

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Электротехнический факультет

Кафедра электрических станций

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ МАСЛЯНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ИХ ПРИВОДЫ

Методические указания
к лабораторной работе

Дисц. «Электрическая часть станций»,
«Производство электроэнергии»

Для специальностей 100100, 100200, 100400,
всех форм обучения

Киров 2006

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Вятского государственного университета

УДК 621.311(07)
В932

Рецензент: кандидат технических наук,
доцент кафедры электроэнергетических систем А.А.Закалата

Арасланова И.В. Высоковольтные масляные выключатели и их приводы:
Методические указания к лабораторной работе / И.В.Арасланова, А.В.Новиков –
Киров: Изд-во ВятГУ, 2006. – 20с.

Редактор Е.Г.Козвонина

Подписано в печать	Усл. печ. л. 1,2	
Бумага офсетная	Печать копир Aficio 1022	
Заказ №	Тираж 22	Бесплатно

Текст напечатан с оригинал-макета, предоставленного авторами.

610000, г.Киров, ул.Московская, 36

Оформление обложки, изготовление – ПРИП ВятГУ

© И.В.Арасланова, 2006

© А.В.Новиков, 2006

© Вятский государственный университет, 2006

Оглавление

1. Цель работы	4
2. Самостоятельная подготовка	4
3. Краткие теоретические сведения	4
3.1. Назначение и классификация высоковольтных выключателей	4
3.2. Гашение электрической дуги в масле.....	5
3.3. Дугогасительные камеры.....	5
3.4. Конструкции масляных выключателей.....	7
3.5. Приводы выключателей.....	14
4. Порядок выполнения работы	15
5. Меры по технике безопасности	16
6. Контрольные вопросы.....	16
Библиографический список.....	17
Приложение А.....	17

1. Цель работы

1.1 Ознакомление с конструкцией и принципом действия масляных выключателей.

1.2 Изучение способов гашения электрической дуги в дугогасительных камерах различной конструкции.

1.3 Ознакомление с конструктивными особенностями и работой приводов выключателей.

2. Самостоятельная подготовка

К лабораторной работе необходимо изучить следующие разделы рекомендуемой литературы:

- Назначение выключателей, их параметры	/1, 12.1/, /2, 4.1/, /3, п.4.6.1/
- Методы гашения дуги в выключателях	/1, 11.1-11.5/, /2, 4.2-4.6/,
- Выключатели многообъёмные. Типы и конструкции дугогасительных камер	/1, 12.2/, /2, 5.1-5.2/, /3, п.4.6.2/
- Выключатели малообъёмные. Генераторные выключатели.	/1, 12.2/, /2, 5.3/, /3, п.4.6.3/
- Выключатели воздушные, электромагнитные, элегазовые, вакуумные	/1, 12.3-12.6/, /2, 5.4-5.10/, /3, п.4.6.4-4.6.7/
- Выбор выключателей	/1, 12.8/
- Приводы выключателей высокого напряжения	/1, 12.7/, /2, 5.12/, /3, п.4.6.9/

3. Краткие теоретические сведения

3.1. Назначение и классификация высоковольтных выключателей

Высоковольтный выключатель – это коммутационный электрический аппарат, предназначенный для включения и отключения тока в электроустановках высокого напряжения/8/.

Выключатель является основным аппаратом в электрических установках. Он служит для коммутации электрических цепей практически во всех режимах: нагрузка, перегрузка, короткое замыкание (КЗ), холостой ход, несинхронный режим.

Наиболее тяжёлыми операциями являются:

- отключение токов КЗ;
- включение выключателя на устойчивое КЗ при автоматическом повторном включении (АПВ).

В зависимости от применяемой дугогасительной среды выключатели бывают:

- масляные;
- воздушные;
- электромагнитные;

- вакуумные;
- элегазовые.

Ранее в электроустановках наиболее распространены были масляные и воздушные выключатели. В настоящее время в соответствии с Рекомендациями по технологическому проектированию подстанций (ПС) переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ при выборе типов выключателей на вновь сооружаемых, расширяемых, а также подлежащих техническому перевооружению и реконструкции ПС рекомендуется руководствоваться следующим:

- в открытом РУ 110 кВ и выше предусматриваются выключатели наружной установки отечественного или импортного производства;
- в закрытом РУ 110 кВ должны, как правило, устанавливаться КРУЭ;
- в ОРУ 35 кВ предусматриваются элегазовые или вакуумные выключатели;
- в РУ 6, 10 кВ предусматриваются шкафы КРУН с вакуумными или элегазовыми выключателями.

3.2. Гашение электрической дуги в масле

При отключении электрической цепи между контактами выключателя загорается дуга. В масляных выключателях дуга гасится в среде трансформаторного масла. Вследствие высокой температуры дуги, достигающей в наружной части 3000-5000 К, трансформаторное масло, соприкасающееся с ней, очень быстро испаряется и разлагается. Один грамм масла генерирует до 1500 см³ газа. Газы, образующиеся при разложении масла, состоят из водорода – 70% (по объёму), ацетилена – 22%, метана – 5% и этилена – 3%. Образование газов протекает чрезвычайно быстро, в сотые доли секунды, а с увеличением времени горения дуги и увеличением расстояния между контактами объём газового пузыря растёт очень бурно. Таким образом, дуга горит в газовом пузыре. При этом она соприкасается с маслом и генерирует новые объёмы газа. Быстрое разложение приводит к повышению давления в газовом пузыре, что способствует лучшему охлаждению дуги и деионизации. Водород, являясь электроотрицательным газом, соприкасаясь со стволем дуги, также способствует её интенсивной деионизации.

3.3. Дугогасительные камеры

При высоких напряжениях и больших токах дуга получается очень мощной, в ней выделяется значительная энергия. При свободном гашении дуги условия, необходимые для её окончательного погасания, появляются только при разъединении контактов на значительное расстояние. Большой ход контактов приводит к увеличению размеров бака масляного выключателя.

Для создания интенсивного газового дутья, обеспечивающего гашение дуги при сравнительно небольшом ходе контактов, применяют дугогасительные камеры (рисунок1). Это ускоряет гашение дуги и увеличивает отключающую способность выключателя. Дугогасительная камера ограничивает объём масла, в котором горит дуга. Более тесное соприкосновение дуги с маслом усиливает газообразование. Горение дуги в ограниченном объёме приводит к тому, что давление внутри камеры в 8-10 раз выше, чем в баке. Разность давлений в камере

и в баке используется для создания принудительного газового дутья, ориентированного поперёк или вдоль столба дуги. Дутьё способствует проникновению газовых частиц в ствол дуги, интенсивной диффузии и охлаждению дуги.

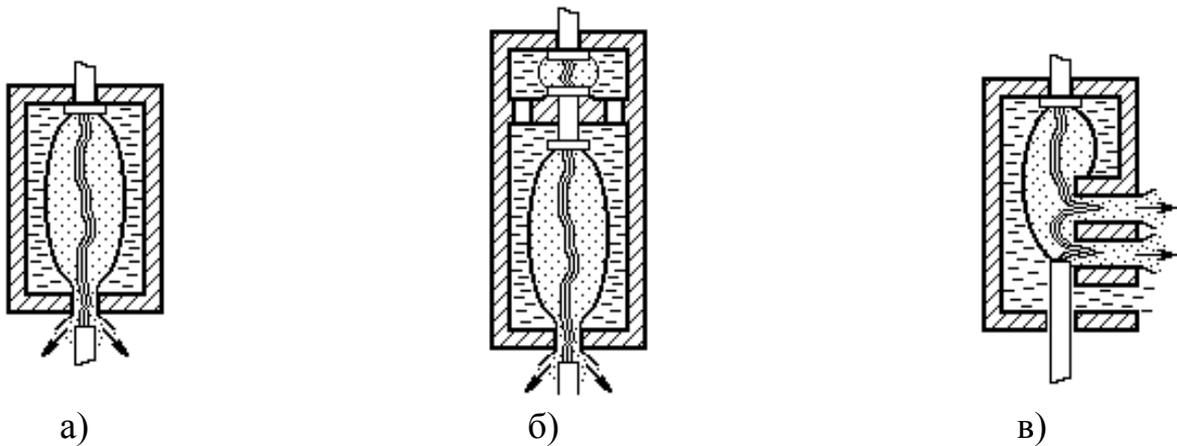


Рисунок 1 – Дугогасительные камеры масляных выключателей
 а) простая гасительная камера; б) камера продольного масляного дутья с промежуточным контактом; в) камера поперечного масляного дутья.

В простой дугогасительной камере (рисунок 1а) происходит бурное перемешивание масла, газа и паров. К моменту выхода подвижного контакта из горловины давление в камере достигает 1МПа. При открытии горловины газы с большой скоростью выбрасываются из дугогасительной камеры в бак и, создавая продольное дутьё, производят гашение дуги.

Гасящая камера с продольным дутьем (рисунок 1б) разделена изолированной перегородкой на две части. В перегородке смонтирован промежуточный контакт и имеется два отверстия, соединяющие верхнюю и нижнюю части.

При отключении выключателя подвижный контакт движется вниз, и в верхней части камеры между верхним и промежуточными контактами образуется дуга, называемая *генерирующей*. Она разлагает масло и генерирует газы и пары, образующие газовый пузырь. Затем между промежуточным и подвижным контактами в нижней части камеры зажигается вторая дуга, называемая *гасимой*. В момент выхода подвижного контакта из горловины камеры в неё устремляется масло, которое, проходя вдоль дуги, гасит её.

В масляных выключателях применяются также дугогасительные камеры поперечного дутья (рисунок 1в). Принцип работы этих камер аналогичен рассмотренным выше. Благодаря определённой системе каналов и отверстий в гасительной камере дутьё приобретает организованный характер и идёт в нужном направлении.

Дутьё играет решающую роль в гашении дуги – удлиняет её, расчленивает на параллельные нити, охлаждает, и усиленно деионизирует благодаря диффузии.

Отключение большого тока при высоких напряжениях затруднительно, так как при больших значениях подводимой энергии и восстанавливающегося напряжения деионизация дугового промежутка усложняется. Поэтому в

выключателях высокого напряжения применяют многократный разрыв дуги в каждой фазе.

3.4. Конструкции масляных выключателей

Масляные выключатели в зависимости от функций, выполняемых маслом, подразделяются на *малообъёмные* и *многообъёмные*.

В малообъёмных выключателях масло используется только как средство для гашения дуги. Корпус таких выключателей находится под напряжением и изолируется относительно рамы опорными изоляторами (плакаты 1 и 3).

Во многообъёмных выключателях масло используется для:

- гашения дуги;
- изоляции токоведущих частей от заземлённого бака;
- изоляции токоведущих частей разных фаз при их размещении в одном баке.

Использование масла в качестве изоляционного вещества приводит к резкому увеличению его объёма. Так, малообъёмный выключатель серии ВМТ-110 содержит 250-340 кг масла, а многообъёмный серии У-110 – 5,7 тонн.

3.4.1. Выключатели масляные многообъёмные

В настоящее время многообъёмные выключатели выпускаются только на напряжение 35 и 110 кВ. Выпускаемые ранее многообъёмные выключатели ВМБ-10 и У-220 сняты с производства. Однако, благодаря простоте конструкции и высокой надёжности в работе, они ещё используются в энергетике.

Многообъёмные выключатели на 10 кВ выпускались однобаковыми, т.е. токоведущие части всех фаз размещались в одном баке, при напряжении 35 кВ и выше – трёхбаковыми. В последнем случае контактные части каждой фазы размещаются в отдельном баке, что обеспечивает необходимые электрические расстояния наиболее рациональным способом. Кроме того, в выключателях на 35-220 кВ имеются встроенные трансформаторы тока, устанавливаемые на вводах, и дугогасительные камеры.

Как упоминалось выше, при гашении дуги газы и пары расширяются, поэтому давление в газовом пузыре резко повышается и приобретает характер удара. Для смягчения удара в масляном выключателе бак не полностью заливается трансформаторным маслом. Между поверхностью масла и крышкой бака оставляют воздушное буферное пространство, составляющее обычно 20-30% от объёма бака выключателя и называемое «воздушной подушкой».

Водород, образующийся при разложении масла под действием электрической дуги, смешиваясь в буферном пространстве с воздухом, образует взрывоопасную смесь – гремучий газ. Если газы попадут в воздушную подушку выключателя сильно нагретыми, то они могут воспламениться и произойдёт взрыв. Поэтому уровень масла над контактами должен быть строго определённым и достаточным для того, чтобы газы, пройдя сквозь толщу масла, успели охладиться. В процессе эксплуатации уровень масла регулярно контролируется по маслоуказателю.

Во многообъёмных выключателях на напряжение 110-220 кВ применяют гасительные камеры поперечного дутья с многократным разрывом дуги (рисунок 2).

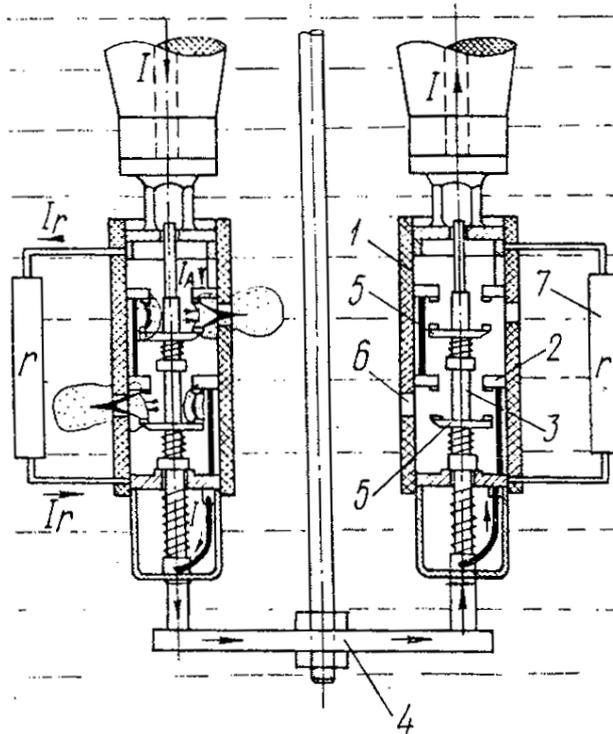


Рисунок 2 – Схематический разрез дугогасительной камеры с многократным разрывом и поперечным масляным дутьём

- 1 – гетинаксовый цилиндр; 2 – неподвижные контакты;
 3 – изолирующая штанга; 4 – траверса; 5 – подвижные контакты;
 6 – выхлопные отверстия; 7 – шунтирующее сопротивление

Камера представляет собой гетинаксовый цилиндр, внутри которого размещены неподвижные и подвижные дугогасительные контакты. На изолирующей штанге смонтированы подвижные контакты в виде двух контактных мостиков, эластично закреплённых с помощью пружин. На внутренней боковой поверхности цилиндра установлены неподвижные контакты, располагаемые диаметрально один против другого.

При помощи внешних контактов траверсы штанга с контактными мостиками при включении поднимается вверх и замыкает контакты; при отключении контакты размыкаются под действием спиральной пружины, отжимающей штангу к низу камеры.

При отключении выключателя на каждом контактном мостике образуются две дуги, одна из которых будет генерирующей, а вторая – гасимой. Против контактов гасимой дуги в боковой стенке цилиндра сделаны выхлопные отверстия.

Для выравнивания напряжения между разрывами и снижения скорости нарастания восстанавливающегося напряжения используют шунтирующие активные сопротивления. При отключении сначала размыкаются контакты гасительной камеры, и отключаемый ток обрывается внутри дугогасительной камеры. После того как дуга в камере погасла, выключатель размыкает сопровождающий ток, протекающий через шунтирующее сопротивление.

После гашения дуги продукты разложения масла выходят из камеры и она вновь заполняется маслом. На это уходит определённое время. Поэтому масляные

выключатели (в отличие от воздушных) не пригодны для быстродействующего АПВ. Минимальная бестоковая пауза при АПВ для выключателя У-220Б составляет 1,1 с. Для сравнения у воздушных выключателей – 0,3 с.

К недостаткам многообъемных масляных выключателей можно отнести:

- большой объем масла, взрыво- и пожароопасность;
- непригодность для установки внутри помещений;
- большие габариты, затраты металлов и изоляционных материалов;
- неудобство перевозки, монтажа, наладки.

Основными преимуществами многообъемных выключателей являются:

- высокая отключающая способность;
- наличие встроенных измерительных трансформаторов тока.

3.4.2. Выключатели масляные малообъемные

В малообъемных выключателях масло выполняет только дугогасящую функцию. Изоляцию токоведущих частей и находящегося под напряжением бака выполняют с помощью фарфоровых изоляторов. Так как вес масла в малообъемных выключателях во много раз меньше, чем в многообъемных, их часто называют маломасляными. Маломасляные выключатели выпускаются на напряжение до 220 кВ включительно (таблица А2).

По своему назначению малообъемные выключатели на 6-20 кВ условно могут быть подразделены на *потребительские* и *генераторные*.

Потребительские выключатели устанавливают в ячейках комплектных распределительных устройств (КРУ) внутренней и наружной установки, питающих потребителей на напряжение 6-10 кВ (рисунок 3).

Такие выключатели предназначены для отключения относительно небольших токов (не более 31,5кА), мощность отключения их также невелика и составляет 600-630 кВ·А. К потребительским можно отнести выключатели ВМПЭ(П)-10 (выключатель маломасляный подвесной), ВК(Э)-10 (выключатель колонковый).

Генераторные выключатели (МГ, МГГ) устанавливают на участке между генератором и трансформатором, где протекают большие токи. Разрыв такой цепи сопровождается возникновением мощной высокотемпературной дуги, для гашения которой контакты выключателя должны иметь тугоплавкие насадки.

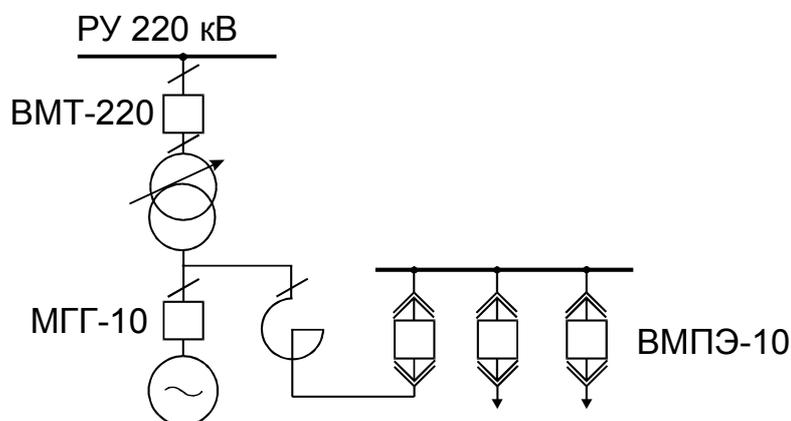


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ТЭЦ

Они выполняются из металлокерамики или таких материалов, как вольфрам, молибден и др., имеющих значительное сопротивление. Длительное протекание тока генератора через высокоомные контакты привело бы к значительным потерям мощности. Поэтому в генераторных выключателях имеются медные рабочие контакты снаружи выключателя и дугогасительные внутри. Кроме того, на каждом полюсе выключателя имеется два дугогасительных разрыва.

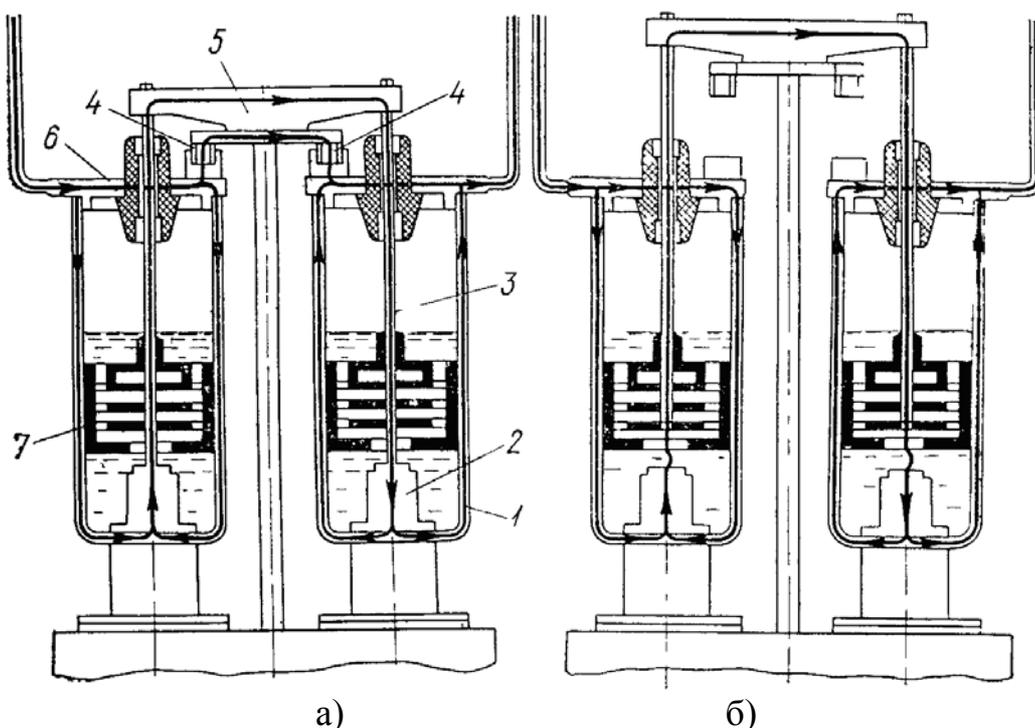


Рисунок 4 – Конструктивная схема генераторного выключателя
 а) включенное положение; б) момент отключения
 1 – бак; 2 – неподвижный дугогасительный контакт (розетка);
 3 – подвижный дугогасительный контакт (стержень); 4 – рабочие контакты;
 – траверса; 6 – место присоединения шин; 7 – дугогасительная камера

Во включенном положении выключателя (рисунок 4а) ток распределяется обратно пропорционально сопротивлению. Основная часть тока протекает по медным рабочим контактам и лишь незначительная часть течёт через крышку, стенки бачка, дугогасительные контакты и траверсу.

При отключении выключателя (рисунок 4б) траверса под действием привода движется вверх. Сначала размыкаются рабочие контакты, но дуги между ними не образуется, т.к. ток продолжает протекать через дугогасительные контакты. После того как рабочие контакты разойдутся на такое расстояние, что возникновение дуги между ними исключается, подвижный стержень дугогасительного контакта выходит из неподвижного розеточного контакта. Возникающая между дугогасительными контактами дуга гасится в дугогасительной камере вследствие поперечного дутья.

По такой схеме выполняются генераторные выключатели серий МГГ и МГУ с номинальным током отключения от 45 до 90 кА. Для управления этими выключателями применяются электромагнитные приводы ПС-31 или ПЭ-2, ПЭ-21.

Выключатели серии ВМК (выключатели масляные колонковые) применяются в установках 35 кВ. Одна фаза выключателя ВМК-35 показана на рисунке 5.

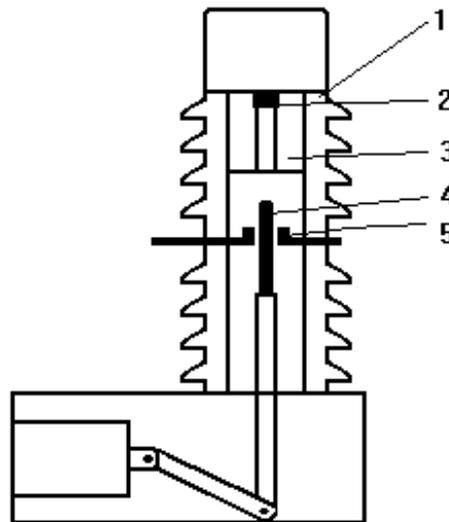


Рисунок 5 – Выключатель ВМК-35

1 – фарфоровый корпус; 2 – неподвижный контакт; 3 – дугогасительная камера;
4 – подвижный контакт; 5 – токосъемный контакт

Конструктивно выключатель серии ВМК напоминает перевернутый выключатель ВМП-10. Выключатель состоит из трёх опорных изоляторов, смонтированных в виде колонок. В верхней части выключателя внутри фарфорового изолятора установлен дугогасительный контакт и дугогасительная камера продольно-поперечного дутья. При отключении выключателя подвижный контакт движется вниз. В качестве токосъемных применены роликовые контакты.

В электроустановках 110 и 220 кВ широко применяются выключатели серии ВМТ (рисунок 6). Три полюса ВМТ-110 установлены на общем сварном основании и управляются пружинным приводом. Полюс выключателя

представляет собой маслonaполненную колонку, состоящую из опорного изолятора, дугогасительного устройства, механизма управления и электроподогревательных устройств. Маслonaполненные колонки находятся под избыточным давлением газа (азота или воздуха). Избыточное давление поддерживает высокую электрическую прочность межконтактного промежутка, повышает износостойкость контактов, обеспечивает надёжное отключение как токов КЗ, так и небольших ёмкостных токов ненагруженных линий электропередач (ЛЭП).

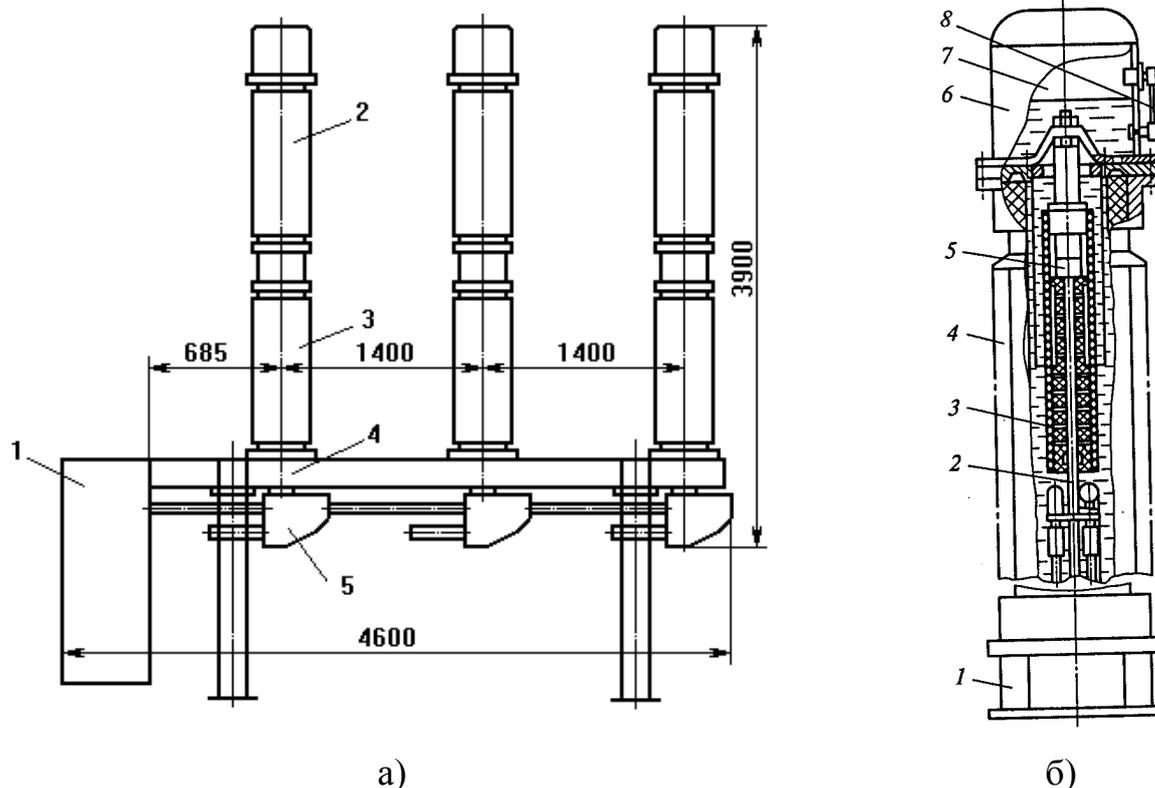


Рисунок 6 – Выключатель ВМТ-110

а) общий вид: 1 – пружинный привод; 2 – дугогасительное устройство; 3 – опорный изолятор; 4 – сварное основание; 5 – механизм управления;

б) дугогасительный модуль: 1 – токоотвод; 2 – подвижный контакт; 3 – дугогасительная камера; 4 – полый фарфоровый изолятор; 5 – неподвижный контакт; 6 – колпак; 7 – буферный объём; 8 – указатель уровня масла

Избыточное давление создаётся сжатым газом, который подаётся от баллонов или компрессора, перед вводом выключателя в эксплуатацию и сохраняется без пополнения до очередной ревизии.

Выключатель ВМТ-220 (рисунок 7) в отличие от ВМТ-110 имеет пофазное управление, что позволяет использовать его для создания неполнофазного режима работы ЛЭП, а также две дугогасительные камеры на полюс, каждая из которых установлена на двух опорных изоляторах.

Достоинствами малообъёмных выключателей являются:

- небольшое количество масла, меньшая пожароопасность, позволяющая использовать их в ЗРУ;
- удобный доступ к дугогасительным контактам;

- возможность создания серии выключателей на разное напряжение из унифицированных узлов.

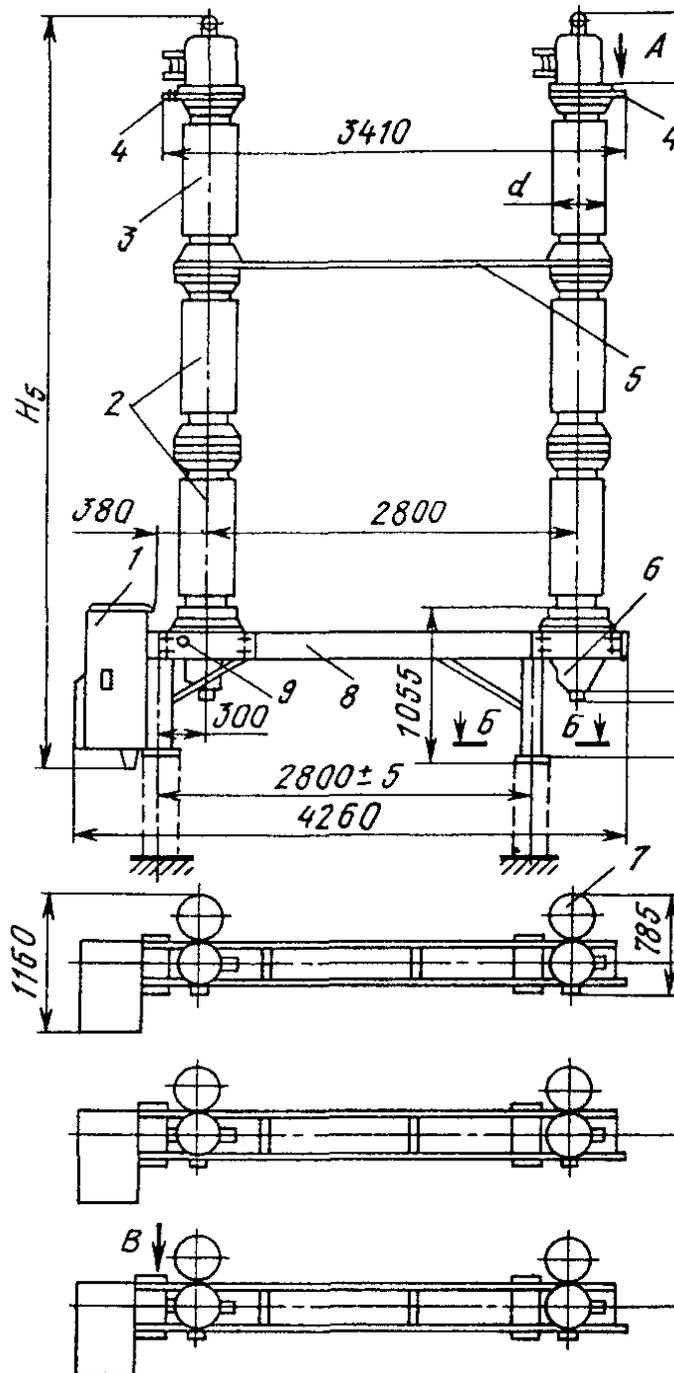


Рисунок 7 – Выключатель ВМТ-220

- 1 – привод; 2 – изолятор опорный; 3 – дугогасительное устройство; 4 – вывод; 5 – шина; 6 – механизм управления; 7 – конденсатор; 8 – рама; 9 – указатель положения В и О

Недостатки малообъёмных выключателей:

- взрыво- и пожароопасность (хотя и меньшая, чем у многообъёмных выключателей);
- невозможность осуществления быстродействующего АПВ;
- отсутствие встроенных трансформаторов тока;
- относительно малая отключающая способность.

3.5. Приводы выключателей

Привод выключателя предназначен для включения, удержания во включенном положении и отключения выключателя. Основными частями привода являются:

- включающий механизм;
- запирающий механизм (защёлка), удерживающий выключатель во включенном положении;
- расцепляющий механизм, освобождающий защёлку при отключении.

При включении привод преодолевает силы противодействия отключающей пружины, трение и силы инерции в движущихся частях.

При отключении работа привода сводится к освобождению защёлки, удерживающей механизм во включенном состоянии. Само отключение происходит за счёт силы сжатых или растянутых отключающих пружин.

В зависимости от источника энергии, затрачиваемой на включение и отключение, различают ручные, пружинные, грузовые, электромагнитные и пневматические приводы.

Ручные приводы не позволяют дистанционно включать выключатели и поэтому не применяются на электрических станциях. Наиболее быстродействующими являются пневматические приводы, действующие за счёт энергии сжатого воздуха. Пневматические приводы ПВ-30 применяются для выключателей МГ-10 и МГ-20. Выключатели серии «Урал» снабжаются пневматическими приводами ШПВ. В выключателях ВМК пневматический привод является конструктивным элементом самого выключателя.

Основной частью привода ППМ-10 (пружинный привод с моторным редуктором) является спиральная пружина. Завод пружины производится двигателем через редуктор. Запорно-пусковой механизм удерживает пружину во взведённом состоянии. При включении необходимо освободить заводящий рычаг, после чего энергия заведённой пружины поворачивает вал выключателя на включение. Привод допускает однократное АПВ.

Пружинные приводы не требуют для своего управления источника постоянного тока, что является их существенным преимуществом перед другими приводами. Их главным недостатком является малая мощность, поэтому применяются они, в основном, для малообъёмных выключателей на напряжение 6-10 кВ.

Электромагнитные приводы относятся к приводам прямого действия: энергия, необходимая для включения выключателя, сообщается приводу в процессе включения от источника большой мощности. В электромагнитном приводе ПЭ-11 (выключатель ВМПЭ-10) усилие, необходимое для включения выключателя, создаётся стальным сердечником, который втягивается в катушку электромагнита при прохождении по ней тока. Шток сердечника упирается в рычажный механизм, передающий движение валу выключателя. Во включенном положении механизм свободного расцепления удерживается защёлкой. При отключении ток подаётся в электромагнит отключения, его боёк освобождает механизм свободного расцепления. Вал выключателя под действием отключающей пружины поворачивается – происходит отключение.

Достоинствами электромагнитных приводов являются простота конструкции и надёжность работы в условиях сурового климата. Недостатки – большой потребляемый ток и значительное время включения.

4. Порядок выполнения работы

Для изучения конструкции выключателей и их приводов в лаборатории представлены:

1) высоковольтные масляные выключатели ВМПЭ-10-630-31,5У2; ВКЭ-М-10-630-20У2; а также ячейка КРУ с выключателем ВМП-10-630-20У2 (привод ПЭ-11). Выключатели ВМПЭ-10 и ВКЭ-М-10 смонтированы полностью в трёхфазном исполнении. Для наглядности одна фаза выключателя ВКЭ-М-10 представлена в разобранном виде;

2) плакаты:

- «Выключатель масляный горшковый ВМГ-133 на 10 кВ» (1);
- «Детали масляного горшкового выключателя ВМГ-133» (2);
- «Выключатель масляный подвесной ВМП-10 на 10 кВ» (3);
- «Малообъёмный масляный выключатель МГ-35 на 35 кВ» (4);
- «Основные части выключателя МГ-35» (5);
- «Общий вид выключателя МГГ-10» (6);
- «Общий вид выключателя С-35-630-10 с приводом ШПЭ-12» (7);
- «Подвижная дугогасительная камера выключателя С-35» (8);
- «Встроенный электромагнитный привод типа ПЭВ-11» (9);
- «Разрез полюса выключателя С-35» (10).

4.1 Внимательно рассмотреть плакаты и имеющиеся в лаборатории выключатели. Найти элементы конструкции, отличающие многообъёмные выключатели от малообъёмных, генераторные от выключателей потребительского КРУ. Сравнивая выключатели одного напряжения, обратить внимание на их номинальные параметры (таблицы А1 и А2).

4.2 Продумать порядок замены отработавшего масла и последовательность операций при ремонте дугогасительных устройств выключателей.

4.3 Ознакомиться с конструкцией выключателя ВМПЭ-10. Обратить внимание на способ установки. Изучить конструкцию розеточного и роликового контактов.

4.4 По плакату 5 ознакомиться с конструкцией выключателя МГ-35.

4.5 Ознакомиться с конструкцией электромагнитного привода выключателя ВМПЭ-10. Найти электромагниты включения и отключения, защёлку, механизм свободного расцепления.

5. Меры по технике безопасности

5.1 При проведении лабораторной работы запрещается прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

5.2 Каждый студент при несчастном случае должен немедленно отключить выключатель стенда или общий рубильник, отделить пострадавшего от токоведущих частей, взявшись за его одежду, оказать медицинскую помощь и вызвать врача.

5.3 При проведении работы необходимо руководствоваться требованиями действующих «Правил технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий».

6. Контрольные вопросы

6.1. Каковы функции масла в мало - и многообъемных выключателях?

6.2. Какие физические процессы способствуют гашению дуги в масле?

6.3. Какие конструктивные отличия имеют многообъемные выключатели на 10 и 35 кВ ?

6.4. Почему необходимо поддерживать строго определённый уровень масла в выключателе?

6.5. Для какой цели применяют дугогасительные камеры?

6.6. Для чего предназначено шунтирующее сопротивление в дугогасительной камере с многократным разрывом дуги?

6.7. Каковы особенности работы выключателей при гашении малых токов?

6.8. Как осуществляется слив отработавшего и доливка свежего масла в выключатели ВМПЭ-10?

6.9. Как осуществляется отвод газов из выключателя ВМПЭ-10?

6.10. Какие типы контактов применяются в масляных выключателях?

6.11. Для чего предназначены рабочие и дугогасительные контакты в генераторных выключателях?

6.12. Каковы конструктивные особенности выключателей серии ВМК и ВМТ?

6.13. Каковы конструктивные особенности выключателей серии ВМТ-110 и ВМТ-220?

6.14. Сравните достоинства и недостатки мало- и многообъемных выключателей.

6.15. Перечислите способы установки выключателей разного напряжения и меры противопожарной безопасности.

6.16. Сравните достоинства и недостатки приводов выключателей.

Библиографический список

1. Электрическая часть станций и подстанций: Учеб. для вузов / А.А. Васильев, И.П. Крючков, Е.Ф. Наяшкова и др.; Под ред. А.А. Васильева. - М.: Энергоатомиздат, 1990 - 576 с.
2. Электрическая часть электростанций: Учебник для вузов / Под ред. С.В.Усова - Л.: Энергоатомиздат, 1987. - 616 с.
3. Рожкова, Лениза Дмитриевна. Электрооборудование станций и подстанций: Учеб. для техникумов / Рожкова, Лениза Дмитриевна, Карнеева, Людмила Константиновна, Чиркова, Таисия Васильевна. - М.: Академия, 2004. - 448с.
4. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.
5. Чунихин А.А. Электрические аппараты высокого напряжения. Выключатели. Том 1. М.: Информэлектро, 1994г.
6. Чунихин А.А. Электрические аппараты высокого напряжения. Выключатели. Том 2. М.: Информэлектро, 1996г.
7. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ / Под редакцией И.Т.Горюнова, А.А.Любимова – М.: Папирус Про, 2003. – Т.1. – 608с. Т.2. – 640с. Т.3. – 688с. Т.4. – 640с.
8. ГОСТ 17703-72 (1987) Аппараты электрические коммутационные. Основные понятия. Термины и определения.

Приложение А

Таблица А1 - Выключатели масляные многообъемные

Тип	$U_{ном}$ кВ	$I_{ном}$ А	$I_{откл\ ном}$ кА	$t_{откл}$ с	$t_{вкл}$ с	Привод	Встроенные ИТТ	Масса	
								выкл. с приводом	масла
								кг	кг
С-35М-630-10	35	630	10	0,08 0,15	0,35 04	ШПЭ-12 ПП-67	6хТВ-35	810-945	-
С-35-3200/2000- -50БУ1	35	3200 2000	50	0,08	0,7 0,4	ШПЭ-38 ШПВ-35	ТВ-35	4140	1040
ВТ-35-630-12,5У1	35	630	12,5	0,15	0,4	ПП-67	4хТВ-35/10	-	300
ВТД-35-630-12,5У1	35	630	12,5	0,09	0,35	ШПЭ-11	4хТВ-35/10	-	300
У-110-А(Б)-2000- -50У1	110	2000	50	0,08	0,7 0,3	ШПЭ-46 ШПВ-46	12хТВ-110	9500	5700

Таблица А2 - Выключатели масляные малообъёмные

Тип	U_n кВ	I_n А	$I_{откл}$ кА	$t_{откл}$ с	$t_{вкл}$ с	Привод	Встроен. ИТТ	Масса	
								выкл. с приводом	масла
								кг	кг
ВМ-10 (ВММ-10)	10	400 630	10	0,105	0,2	ПП-67	-	105-113	3,5
ВМПЭ-10	10	630 1000 1600	20 31,5	0,11	0,3	ПЭ-11	-	200±10	5,5±0,5
ВПМ-10	10	630 1000	20	0,11 0,14	0,3	ПЭ-11 ПП-67	-	125-132 173	4,5
ВПП-10	10	1000	20	0,14	0,3	ППВ-10	-	127	4,5
ВК-10	10	630 1000 1600	20 31,5	0,065	0,075	ПП-67	-	142-168	10
ВКЭ-М-10	10	630 1000 1600 2000 3150	20 31,5	0,07	0,25	ПЭ-11	-	147-260	10-12
МГТ-10	10	3150 4000 5000	45 45 63	0,15 0,13	0,4	ПЭ-21У3	-	1095 1140 1200	40
ВГМ-20-90/11200У3	20	11200	90	0,2	0,7	ПС-31	-	3100	-
МГУ-20	20	5700 6300	75 90	0,2	0,8	ПС-31	-	2950	-
ВМУЭ-35Б	35	1000 1250	25	0,075	0,3	ПЭ-31	-	730	90
ВМТ-110Б	110	1000 1250 1600 2000	25	0,06	0,13	ППрК	-	1700 1950	250 340
ВМТ-220Б	220	1000 1250 1600 2000	25	0,06	0,13	ППрК	-	5800 6200	730 840 930
Сняты с производства									
ВМГ-133-11	10	600	20	0,14	0,26	ППМ-10	-		
МГ-35	35	600	12,5	0,12	0,4	ПС-20	4xТМГД-35		