

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра электроснабжения горных и промышленных предприятий

## **ЭЛЕГАЗОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ**

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине  
«Электрические станции и подстанции» для студентов  
направления 140400 «Электроэнергетика и электротехника»  
профиля 140404 «Электроснабжение»

Составитель В. И. Масорский

Утверждены на заседании кафедры  
Протокол № 4 от 29.12.2011  
Рекомендованы к печати  
учебно-методической комиссией  
направления 140400  
Протокол № 7 от 10.01.2012  
Электронная копия находится  
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2012

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Знакомство с элегазом, его преимуществами относительно воздуха и трансформаторного масла, а также с направлениями разработки принципов дугогашения элегазом. Изучение конструкций и работы дугогасительных камер и выключателей номинальным напряжением 35, 110, 220 кВ.

## **ПРОГРАММА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

1. Ознакомиться со свойствами элегаза, принципами дугогашения с использованием элегаза.
2. Изучить конструкции и работу элегазовых дугогасительных камер.
3. Изучить конструкции и работу элегазовых выключателей с номинальным напряжением 35, 110 и 220 кВ.
4. Ознакомиться с возможными компоновками распределительных устройств с использованием КРУЭ.
5. Ознакомиться с техническими параметрами отечественных и зарубежных элегазовых выключателей.
6. Составить отчет, в который помещаются материалы, необходимые для ответов на контрольные вопросы.

### **1. СВОЙСТВА ЭЛЕГАЗА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТАХ**

Выключатели высокого напряжения РУ предназначены для включения и отключения электрических цепей в самых различных условиях, а именно: в нормальных режимах, когда ток относительно мал и отстаёт или опережает по фазе напряжение сети; при коротком замыкании, когда ток исчисляется десятками и даже сотнями тысяч ампер, а сдвиг по фазе между напряжением и током близок к  $90^\circ$ . Параметры восстанавливающегося напряжения могут быть самыми различными.

Дальнейшее повышение номинального напряжения и номинального тока в воздушных выключателях наталкивается на большие трудности (давление воздуха в ДУ достигает 4 МПа, что

требует больших затрат на создание механически прочной и работоспособной конструкции выключателя).

Решение задачи может быть получено путем использования вместо воздуха газа, который обладал бы более высокой электрической прочностью и отключающей способностью.

Таким газом является шестифтористая сера  $SF_6$  – элегаз (электротехнический газ).

По сравнению с воздухом этот газ обладает следующими преимуществами:

1) электрическая прочность в 2,5 раза выше, чем у воздуха (при давлении 0,2 МПа электрическая прочность элегаза приближается к прочности трансформаторного масла);

2) высокая удельная объемная теплоемкость (почти в 4-6 раз выше, чем у воздуха) позволяет увеличить нагрузку токоведущих частей и уменьшить массу меди в выключателе;

3) номинальный ток отключения камеры продольного дутья с элегазом в 5 раз выше, чем с воздухом;

4) малая напряженность электрического поля в столбе дуги (благодаря этому резко сокращается эффект термодинамической закупорки сопла, что позволяет увеличить расстояние между контактами, повысить напряжение на каждом контактном промежутке и допустимую скорость восстановления напряжения);

5) элегаз является инертным газом, не вступающим в реакцию с кислородом и водородом, слабо разлагается дугой. Элегаз нетоксичен, хотя некоторые продукты разложения опасны.

Недостатками элегаза являются:

1) высокая температура сжижения. Так, например, при давлении 1,31 МПа переход элегаза из газообразного состояния в жидкое происходит при температуре  $0^{\circ}C$ . Это заставляет использовать его либо с подогревающим устройством, либо при низком давлении. При давлении 0,35 МПа температура сжижения равна  $-40^{\circ}C$ .

2) относительно высокая стоимость элегаза (требуется глубокая степень очистки от примесей);

3) чистый элегаз безвреден, но при обслуживании элегазовых установок персоналу следует помнить, что элегаз в пять раз тяжелее воздуха и при утечках скапливается на уровне пола и в других местах (подвалах, траншеях, кабельных каналах). Обслу-

живающий персонал, находясь в таких местах, может почувствовать недостаток кислорода и удушье.

В настоящее время разработка и выпуск выключателей с элегазовыми дугогасителями ведутся в направлениях, которые дают наиболее эффективное технико-экономическое использование специфических свойств этой дугогасящей и изолирующей среды.

Это следующие направления:

1. Модульные серии выключателей на высокие классы напряжений (110 кВ и выше), предназначенные для отключения предельно больших токов короткого замыкания при наиболее неблагоприятных условиях.

2. Выключатели на номинальное напряжение 10...35 кВ в компактном исполнении для электрифицированного подвижного состава и других электрических установок специального назначения.

3. Выключатели нагрузки на номинальные напряжения 10...110 кВ и выше, предназначенные для отключения индуктивных токов ненагруженных трансформаторов и емкостных токов.

Опыт эксплуатации элегазовых выключателей выявил ряд важных достоинств:

- 1) взрыво- и пожаробезопасность;
- 2) высокое быстродействие и пригодность для работы в любом цикле АПВ;
- 3) возможность осуществления синхронного размыкания контактов непосредственно перед переходом тока через ноль;
- 4) высокая отключающая способность при особо тяжелых условиях отключения (отключение удаленных коротких замыканий и т.д.);
- 5) надежное отключение емкостных токов холостых линий;
- 6) малый износ дугогасительных контактов;
- 7) легкий доступ к дугогасителям и простота их ревизии;
- 8) относительно малый вес в сравнении с баковыми масляными выключателями;
- 9) возможность создания серии с унификацией крупных узлов;
- 10) пригодность для наружной и внутренней установки.

К недостаткам элегазовых аппаратов относятся:

- 1) необходимость иметь устройства для наполнения, перекачивания и очистки шестифтористой серы ( $SF_6$ );
- 2) относительная сложность конструкции ряда деталей и узлов, а также необходимость применения высоконадежных уплотнений;
- 3) относительно высокая стоимость аппарата в целом;
- 4) специфические правила безопасности при обслуживании оперативным персоналом.

## 2. КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ЭЛЕГАЗОВЫХ ДУГОГАСИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

В элегазе при атмосферном давлении может быть погашена дуга с током в 100 раз превышающим ток, отключаемый в воздухе при тех же условиях. Исключительная способность элегаза гасить дугу объясняется сильным сродством его с электронами. Молекулы газа улавливают электроны дугового столба и образуют относительно неподвижные отрицательные ионы. Потеря электронов делает дугу неустойчивой, и она легко гаснет. В струе элегаза, т. е. при газовом дутье, поглощение электронов из дугового столба происходит еще более интенсивно.

В конструктивном отношении различают следующие элегазовые дугогасительные устройства (ДУ):

- 1) с автопневматическим дутьем, в которых необходимый для дутья перепад давления создается за счет энергии привода;
- 2) с охлаждением дуги элегазом при ее давлении, вызванном взаимодействием тока дуги с магнитным полем (электромагнитное дутье);
- 3) с гашением дуги за счет перетекания элегаза из резервуара с высоким давлением в резервуар с низким давлением.

Наиболее широко применяются конструкции ДУ с автопневматическим или магнитным дутьем.

**Автопневматическое дутье.** Такая камера располагается в герметичном баке, в котором поддерживается движение элегаза порядка  $0,2 \div 0,28$  МПа. Упрощенная схема устройства с автопневматическим дутьем показана на рис. 1.

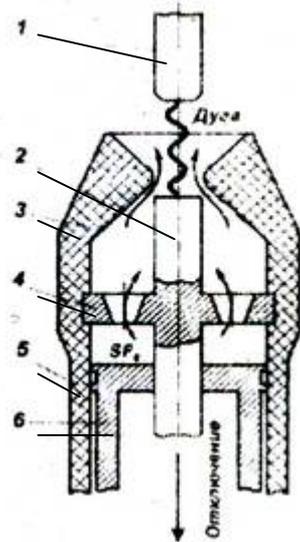


Рис. 1. ДУ с автопневматическим дугогасителем

При отключении выключателя между неподвижным 1 и подвижным 2 контактами возникает дуга. Вместе с подвижным контактом 2 при отключении перемещаются изоляционные элементы: сопло 3, перегородка 4 и цилиндр 5, выполненные из фторопласта. Поскольку поршень 6 при этом неподвижен, элегаз сжимается и его поток, переходя через сопло, омывает дугу и обеспечивает ее гашение.

Реальную конструкцию и работу автопневматического дугогасительного устройства разберем на примере камеры фирмы АВВ (рис. 2).

Во включенном положении (рис. 2, а) контакты выключателя замкнуты и ток проходит от верхнего 1 токопровода к нижнему 14 через главные контакты 9, 10 и компрессионный цилиндр 12.

При операции отключения подвижные части главного 10 и дугогасящих контактов 3, а также компрессионный цилиндр 12 и сопло 8 сдвигаются в разомкнутое положение (рис. 2, б). Важно учитывать, что подвижные контакты, сопло и компрессионный цилиндр составляют один подвижный узел.

Когда подвижный узел движется в направлении разомкнутого положения контактов, клапан наполнения 6 закрывается и элегаз начинает сжиматься между подвижным компрессионным цилиндром 12 и неподвижным поршнем 7 в компрессионном объеме 5 (компрессионный цикл). Первыми размыкаются главные контакты 9, 10 без дуги (зашунтированы дугогасительными).

При дальнейшем движении подвижного узла разъединяются дугогасящие контакты 2, 3 (рис. 2, в). Между подвижным 3 и неподвижным 2 дугогасящими контактами зажигается дуга. Во время горения дуги, она в некоторой степени блокирует (перекрывает) поток элегаза через сопло 8.

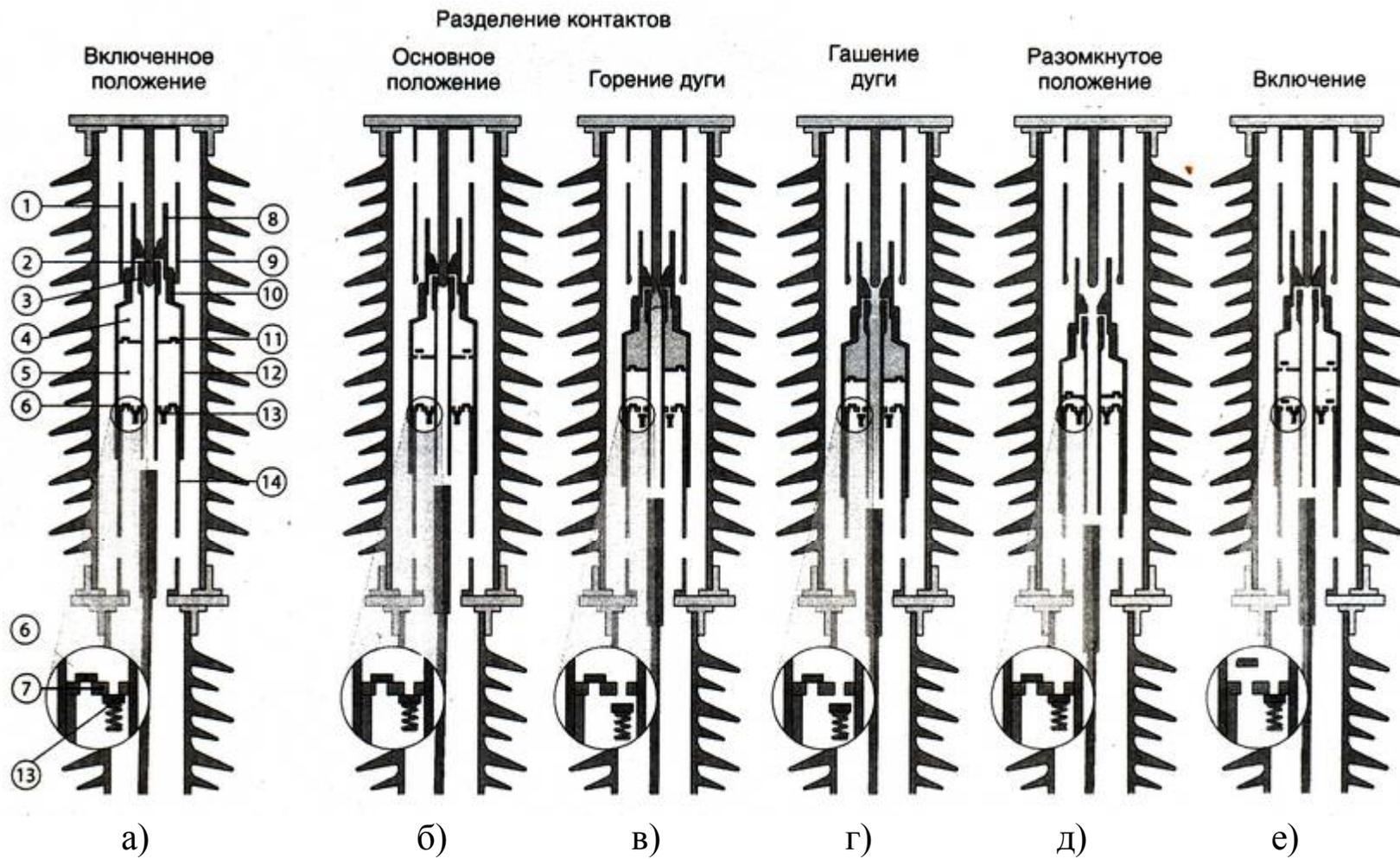


Рис. 2. Автопневматическое дугогасительное устройство фирмы АВВ

Горящая дуга характеризуется очень высокой температурой и мощным излучением тепла и начинает нагревать элегаз в ограниченном газовом объеме 4. Таким образом, давление внутри как автокомпрессионного 4, так и компрессионного объема 5 возрастают как из-за повышения температуры от дуги, так и вследствие сжатия газа в общем пространстве между компрессионным цилиндром 12 и неподвижным поршнем 7.

Давление газа в автокомпрессионном объеме 4 продолжает повышаться до тех пор, пока не станет достаточно высоким для того, чтобы закрыть автокомпрессионный клапан 11. Весь элегаз, необходимый для гашения дуги, теперь ограничен в замкнутом автокомпрессионном объеме 4, и его давление в этом объеме может дополнительно повышаться только из-за нагрева дугой. Примерно в то же самое время давление газа в нижнем компрессионном объеме достигает уровня, достаточного для открывания клапана сброса избыточного давления 13. Поскольку элегаз из компрессионного объема 5 уходит через клапан 13, это снижает потребность в дополнительной рабочей энергии привода, необходимой, чтобы преодолеть сжатие элегаза при одновременном сохранении скорости расхождения контактов, что необходимо для выдерживания восстанавливающегося на контактах напряжения.

Когда ток проходит через нулевое значение, дуга становится сравнительно слабой и снижает блокировку (перекрытие) сопла 8. В этот момент поток сжатого элегаза вырывается из автокомпрессионного объема 4 через сопло 8 и гасит дугу.

В разомкнутом положении, между неподвижными 2, 9 и подвижными 3, 10 контактами существует достаточный изоляционный промежуток, способный обеспечить номинальные уровни диэлектрической прочности.

При операции включения открываются клапаны 6, 11 и элегаз поступает как в компрессионный, так и в автокомпрессионный объемы.

**Магнитное дутье.** Схема дугогасительного устройства с магнитным дутьем приведена на рис. 3.

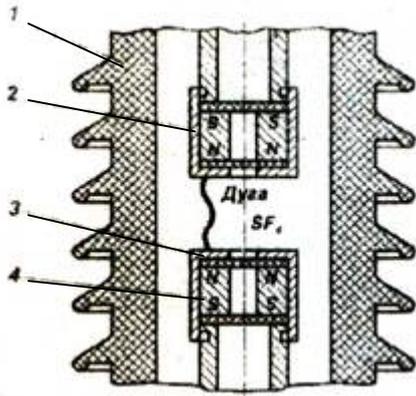


Рис. 3. ДУ с магнитным дутьем

Устройство размещается в изоляционном корпусе 1, заполненном элегазом. На дугу, возникающую между расходящимися контактами 2 и 3, действует радиальное магнитное поле, создаваемое постоянными магнитами 4 (или последовательной катушкой). Дуга быстро перемещается по окружности, усиленно охлаждается и гаснет. Такие устройства применяются в выключателях нагрузки.

### 3. ЭЛЕГАЗОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

В России эксплуатируются как зарубежные, так и отечественные элегазовые выключатели. Технические параметры наиболее распространенных приведены в табл. 1. Конструкцию и принцип работы рассмотрим на продукции научно-производственного объединения «Уралэлектротяжмаш» (УЭТМ), г. Екатеринбург. Используется следующая маркировка:

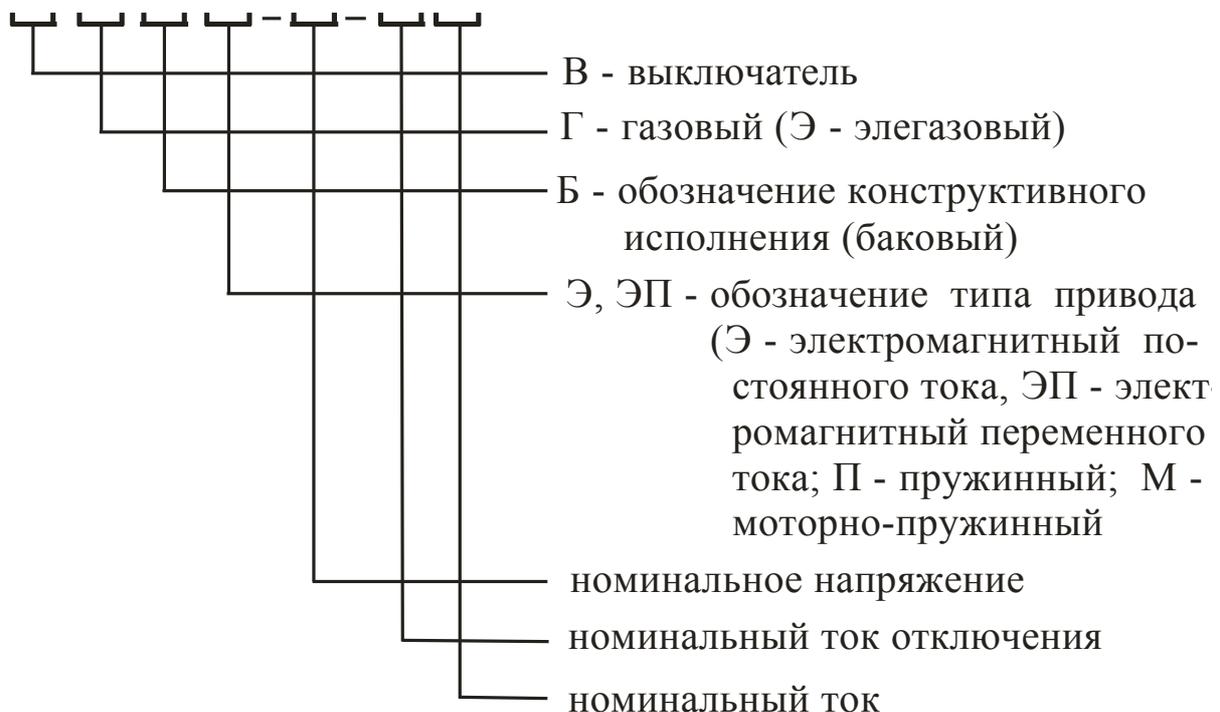


Таблица 1

## Технические параметры элегазовых выключателей

Марка выключателя	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, кА	Ток электродинамической стойкости, кА	Ток термической (3 с) стойкости, кА	Время включения, с	Полное время отключения, с	Завод-изготовитель
35 кВ							
ВГБЭ-35 ВГБЭП-35	630	12,5	35	12,5	0,1	0,04	УЭТМ
110 кВ							
ВЭБ-110	2000 2500 3150	40	100	40	0,08	0,035	УЭТМ и ЭМЗ
ЛТВ-14501	3150	40	100	40	0,04	0,04	ЛББ
HPL145A1	4000	63	158	63	0,08	0,04	ABB
145PM	3000 4000	63	158	63	0,065	0,05	ABB
ЗАРИДТ-145	до 4000	40	100	40	0,057	0,034	Siemens
HGF1012	2500 4000	31,5 40	80 100	31,5 40	0,1	0,028	Alstom
220 кВ							
ВГБУ-220	2000	40	100	40	0,07	0,035	УЭТМ и ЭМЗ
HPL 25B1	5000	50	125	50	0,065	0,04	ABB
242 PMG	до 4000	63	158	63	0,065	0,055	ABB
ЗАРИДТ-245	до 4000	50	125	50	0,060	0,037	Siemens
HGF1014	3000 4000	40 50	100 125	40 50	0,1	0,0250	Alstom
330 кВ							
ВГУ-330	3150	47	120	47	0,12	0,030	УЭТМ
HPL420B2	5000	50	125	50	0,065	0,04	ABB
362 PM	4000	50	125	50	0,065	0,04	ABB
3AQ2-362	до 4000	50	125	50		0,04	Siemens
GL315	4000	50	125	50	0,15	0,036	Alstom
500 кВ							
ВГБ-500	3150	40	100	40	0,1	0,035	УЭТМ
HPL550B2	5000	50	125	50	0,065	0,04	ABB
550 PM	4000	50	125	50	0,060	0,04	ABB
3AQ2-550	до 4000	50	125	50		0,04	Siemens
GL317	4000	50	125	50		0,036	Alstom
750 кВ							
ВГУ-750	3150	47	120	47	0,12	0,027	УЭТМ
HPL800B4	4000	50	125	50	0,065	0,04	ABB

**Элегазовый выключатель ВГБЭ-35** состоит из собственно выключателя, привода и встроенных трансформаторов тока (рис. 4).

В металлическом заземленном баке 1 на изоляционных дисках размещены дугогасительные устройства всех трех полюсов выключателя с неподвижными контактами. Последние токоведущими шинами связаны с нижними выводами 3 проходных изоляторов, токоведущие стержни которых являются одновременно первичным витком встроенных трансформаторов тока 2.

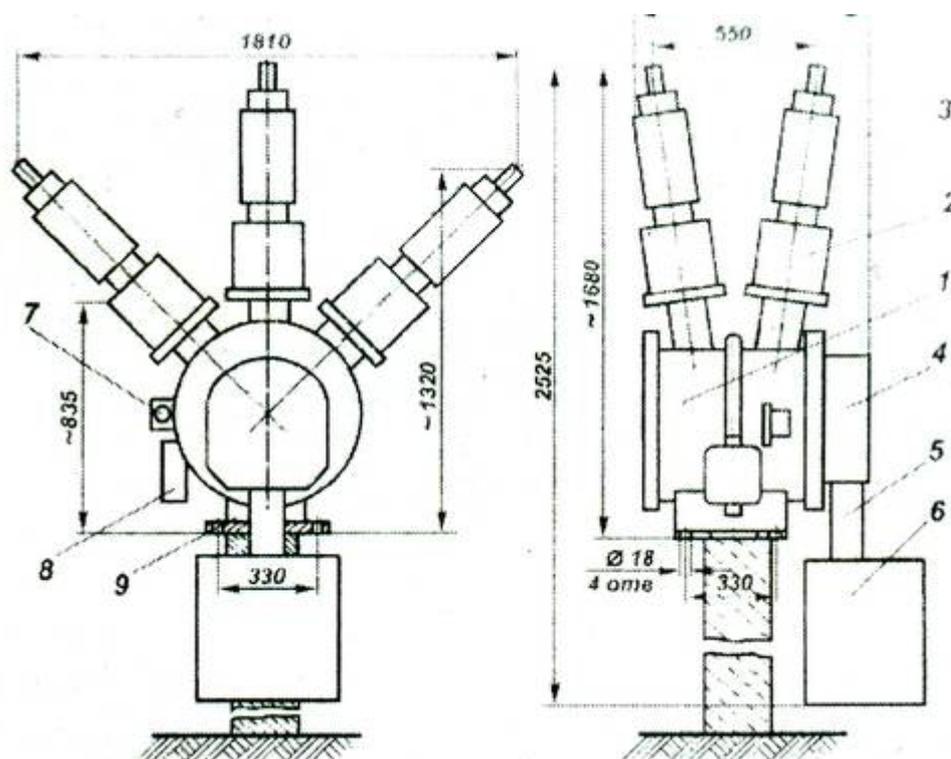


Рис. 4. Выключатель ВГБЭ-35

Трансформатор тока, расположенный в защитном колпаке, представляет собой блок, состоящий из измерительного и защитного трансформаторов и клеммного ряда, на который выведены все отводы от вторичных обмоток. Каждый трансформатор тока рассчитан на первичный номинальный ток 50...600 А.

Подвижные контакты выключателя закреплены на поворотной изоляционной траверсе, насаженной на вал выключателя.

В коробке механизма 4 размещены вал, отключающие пружины, демпферы и промежуточный рычаг, предназначенный для связи механизма с приводом.

В полости между нижней частью бака и опорной плиткой расположено подогревательное устройство 9, предназначенное для выключателей (исполнение УХЛ1), работающих в суровых климатических условиях (при температуре воздуха ниже  $-45^{\circ}\text{C}$ ).

На боковой стенке бака крепится сигнализатор давления элегаза 7, снабженный устройством компенсации температуры, позволяющим автоматически приводить показания сигнализатора к температуре  $+20^{\circ}\text{C}$ . Сигнализатор имеет шкалу со стрелкой и две пары нормально замкнутых контактов, дающих возможность не только осуществлять визуальный контроль за давлением элегаза в баке, но и подавать предупредительный сигнал при снижении давления до  $0,33\text{ МПа}$ , а при давлении ниже  $0,3\text{ МПа}$  – автоматически отключать выключатель.

На клеммную коробку 8 выведены провода от сигнализатора давления, подогревательного устройства и от каждого трансформатора тока по два провода.

К нижней части коробки механизма 4 подвешен шкаф с приводом 6, расположенный на переходной трубе 5. На днище шкафа установлены две кабельные муфты, предназначенные для подвода цепей управления и сигнализации привода.

Выключатели комплектуют электромагнитным приводом постоянного тока. Для того чтобы обеспечить питание включающего электромагнита от источника переменного тока, в шкаф с приводом установлен однофазный двухполупериодный выпрямитель.

На предприятии-изготовителе выключатель заполняют элегазом до номинального избыточного давления  $0,45\text{ МПа}$ , затем проводят приемо-сдаточные испытания выключателя с приводом. Заказчику выключатель и привод поставляют в отдельной упаковке.

Быстрое перемещение основания электрической дуги по поверхности электродов, обеспечиваемое электромагнитным дутьем, а также отсутствие изоляционных сопел, применяемых в других конструкциях дугогасительных устройств, существенно увеличивают коммутационный ресурс выключателя.

**Элегазовый выключатель ВЭБ-110** (рис. 5) состоит из рамы 8, на которой установлены привод выключателя 1, три полю-

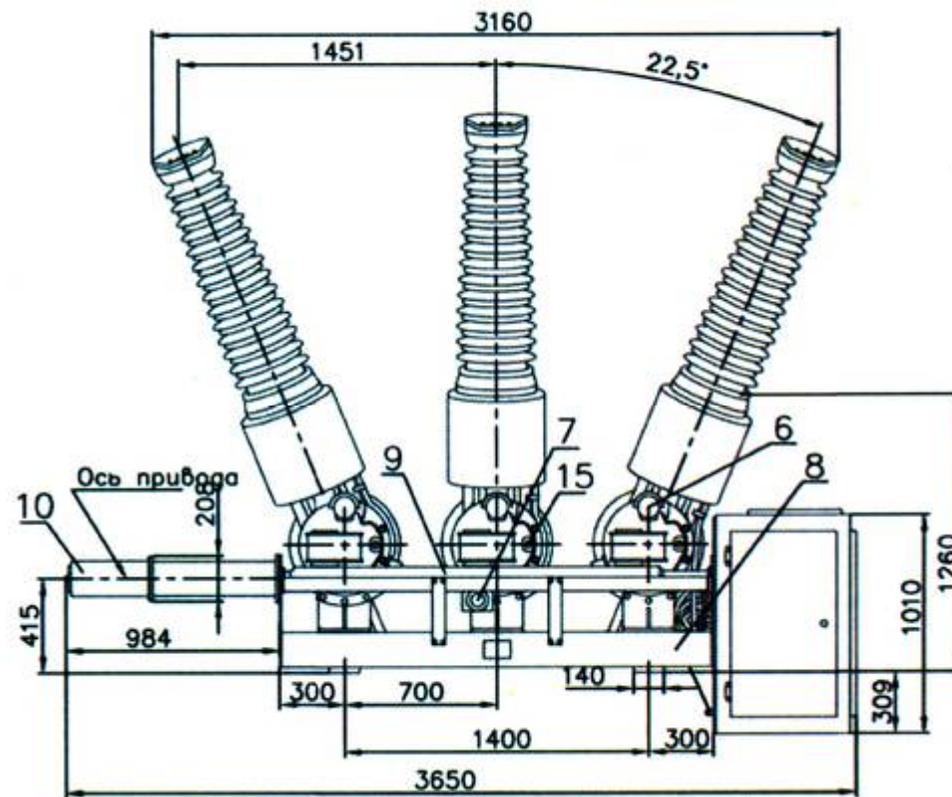
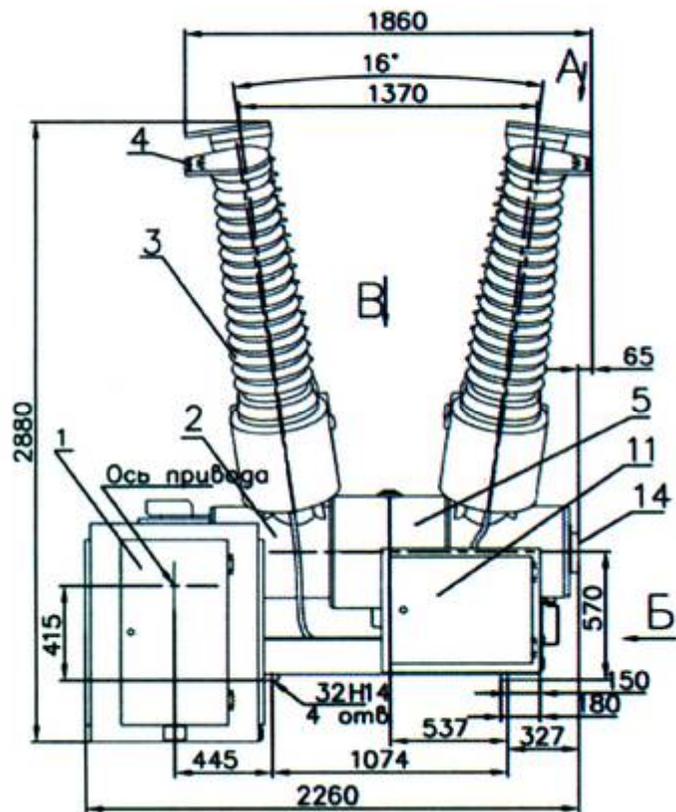


Рис. 5. Элегазовый выключатель ВЭБ-110

са, каждый из которых состоит из устройства гасительного 2 автосжатия типа с устройством электрообогрева 5 и двух вводов 3, а также отключающий механизм 10 и шкаф вторичных соединений 11. Передача усилий от привода к полюсам выключателя осуществляется при помощи передаточного устройства 9.

Рама выключателя представляет собой жесткую сварную конструкцию и имеет четыре отверстия диаметром 32 мм для крепления к фундаментным стойкам, а также снабжена специальным болтом для присоединения заземляющей шины.

Гасительное устройство содержит размыкаемые главные, и снабженные дугостойкими наконечниками, дугогасительные контакты, поршневое устройство для создания давления в его внутренней полости и фторопластовые сопла, в которых потоки газа приобретают направление, необходимое для эффективного гашения дуги. Поршневое устройство снабжено системой клапанов, позволяющих обеспечить эффективное дутье в зоне горения дуги во всех коммутационных режимах.

Во включенном положении главные и дугогасительные контакты замкнуты. При отключении сначала размыкаются практически без дугового эффекта главные контакты при замкнутых дугогасительных, а затем размыкаются дугогасительные.

Механизм управления полюсом размещен в корпусе и состоит из шлицевого вала с внутренним рычагом. Шлицевой вал установлен в подшипниках и уплотняется системой уплотнительных колец, манжет и «жидкостным затвором». Внутренний рычаг через изоляционную тягу соединен с трубой подвижного контакта и обеспечивает передачу усилия от передаточного устройства к подвижному контакту. В корпус механизма встроен клапан для заправки элегазом.

Отключающий механизм установлен в цилиндрическом корпусе на противоположной от привода стороне рамы и состоит из буферного устройства и отключающей пружины, сжимаемой при включении выключателя тягой, соединенной с наружным рычагом третьего (считая от привода) полюса.

Механическая связь привода выключателя с рычагами полюсов и отключающим механизмом осуществляется при помощи передаточного устройства, состоящего из последовательно соединенных тяг, размещенных в кожухе. В нижней части кожуха

выполнено смотровое окно указателя положения контактов выключателя.

Каждый полюс снабжен фильтром-поглотителем и защитной мембраной, разрывающейся при аварийном повышении давления до 1,0...1,5 МПа. Фильтр-поглотитель содержит активированный адсорбент, поглощающий влагу и нейтрализующий продукты разложения элегаза.

Устройство электрообогрева элегаза состоит из гибкого нагревательного элемента, теплоизоляции и защитных кожухов.

Оно снабжено устройством, сигнализирующем о неисправности электрообогревателя (отсутствии нагрева) в его включенном состоянии. Включение и отключение обогрева происходит автоматически от датчика-реле температуры наружного воздуха.

Вводы «воздух-элегаз» предназначены для подвода тока к неподвижным токоведущим элементам дугогасительных устройств, размещенных внутри герметизированных, заземленных резервуаров полюсов и состоят из блоков трансформаторов тока, защитных кожухов, полых фарфоровых или композитных изоляторов и труб токоведущих.

Блок трансформатора тока состоит из корпуса, на котором установлены трансформаторы тока для измерения и учета и трансформаторы тока для защиты, автоматики, управления и сигнализации (далее – для защиты), электрического экрана и фланца для крепления изолятора.

На каждом полюсе (в зависимости от номинального первичного тока и класса точности) могут быть установлены до двух трансформаторов тока для измерения и до четырех трансформаторов тока для защиты.

На блоки зажимов шкафа вторичных соединений выведены электрические цепи сигнализаторов плотности, управления подогревом, зажимы вторичных обмоток трансформаторов тока.

Пружинный привод типа ППрК с моторным заводом рабочих (цилиндрических винтовых) пружин, представляет собой отдельный, помещенный в герметизированный трехдверный шкаф, агрегат.

Привод позволяет медленно оперировать контактами выключателя при его настройке без каких-либо дополнительных

(например, домкратных) устройств. Привод прост в обслуживании и надежен в эксплуатации.

#### 4. СХЕМЫ И КОНСТРУКЦИИ КРУЭ

На основе элегазовой изоляции разработаны и выпускаются комплектные распределительные устройства элегазовые (КРУЭ).

Комплектуют КРУЭ из стационарных электрических элементов (выключателей, разъединителей, заземлителей, трансформаторов тока и напряжения, сборных шин), помещенных в герметизированные заземленные металлические оболочки, заполненные элегазом под давлением. На этой элементной базе собираются различные ячейки существующих схем РУ с небольшими габаритами.

Так полюс фидерной (отходящей) ячейки КРУЭ-110 кВ с двумя сборными шинами (рис. 6) состоит из: двух сборных (рабочих) шин 6, разъединителей 7 (1Р, 2Р – шинные, 3Р – линейные); трансформаторов тока 8, выключателя 9; кабельных выводов 5; элегазового токопровода 4; заземляющих ножей 3; шкафов управления и защиты 1 и 2. Ячейка собирается на фундаменте 10 и имеет габариты 3600×3600×500 мм.

Оболочки отдельных элементов соединяют между собой при помощи фланцев с уплотнениями из синтетического каучука, этиленпропилена и других материалов. Внутренние объемы оболочек некоторых элементов сообщаются между собой. В целом КРУЭ секционированы по газу. Каждая секция имеет свою контрольно-измерительную аппаратуру. Значение давления элегаза в КРУЭ выбирают с учетом создания необходимой электрической прочности. Так, для аппаратов напряжением 110 кВ при температуре 20° С необходимый уровень электрической прочности в наиболее слабых местах обеспечивается при абсолютном давлении 0,25 МПа. В секциях выключателей элегаз обычно находится под большим давлением до 110 % от номинального. Утечки газа составляют менее 5 % в год. Давление в секциях контролируют по показаниям манометров или плотномеров при значительных колебаниях температуры окружающей среды.

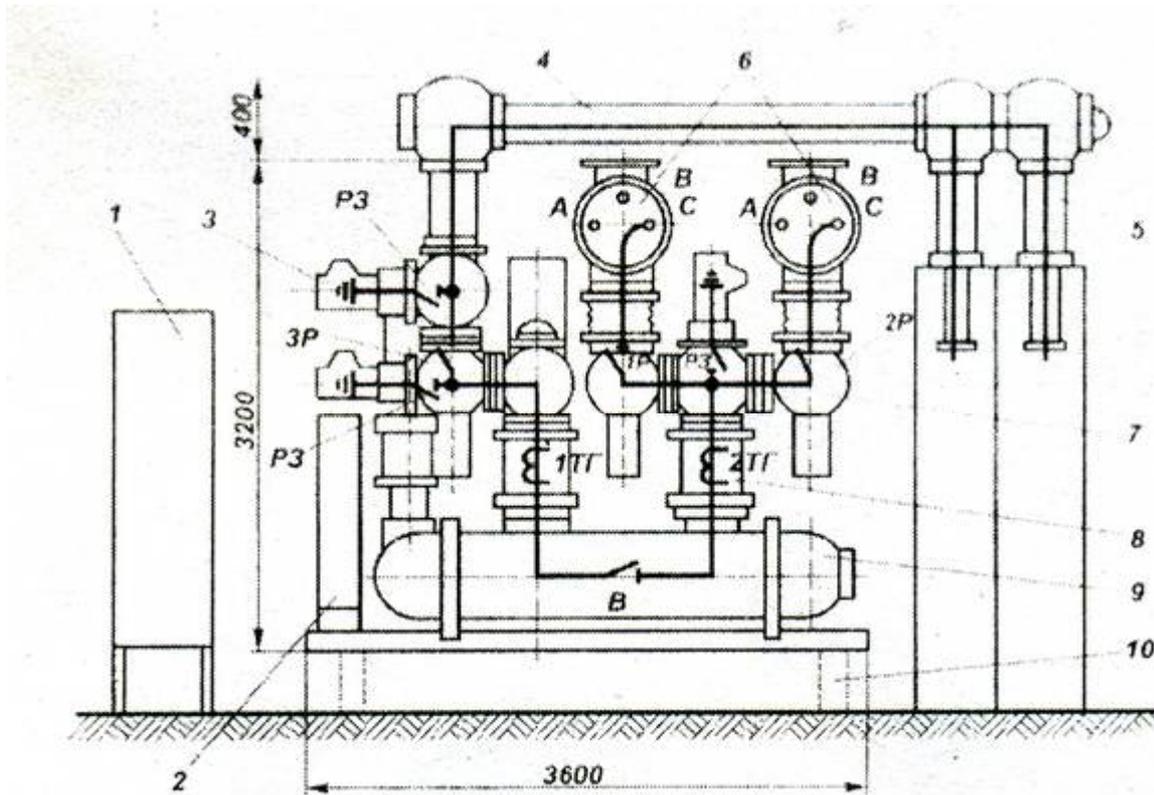


Рис. 6. Полус ячейки КРУЭ 110 кВ со схемой электрических соединений

Ошибочные операции в КРУЭ, как правило, исключены благодаря применению электрических и механических блокировок.

Положение коммутационных аппаратов проверяют по указателям положения, механически связанными с подвижными системами аппаратов. Предусмотрены также сигнализация лампами и возможность наблюдения за положением подвижных контактов через смотровые окна.

Обслуживание КРУЭ сводится главным образом к контролю давления в секциях и пополнению их элегазом. Герметизация КРУЭ полностью исключает необходимость периодических чисток изоляции.

На рис. 7 приведены компоновки и схемы различных ячеек КРУЭ фирмы «Siemens». Токопроводы этих типов КРУЭ герметизированы пофазно.

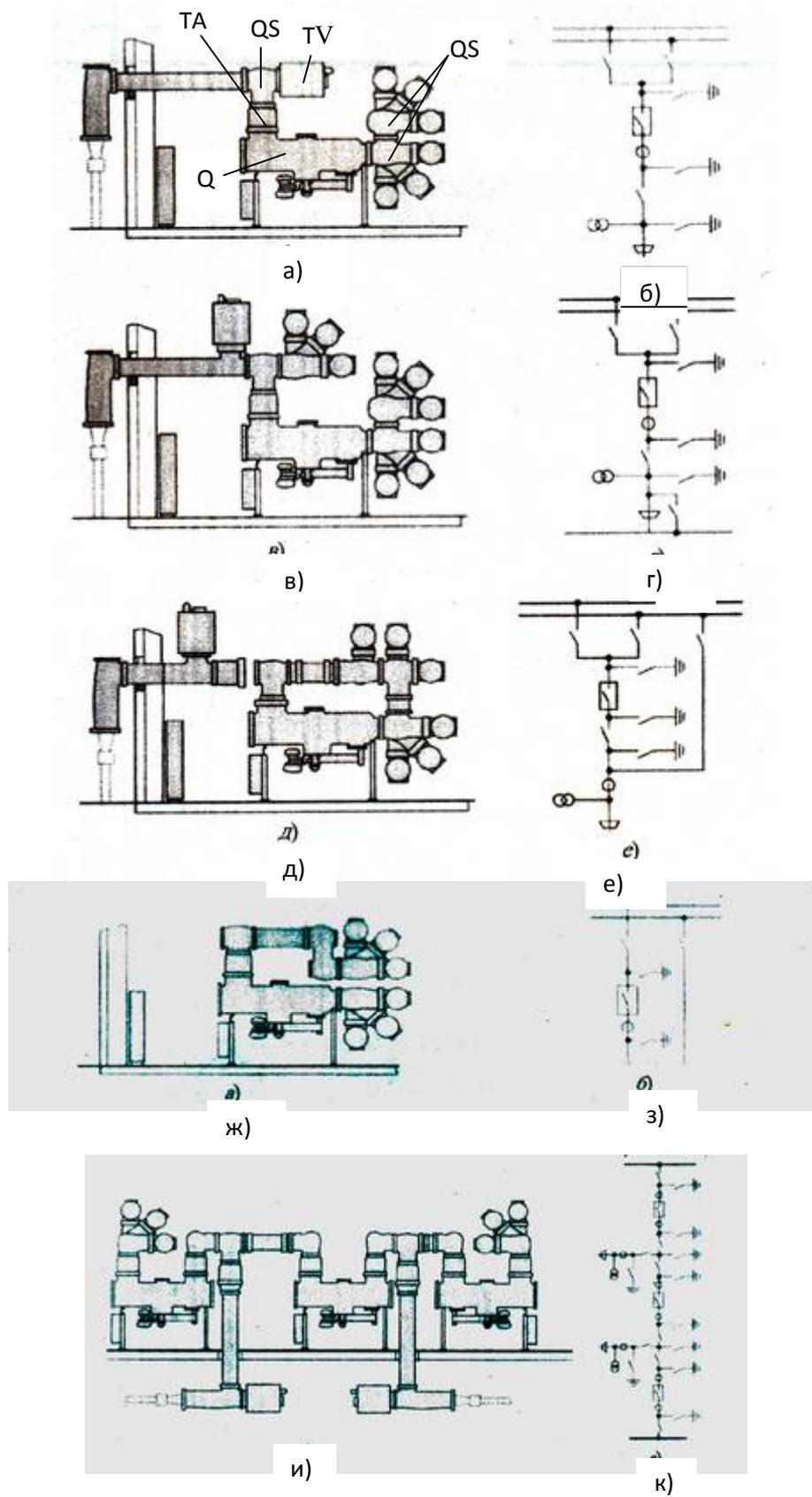


Рис. 7. Ячейки КРУЭ

## **5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕГАЗОВЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ В ЗРУ**

Химически чистый элегаз не имеет запаха. Так как он тяжелее воздуха, то при утечке скапливается на уровне пола, в кабельных каналах, подвалах и т.п. Скапливаясь, элегаз вытесняет воздух, и персонал, оказавшись в месте скопления элегаза, почувствует только недостаток кислорода, в результате чего может наступить удушье. Необходимо помнить, что противогаз в этом случае не может оказать пострадавшему помощь. Ему необходимо обеспечить доступ свежего воздуха. Поэтому дежурный персонал при входе в помещение РУ, где обнаружена утечка элегаза, должен обязательно включить вентиляцию. Проверка отсутствия элегаза в помещении должна проводиться с помощью горящей спички или свечи. Горение спички или свечи на уровне пола показывает отсутствие опасной концентрации элегаза и разрешает вход в помещение.

Поэтому проведение работ (в том числе и оперативных переключений) в помещениях РУ, где обнаружена утечка элегаза, возможно только при включенной приточно-вытяжной вентиляции и применении индивидуальных средств защиты. Это объясняется тем, что выбросы элегаза в атмосферу в случае прожига резервуаров выключателя, разрывов предохранительных мембран и т. д. могут быть загрязнены продуктами разложения. В продуктах разложения элегаза электрической дугой содержатся активные высокотоксичные фториды и сернистые соединения. Наличие продуктов разложения обнаруживается по неприятному едкому запаху. Эти химические соединения в газообразном и твердом состояниях чрезвычайно опасны для человека.

## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Напишите химический состав элегаза.
2. Назовите преимущества элегаза по сравнению с воздухом.
3. Назовите недостатки элегаза по сравнению с воздухом.

4. Перечислите достоинства и недостатки элегазовых аппаратов.
5. Перечислите направления разработок элегазовых дугогасительных устройств.
6. Поясните работу дугогасительного устройства с автопневматическим дутьем.
7. Поясните работу камеры фирмы АВВ.
8. Как работает элегазовая камера с магнитным дутьем?
9. Устройство и работа выключателя ВГБЭ-35.
10. Устройство и работа выключателя ВЭБ-110.
11. Поясните конструкцию КРУЭ-110.
12. Дайте обоснование соответствия схем и конструкций КРУЭ фирмы «Siemens».
13. Какие правила ТБ необходимо соблюдать при эксплуатации элегазовых выключателей в ЗРУ? Почему?

### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаков, В. А. Электрические аппараты / В. А. Казаков. – М.: ИП РадиоСофт, 2010. – 372 с.
2. Афонин, В. В. Элегазовые выключатели распределительных устройств высокого напряжения: учебное пособие / В. В. Афонин, К. А. Набатов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 69 с.
3. Кох, Д. Свойства  $SF_6$  и его использование в коммутационном оборудовании среднего и высокого напряжения / Д. Кох. Scheider Electric. – 2006. – Вып. 2.
4. Выключатель элегазовый ВГБ-35. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. НПО «Уралэлектротяжмаш». – 2007. – 49 с.
5. Выключатель элегазовый баковый типа ВЭБ-110. ЗАО «Энергомаш». – 2010. – 16 с.

**СОСТАВИТЕЛЬ**  
Виктор Иванович Масорский

**ЭЛЕГАЗОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ**

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине  
«Электрические станции и подстанции» для студентов  
направления 140400 «Электроэнергетика и электротехника»  
профиля 140404 «Электроснабжение»

Печатается в авторской редакции

Рецензент Р. В. Беляевский

Подписано в печать 12.01.2012. Формат 60×84/16.  
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 1,0.  
Тираж 50 экз. Заказ  
КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.  
Типография КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.