-66 около 400 см<sup>3</sup>) фиксируется по шкале смотрового стекла, а замыкание контакта сигнального элемента по- подключенному к нему индикатору. Затем индикатор срабатывания подключается к зажимам отключающего

элемента. При продолжении слива масла из корпуса газового реле срабатывает отключающий элемент, что фиксируется по индикатору.

При проведении профилактического восстановления и первого профилактического контроля проверка проводится с действием на сигнализацию и выходные промежуточные реле защит трансформатора (предпочтительно на отключение выключателей).

По окончании проверки пробку в дне реле завинчивают и, открыв кран на маслопроводе и кран реле, вновь заполняют маслом.

На трансформаторах не снабженных азотной или пленочной защитой масла проверка работы элементов газового реле может проводиться также путем нагнетания воздуха в реле с помощью насоса через кран в крышке. По мере наполнения корпуса реле воздухом, аналогично как и при сливе масла, фиксируется срабатывание сигнального, а затем отключающего элементов. Если путем нагнетания воздуха в реле добиться срабатывание его элементов не удастся, то проверку следует провести путем слива масла.

#### 5.7 ПРОВЕРКА РАБОТЫ СХЕМЫ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ

Проверка должна производиться при напряжении оперативного тока  $U_{ном}$  и  $0,8 U_{ном}$  (только при Н) и всех возможных положениях переключающих устройств (накладок). Нажатием на кнопку устройства контроля (а при ее отсутствии сливом масла из корпуса реле или нагнетанием воздуха) должен приводиться в действие сигнальный элемент, а затем при дальнейшем нажатии - отключающий элемент; при этом должна работать сигнализация и выходные промежуточные реле защит трансформатора на отключение выключателей трансформатора.

#### 5.8 ПРОВЕРКА ОТСЕЧНОГО КЛАПАНА И РЕЛЕ УРОВНЯ

Работы при внешнем осмотре, измерении и испытании изоляции отсечного клапана аналогичны описанным выше для реле газовой защиты.

Для проверки отсечного клапана проводится измерение напряжения срабатывания, подаваемого толчком на обмотку электромагнита. Напряжение срабатывания электромагнита не должно превышать 0,8 номинального значения. При проверке проверяется разрыв цепи тока электромагнита после его срабатывания и замыкание контакта действием на сигнализацию о работе отсечного клапана.

Проверка срабатывания реле уровня может быть произведена только косвенным путем. С помощью достаточно сильного постоянного магнита (например, от реле РП-8) имитируется срабатывание реле путем воздействия на магнитную систему геркона через корпус реле, который выполнен из немагнитного материала.

## 6 ОПЕРАТИВНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ

Персоналом должны проводиться все работы по проверке и настройке реле газовой защиты как при новом включении, так и при дальнейшем техническом обслуживании.

При наладке защит трансформатора персоналом специализированной наладочной организации все работы при новом включении должны выполняться этим персоналом при участии в окончательных проверках персонала ПСРЗАИ ОАО ЭС, МЭС.

Ремонтным персоналом должны выполняться монтаж и установка трансформатора с соблюдением нужного наклона и монтаж газового реле.

Осмотр газовых реле должен производиться оперативным персоналом (одновременно с осмотром трансформаторов без отключения последних), предусмотренные правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей Республики Узбекистан (ПТЭ РУз, 2004 г.).

С учетом местных условий и состояния трансформаторов сроки осмотров могут изменяться решением главного инженера предприятия.

При осмотре трансформатора оперативный персонал должен обращать внимание на отсутствие течи масла из бака трансформатора, на уровень масла в расширителе и на отсутствие газа в газовом реле, открытое положение крана между газовым реле и расширителем, осматриваются также другие реле защиты.

В зависимости от серьезности обнаруженных отклонений от нормальных условий эксплуатации трансформатора оперативный персонал должен принимать меры, а при необходимости ставить в известность о случившемся вышестоящий оперативный персонал, а также персонал ОАО ЭС, МЭС. Обязанности оперативного персонала распространяются на персонал оперативно-выездных бригад (ОВБ), который должен также устранять выявленные незначительные неисправности, не требующие привлечения специализированного ремонтного персонала.

Порядок операций с газовой защитой в нормальных условиях эксплуатации. Отключающий элемент газовой защиты должен быть включен с действием "на отключение" при включении трансформатора и не должен затем переводиться "на сигнал" на время выделения воздуха из трансформаторного масла.

Перевод отключающего элемента газовой защиты с действием "на сигнал" должен производиться в следующих случаях:

- на время проверки защиты;
- при неисправности защиты;
- при работах в масляной системе трансформатора, когда возможны толчки масла или попадание в масло воздуха, что может привести к срабатыванию газовой защиты (например, при заполнении элементов системы охлаждения маслом на работающем трансформаторе, при регенерации масла трансформатора под нагрузкой и др.);

- при доливке масла, если его уровень оказывается ниже газового реле; после доливки масла в трансформатор отключающий элемент газовой защиты переводится с действием "на отключение";

- при временных взрывных работах вблизи установки трансформатора;

- при выводе в ремонт трансформатора с сохранением в работе его выключателей.

Контроль за выделением воздуха из трансформатора следует выполнять после включения в работу вновь смонтированного трансформатора, а также после его ремонта или длительного нахождения в резерве и после доливки большого количества масла.

Оперативный персонал должен вести наблюдение за выделением воздуха из трансформатора и периодически выпускать воздух через кран в крышке реле, не дожидаясь работы последнего "на сигнал".

Осмотр газовых реле, выпуск из них воздуха и отбор проб газа на работающих трансформаторах должен производиться со стационарных площадок и лестниц с соблюдением правил техники безопасности для работ вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением.

Для отбора пробы газа с уровня земли на ряде трансформаторов предусматривается трубка с краном, присоединяемая к крану газового реле.

Для этой же цели завод-изготовитель реле ВФ 80/Q выпускает приставку к реле.

Интенсивность выделения воздуха зависит от температуры масла трансформатора: при большой температуре выделение воздуха ускоряется, контроль может потребоваться в течение 1-3 суток.

Время окончания контроля за трансформатором после прекращения деления воздуха должно фиксироваться в оперативном журнале.

## 6.1 КОНТРОЛЬ ЗА УРОВНЕМ МАСЛА В РАСШИРИТЕЛЕ ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ ЕГО РАБОТЕ И ПРИ ВЫВОДЕ В РЕЗЕРВ

Оперативный персонал должен следить, чтобы уровень масла в расширителе не выходил за допустимые пределы, особенно за нижний, чтобы избежать срабатывания газовой защиты, а также чрезмерного снижения уровня масла, что может вызвать повреждение трансформатора.

При снижении уровня масла из-за резкого понижения температуры или небольшой течи масла газовую защиту из работы выводить не следует. Для восстановления уровня масла может быть произведена его доливка с подачей масла в бак ниже уровня газового реле. При такой доливке газовую защиту следует переводить «на сигнал» только непосредственно перед началом подачи масла в трансформатор.

В случае резкого понижения уровня масла (несоответствие температуры масла его уровню более чем на 20 °С) сопровождающимся работой реле уровня масла, трансформатор следует отключить по согласованию с диспетчером. При большой скорости ухода масла трансформатор следует отключить немедленно с последующим уведомлением диспетчера.

## 6.2 РАБОТЫ С ГАЗОВОЙ ЗАЩИТОЙ ПРИ ЗАМЕНЕ ПОВРЕЖДЕННОЙ ФАЗЫ ТРАНСФОРМАТОРА РЕЗЕРВНОЙ

Если резервная фаза вводится в работу путем переключения в пер-вичных цепях, то перед включением в работу трансформаторной группы газовая защита поврежденной фазы должна выводиться из работы своим отключающим устройством (накладкой), а переключающее устройство газовой защиты резервной фазы подключает ее к действующим цепям защиты.

Если резервная фаза трансформатора устанавливается на фундамент взамен выведенной в ремонт, то подключение цепей газового реле

резервной фазы должно производиться персоналом ОАО ЭС, МЭС, а ввод защиты в работу выполняет в обоих случаях оперативный персонал.

Порядок операций с газовой защитой при ее работе "на сигнал". При работе газовой защиты "на сигнал" оперативный персонал должен определить по устройствам сигнализации, на каком трансформаторе (фазе трансформаторной группы) сработала защита, сообщить об этом вышестоящему оперативному персоналу и немедленно осмотреть трансформатор.

Если при осмотре трансформатора обнаружатся явные признаки повреждения (потрескивания, необычный гул, щелчки или другие признаки повреждения внутри бака трансформатора), он должен быть отключен немедленно. Затем отобран газ из реле для химического анализа и проверки на горючесть. Для обеспечения безопасности персонала при отборе газа из газового реле и выявления причины его срабатывания должны быть произведены разгрузка и отключение трансформатора. Время выполнения работ по разгрузке и отключению должно быть минимальным.

Если при осмотре трансформатора признаков повреждения не обнаружено, то следует проверить наличие масла в расширителе и далее через смотровое стекло газового реле установить наличие в реле газа. Затем необходимо отобрать пробу газа на горючесть и для химического анализа.

Отбор пробы газа производится в емкость не менее 400-450 см<sup>3</sup> или в газоотборник с прозрачными стенками, который может быть изготовлен из плексиглаза. Горючесть отобранного газа должна определяться сразу же в помещении, поскольку на открытом воздухе ветер или дождь может препятствовать возгоранию.

Если газ горючий или в нем (по результатам анализа) содержатся продукты разложения изоляции, трансформатор должен быть немедленно выведен в ремонт. Трансформатор и реактор даже при выделении

негорючего газа, в котором отсутствуют продукты разложения изоляции, должны быть выведены из работы для выяснения и устранения причины появления газа. Если вывод из работы вызовет недоотпуск электроэнергии, трансформатор (реактор) может быть оставлен в работе на срок, установленный главным инженером, с учетом результатов химического анализа газа.

Трансформатор на напряжение 220 kV и ниже при выделении негорючего газа и отсутствия признаков нарушения работы может быть оставлен в работе, при этом необходимо контролировать дальнейшее выделение газа и повторить проверку его горючести.

Скопление в газовом реле негорючего газа может свидетельствовать о начале повреждения, и при повторных пробах газ может оказаться горючим, поскольку при дальнейшем развитии повреждения продолжающееся разложение масла и твердой изоляции обмоток ведет к образованию горючего газа. Если после срабатывания газовой защиты на "сигнал" обнаружится отсутствие масла в расширителе при отсутствии течи масла из бака и каких-либо признаков ненормальной работы, то через отверстие в расширителе следует осторожно долить масло в работающий трансформатор. Газовая защита остается включенной на "отключение".

Если причиной срабатывания газовой защиты "на сигнал" явилась течь масла из бака, то, не выводя газовую защиту из действия, следует в возможно короткое время разгрузить и отключить трансформатор.

Если при работе газовой защиты "на сигнал" нет каких-либо признаков ненормальной работы трансформатора и отсутствует газ в реле, необходимо проверить сопротивление изоляции цепей защиты; трансформатор при этом остается в работе, а газовая защита выводится для внеочередной проверки с разрешения вышестоящего оперативного персонала. О случившемся нужно сообщить ПСРЗАИ ОАО ЭС, МЭС, персонал которых выявляет причину работы защиты.

### 6.3 ОТБОР ПРОБЫ ГАЗА

Отбор пробы газа из газового реле для химического анализа следует производить с помощью прибора (рисунок 11) состоящего из пипетки 1 вместимостью 500 см<sup>3</sup> и уравнительной склянки 2, которая соединяется резиновой трубкой 3 с нижним краном 5 пипетки. Прибор для

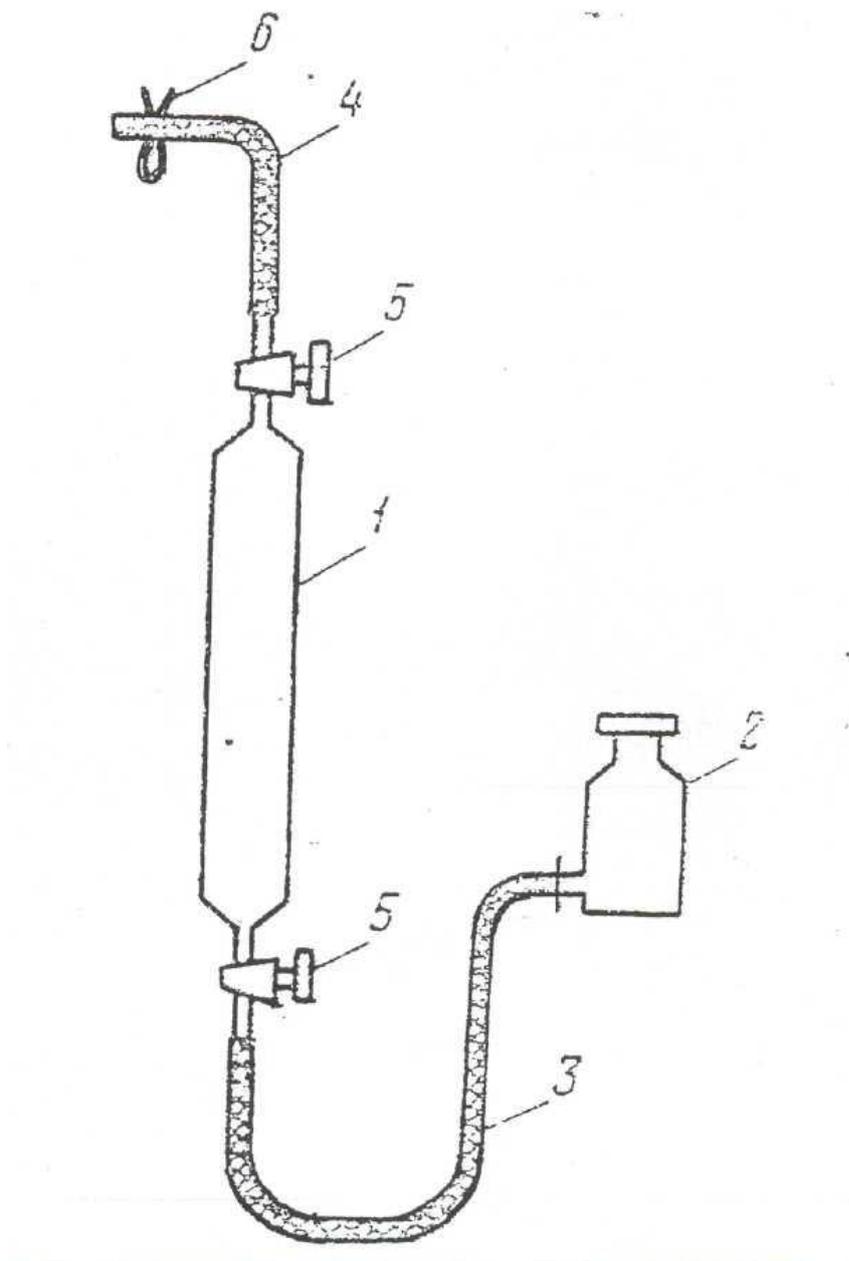


Рисунок 11- Прибор для химического анализа пробы газа

отбора проб газа размещается в деревянном футляре.

В качестве затворной жидкости в летнее время может быть использован 22%-ный раствор поваренной соли, подкисленный серной кислотой (5-6 капель серной кислоты) и подкрашенный метиловым оранжевым индикатором. В зимнее время допускается применять водный раствор глицерина (1:1 по объему) или трансформаторное масло.

Для отбора в пипетку пробы газа свободный конец резиновой трубки 4 необходимо присоединить к штуцеру крана газового реле, опустить пипетку ниже крана, установить уравнительную склянку на высоте нижнего крана пипетки, затем открыть краны пипетки и снять зажим с верхней резиновой трубки. Убедившись в отсутствии подсоса воздуха в пипетку при закрытом кране газового реле (уровень затворной жидкости в пипетке не должен опускаться), следует открыть этот кран и отобрать газ в пипетку.

Отбор газа следует производить до тех пор, пока уровень масла в газовом реле не достигнет верхней отметки на смотровом стекле или пока пипетка не заполнится газом. Затем необходимо закрыть кран газового реле и поднять уравнительную склянку на высоту верхнего крана пипетки для создания в пипетке избыточного давления. После этого следует закрыть нижний и верхний краны пипетки, снять резиновую трубку со штуцера газового реле. Пробу газа следует доставить на анализ.

В некоторых случаях (неудобства при отборе проб, неблагоприятные метеорологические условия) допускается отбирать пробу газа в пипетку без уравнительной склянки с выбросом затворной жидкости. В случае транспортирования пробы газа на значительное расстояние краны пипетки необходимо дополнительно герметизировать, заливая их расплавленным парафином.

Порядок операций с газовой защитой при ее работе «на отключение».

При работе газовой защиты «на отключение» трансформатора оперативный персонал должен определить по устройствам сигнализации, на каком трансформаторе (фазе трансформаторной группы) работала газовая защита, и сообщить об этом вышестоящему оперативному персоналу, немедленно осмотреть трансформатор и газовые реле и отобрать пробу газа для проверки на горючесть и для химического анализа. Перед отбором пробы газа вручную должен быть взведен отсечной клапан, если он закрылся.

Если выявляется, что причиной отключения трансформатора является его повреждение (повреждение бака, втулок или других элементов трансформатора, течь масла из бака, повреждение мембраны выхлопной трубы, наличие горючего газа в реле) или уход масла из расширителя и из бака ниже уровня газового реле, то вышестоящему оперативному персоналу должно быть сообщено о причине отключения трансформатора.

Поврежденный трансформатор должен быть выведен в ремонт.

В неповрежденный трансформатор доливается масло через отверстие с пробкой в расширителе; отключающий контакт реле переводится на время доливки с действием "на сигнал", а перед включением в работу он вновь должен включаться "на отключение".

Перевод "на сигнал" предусматривается, поскольку длительное нахождение в положении срабатывания выходного промежуточного реле защиты трансформатора увеличивает вероятность работы УРОВ, что нежелательно при нарушении нормальных условий эксплуатации электрооборудования на подстанции.

Возврат отсечного клапана в исходное (открытое) положение следует проводить при отключенном трансформаторе во избежание срабатывания газового реле на отключение, вызванного потоком масла из-за разности давлений в баке работающего трансформатора и расширителе.

Порядок операций при работе защиты контактора РПН.

При срабатывании защиты контактора она действует на отключение трансформатора. Оперативный персонал должен произвести осмотр устройства РПН.

После срабатывания защиты контактора требуется проведение ревизии контактора и замена повредившихся деталей металлокерамических контактов, добавочных сопротивлений, а также замена масла в баке контактора.

В процессе эксплуатации требуется замена масла в баке контактора после определенного числа переключений (устанавливается для каждого типа РПН) в случае неблагоприятного анализа масла, производимого 1 раз в год.

Если несмотря на повреждения контактора РПН, требуется сохранить в работе трансформатор, он может быть включен в работу после отключения устройства РПН, оперативных цепей управления РПН и блокирования привода.

Если выясняется, что защита контактора сработала ложно, например, из-за дефекта струйного реле или нарушения изоляции цепей, она должна быть выведена из работы своей накладкой на время ремонта реле, восстановления изоляции кабеля или замены его неисправных жил резервными. Перевод действия струйного реле "на сигнал" не производится и такой перевод не должен предусматриваться в схемах защиты.

Если на устройстве РПН по какой-либо причине выведено из работы струйное реле, то необходимо отключить автоматическое и запретить ручное регулирование напряжения. Срок работы РПН в этом режиме устанавливается главным инженером предприятия.

Если на эту работу требуется время в пределах одних суток, то по решению главного инженера предприятия трансформатор с устройством РПН может быть включен в работу без защиты контактора.

После срабатывания струйных реле защиты контактора (URF 25/10, РЗТ-25, RS-1000) следует производить их возврат медленным нажатием на кнопку, расположенную под крышкой в верхней части реле ("контроля-возврата" у реле URF 25/10, РТЗ-25 и "включено" у реле RS-1000). Целесообразно обратить внимание оперативного персонала на то, что возврат реле URF 25/10 выполняется нажатием кнопки только на половину ее хода, и на то, что через смотровое стекло следует убедиться, что после возврата груз располагается горизонтально.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Главным требованием потребителей к системе электроснабжения является обеспечение надежности и безопасности работы всех элементов системы, т.е. выполнение проектных функций и эксплуатационных параметров в заданных пределах. Поэтому обеспечение надежности и бесперебойности электроснабжения заключается в предупреждении отказов в работе различных элементов электросети, способных привести к нарушению технологических процессов у потребителей, а также быстром восстановлении нарушенного электроснабжения без нанесения значительного ущерба потребителям электроэнергии.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Успенский А.И. Методика технико-экономических расчётов при проектировании систем энергоснабжения. – Л.: ЛВВИСУ, 1987. – 36 с.
- 2 Рудь В.Д., Хайкин А.Л., Трыков С.А. Статистический анализ автоматических отключений ВЛ в сельских распределительных сетях // Повышение эффективности использования электрооборудования в АПК. – Саратов: Сарат. СХИ. 1991. – С. 35-39.
- 3 Листов А.Н. Применение электрической энергии в с.х. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 408 с.
- 4 Рубцов П.А., Осетров П.А., Бондаренко С.П. Применение электрической энергии в с.х. – М.: Колос, 1971. – 527 с.
- 5 Ерошенко Г.П., Рыхлов С.Ю. Оценка тепловой обстановки при помощи
- 6 Поярков К.М. Практикум по проектированию комплексной электрификации. – М.: Агропромиздат, 1987. – 192 с.
- 7 Александров Г.Н., Костенко М.В. Техника высоких напряжений. - VI: Высшая школа, 1973. - 528 с.
- 8 Аронов М.А., Базуткин В.В., Борисоглебский П.В. Лабораторные работы по технике высоких напряжений. – М.: Энергоиздат, 1982. – 352 с.
- 9 Разевиг Д.В. Техника высоких напряжений. – М.: Энергия, 1976. – 488 с.
- 10 Стефанов К.С. Техника высоких напряжений. – Л.: Энергия, 1967. – 494 с.
- 11 Нарселл Э. Электричество и магнетизм. – М.: Наука, 1975. – 438 с.
- 12 Иванов В.Н. Основы научных исследований. Методические указания по изучению
- 13 Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М.: Колос, 1965. – 136 с.
- 14 Денисов В.И. Техничко-экономические расчёты в энергетике. Методы экономического сравнения вариантов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 216 с.
- 15 Каганов И.Л. Курсовое и дипломное проектирование. – М.: Колос. 1990. – 230 с.
- 16 Методические рекомендации по планированию, учёту и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг) в сельском хозяйстве от 11 марта 1993 г. № 2-11/473. – 70 с.
- 17 Ерошенко Г.П. Анализ эффективности электрооборудования //Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 1978, №3 – С. 53-54.

## ПРИЛОЖЕНИЯ (справочное)

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ГАЗОВЫХ И СТРУЙНЫХ РЕЛЕ

#### **РЕЛЕ ПГ-22, ПГЗ-22**

1 Масса реле около 10 kg. Реле может быть установлено на трубопроводах с диаметром трубы в 2" и 3".

2 Габаритные размеры реле 230x195x190 mm.

3 Смотровое стекло реле ПГЗ-22 имеет шкалу с указанием объема выделенных газов в кубических сантиметрах. Шкала имеет градуировку в делениях 250-300-400-450-500-550-600-650 см<sup>3</sup>.

4 Чувствительность. Верхний поплавок (сигнальный) регулируется заводом на срабатывание (замыкание контакта) при объеме выделенного газа 250-300 см<sup>3</sup>. Нижний поплавок (отключающий) может регулироваться в зависимости от мощности защищаемого трансформатора по скорости движения масла. Нижний поплавок регулируется на срабатывание при скорости потока масла не менее 0,5-0,6 m/s.

5 Изоляция. Реле выдерживает испытательное напряжение 2000 V частоты 50 Hz в течение одной минуты.

6 Герметичность. Реле испытывается внутренним давлением в 147000 Pa (1,5 атмосферы) подогретого до +90 °C трансформаторного масла.

7 Контакты. Ртутные контакты могут замыкать и размыкать цепь постоянного и переменного тока с нагрузкой до 1 A при напряжении до 220 V.

#### **РЕЛЕ РГЧЗ-66**

1 Масса реле около 12 kg. Реле может быть установлено на маслопроводе с внутренним диаметром 80 mm.

2 Реле имеет три элемента. Верхний, выполненный в виде чашки, срабатывает при понижении уровня масла, обусловленного заполнением

реле воздухом или газом в объеме примерно 400 см<sup>3</sup>, а также утечкой масла.

Нижних элемента два: один выполнен в виде чашки и срабатывает практически при полном уходе масла из реле, а второй - скоростной элемент - выполнен в виде пластины и срабатывает при возникновении потока масла от трансформатора к расширителю с определенной скоростью.

3 Скоростной элемент имеет три сменные пластины, калиброванные по скорости потока масла, с уставками 0,6; 0,9 и 1/2 м/с, которые поставляются вместе с реле.

4 Время срабатывания скоростного элемента при скорости потока масла 1,25 уставки не превышает практически 0,1 с. Завод-изготовитель поставлял реле с пластинкой, на которой указана уставка 0,6 м/с.

5 Изоляция реле выдерживает испытательное напряжение 2000 В, частоты 50 Нз в течение одной минуты.

6 Контакты реле рассчитаны на замыкание и размыкание цепи переменного и постоянного тока до 0,2 А при напряжении 220 В.

7 Рабочий диапазон температуры от минус 40 °С до плюс 40 °С. Предельная температура масла +100 °С.

### **РЕЛЕ BF 80/Q (BF 50/10)**

1 Основные размеры корпуса и масса реле:

а) BF 80/Q:

1) длина 200 мм, ширина 170 мм, высота 235 мм, внутренний диаметр 80 мм, фланец 125x125 мм, крепление болтами М16, масса 5,8 kg;

б) BF 50/10:

1) длина 195 мм, ширина 170 мм, высота 249 мм, внутренний диаметр 50 мм, фланец круглый диаметром 165 мм, крепление болтами М16, масса 6,7 kg.

2 Смотровое стекло реле имеет шкалу с указанием объема выделенных газов с градуировкой в делениях от 250 до 450 см<sup>3</sup>.

3 Чувствительность. Объем газа, вызывающий срабатывание сигнального элемента, составляет 200-300 см<sup>3</sup>.

Значение уставок по скорости потока масла (m/s) приведены ниже.

Номинальное значение	Пределы допустимого отклонения
0,65	0,48- 0,65
1,0	0,75- 1,0
1,5	1,1 – 1,5

4 Время срабатывания реле при скорости потока масла, равной 1,25 уставки, не должно превышать 0,15 с.

5 Контакты реле обеспечивают коммутацию тока до 2 А при напряжении 220 V:

- постоянного тока при постоянной времени до 100 ms;
- переменного тока при  $\text{Cos } \varphi > 0,5$ .

Реле должно выдержать 10 тысяч переключений при 25 коммутационных циклах в 1 h.

Переходное сопротивление контактов при этом должно быть не более 0,3 Ω.

6 Герметичность. Реле в собранном виде выдерживает избыточное давление 10 Pa (1 kgf/cm<sup>2</sup>).

7 Изоляция реле выдерживает испытательное напряжение 1000 V, частоты 50 Hz в течение 1 min. Разомкнутые контакты реле выдерживают испытательное напряжение 500 V.

8 Виброустойчивость и удароустойчивость. Реле выдерживает вибрацию поочередно в трех расположенных перпендикулярно друг другу плоскостях:

- с ускорением, равным 1 g, при частоте 5-20 Hz;
- с ускорением, равным 5 g, при частоте 20-150 Hz.

Реле выдерживает вибрацию поочередно в трех расположенных перпендикулярно относительно друг друга плоскостях при постоянном ускорении, равном 1,5 g, и частоте 5-150 Hz.

Реле выдерживает пятиразовую ударную нагрузку в вертикальной плоскости с ускорением 5g.

9 Рабочий диапазон температур от минус 40 °С до плюс 40 °С при кинематической вязкости масла не более 1100 St. Предельная рабочая температура масла до +100 °С и до 120 °С в течение часа.

### **РЕЛЕ URF 25/10-1**

1 Масса реле - 3,9 kg. Размеры корпуса: 206x200x170 mm. Реле может быть установлено на маслопроводе с внутренним диаметром 25 mm.

2 Контакты реле обеспечивают коммутацию тока до 2 А при напряжении 220 V:

- постоянного тока при постоянной времени до 100 ms;
- переменного тока при  $\text{Cos } \varphi > 0,5$ .

3 Герметичность. Реле в собранном виде выдерживает избыточное давление до 10 Pa (1 kgf/cm<sup>2</sup>).

4 Изоляция реле выдерживает испытательное напряжение 1000 V, частоты 50 Hz в течение 1 минуты. Разомкнутый контакт реле выдерживает испытательное напряжение 500 V.

5 Чувствительность. Значения уставок по скорости потока масла (m/s) приведены ниже.

Номинальное значение	Пределы допустимого отклонения
1 диапазон	0,72- 0,9
0,9	0,96- 1,2
1,2	1,2 – 1,5
1,5	1,2 – 1,5
2 диапазон	
2,0	1,6 – 2,0
2,5	2,0 – 2,5

6 Рабочий диапазон температур от минус 30 °С до плюс 95 °С при кинематической вязкости масла не более 1100 St.

### РЕЛЕ РЗТ-25, РЗТ-50, РЗТ-80 ВЫБОР ТИПОИСПОЛНЕНИЯ

Параметр	Тип реле		
	РЗТ-25	РЗТ-50	РЗТ-80
Условный проход, mm	25	50	80
Исполнение фланца	круглый	круглый	квадратный
Конструктивное исполнение реле	струйное, безпоплавковое	газовое	двухпоплавковое
Объем газового пузыря при работе на "сигнал"	сигнал отсутствует	+50	300-100
Пороговое значение скорости потока масла, m/s (допуск - минус 25%)	0,9; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5		0,65; 1,0; 1,5
Габаритные размеры, mm	230x200x160	254x195x160	235x200x162
Масса, kg	5,9	6,7	6,0

### ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Параметр	Номинальная величина	Допуски
Система контактов	Блок герметизированных контактов в металлическом корпусе	
Коммутационные параметры: - напряжение, V - ток, A - разрывная мощность, W/VA - износостойкость, циклов не менее	220 2 10 10000	16 до 260 0,05 до 2,0
Предельная температура изолирующей жидкости, °С	+100	+120 в течение 1 часа
Время срабатывания (при превышении в 1,25 раза установленного порога срабатывания), ms, не более	100	

Сейсмостойкость	9 баллов по шкале MSK - 64	
Вибропрочность в диапазоне частот от 10 Hz до 200 Hz	1,5 g	
Виброустойчивость в диапазоне частот от 4 Hz до 200 Hz (класс 4M4 стандарта МЭК)	1,0 g	
Время замкнутого состояния контактов (только для РЗТ-50 и РЗТ-80), ms, не менее	50	

### Реле РГТ-80, РГТ-50, РСТ-25

Реле РГТ-80, РГТ-50, РСТ-25 характеризуются следующими данными:

- цельнолитые поплавки с встроенными управляющими магнитами;
- отсутствие механических связей поплавков с другими элементами реле;
- наличие единственного (кроме поплавков) подвижного элемента напорной пластины, реагирующей на поток масла;
- магнитоуправляемые контакты (герконы) повышенной электрической прочности, размещены вместе с соединительными проводами в корпусе контактного узла и полностью изолированы от масла.

Основные технические данные и характеристики:

- срабатывание сигнальных контактов в газовых реле происходит при снижении уровня масла в реле, соответствующем уменьшению объема масла на 100-250 см<sup>3</sup>;
- срабатывание отключающих контактов происходит раньше достижения границы уровня масла нижнего края отверстия фланца реле;
- уставки по скорости потока масла m/s в газовом реле - 0,65; 1,0; 1,5; в струйном реле - 0,9; 1,2; 1,5; 2,0; 2,5;
- время срабатывания при скорости потока масла, превышающей значение уставки в 1,25 раза - не более 0,1 s.

Основные электрические параметры реле:

- номинальное напряжение постоянного (переменного) тока - 220 V.
- диапазон коммутируемых напряжений - от 1 до 300 V.
- номинальная коммутируемая мощность - 50 W.
- электрическая прочность изоляции разомкнутых контактов при переменном напряжении частоты 50 Hz - 2000 V.

Функциональные возможности реле:

- конструкция реле позволяет произвести и замену контактного узла без спуска масла и вскрытия реле;
- кнопка опробования обеспечивает проверку работы реле при действии напорной пластины;
- реле обеспечивает возможность выполнения двух независимых отключающих и двух независимых сигнальных цепей;
- установочные и присоединительные размеры реле позволяют использовать их для замены реле, находящихся в эксплуатации.

ФОРМА ПРОТОКОЛА ПРОВЕРКИ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(предприятие, объект)

(организация, выполняющая

проверку)

\_\_\_\_\_ (присоединение)

\_\_\_\_\_ (устройство РЗА)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20

\_\_\_ г.

## ПРОТОКОЛ ПРОВЕРКИ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ

### 1 Паспортные данные

1.1 Принципиальная схема

№ \_\_\_\_\_

1.2 Данные защищаемого трансформатора (автотрансформатора), трансформаторной группы, реактора

Завод-изготовитель	Тип	Мощность, kV A	Система охлаждения
--------------------	-----	----------------	--------------------

1.3 Данные газового реле

Фаза	Завод-изготовитель	Тип реле, N, год выпуска	Уставка (скорость потока масла), m /s
А			
В			
С			
Резервная			

1.4 Данные защищаемого устройства РПН

Завод-изготовитель	Тип	I <sub>ном</sub>

1.5 Данные струйного реле

Фаза	Завод-изготовитель	Тип реле, N, год выпуска	Уставка (скорость потока масла), m /s


### 1.6 Данные промежуточных и указательных реле

Наименование реле	Тип реле	Назначение в схеме защиты
-------------------	----------	---------------------------

### 2 Техническое обслуживание защиты

Приняты следующие обозначения:

Н - проверка (наладка) при новом включении;

К - профилактический контроль;

В - профилактическое восстановление;

К1- первый профилактический контроль;

О – опробование.

2.1 Результаты внешнего осмотра (Н, К1, К, В) газовое реле, цепей защиты, включая трассу контрольного кабеля и разделки его концов

---



---

2.2 Результаты внешнего осмотра всех реле защиты (исправность механической части, зазоры, регулировка контактов (Н, К1, В)\_\_\_\_\_

---



---

2.3 Проверка схемы газовой защиты и цепей, связывающих ее с другими устройствами РЗА (например, УРОВ, устройство пожаротушения и др (Н))

---



---



---



---

2.4 Проверка чувствительности отключающего элемента газового реле (РГЧЗ-66, RS-1000) по усилию срабатывания (Н, В)

Фаза	Уставка, m/s	Усилие срабатывания, g
А		
В		
С		
Резервная		

2.5 Проверка работы газового реле при понижении уровня масла в нем (Н, К1, В)

Фаза	Объем воздуха в реле, при котором срабатывает, см <sup>3</sup>	
А	сигнальный элемент	отключающий элемент
В		
С		
Резервная		

2.6 Измерение сопротивления изоляции цепей газовой защиты (Н, К1, В) (контакты газового реле отключены)

Фаза	Элемент	Сопротивление изоляции МΩ (мегаомметр на 1000 V)	
		между жилами кабеля	всех цепей на землю
А	Сигнальный		
	Отключающий		
В	Сигнальный		
	Отключающий		
С	Сигнальный		
	Отключающий		
Резервная	Сигнальный		
	Отключающий		

2.7 Измерение сопротивления изоляции контактов газовых реле (Н, К1, В)

Фаза	Контакт	Сопротивление изоляции МΩ (мегаомметр на 1000 V)	
		между жилами кабеля	всех цепей на землю
А	Сигнальный		
	Отключающий		
В	Сигнальный		
	Отключающий		
С	Сигнальный		
	Отключающий		
Резервная	Сигнальный		
	Отключающий		

2.8 Результаты испытания электрической прочности изоляции цепей газовой защиты (контакты реле отключены) напряжением 1000 V переменного тока в течение 1 min (Н, К1, В)

---



---

2.9 Результаты испытаний электрической прочности изоляции между замыкающими контактами и между этими контактами и корпусом напряжением 500 V в течение 1 min

---



---

2.10 Проверка промежуточных и указательных реле (Н, К1, В)

Обозначение реле в схеме	$U_{cp}/I_{cp}$	$U_{воз}/I_{воз}$

2.11 Проверка работы защиты при напряжении оперативного тока  $U_{ном}$  и  $0,8 U_{ном}$  нажатием на кнопку устройства контроля (целесообразно - на отключение выключателей)

---



---



---

2.12 Заключение

---



---

---

Подписи проверяющего \_\_\_\_\_  
и начальника ) \_\_\_\_\_  
Дата \_\_\_\_\_

2.13 Профилактический контроль и профилактическое восстановление

Дата	Наименование (К1, К, В)	Результаты	Подписи проверявшего и начальника ПСРЗАИ (ЭТЛ)