

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА
СЕЛЬСКИХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ
ПОДСТАНЦИЙ**

Часть I

Учебно-методическое пособие

к лабораторным работам по курсу «Энергоснабжение сельского хозяйства»
для студентов специальности 74 06 05

Минск 2006

УДК 621.311.42(07)
ББК 31.277я7
Э 45

Рекомендовано методической комиссией агроэнергетического факультета БГАТУ.

Протокол № 10 от 21 июня 2006 года.

Составители: канд. техн. наук, профессор Янукович Генрих Иосифович
ст. преподаватель Кожарнович Галина Ивановна
ст. преподаватель Усов Георгий Георгиевич
ст. преподаватель Зеленъкевич Александр Иосифович

Рецензенты: канд. техн. наук., доцент каф. “Электротехнология” БГАТУ
П.В. Кардашов

Ответственный за выпуск: Н.Е. Шевчик

УДК 621.311.42(07)
ББК 31.277я7
Э 45

© Янукович Г.И., Кожарнович Г.И., Усов Г.Г., Зеленъкевич А.И., составление, 2006
© БГАТУ, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 Предохранители, разъединители и выключатели нагрузки	4
Лабораторная работа № 2 Малообъёмные масляные и электромагнитные выключатели	19
Лабораторная работа № 3 Вакуумные выключатели	40
Лабораторная работа № 4 Измерительные трансформаторы тока и напряжения	58
Лабораторная работа № 5 Трубчатые и вентильные разрядники, ограничители перенапряжений	72
Лабораторная работа № 6 Комплектные трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ	93
Лабораторная работа № 7 Резервные электростанции	106
Приложения	121
Приложение А Разъединители	121
Приложение Б Комплектные трансформаторные подстанции ...	128

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ПРЕДОХРАНИТЕЛИ, РАЗЪЕДИНИТЕЛИ И ВЫКЛЮЧАТЕЛИ
НАГРУЗКИ

Общее время занятия – 2 часа.

Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера-электрика для решения основных задач, связанных с электроснабжением сельскохозяйственных предприятий и сельских населенных пунктов, необходимо знать назначение, устройство и принцип работы предохранителей, разъединителей и выключателей нагрузки. Поэтому тема занятий актуальна для будущей работы инженера.

Цель занятия

Изучить типы низковольтных и высоковольтных предохранителей, разъединителей внутренней и наружной установки, выключателей нагрузки, применяемых в сельском хозяйстве.

Задачи занятия

Изучить представленные в лаборатории предохранители, разъединители, выключатели нагрузки.

Контрольные вопросы самоподготовки

1. Объясните принцип работы предохранителей.
2. Какое назначение рубильника?
3. Что такое электрическая дуга?

План занятия

1. Изучить устройство низковольтных (ПР, ПН, НПН) и высоковольтных (ПК, ПКТ, ПВТ) предохранителей.

2. Изучить процесс гашения дуги в патронах предохранителей. Обратить внимание на средства, предотвращающие недопустимое перенапряжение при гашении электрической дуги.
3. Изучить устройство разъединителей внутренней и наружной установки. Обратить внимание на блокировку рабочих и заземляющих ножей разъединителя РЛНДЗ–10.
4. Изучить устройство выключателя нагрузки типа ВМП–16. Обратить внимание на сходство выключателя нагрузки с разъединителем РВ–10/400. Найти отличительные детали конструкции выключателя нагрузки.
5. Изучить процесс гашения дуги у выключателя нагрузки и порядок работы главных и дугогасительных ножей при включении и отключении.
6. Ознакомиться с устройством автоматического отключения выключателя нагрузки ВМП–17 при перегорании одного из предохранителей.
7. Ознакомиться с приводом ПРА–17, проверить работу механизма свободного расцепления.

Методические указания к самостоятельной работе студента

Предохранители

Предохранители предназначены для защиты электрических установок от перегрузки и коротких замыканий. Работа предохранителей основана на тепловом действии тока. Плавкая вставка предохранителей, как и всякий проводник, нагревается током. При возникновении перегрузки или короткого замыкания (КЗ) плавкая вставка перегорает и разрывает цепь.

По способу и эффективности гашения электрической дуги предохранители разделяются на две основные группы:

1) **без токоограничения**, в которых дуга гасится в момент перехода тока через нулевое значение. К их числу относятся стреляющие, пластинчатые и трубчатые (без заполнения) предохранители;

2) с **токоограничением**, в которых дуга гасится, и ток короткого замыкания обрывается ранее, чем он достигает ударного значения. К этой группе относятся все типы трубчатых предохранителей с заполнителем и предохранители с фибровыми трубками.

При применении **токограничивающих** предохранителей гашение дуги происходит на участке 0–1, т.е. ток короткого замыкания не достигает своего

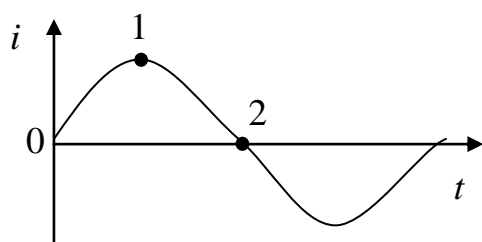


Рис. 1.1

максимального значения (точка «1»). В предохранителях **без токоограничения** гашение дуги происходит при прохождении током через нулевое значение (точка «2»), и оборудование испытывает на себе действие ударного тока КЗ.

Одним из **средств токоограничения** и улучшения гашения дуги являются *газогенерирующие материалы*, в частности фибра. При возникновении дуги фибра выделяет водород (40 %) и углекислый газ. Давление в трубке резко повышается, что вызывает гашение дуги. Благодаря энергичной ионизации дугового промежутка сопротивление его быстро возрастает, вследствие чего ток КЗ в цепи уменьшается и не достигает своего максимального значения.

Другим средством токоограничения и улучшения гашения дуги является *использование мелкозернистого наполнителя* (кварцевый песок, тальк). Электрическая дуга, возникшая на месте плавкой вставки, горит в контакте с мельчайшими частицами наполнителя. Это обеспечивает интенсивный теплоотвод от электрической дуги и способствует быстрому ее гашению. Ток в цепи обрывается раньше его естественного прохождения через нулевое значение.

В настоящее время с целью токоограничения в предохранителях широко используется так называемый *металлургический эффект*. На медную или посеребрённую проволоку наносят оловянный шарик (1–3 мм). При нагреве проволоки до температуры, близкой к температуре плавления олова (230 °С), молекулы олова начинают усиленно диффундировать в материал проволоки,

образуя как бы сплав из двух материалов. В месте нахождения шарика проволока быстро плавится, и вставка перегорает при температуре, близкой к температуре плавления олова.

В момент перегорания плавкой вставки предохранителя возникает перенапряжение. Для его уменьшения стремятся сократить длину вставки. Это достигается применением промежутка переменной величины, который в момент перегорания плавкой вставки получается очень коротким (3–5 см), а затем быстро увеличивается до нескольких десятков сантиметров вследствие механического перемещения одного из электродов.

Другой способ снижения перенапряжения заключается в применении ступенчатых плавких вставок, выполненных с разным сечением по длине.

В сетях до 1000 В распространение получили предохранители типов ПР (предохранитель с разборным патроном без наполнителя), ПН (с наполнителем, разборный), НПН (с наполнителем, неразборный).

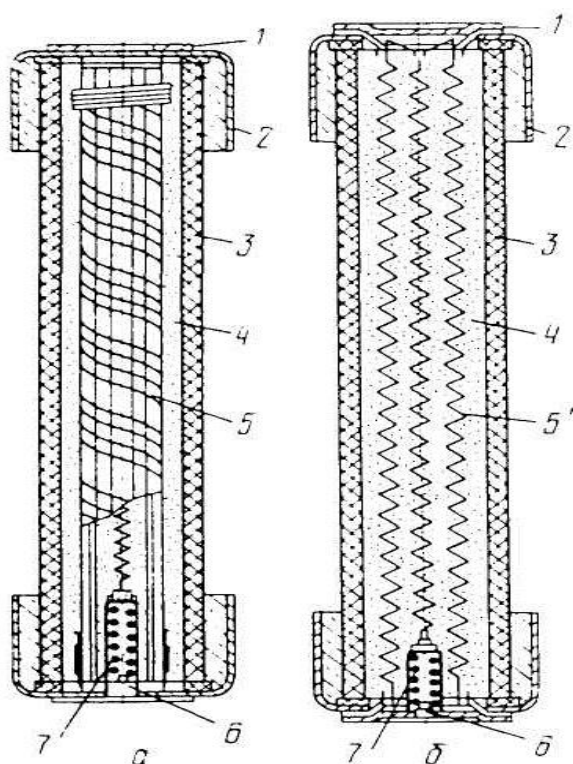


Рис. 1.2 Предохранители типа ПК:

а — на номинальные токи до 7,5 А;
б — на номинальные токи 10–400 А;
 1 — крышка; 2 — латунный колпачок;
 3 — фарфоровая трубка; 4 — кварцевый песок;
 5, 5' — плавкие вставки; 6 — указатель срабатывания; 7 — пружина

лем, разборный), НПН (с наполнителем, неразборный).

Выпускаются также насыпные предохранители с неразборным патроном серии ПН–31 на номинальный ток 32–100 А и напряжение 660 В. Все токоведущие части предохранителей, в том числе плавкая вставка, выполнены из алюминия. Использование этих предохранителей позволяет сэкономить большое количество медного проката.

В сетях напряжением свыше 1000 В распространение получили предохранители типов: ПК (предохранитель с кварцевым наполнителем токоограничивающий, ПВТ (предохранитель выхлопной трубчатый).

Конструктивное исполнение предохранителя ПК приведено на рис. 1.2, ПВТ — на рис. 1.3.

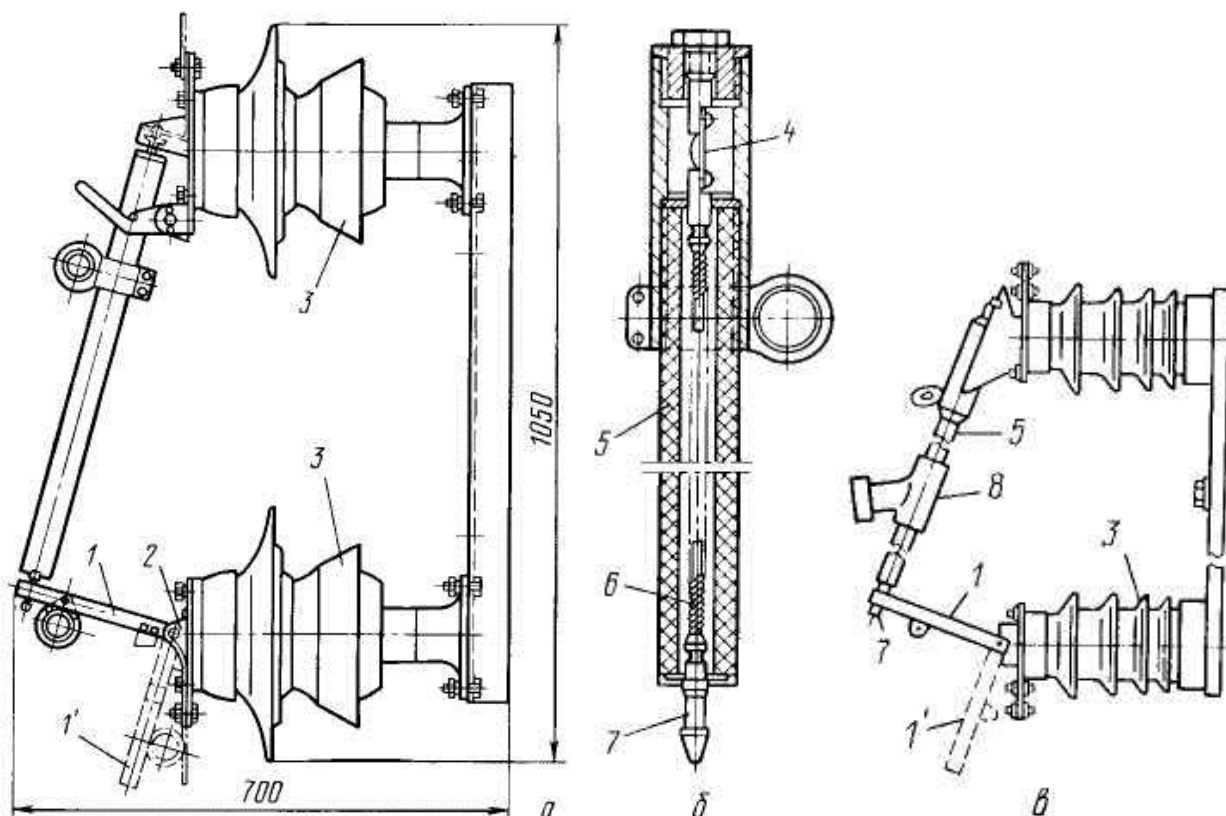


Рис. 1.3 Предохранитель типа ПВТ:
a, б — общий вид и патрон предохранителя ПВТ-35; *в* — предохранитель ПВТ-35 МУ1;
 1, 1' — контактный нож; 2 — ось; 3 — опорный изолятор; 4 — плавкая вставка;
 5 — трубка из газогенерирующего диэлектрика; 6 — гибкая связь; 7 — наконечник;
 8 — патрубок

Разъединители

Разъединителем называется высоковольтный аппарат, предназначенный для включения и отключения участков электрических установок под напряжением, но при отсутствии нагрузочного тока.

Разъединитель обеспечивает видимый разрыв цепи, что позволяет эксплуатационному персоналу убедиться в возможности безопасного приближения к отсоединенным частям установки.

Разъединители не предназначены для отключения нагрузочных токов, поэтому они не снабжаются гасительными устройствами. В виде исключения допускается применять разъединители для включения и отключения небольших токов.

Например, допускается коммутация трансформаторов напряжения, зарядного тока сборных шин и оборудования, тока замыкания на землю до 5 А для линии напряжением 20–35 кВ и до 30 А для линии до 10 кВ, ненагруженных воздушных линий 10 кВ длиной до 10 км. Считается возможным также включать и отключать заземление нейтрали трансформаторов, ненагруженных кабельных линий до 20 кВ любой длины и до 30 км линий 35 кВ, токи холостого хода трансформаторов напряжением 10 и 35 кВ ограниченной мощности.

По характеру движения ножей разъединители могут быть подразделены на следующие типы:

- разъединители рубящего типа с вращением ножей в плоскости, параллельной осям опорных изоляторов одного полюса;
- разъединители поворотного типа с вращением ножей в плоскости, перпендикулярной осям изоляторов одного полюса.

По роду установки различают разъединители для внутренней (РВ) и наружной (РЛНД, РНД и др.) установки (рис. 1.4 и 1.5).

По числу полюсов различают однополюсные и трехполюсные разъединители.

По способу установки ножей различают разъединители с горизонтальным или вертикальным расположением ножей.

По наличию заземляющих ножей различают разъединители с ножами для заземления (РНДЗ) и без ножей для заземления (РНД).

Разъединители маркируются следующим образом: РЛНДЗ 10/400 — разъединитель на номинальное напряжение 10 кВ, номинальный ток 400 А, линейный, для наружной установки, две приводные штанги, с заземляющими ножами.

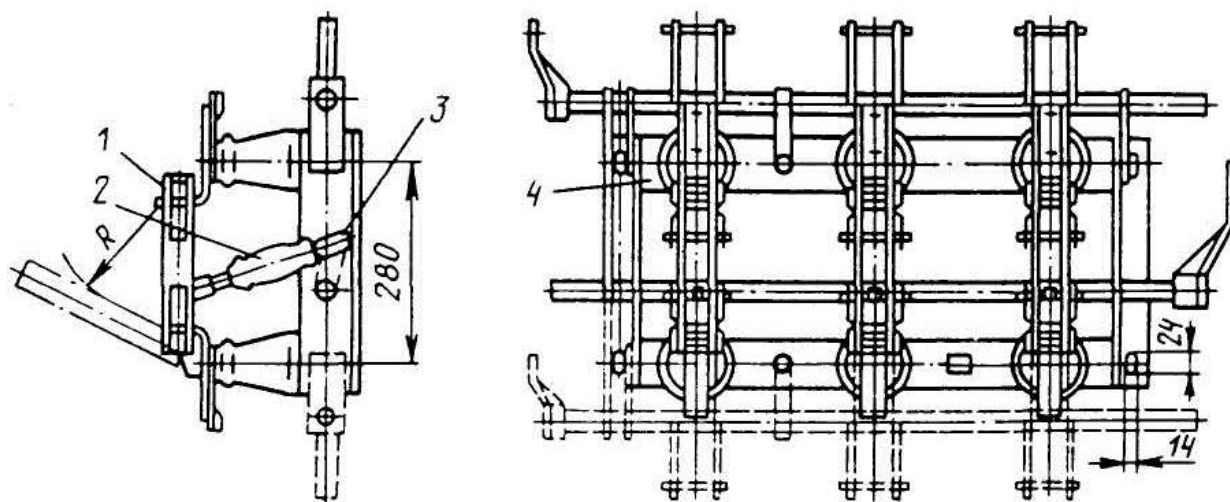


Рис. 1.4 Разъединитель внутренней установки типа РВЗ–10/400:
1 — замок; 2 — изолятор привода; 3 — привод; 4 — рама

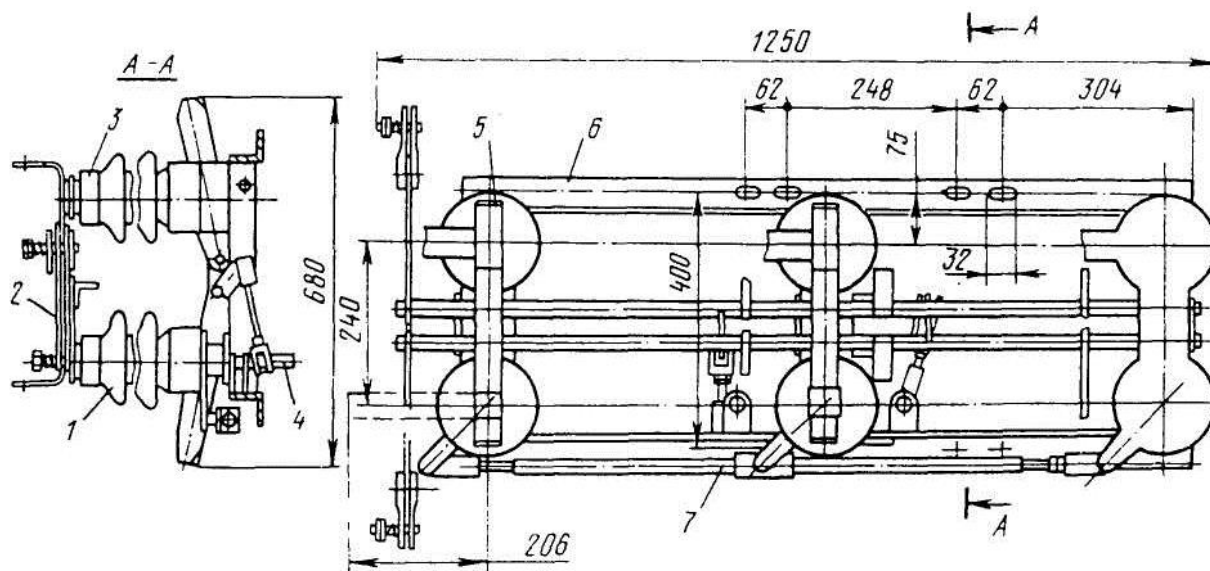


Рис. 1.5 Разъединитель наружной установки типа РЛНД–10
1 и 3 — опорно-изоляционные колонки; 2 — главные ножи; 4 — вал привода;
5 — контактный вывод; 6 — рама; 7 — тяга

Примеры различных марок разъединителей приведены в приложении А.

Выключатели нагрузки

В электрических установках, которые характеризуются относительно небольшой силой токов короткого замыкания (до 400 А), применение масляных выключателей, отключающая способность которых выражается током отключения в единицы и десятки килоампер (кА), нельзя считать экономически целесообразным. В таких установках находят применение выключатели

нагрузки, способные включать и отключать рабочие токи нагрузки, при напряжении 10 кВ — 200 А, 6 кВ — 400 А.

Выключатели нагрузки представляют собой трехполюсные разъединители с надстроенными на их неподвижных контактах гасительными камерами с твердым газогенерирующим веществом, рассчитанными на гашение дуги лишь при отключении токов нагрузки и перегрузки.

Выключатели нагрузки изготавливают на основе разъединителей типа РВ–10/400, но, в отличие от последних, выключатели нагрузки снабжены дугогасительными контактами, дугогасительной камерой, отключающими пружинами и буферами.

Выпускаются выключатели нагрузки типа ВН–16 на напряжение 10 кВ с дугогасительными камерами, в которых в качестве газогенерирующего материала используются вкладыши из оргстекла.

Для отключения коротких замыканий используются плавкие предохранители, устанавливаемые последовательно с выключателями нагрузки. Выключатель, скомплектованный из ВН–16 и плавких предохранителей типа ПК, имеет обозначение ВНП–16.

Отключающая способность выключателей нагрузки типа ВНП–16 определяется предохранителями и составляет 200 МВА.

Выключатель нагрузки типа ВНП–16 с предохранителями ПК приведен на рис. 1.6.

Однако при перегорании одного из предохранителей потребители, подключенные за выключателем нагрузки, получают неполнофазное питание. Этот недостаток устранен в выключателе нагрузки ВНП–17, который снабжен специальным устройством для автоматического отключения после перегорания хотя бы одного предохранителя.

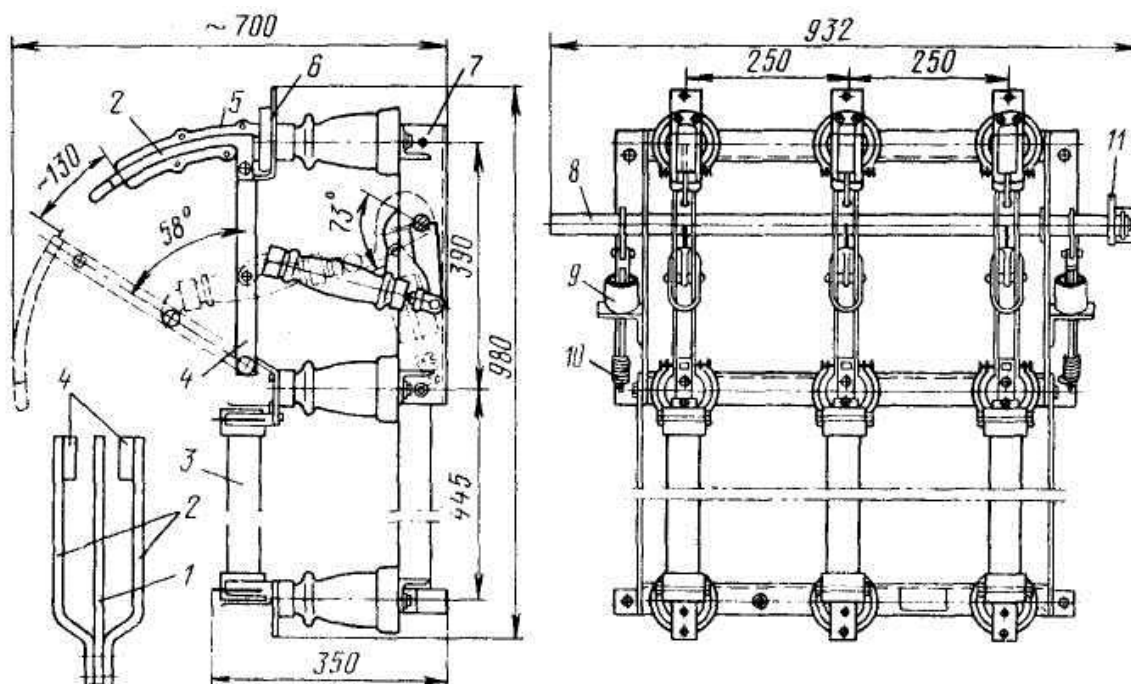


Рис. 1.6 Выключатель нагрузки ВМП-16:

- 1 — дугогасительный нож; 2 — стальные пластины; 3 — предохранитель ПК;
 4 и 6 — рабочие контакты; 5 — дугогасительная камера; 7 — рама; 8 — вал;
 9 — отключающая пружина; 10 — буфер; 11 — приводной рычаг

Рабочие контакты выключателя выполнены в виде двухполюсного ножа 3, охватывающего контактную стойку 6 (рис. 1.6). Дугогасительные контакты расположены в камере 5 и состоят из неподвижных полусферических контактов и неподвижного дугогасительного ножа 1, прикрепленного при помощи стальных полос 2 к главному ножу 3. Дугогасительная камера имеет пластмассовый корпус и вкладыши из оргстекла, в узкой щели между которыми перемещается нож (рис. 1.7).

При отключении сначала размыкаются главные контакты, а затем дугогасительные. Электрическая дуга горит в узкой щели между газогенерирующими вкладышами. Давление в камере возрастает, и в конце хода дугогасительного ножа происходит выхлоп ионизированных газов в атмосферу. Дуга гаснет.

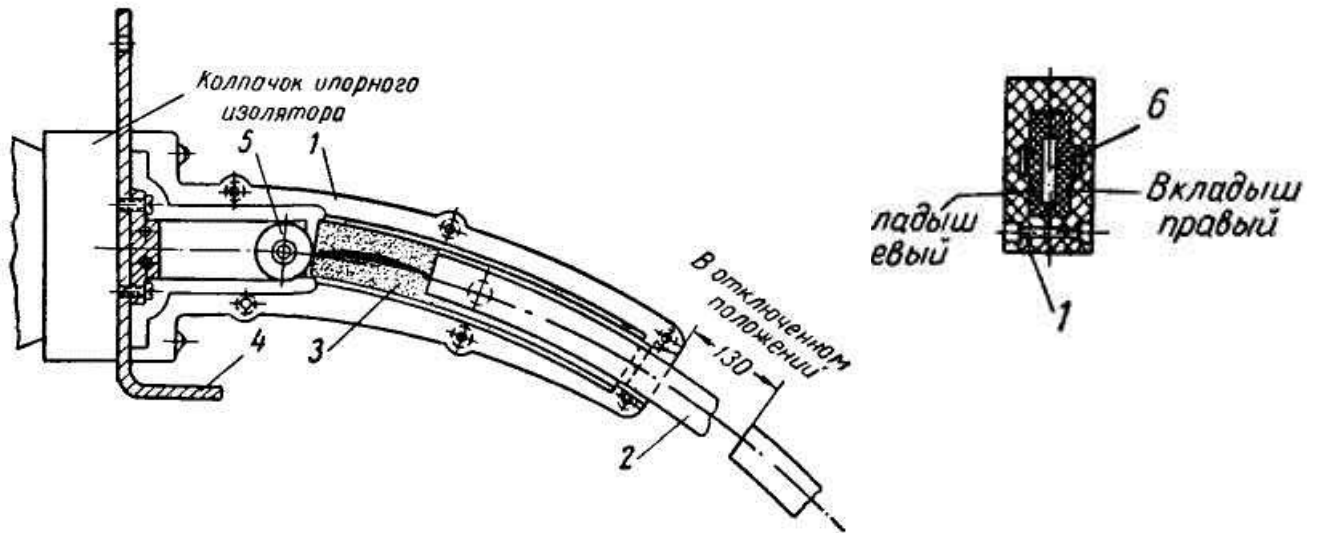


Рис. 1.7 Дугогасительная камера выключателя нагрузки ВМП–16:
 1 — щеки гасительной камеры; 2 — контактный нож; 3 — вкладыш; 4 — неподвижный рабочий контакт; 5 — неподвижный дугогасительный контакт; 6 — дуговой паз

Вкладыши необходимо заменять через каждые три отключения максимального тока и через 75 отключений номинального тока.

Выключатели нагрузки предназначены для установки в закрытых помещениях и управляются ручными рычажными приводами с механизмом свободного расцепления типов ПРА–12, ПР–16, ПР–17, ПРА–17.

Привод ПРА–17, предназначенный для ВМП–17, имеет отключающий электромагнит, в цепи управления которого находится контакт, замыкающийся при перегорании предохранителя.

Выключатели нагрузки серии ВМ–10 с приводом пружинным серии ПП–16 предназначены для работы в камерах КСО–396, комплектных трансформаторных подстанциях и в шкафах комплектных распределительных устройств на класс напряжения 6–10 кВ.

Технические данные

Наименование параметра, единица измерения	Норма
1 Номинальное напряжение, кВ	10
2 Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
3 Номинальный ток, А	400; 630
4 Номинальный ток отключения при $\cos\varphi \geq 0,7$ и при наибольшем рабочем напряжении, А	630
5 Наибольший ток отключения при $\cos\varphi \geq 0,7$ и при наибольшем рабочем напряжении, А	1000
6 Нормированные параметры тока короткого замыкания:	
6.1 Наибольший пик (ток электродинамической стойкости), кА	51; 81
6.2 Номинальное начальное значение периодической составляющей, кА	20; 31,5
6.3 Среднее квадратичное значение тока за время его протекания (ток термической стойкости), кА	20; 31,5
6.4 Время протекания сквозного тока короткого замыкания, с	3
7 Нормированные параметры тока включения:	
7.1 Наибольший пик, кА	51
7.2 Начальное действующее значение периодической составляющей, кА	20
8 Номинальное напряжение электромагнита, В:	
8.1 Постоянного тока	110
8.2 Переменного тока	100; 127; 220
9 Диапазон рабочих напряжений на зажимах электромагнита (в процентах от номинального напряжения):	
9.1 Постоянного тока	70–110
9.2 Переменного тока	65–120
10 Коммутационная способность при наибольшем рабочем напряжении, циклы	
10.1 Номинальный ток отключения 630 А при $\cos\varphi \geq 0,7$	120
10.2 Повышенный ток отключения 800 А при $\cos\varphi \geq 0,7$	10
10.3 Наибольший ток отключения 1000 А при $\cos\varphi \geq 0,7$	3
10.4 Уравнительный ток 630 А при $\cos\varphi \geq 0,3$	3
10.5 Ток холостого хода трансформатора 3 А	20
10.6 Зарядный ток кабельных линий не менее 10 А или зарядный ток воздушных линий не менее 2,5 А	200
11 Механическая износостойкость, циклы ВО	2000

Конструкция и принцип действия

Выключатель состоит из монолитной рамы 1 (рис. 1.8), выполненной из конструкционного электроизоляционного материала, на соответствующие выступы которой установлены подвижные контактные ножи 2 и неподвижные контакты 3. Вращение контактных ножей осуществляется рычажным валом 4 и изоляционными тягами 5. На неподвижных контактах установлены дугогасительные камеры 6. Подвижные дугогасительные контакты 7 расположены на контактных ножах.

Выключатель управляется отдельно устанавливаемым пружинным приводом 8, вынесенным на переднюю панель ячейки, посредством тяг 9 (рис. 1.9).

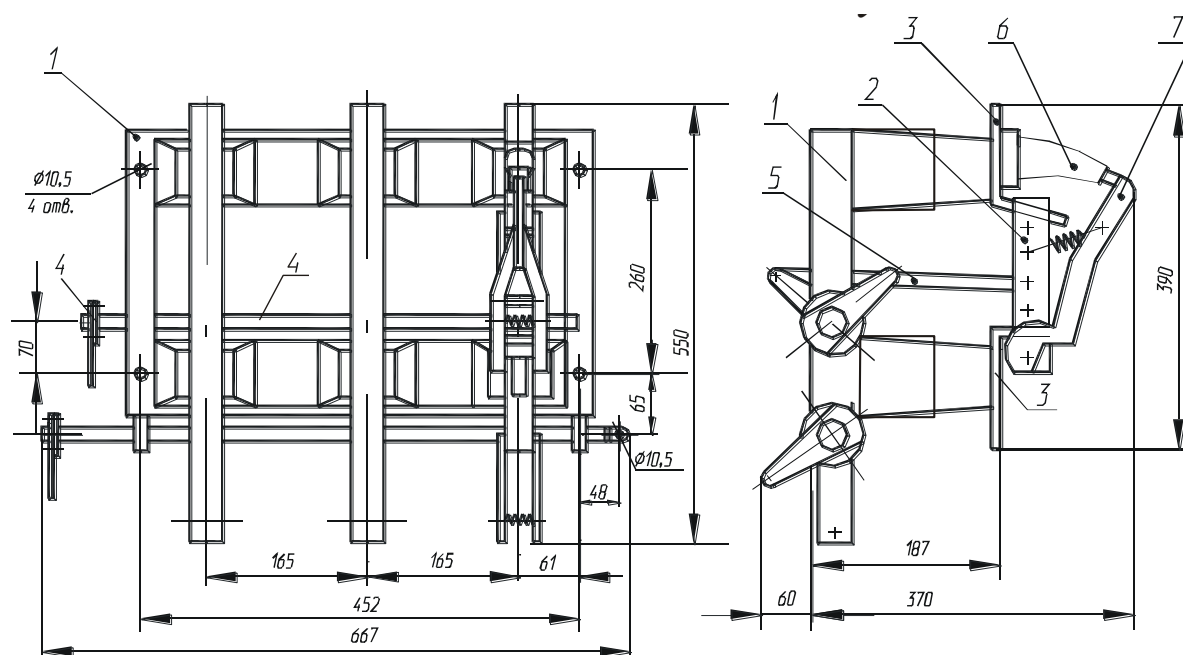


Рис. 1.8 Выключатель нагрузки ВНМ-10 с ножами заземления снизу

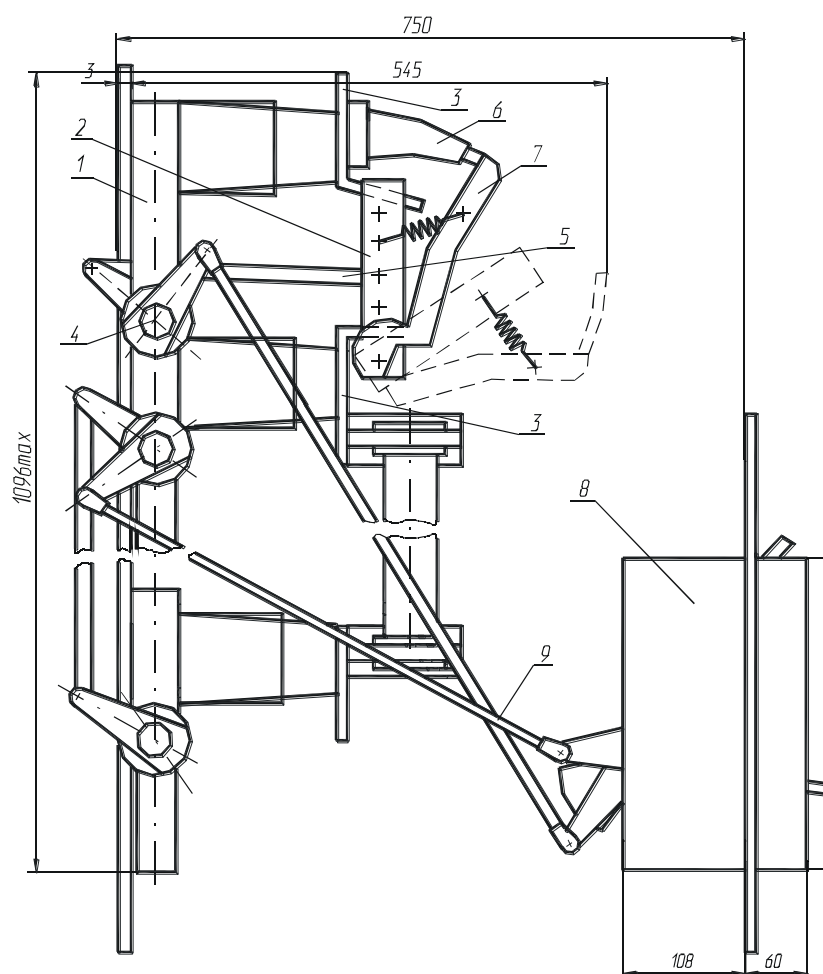


Рис. 1.9 Выключатель нагрузки ВНМ-10 с предохранителями и спаренными ножами заземления снизу с приводом ПП-16 в камере КСО-301

Для получения различных типоразмеров выключателей на раму устанавливаются сверху или снизу ножи заземления и предохранители с одним контактом на выключателе и другим на отдельно устанавливаемой монолитной полураме из электроизоляционного материала. На полураме может быть установлено устройство для подачи команды на отключение при перегорании одного из предохранителей.

Принцип действия выключателя основан на гашении электрической дуги, возникающей при размыкании дугогасительных контактов, потоком газа, образующегося в результате воздействия высокой температуры дуги на твердое газогенерирующее вещество.

Привод имеет дистанционное или местное оперативное управление. Местное управление производится переводом рычага для управления выключателем сверху вниз или снизу вверх для отключения или включения соответственно. Дистанционное управление производится с помощью электромагнита, установленного в приводе, при взведенных пружинах. В конструкции приводов дистанционного управления предусмотрена возможность перехода на местное управление при наладочных работах.

Привод обеспечивает независимое от скорости действий обслуживающего персонала время включения и отключения.

Управление ножами заземления осуществляется переводом рычага сверху вниз или снизу вверх той же съемной рукояткой, что и главными ножами выключателя.

Все необходимые блокировки от ошибочного воздействия оператора содержатся в приводе.

Выключатель по сравнению с аналогами имеет следующие преимущества:

1. Изоляционно-корпусная система выключателя стабильно выдерживает электродинамическое воздействие токов 81 кА и испытания на дугостойкость.

2. Конструкция дугогасительной камеры обеспечивает успешное отключение как больших, так и малых токов. При этом время горения дуги не превышает двух полупериодов.

3. Конструкция пружинного привода имеет высокую надежность, стабильно обеспечивает требуемую скорость как при отключении, так и при включении выключателя.

4. Привод имеет исполнения для дистанционного или местного управления операциями включения или отключения.

5. Выключатели имеют типоразношения с ножами заземления и предохранителями, устанавливаемыми как снизу, так и сверху, а также с ножами заземления и предохранителями, устанавливаемыми в различном сочетании по их взаимному расположению (нож заземления снизу предохранитель сверху или наоборот).

6. Выключатель имеет типоразношение с предохранителями, с обеих концов которых установлены ножи заземления, работающие синхронно от одной рукоятки привода.

7. Выключатели с предохранителями имеют типоразношения с устройством для подачи команды на автоматическое отключение и сигнализацию при перегорании одного из предохранителей.

8. Главные ножи и ножи заземления надежно и компактно механически заблокированы между собой в приводе.

9. Собственное время включения выключателя — не более 0,2 с. Собственное время отключения — не более 0,1 с.

10. Выключатель с приводом имеют высокую заводскую готовность за счет рациональной кинематической связи друг с другом и поэтому не требуют дополнительных монтажных работ.

11. Выключатель с приводом не требуют замены деталей в течение всего срока службы при соблюдении правил транспортировки, хранения, монтажа и эксплуатации.

Ресурс выключателя — 8000 циклов в течение срока службы не менее 25 лет.

Содержание отчета

1. Цели и задачи работы.
2. Краткое описание и паспортные данные изучаемых аппаратов.
3. Эскизы предохранителя, разъединителя и выключателя нагрузки (по указанию преподавателя).

Контрольные вопросы

1. Назначение предохранителей, разъединителей и выключателей нагрузки.
2. Объясните устройство предохранителей ПР, ПН, НПН, ПК, ПКТ, ПВТ.
3. Назовите способы токоограничения и средства снижения перенапряжения при гашении электрической дуги в предохранителях.
4. Объясните устройство разъединителей внутренней и наружной установки.
5. Какие величины токов допускается выключать и включать разъединителями?
6. Каковы основные отличия выключателей нагрузки от разъединителей?
7. Объясните устройство выключателя нагрузки ВНП–16, ВНП–17.
8. Как часто нужно менять дугогасительные вкладыши у выключателей нагрузки?
9. Почему выключатели нагрузки ВНП–17 отключаются после перегорания одного из предохранителей?

Литература

1. Будзко, И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, Т.Б. Лещинская, В.И. Сукманов — М.: Колос, 2000. — 536 с.
2. Будзко, И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, В.И. Гессен. — М.: Колос, 1990. — 126 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

МАЛООБЪЁМНЫЕ МАСЛЯНЫЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Общее время занятия – 2 часа.

Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера-электрика для решения основных задач, связанных с электроснабжением сельскохозяйственных предприятий и сельских населенных пунктов, необходимо знать назначение, устройство и принцип работы высоковольтных малообъемных и электромагнитных выключателей. Поэтому тема занятий актуальна для будущей работы инженера.

Цель занятия

Изучить типы высоковольтных малообъемных и электромагнитных выключателей, применяемых в сельском хозяйстве.

Задачи занятия

Изучить представленные в лаборатории выключатели ВМГ–10, ВМП–10, ВКЭ–10.

Контрольные вопросы самоподготовки

1. Объясните причины возникновения электрической дуги.
2. Назовите способы гашения дуги.

План занятия

1. Ознакомиться с содержанием работы и марками выключателей.
2. Изучить конструкцию выключателей.
3. Ознакомиться с техническими характеристиками выключателей (изучаемых в лаборатории).

Методические указания к самостоятельной работе студента

К основным аппаратам распределительных устройств (не только высокого напряжения) относятся выключатели, разъединители и построенные на их базе реакторы и разрядники, а также измерительные трансформаторы тока и напряжения, предохранители.

Выключатели являются аппаратами высокого напряжения, в основном аппаратами распределительных устройств, и служат для распределения мощных потоков электроэнергии и управления ими, обеспечивая надёжную работу энергоустановок и систем при аварийных режимах.

Выключатели осуществляют оперативное включение и отключение, а главное — защиту от токов короткого замыкания. Кроме номинальных значений тока и напряжения основными показателями для них являются номинальные токи отключения, включения и электродинамической стойкости, т.е. наибольшие токи короткого замыкания, которые выключатель способен отключить, включить и пропустить через себя не размыкаясь.

Отключение больших токов короткого замыкания — сложнейшая задача. По способу гашения дуги выключатели могут быть масляные, воздушные, элегазовые, электромагнитные, вакуумные и др. Указанные группы характеризуются различными принципами гашения дуги. Мы рассмотрим два типа выключателей.

Масляные выключатели

В зависимости от количества масла масляные выключатели делятся на две группы: с большим объёмом масла (ВМ, ВМБ, МКП и др.) и с малым объёмом (ВМГ, ВМП и др.). В многообъёмных выключателях масло выполняет двойную функцию: гасит дугу и изолирует токоведущие части друг от друга и от заземлённого бака. Масло в малообъёмных выключателях служит только для гашения дуги.

Указанные группы характеризуются различными принципами гашения дуги. У многообъёмных выключателей, возникающая при расхождении контактов дуга, действием высокой температуры разлагает масло, образуя газо-

вый пузырь (до 70% водорода) с областью большого давления. Дуга при этом охлаждается (водород обладает большой теплопроводностью) и при дальнейшем увеличении расстояния между контактами гаснет.

В малообъёмных выключателях электрическая дуга гасится потоком газомасляной смеси, образующейся в результате интенсивного разложения трансформаторного масла под действием высокой температуры дуги. Этот поток получает определённое направление в специальном дугогасящем устройстве — дугогасительной камере.

Выключатель ВМГ–10

Выключатель ВМГ–10 (масляный, горшковый, рис. 2.1) применяемый на напряжение 6–10 кВ, при номинальных токах 630 и 1000 А, разработан взамен широко распространённого выключателя ВМГ–133 для комплектных стационарных устройств КСО. Выключатель ВМГ–10 имеет лучшие характеристики и более удобен в эксплуатации.

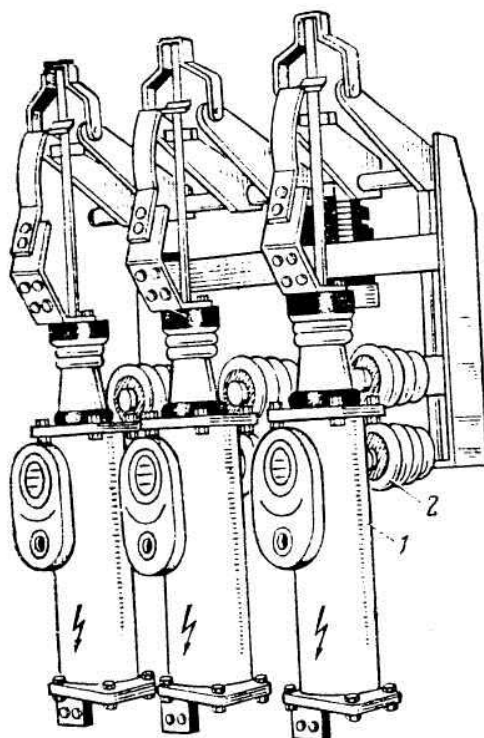


Рис. 2.1 Выключатель типа ВМГ–10:
1 — полюс выключателя; 2 — изолятор

Каждый полюс *1* выключателя (рис. 2.1) помещён в отдельном цилиндре. Поскольку токоведущие шины присоединяют непосредственно к крышкам цилиндров, последние оказываются под напряжением и поэтому все три полюса малообъёмного выключателя крепят к общей раме с помощью изоляторов *2*.

Управление выключателями может осуществляться приводами ПП–67, ПЭ–11 и другими, при этом оперативное включение производится за счёт энергии привода, а отключение — за счёт отключающих пружин самого выключателя.

Основанием выключателя служит рама *1* (рис. 2.2), на которой смонтированы три полюса. Каждый полюс крепится к раме на двух опорных изоляторах. Полюс состоит из цилиндра *2*, проходного изолятора *3*, дугогасительной камеры *4*, подвижного токоведущего стержня *5* и неподвижного розеточного контакта *6*.

Цилиндр выключателя на номинальный ток 630 А, выполнен из стали. Для уменьшения индукционного нагрева вихревыми токами продольный шов цилиндра заварен латунью.

У выключателя на ток 1000 А цилиндр выполнен целиком из латуни. К верхней части цилиндра приварен дополнительный резервуар *7* с маслоотделителем *8*. Назначение маслоотделителя — предотвращать выброс масла из цилиндра выключателя при отключении токов короткого замыкания. Образующиеся при этом газы выходят через жалюзи в дополнительном резервуаре. В нижней части цилиндр закрывается съёмной крышкой, на которой крепится неподвижный розеточный контакт. Устройство розеточного контакта и дугогасительной камеры аналогично выключателю ВМП–10 (рассмотрим позже).

Изоляция токоведущего стержня *5* от цилиндра осуществляется с помощью проходного изолятора *3*, укреплённого в верхней части цилиндра. Для усиления изоляции и направления движущегося токоведущего стержня в изолятор вставлена бакелитовая трубка *9*.

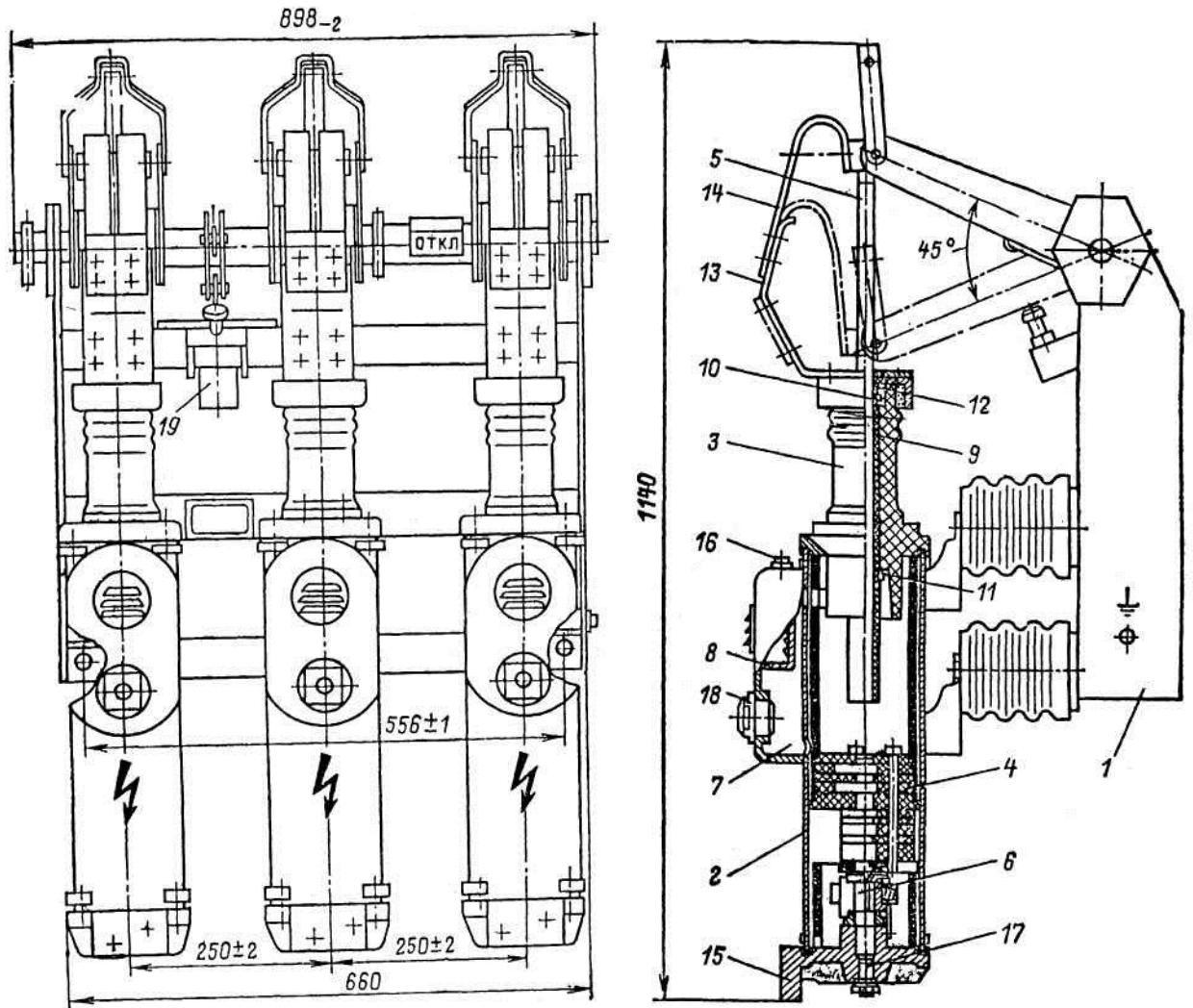


Рис. 2.2 Выключатель типа ВМГ-10

1 — рама; 2 — цилиндр; 3 — проходной изолятор; 4 — дугогасительная камера; 5 — подвижный токоведущий стержень; 6 — неподвижный розеточный контакт; 7 — дополнительный резервуар; 8 — маслоотделитель; 9 — бакелитовая трубка; 10, 11 — резиновые манжеты; 12 — кожаная манжета; 13 — верхний вывод (скоба); 14 — гибкая связь; 15 — нижний вывод (крышка); 16 — маслосливная пробка; 17 — маслоспускное отверстие; 18 — маслоуказатель; 19 — масляный буфер

Резиновые манжеты 10 и 11 проходного изолятора не допускают вертикальных перемещений изоляционной трубки, а кожаная манжета 12 предотвращает выброс газов и масла вдоль токоведущего стержня через изолятор при отключениях выключателя.

Токоъем в выключателе происходит через верхний вывод (скобу) 13, гибкую связь 14, токоведущий стержень 5, розеточный контакт 6 и нижний вывод (крышку) 15. У выключателя на номинальный ток 630 А одна гибкая связь на полюс, на ток 1000 А — две.

Масло заливают через маслоналивную пробку 16, а сливают через маслоспускное отверстие 17. Для наблюдения за уровнем масла каждый полюс выключателя снабжён маслоуказателем 18. Для смягчения ударов при движении подвижных частей выключателя имеется масляный буфер 19.

Выключатель ВМП

Выключатель ВМП–10 (масляный, подвесной, рис. 2.3) имеет различные габаритные размеры в зависимости от типа РУ, для которого он предназначен.

Размеры выключателей ВМП–10 следующие (мм):

- | | | |
|--|-----|-----|
| - Для стационарных распределительных устройств КСО | А | Б |
| | 250 | 774 |
| - Для комплектных распределительных устройств КРУ | 230 | 666 |

В выключателях для КРУ между полюсами устанавливаются изоляционные перегородки, что позволяет сократить междуполюсное расстояние.

Выключатели унифицированы по номинальному току и отличаются только сечением токопровода и размерами выводов.

Для управления выключателями применяются приводы ПРБА, ПП–61, ПП–67, ПЭ–11 и др. Выключатели ВМП–10 выполняют трехполюсными, полюсы 1 которого изоляторами 2 соединены с общей заземлённой рамой 3.

Внутри рамы расположены главный вал 4 с рычагами, отключающие пружины, масляный 5 и прижимной демпферы. Каждый полюс имеет изолирующую тягу 6, соединённую с валом 4.

Выключатель включается за счёт энергии привода, а отключается благодаря энергии отключающих пружин выключателя. Каждый полюс крепится к раме на двух опорных фарфоровых изоляторах, имеющих эластичное крепление арматуры, что повышает их механическую стойкость.

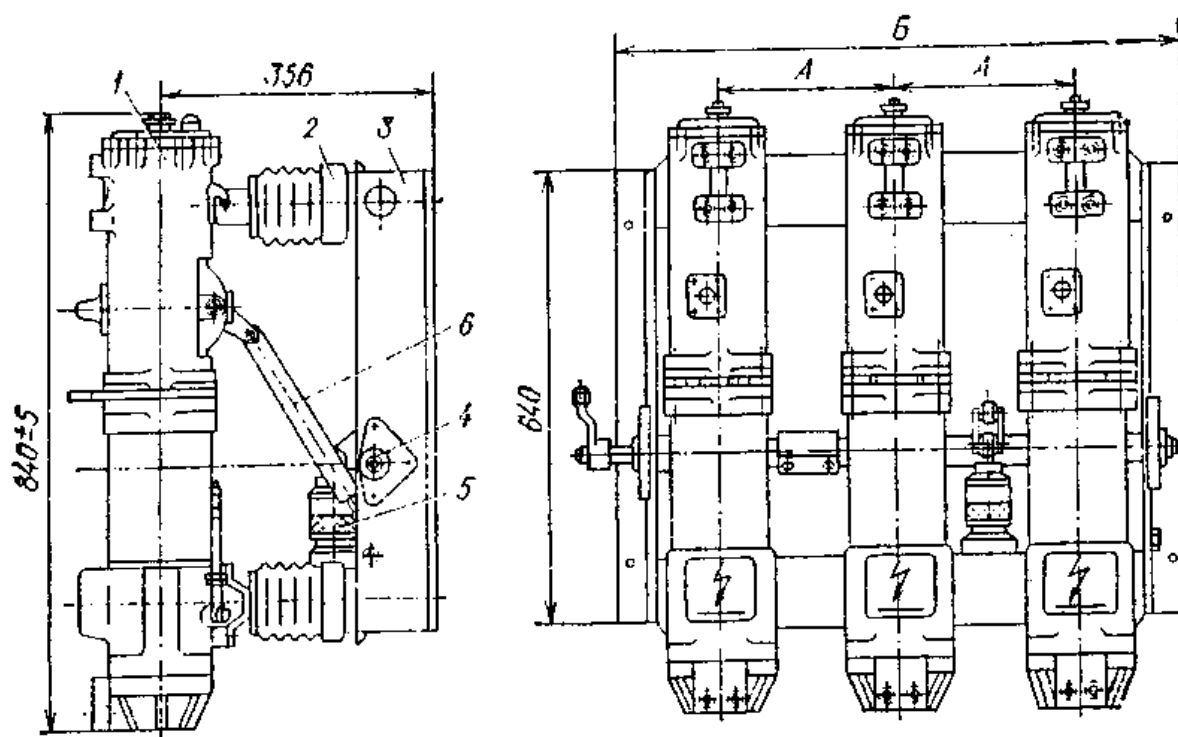


Рис. 2.3 Выключатель ВМП-10:

1 — полюс выключателя; 2 — опорные изоляторы; 3 — рама; 4 — главный вал; 5 — масляный демпфер; 6 — изолирующая тяга

Полюс выключателя (рис. 2.4) представляет собой цилиндр 1 из прочного влагостойкого изоляционного материала стеклоэпоксида с заармированными металлическими фланцами 2 и 3.

На верхнем фланце крепится корпус 4 из алюминиевого сплава, закрытый маслоотделителем 5 и карболитовой крышкой 6. Внутри корпуса размещаются механизм перемещения токоведущего стержня, токоведущий стержень 7 и роликовый токосъём 8.

Механизм перемещения состоит из двух рычагов — наружного 9 и внутреннего 10, жёстко закреплённых на общем валу. Вал вращается на подшипниках скольжения и имеет уплотнения, предотвращающие выброс газомасляной смеси при отключении выключателя. Наружный рычаг механизма перемещения соединяется с валом выключателя через изоляционную тягу, а внутренний связан шарнирно двумя серьгами 11 с токоведущим стержнем 7.

Для ограничения давления при отключении больших токов и создания необходимого давления вблизи нулевого значения тока нижний фланец 2 имеет воздушный буфер А. Давление в дугогасительном устройстве достига-

ет наибольшего значения вблизи максимального значения тока. Под действием этого давления масло очищает воздух в буфере. При прохождении тока через нуль, давление резко падает. В этом случае энергия, накопленная в буфере, позволяет поддерживать такое давление, которое необходимо для гашения дуги.

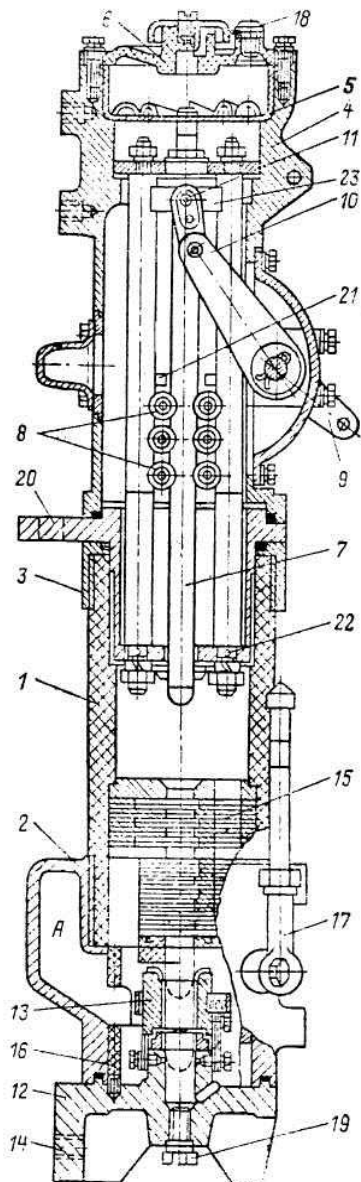


Рис. 2.4 Разрез полюса выключателя ВМП-10:
 1 — цилиндр, 2 и 3 — металлические фланцы, 4 — корпус, 5 — маслоотделитель, 6 — карболитовая крышка, 7 — токоведущий стержень, 8 — роликовый токосъём, 9, 10 — наружный и внутренний рычаги, 11 — серьга, 12 — крышка, 13 — неподвижный розеточный контакт, 14 — нижний вывод, 15 — дугогасительная камера, 16 — изоляционный цилиндр, 17 — маслоуказатель, 18, 19 — пробки, 20 — выводы выключателя, 21 — упор, 22 — стопорный винт, 23 — направляющая капроновая колодка, А — воздушный демпфер

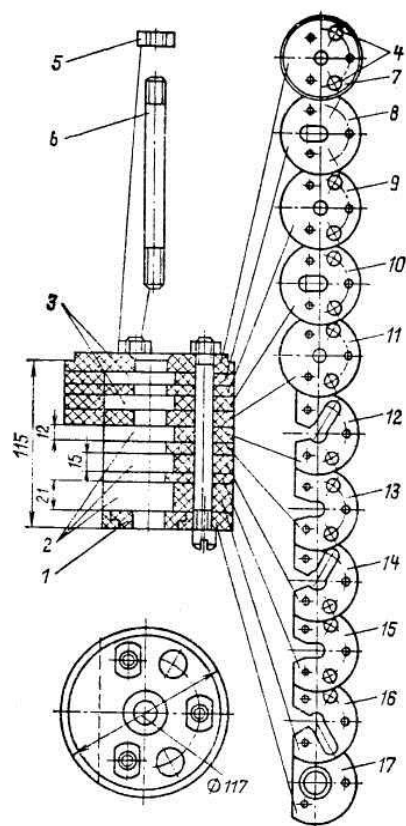


Рис. 2.5 Дугогасительная камера:
 1 — сменное кольцо, 2 — дутьевые 3 — масляные карманы, 4 — вертикальные каналы, 5 — гайка, 6 — шпилька, 7-17 — форма перегородок

Нижний фланец закрывается крышкой *12*, выполненной из алюминия, что позволило уменьшить магнитные потери в выключателе.

Крышка является основанием неподвижного розеточного контакта *13*, состоящего из ламелей, которые крепятся к граням основания при помощи гибких связей. Верхние торцы ламелей, также как и наконечник подвижного контакта, облицованы дугостойкой металлокерамикой. Розеточный контакт на токи 600 и 1000 А состоит из пяти ламелей, а на 1500 А — из шести. С внешней стороны каждая ламель имеет гнездо, в которое устанавливается пружина. Другой конец пружины упирается в латунное кольцо, общее для всех ламелей. В результате создается определённое давление ламелей неподвижного контакта на подвижный токоведущий стержень.

На крышке имеется специальный прилив — нижний вывод *14* с резьбовыми отверстиями для подсоединения токоведущих шин.

Внутри цилиндра *1* установлена дугогасительная камера *15*, опирающаяся на изоляционный распорный цилиндр *16*. Последний фиксируется на крышке специальным фиксатором. Дугогасительная камера верхней частью упирается в выступ на внутренней поверхности цилиндра *1* или в пружину, помещённую в кольцевую канавку цилиндра. Каждый полюс снабжён маслоуказателем *17*, а также верхней *18* и нижней *19* пробками. Верхние выводы выключателя *20* расположены в центральной части полюсов. Направляющие стержни имеют упоры *21* для ограничения движения роликов и фиксируются стопорными винтами *22*. Точный вертикальный ход токоведущего стержня обеспечивается направляющей капроновой колодкой *23*. На рис. 2.5 показана трехщелевая дугогасительная камера с тремя стяжными изоляционными шпильками. Дугогасительная камера состоит из пакета изоляционных пластин. Нижняя пластина имеет сменное фибровое или фторопластовое кольцо *1*, которое при сильном обгорании можно заменить, не меняя при этом пластину.

В нижней части камеры изоляционные пластины образуют поперечные дутьевые щели 2, расположенные одна над другой. В верхней части камеры имеются масляные карманы 3. Дутьевые щели связаны с надкамерным пространством вертикальными каналами 4.

Для крепления предусмотрены гайки 5 и шпильки 6. На рис. 2.5 показана также форма перегородок 7 – 17.

Дугогасительная камера имеет центральное отверстие для прохождения токоведущего стержня.

Роликовый токосъём 8 (см. рис. 2.4) представляет собой медные конические ролики, собранные попарно на стальной оси с пружинами, прижимающими их с одной стороны к направляющим стержням, а с другой — к токоведущему стержню.

Вертикальный ход подвижного токоведущего стержня обеспечивается направляющей колодкой, закреплённой на стержне и скользящей по направляющим, а также роликами и гетинаксовой шайбой. Гетинаксовая шайба, кроме того, предохраняет посеребрённую поверхность токоведущего стержня от задиоров при прохождении его через отверстие верхнего вывода.

Роликовый токосъём на 600 А состоит из четырёх пар роликов, на 1000 А — из шести, а на 1500 — из восьми.

При отключениях выключателя в результате повышения давления часть масла выбрасывается вверх, в маслоотделитель и стекает вниз. Отдельные капли масла и газа проходят через отверстия в маслоотделителе и крышке и выбрасываются наружу. Колпак ограничивает зону выброса.

Заливку масла производят через отверстие в верхней крышке, а слив — в нижней. Уровень масла контролируют по маслоуказателю, который имеет клапан, предотвращающий выброс масла через маслоуказатель при повышении давления в цилиндре выключателя.

Для смягчения удара при выключении выключателя служит пружинный буфер, который увеличивает также усилие на отключение выключателя и

ускоряет размыкание контактов. Также для смягчения удара при отключении служит масляный буфер.

На рис. 2.6 показано гашение дуги при отключении малообъёмного выключателя с дугогасительной камерой поперечно-продольного дутья. Дугогасительная камера 1 состоит из пакета изоляционных пластин, стянутых изоляционными шпильками.

Пластины имеют вырезы и центральное отверстие для прохода подвижного контактного стержня. В нижней части камеры один над другим расположены поперечно-дутьевые каналы (щели) 2, в верхней — масляные карманы 3. Поперечные каналы имеют отдельные выходы, направленные вверх, в надкамерное пространство.

При отключении выключателя подвижный контактный стержень выходит из неподвижного розеточного контакта. При этом между ними возникает электрическая дуга. Под действием высокой температуры дуги масло разлагается, образуя газовый пузырь, состоящий из паров масла и газообразных продуктов его разложения. Образующимся газам нет выхода, пока подвижный контактный стержень занимает центральное отверстие дугогасительной камеры. При этом в нижней части цилиндра выключателя резко повышается давление.

При дальнейшем движении подвижного контакта последовательно открываются поперечные дутьевые каналы дугогасительной камеры и пары масла и газов, разрывая и охлаждая дугу, устремляются вверх, в надкамерное пространство — возникает поперечное дутьё. Большие и средние токи гасятся в поперечных каналах.

При отключении малых токов интенсивного разложения масла не происходит и давление в нижней части цилиндра может оказаться недостаточным для создания мощного дутья в поперечных каналах и гашения дуги. В этом случае дуга затягивается и центральное отверстие дугогасительной камеры, и под её действием масло, находящееся в верхней части камеры в карманах, также переходит в газообразное состояние. За счёт этого при выходе по-

движного контакта из дугогасительной камеры образуется дополнительное продольное дутьё, и дуга гаснет.

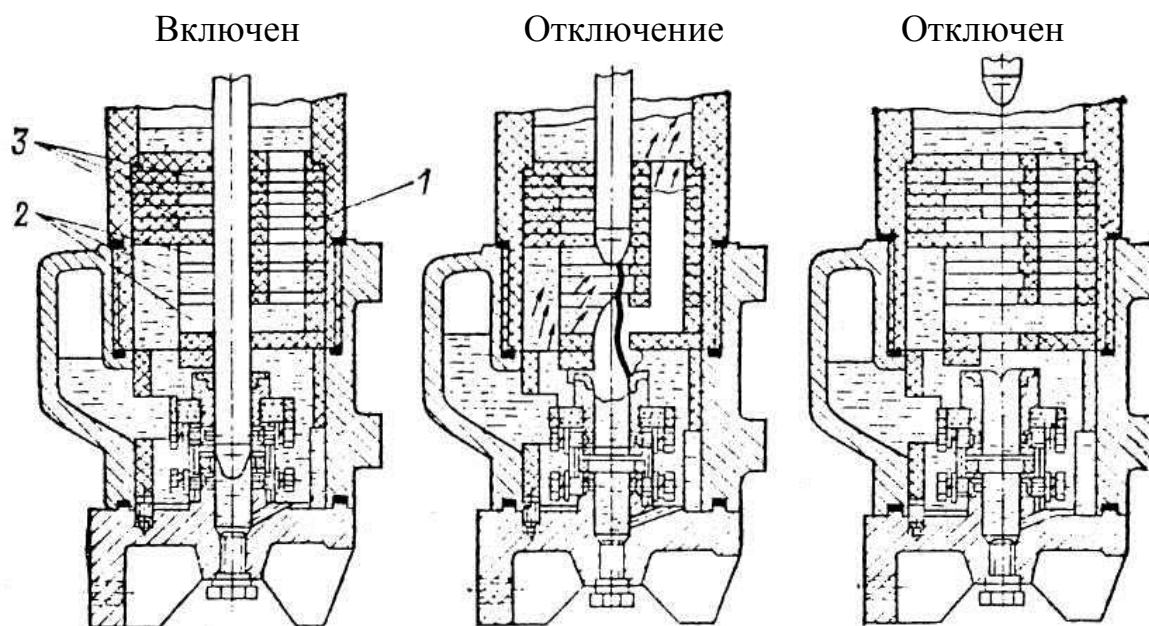


Рис. 2.6 Гашение дуги в выключателе:

1 — дугогасительная камера поперечно-продольного дутья; 2 — поперечно-дутьевые каналы (щели); 3 — масляные камеры

Этот принцип работы дугогасительного устройства хорошо себя зарекомендовал в эксплуатации. Гашению дуги способствуют также газы, образующиеся при соприкосновении дуги с изоляционными пластинами дугогасительной камеры, и прохождение переменного тока каждые полпериода через нулевое значение. Чем быстрее и дальше подвижный контактный стержень отойдёт от неподвижного, тем меньше вероятность пробоя изоляционного промежутка между ними и поддержания горения дуги.

Выключатель ВМП–10 (рис. 2.7) предназначен для КРУ и изготавливается со встроенным пружинным приводом и блоком релейной защиты. Состоит из рамы 1 со встроенным пружинным приводом и блоком релейной защиты, трёх полюсов 2, подвешенных на опорных изоляторах 3, изоляционных тяг 4, передающих движение от привода к выключателю. Между полюсами, так же как и у выключателя ВМП–10К, установлены изоляционные перегородки 5. Со стороны привода рама закрыта металлической крышкой 6.

Устройство полюса аналогично устройству полюса выключателя ВМП–10, за исключением дугогасительной камеры для выключателя с номинальным током отключения 31,5 кА (рис. 2.8).

Включение и отключение выключателя производится одним энергоносителем спиральными пружинами привода, которые срабатывают при воздействии электромагнитов включения и отключения или реле.

Выключатели типа ВМПП–10 изготавливают для работы в нормальных климатических условиях и для стран с тропическим климатом.

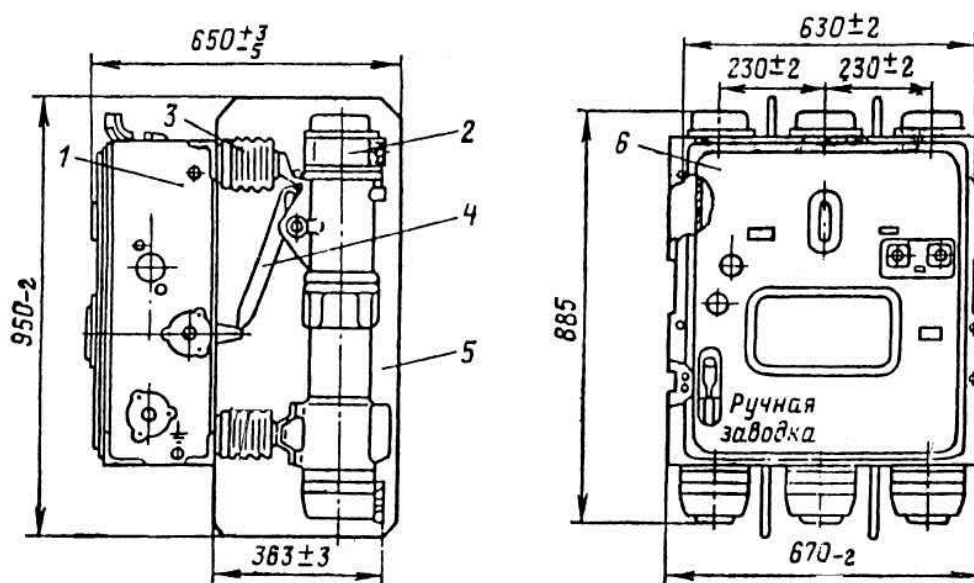


Рис. 2.7 Выключатель типа ВМПП–10:

1 — рама со встроенным пружинным приводом и блоком релейной защиты; 2 — полюс выключателя; 3 — опорные изоляторы; 4 — изоляционная тяга; 5 — изоляционная межполюсная перегородка (установленная между полюсами выключателя); 6 — крышка привода релейной защиты

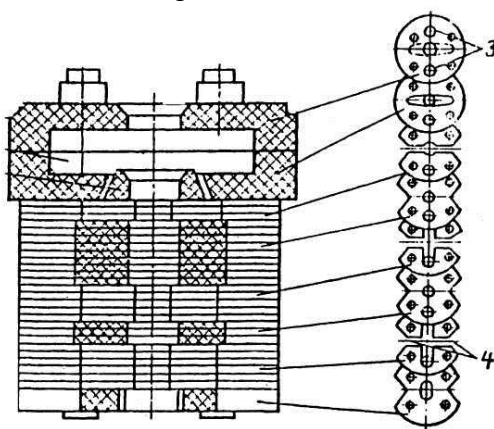


Рис. 2.8 Камера дугогасительная выключателя ВМПП–10 с током отключения 31,5 кА:

1 — конусная втулка; 2 — масляный карман; 3 — вертикальные каналы; 4 — дутьевые щели

Выключатель ВМПЭ–10 со встроенным электромагнитным приводом (рис. 2.9) выпускают для КРУ на 10 кВ и токи 630, 1000, 1600 А (в зависимости от сечения токопровода и контактов), номинальный ток отключения 20 и 31,5 кА, время отключения выключателя с приводом 0,12 с, время горения дуги при номинальных токах отключения не более 0,02 с.

Полюсы выключателя *1* с изоляторами *2* соединены со сварной металлической рамой *3*, внутри которой размещён приводной механизм с изоляционными тягами *4*. Предусмотрены межполюсные перегородки *5*.

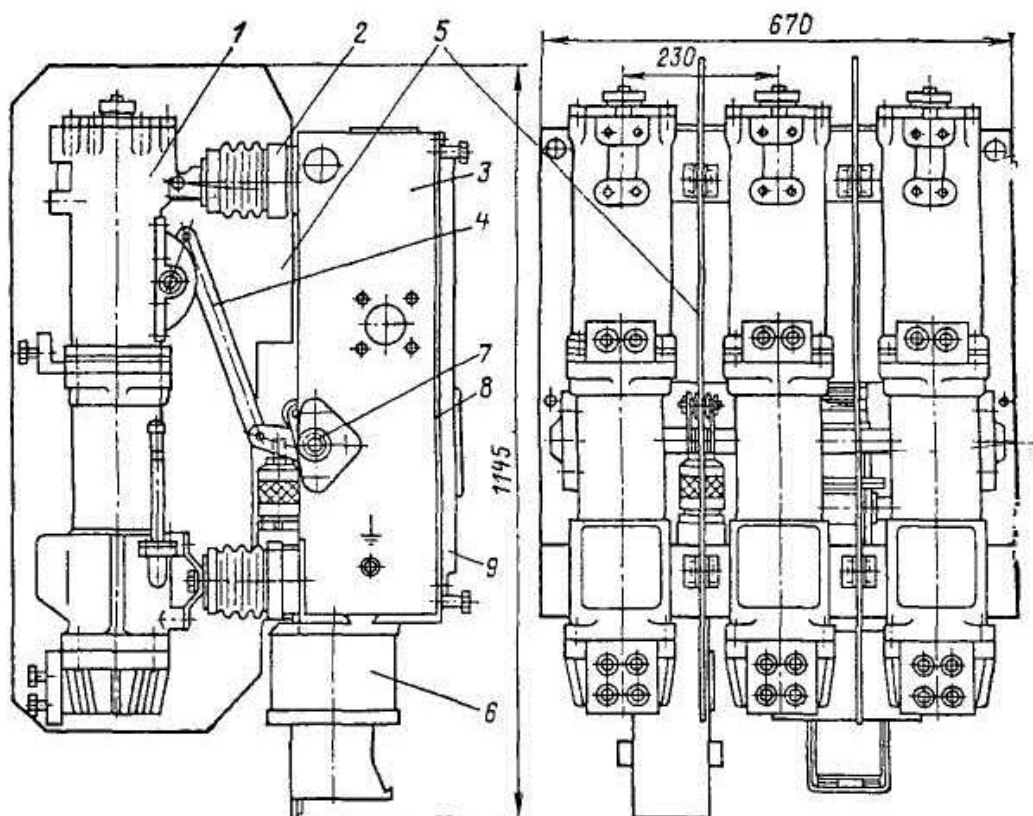


Рис. 2.9 Выключатель типа ВМПЭ–10:

1 — полюс выключателя; *2* — опорные изоляторы; *3* — рама с приводным механизмом; *4* — изоляционная тяга; *5* — изоляционные межполюсные перегородки; *6* — электромагнитный привод; *7* — главный вал выключателя; *8* — крышка привода релейной защиты; *9* — съёмная контрольная крышка

Приводной механизм состоит из электромагнитного привода *6*, расположенного в нижней части рамы, главного вала выключателя *7* с рычагами и тягой, соединяющей валы выключателя и привода. Приводной механизм отделён от части высокого напряжения изоляционной и металлической *8* перегородками. С внешней стороны привода расположена съёмная крышка *9*.

Конструкция полюса аналогична конструкции полюса выключателей ВМП–10 и ВМПП–10.

Оперативное включение выключателя происходит за счёт энергии привода, а отключение — за счёт отключающих пружин самого выключателя.

Выключатели электромагнитные

Выключатели электромагнитные обладают теми достоинствами, что для своей работы не требуют ни масла, ни сжатого воздуха, ни тем более элегаза, они допускают большое число включений. Однако отключающая способность их ограничена по напряжению. Гашение в электромагнитных выключателях основано на воздействии на ствол дуги и достижении падения напряжения на стволе дуги, большего приложенного. Они находят применение для КРУ на напряжение 6–20 кВ, токи до 3200 А при частых коммутациях (выключатели нагрузки — выключатели в цепях мощных двигателей и других нагрузок).

Гашение дуги здесь осуществляется при помощи магнитного дутья в камерах с продольными (прямыми, извилистыми и т.п.) щелями. Катушки магнитного дутья и токопроводы к ним обычно при замкнутых контактах не обтекаются током. При отключении возникающая дуга перебрасывается на эти детали и включает их последовательно в цепь тока. Возбуждается поле гашения дуги. Дуга гаснет, ток в цепи обрывается. Таким образом, эти детали находятся под током только на время гашения — примерно 0,02 с.

Технические данные выключателя:

Тип выключателя	ВЭМ–10Э–1000/12,5–У3
Номинальное напряжение, кВ	10
Номинальный ток, А	1000
Значение сквозного предельного тока, А:	
действующее	20
амплитудное	52
Ток термической стойкости для промежутка времени 5 с, кА	20
Ток отключения, кА	12,5
Значение тока включения, кА:	
действующее	20
амплитудное	52
Собственное время отключения, с	0,05
Время включения с приводом, с	0,25
Механическая стойкость операций включений-отключений	75000
Масса с приводом, кг	610
Масса привода, кг	110

Выключатели типа ВЭМ–10 могут применяться для стационарных распределительных устройств и для КРУ. В последних сварная рама выключателя, снабжённая катками, является одновременно выкатной частью — тележкой.

На рис. 2.10, 2.11 и 2.12 показаны соответственно общий вид выключателя типа ВЭМ–10Э–У3, его контактная система и дугогасительное устройство. Расположение всех деталей легко установить с помощью подрисовочных подписей. Ниже описаны основные детали и главные операции выключателя со ссылками на все рисунки.

В нижней части рамы 13 (см. рис. 2.10) встроен электромагнитный привод 3. В верхней её части на фарфоровых изоляторах 7 смонтированы контакты 6 и 8 и дугогасительная камера 12. Контактная схема (см. рис. 2.13) состоит из неподвижных и подвижных контактов. Неподвижные и подвижные контакты состоят, в свою очередь, из главных 3, 4 и дугогасительных 9, 10 контактов. Наконечники дугогасительных контактов выполнены из дугостойкого материала — кирита. Подвижный контакт вращается на опорном изоляторе с помощью изоляционной тяги 4 (см. рис. 2.10).

Над неподвижными контактами размещаются дугогасительные камеры (см. рис. 2.10), опирающиеся на полюсные наконечники электромагнита. На сердечник П-образного магнитопровода 9 электромагнита надета катушка магнитного дутья 10. Дугогасительная камера представляет собой изоляционный короб, внутри которого расположен пакет из керамических пластин 2 (см. рис. 2.12) с Л-образными вырезами.

Пластины обладают высокой дугостойкостью и теплопроводностью, выдерживая температуру до 2000 °С. По концам пакета закреплены медные электроды — рога 4 и 5, по которым перемещается основание дуги во время отключения выключателя. Передний рог 4 электрически соединён с катушкой магнитного дутья, второй конец которой присоединяется к неподвижному контакту. Задний рог 5 соединяется шиной с нижним выводом.

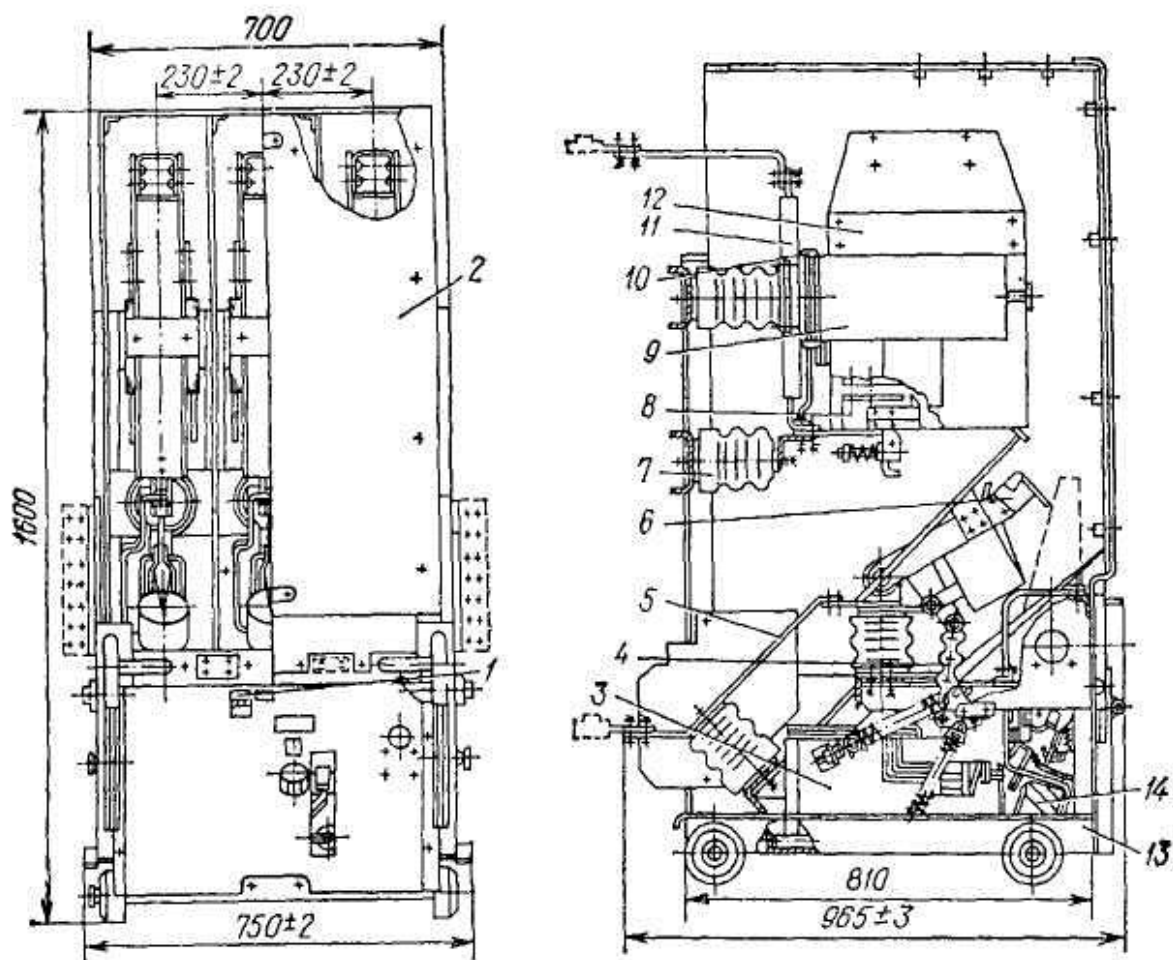


Рис. 2.10 Выключатель типа ВЭМ-10Э-1000/12,5-У3:

1 — счётчик единиц; 2 — изоляционный кожух; 3 — электромагнитный привод ПЭГ-7; 4 — изоляционная тяга; 5 и 11 — выводы; 6 — подвижный контакт; 7 — изолятор; 8 — неподвижный контакт; 9 — магнитопровод; 10 — катушка магнитного дутья; 12 — дугогасительная камера; 13 — рама (тележка); 14 — контактор КМВ-621

Быстрый переход дуги с контактов на рога и дугостойкие наконечники дугогасительных контактов приводит к высокой износоустойчивости контактных частей выключателя.

При отключении выключателя сначала размыкаются главные контакты, а затем шунтирующие их дугогасительные. При включении контакты замыкаются в обратной последовательности, предохраняя от обгорания главные контакты.

При размыкании дугогасительных контактов между ними возникает электрическая дуга.

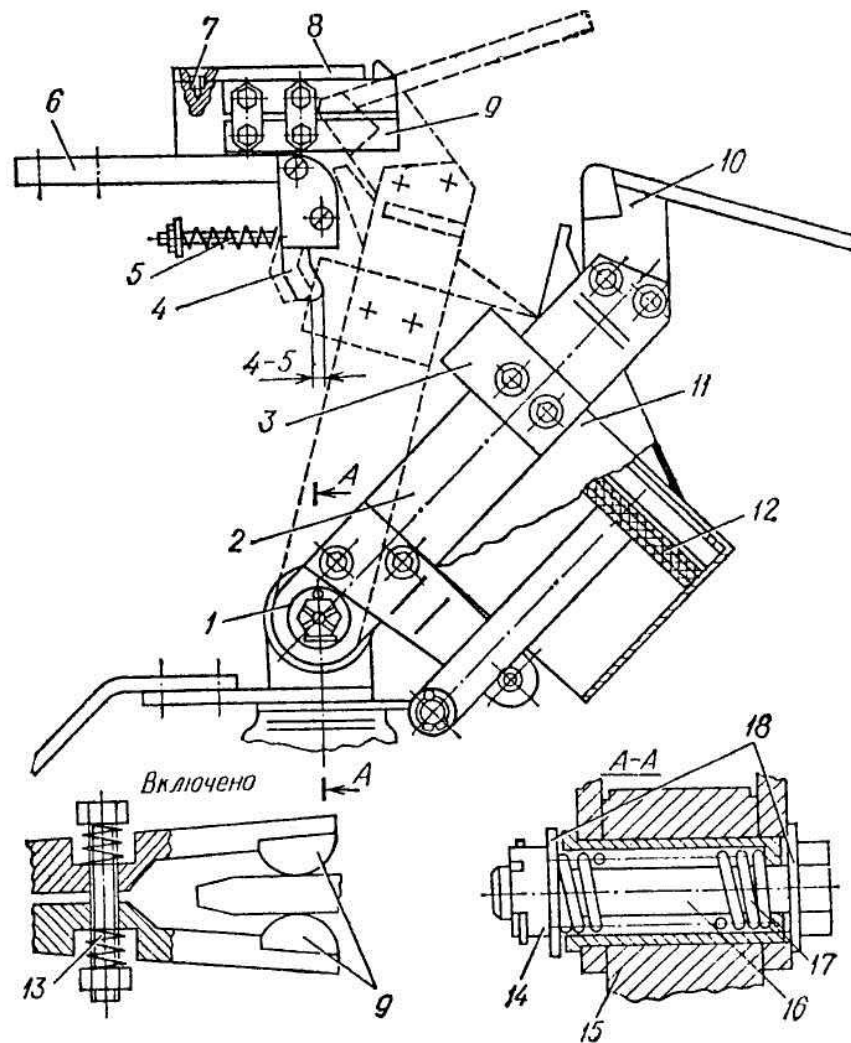


Рис. 2.11 Контактная схема:

1 — шарнирный контакт; 2 — шина; 3 — главный подвижный контакт; 4 — главный неподвижный контакт; 5, 13, 17 — пружина; 6 — корпус контакта; 7 — винт; 8 — пластина; 9 — дугогасительный неподвижный контакт; 10 — подвижный дугогасительный контакт; 11 — цилиндр воздушного дутья; 12 — прокладка (поршень); 14 — гайка; 15 — стойка шарнирного контакта; 16 — стакан; 18 — шайба

Дуга возникает в нижней части камеры (положение А, Б на рис. 2.12). При этом участок дуги А шунтируется катушкой магнитного дутья. Так как сопротивление катушки мало, то дуга на этом участке гаснет и катушка включается последовательно в цепь.

Через катушку проходит полный ток отключаемой цепи, и между полюсными наконечниками электромагнита создаётся интенсивное магнитное поле. Взаимодействуя с током дуги, магнитное поле заставляет перемещаться дугу по медным рогам камеры.

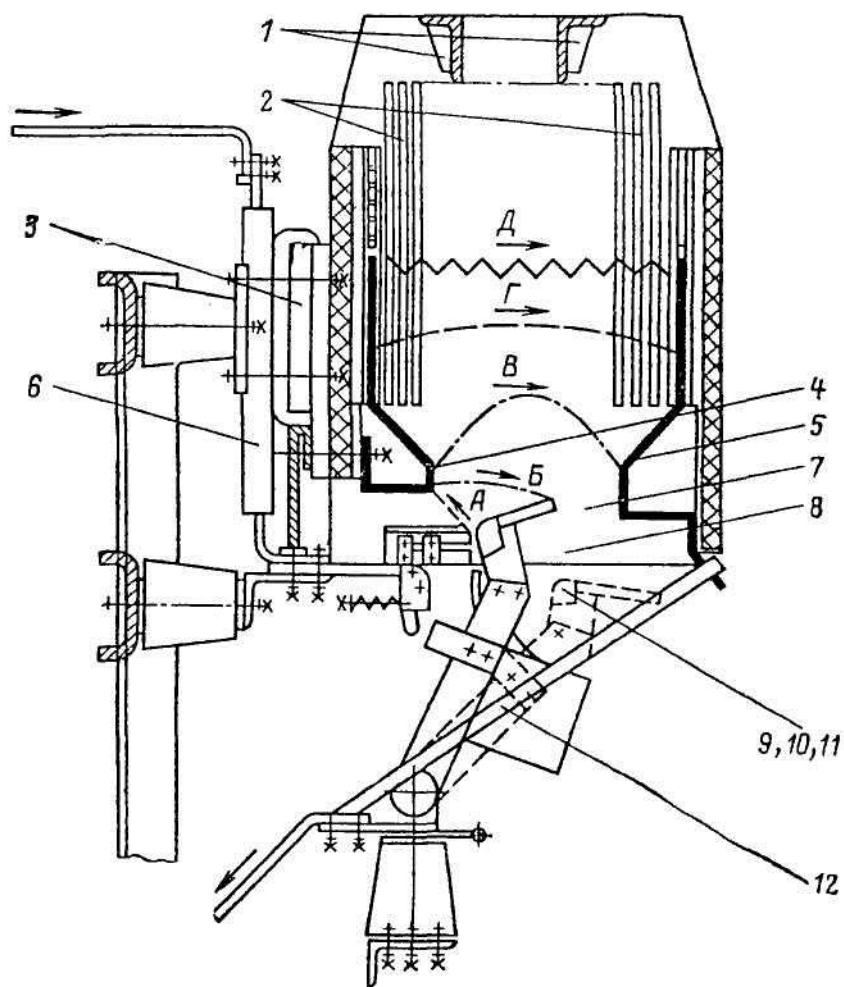


Рис. 2.12 Дугогасительное устройство:

- 1 — козырьки; 2 — пакет керамических пластин; 3 — магнетопровод;
 4 — передний рог; 5 — задний рог; 6 — вывод; 7 — керамическая плита;
 8 — пластина; 9, 10, 11 — дугогасительные контакты; 12 — шина

Дуга втягивается вверх по узким щелям между холодными керамическими пластинами камеры (положение В, Г, Д), отдаёт им своё тепло, удлиняется (сопротивление увеличивается) и при очередном переходе тока через нуль гаснет.

Гашению дуги способствует и то, что ток резко уменьшается за счёт активного сопротивления дуги. Уменьшается также угол сдвига фаз между током и напряжением сети. Время горения дуги при отключении токов короткого замыкания не превышает 0,02 с. Быстродействие уменьшает вредные термические и динамические воздействия токов КЗ на элементы электроустановок.

При малых величинах отключаемого тока электродинамическая сила, действующая на дугу, мала. Чтобы обеспечить быстрое перемещение дуги вверх, в дугогасительной камере на подвижных контактах выключателя закреплены цилиндры воздушного дутья 11 (см. рис. 2.11). При отключении выключателя и повороте подвижных контактов поршни перемещаются в цилиндрах и вытесняют воздух между размыкающими дугогасительными контактами. Таким образом, создаётся дополнительно система принудительного дутья, способствующая перемещению дуги, её удлинению и погасанию.

Дугогасительная камера и все детали выключателя, находящиеся под напряжением, закрыты изоляционным защитным кожухом 2 (см. рис. 2.10).

На выкатной части рамы, укреплены механизм перемещения, блокировки выключателя и разъединительные контакты вторичных цепей.

Текущий ремонт выключателя типа ВЭМ–10 производят через каждые 10000 отключений, но не реже 1 раза в год.

Содержание отчета

1. Приведите технические данные изучаемых выключателей.
2. Вычертите продольный разрез изучаемых выключателей и камер гашения электрической дуги.
3. Краткое описание работы изучаемых выключателей.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные аппараты распределительных устройств.
2. Какие выключатели используют для защиты от токов КЗ?
3. Объясните процесс гашения электрической дуги в изучаемых выключателях.
4. Назовите различия в конструктивном исполнении выключателей.
5. Объясните устройство дугогасительных камер (ВМГ, ВМП, ВЭМ).
6. Чем отключаются токосъёмы масляных выключателей?
7. Как гасятся малые отключающие токи в электромагнитном выключателе?

Литература

1. Будзко, И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко [и др.] — М.: ВО «Агропромиздат», 2000.
2. Радштейн, Л.А. Электрические аппараты / Л.А. Радштейн. — Л.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Проектирование электрических аппаратов / Г.Н. Александров [и др.]. — Л.: Энергоатомиздат, 1985.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ВАКУУМНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Общее время занятия – 2 часа.

Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера-электрика для решения основных задач, связанных с электроснабжением сельскохозяйственных предприятий и сельских населенных пунктов, необходимо знать назначение, устройство и принцип работы современных вакуумных выключателей. Поэтому тема занятий актуальна для будущей работы инженера.

Цель занятия

Изучить устройство и принцип работы вакуумных выключателей, применяемых в сельском хозяйстве.

Задачи занятия

Изучить представленные в лаборатории вакуумные выключатели.

Контрольные вопросы самоподготовки

1. В чем заключается сущность процесса деионизации газа?
2. Объясните принцип гашения дуги в вакууме.

План занятия

1. Осмотреть дугогасительную камеру (место подключения, подвижные и неподвижные контакты и т.д.).
2. Ознакомиться с конструкцией выключателей.
3. Ознакомиться с техническими данными изучаемых выключателей.
4. Ознакомиться с приводными механизмами вакуумных выключателей (ВВ).
5. Изучить комплектность шкафов КРУ с ВВ.

Методические указания к самостоятельной работе студента

В настоящее время вакуумные выключатели (ВВ) занимают лидирующее положение в силовоточной коммутационной аппаратуре средних классов напряжения 10–35 кВ. Благодаря их достоинствам, таким как: высокая надёжность и ресурс, малая масса и небольшие габариты (см. рис. 3.1), сейсмостойкость, способность работать в любых климатических районах, взрыво- и пожаробезопасность, простота обслуживания выключателей нового поколения, не требующих ремонта в течение 25 лет.

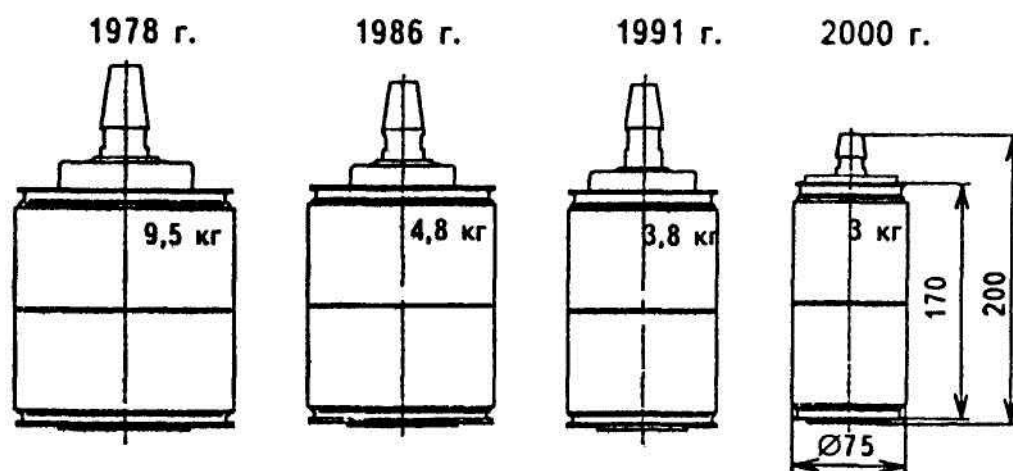


Рис. 3.1 Массы и схематические габаритные чертежи вакуумных дугогасительных камер разных поколений, разработанных ВЭИ, с параметрами: номинальное напряжение 10 кВ, номинальный ток отключения 20 кА, номинальный ток 1600 А

Поэтому предприятие гарантирует эксплуатацию своих ВВ в течение долгого срока без проведения ремонтных работ, а их техническое состояние рекомендует проверять один раз в 5 лет только путём измерения электрической прочности вакуумной дугогасительной камеры (ВДК) и электрического сопротивления токоведущей цепи (при этом выключатель разбирать не требуется). Данные выключатели нашли широкое применение в различных отраслях народного хозяйства.

В электрических сетях и на промышленных предприятиях на номинальный ток 630–1000 А и на номинальный ток отключения 12,5–20 кА применяют ВВ с вакуумными дугогасительными камерами нового поколения, коммутационная износостойкость которых в 2 раза превышает требования к сетевым ВВ для частых коммутаций. Исключается в большинстве случаев

необходимость проведения внеочередных ремонтов, связанных с исчерпанием их коммутационного или механического ресурса.

Вакуумные дугогасительные камеры

Вакуумные дугогасительные камеры являются важнейшей частью выключателей, определяющей их технические характеристики. В камерах происходят процессы замыкания и размыкания электрической цепи. Обеспечивается глубокий вакуум, характеризуемый давлением остаточных газов 10^{-2} – 10^{-4} Па.

Принцип действия вакуумных дугогасительных камер основан на гашении электрической дуги тока отключения в вакууме. В вакуумных дугогасительных камерах реализуются два очень важных свойства вакуумных промежутков: высокая электрическая прочность (выше, чем у трансформаторного масла, не говоря о воздухе) и высокая дугогасительная способность. Ударная ионизация в вакуумном промежутке практически отсутствует, поэтому вакуумный промежуток не может служить источником заряжённых частиц. Заряжённые частицы могут появляться при определённых условиях с поверхностей контактов и других частей вакуумной камеры (рис. 3.2).

Процесс отключения происходит следующим образом. При размыкании контактов 2 и 3 количество контактных точек уменьшается, а плотность тока, протекающего через контактные точки, растёт. В результате этого на завершающей стадии размыкания происходит расплавление и испарение материала контактов (рис. 3.3).

В парах металла возникает электрический разряд, переходящий в дугую стадию. Благодаря низкому давлению в камере вокруг контактов происходит интенсивная диффузия (деионизация) дугового столба, и дуга гаснет. Частицы испарившегося материала контактов оседают на поверхностях вакуумной камеры. Со скоростью 5–50 кВ/мкс восстанавливается электрическая прочность между контактами, она выше, чем у других типов выключателей.

А в парах металла возникает электрический разряд, переходящий в дуговую стадию.

Вакуумная камера подвергается длительной дегазации в вакууме при температуре несколько сотен градусов Цельсия и без масляной вакуумной откачки.

В настоящее время для контактов применяются сплавы меди с небольшими количествами висмута, железа и бора. Они отличаются более высокой электро- и теплопроводностью по сравнению с тугоплавкими материалами, например вольфрамом. При отключении малых токов погашение дуги возможно при токе i_0 до момента перехода тока через нуль. Происходит «срез» тока i_0 , что вызывает перенапряжение на оборудовании, может привести к нежелательным последствиям (рис. 3.4).

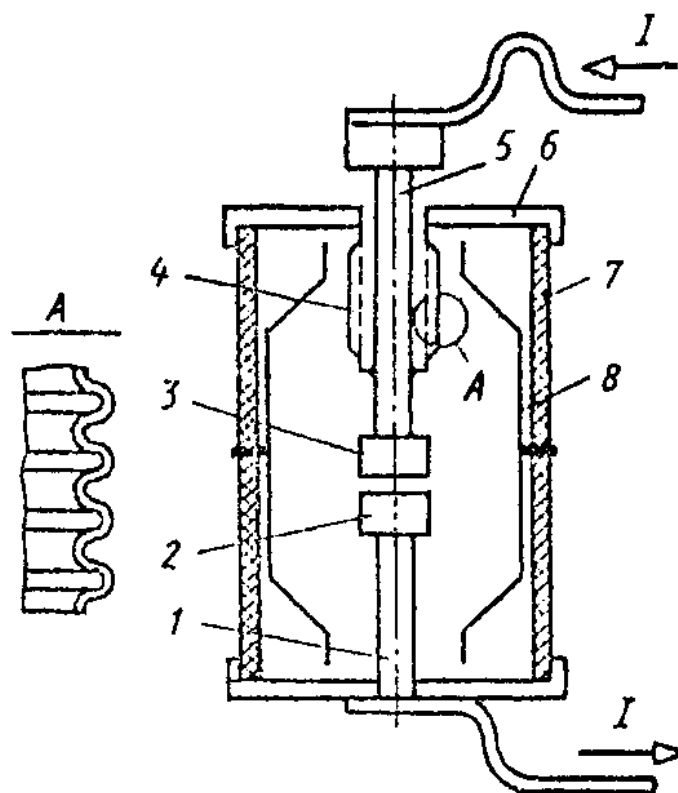


Рис. 3.2 Устройство дугогасительной вакуумной камеры:
1, 5 — токоотводы, 2 — неподвижный контакт, 3 — подвижный контакт, 4 — сильфон,
6 — металлический фланец, 7 — корпус из изоляционного материала, 8 — экран

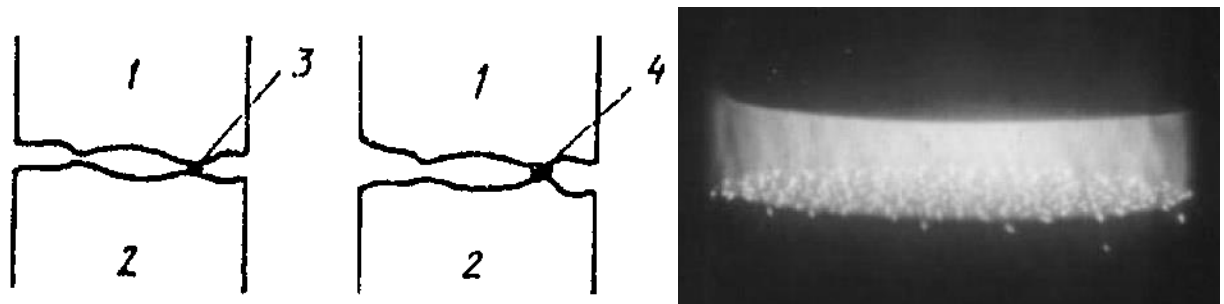


Рис. 3.3 Схематическая картина и фотография образования дуги в вакууме при расхождении контактов:
 1, 2 — контакты, 3 — мостик из расплавленного металла, 4 — дуговой разряд

Для защиты изоляционных поверхностей камеры от загрязнения продуктами эрозии контактов устанавливают специальные экраны δ (см. рис. 3.2). Контакты находятся в глубоком вакууме, они не отключаются, благодаря чему достигается высокая износостойкость контактов и они работают без обслуживания в течение всего срока службы камеры.

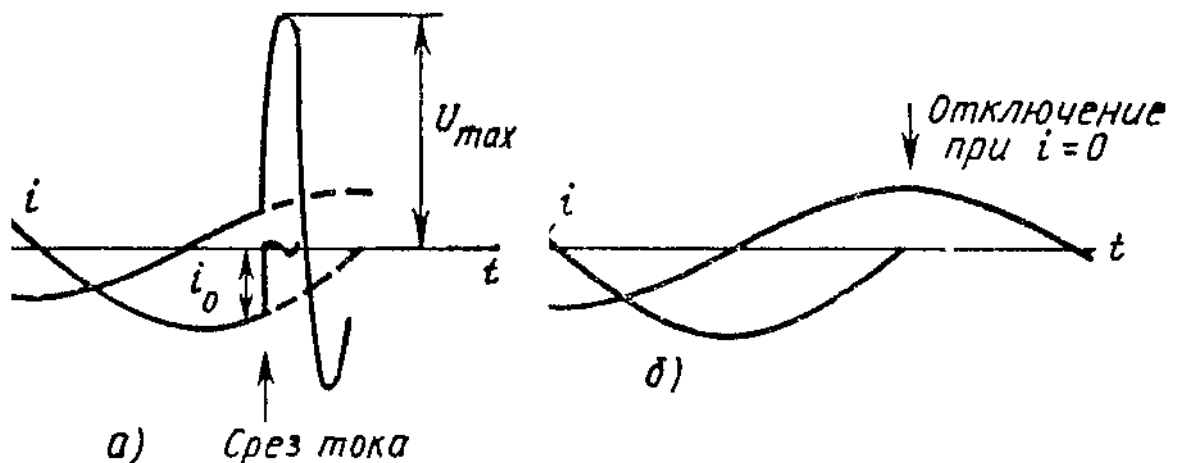


Рис. 3.4 Развитие перенапряженности при «срезе» тока в индуктивности:
 а — «срез» тока (перенапряжения на индуктивности до U_{\max}), б — отключение при $i = 0$ (перенапряжения нет)

Ход подвижных контактов невелик и находится в пределах 10–20 мм, благодаря высокой электрической прочности вакуумных промежутков. Хотя, например, ход контактов у масляных выключателей с теми же параметрами, что и у вакуумных, в 10 раз больше (около 200 у выключателя типа ВМП–10).

Чтобы быстрее погасить дугу, необходима высокая скорость движения подвижного контакта при отключении и включении. Такая необходимость

вызвана тем, что при сближении контактов перед замыканием (размыканием) происходит пробой межконтактного промежутка с переходом в дугу. При медленном сближении контактов тепловыделение увеличивается, может возникнуть оплавление контактов. Также исключена вибрация контактов после замыкания.

В течение всего срока службы вакуумного выключателя должен быть обеспечен высокий уровень вакуума, камера должна быть абсолютно герметичной. Поэтому соединение элементов камеры выполняют только сваркой или пайкой твёрдым припоем. Герметичность камеры при перемещении подвижного контакта обеспечивается сильфоном 4 (см. рис. 3.2), который вакуумно-плотно связан с токовводом 5 подвижного контакта и фланцем 6 камеры.

Разработаны вакуумные дугогасительные камеры на номинальные напряжения 10 и 35 кВ, номинальные токи 320–3200 А и номинальные токи отключения 10–31,5 кА.

На рис. 3.5 представлена камера типа КДВ–10–31,5/3200 (камера дугогасительная вакуумная с номинальным напряжением 10 кВ, номинальным током отключения 31,5 кА и номинальным током КРУ 3200 А).

Корпус камеры состоит из двух секций, образованных цилиндрическими керамическими изоляторами 1, 2, вакуумно-плотно закрытыми фланцами 4, 15. Защитный экран 10 крепится между секциями. Имеются ещё два экрана 9, 14, установленные около фланцев 4, 15. Экран 14 защищает сильфон 5 от случайного прожигания его дугой. В корпусе поддерживается вакуум не менее 10^{-2} Па в течение всего периода эксплуатации. Внутри корпуса находятся контакты: подвижный 11 и неподвижный 12. Они закреплены на токовводах 7, 13. Осевые перемещения подвижного элемента обеспечиваются сильфоном 5. Он вакуумно-плотно соединён с подвижным токовводом 7 и фланцем корпуса 8. Соосность контактов обеспечивается с помощью направляющего устройства 6.

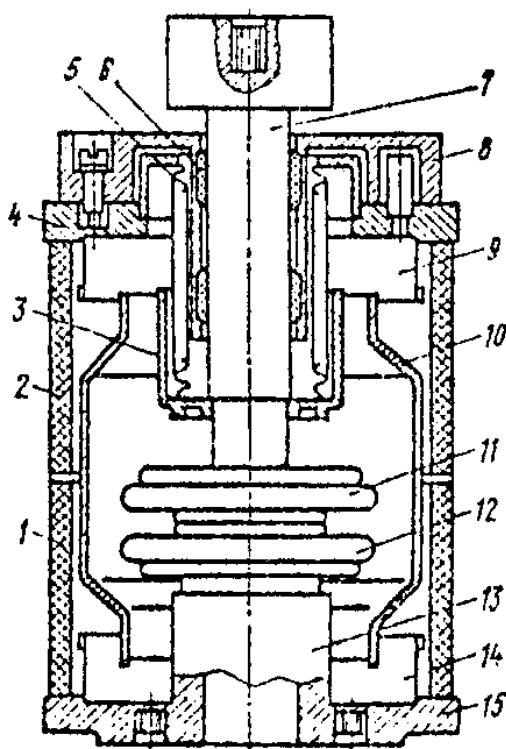


Рис. 3.5 Дугогасительная камера типа КДВ-10-31,5/3200:

1, 2 — керамические изоляторы корпуса камеры, 3, 5, 10, 14 — экраны, 4, 15 — фланцы, 15 — сильфон, 6 — направляющее устройство, 7, 13 — токовводы, 8 — направляющий фланец, обеспечивающий соосность контактов, 11 — подвижный контакт, 12 — неподвижный контакт

Присоединение камеры к электрической цепи осуществляется посредством розеточного контакта, надеваемого на подвижный токоотвод, и болтовым — на стороне неподвижного токоввода. Приводной механизм крепится со стороны неподвижного токоввода.

Камера выпускается с замкнутыми контактами. Сила сжатия, равная 240 Н, обеспечивается атмосферным давлением, действующим на сильфон.

Коммутационная износостойкость камеры характеризуется следующими данными:

Ток отключения, кА	Число циклов включения/отключения
1,6	20000
2,0	10000
3,2	3000
31,5	25

Камера может быть использована и при номинальных напряжениях меньших 10 кВ. При наличии радиаторов для отвода теплоты от контактов номинальный ток камеры увеличивается до 3200 А. Но при этом уменьшается число циклов включений/отключений до 3000.

Дугогасительные камеры других типов принципиально не отличаются от рассмотренной выше.

Технические данные рассматриваемой камеры:

Номинальное напряжение, кВ	10
Номинальный ток, А	1600
Номинальный ток отключения, кА	31,5
Ток отключения (наибольший пик), кА	80
Ход подвижного контакта, мм	14
Средняя скорость подвижного контакта, м/с:	
- при включении	0,8
- при отключении	1,7
Дребезг контактов при выключении не более, с	0,002
Электрическое сопротивление камеры при дополнительном контактном нажатии 2550 Н, мкОм, не более	8
Масса, кг	14,5

В зависимости от номинальных параметров может меняться величина хода подвижного контакта, размеры контактов и токовводов, форма и количество экранов, размеры корпуса камеры.

Рассмотрим выключатель ВВ/TEL–10–20/1000У2 (выключатель вакуумный производства предприятия «Таврида Электрик», номинальное напряжение 10 кВ, номинальный ток отключения 20 кА, номинальный ток 1000 А, климатическое исполнение, номер конструктивного исполнения). Исключительно простая кинематическая схема, небольшое число деталей, незначительное трение движущихся частей, способных работать без смазки и замены механической защёлки на магнитную обеспечивают ВВ большую механическую стойкость и надёжность в течение всего срока службы без проведения ремонтных работ.



Рис. 3.6 Общий вид выключателя
ВВ/ТЕL-10-20/1000У2

ВВ состоит из трёх полюсов, установленных на металлическом основании, внутри которого размещаются приводы (рис. 3.6). В состав полюса (рис. 3.7) входят: вакуумная дугогасительная камера 2 с неподвижным 1 и подвижным 3 контактами и сильфоном 4, гибкий токосъём 5, тяговый изолятор 6 и электромагнитный привод. Он состоит из электромагнита 9, крышек 7, 8, якоря 13, катушки 12, пружин

отключения 11 и поджатия 10, тяги 17 устройства ручного отключения и межполюсного вала 14. Корпуса полюсов изготовлены из прозрачного механически прочного и дугостойкого полимерного материала.

Отличительная особенность — пофазный электромагнитный привод с магнитной защёлкой для удержания ВВ во включённом положении после прерывания тока в катушке электромагнита. Для включения и отключения ВВ использована одна и та же катушка 12, создающая при включении магнитный поток, под действием которого якорь движется вверх до упора и остаётся во включённом положении за счёт остаточной индукции электромагнита. Вместе с якорем 13 вдоль одной оси движутся пружины поджатия 10, тяговый изолятор 6 и подвижный контакт 3. После замыкания контактов пружина сжимается на 2 мм, создавая необходимое контактное нажатие.

Отключение происходит путём подачи на катушку 12 напряжения противоположной полярности, которое размагничивает магнитную систему, после чего якорь под действием пружин отключения и поджатия перемещается вниз. Подвижные части ВВ удерживаются в отключённом положении усилием отключающей пружины.

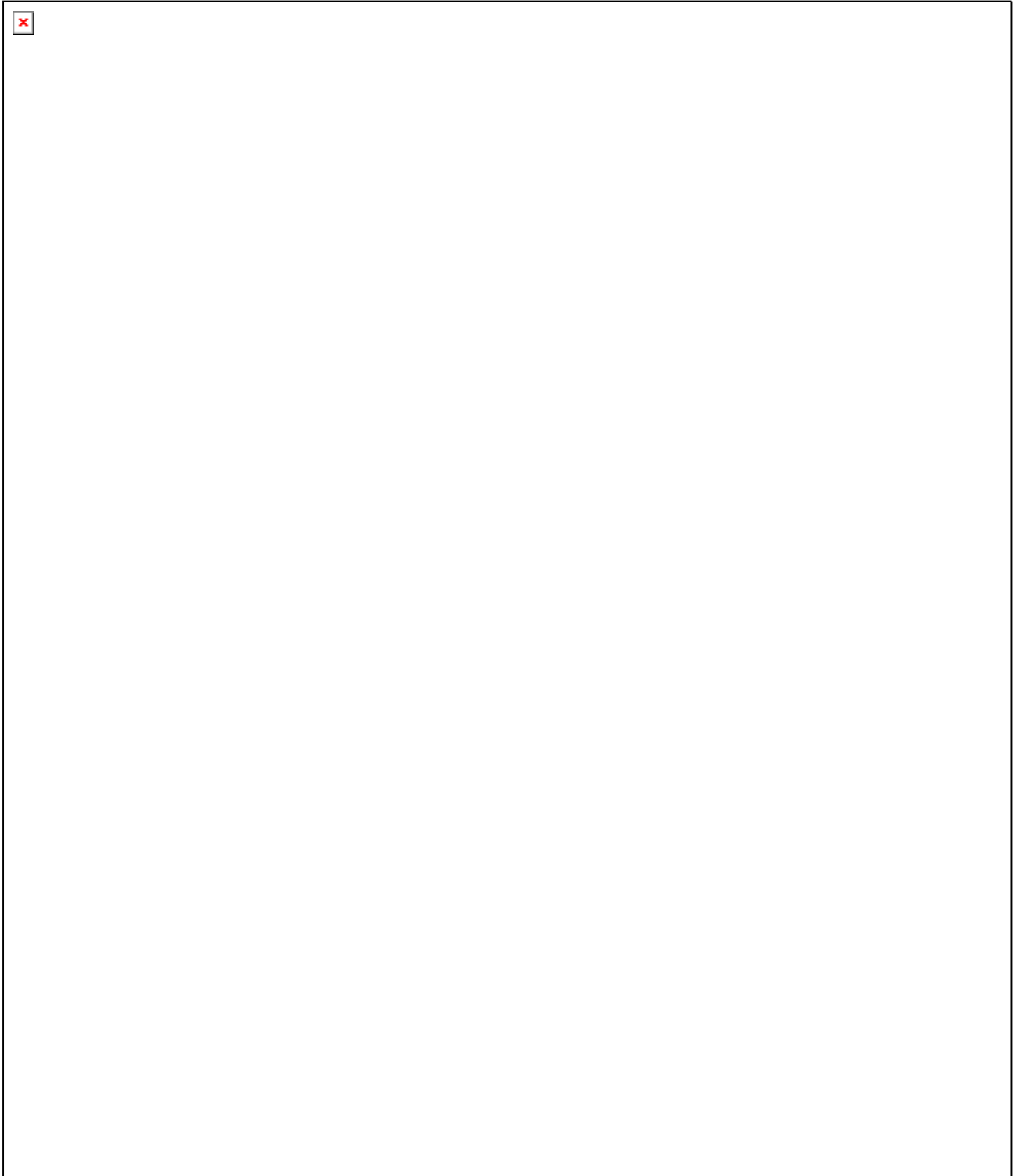


Рис. 3.7 Полюс вакуумного выключателя

Фактический механический ресурс выключателя ВВ/TEL определяет ресурс сильфона 4, который составляет не менее 100 тыс. операций «В–О». Ресурс по коммутационной стойкости ВВ/TEL составляет 50 тыс. операций тока 1000 А, 100 операций «В–О» или 150 операций «О» тока 20 кА. Этого ресурса достаточно для эксплуатации ВВ в течение 25 лет при нормальных

условиях. ВВ/TEL не требует необходимых для выключателей других типов проверок скоростных характеристик, одновременности замыкания и размыкания контактов, хода контактов, состояния изоляции, работоспособности при нижнем и верхнем пределах напряжения питания, регулировки момента срабатывания вспомогательных блок-контактов, проверки и подтяжки резьбовых соединений, проверки и регулировки буферного устройства, различных зазоров, расстояний и положений защёлки, обеспечивающих работоспособность выключателей, и др.

Ход и величину поджатия контактов устанавливают на заводе, износ контактов после совершения 50 тыс. операций отключения номинального тока не превышает 1 мм, что соответствует норме.

В выключателях ВВ/TEL блок-контакт участвует в управлении только в первый момент (необходимо его замкнутое состояние), дальнейший процесс происходит под действием блока управления (БУ), который формирует управляющий импульс длительностью 60–80 мс при времени включения не более 50 мс. Это позволяет в заводских условиях установить момент размыкания блок-контакта оптимальным для надёжного срабатывания, не требующим контроля в эксплуатации.

Для включения используют энергию предварительно заряженных малогабаритных конденсаторов, установленных в БУ. Применение стабилизаторов напряжения в схеме зарядки конденсаторов обеспечивает работоспособность ВВ при больших колебаниях напряжения внешней сети. Так, при напряжении сети переменного тока 220 В нижний предел допустимого напряжения составляет 80 В, верхний — 300 В.

Изоляция выключателя обладает высокой электрической прочностью. Она выдерживает в сухом состоянии относительно земли испытательное напряжение не менее 55 кВ и не менее 38 кВ — в условиях выпадения росы.

Приводы и приводные механизмы вакуумных выключателей

С помощью привода осуществляется движение подвижных контактов вакуумных выключателей. В выключателях, как правило, применяется электромагнитный привод. Он преобразует электромагнитную энергию магнитной системы в кинетическую энергию. От привода эта энергия передаётся к подвижным контактам с помощью приводного механизма.

Привод механизма вакуумных выключателей имеет свои особенности. Благодаря малому ходу подвижного контакта и его сравнительно небольшой массе привод и приводные механизмы вакуумных выключателей легки, компактны и экономичны.

Электромагнитный привод (рис. 3.8) работает следующим образом: при подаче напряжения в обмотку электромагнита 5 якорь 9 втягивается в электромагнит и производится включение выключателя и сжатие отключающей пружины 7. Во включённом положении выключатель удерживается защёлкой 1, оттягиваемой пружиной 4. При отключении подаётся питание на отключающий электромагнит 3, при этом боёк 2 ударяет по защёлке 1, которая срабатывает. Отключающая пружина производит отключение выключателя, при этом якорь электромагнита 9 движется вниз.

Устройство электромагнитных приводов усложняется введением дополнительных элементов — указателей положения, вспомогательных пружин, контактов, ограничителей хода подвижного контакта, электроизоляционных промежутков, механизмов свободного расцепления.

Применение пружинных приводов менее целесообразно из-за сложности конструкции и меньшей надёжности в работе, что подтверждено многолетним опытом их эксплуатации; они требуют квалифицированного и частого обслуживания. К достоинствам пружинных приводов можно отнести небольшое потребление тока и способность совершать оперативное включение при ручном взведении пружин (может быть использовано для включения вводного выключателя на обесточенной подстанции). Однако конструкции электромагнитных приводов с возможностью работать и от низковольтных

(12–24 В) источников питания лишают пружинные приводы этого преимущества.

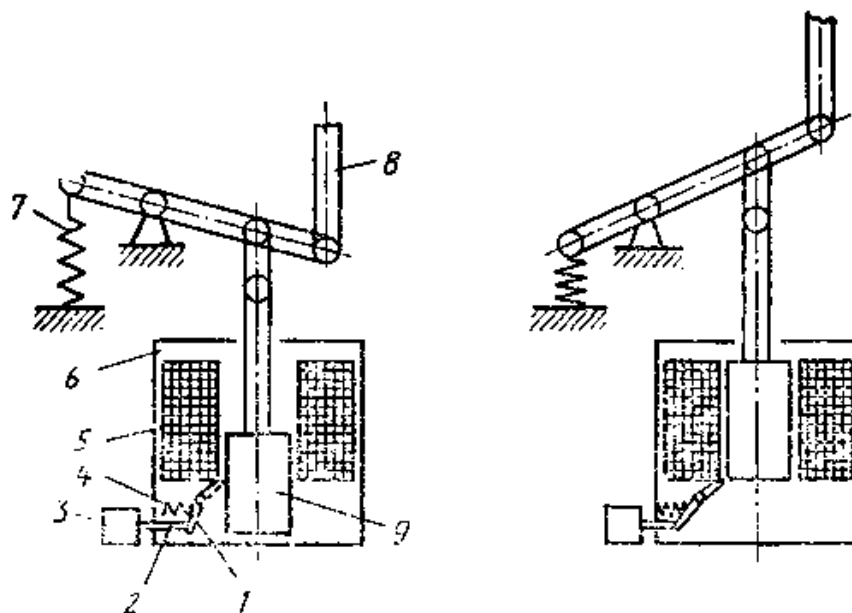


Рис. 3.8 Схема устройства электромагнитного привода:
а — выключатель отключен, *б* — выключатель включен, 1 — защёлка, 2 — боёк, 3 — отключающий электромагнит, 4 — пружина защёлки, 5 — обмотка электромагнита, 6 — ярмо электромагнита, 7 — пружина, 8 — тяга, 9 — яркор электромагнита

Шкафы КРУ с ВВ

Шкафы КРУ поставляются заказчику в собранном виде. Предварительно на заводе-изготовителе их подвергают консервации для обеспечения сохранности при транспортировке и хранении у заказчика. Шкафы с ВВ содержат кроме выключателя приборы измерения и защиты, цепи первичной и вторичной коммутации, а также вспомогательные устройства. Отличительными особенностями вакуумных выключателей являются небольшие габаритные размеры и масса (рис. 3.9). Это объясняется компактностью дугогасительных камер. КРУ с вакуумными выключателями могут быть как выкатного (рис. 3.9), так и стационарного исполнения (рис. 3.11).

На выкатной тележке 8 (рис. 3.9) размещается выключатель 6 с приводом 7. В корпусе шкафа содержится отсек сборных шин (II), отсек измерительных трансформаторов тока и кабельной разделки (I), отсек измерительной аппаратуры и релейной защиты (III). Роль высоковольтных разъединителей выполняют вторичные контакты А. Они создают видимый разрыв при выводе выключателя в ремонт. Соединение оперативных цепей осуществляется с помо-

щью штепсельных разъёмов 5. Выкатная тележка с выключателем может занимать три положения: рабочее, испытательное и ремонтное. Рабочее положение (рис. 3.9, а) соответствует режиму, при котором замкнуты контакты А и соединены оперативные цепи с помощью штепсельного разъёма 5. Испытание выключателя производится по схеме, приведённой на рис. 3.9, б. Контакты А разомкнуты, а оперативные цепи замкнуты. При рабочем и испытательном положении тележка фиксируется внутри корпуса шкафа.

При ремонтных работах тележка выдвигается из пределов корпуса шкафа (рис. 3.9, в), токоведущие силовые части шкафа, неподвижные контакты А, автоматически ограждаются шторками 10 для защиты персонала от случайного прикосновения, а выводы трансформаторов тока заземляются специальным разъединителями 9.

Для обеспечения безопасности труда и предотвращения аварии предусматриваются специальные блокировки, которые делают невозможным:

- вкатывание тележки в корпус при включённом выключателе;
- включение выключателя в нефиксированном положении тележки;
- выкатывание тележки из рабочего положения при включённом выключателе;
- включение заземляющих разъединителей при рабочем положении тележки;
- вкатывание тележки в рабочее положение при включённых заземляющих ножках.

Нарушение каждого из условий ведёт к тяжёлым авариям. При вкатывании тележки с выключателем в рабочее положение и сближении вторичных контактов А электрическая дуга возникает между контактами, если сборные шины 3 находятся под напряжением. Происходит выгорание контактов, оборудование отсека 1 покрывается металлической плёнкой из материала оплавившихся контактов. Перегрев контактов возможен, если выключатель не зафиксирован в рабочем положении из-за плохого контакта или возникновения дугового разряда при разрыве цепи, когда выключатель включён, а щит под напряжением.

Заземление выключателя в рабочем положении может служить причиной возникновения короткого замыкания. С помощью металлических перегородок и

проходных изоляторов 4 шкаф КРУ разделён на отсеки. Это делается для локализации возникающих аварий в пределах повреждённого участка.

Несмотря на то, что короткое замыкание является расчетным режимом, возникновение КЗ и его отключение значительно сокращает ресурс выключателя.

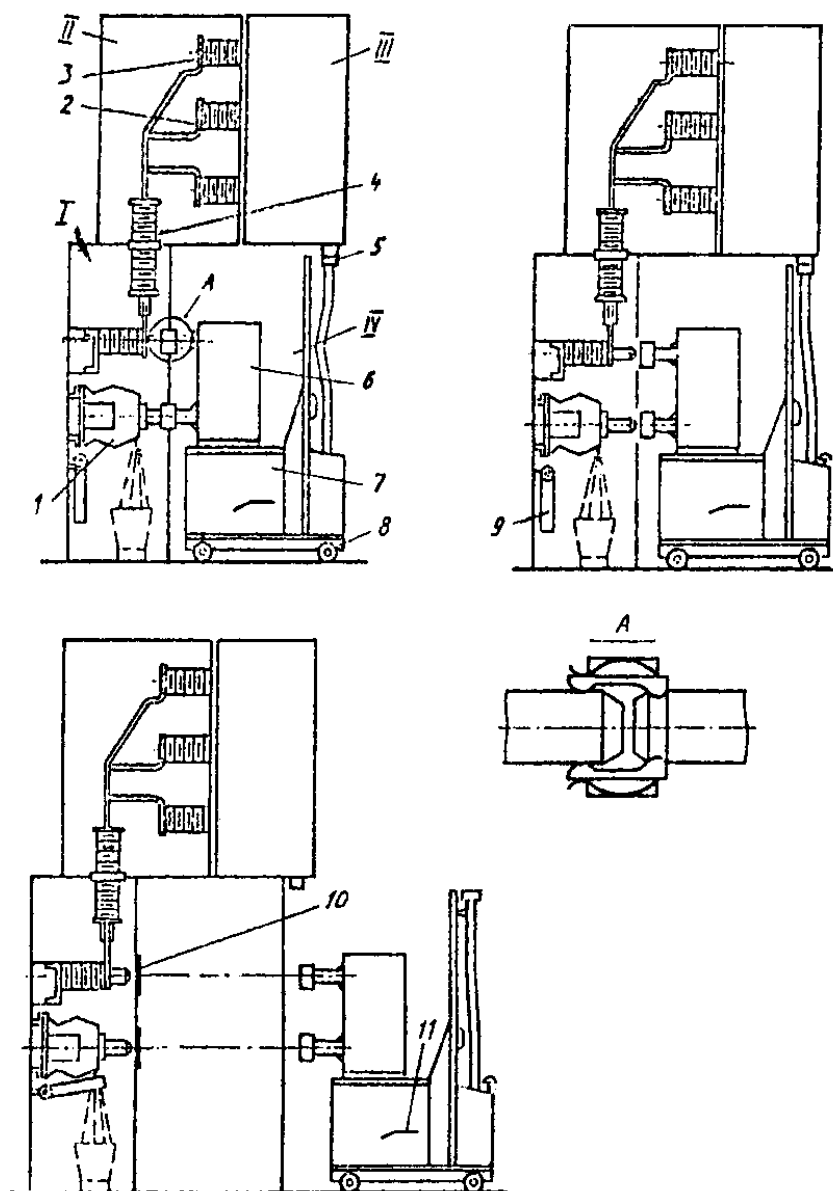


Рис. 3.9 Шкаф КРУ с вакуумным выключателем выкатного исполнения:
a — рабочее положение; *б* — испытательное положение; *в* — ремонтное положение;
A — втычные контакты; *I* — отсек измерительных трансформаторов и кабельной разделки,
II — отсек сборных шин, *III* — отсек измерительной аппаратуры и защиты, *IV* — отсек
выкатной тележки, *1* — трансформатор тока, *2* — опорный изолятор, *3* — собственные
шины, *4* — проходной изолятор, *5* — штепсельный разъём, *6* — вакуумный выключатель,
7 — привод вакуумного выключателя, *8* — выкатная тележка, *9* — заземляющий разъеди-
нитель, *10* — шторки, *11* — скользящий контакт заземления тележки

Пример однолинейной электрической схемы шкафа представлен на рис. 3.10.

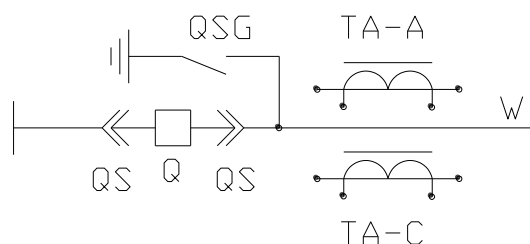


Рис. 3.10 Электрическая схема шкафа КРУ выкатного исполнения

На рис. 3.11 представлен шкаф КРУ стационарного положения. Вакуумный выключатель сконструирован на неподвижной раме 5 и размещён в корпусе шкафа. Шкаф имеет два отсека: отсек выключателя и отсек измерительной аппаратуры и защиты 4. По эксплуатационным качествам КРУ стационарного исполнения уступает КРУ выкатного исполнения, не обеспечивается взаимозаменяемость оборудования при аварии, усложняется эксплуатация и монтаж. Но КРУ стационарного исполнения требует меньшей площади.

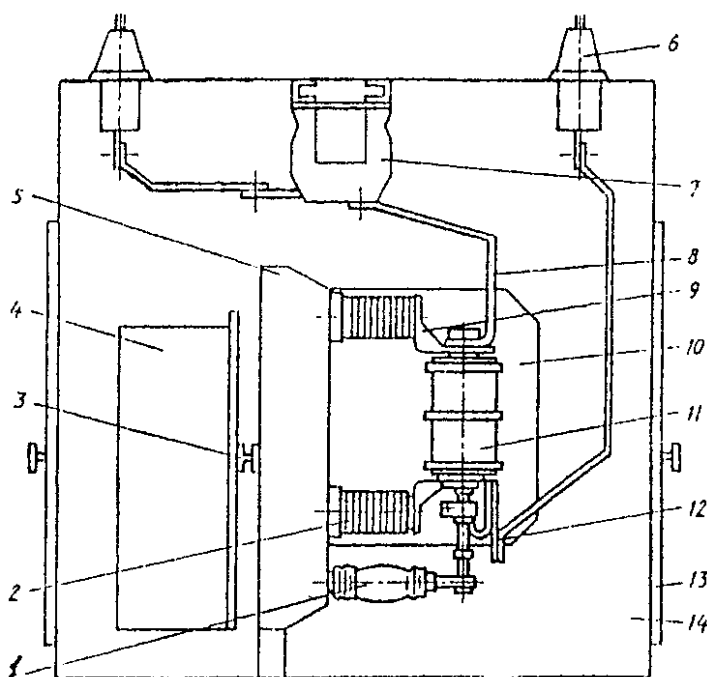


Рис. 3.11 Шкаф КРУ стационарного исполнения с вакуумным выключателем (серии КРУН-102):

1 — рычаг-изолятор, 2 — опорный изолятор, 3 — тяга электромагнитного привода, 4 — отсек измерительной аппаратуры и защиты, 5 — рама выключателя, 6 — проходной изолятор, 7 — трансформатор тока, 8 — шина, 9 — кронштейн крепления дугогасительной камеры, 10 — изоляционный барьер, 11 — вакуумная дугогасительная камера, 12 — шины с гибким дугоотводом, 13 — монтажный люк, 14 — отсек выключателя

Пример схемы электрических соединений шкафа стационарного исполнения представлен на рис. 3.12.

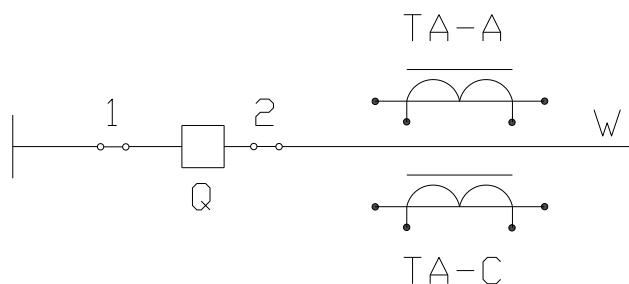


Рис. 3.12 Электрическая схема шкафа КРУ стационарного исполнения:
1, 2 — переключки

Содержание отчета

1. Цель и план работы.
2. Краткое описание в соответствии с планом и порядком выполнения пунктов лабораторной работы.
3. Записать основные паспортные характеристики выключателей.
4. Вычертить продольный разрез дугогасительной вакуумной камеры.
5. Вычертить электрическую схему шкафа КРУ.

Контрольные вопросы

1. Объяснить принцип действия ВДК. Каковы их достоинства и недостатки?
2. В чём состоит различие между КРУ выкатного и стационарного исполнения?
3. В чём состоит достоинство вакуумного объема при использовании его в выключателях?
4. Как объясняется необходимость высокой скорости движения контактов ВВ при включении и отключении?
5. Какие номинальные параметры ВВ являются основными и почему?
6. С помощью каких приводов осуществляется включение и отключение ВВ, их достоинства и особенности?
7. Какие шкафы КРУ получает заказчик?
8. Какие нарушения в шкафах КРУ с ВВ ведут к авариям?

9. Благодаря каким достоинствам ВВ занимают лидирующее положение в коммутационной аппаратуре?

10. В чем заключается особенность эксплуатации ВВ?

11. Как обеспечить высокую износостойкость контактов ВВ?

Литература

1. Белкин, Г.С. Новые разработки ВЭИ в области вакуумных дугогасительных камер / Г.С. Белкин // Электротехника. — № 9/01.
2. Редштейн, Л.А. Электрические аппараты / Л.А. Редштейн — Л.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Дорощев, К.И. Комплектные распределительные устройства 6–35 кВ / К.И. Дорощев. — М.: Электроатомиздат, 1982.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Общее время занятия – 2 часа.

Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера-электрика для решения основных задач, связанных с электроснабжением сельскохозяйственных предприятий и сельских населенных пунктов, необходимо знать назначение, устройство и принцип работы измерительных трансформаторов тока и напряжения. Поэтому тема занятий актуальна для будущей работы инженера.

Цель занятия

Изучить измерительных трансформаторов тока и напряжения, применяемых в сельском хозяйстве.

Задачи занятия

Изучить представленные в лаборатории измерительные трансформаторы тока и напряжения, научиться определять полярность выводов трансформаторов тока.

Контрольные вопросы самоподготовки

1. Объясните принцип действия трансформатора.
2. Сформулируйте 1-й закон Кирхгофа.
3. Сформулируйте закон электромагнитной индукции.

План занятия

1. Ознакомиться с конструкцией и назначением измерительных трансформаторов в высоковольтных и низковольтных установках.
2. Проверить полярность обмоток трансформаторов тока.

3. Проверить коэффициент трансформации трансформаторов тока.
4. Ознакомиться с конструкцией и назначением измерительных трансформаторов напряжения.
5. Ознакомиться с конструкцией трансформаторов напряжения типа НТМК–6–48 и НТМИ–10–66, записать их паспортные данные. При этом необходимо обратить внимание на устройство бака, уплотнение, предотвращающее течь масла, устройство для отбора пробы масла, выполнение выводов обмоток и их маркировку.
6. Составить схему соединения изучаемых трансформаторов напряжения.

Методические указания к самостоятельной работе студента

Трансформаторы тока

Трансформаторы тока служат для измерения тока в установках переменного тока и питания оперативных цепей защиты. Они обеспечивают безопасность измерений в высоковольтных сетях и дают возможность производить измерения на значительных расстояниях от места установки и стандартизировать измерительные приборы по току.

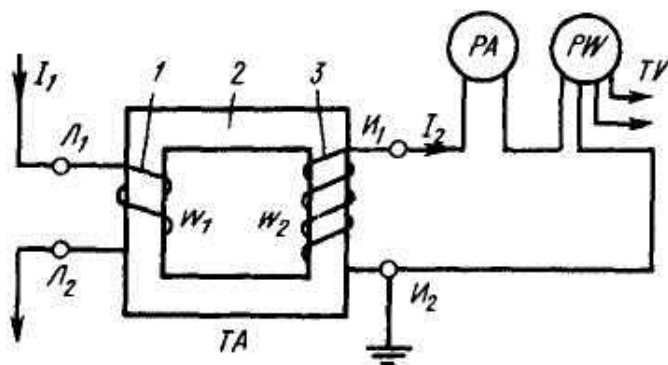


Рис. 4.1 Однофазный трансформатор тока:
 1 — сердечник, 2 — первичная обмотка,
 3 — вторичная обмотка

Трансформатор тока (рис. 4.1) состоит из замкнутого сердечника 1, собранного из листового электротехнической стали, и двух обмоток — первичной 2, и вторичной 3, которые надежно изолированы друг от друга и от сердечника.

Первичная и вторичная обмотки имеют соответственно W_1 и W_2 витков. Коэффициент трансформации определяется обратным отношением числа витков или отношением токов первичной $I_{1н}$ и вторичной обмоток трансформатора $I_{2н}$:

$$n_{\text{ТТ}} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{I_{1\text{Н}}}{I_{2\text{Н}}}.$$

Трансформаторы тока имеют угловую погрешность и погрешность по току. Погрешность по току $\Delta I_{\%}$ определяется по формуле:

$$\Delta I_{\%} = \frac{n_{\text{ТТ}} I_2 - I_1}{I_1} 100 \%.$$

Погрешность по току учитывается для всех приборов и реле.

Угловая погрешность характеризуется углом сдвига между первичным током и током вторичной обмотки, повернутым на 180 градусов. Она учитывается для приборов и реле ваттметрового типа. Эти погрешности зависят от магнитного сопротивления магнитопровода, значения первичного тока, нагрузки вторичной обмотки и соотношения её активной и индуктивной составляющих.

Номинальной нагрузкой трансформатора тока называют такое значение $I_{2\text{Н}}^2 Z_2$, при котором трансформатор тока может работать в данном классе точности. Эта нагрузка в вольт-амперах (ВА) или омах (Ом) $Z_{2\text{Н}}$ задаётся в каталогах.

В зависимости от токовой погрешности выпускаются трансформаторы тока с классом точности 0,2 — для лабораторных измерений, 0,5 — для питания расчетных счетчиков, 1, 3, 10 и P — для питания щитовых приборов и реле.

В основном для всех трансформаторов тока вторичный номинальный ток принят равным 5 А. Приборы, питающиеся от трансформаторов тока, градуируют по первичному току, при этом на шкале показывают коэффициент трансформации.

Высоковольтные трансформаторы тока обозначают следующим образом. Например, ТПЛУ–10–0,5/Р–50 означает трансформатор (Т) проходной (П), с литой изоляцией (Л), с усиленной первичной обмоткой (У), номинальное напряжение 10 кВ, с двумя сердечниками классов точности 0,5 и P (0,5/P), первичный ток равен 50 А (50).

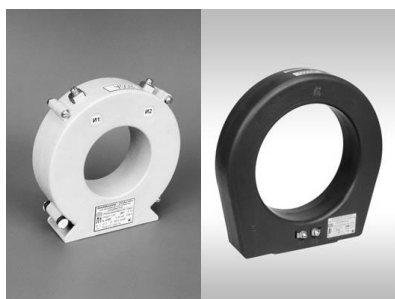
Трансформаторы тока, применяемые в высоковольтных установках различают по следующим признакам:

- *по роду установки* — внутренней и наружной (Н);
- *по конструктивному исполнению* — проходные (П), катушечные (К), встроенные (В) и т.д.;
- *по числу витков первичной обмотки* — многовитковые, одновитковые (О), шинные (Ш);

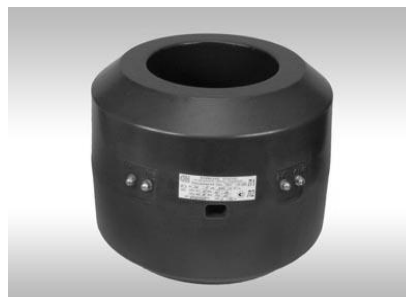
Катушечный ТК-0.66 Проходной ТПОЛ-10 Встроенный ТВ



Шинные ТНШЛ-0,66



Шинный ТШЛ-10



Опорный ТОЛ-10



Опорный ТОЛ-35



Рис. 4.2 Виды трансформаторов тока

— *по виду основной изоляции* — с фарфоровой (Ф) и литой (Л) из эпоксидных смол;

— *по числу сердечников* — с одним, двумя или несколькими.

Первичную обмотку трансформатора тока, которая маркируется *Л1* и *Л2*, включают в цепь последовательного, а ко вторичной (*И1* и *И2*) присоединяют последовательно соединенные токовые обмотки приборов и реле. Номинальный режим работы трансформатора тока близок к режиму короткого замыкания. Режим размыкания вторичной обмотки для трансформаторов тока опасен тем, что в этом случае исчезает размагничивающее действие этой обмотки и в магнитопроводе резко возрастает магнитный поток. Это приводит к сильному нагреву магнитопровода и возникновению на зажимах разомкнутой обмотки большой ЭДС, опасной для обслуживающего персонала и изоляции вторичной обмотки. Поэтому при необходимости замены приборов в цепи работающего трансформатора тока необходимо предварительно замкнуть накоротко его вторичную обмотку.

Для **повышения безопасности персонала** при обслуживании измерительных приборов и реле одну из точек вторичной цепи измерительных трансформаторов заземляют, что обеспечивает безопасность в случае нарушения изоляции между цепями высокого и низкого напряжения и попадания высокого потенциала на вторичную цепь.

Указания по изучению трансформаторов тока

1. Ознакомиться с конструкцией трансформаторов тока, представленных на стенде, и записать их паспортные данные.

2. Проверить маркировку трансформаторов тока методом постоянного тока.

С этой целью производится предварительная маркировка выводов обмоток. Приняв любой из выводов первичной обмотки за начало, обозначают его *Л1*. Второй вывод (конец первичной обмотки) обозначается *Л2*. Выводы вторичной обмотки маркируются условно и обозначаются *И1* (начало) и *И2* (конец). После определения однополярных выводов обмоток производится окончательная маркировка выводов вторичной обмотки. Понятие «однопо-

лярные выводы» означает, что если в какой-то момент времени ток входит в один из выводов первичной обмотки, то из однополярного ему вывода вторичной обмотки ток выходит. Если во вторичную обмотку включён какой-либо прибор, то направление тока в приборе при правильной полярности обмоток трансформатора тока будет такое же, как при включении этого прибора в первичную цепь.

Определение полярности может выполняться методом постоянного тока и методом одного амперметра переменного тока.

Метод постоянного тока основан на определении направления ЭДС, индуцированной во вторичной обмотке трансформатора тока при включении первичной обмотки на постоянное напряжение. Для выполнения опыта необходимо собрать схему, представленную на рис. 4.3.

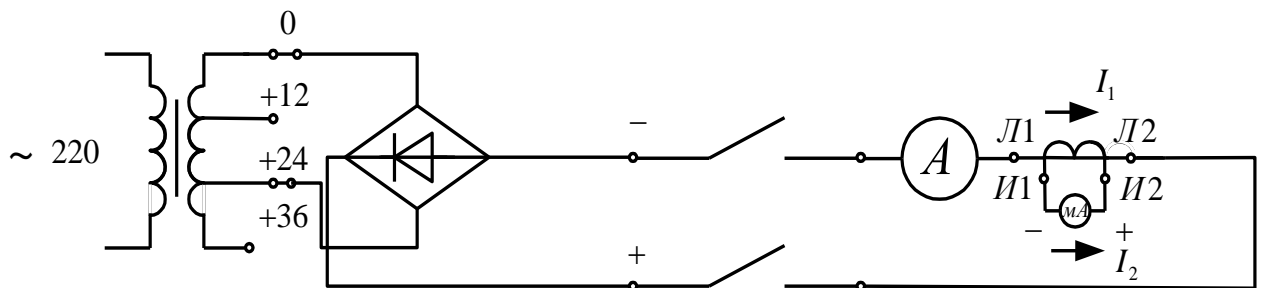


Рис. 4.3 Схема проверки полярности выводов обмоток трансформатора тока методом постоянного тока

К началу первичной обмотки трансформатора присоединяется положительный полюс источника. Вывод вторичной обмотки, условно обозначенный началом, присоединяется к положительному зажиму миллиамперметра постоянного тока. Если при замыкании выключателя в первичной цепи трансформатора тока стрелка миллиамперметра отклонится в положительное направление (вправо), то маркировка вторичной обмотки выполнена правильно. При размыкании выключателя правильной маркировки обмотки соответствует обратное отклонение стрелки прибора.

Метод одного амперметра переменного тока основан на суммировании в амперметре первичного и вторичного токов трансформаторов тока. Для выполнения опыта необходимо собрать схему (рис. 4.4, а) и отрегулировать

первичный ток трансформатора таким образом, чтобы показания амперметра составляли 0,7–0,8 шкалы. Отметив величину тока, не изменяя положения движка регулировочного автотрансформатора, подключают к амперметру вторичную обмотку трансформатора тока по схеме (рис. 4.4, б) и включают схему под напряжение. Если при этом амперметр будет показывать ток меньший, чем ранее установленный, то к одному зажиму амперметра присоединены однополярные зажимы.

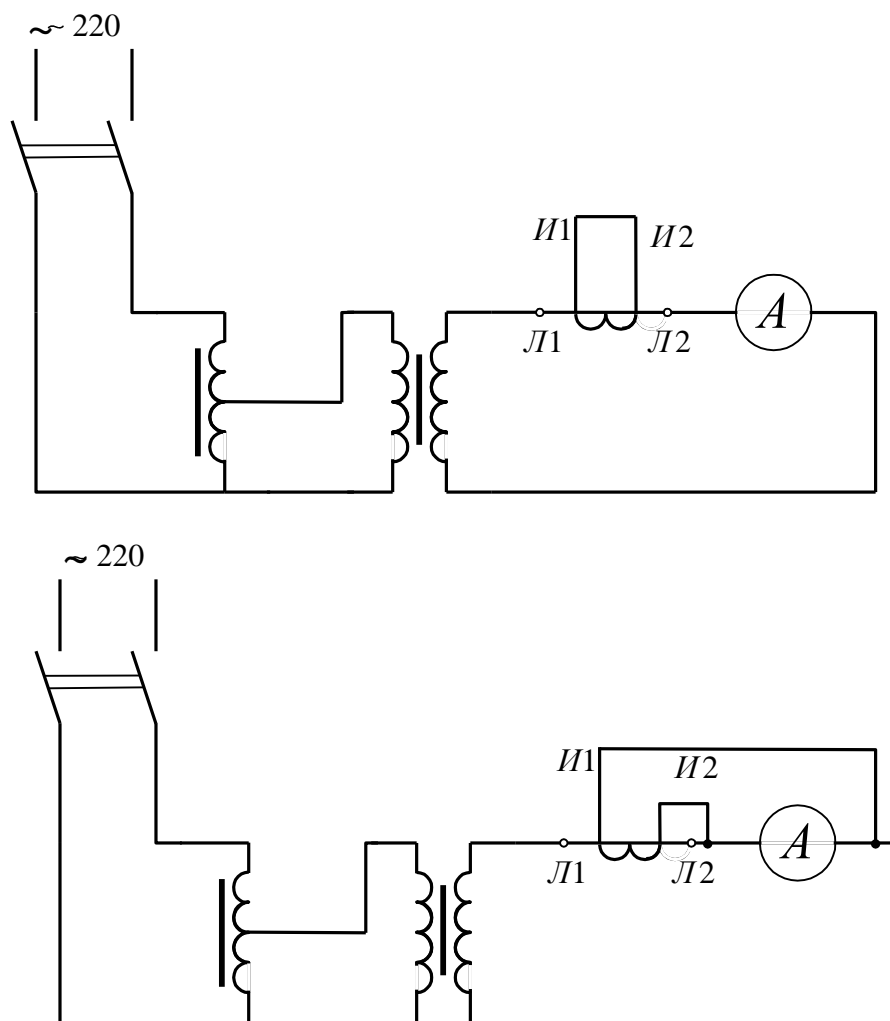


Рис. 4.4 Схема проверки полярности выводов обмоток трансформатора тока методом одного амперметра переменного тока

3. Проверить коэффициент трансформации трансформатора тока.

Для этого необходимо собрать схему рис. 4.5 и автотрансформатором установить номинальный ток, контролируя его по вторичному номинальному току контрольного трансформатора тока \mathcal{Z} , записать значение первичного и вторичного тока испытуемого трансформатора и определить коэффициент

трансформации. Если коэффициент трансформации значительно отличается от указанного на щитке и не равен стандартному, то это свидетельствует о витковом замыкании в одной из обмоток.

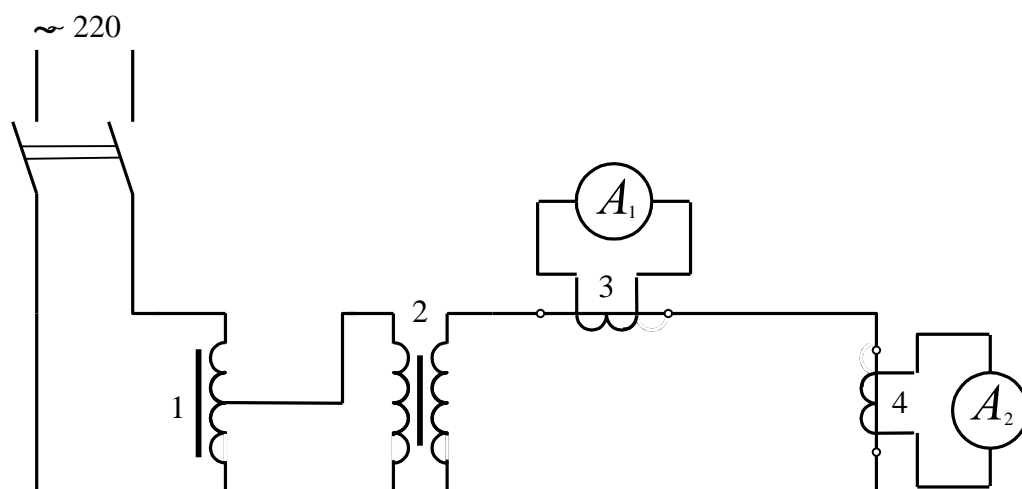


Рис. 4.5 Схема для проверки коэффициента трансформации трансформаторов тока: 1 — автотрансформатор; 2 — нагрузочный трансформатор; 3 — контрольный трансформатор тока; 4 — испытуемый трансформатор тока

Трансформаторы напряжения

Трансформаторы напряжения по принципу работы, схемам включения и

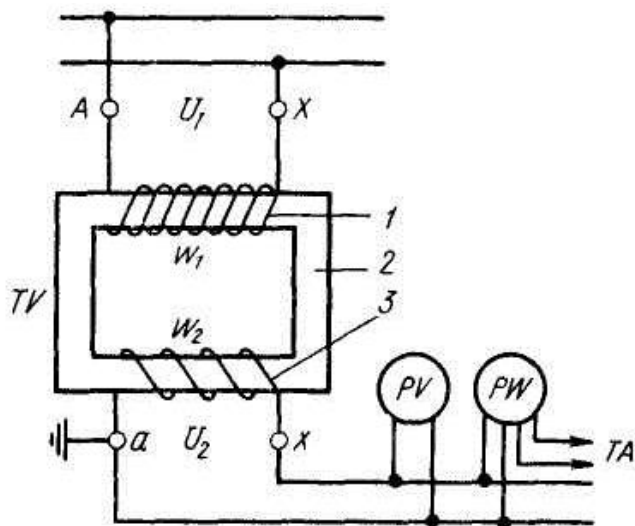


Рис 4.6 Однофазный трансформатор напряжения:

1 — первичная обмотка; 2 — магнитопровод; 3 — вторичная обмотка

свойствам не отличаются от силовых трансформаторов, но имеют небольшую мощность. Они используются в электрических установках напряжением выше 380 В для питания обмоток напряжения измерительных приборов, реле, питания оперативных цепей защиты, автоматики, сигнальных цепей.

Обмотки трансформатора располагаются на общем магнитопроводе.

Во вторичной обмотке число витков W_2 значительно меньше, чем в первичной W_1 . Трансформатор напряжения не должен перегружаться и под-

вергаться коротким замыканиям. Поэтому его всегда включают через предохранитель.

Номинальный коэффициент трансформации приблизительно равен отношению числа витков первичной W_1 и вторичной W_2 обмоток:

$$n_{\text{тн}} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{U_{1\text{н}}}{U_{2\text{н}}}.$$

В трансформаторах напряжения возникают погрешности по коэффициенту трансформации (погрешность по напряжению) и по углу (угловая погрешность).

Погрешность по напряжению определяется по выражению:

$$\Delta U \% = \frac{n_{\text{тн}} U_2 - U_1}{U_1} 100 \%$$

Эта погрешность влияет на точность измерения всеми видами приборов.

Угловая погрешность влияет на измерения приборами ваттметрового типа (ваттметры, фазометры, счетчики, реле мощности и др.). Она представляет собой угол между векторами напряжения U_1 на зажимах первичной обмотки и напряжения U_2 на зажимах вторичной обмотки, повернутого на 180° .

На погрешность трансформаторов напряжения влияют токи холостого хода, сопротивление обмоток, значение вторичной нагрузки, ее коэффициент мощности и колебание первичного напряжения.

Трансформаторы напряжения выпускаются четырех классов: 0,2; 0,5; 1,0 и 3,0 — которые характеризуются определёнными допустимыми погрешностями при нагрузке трансформатора от 25% до 100% номинала. Значения погрешностей для всех классов точности приводятся в каталогах. При перегрузках трансформатор выходит из своего класса.

Для включения счётчиков применяют трансформаторы напряжения класса точности 0,5. Все остальные измерительные приборы включают на трансформаторы напряжением класса 1,0. Трансформаторы класса 3,0 используются для питания реле и вольтметров, не служащих для подсчета

мощности и коэффициента мощности. Трансформаторы класса 0,2 используют в лабораторной практике.

Для измерения напряжений в высоковольтных установках с помощью трансформаторов напряжения используют однофазные или трёхфазные трансформаторы. Если используются однофазные трансформаторы, то они включаются по схемам, приведенным на рис. 4.4.

Схема (рис. 4.7, а) дает возможность измерить одно из линейных напряжений, в схеме (рис. 4.7, б) включены два однофазных трансформатора напряжения. Это дает возможность измерять все линейные напряжения. В схеме включены три однофазных трансформатора. По этой схеме можно измерять все линейные и фазные напряжения.

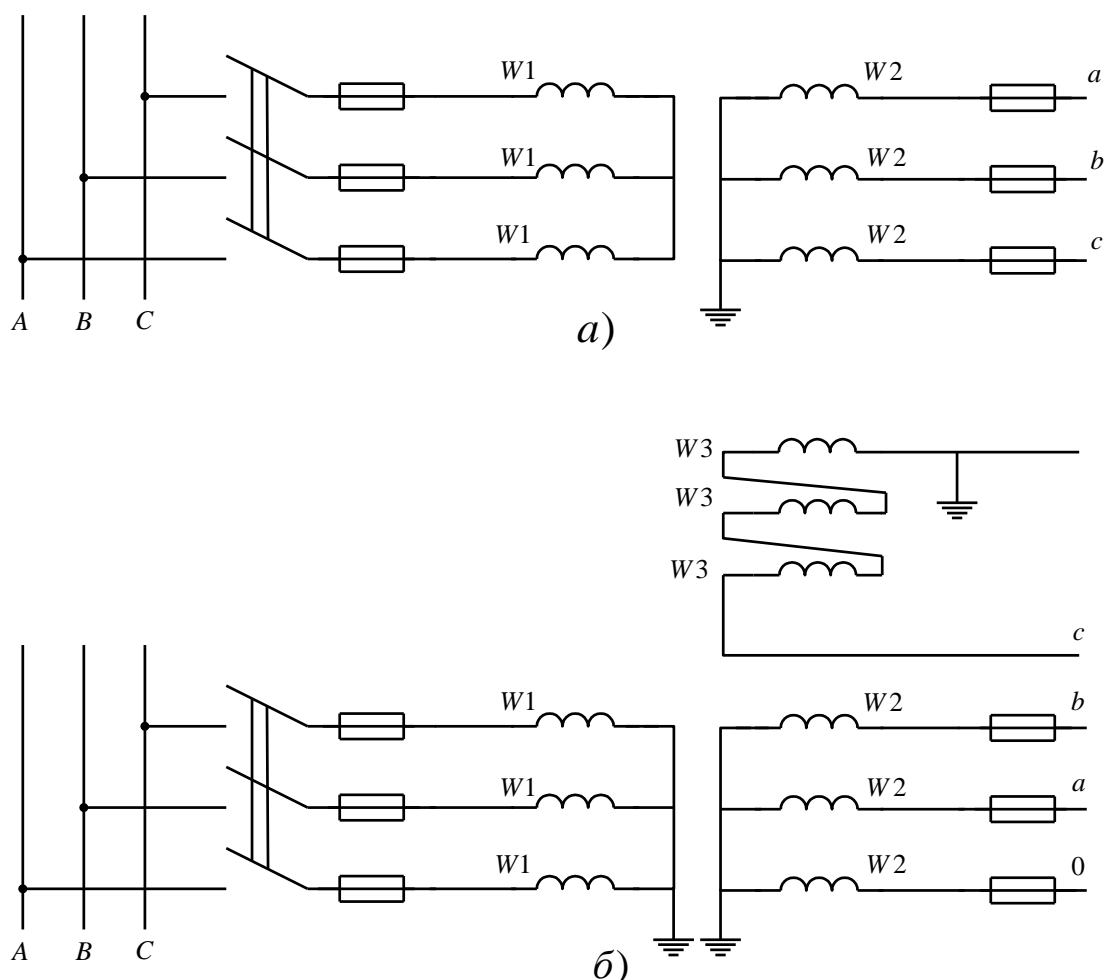


Рис. 4.7 Схема включения трёхфазного двухобмоточного (а) и пятистержневого или группового трёхобмоточного трансформатора (б)

Включение трёхфазных трансформаторов напряжения показано на рис. 4.8.

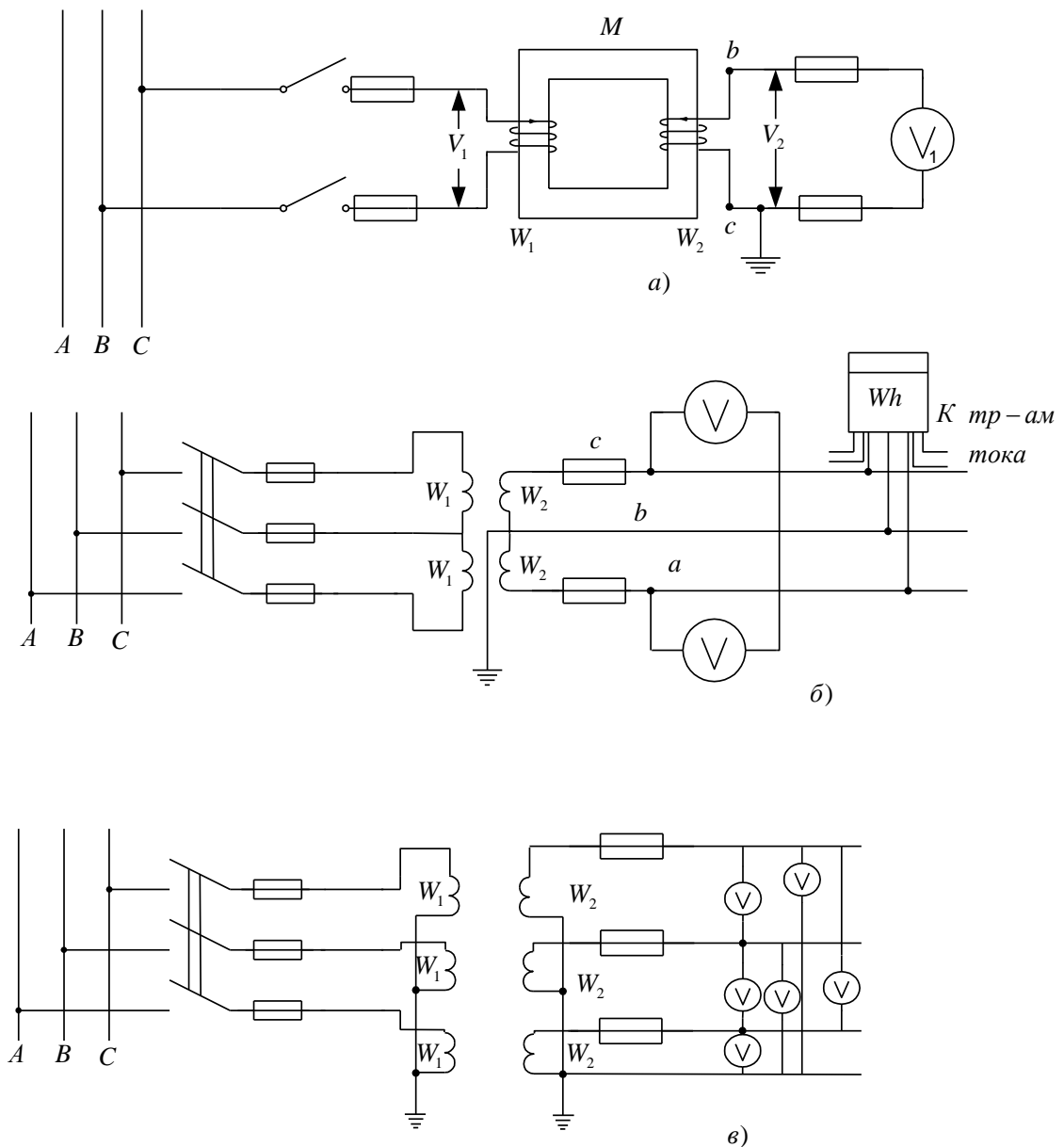


Рис. 4.8 Схема включения однофазных трансформаторов напряжения

В сетях с изолированной нейтралью 6, 10, 35 кВ замыкание на землю не создает аварийного режима короткого замыкания. Тем не менее, получается ненормальный режим работы, который необходимо как можно скорее устранить. В этих сетях для контроля изоляции по отношению к земле используют пятистержневые трансформаторы или три однофазных трёхобмоточных трансформатора напряжения, включённые по схеме рис. 4.6, б. Обмотки W_3 соединяются в разомкнутый треугольник, в который включается вольтметр или реле напряжения, действующие на сигнал. В нормальном режиме стрелка вольтметра стоит на нуле, а реле не работает.

При возникновении замыкания на землю показания вольтметра отличаются от нуля, а при глухом замыкании фазы он показывает утроенное фазное напряжение. Реле при этом срабатывает и подаёт сигнал о возникновении замыкания на землю. Применять трёхфазный трёхстержневой трансформатор для контроля изоляции нельзя, так как при однофазном замыкании на землю потоки нулевой последовательности фаз в трансформаторе вынуждены замыкаться по корпусу бака и индуцировать в нём и стяжных болтах вихревые токи, которые могут нагреть их до недопустимых температур и вызвать аварию.

В пятистержневом трансформаторе эти потоки, замыкаясь по дополнительным стержням (рис. 4.9), индуцируют в третьей обмотке W_3 ЭДС нулевой последовательности $E_0 = 3E_{0\phi}$, последняя вызывает работу реле, сигнализирующего о повреждении изоляции в сети.

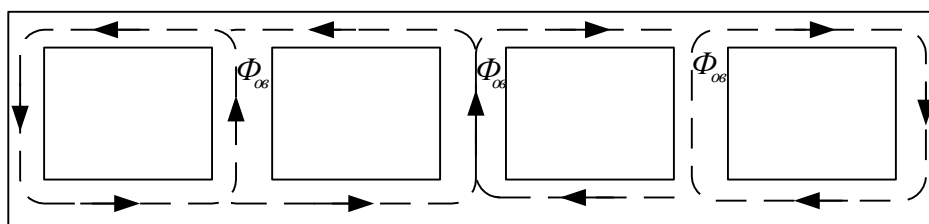


Рис. 4.9 Схема потоков нулевой последовательности в пятистержневом трансформаторе

В трёхфазном трёхобмоточном групповом трансформаторе фазные потоки нулевой последовательности замыкаются по пути основного магнитного потока, т.е. по основному магнитопроводу и индуцируют в третьей обмотке W_3 ЭДС E_0 .

Так как эти ЭДС имеют одинаковые направления, то при соединении третьей обмотки в треугольник сумма их будет равна $3E_{0\phi}$.

Трёхфазный трёхобмоточный трансформатор используется для контроля изоляции наравне с пятистержневым.



Рис. 4.10

Трансформатор напряжения антирезонансного типа НАМИТ-10-2 (рис. 4.10) является масштабным преобразователем, предназначен для передачи сигнала измерительной

информации приборам измерения, защиты, автоматики, сигнализации и управления в электрических сетях 6 и 10 кВ переменного тока промышленной частоты с изолированной нейтралью или заземлённой через дугогасящий реактор. Трансформатор НАМИТ-10-2 устанавливается в шкафах КРУ(Н) и в закрытых РУ промышленных предприятий. Трансформатор напряжения НАМИТ-10-2, изготавливается в климатическом исполнении «УХЛ» и категории размещения «2» по ГОСТ 15150–69.

Трансформатор представляет собой соединённые конструктивно в единое целое два трансформатора напряжения:

- 1) ТНКИ — трансформатор напряжения контроля изоляции, трёхобмоточный, первичные обмотки которого включены по схеме «звезда»; предназначен для питания цепей измерительных приборов учёта электрической энергии, для цепей защиты и контроля изоляции;
- 2) ТНП — трансформатор нулевой последовательности, двухобмоточный, первичная обмотка которого включена в нейтраль ТНКИ и заземлена, вторичная обмотка замкнута. Трансформатор предназначен для защиты трансформатора ТНКИ от повреждения при однофазных замыканиях.

НАМИТ-10-2 имеет два магнитопровода двухстержневых броневых типа, собранные из пластин электротехнической стали. На стержнях магнитопроводов расположены слоевые обмотки с изоляцией.

Магнитопроводы с обмотками соединены между собой с помощью ряда конструктивных элементов в единую конструкцию и представляют собой активную часть трансформатора, которая помещается в бак с трансформаторным маслом.

Бак трансформатора сварен из листовой стали. Каждый трансформатор имеет пломбу, препятствующую разборке трансформатора, расположенную на одном из болтов, крепящих крышку к раме бака. Пломба подтверждает пригодность трансформатора напряжения к работе в качестве измерительного.

Содержание отчета

1. Паспортные данные изучаемых трансформаторов тока.

2. Схемы и результаты проверки полярности обмоток трансформатора тока.
3. Схема и результаты проверки коэффициента трансформации трансформатора тока.
4. Паспортные данные изучаемых трансформаторов напряжения и их схемы соединения.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют конструкционные разновидности трансформаторов тока?
2. Назначение трансформаторов тока (напряжения).
3. Какими погрешностями характеризуются измерительные трансформаторы тока и напряжения и от каких факторов они зависят?
4. Как проверить маркировку трансформаторов тока?
5. Как проверить коэффициент трансформации трансформатора тока?
6. С какой целью заземляют вторичные цепи обмоток измерительных трансформаторов?
7. Чем опасен режим работы трансформаторов тока с разомкнутой вторичной обмоткой?
8. Какие схемы включения однофазных трансформаторов напряжения применяются на практике?
9. Какие трёхфазные трансформаторы напряжения применяются на практике? Приведите их схемы соединения.
10. Как осуществляется контроль изоляции по отношению к земле?
11. Почему нельзя использовать трёхфазный трёхстержневой трансформатор для контроля изоляции?

Литература

1. Будзко, И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, В.И. Гессен. — М.: Колос, 1990. — 126 с.
2. Будзко, И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, Н.М. Зуль. — М.: Агропромиздат, 1990.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ТРУБЧАТЫЕ И ВЕНТИЛЬНЫЕ РАЗРЯДНИКИ, ОГРАНИЧИТЕЛИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Общее время занятия – 2 часа.

Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера-электрика для решения основных задач, связанных с электроснабжением сельскохозяйственных предприятий и сельских населенных пунктов, необходимо знать назначение, устройство и принцип работы разрядников и ограничителей перенапряжений. Поэтому тема занятий актуальна для будущей работы инженера.

Цель занятия

Изучить конструкции трубчатых и вентильных разрядников, ограничителей перенапряжений, применяемых в сельском хозяйстве. Научиться выбирать разрядники.

Задачи занятия

Изучить представленные в лаборатории трубчатые и вентильные разрядники, ограничители перенапряжений.

Контрольные вопросы самоподготовки

1. Какие твердые газогенерирующие материалы вы знаете.
2. Объясните понятие «нелинейное сопротивление».

План занятия

1. Изучение конструкции трубчатых разрядников.
2. Изучение конструкции вентильных разрядников.
3. Выбор разрядников.
4. Изучение конструкции ограничителей перенапряжения (ОПН).

Методические указания к самостоятельной работе студента

Для защиты электрооборудования станций, подстанций и линий электропередач (ЛЭП) от перенапряжения применяют разрядники, которые ограничивают амплитуду воздействующего на изоляцию напряжения и гасят дугу сопровождающего тока, возникающую вслед за импульсным пробоем искрового промежутка разрядника.

В настоящее время применяют следующие типы средств ограничения перенапряжений:

- защитные промежутки (ПЗ),
- трубчатые разрядники (РТ),
- вентильные разрядники (РВ),
- ограничители перенапряжений (ОПН).

Одним из первых устройств для защиты электроустановок от грозовых перенапряжений был **защитный промежуток**. Простота его конструкции обеспечивала ему широкое применение до самых последних дней.

Отсутствие дугогасящего устройства у защитных промежутков ограничивает область их применения. При пробое ПЗ происходит короткое замыкание, которое должно быть отключено выключателем.

Так как отключение создает перерыв в работе и электроснабжении потребителей, ПЗ рекомендуется устанавливать в комплексе с автоматическим повторным включением (АПВ), которое после погасания дуги на ПЗ вновь включает установку в работу.

Опытами установлено, что ПЗ, имеющие форму, представленную на рис. 5.1, в большинстве случаев успешно гасят дугу в сетях с номинальным напряжением 6–10 кВ в точках, где величина тока короткого замыкания не превышает 300 А. Такие ПЗ могут применяться при отсутствии вентильных и трубчатых разрядников с необходимым номинальным напряжением или соответствующим пределом отключаемых токов.

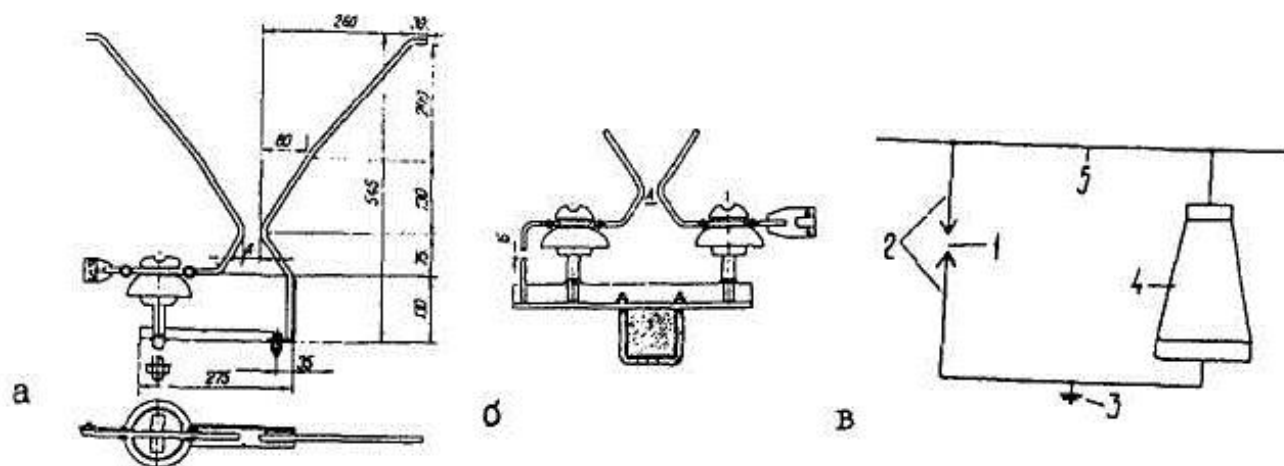


Рис. 5.1 Защитный искровой промежуток для электроустановок 10 кВ (а, б) и схема его включения (в)

1 — защитный искровой промежуток; 2 — металлические роговые электроды; 3 — заземление; 4 — защищаемая изоляция; 5 — провод

Трубчатые разрядники применяются главным образом для защиты линейной изоляции от грозовых перенапряжений и в совокупности с другими средствами защиты — изоляции электрооборудования станций и подстанций. Как правило, они устанавливаются на опорах с ослабленной изоляцией относительно всей длины линии электропередачи (отдельные металлические опоры, транспозиционные деревянные опоры, опоры, ограничивающие пролеты пересечений с другими линиями, кабельные переходы, высокие переходные опоры через реки, водохранилища, ущелья и др.). Трубчатые разрядники эффективно защищают изоляцию той опоры, на которую установлены. Изоляция других опор защищается тем хуже, чем дальше они отстоят от опор, оборудованных РТ.

Трубчатые разрядники, установленные на опорах проходов, линий электропередач к станциям и подстанциям, снижают амплитуду волны, укорачивают ее длину, что способствует значительному затуханию волны при движении ее по проводам. В результате, установленные на подстанции или станции вентильные разрядники разгружаются от токов грозового разряда, что необходимо для надежной защиты изоляции дорогостоящего оборудования от грозовых перенапряжений.

Вентильные разрядники РВ предназначены для защиты оборудования станций и подстанций от перенапряжения. Для защиты изоляции трансформаторов и оборудования распределительных устройств 3–10 кВ применяются вентильные разрядники серий РВП. Изоляцию оборудования напряжением 15–220 кВ защищают вентильными разрядниками серии РВС.

Разрядники серий РВМ и РВВМ с магнитным гашением дуги предназначены для защиты изоляции вращающихся машин напряжением 3–35 кВ.

Вентильные разрядники серии РС–10 и РВС–35 (рис. 5.11, 5.13) облегченной конструкции предназначены для защиты малоответственного оборудования 3–35 кВ. Для защиты оборудования потребительских подстанций со стороны 0,4 кВ в настоящее время используются разрядники типа РВН–0,5 (рис. 5.12).

Устройство и принцип работы разрядников

Трубчатые разрядники. Трубчатый разрядник представляет собой искровой промежуток (рис. 5.2), образованный двумя металлическими электродами 2 и 3, заключенными в изолирующую трубку, изготовленную из газогенерирующего материала. В зависимости от материала трубки изготавливаются разрядники серии РТФ (фибробакелитовые), РТВ (винипластовые) и РТВУ (винипластовые усиленные).

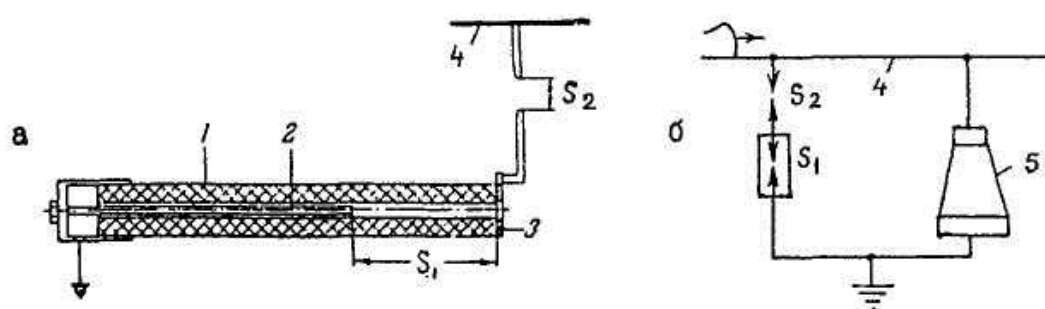


Рис. 5.2 Схема устройства (а) и включения (б) трубчатого разрядника:
 1 — газогенерирующая трубка; 2 — стержневой электрод; 3 — кольцевой электрод;
 4 — провод; 5 — защищаемая изоляция; S_1 — внутренний искровой промежуток;
 S_2 — внешний искровой промежуток

Трубчатый разрядник включается между токоведущим проводом и землей параллельно защищаемой изоляции. Внешний искровой промежуток S_2 предохраняет трубчатый разрядник от постоянно приложенного рабочего напряжения сети, предохраняя дугогасительную трубку от возможных повреждений токами утечки в сырую погоду, а также позволяет регулировать импульсное пробивное напряжение разрядника. Внутренний искровой промежуток предназначен для обрыва электрической дуги сопровождающего тока промышленной частоты при срабатывании разрядника.

Длина газогенерирующей трубки выбирается такой, чтобы разряд происходил не по поверхности разрядника, а внутри трубки.

Конструкции различных типов трубчатых разрядников показаны на рис. 5.3 и 5.4.

Отличительной особенностью разрядников типа РТФ является то, что они в наглухо закрытом конце имеют газовый резервуар, в котором при горении электрической дуги в трубке запасаются газы под высоким давлением, способствующие затем гашению электрической дуги. К недостаткам РТФ следует отнести то, что в связи со старением требуется периодическое покрытие влагостойким лаком.

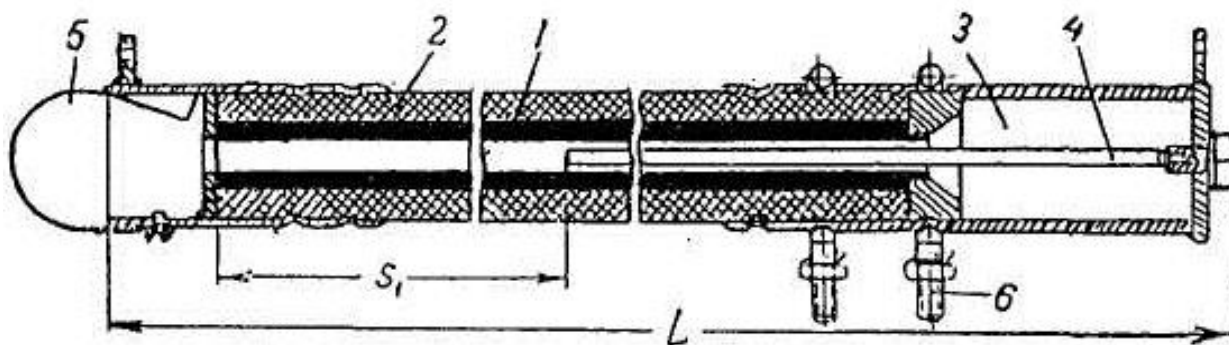


Рис. 5.3 Трубчатый фибробакелитовый разрядник типа РТФ:
 1 — фибровая трубка; 2 — бакелитовая трубка; 3 — камера дутья; 4 — электрод;
 5 — указатель срабатывания; 6 — хомутик крепления разрядника; S_1 — внутренний
 искровой промежуток

Винипластовые разрядники серии РТВ и РТВУ не имеют такого резервуара, т.к. высокие изоляционные и газогенерирующие свойства винипласта обеспечивают и при его отсутствии достаточно хорошие свойства разрядников.

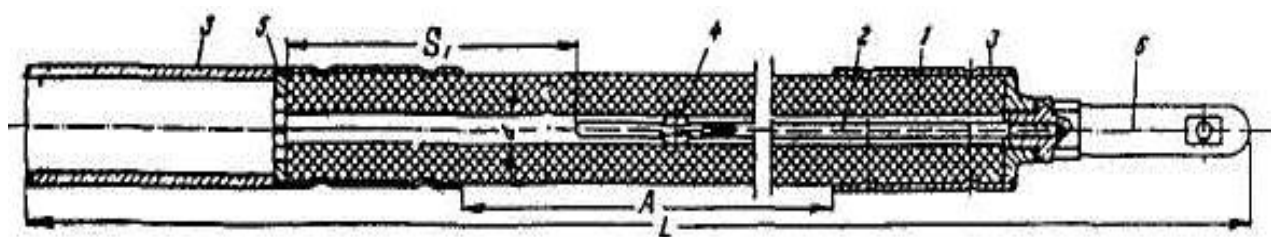


Рис. 5.4 Трубчатый виниловый разрядник типа РТВ:
 1 — дугогасящая трубка из винилпласта; 2 — стержневой электрод; 3 — металлические наконечники; 4 — центрирующие «усики»; 5 — пластинчатый электрод; 6 — электрод внешнего промежутка

Винилпласт удовлетворяет почти всем требованиям, предъявляемым к материалам РТ. Но имеются и отрицательные свойства: размягчается при температуре $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и изгибается; при срабатывании выделяется свободный хлор, который, соединяясь с влагой, образует пары хлористоводородной кислоты, вызывающей усиленную коррозию металлических деталей.

Принцип действия трубчатых разрядников состоит в следующем: при атмосферных перенапряжениях с амплитудой, превышающей пробивное напряжение разрядника, происходит пробой внешнего и внутреннего искрового промежутков. По пути пробоя импульсный ток стекает с провода в землю, а вслед за ним протекает сопровождающий ток промышленной частоты. На искровых промежутках загорается электрическая дуга. Под воздействием высокой температуры дуги газогенерирующая трубка, разлагаясь, выделяет большое количество газов. Образовавшиеся газы создают внутри трубки высокое давление, которое вызывает дутье, направленное вдоль столба электрической дуги, горящей на электродах внутреннего искрового промежутка. Движущиеся газы расщепляют на отдельные волокна горящую дугу, охлаждают ее, и она гаснет при переходе тока промышленной частоты через нулевое значение. Электрическая прочность обоих промежутков восстанавливается, и токоведущий провод вновь оказывается отделенным от земли.

Разрядники типа РТ имеют указатели срабатывания однократного действия (рис. 5.5) в виде стальной тонкой ленты, закрепленной одним концом с помощью винта на выхлопной обойме разрядника. Другой конец ленты за-

кладывается в выхлопное отверстие разрядника и при срабатывании разрядника выбрасывается из него под действием выхлопных газов.

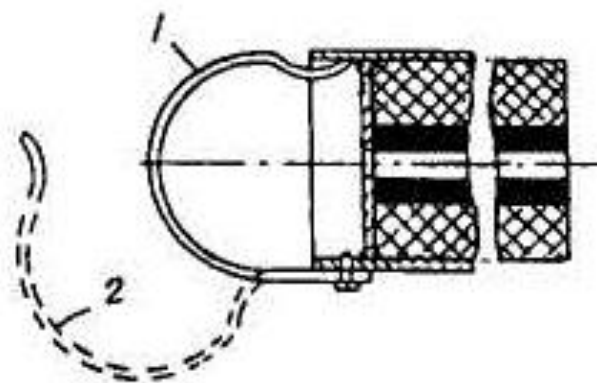


Рис. 5.5 Однократный ленточный указатель срабатывания трубчатого разрядника:
1 — положение указателя до срабатывания; 2 — то же, после срабатывания

Каждый тип разрядников характеризуется электрическими параметрами,

например:

$$PT\Phi \frac{35}{0,8 - 5}.$$

Номинальное напряжение, указанное в числителе, показывает, в какой сети может применяться данный трубчатый разрядник. При установке его в сети с меньшим напряжением защита будет неэффективной, а в сети с большим напряжением — при срабатывании не разорвет дуги и разрушится.

В знаменателе указываются нижний и верхний пределы обрываемых токов.

Нижний предел обрываемых токов (0,8) характеризует минимальное значение сопровождающего тока в килоамперах (кА), при котором интенсивность и нарастание давления достаточны для острого гашения дуги.

Верхний предел обрываемого тока (5) указывает на максимальную величину сопровождающего тока (тока короткого замыкания), который разрядник может оборвать. Если величина тока короткого замыкания в данной точке сети превышает верхний предел обрываемых токов, указанных в паспорте разрядника, разрядник при срабатывании разрушается.

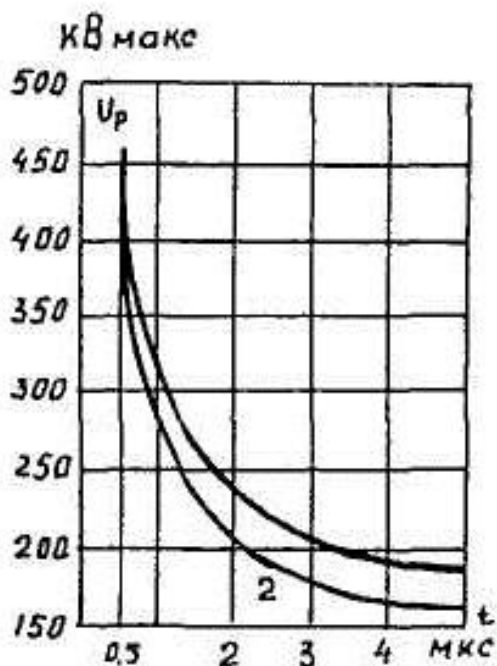


Рис. 5.6 Вольт-секундные характеристики трубчатого разрядника типа РТФ–35/0,8–5:
1 — внешний искровой промежуток 100 мм; 2 — то же, 60 мм

Вольтсекундные характеристики трубчатых разрядников определяются величиной внутреннего и внешнего искровых промежутков (рис. 5.6). От величины внутреннего искрового промежутка зависят пределы обрываемых токов. Поэтому регулировать пробивное напряжение разрядника изменением величины внутреннего искрового промежутка запрещается. Регулировка импульсного пробивного напряжения разрядника производится изменением величины внешнего искрового промежутка.

В эксплуатации устанавливаются минимальные значения величин внешних искровых промежутков, приведенные в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Минимальные значения величин внешних искровых промежутков

Напряжение сети, кВ	Режим нейтрали	Внешний искровой промежуток, мм
6	Изолированная	10
10	Изолированная	15
20	Изолированная	60
35	Изолированная	100
110	Заземленная	400

Вентильные разрядники. Основными элементами вентильных разрядников являются многократный искровой промежуток и включенное последовательно с ним рабочее сопротивление. При появлении опасного для изоляции перенапряжения происходят пробой искровых промежутков разрядника и стекание в землю импульсного тока через рабочее сопротивление. Благодаря свойству вентильности рабочих сопротивлений, которое выражается в увеличении их проводимости при повышении приложенного напряжения,

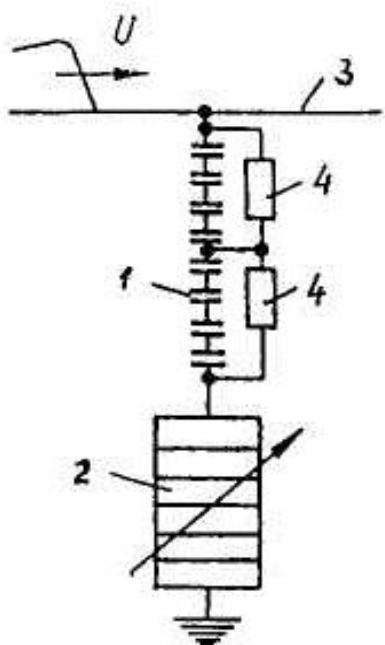


Рис. 5.7 Устройство и схема включения вентильного разрядника:

1 — искровой промежуток;
2 — рабочее сопротивление;
3 — провод; 4 — шунтирующие сопротивления

вентильные разрядники способны отводить в землю импульсные токи в несколько десятков киловольт-ампер без опасности для защищаемой изоляции повышенных напряжений. При этом остающееся напряжение по величине незначительно отличается от пробивного напряжения искровых промежутков.

Вслед за импульсным током под действием рабочего напряжения через разрядник протекает ток промышленной частоты, называемый сопровождаемым током. При действии рабочего напряжения проводимость рабочего напряжения снижается в 10–5 раз в сравнении с проводимостью при импульсном токе. Поэтому сопровождающий ток

ограничивается рабочим сопротивлением до значений, обрываемых искровым промежутком при первом прохождении тока через нулевое значение.

Для каждого типа искровых промежутков вентильных разрядников существует предельное значение сопровождающего тока, который они способны надежно отключать (обрывать). Этот ток называется наибольшим допустимым сопровождающим током раз-

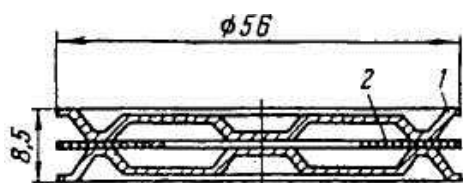


Рис. 5.8 Разрез единичного искрового промежутка разрядников серии РВП:

1 — электрод; 2 — изоляционная прокладка

рядника.

Искровые промежутки вентильных разрядников делаются многократными, т.е. состоящими из большого числа последовательно соединен-

ных единичных промежутков. На рис. 5.8 изображен единичный промежуток разрядников серии РВ. Он образован штампованными латунными шайбами 1, разделенными миканитовой кольцевой прокладкой 2. Электрическое поле промежутка близко к однородному, поэтому пробивное напряжение его прямо пропорционально расстоянию между электродами (шайбами). Количество

единичных искровых промежутков устанавливается из расчета 1 промежуток на 1 кВ фазного напряжения разрядника. Такие промежутки могут надежно гасить дугу сопровождающего тока до 100 А. При токе свыше 100 А, электроды промежутков нагреваются настолько, что возможна термоэлектронная эмиссия с поверхности электродов и гашения дуги в промежутке не происходит.

В разрядниках серии РВМ с пониженным значением коэффициента защиты K_3 и повышенным значением сопровождающего тока (более 100 А) применяют промежутки с магнитным гашением дуги.

$$K_3 = \frac{U_{\text{ост}}}{U_{\text{гаш}}},$$

где $U_{\text{ост}}$ — остающееся на разряднике напряжение после прохождения импульса, кВ;

$U_{\text{гаш}}$ — напряжение, при котором может быть надежно погашена дуга сопровождающего тока, кВ.

Промежуток с магнитным гашением дуги (рис. 5.9) представляет собой зазор между двумя электродами 1 и 2. Дуга, горящая между этими электродами, в результате взаимодействия с магнитным полем постоянных магнитов перемещается с большой скоростью по кольцевому зазору, что обеспечивает гашение дуги сопровождающего тока до 250–300 А вследствие меньшего нагрева электродов.

С целью равномерного распределения по искровым промежуткам, облегчения гашения дуги сопровождающего тока и увеличения пробивного напряжения разрядников при промышленной частоте промежутки шунтируются резисторами, сопротивление которых выбирают таким, чтобы через них протекал ток, превышающий в несколько раз емкостной ток искровых промежутков (рис. 5.7).

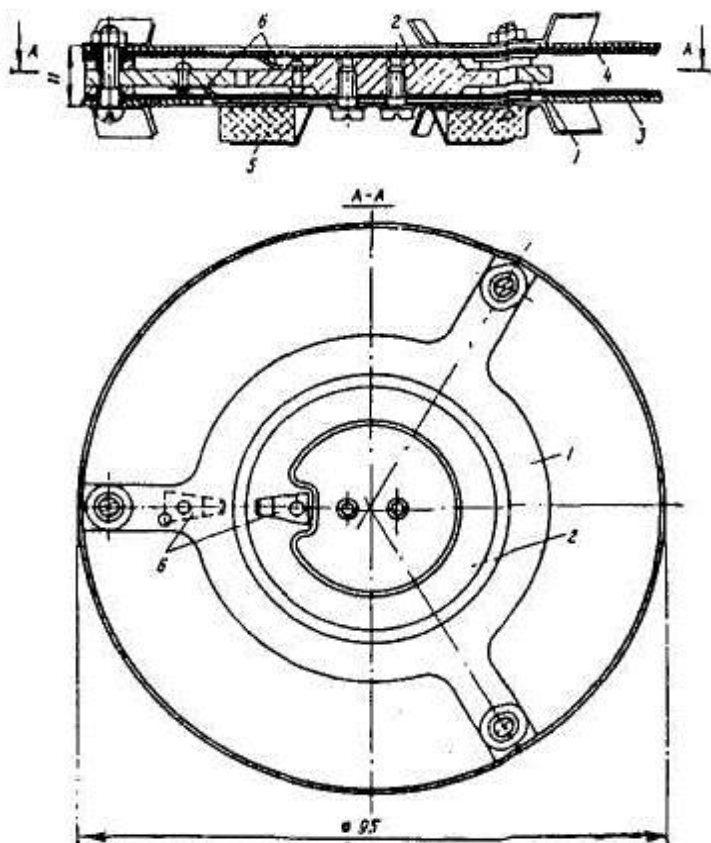


Рис. 5.9 Конструкция единичного искрового промежутка с магнитным гашением дуги:
 1 — электрод внешний; 2 — электрод внутренний;
 3 — прокладка из миканита; 4 — прокладка из электрокартона; 5 — магнит; 8 — подсвечивающий электрод

Рабочее сопротивление вентильных разрядников состоит из ряда последовательно соединенных дисков, изготовленных из порошка карбида кремния (карборунда) и связки из жидкого стекла. В зависимости от технологии обжига получают вилит (400 °С) и тервит (1200 °С), которые различаются между собой характеристиками. Тервит обладает повышенной пропускной способностью в сравнении с вилитом, но более низкими вентильными свойствами.

Диски изготавливаются диаметром 50 и 100 мм, рассчитаны на пропускную способность сопровождающего тока соответственно 5 и 10 кА.

С целью предотвращения разряда по поверхности рабочего сопротивления оно покрывается специальной обмазкой.

У разрядников напряжением 15 кВ и выше искровые промежутки набираются из комплектов, конструкция которых показана на рис. 5.9.

В настоящее время нашей промышленностью выпускаются облегченные разрядники типа РС-10 и РВО на 3; 5; 10 и 35 кВ, которые нашли широкое применение в сельскохозяйственных сетях. Для защиты изоляции потребительских трансформаторных подстанций со стороны низкого напряжения применяются разрядники типа РВН-0,5.

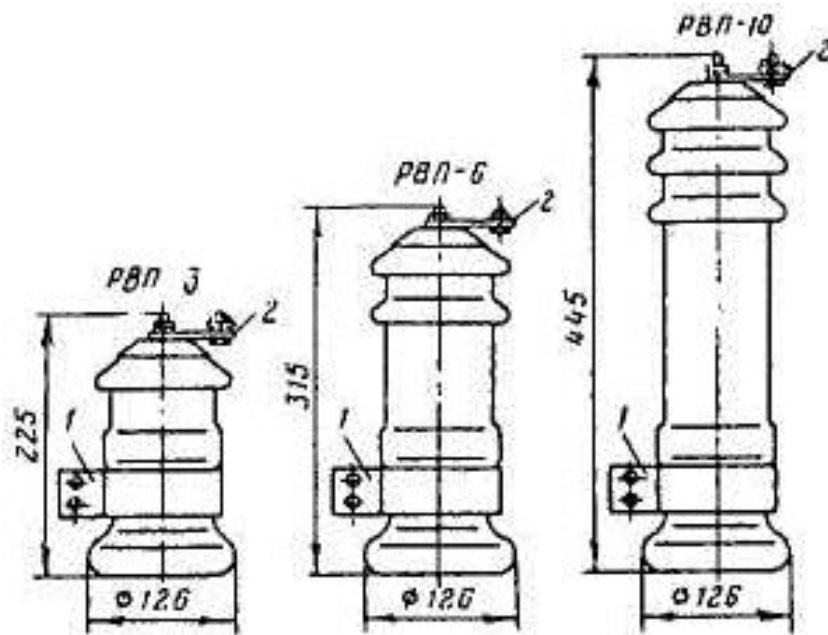


Рис. 5.10 Общий вид вентиляных разрядников серии РВП на 3; 5; 10 кВ:
 1 — хомут для крепления разрядников; 2 — пластинка для присоединения к проводу

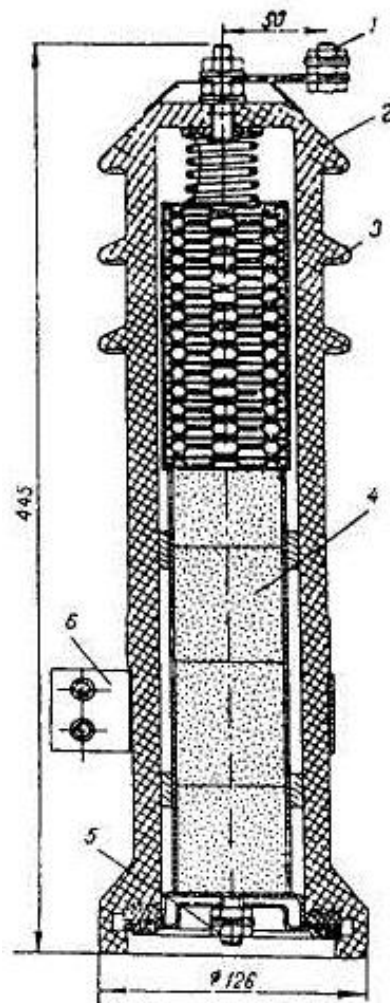


Рис. 5.11 Разрядник вентиляный типа РС-10:
 1 — болт для присоединения к проводу; 2 — фарфоровый корпус; 3 — многократный искровой промежуток; 4 — рабочее сопротивление; 5 — болт для присоединений к заземлению; 6 — хомут крепежный

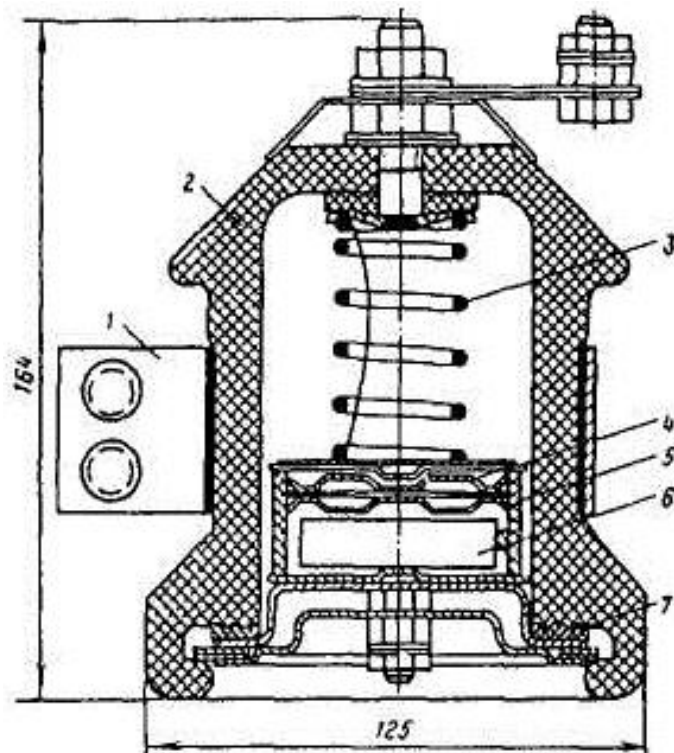


Рис. 5.12 Разрядник вентиляльный типа РВН-0,5:

1 — хомут для крепления разрядника; 2 — покрывка фарфоровая; 3 — пружина стальная; 4 — искровой промежуток; 5 — цилиндр бумажно-бакелитовый; 6 — диск нелинейного резистора; 7 — кольцо уплотнения резиновое

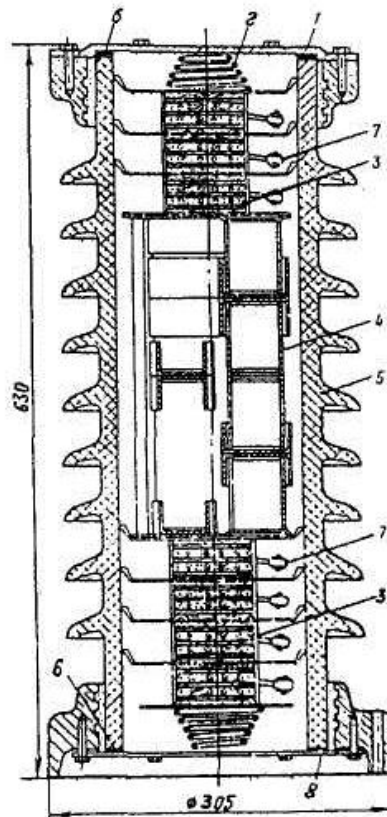


Рис. 5.13 Разрядник вентиляльный типа РВО-35:

1 — крышка верхняя; 2 — пружина стальная; 3 — комплект искровых промежутков; 4 — блок рабочего резистора; 5 — покрывка фарфоровая; 6 — резиновое уплотнение; 7 — шунтирующие резисторы; 8 — крышка нижняя

Выбор разрядников

При выборе трубчатых разрядников для установки в электрическую сеть должны учитываться:

- номинальное напряжение сети;
- величина тока короткого замыкания в месте установки трубчатого разрядника (при этом необходимо, чтобы верхний предел обрываемого тока был выше максимально возможного, а нижний — ниже минимального возможного тока короткого замыкания в данной точке сети);
- режим работы нейтрали сети (в сети с заземленной нейтралью выбор производится по току однофазного и многофазного короткого замыкания на землю; в сети с изолированной или компенсированной нейтралью выбор производится по току двух- или трехфазного короткого замыкания на землю);
- разрядные характеристики защищаемой изоляции (при этом необходимо, чтобы вольт-секундная характеристика разрядников (рис. 5.14) находилась ниже такой же характеристики изоляции не менее чем на 20% разрядного напряжения).

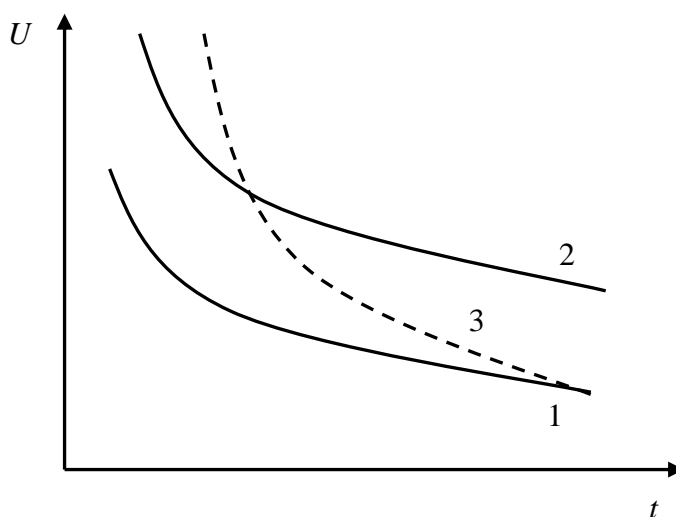


Рис. 5.14 Вольт-секундные характеристики:

1 — разрядника, 2 — защищаемой изоляции, 3 — неверно подобранного разрядника

При выборе вентильных разрядников надо учитывать:

- номинальное напряжение сети и защищаемого оборудования;

- вид защищаемого оборудования (в связи с этим вентильные разрядники делятся по виду защищаемого оборудования);
- напряжение гашения разрядника должно быть не менее 110% наибольшего рабочего линейного напряжения для сети с изолированной нейтралью напряжением 2–20 кВ, 100% — для сети с изолированной нейтралью напряжением 35 и 110 кВ и 80% — для сети с изолированной нейтралью напряжением 110 кВ и выше.

При выборе разрядников и их эксплуатации необходимо соблюдать требования Правил технической эксплуатации электроустановок.

Ограничители перенапряжений. В настоящее время ряд зарубежных фирм (Raychem, ZWAR, АО «Феникс» и др.) разработали и производят более совершенные электрические аппараты для защиты электрооборудования от атмосферных перенапряжений — ограничители перенапряжений нелинейные (ОПН). Они выпускаются на все классы напряжений и идут взамен вентильных разрядников.

ОПН представляет собой аппарат, который содержит высоко нелинейный резистор, состоящий из последовательно соединенных в колонку дисков оксидно-цинковых варисторов, помещенных в изоляционную оболочку. Искровые промежутки отсутствуют.

Корпус плотно закрыт, чтобы защитить варисторы от отсырения. Он оснащен также устройством, защищающим от чрезмерного роста давления газа в случае повреждения варисторов и возникновения дугового короткого замыкания внутри ограничителя.

В случае возникновения перенапряжения ток резко растет. Ограничитель при этом абсорбирует электрическую энергию, превращая ее в тепловую. Благодаря нелинейной вольт-амперной характеристике даже при значительных токах разряда не возникает опасность перенапряжения для защищаемой изоляции.

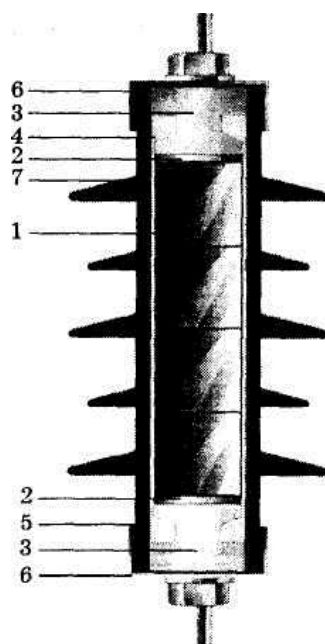


Рис. 5.15 Ограничитель перенапряжений типа HDA фирмы Raucher:
 1 — диски из оксида цинка; 2 — тарельчатая пружина; 3 — электроды; 4 — волокнисто-усиленная композитивная структура; 5 — уплотнение из мастики; 6 — концевые колпачки из нержавеющей стали; 7 — корпус из тренкингостойкого полимера

После спада перенапряжения тепловая энергия, накопленная в варисторе, отводится в окружающую среду через корпус ограничителя, и он готов к очередному срабатыванию.

Германская фирма Raucher выпускает ОПН для использования на открытом воздухе (тип HDA), в помещениях (тип SPA), для элегазовых выключателей (тип RDA). Все они выпускаются на напряжение 6–36 кВ.

Польская фирма ZWAR выпускает ОПН типа GXA на напряжение от 96 до 360 кВ. В зависимости от напряжения они могут состоять из одного, двух или трех блоков.

Российское АО «Феникс» выпускает ОПН на все классы напряжений от 0,4 до 500 кВ. Они представляют собой аппарат опорного типа. Корпус у них взрывобезопасный из комбинированной полимерной изоляции.

Ограничители типа ОПН-РС/TEL предназначены для защиты электрооборудования распределительных устройств и аппаратов от атмосферных и коммутационных перенапряжений в сетях напряжением 6–10 кВ переменного тока частотой 48–62 Гц с изолированной или компенсированной нейтралью. Могут быть использованы во всех точках сети, где ранее предусматривалось приме-

нение вентиляльных разрядников типа РВО. Общий вид ОПН–РС/TEL показан на рис. 5.16, а.

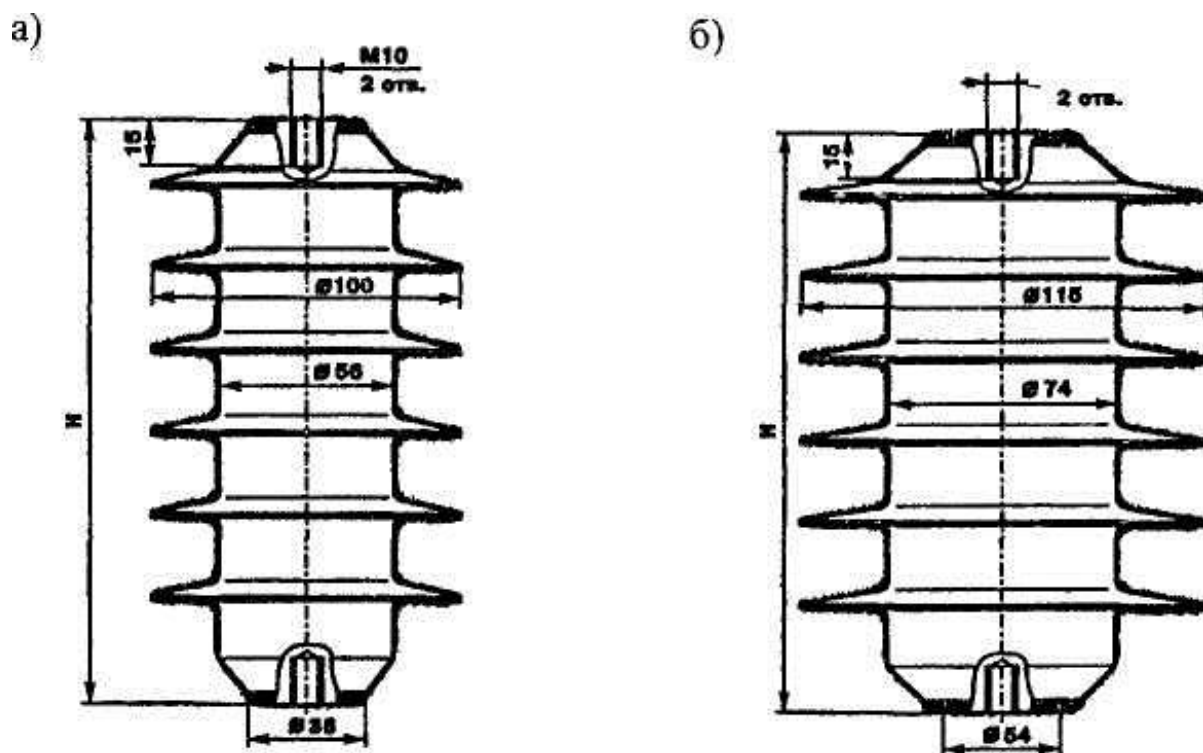


Рис. 5.16 Общий вид и основные размеры ОПН–РС/TEL (а) и ОПН–Т/TEL (б)

Ограничители ОПН–Т/TEL предназначены для защиты оборудования распределительных устройств и аппаратов от атмосферных и коммутационных перенапряжений в сетях 6–35 кВ переменного тока частотой 48–62 Гц с изолированной и компенсированной нейтралью. Эффективно их применение в тяжелых эксплуатационных условиях для защиты электрооборудования в схемах с вращающимися машинами, электродуговыми печами и кабельных сетей. Общий вид ОПН–Т/TEL показан на рис. 5.16, б.

Ограничители типа ОПНС предназначены для защиты электрооборудования, станций переменного тока на классы напряжения 3; 6; 10; 35; 110 кВ от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Внешняя изоляция по требованию заказчика может выполняться как из электротехнического фарфора, так и из полимерного материала (кремнийорганической резины).

Общий вид ОПН на напряжение 6; 10 кВ в фарфоровом (а) и полимерном (б) корпусе приведен на рис. 5.17.

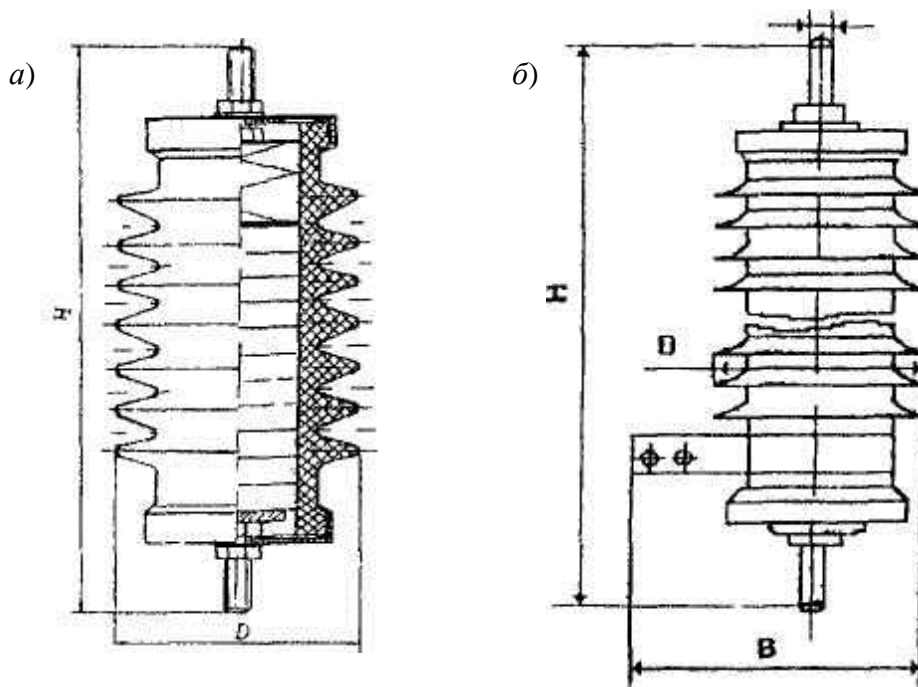


Рис. 5.17 Общий вид ограничителей перенапряжений типа ОПНС на 6 и 10 кВ в фарфоровом (а) и полимерном (б) исполнении

Для защиты заземляемой нейтрали трансформатора в сетях переменного тока класса напряжения 110 кВ частоты 50 Гц и аппаратов, включаемых в эту нейтраль, от атмосферных и коммутационных перенапряжений применяется ОПН типа ОПНСН–110/73–420 УХЛ1 (Н — для защиты нейтрали трансформаторов). Общий вид его приведен на рис. 5.18.

Ограничители типа ОПН–У/TEL 110 предназначены для защиты трансформаторов, электрооборудования распределительных устройств и аппаратов от атмосферных и коммутационных перенапряжений в сетях напряжения 110 кВ переменного тока частоты 48–62 Гц с заземлённой нейтралью. Эффективно применение в районах с высокой грозовой активностью и в сетях с особо ответственным оборудованием.

ОПН–Т/TEL 110 выполнены как одноколонковые аппараты опорного типа вертикальной установки. Для присоединения фазного провода и заземления ограничители имеют стандартную контактную пластину на верхнем фланце и болт заземления на нижнем. Металлические фланцы закреплены на корпусе ограничителя и загерметизированы полимерным компаундом.

Корпус представляет собой стекло-эпоксидный цилиндр с напрессованными на него рёбрами из силиконовой резины.

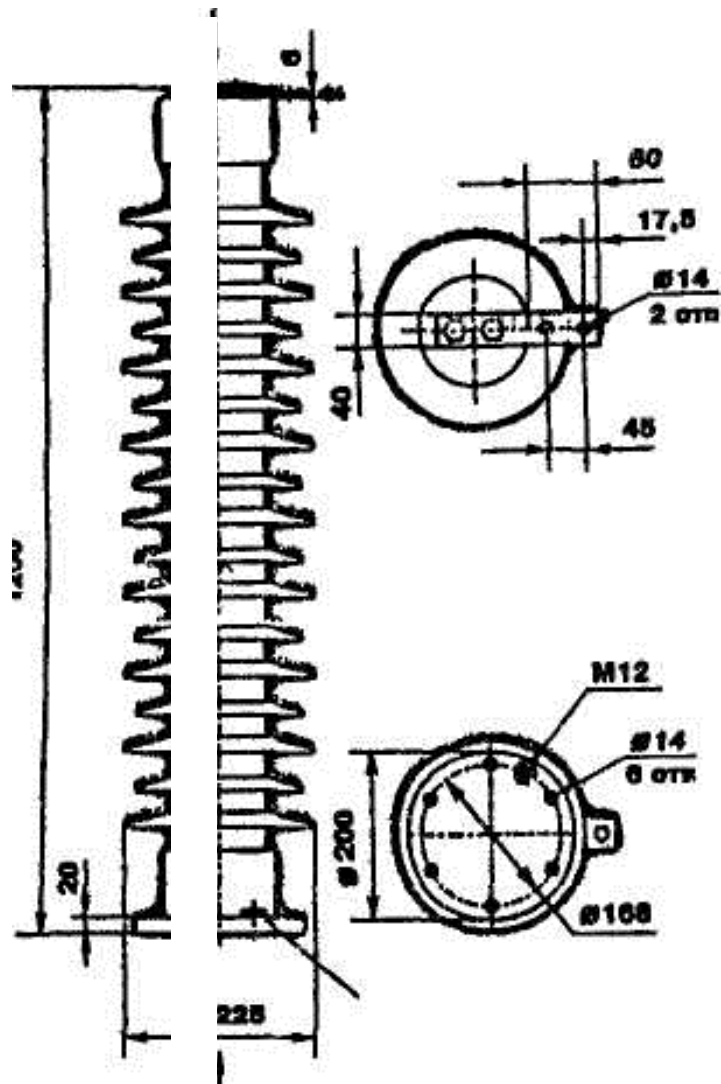


Рис. 5.18 Общий вид и основные размеры ОПН-У/ТЕЛ-110

Металлооксидные ZnO резисторы с высоколинейной вольт-амперной характеристикой запрессованы в оболочки из полимерного материала и в виде однотипных элементов последовательно соединены внутри общего корпуса.

Общий вид и основные размеры приведены на рис. 5.19.

Содержание отчета

1. Разрез одного трубчатого и одного вентильного разрядника, ОПН (по указанию преподавателя).
2. Электрические схемы включения трубчатых и вентильных разрядников.
3. Эскизы искровых промежутков.

Контрольные вопросы

1. Назначение и типы разрядников.
2. Конструкция трубчатых и вентильных разрядников.
3. Назначение внешнего и внутреннего искровых промежутков,
4. Маркировка трубчатых и вентильных разрядников.
5. Принцип работы трубчатых и вентильных разрядников.
6. Серии вентильных разрядников в зависимости от защищаемого оборудования.
7. Устройство единичных искровых промежутков вентильных разрядников.
8. Какими свойствами обладает рабочее сопротивление разрядника типа РВ?
9. С какой целью шунтируются искровые промежутки?
10. Назовите условия выбора разрядников.
11. Назовите сроки проверки разрядников.
12. Как производятся профилактические испытания вентильных разрядников?
13. Назовите места установки разрядников.
14. Особенности эксплуатации разрядников в зимний период.
15. Какие испытания проводятся при капитальных и текущих ремонтах и их нормы.
16. Конструкция ограничителей перенапряжений.
17. Принцип работы ОПН.
18. Типы ограничителей перенапряжений.

Литература

1. Будзко, И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, Н.М. Зуль. — М.: ВО Агропромиздат, 1990.
2. Будзко, И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, В.Ю. Гессен. — М.: Колос, 1979.
3. Справочник по проектированию линий электропередач и сетей. — М.: Энергия, 1974.
4. Справочник по сооружению сетей 0,4–10 кВ / под ред. А.Д. Романова. — 2-е изд. — М.: Энергия, 1974.

5. Инструкция по выбору, монтажу и эксплуатации средств защиты от перенапряжений. — М.: Энергия, 1969.

6. Янукович, Г.И. Электроснабжение сельскохозяйственных потребителей / Г.И. Янукович, В.П. Счастный. — Минск: Дизайн ПРО, 2000.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ 10/0,4 кВ

Общее время занятия – 2 часа.

Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера-электрика для решения основных задач, связанных с электроснабжением сельскохозяйственных предприятий и сельских населенных пунктов необходимо знать назначение, устройство и принцип работы комплектных трансформаторных подстанций. Поэтому тема занятий актуальна для будущей работы инженера.

Цель занятия

Ознакомиться с комплектными трансформаторными подстанциями, изучить устройство подстанций и принципиальные электрические схемы.

Задачи занятия

Изучить представленную в лаборатории КТП–10/0,4 кВ.

Контрольные вопросы самоподготовки

1. Что включает в себя понятие «подстанция»?
2. Какие типы сельских подстанций вы знаете?

План занятия

1. Изучить типы подстанций, применяемых в сельском хозяйстве.
2. Ознакомиться с конструктивным выполнением комплектной трансформаторной подстанции.
3. Изучить схему электрических соединений КТП–10/0,4 кВ сельскохозяйственного назначения.
4. Изучить комплектацию КТП–10/0,4 кВ.
5. Произвести подготовку к включению в сеть КТП–10/0,4 кВ.

Методические указания к самостоятельной работе студента

Электроснабжение потребителей, далеко расположенных от электростанций, невозможно и неэкономично осуществлять на генераторном напряжении. Поэтому между электростанцией и потребителем применяется передающее устройство, которое состоит из трансформаторных подстанций и воздушных или кабельных линий.

Трансформаторной подстанцией называется устройство, предназначенное для преобразования электрической энергии одного напряжения в электрическую энергию другого напряжения. Основным элементом каждой трансформаторной подстанции является силовой трансформатор. Кроме трансформатора, на подстанции монтируют всю необходимую аппаратуру, контрольно-измерительные приборы и ряд вспомогательных устройств.

Различают **районные понижающие** и **потребительские** подстанции. На районных подстанциях электроэнергия трансформируется с напряжения 500–35 кВ на напряжение 110–6 кВ. Потребительские подстанции сельскохозяйственного назначения обычно строят для трансформации напряжения с 10 кВ на 380 В.

Конструкция трансформаторных подстанций для питания сельскохозяйственных потребителей зависит от мощности понижающего трансформатора. При небольшой мощности предпочтительно строить **мачтовые подстанции** типа КТПМ (рис. 6.1). Если мощность подстанций более 100 кВА, то обычно выбирают комплектную трансформаторную подстанцию типа КТП (рис. 6.2).

В сельских электрических сетях строят также и **закрытые подстанции (ЗТП)**. Их целесообразно применять при значительных мощностях трансформаторов, например для питания производственных комплексов, а также в качестве проходной с использованием высоковольтного отсека, чтобы смонтировать секционные аппараты распреустройства сети, для подключения резервной линии и т.п. Такие подстанции обычно монтируют в специальных зданиях из кирпича или железобетона. Первый этаж разделён на два отсека:

отсек силовых трансформаторов и отсек распределительных устройств низшего напряжения (РУНН). На втором этаже размещено распределительное устройство высшего напряжения (РУВН).

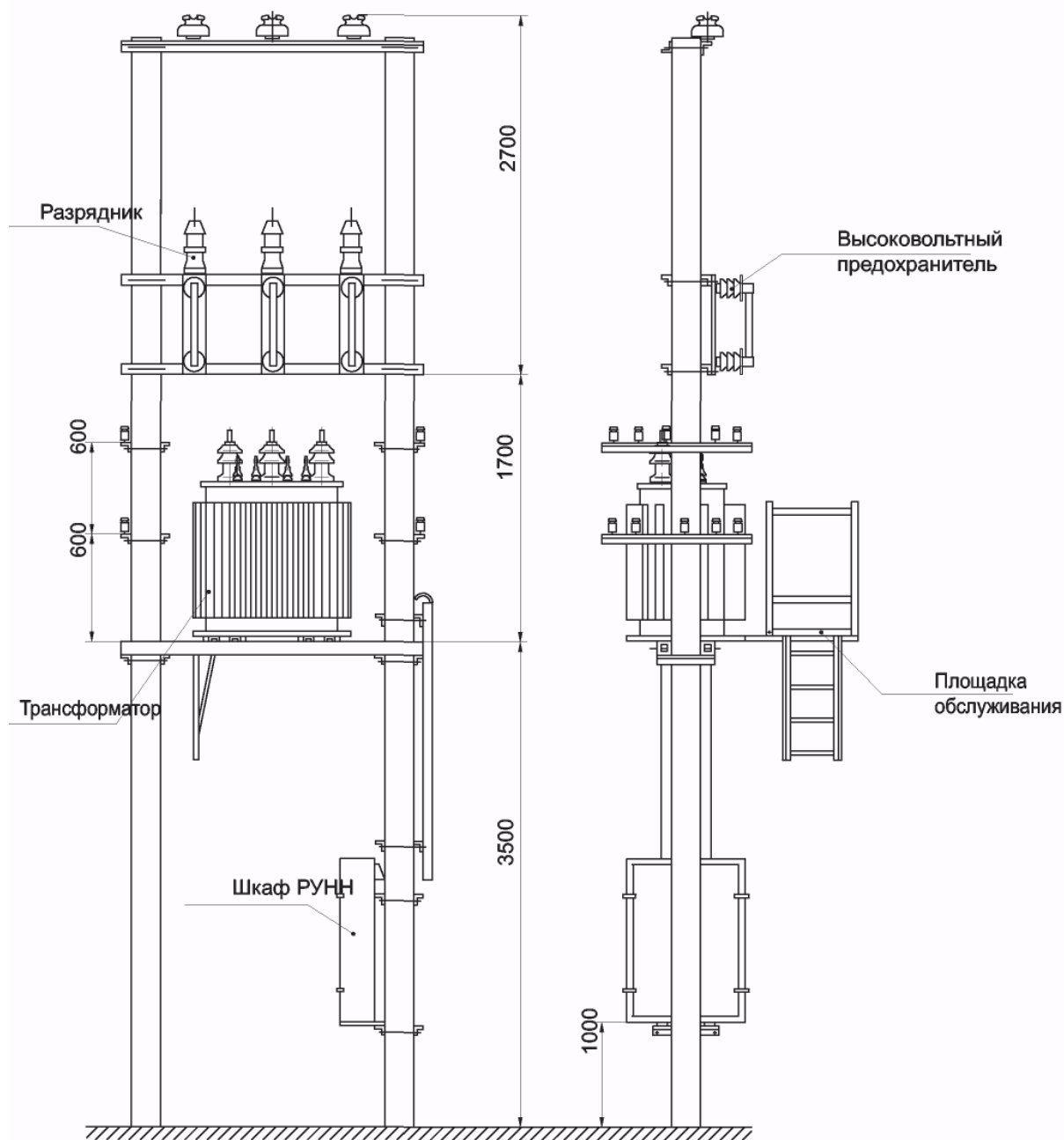


Рис. 6.1 Общий вид мачтовой ТП 10/0,38 кВ

Примеры различных комплектных подстанций приведены в приложении Б.

Электрические схемы мачтовых и комплексных подстанций обычно не зависят от мощности трансформатора; принципиальная схема КТП приведена на рис. 6.3.

Устройство КТП

Комплексные трансформаторные подстанции состоят из следующих частей:

1. Устройство со стороны высшего напряжения;
2. Трансформатор силовой;
3. Распредустройство со стороны низшего напряжения;
4. Изоляторы проходные;
5. Разрядники вентильные;
6. Кожух;
7. Салазки — в КТП мощностью до 160 кВА или рама — в КТП мощностью 250 кВА.
8. Разъединитель.

В КТП мощностью до 160 кВА силовой трансформатор устанавливается непосредственно на фундамент, салазки отсутствуют. Трансформатор подключают к питающей сети 10 кВ через разъединитель типа РНД–10, установленный на концевой опоре, и предохранитель типа ПК–10, находящиеся со стороны высшего напряжения. Снаружи, в верхней части устройства, расположены высоковольтные вентильные разрядники РВП–10 или РС–10 и кронштейны со штырями для установки изоляторов низковольтных линий. Сборные шины подключены к трансформатору через рубильник, а от корпуса шины — через автоматический выключатель, например А 3100 и А 3710.

Коммутационные аппараты, аппаратура защиты, автоматики и учёта расположены в распредустройстве со стороны низшего напряжения и скомплектованы в отдельные блоки. В нижней части КТП имеются два болта для присоединения к заземляющему устройству. Распредустройство со стороны высшего напряжения закрывают одностворчатыми дверями, надёжно удерживаемыми в закрытом положении замка

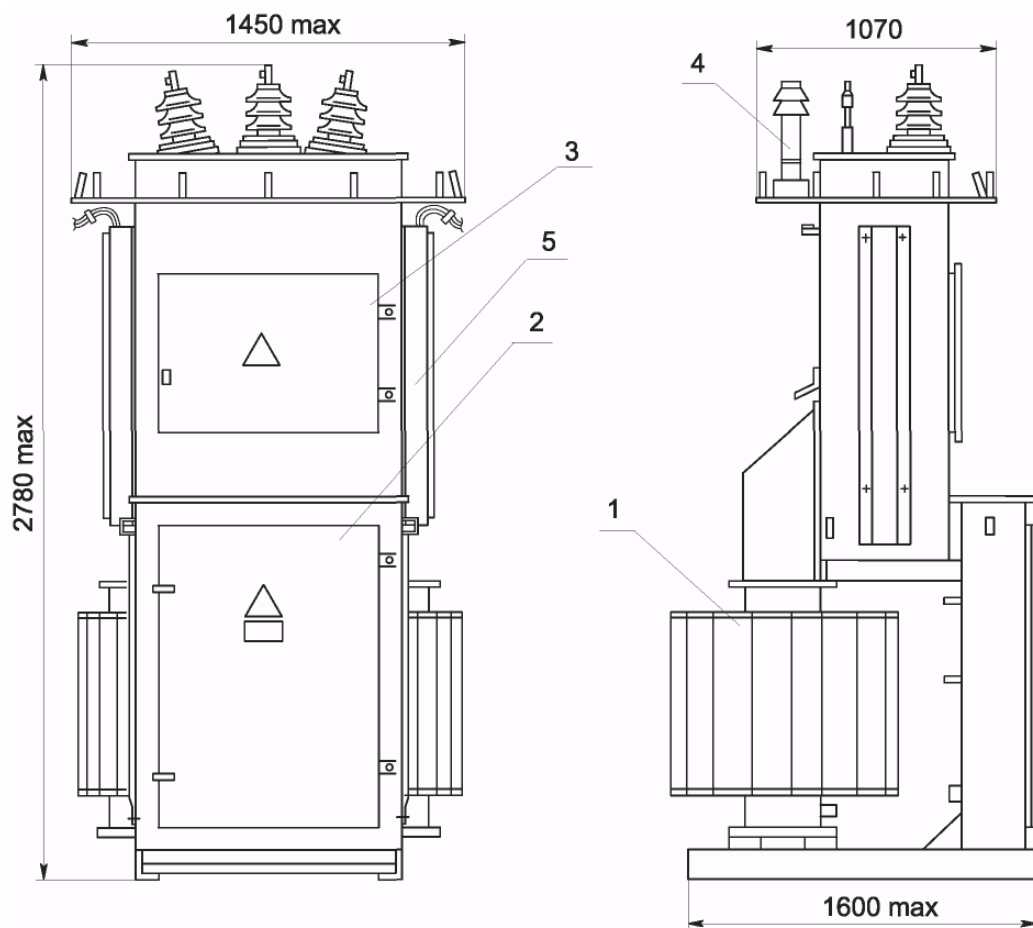


Рис. 6.2 Общий вид КТП мощностью 250 кВА, установленной на фундаменте:
 1 — трансформатор; 2 — шкаф РУНН; 3 — шкаф РУВН; 4 — ограничитель перенапряжений (вентильный разрядник РВО); 5 — короб (только для КТП с воздушными выводами)

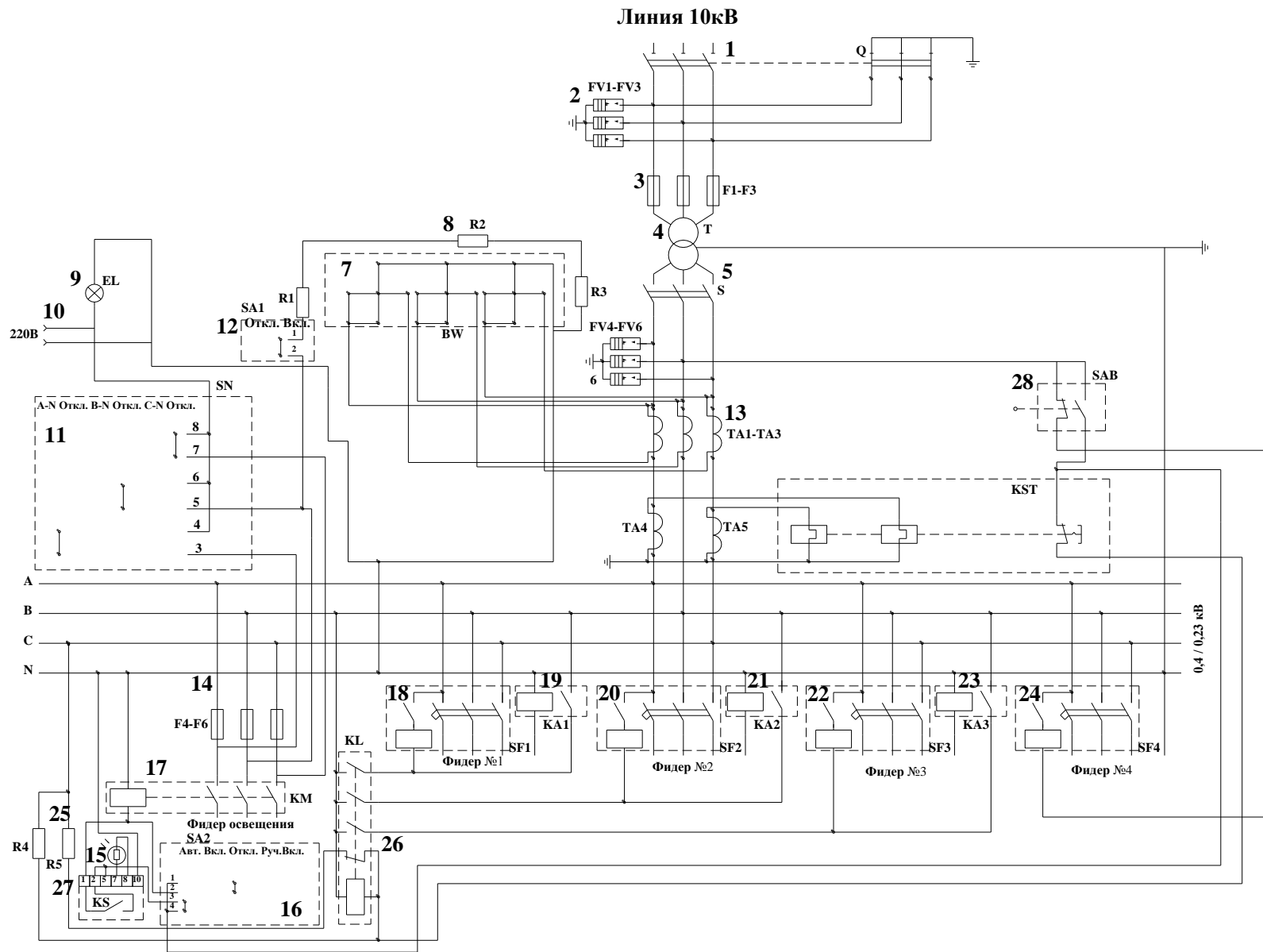


Рис. 6.3 Схема электрическая принципиальная КТП-250/10/0,4-81 У1

Работа КТП

Рассмотрим работу КТП на примере КТП–250 (рис. 6.3).

Напряжение от высоковольтной линии подается через разъединитель 1, проходные изоляторы и высоковольтные предохранители 3 на вводе трансформатора 4. Пониженное до 0,4/0,23 кВ напряжение через рубильник 5 и трансформатор тока 13 подается на силовые фидеры 1, 2, 3, 4 и фидер уличного освещения.

КТП имеет следующие **защиты**:

На стороне высшего напряжения

- от атмосферных перенапряжений;
- от многофазных коротких замыканий;

на стороне низшего напряжения

- от перегрузки, однофазных коротких замыканий, многофазных коротких замыканий отходящих линий;
- от коротких замыканий линии уличного освещения, цепей внутреннего освещения подстанции;
- от перегрузки силового трансформатора;
- от атмосферных перенапряжений.

Защита оборудования от атмосферных перенапряжений осуществляется высоковольтными 2 и низковольтными 6 разрядниками.

Защита силовых трансформаторов от многофазных КЗ обеспечивается предохранителями 3.

От многофазных КЗ и перегрузки отходящей линии защищается автоматами 18, 20, 22, 24 с внутренними комбинированными расцепителями.

Для защиты отходящих линий от однофазных КЗ в нулевых проводах фидера № 1, 2, 3 предусмотрены токовые реле 19, 21, 23. Реле должны настраиваться на срабатывание при однофазных КЗ в наиболее отдалённых точках сети. При срабатывании реле замыкающие контакты отключают линейные автоматы 18, 20, 22.

Защита линии уличного освещения, цепей внутреннего освещения подстанций и цепей обогрева счётчика от перегрузок и КЗ осуществляется предохранителями *14*.

Для защиты силового трансформатора от перегрузки предусмотрено тепловое реле *28*, питающееся от вторичных обмоток трансформаторов тока *13*. В рабочем режиме КТП при нормальной нагрузке трансформатора контакты *1* и *2* конечного выключателя *29* замкнуты, но напряжение на обмотку промежуточного реле *26* не поступает, так как оно зашунтировано размыкающими контактами теплового реле. При перегрузке трансформатора размыкаются контакты теплового реле, чем подаётся напряжение на обмотку промежуточного реле *26*, включённую через размыкающие контакты этого же реле последовательно с сопротивлением *30*. Промежуточное реле срабатывает и через свои замыкающие контакты подаёт напряжение на отключающие катушки автомата *18*, *20*, *22*, что вызывает их отключение и, следовательно, разгрузку трансформатора. При этом последовательно с обмоткой промежуточного реле включается еще одно ограничительное сопротивление *25*, первоначально зашунтированное размыкающими контактами этого реле. Включение сопротивления необходимо для ограничения до номинальной величины (220 В) напряжения, подаваемого на обмотку промежуточного реле после притягивания якоря, т.е. при увеличении сопротивления обмотки реле.

Одна из линий (на схеме фидер № 4) защитой от перегрузки не отключается. Неотключающейся можно сделать любую из линий путём переключения на клеммном блоке *27*.

Включение и отключение линией уличного освещения осуществляется фотореле *15*. Ручное управление линией уличного освещения осуществляется переключателем *16*.

Учёт расхода активной энергии выполняется счётчиком *7*, токовые обмотки которого питаются от трансформаторов тока *13*. Для поддержания нормальной температуры воздуха вблизи счётчика в зимних условиях служат сопротивления *8*, включаемые переключателем *12*.

Контроль наличия напряжения и освещения в распредустройстве низшего напряжения осуществляет лампа 9, включенная переключателем 11. Напряжение измеряется переносным вольтметром, который, включается в штепсельную розетку 10, расположенную в распредустройстве низшего напряжения. Переключатель 11 позволяет измерять напряжение всех фаз.

Принципиальные электрические схемы КТП мощностью 25–160 кВА отличаются от перегрузки силового трансформатора защитой от однофазных КЗ и количеством отходящих линий.

Блокировка

В КТП имеются блокировки, не допускающие:

- открытия дверей устройства со стороны высшего напряжения без отключения главных и включения заземляющих ножей разъединителя;
- включения главных ножей разъединителя без выключения заземляющих;
- отключения (включения) рубильника под нагрузкой.

Блок-замок двери устройства со стороны высшего напряжения и блок-замок привода заземляющих ножей имеют одинаковый секрет. К ним имеется один ключ. Вторым ключом открывается только блок-замок привода главных ножей разъединителя. Во включенном положении разъединителя оба ключа установлены на приводах главных и заземляющих ножей, откуда их невозможно снять.

После отключения главных и включения заземляющих ножей разъединителя снимется ключ с привода заземляющих ножей, которым открывается дверь шкафа устройства со стороны высшего напряжения.

Блокировка для предотвращения отключения (включений) рубильника под нагрузкой работает следующим образом (рис. 6.3). При открывании внутренней двери распредустройства со стороны низшего напряжения контакты 1–2 конечного выключателя 29, шунтирующие обмотку промежуточного реле 26, размыкаются. Реле срабатывает и отключает автоматы фидеров

№ 1, 2, 3. Одновременно вторая пара контактов 3–4 конечного выключателя замыкается и отключает автомат фидера № 4.

В КТП мощностью 63, 100, 160 кВА при открывании внутренней двери замыкаются контакты 1–2 и размыкаются контакты 3–4 конечного выключателя. В результате отключается автомат фидера № 2, в промежуточное реле подаётся импульс на отключение автоматов № 2 и 3.

В КТП мощностью 25 и 40 кВА при открывании внутренней двери замыкаются контакты 1–2 конечного выключателя и отключается головной автомат.

Работа схемы фотореле

Схема фотореле (рис. 6.4) работает следующим образом.

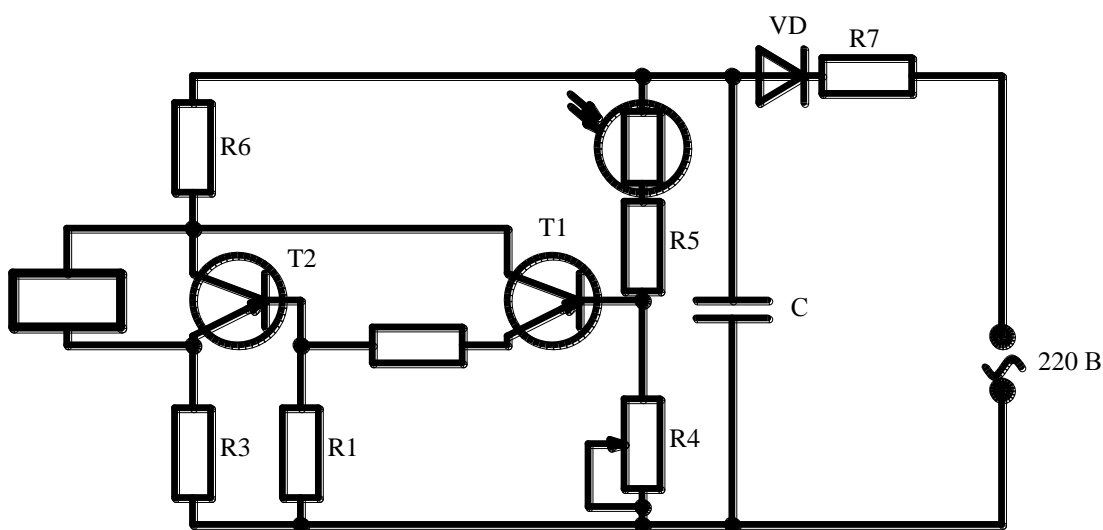


Рис. 6.4 Принципиальная схема фотореле

При увеличении освещённости (рассвет) сопротивление датчика в цепи базы транзистора $T1$ уменьшается, соответственно увеличиваются токи в цепях эмиттер–коллектор транзисторов $T1$ и $T2$. Транзисторы открываются. Транзистор $T2$ шунтирует обмотку катушки реле P . Якорь реле отпадает, его контакты размыкают цепь питания катушки аппарата, управляющего фидером освещения.

Уменьшение освещения в вечернее время приводит к увеличению сопротивления датчика ΦC . Следовательно, уменьшается ток базы и ток цепи

эмиттер–коллектор транзисторов $T1$, $T2$ и они закрываются. Реле срабатывает и замыкает цепь включения освещения.

Регулировка порога срабатывания схемы осуществляется с помощью переменного транзистора $R4$.

Подготовка КТП к работе и включение в сеть

КТП устанавливается на фундамент и надёжно закрепляется. Силовой трансформатор монтируется в соответствии с инструкцией по монтажу и эксплуатации. Заземление КТП выполняется стальными проводниками толщиной не менее 4 мм. В закреплённой КТП монтируется необходимое оборудование, и она подключается к питающей и низковольтной линии.

Перед включением КТП в сеть высшего напряжения необходимо:

- проверить наличие и техническое состояние заземления;
- убедиться в правильности подключения низковольтных линий к выводам КТП согласно схеме (рис. 6.4).
- проверить исправность предохранителя;
- проверить сопротивление изоляции, которое должно быть не менее 1 МОм (мегаомметром 500–1000 В);
- проверить работу блокировочных замков;
- установить регулятор защиты теплового реле трансформатора от перегрузки в положении «+2» в КТП мощностью 63, 100, 250 кВА (ток срабатывания реле 5,5 А) и «–2,5» в КТП мощностью 160 кВА (ток срабатывания 4,5 А);
- настроить токовое реле защиты от однофазных КЗ на срабатывание при замыканиях в наиболее удалённой точке сети.

КТП включается в сеть высшего напряжения в такой последовательности:

- 1) установить выключатели, автоматы, рубильники в выключенное положение;
- 2) закрыть дверь устройства со стороны высшего напряжения и запереть её ключом блок-замка, снять ключ;

- 3) снять переносное заземление;
- 4) ключом, снятым с устройства со стороны высшего напряжения, освободить от блокировки привод заземляющих ножей разъединителя и отключить их;
- 5) вторым ключом освободить от блокировки привод главных ножей разъединителя, выключить их;
- 6) открыть дверь распреустройства со стороны низшего напряжения, а также панель закрытия и включить рубильник;
- 7) закрыть панель закрытия;
- 8) проверить величину напряжения всех фаз;
- 9) включить линейные автоматы, а в КТП мощностью 25 и 40 кВА — также и головной автомат;
- 10) опробовать работу фотореле для автоматического выключения (отключения) линии уличного освещения, затемняя и освещающая фотосопротивление.

Техническое обслуживание

Эксплуатация и обслуживание КТП должны производиться в соответствии с ПТЭ. Периодичность осмотров, чистка изоляторов должна устанавливаться эксплуатирующей организацией с таким расчётом, чтобы обеспечивалась нормальная работа изоляции (без пробоев и перекрытия).

При осмотрах особое внимание следует обращать на состояние контактных соединений, рубильника, разъединителя, исправность заземления, состояние изоляции (загрязнённость, наличие трещин, следов разрядов и пр.).

Загрязнённую фарфоровую изоляцию разъединителя, рубильника, предохранителей переходных изоляторов, разрядников следует очищать ветошью, смоченной в бензине или другом растворителе. Поверхности изоляторов после очистки вытирают насухо.

Перед чисткой изоляторов разъединителя высоковольтная линия должна быть отключена и заземлена. Рубильник в распреустройстве со стороны низшего напряжения также отключается.

Содержание отчета

1. Принципиальная электрическая схема КТП.
2. Эскиз КТП.
3. Схема работы фотореле.
4. Краткое содержание работы.

Контрольные вопросы

1. Типы подстанций с.-х. назначения.
2. Основные элементы КТП.
3. Принципиальная электрическая схема КТП.
4. Виды защит, применяемых в КТП.
5. Принципы выполнения защиты КТП от атмосферных перенапряжений.
6. Защита отходящей линии и трансформатора от перегрузки.
7. Защита отходящей линии от однофазных КЗ.
8. Виды блокировок на КТП и принцип их работы.
9. Принцип работы схемы фотореле.
10. Подготовка КТП к включению в сеть.
11. Последовательность операций включения КТП в сеть высшего напряжения.
12. Техническое обслуживание КТП.

Литература

1. Будзко, И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, Н.М. Зуль. — М.: ВО Агропромиздат, 1990.
2. Будзко, И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, В.Ю.Гессен. — М.: Колос, 1979.
3. Электроснабжение сельскохозяйственного производства : справочник / под ред. И.А. Будзко. — М.: Колос, 1977.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

РЕЗЕРВНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Общее время занятия – 2 часа.

Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера-электрика для решения основных задач, связанных с электроснабжением сельскохозяйственных предприятий и сельских населенных пунктов необходимо знать назначение, устройство и принцип работы резервных электростанций. Поэтому тема занятий актуальна для будущей работы инженера.

Цель занятия

Изучить средства обеспечения надежности электроснабжения, применяемые в сельском хозяйстве.

Задачи занятия

Изучить представленные в лаборатории типы резервных электростанций.

Контрольные вопросы самоподготовки

1. Что такое «надежность электроснабжения»?
2. Какие способы повышения надежности электроснабжения вы знаете.

План занятия

1. Ознакомиться с существующими способами обеспечения надёжности электроснабжения сельских потребителей.
2. Ознакомиться с классификацией резервных электростанций.
3. Изучить устройство и работу ДЭС с трёхфазным синхронным генератором серии ЕСС 5 и щитом управления ЩУП.
4. Изучить порядок запуска ДЭС и регулировку по величине требуемого напряжения и частоты.

Методические указания к самостоятельной работе студента

Учитывая исключительно важное значение фактора надёжности при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения сельскохозяйственных потребителей, все потребители в соответствии с ПУЭ подразделяются на три категории.

К **первой категории** относятся электроприёмники, нарушение электроснабжения которых влечёт за собой опасность для жизни людей, наносит значительный ущерб народному хозяйству, вызывает повреждение оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложных технологических процессов. К этой категории относятся крупные животноводческие фермы и комплексы, производящие продукцию на промышленной основе, содержащие 400 и более коров и откармливающие 12000 и более свиней в год, 5 тыс. и более голов КРС, 600 и более голов мясных коров, а также племенные хозяйства и хозяйства по выращиванию ремонтного молодняка кур (25000 и более голов), гусей, уток и индюшек (10000 и более голов), кур-несушек (100000 и более голов), мясных цыплят (1 млн и более голов).

К первой категории относятся также электроприёмники особо важных объектов не сельскохозяйственного назначения, расположенных в сельской местности (пункты неотложной помощи, родильные дома, операционные отделения больниц и т.д.).

Из состава электроприемников 1-й категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийной остановки производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего оборудования.

Электроприемники 1-й категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников 1-й категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников 1-й категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), специальные агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т.п.

Электроприемники **второй категории** — электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприёмники 2-й категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Для электроприёмников 2-й категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустим перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями персонала или выездной бригады.

Допускается питание электроприёмников 2-й категории по одной ВЛ, если обеспечена возможность проведения аварийного ремонта этой линии за время не более 1 суток.

Электроприемники **третьей категории** — все остальные электроприемники, не подходящие под определения 1-й и 2-й категории.

Для электроприёмников 3-й категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены повреждённого элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток.

«Нормы технологического проектирования электрических сетей сельскохозяйственного назначения и дизельных электростанций» предусматривают для обеспечения надёжности сельскохозяйственных потребителей следующие мероприятия:

- секционирование сети с помощью выключателя АПВ;
- автоматические отделители и разъединители;
- разукрупнение подстанций с целью уменьшения радиуса воздушных линий;
- резервирование по сетям 10, 35 и 110 кВ;
- применение резервных электростанций;
- обеспечение раздельного питания производственных и коммунально-бытовых потребителей.

В качестве резервных электростанций на сельскохозяйственных предприятиях могут использоваться **дизельные** или **бензиновые агрегаты**. Наиболее распространены дизельные с мощностью от 5 до 500 кВт, напряжением 230 и 400 В, частотой 50 Гц. Промышленностью выпускаются как передвижные, так и стационарные электростанции, которые могут быть мощностью до 100 кВт.

Передвижную электростанцию монтируют на раме-салазках и размещают на автомобильном прицепе, в кузове автомобиля и других передвижных устройствах.

Стационарные дизельные электростанции (ДЭС) имеют такую же мощность, как и передвижные. Принято различать три категории ДЭС по мощности: малые — до 50 кВт, средние — до 200 кВт и большей мощности — свыше 200 кВт.

Стационарные станции предназначены для работы в закрытых помещениях с температурой окружающего воздуха от + 8 до + 40 °С. Помещения для стационарных станций должны быть огнестойкими, иметь приточную вентиляцию и отопительную систему. Все основное и вспомогательное оборудование размещают так, чтобы обеспечить к нему доступ, а также иметь место для ремонтной зоны (для выемки при ремонте поршней, датчиков, расчлене-

ния дизеля и т. д.). Дизель-генератор устанавливают на бетонный горизонтальный фундамент, который для предотвращения резонансных колебаний не должен быть связан со стенами здания и фундаментами других агрегатов. На рис. 7.1 показан общий вид стационарной ДЭС типа АСДА-100 (без щита управления).

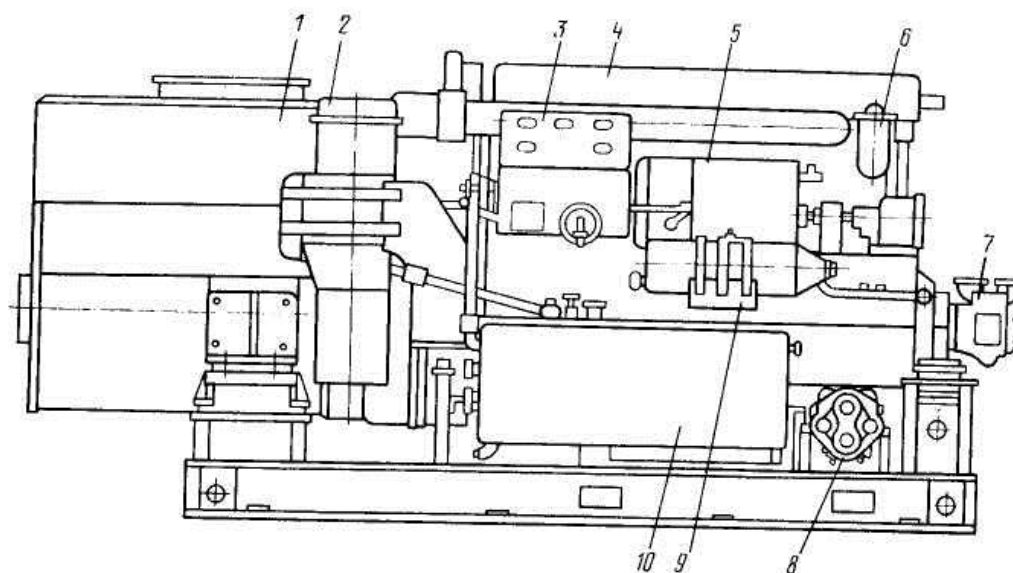


Рис. 7.1 Общий вид автоматизированной электростанции типа АСДА-100:
 1 — генератор; 2 — воздухоочиститель; 3 — щиток местного управления дизелем;
 4 — дизель; 5 — топливный насос; 6 — топливный фильтр; 7 — водяной насос
 внешнего контура; 8 — пневмомаслопрокачивающий агрегат; 9 — масляный
 фильтр; 10 — расходный масляный бак

Внешний вид дизель-генератора на 60 кВА представлен на рис. 7.2, а, а на 80 кВА — на рис. 7.2, б.

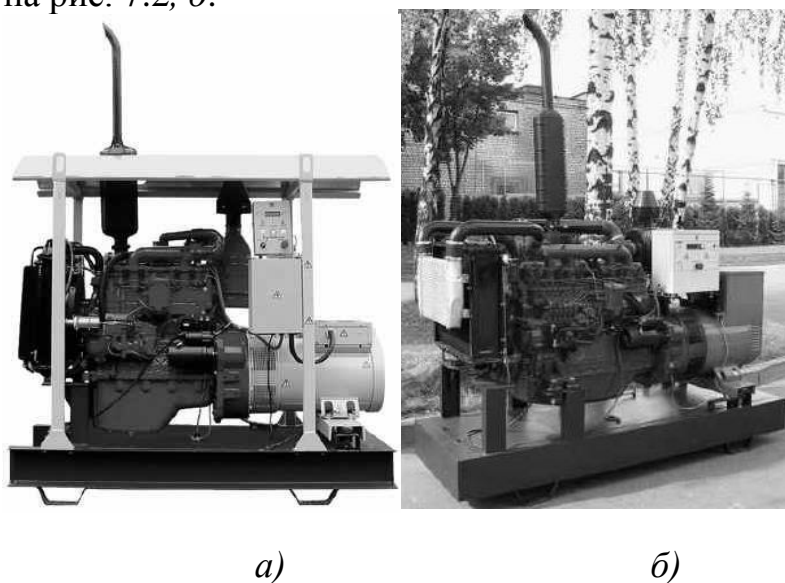


Рис. 7.2 Общий вид дизель-генератора

Для нормальной эксплуатации помещение станции кроме естественного освещения оборудуется искусственным, а также своим защитным заземлением. Шкафы и панели управления, сигнализации, защиты и распределения электроэнергии устанавливаются так, чтобы обеспечить свободный доступ к аппаратуре и возможность наблюдения за кабелями.

Передвижные станции предназначены для работы на открытом воздухе при температуре от -50 до $+40$ °С, они должны иметь защиту от атмосферных воздействий и обеспечивать работу в условиях вибрации и тряски. Размещают их на автомобильном прицепе, в кузове автомобиля или в закрытом вагоне. Передвижные станции следует использовать в первую очередь для сокращения продолжительности перерывов в электроснабжении при ремонтах, реконструкции или плановых отключениях электрических сетей. Их применение целесообразно в тех случаях, когда длина сети невелика, а вероятная продолжительность восстановления участков сети относительно большая. При нарушениях работы магистральных участков электрических линий передвижную электростанцию целесообразно подключать через передвижную подстанцию (их обычно устанавливают на двухосном автомобильном прицепе) к неповрежденному участку линии напряжением 10 кВ или непосредственно к шинам 0,38 кВ ТП. При нарушениях работы линий 0,38 кВ электростанцию подключают к распределительным щитам потребителя.

При использовании ДЭС в качестве резервной одно из основных требований к ней — невысокая стоимость. Для этого двигатель выбирается с высокой частотой вращения (около 1500, 3000 мин^{-1}), что приводит к уменьшению массы и стоимости, хотя у них и большой расход топлива.

Резервные электростанции мощностью до 100 кВт с двигателями внутреннего сгорания допускается размещать в одном здании с объектом, электроснабжение которого резервируется. При этом помещение, где установлена электростанция, должно иметь отдельный вход, а стены и перекрытия должны быть из негорючих материалов.

Передвижные ДЭС перед началом работы должны устанавливаться на ровной горизонтальной площадке на расстоянии не более 4–6 м от зданий и сооружений. После установки передвижной ДЭС необходимо выполнить защитное заземление.

Дизельные электростанции могут быть **не автоматизированные** и **автоматизированные**.

Не автоматизированные агрегаты и электростанции предназначены для одиночной работы и при номинальной частоте вращения генератора обеспечивают напряжения на шинах ДЭС, лежащие в пределах $\pm 5\%$ номинального значения. Такие электростанции имеют аппаратуру и контрольно-измерительные приборы для управления наблюдения за их работой.

Для автоматизированных ДЭС предусмотрены **3 степени автоматизации**.

Первая степень обеспечивает автоматическое поддержание номинального режима работы (в том числе без обслуживания и наблюдения не менее 4 ч) после пуска и принятия нагрузки дизель-электрическими агрегатами. При этом обеспечиваются аварийно-предупредительная сигнализация и защита, а также автоматический подзаряд стартерных аккумуляторных батарей и автоматическое наполнение топливных баков.

Вторая степень автоматизации включает автоматику первой степени и устройства для дистанционного и автоматического управления дизель-электрическими агрегатами — пуск, синхронизация при параллельной работе, принятие нагрузки, останов, контроль за работой, поддержание неработающего дизеля в прогретом состоянии. При этом обеспечивается срок необслуживаемой работы не менее 16 ч для агрегатов мощностью до 100 кВт и 24 ч — свыше 100 кВт.

Третья степень автоматизации включает автоматику второй степени и дополнительные устройства для управления дизель-электрическими агрегатами — пополнение топливных и масляных баков, подзаряд всех аккумуляторных батарей и пополнение воздушных баллонов, заданное распределение активных и реактивных нагрузок при параллельной работе, управление вспомогательными агрегатами. При этом срок необслуживаемой работы не менее 150 ч для агрегатов мощностью до 100 кВт и 240 ч — свыше 100 кВт.

Институтом «Сельэнергопроект» разработаны типовые проекты резервных электростанций для ответственных сельскохозяйственных потребителей. Проектами предусмотрено использование одного или двух дизельных электроагрегатов мощностью 100 кВт каждый, а также одного агрегата мощностью 30, 60, 200 или 500 кВт. Номинальное напряжение генераторов 400 В при частоте 50 Гц, частота вращения 1500 мин^{-1} .

На рис. 7.3 показана компоновка оборудования резервной дизельной электростанции мощностью 100 кВт.

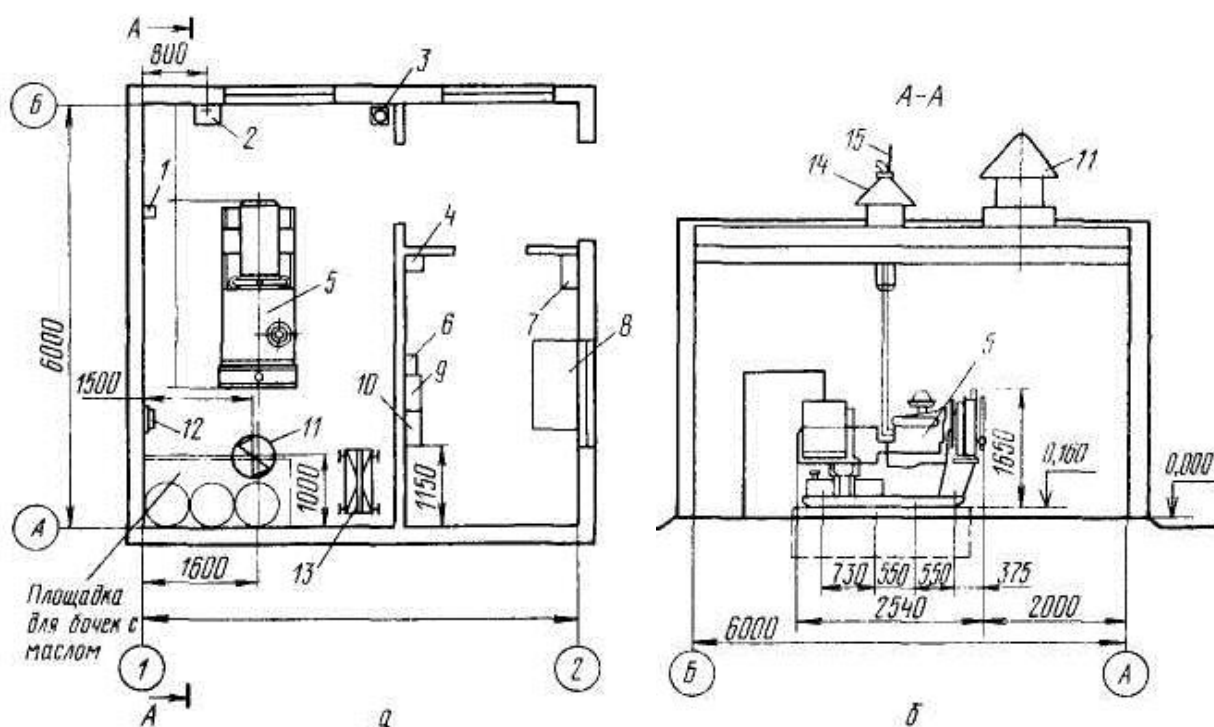


Рис. 7.3 Компоновка оборудования ДЭС мощностью 100 кВт:

a — план; *б* — разрез; 1 — счетчик электроэнергии; 2 — раковина; 3 — огнетушитель; 4 — аккумулятор; 5 — электроагрегат; 6 — выпрямительное устройство; 7, 9, 10 — навесные распределительные устройства; 8 — стол с телефоном; 9 — вентилятор (крышный); 12 — ручной насос; 13 — кран (козловой); 14 — трубопровод для выхлопа газов; 15 — молниеотвод

В качестве резервной электростанции может быть использован и электроагрегат типа АД 300С–Т400–РМ2 У4, который состоит из дизеля А–41, синхронного трёхфазного генератора ЕСС5–82–4 У2 и щита управления ЩУП–82–411 У4. При приведении генератора во вращение с номинальной частотой при отсутствии нагрузки на зажимах (холостой ход), остаточный магнитный поток ротора индуцирует небольшую электродвижущую силу

(ЭДС) в основной (ОО) и дополнительной (ОД) обмотках статора (рис. 7.4). При этом величина ЭДС дополнительной обмотки в 7–15 раз меньше ЭДС основной обмотки и недостаточна для открывания выпрямителей и самовозбуждения генератора. Чтобы генератор возбудился, необходимо на блок выпрямителей через специальный трансформатор начального возбуждения (ТВ) подать остаточную ЭДС основной обмотки.

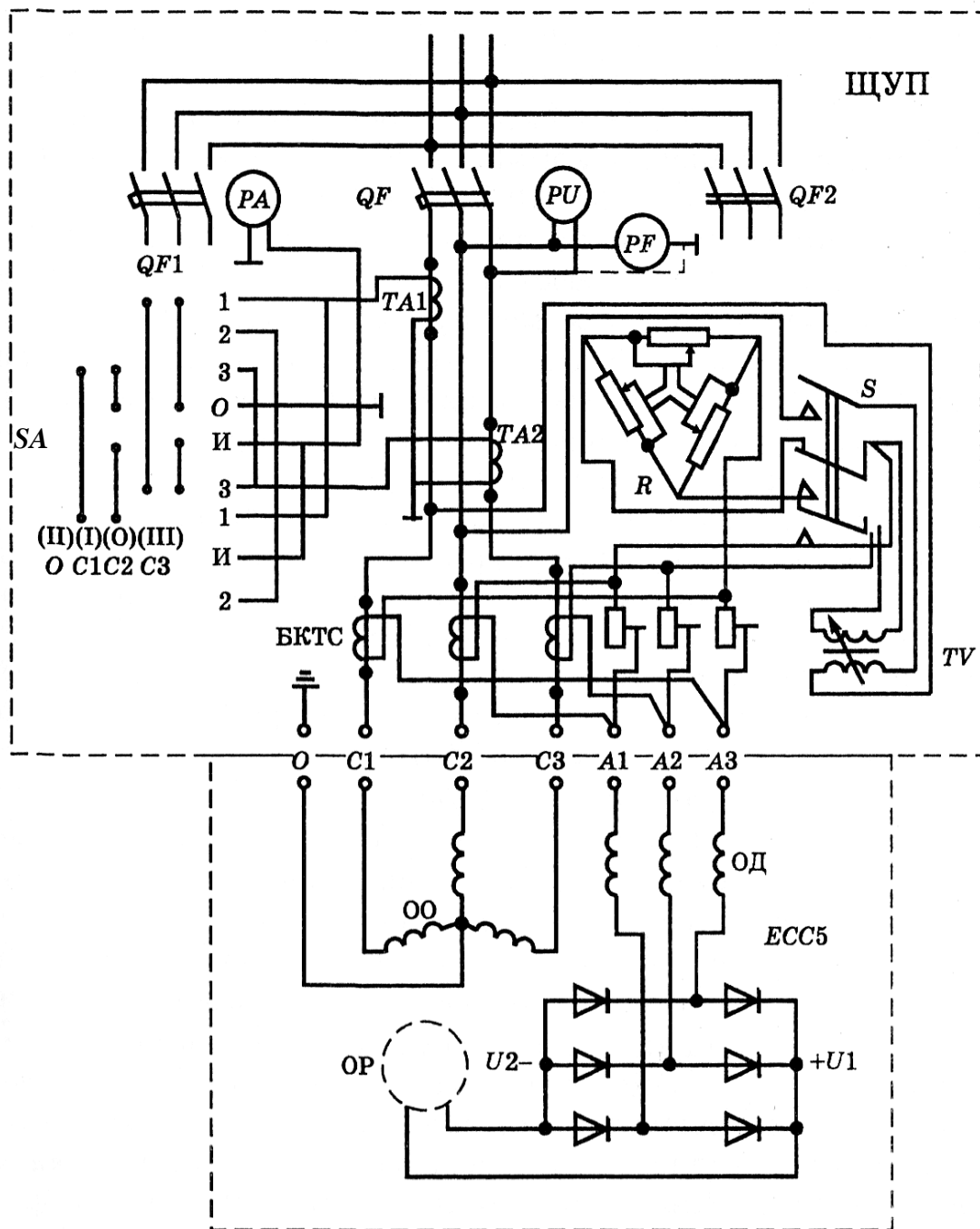


Рис. 7.4 Электрическая схема щита и генератора резервной электростанции малой мощности типа АД 300С–Т400–РМ2 У4

Подключение осуществляется так, чтобы остаточная ЭДС основной обмотки складывалась определённым образом с ЭДС дополнительной обмотки и трёхфазная цепь возбуждения от компаундирующих трансформаторов и сопротивлений (БКТС) к реостату установки (R) была бы разомкнута. Это осуществляется выключателем S с одним нормально-открытым и двумя нормально-замкнутыми контактами. Выключатель имеет самовозврат.

При подаче остаточной ЭДС основной обмотки через S , TV и дополнительную обмотку на блок выпрямителей генератор возбуждается до 20 % номинального напряжения. ЭДС дополнительной обмотки становится достаточной для открывания выпрямителей. TV рассчитан на кратковременный режим работы, поэтому, как только напряжение установится, необходимо отпустить ручку S , при этом замыкается цепь «БКТС– R » и размыкается первичная обмотка TV .

При этом переключении S напряжение генератора поднимается и становится близким к номинальному значению.

Имеющийся в схеме реостат установки, предназначенный для установления нужного значения напряжения генератора в пределах $0,95U_n-1,0U_n$, необходимо предварительно полностью вывести.

В случае выхода из строя TV возбуждение генератора может быть проведено и вторым способом. Для этого требуется источник постоянного тока 12–24 В (аккумуляторная батарея), который включается между $U1$ (+) и $A3$ через ограничивающее сопротивление 15 Ом. Генератор возбуждения кратковременной (0,5–1,5 с) подачей напряжения от источника постоянного тока на обмотку ротора (ОР) через контактные кольца с соблюдением полярностей источника и блока выпрямителей.

При подключении к зажимам машины нагрузки по основной обмотке статора протекает ток, который создаёт в генераторе намагничивающую силу статора, направленную против намагничивающей силы, образованной обмоткой ротора.

С целью компенсации размагничивающего действия магнитного потока статора и сохранения напряжения генератора на уровне номинального значения ток обмотки ротора при нагрузке должен быть увеличен. Кроме того, при одном и том же токе нагрузки, но при разных коэффициентах мощности ($\cos\phi$) для поддержания номинального напряжения ток обмотки ротора при низких $\cos\phi$ должен быть выше, чем при больших $\cos\phi$ (имеется в виду индуктивно-активная нагрузка).

В электроагрегате предусмотрено автоматическое поддержание напряжения (с точностью $\pm 5\%$) посредством стабилизирующего устройства. В стабилизирующем устройстве предусмотрены компаундирующие трансформаторы и сопротивления. При прохождении тока нагрузки по первичной обмотке трансформатора во вторичной его обмотке протекает соответствующий ток, замыкающийся через компаундирующее сопротивление. В результате, на компаундирующем сопротивлении имеет место падение напряжения, пропорциональное току нагрузки.

Обратная величина падения напряжения представляет собой ЭДС. Указанная ЭДС компаундирования геометрически суммируется с ЭДС вспомогательной обмотки, т.е. в цепи, последовательно включённой с обмоткой ротора, действует суммарная ЭДС, зависящая от величины и фазы тока нагрузки.

Внешний вид блоков управления представлен на рис. 7.5.



Рис. 7.5 Внешний вид блоков управления

Технические характеристики дизель-генераторов, производимых Минским моторным заводом, представлены в табл. 7.1.

Таблица 7.1 — Технические характеристики дизель-генераторов

МОДЕЛЬ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА	ДГ-42	ДГ-60	ДГ-80	ДГ-100	ДГ-125	ДГ-150
ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ						
Температурный режим эксплуатации, °С	от -20 до +50					
Мощность дизель генератора, кВт	32	48	68	84	100	124
Напряжение на выходе, В	400 / 230					
Частота, Гц	50					
Ток	переменный трехфазный					
Габаритные размеры дизель-генератора:						
- длина, мм	1850	1960	2470	2470	2470	2470
- ширина, мм	750	750	750	750	1075	1075
- высота, мм	1725	1764	1800	1800	2100	2100
Вес, кг	1050	1085	1410	1850	2150	2350
ДВИГАТЕЛЬ						
Модель	Д 242-213	Д 245-610	Д 260.17	Д 260.18	ЯМЗ-236Б-2	
Количество цилиндров	4, рядное	4, рядное	6, рядное	6, рядное	6, V-образное	
Мощность двигателя при 1500 мин ⁻¹ , кВт	36,6	54	80	98	138	
Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	1500					
Расход топлива часовой, л/ч	10,5	12,2	14,5	20,6	24,3	27,8
Система охлаждения	жидкостная					
Система запуска	стартерная, 12 В					
ГЕНЕРАТОР						
Производитель	Mecc Alte S.p.A. (Италия)					
Модель	ECO 32-3S/4	ECO 32-2L/4	ECO 34-1S	ECO 34-2S	ECO 34-1L	ECO 34-2L
Мощность, кВА	40	60	85	105	125	150
АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ						
Панель управления дизель-генератора снабжена дисплеем, на котором отображаются следующие параметры: <i>напряжение бортовой сети (аккумулятор), уровень топлива, наработка двигателя (количество моточасов), давление масла в двигателе, температура охлаждающей жидкости, обороты двигателя, частота выходного напряжения генератора, напряжение и ток в фазах генератора</i>						
На панели имеется кнопка запуска, переключатель режимов, кнопка аварийной остановки дизель-генератора						
Аварийная сигнализация с автоматическим отключением дизель-генератора срабатывает в следующих случаях: <i>перегрев двигателя, падение давления масла в двигателе, перегрузка по току генератора, повышение или понижение частоты генератора, отказ контактора силовой фазы</i>						
Предупреждающая сигнализация без автоматического отключения дизель генератора срабатывает при: <i>отсутствии заряда аккумуляторной батареи, засоре воздушного фильтра, низком уровне топлива</i>						
По заказу электрогенераторы могут комплектоваться блоком автоматического ввода из резерва (ABP)						

Указания к выполнению работы

1. Ознакомиться с существующими способами обеспечения надежности электроснабжения, ролью резервных электростанций.

2. Ознакомиться с классификацией резервных электростанций. Обратить внимание на степени автоматизации ДЭС, особенности установок передвижных и стационарных резервных электростанций.

3. Изучить устройство и принцип работы электроагрегата АД 300С–Т400–РМ2 У4. Записать его технические данные, уяснить назначение приборов и ручек управления на передней панели щита управления.

4. Произвести запуск ДЭС и регулировку по величине требуемого напряжения и частоты. Для этого необходимо проверить правильность подключения генератора к щиту управления, выполнить требования техники безопасности.

В комплект электроагрегата входит стартер СТ–365, электродвигатель постоянного тока последовательного возбуждения, с питанием от аккумуляторных батарей, предназначен для запуска пускового двигателя П–10УД. Нажатие рычага стартера приводит к образованию цепи включения. Якорь через маховик проворачивает коленчатый вал, что обеспечивает запуск пускового двигателя.

Для разгона дизеля необходимо включить муфту сцепления редуктора (рычаг до отказа влево) и ввести с помощью рычага шестерню механизма включения.

После запуска двигателя шестерня механизма включения самопроизвольно выходит из зацепления, а пусковой двигатель глушится нажатием кнопки выключения на магнето. На электроагрегате с учебной целью установлены концевые выключатели, которые позволяют произвести имитацию включения на стенде с помощью сигнальных лампочек. Правильный порядок запуска дизеля позволяет включить двигатель постоянного тока, который приводит (вместо дизеля) во вращение генератор.

Возбудить генератор необходимо поворотом выключателя (возбуждение) из положения 1 в положение 2 на 2–3 с.

Установка номинального напряжения производится путём поворота рукоятки и реостата из крайнего правого положения против часовой стрелки.

Энергия, вырабатываемая генератором, подаётся через БКТС, измерительные трансформаторы $TA1$ и $TA2$ и автоматические выключатели, служащие для защиты генератора от перегрузок и коротких замыканий, на клеммы для присоединения нагрузки и на шины фидеров.

Защита от перегрузок фидеров осуществляется автоматическими выключателями $QF1$ и $QF2$ с тепловыми расцепителями. Автоматический выключатель QF имеет комбинированный расцепитель и может быть использован как главный фидер для подключения нагрузки на полную мощность генератора.

Контроль за режимом работы генератора осуществляется по измерительным приборам.

Вольтметр PU подключён для измерения междуфазного напряжения. Амперметр PA посредством амперметрового переключателя SA через трансформаторы тока $TA1$ и $TA2$ позволяет производить измерения токов в фазах $C1$, $C3$ и векторной суммы токов указанных фаз, которая по своим абсолютным величинам равна токам фазы $C2$.

Частотомер PF включён на фазное напряжение. Регулирование частоты производится за счёт изменения оборотов дизеля, что достигается поворотом регулятора частоты вращения установленного на топливном насосе 4ТН–9×10Т.

Содержание отчета

1. Краткое описание существующих способов обеспечения надёжности электроснабжения сельских потребителей.
2. Классификация резервных электростанций.
3. Технические данные электроагрегата, находящегося в лаборатории.
4. Электрическая принципиальная схема щита управления и генератора.

Контрольные вопросы

1. Как подразделяются электроприёмники сельскохозяйственного назначения по степени надёжности их электроснабжения?

2. Какие способы обеспечения надёжности электроснабжения используются в сельскохозяйственном производстве?
3. Как классифицируются резервные электростанции?
4. Сколько существует степеней автоматизации резервных электростанций и чем каждая из них отличается от других?
5. Какие способы возбуждения генератора могут быть использованы в изучаемом электроагрегате и какие операции необходимо для этого проделать?
6. Как установить номинальный уровень напряжения электроагрегата?
7. Как контролируется частота вращения электроагрегата и достигаются её номинальные значения?
8. Какие операции необходимо провести, для того чтобы произвести запуск агрегата?

Литература

1. Будзко, И.А. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населённых пунктов / И.А. Будзко, М.С. Левин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1985. — 320 с.
2. Акимцев, Ю.И. Электроснабжение сельского хозяйства / Ю.И. Акимцев, Б.С. Веялис. — М.: Колос, 1983. — 384 с.
3. Справочник энергетика хозяйств и предприятий АПК / И.А. Ромашкевич [и др.]. — Мн.: Ураджай, 1987. — 256 с.
4. Штерн, В.И. Эксплуатация дизельных электростанций / В.И. Штерн. — М.: Энергия, 1980. — 120 с.

РАЗЪЕДИНИТЕЛИ

**Разъединители внутренней установки
серии РВЗ-10/400, 630, 1000 М УХЛ2**

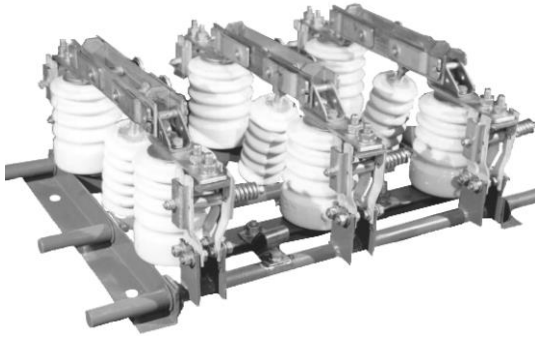


Рис. П.1

Разъединители серии РВЗ на номинальное напряжение 10 кВ, токи 400, 630 и 1000 А предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при помощи заземлителей. По кон-

струкции разъединители серии РВЗ вертикально-рубящего типа и имеют трехполюсное исполнение на общей раме. Разъединители состоят из цоколя (рамы), опорных изоляторов, контактной системы, тяговых изоляторов и заземлителей (при их наличии). На раме разъединителя расположен приводной вал с рычагами, предназначенный для оперирования контактными ножами. При наличии заземлителей на цоколе ближайшего к приводу разъединителя устанавливается механическая блокировка, препятствующая включению заземлителей при включенных главных ножах, и наоборот. Заземлители состоят из стальных пластин, приваренных к валу, и закрепленных на них медных ламелей. При включении заземлителей панели входят в контакт, выполненный в виде шины, закрепленной под неподвижным контактом. Контактное давление в осевом и разъемном контактах осуществляется пружинами. Главные ножи и заземлители разъединителя управляются приводом ПР-ЗУЗ.

Условное обозначение:

Р	разъединитель
В	внутренней установки
З	наличие заземлителей
1а, 1б, 2	количество и расположение заземлителей
10	номинальное напряжение, кВ
400, 630, 1000	номинальный ток, А
М	модернизированный
УХЛ	климатическое исполнение
2	категория размещения

Разъединители внутренней установки РРИ-10/400 УХЛЗ

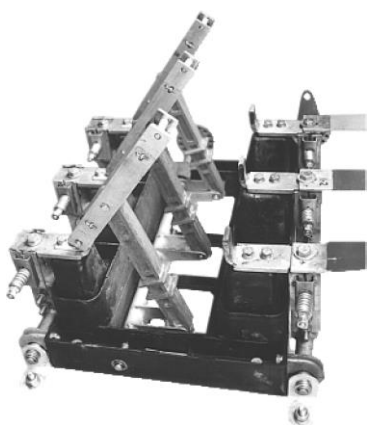


Рис. П.2

Разъединители высоковольтные трехполюсные серии РРИ на напряжение 10 кВ предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, а также заземления отключенных участков при помощи заземлителей (при их наличии), составляющих единое целое с разъединителями. Используются в камерах стационарных одностороннего обслуживания (КСО) серии 300, комплектных трансформаторных подстанциях (КТП) и комплектных распределительных устройствах (КРУ) на класс напряжения 10 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц для систем с изолированной нейтралью.

Привод ПР-4УХЛЗ предназначен для ручного оперирования этими разъединителями.

Условное обозначение:

Р	разъединитель
Р	рубящего типа
И	рама выполнена из изоляционного материала
1а, 1б, 2	количество и расположение заземлителей
10	номинальное напряжение, кВ
400	номинальный ток, А
УХЛ	климатическое исполнение
3	категория размещения

Разъединители клинового типа РКВЗ-10/2000УХЛ2

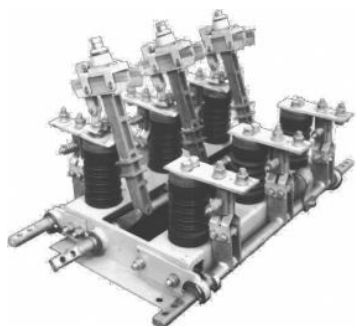
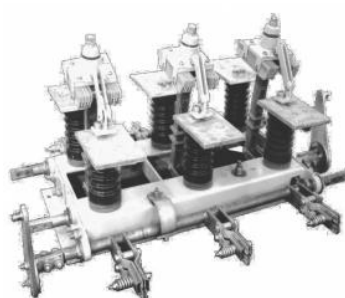


Рис. П.3



Разъединители предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при

помощи заземлителей (при их наличии), составляющих единое целое с разъединителями.

Разъединители разработаны взамен разъединителей вертикального рубящего типа РВР и РВРЗ на напряжение 10 кВ, ток 2000 А.

Применение клинового контакта позволило значительно снизить расход меди по сравнению с выпускаемыми разъединителями, снизить их массу а также повысить надежность изделий и увеличить срок их службы путем устранения окисления контактов во включенном положении и снижения их переходных сопротивлений при повышении температуры. Это достигается за счет того, что во включенном положении разъединителей при нагревании контактов возникает дополнительная сила, прижимающая контактирующие поверхности друг к другу.

В разъединителях вместо фарфоровых опорных изоляторов применены литые полимерные изоляторы, а вместо тяговых фарфоровых изоляторов — прессованные изоляционные тяги. Это позволило повысить надежность разъединителей, так как в фарфоровых изоляторах во время эксплуатации часто были случаи нарушения армировки вставок.

Применение клинового контакта также позволило значительно снизить усилия при оперировании разъединителями. При монтаже разъединителей исключены сварочные работы. Повышена стойкость покрытий черных металлов за счет применения полимерного покрытия.

Условное обозначение:

Р	разъединитель
К	клинового типа
В	внутренней установки
З	наличие заземлителей
10	номинальное напряжение, кВ
2000	номинальный ток, А
УХЛ	климатическое исполнение
3	категория размещения

Разъединители внутренней установки типа РВРЗ-III-10/2000 М УЗ

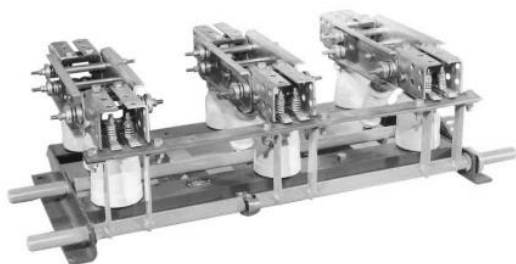


Рис. П.4

Разъединители внутренней установки типа РВРЗ-III-10/2000 М УЗ предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при помощи стационарных заземлителей.

Разъединители внутренней установки РВРЗ-III-10/2000 М УЗ предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при помощи стационарных заземлителей.

По конструкции разъединители вертикально-рубящего типа и имеют трехполюсное исполнение на общей раме.

Они состоят из цоколя (рамы), опорных изоляторов, контактной системы, тягового изолятора и заземлителей. На раме разъединителя расположен приводной вал с рычагами, предназначенный для оперирования контактными ножами.

При наличии заземлителей в основании дополнительно устанавливаются один или два вала для управления ими, а также механическая блокировка, препятствующая включению заземлителей при включенных главных ножах, и наоборот.

Изоляция разъединителя состоит из шести опорных и трех тяговых фарфоровых изоляторов.

Контактная система разъединителя состоит из неподвижных контактов и подвижных контактных ножей. Заземлители состоят из медной шины, закрепленной на стальных стойках, которые приварены к валу заземлителя.

При включении заземлителя шина входит в ламели, установленные на нижних полках неподвижных контактов. Контактное давление в осевом и

разъемном контактах главных ножей и ламельных контактах заземлителей осуществляется пружинами.

Разъединитель типа РВРЗ-III-10/2000 М УЗ приводится в действие электродвигательными приводами ПДГ-5 УХЛ1 или ручными ПР-3 УЗ (главные ножи) и ручными приводами ПР-3 УЗ (заземлители).

Условное обозначение:

Р	разъединитель
В	внутренней установки
Р	рубящего типа
З	наличие заземлителей
2	количество и расположение заземлителей
III	трехполюсное исполнение на общей раме
10	номинальное напряжение, кВ
2000	номинальный ток, А
М	модернизированный
У	климатическое исполнение
3	категория размещения

Разъединители высоковольтные типа РРЗ-35/1000 УЗ и РРЗ-35/2000 УЗ

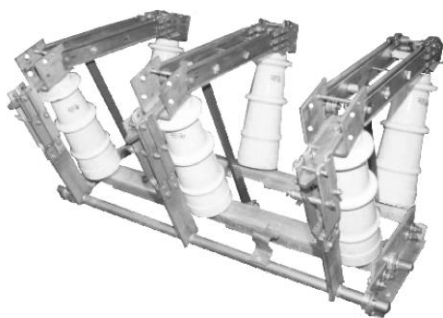


Рис. П.5

Разъединители высоковольтные типов РРЗ-2-35/1000 УЗ, РРЗ-1-35/1000 УЗ, РР-35/1000 УЗ, РРЗ-2-35/2000 УЗ, РРЗ-1-35/2000 УЗ, РР-35/2000 УЗ предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при помощи стационарных заземлителей.

По конструкции разъединители вертикально-рубящего типа и имеют трехполюсное исполнение на общей раме. Разъединители состоят из цоколя (рамы), опорных изоляторов, контактной системы, изоляционных тяг и заземлителей. На раме разъединителя расположен приводной вал с рычагами, предназначенный для оперирования контактными ножами.

При наличии заземлителей в основании дополнительно устанавливаются один или два вала для управления ими, а также механическая блокировка,

препятствующая включению заземлителей при включенных главных ножах, и наоборот.

Контактная система разъединителя состоит из неподвижных контактов и подвижных контактных ножей. Неподвижные контакты представляют собой медные скобы, которые крепятся на опорных изоляторах. Для подводящих шин, расположенных плашмя, предусмотрены переходные контакты, устанавливаемые на неподвижных контактах.

Контактные ножи выполнены из медных шин, установлены на ребро и параллельны друг другу; один конец соединен с неподвижным контактом, образуя осевой контакт, другой конец — разъёмный контакт.

Заземлители разъединителя состоят из вала с приваренными пластинами, к которым крепятся ламели. При включении заземлителей ламели заходят на боковые поверхности контакта.

Контактное давление в осевом и разъёмном контактах главных ножей и ламельных контактах заземлителей осуществляется пружинами.

Разъединители приводятся в действие электродвигательными приводами ПДГ-5 УХЛ1 или ручными ПР-3 У3 (главные ножи) и ручными приводами ПР-3 У3 (заземлители).

Условное обозначение:

Р	разъединитель
Р	рубящего типа
З	наличие заземлителей
1, 2	количество заземлителей
35	номинальное напряжение, кВ
2000	номинальный ток, А
У	климатическое исполнение
3	категория размещения

Разъединители внутренней установки

РВО-10/400, 650, 1000 МУХЛ2

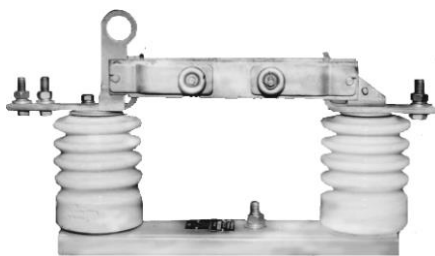


Рис. П.6

Разъединители серии РВО на номинальное напряжение 10 кВ, токи 400, 630 и 1000 А предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящихся под напряжением. По конструкции одно-

полюсные разъединители серии РВО вертикально рубящего типа. Разъединитель состоит из цоколя, опорных изоляторов и контактной системы. Цоколь служит основанием для установки изоляторов и крепления разъединителя к опоре. На нем расположен болт заземления. Контактная система состоит из двух неподвижных контактов и подвижных контактных ножей. Во включенном положении контактные ножи разъединителей с номинальным током 1000 А запираются зацепом и удерживаются магнитными замками.

Магнитный замок состоит из стальных пластин и пружин, расположенных снаружи медных контактных пластин ножа. Пружины, стремясь разжаться, создают необходимое контактное давление. У разъединителей на токи 400 и 630 А в конструкцию магнитного замка входит скоба. Скоба магнитного замка и зацеп имеют ушко, в которое при включении и отключении разъединителя заводится палец изолированной штанги.

Управление разъединителем осуществляется при помощи ручной изолированной штанги.

Условное обозначение:

Р	разъединитель
В	внутренней установки
О	однофазный
10	номинальное напряжение, кВ
400, 630, 1000	номинальный ток, А
М	модернизированный
УХЛ	климатическое исполнение
2	категория размещения

КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

Мачтовая трансформаторная подстанция типа МТП мощностью 25–100 кВА, напряжением 6 (10) кВ

Мачтовые трансформаторные подстанции типа МТП представляют собой однострановые подстанции наружной установки и служат для приема электрической энергии трехфазного переменного тока частоты 50 Гц напряжением 6 или 10 кВ, преобразования в электроэнергию напряжением 0,4 кВ и электроснабжения сельскохозяйственных потребителей, отдельных населённых пунктов, небольших промышленных объектов и других потребителей в районах с умеренным климатом (от $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Таблица П.1

Номинальная мощность трансформатора, кВА	25	40	63	100	
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	6(10)				
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4				
Номинальный ток отходящих линий, А	№ 1	31	5	4	0
	№ 2	31,5	6	3	100
	№ 3	–		40	80
	Уличного освещения	16			
Группа соединения трансформатора	Y/Yn-0				

МТП подключается к ЛЭП посредством разъединителя, который устанавливается на ближайшей опоре. Размещение шкафа РУНН и высоковольтного оборудования производится в соответствии с типовыми проектами. Комплектно с МТП поставляется разъединитель, силовой трансформатор, высоковольтные разрядники и предохранители.

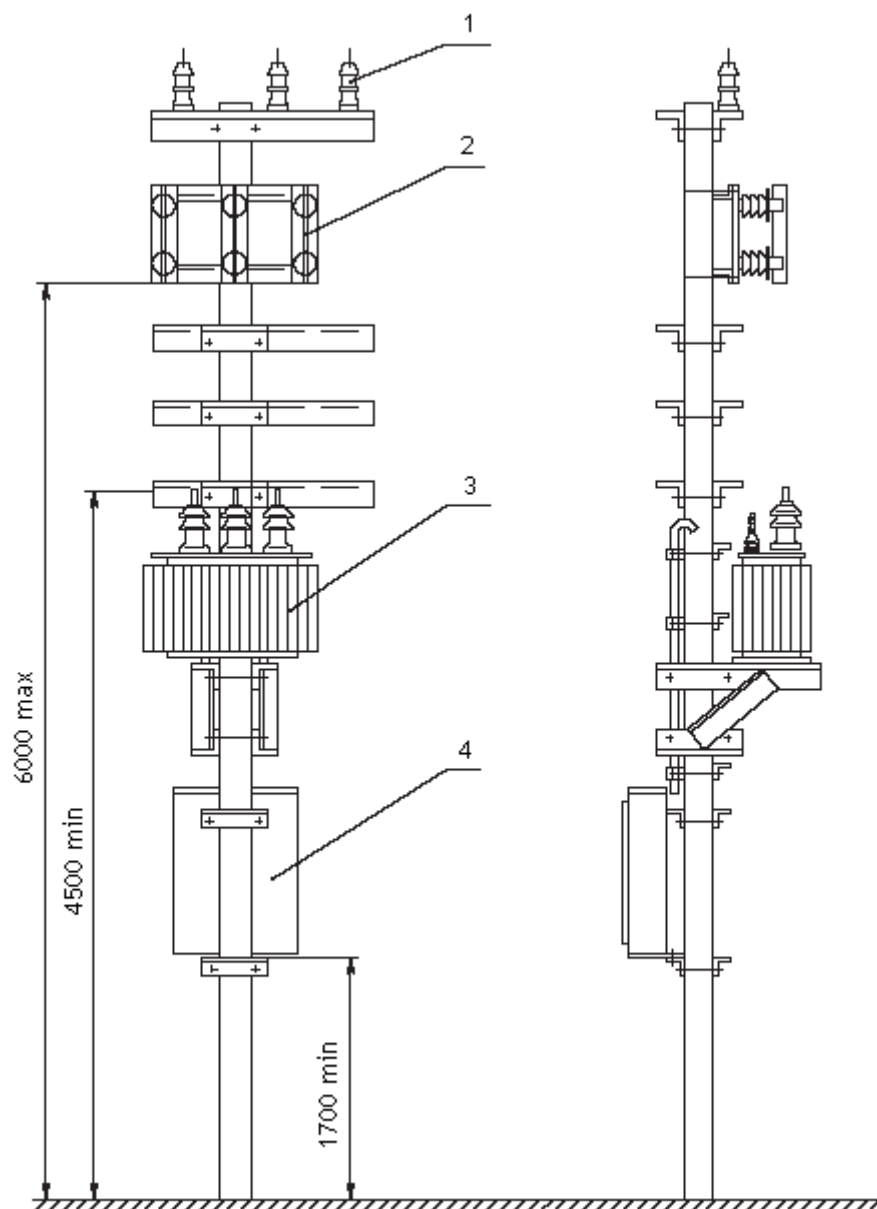
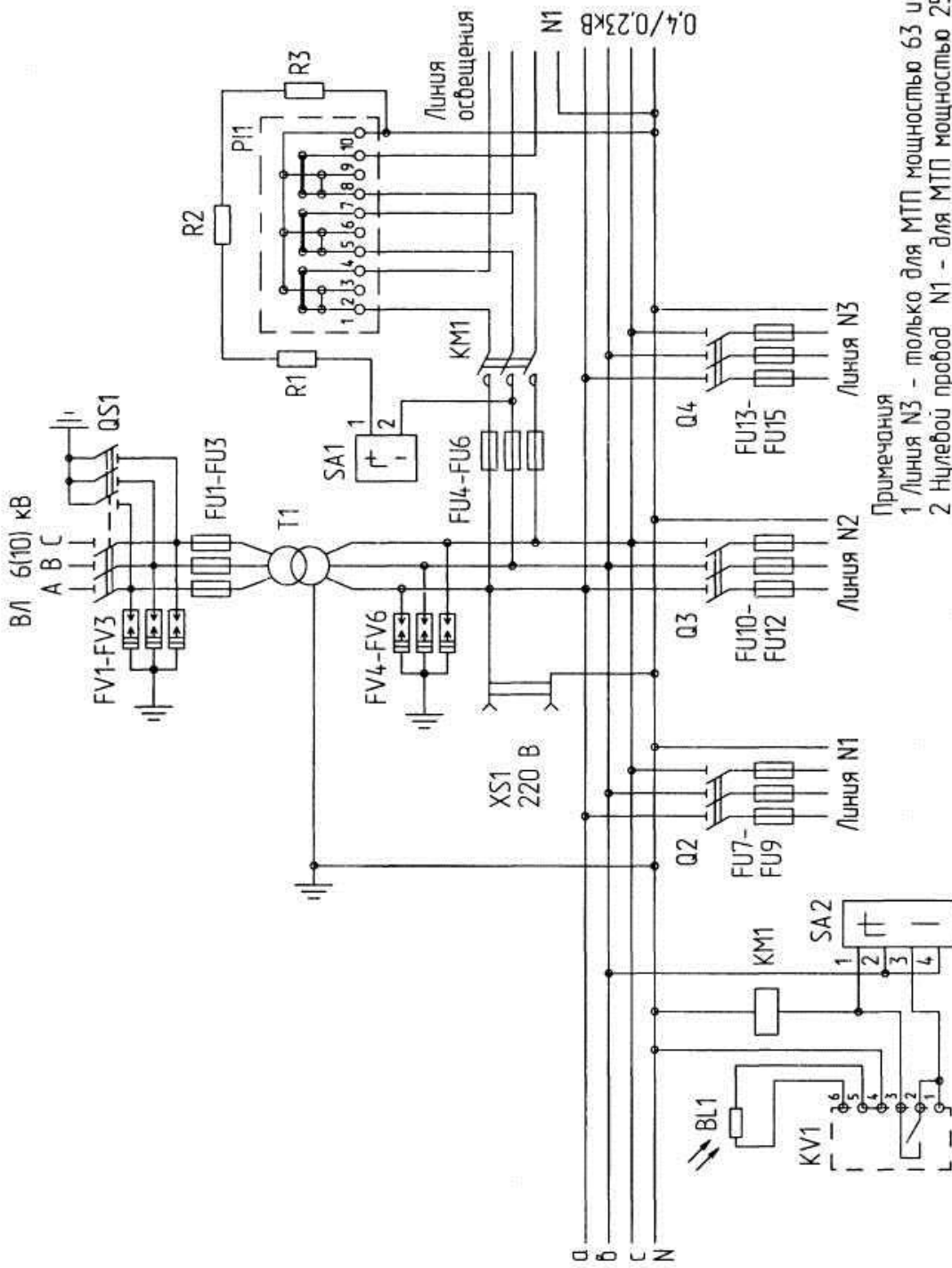


Рис. П. 7 Мачтовая трансформаторная подстанция типа МТП мощностью 25–100 кВА напряжением 6 (10) кВ:

- 1 — разрядники высоковольтные, 2 — предохранитель высоковольтный,
 3 — трансформатор силовой, 4 — распределительное устройство низкого напряжения



Примечания
 1 Линия N3 - только для МТП мощностью 63 и 100 кВА.
 2 Нулевой провод N1 - для МТП мощностью 25 и 40 кВА.

Рис. П.8 Схема электрическая принципиальная МТП мощностью 25–100 кВА

Мачтовая трансформаторная подстанция однофазная

МТПО-10/6(10)/0,23

Мачтовая трансформаторная подстанция однофазная мощностью 10 кВА представляет собой однострансформаторную подстанцию наружной установки и служит для приема электрической энергии однофазного переменного тока частоты 50 Гц, напряжением 6 или 10 кВ, преобразования её в электроэнергию однофазного переменного тока напряжением 0,23 кВ и снабжения ею фермерских хозяйств, садоводческих участков, населенных пунктов и других потребителей сельского хозяйства в районах с умеренным климатом (от -45 °С до +40 °С).

МТПО подключается к ЛЭП посредством разъединителя, который устанавливается на ближайшей концевой опоре и поставляется комплектно с МТПО. Размещение шкафа РУНН и высоковольтного оборудования (предохранителей, разрядников и силового трансформатора) производится в соответствии с типовыми проектами. Комплектно с МТПО поставляются металлоконструкции для установки шкафа РУНН, силового трансформатора, высоковольтных вентильных разрядников и высоковольтных предохранителей. МТПО выпускается в исполнении с двумя отходящими фидерами на токи 25 А и с одним отходящим фидером на ток 40 А.

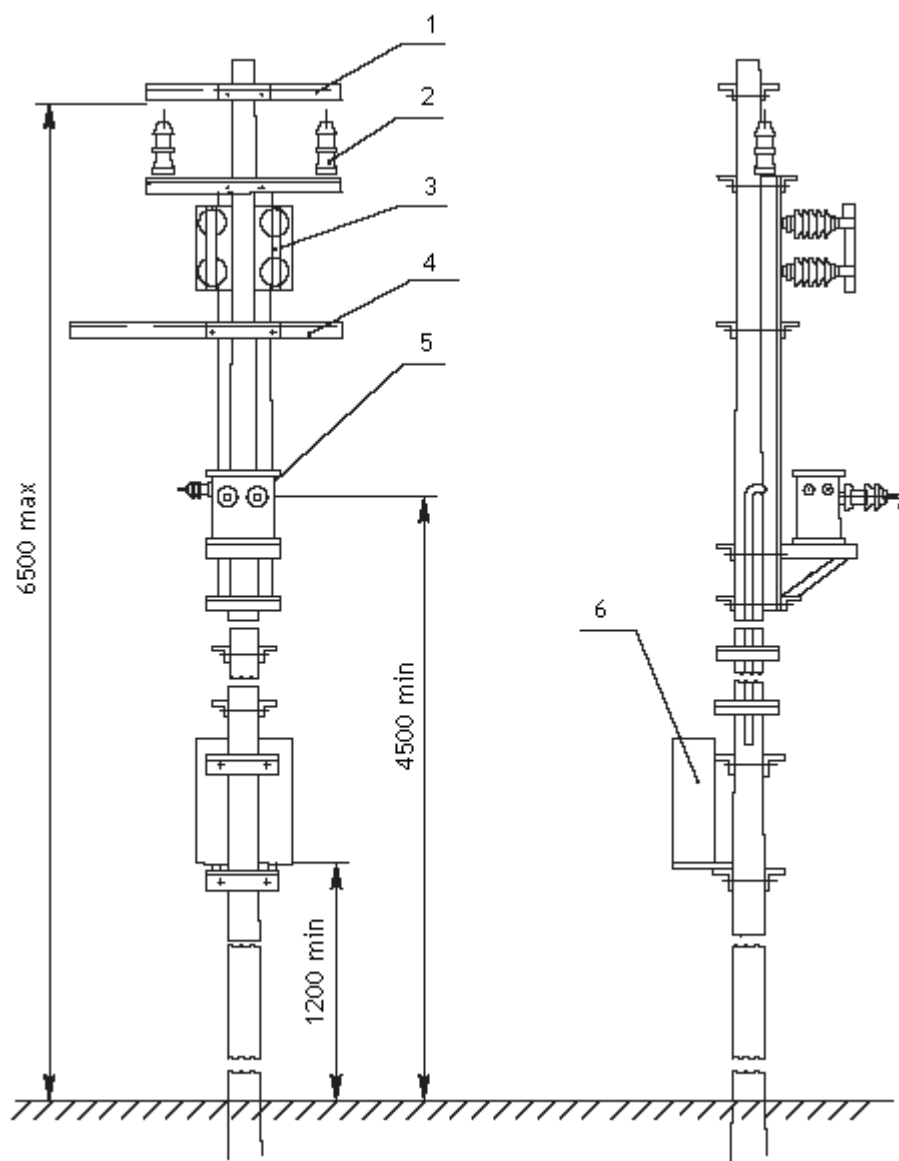


Рис. П.9 Мачтовая трансформаторная однофазная подстанция МТПО-10/6(10)/0,23:
 1 — линия высокого напряжения; 2 — разрядники высоковольтные,
 3 — предохранитель высоковольтный, 4 — линия низкого напряжения;
 5 — трансформатор силовой, 6 — распределительное устройство низкого напряжения

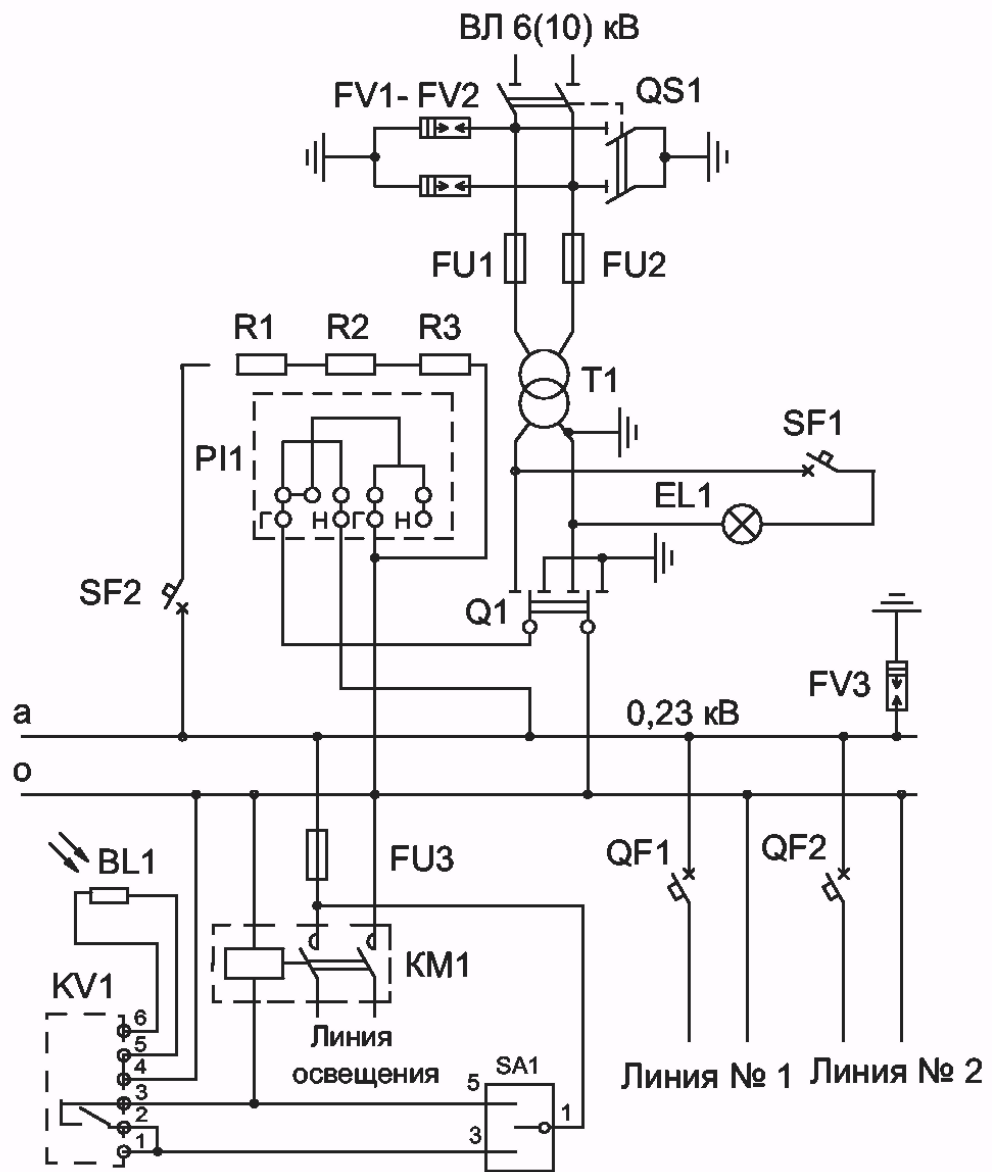


Рис. П.10 Схема электрическая принципиальная мачтовой трансформаторной однофазной подстанции МТПО-10/6(10)/0,23

**КТП тупикового и проходного типа мощностью 63–400 кВА,
напряжением 6 (10) кВ**

Комплектные трансформаторные подстанции представляют собой одно-трансформаторные подстанции наружной установки и служат для приема электрической энергии трёхфазного переменного тока частоты 50 Гц, напряжением 6 или 10 кВ, преобразования в электроэнергию напряжением 0,4 кВ и снабжения ею потребителей в районах с умеренным климатом (от -45°C до $+40^{\circ}\text{C}$). КТП выполняется с кабельными или воздушными вводами и выводами в различных сочетаниях. При воздушном вводе КТП подключается к ЛЭП посредством разъединителя, который поставляется комплектно с КТП и устанавливается на ближайшей опоре.

В КТП на отходящих линиях установлены стационарные автоматы. Патроны высоковольтных предохранителей установлены внутри шкафа КТП. Подстанции обеспечивают учет активной электрической энергии. В КТП имеются электрические и механические блокировки, обеспечивающие безопасную работу обслуживающего персонала. Также в КТП имеется фидер наружного уличного освещения, который включается и отключается автоматически. Для создания нормальных условий работы низковольтной аппаратуры схемой предусмотрен обогрев.

Таблица П.2

Наименование параметра		Значение параметра									
Тип трансформатора		ТМГ									
Номин. мощность трансформатора, кВА		63	100	160	250	400					
Схема и группа соединения обмоток трансформатора		Y/Y _H -0								Y/Y _H -0 Δ/Y _H -11	
Номин. напряжение на стороне ВН, кВ		6	10	6	10	6	10	6	10	6	10
Номин. ток предохранителя на стороне ВН, А		16,0	10,0	20,0	16,0	31,5	20,0	50,0	31,5	80	50
Номин. напряжение на стороне НН, кВ		0,4									
Номин. токи отходящих линий, А	№ 1	25	40	80	100						
	№ 2	25	40	80	100	160					
	№ 3	63	100	160	200						
	№ 4	40	80	100	160	200					
	№ 5	40									
	№ 6	63									
	уличное освещение	16; 25									

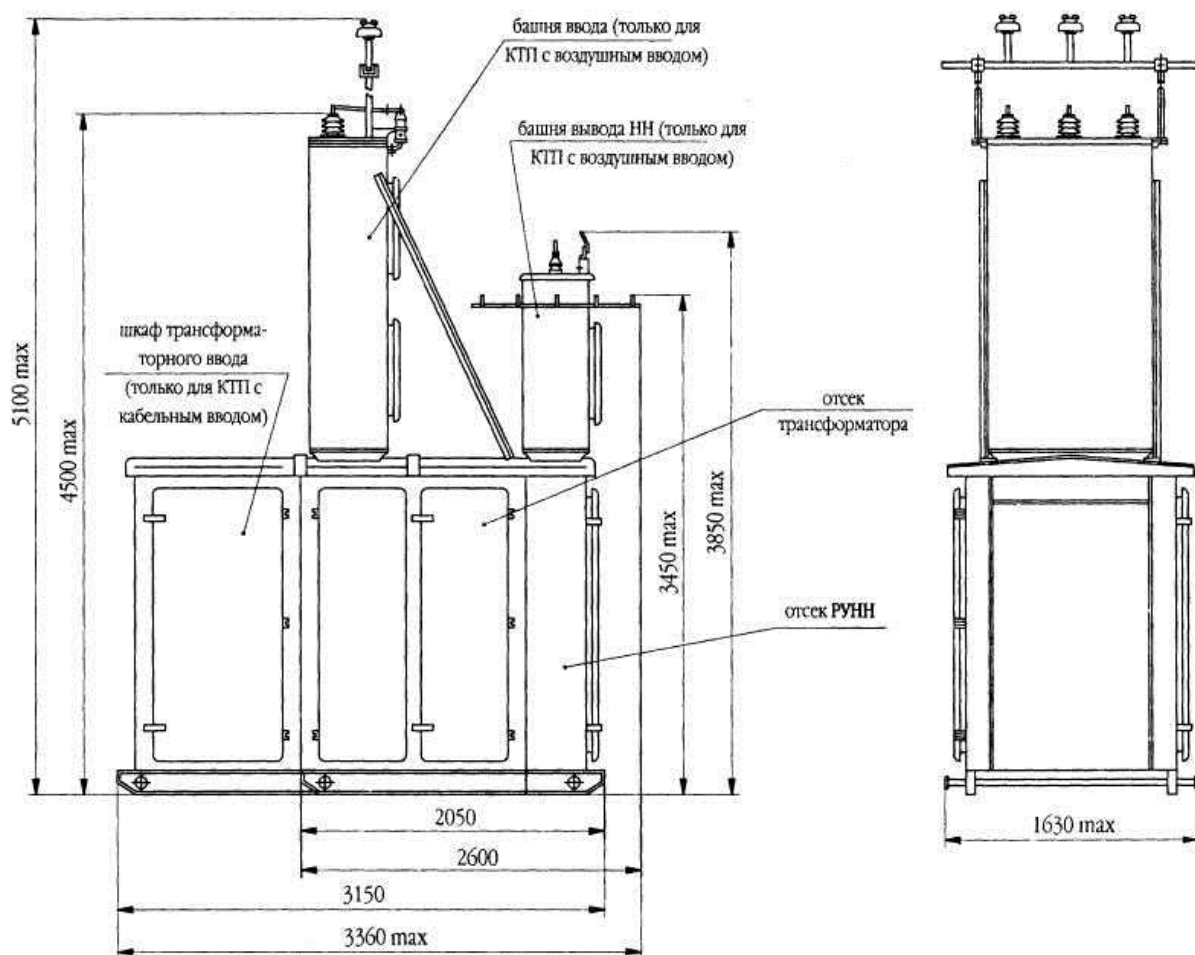


Рис. П.11 КТП 63 – 400 кВА тупикового типа с воздушным (кабельным) вводом ВН и воздушно-кабельными выводами НН напряжением 6 (10) кВ

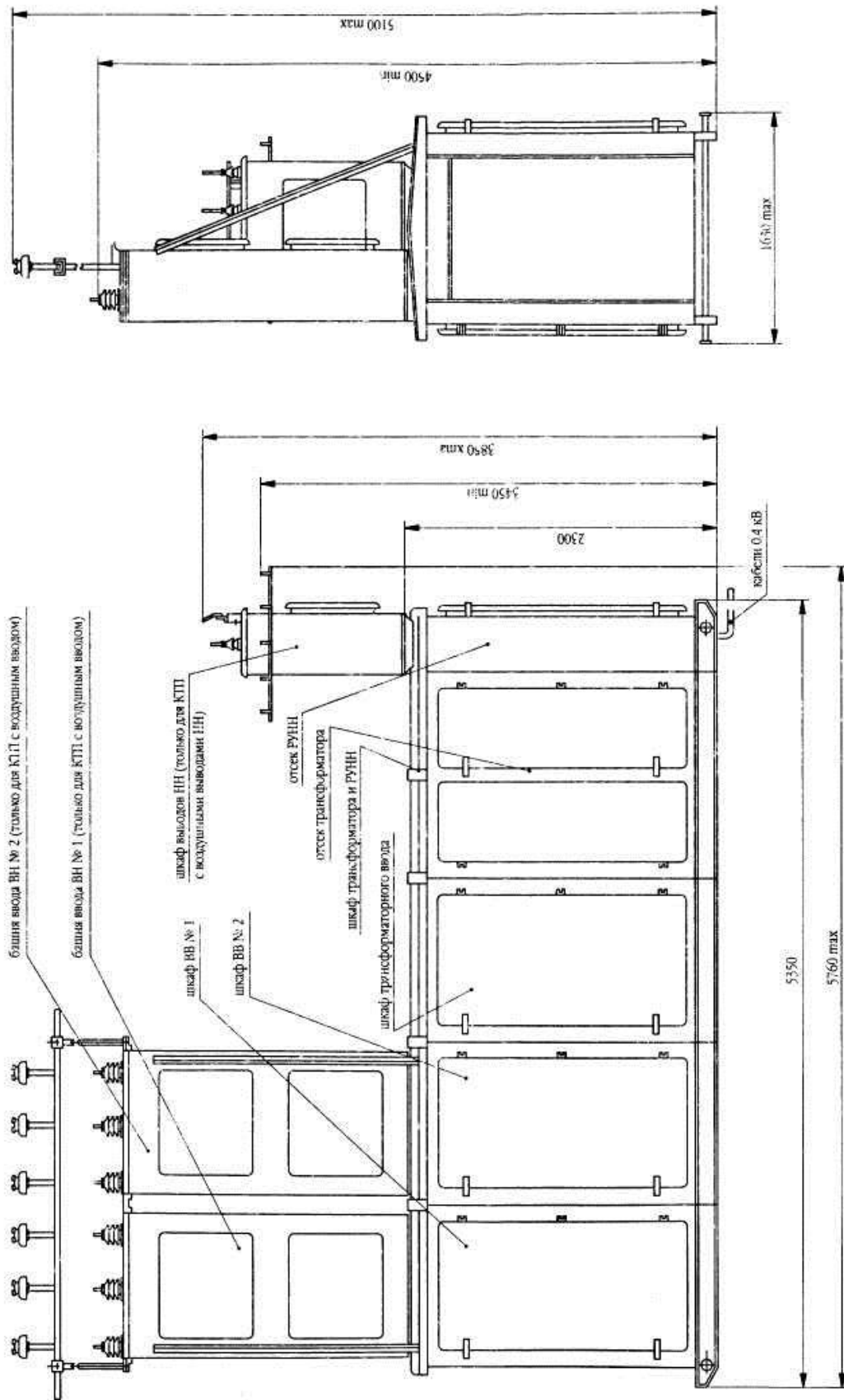
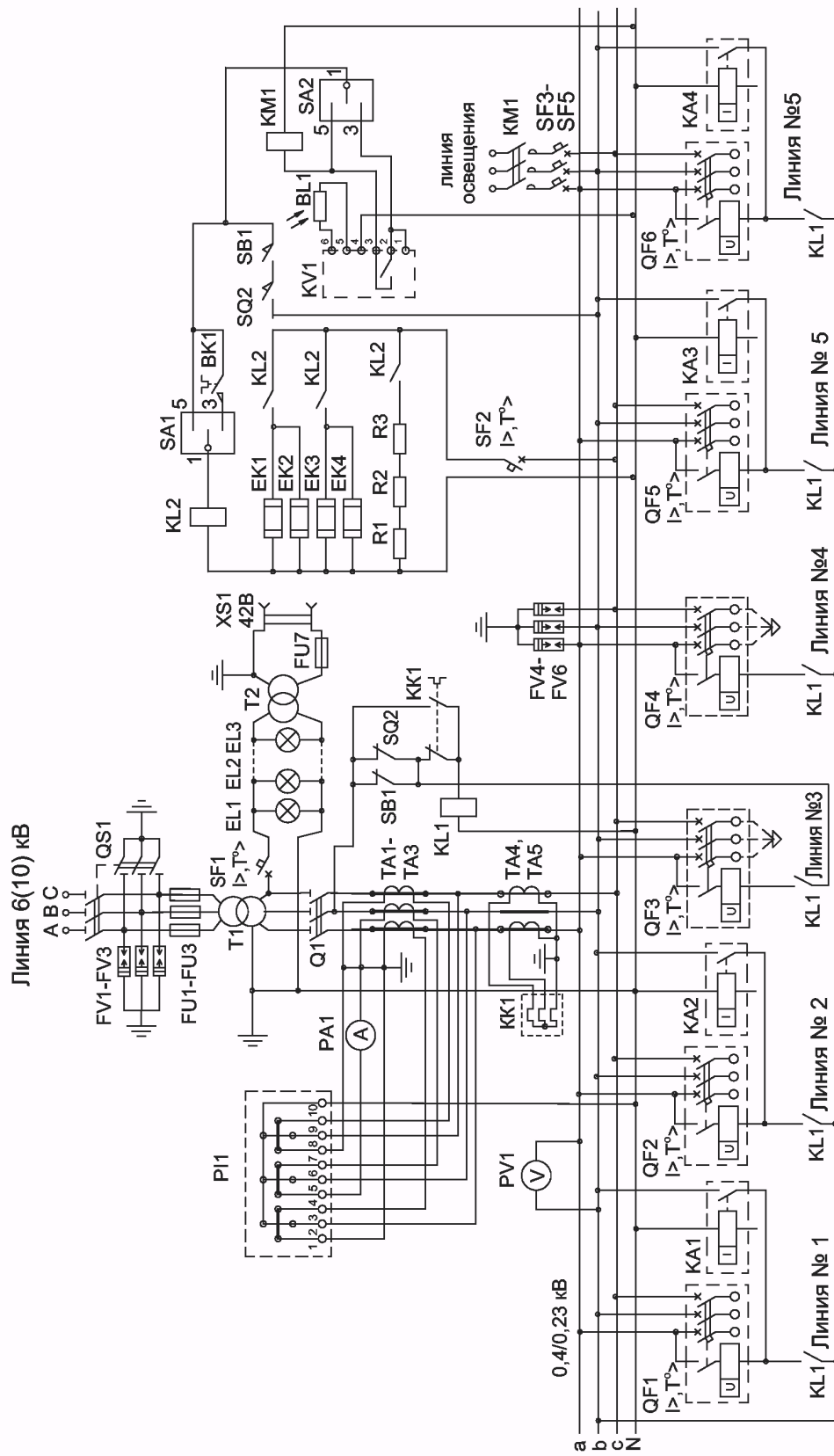


Рис. П.12 КТП 63 – 400 кВА проходного типа с воздушным (кабельным) вводом ВН и воздушно-кабельными выводами НН напряжением 6 (10) кВ



- Примечания:
- 1 В КТПТАС с кабельным вводом отсутствуют FV1...FV3.
 - 2 В КТПТАС только с кабельными вводами отсутствуют KA1...KA4, FV4...FV6.
 - 3 Линии N3 и N4 – только с кабельными вводами.
 - 4 В КТПТАС с воздушным вводом отсутствуют SB1, EL3, EL4, SA5 и SA6.
 - 5 EL1 КТПТАС только в 400 кВА.

Рис. П.13 Схема электрическая принципиальная КТПТ 63 – 400 кВА

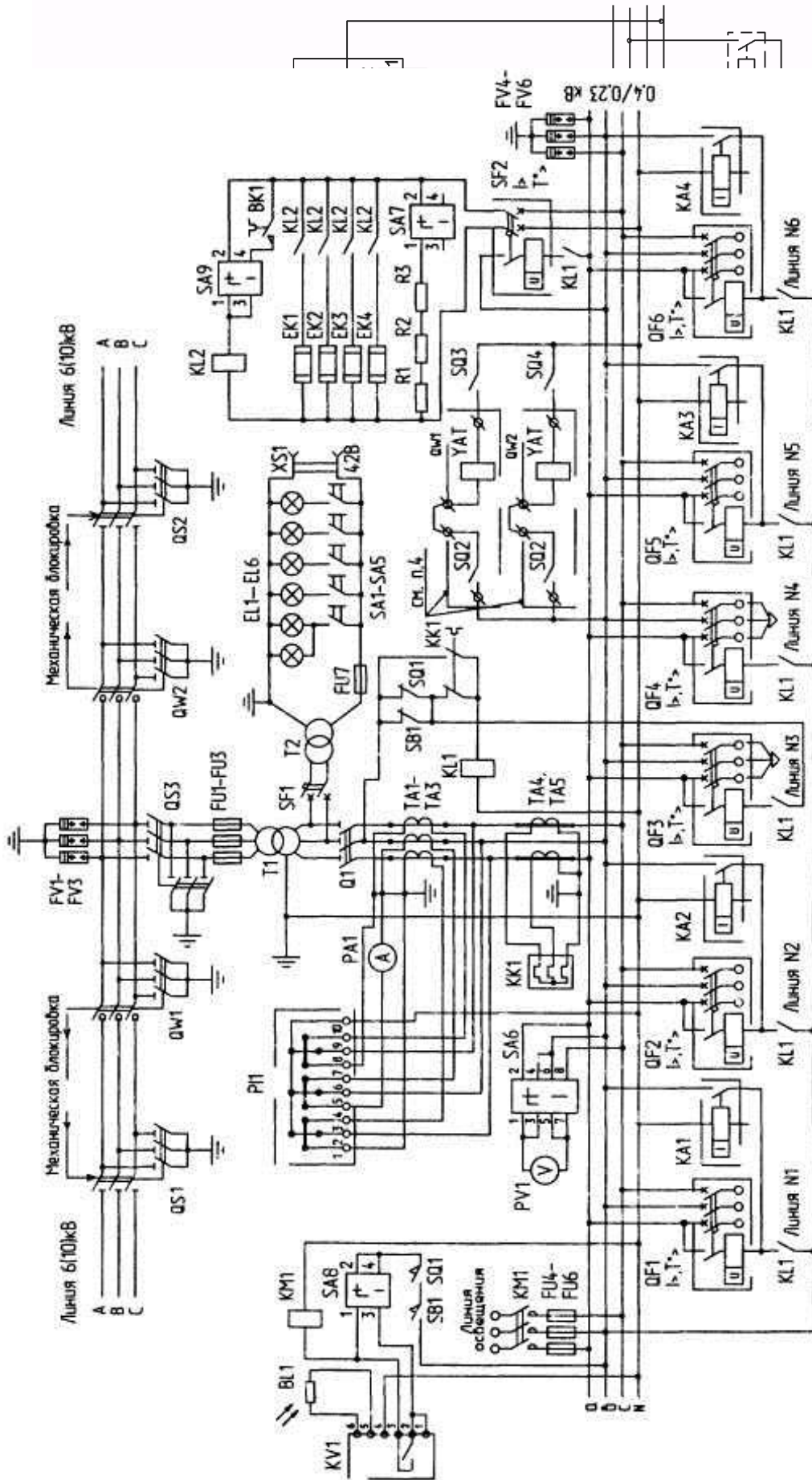


Рис. П.14 Схема электрическая принципиальная КТШ 63 – 400 кВА

**КТП тупикового и проходного типа мощностью 400 и 630 кВА,
напряжением 6 (10) кВ**

Комплектные трансформаторные подстанции представляют собой одно-трансформаторные подстанции наружной установки и служат для приема электрической энергии трехфазного переменного тока частоты 50 Гц, напряжением 6 или 10 кВ, транзита её (КТП проходного типа), преобразования в электроэнергию напряжением 0,4 кВ и снабжения ею потребителей в районах с умеренным климатом (от -45 °С до +40 °С). КТП с воздушным вводом подключается к ЛЭП посредством разъединителя, который устанавливается на ближайшей опоре ЛЭП.

Особенности КТП:

- наличие в шкафу трансформатора естественной вентиляции, обеспечивающей охлаждение силового трансформатора;
- РУНН выполнено с двухсторонним обслуживанием;
- наличие устройства, позволяющего закатывать и выкатывать трансформатор из шкафа трансформатора;
- на отходящих линиях установлены автоматические выключатели выдвигного исполнения.

Подстанция обеспечивает учет активной электрической энергии. Для создания нормальных условий работы счетчика схемой предусмотрен его обогрев. В КТП имеется фидер наружного освещения с автоматическим включением и отключением. Ввод на стороне ВН — воздушный или кабельный, выводы отходящих линий НН — кабельные. В КТП имеются электрические и механические блокировки, обеспечивающие безопасную работу обслуживающего персонала. КТП устанавливаются на фундаменте или утрамбованной площадке. Имеется возможность на базе конструкции проходных и тупиковых КТП комплектовать двухтрансформаторные КТП.

Таблица П.3

Наименование параметра		Значение параметра			
		КТП-400		КТП-630	
Тип трансформатора		ТМГ-400		ТМГ-630	
Схема и группа соединения обмоток трансформатора		Y/Y _н -0 Δ/Y _н -11			
Номин. мощность трансформатора, кВА		400		630	
Номин. напряжение на стороне ВН, кВ		6	10	6	10
Номин. ток трансформатора на стороне ВН, А		38,5	23,1	60,69	36,4
Номин. ток плавкой вставки предохранителя ВН, А		80	50	100	80
Номин. напряжение на стороне НН, кВ		0,4			
Номин. ток трансформатора на стороне НН, А		577,4		910,4	
Номинальный ток отходящих линий, А	№ 1	400			
	№ 2	200			
	№ 3	160			
	№ 4	100			
	№ 5	100			
	№ 6	–		400	
	№ 7	–		250	
	№ 8	–		160	
	линия освещения		16		

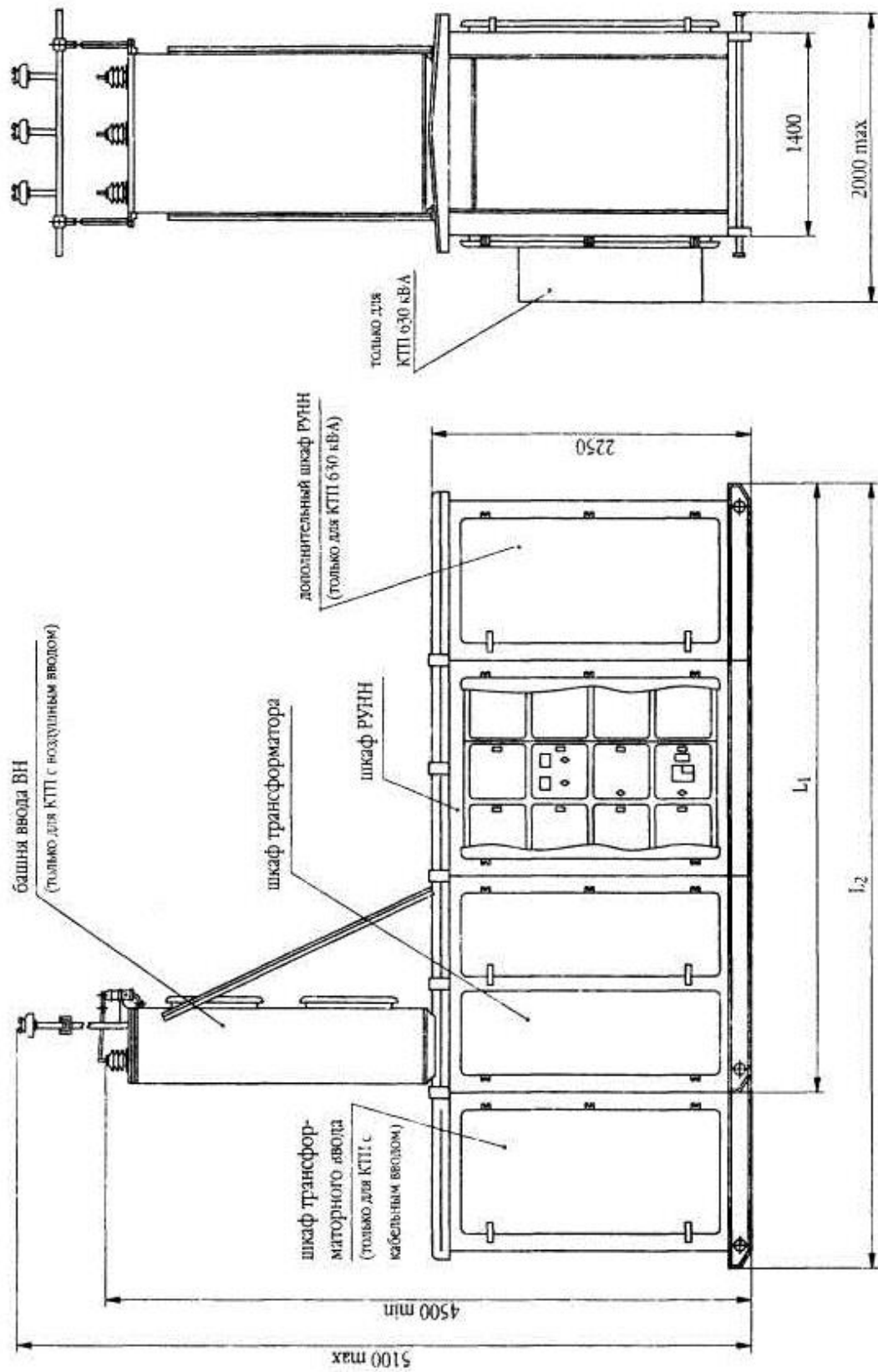
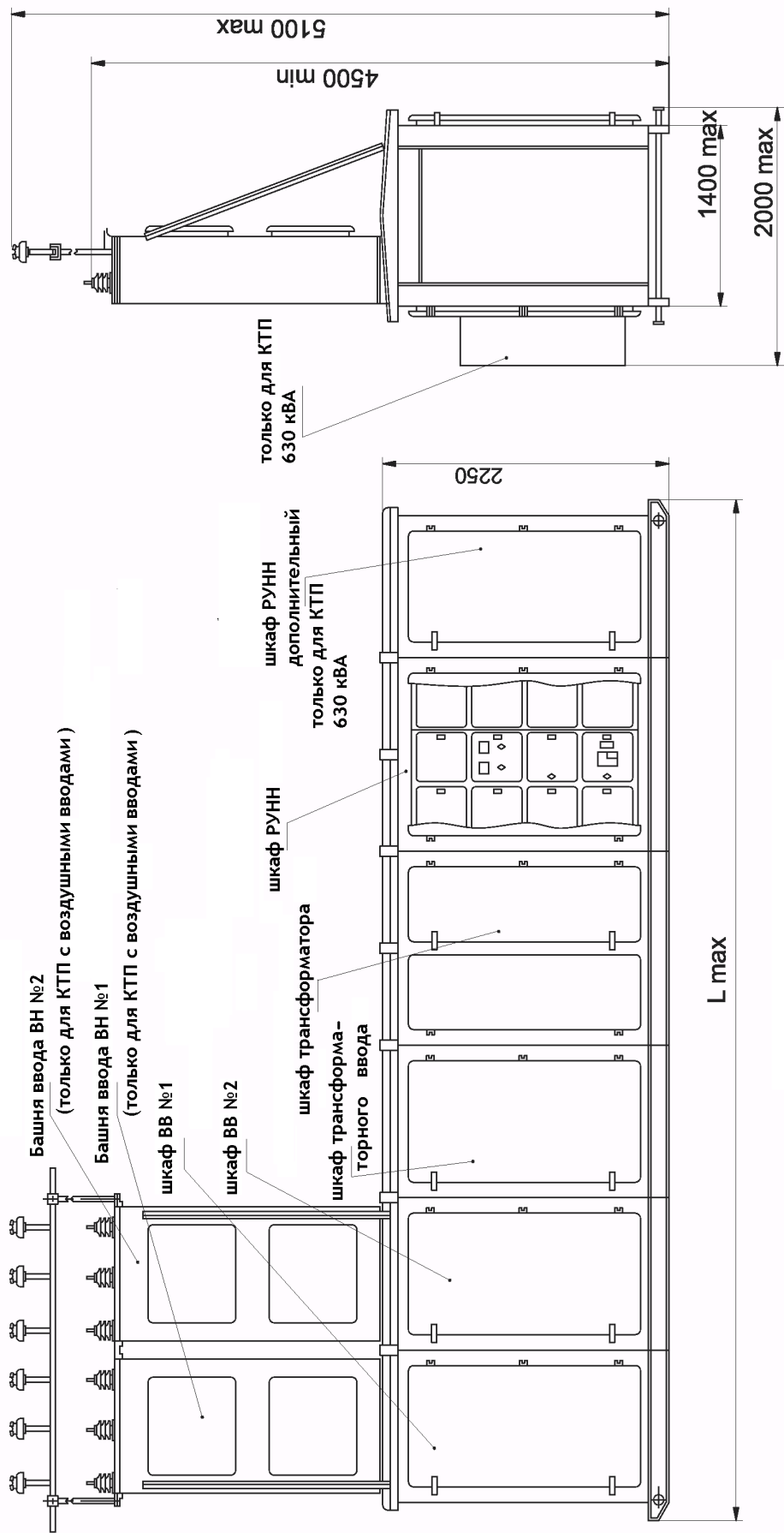


Рис. П.15 КТПГ (туликового типа) с воздушным (кабельным) вводом



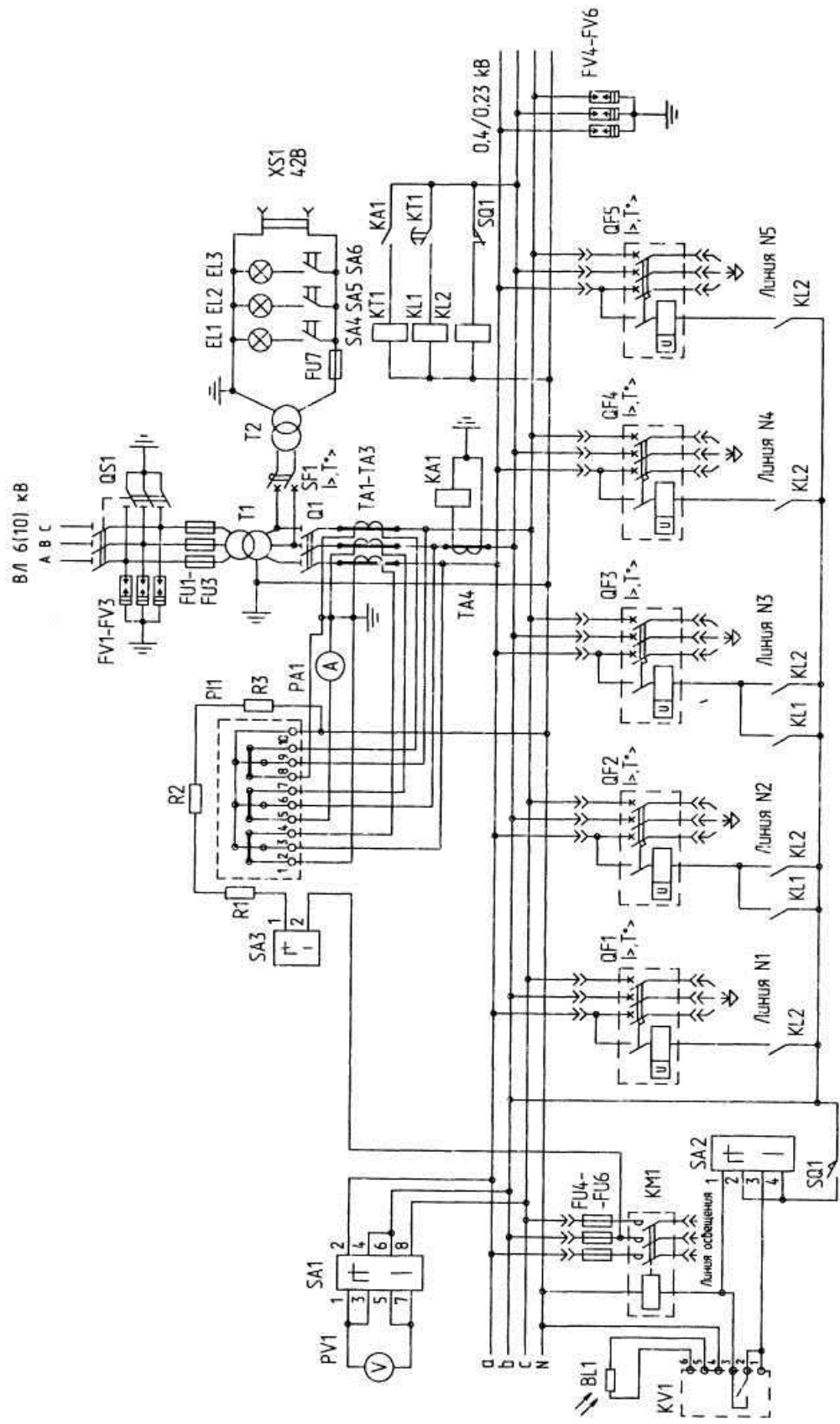


Рис. П.17 Схема электрическая принципиальная КТТТ мощностью 400 кВА

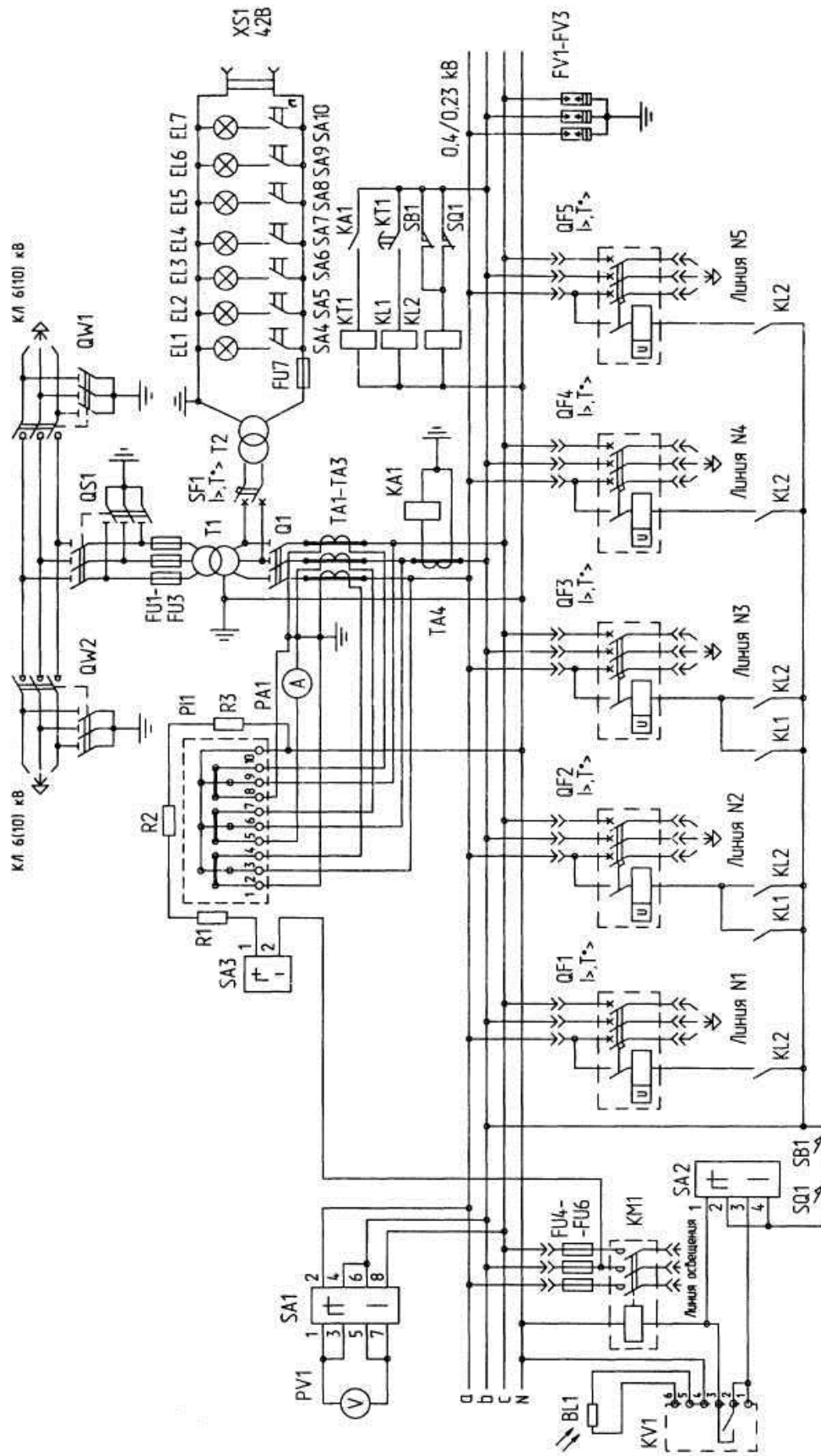


Рис. П.18 Схема электрическая принципиальная КТПШ мощностью 400 кВА

**КТП тупикового типа мощностью 630 и 1000 кВА,
напряжением 6 (10) кВ**

КТП предназначена для приёма электрической энергии трёхфазного переменного тока частоты 50 Гц, напряжением 6 или 10 кВ, преобразования в электроэнергию напряжением 0,4 кВ и снабжения ею отдельных населённых пунктов и промышленных объектов в районах с умеренным климатом (от $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$).

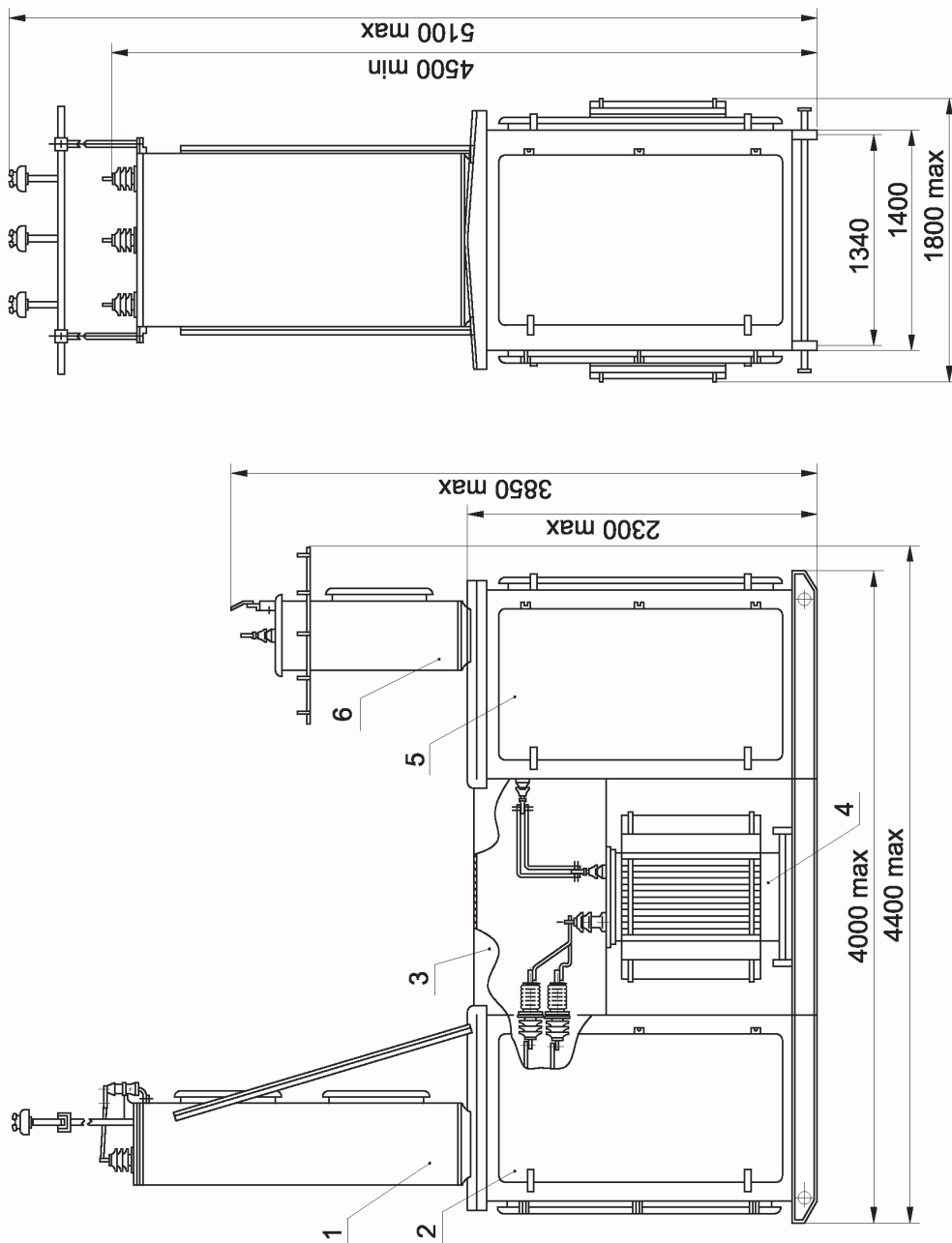
Высоковольтный ввод в подстанцию — кабельный или воздушный, выходы линии 0,4 кВ — кабельные или воздушно-кабельные.

На отходящих линиях установлены автоматические выключатели стационарного исполнения. В схеме предусмотрен учёт активной и реактивной электрической энергии, а также обогрев для создания нормальных условий работы низковольтной аппаратуры.

Схемой КТП предусмотрена установка газовой защиты и манометрического термометра (по желанию заказчика). В КТП имеется фидер наружного уличного освещения, который включается и отключается автоматически. В КТП имеются электрические и механические блокировки, обеспечивающие безопасную работу обслуживающего персонала.

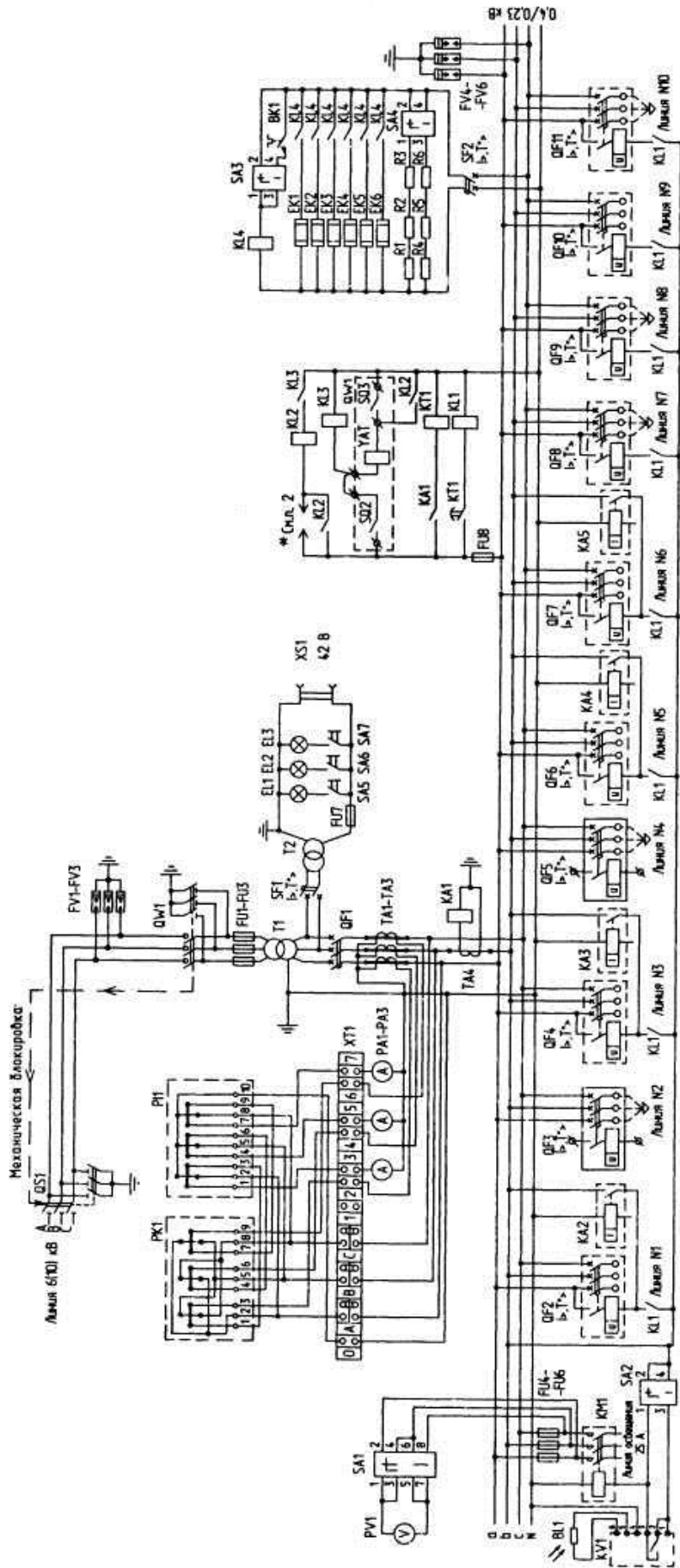
Таблица П.4

№ фидера	Номинальный ток отходящих линий, А	
	630 кВА	1000 кВА
№ 1	160	
№ 2	250	
№ 3	100	
№ 4	160	
№ 5	100	
№ 6		
№ 7	250	630
№ 8	250	
№ 9	320	
№ 10	250	400
Линия освещения	25	



1. Шкаф воздушного ввода ВН (только для КТП с воздушным вводом).
2. Шкаф трансформаторного ввода.
3. Кожух
4. Трансформатор силовой (при его заказе).
5. Шкаф распределения 0,4 кВ (шкаф РУНН).
6. Шкаф выводов НН (только для КТП с воздушным вводом).

Рис. П.19 КТП тупикового типа мощностью 630 и 1000 кВА



Примечания

- 1 В КТПТАС с кабельным вводом отсутствуют Q51 и FV1-FV3;
- 2 * К мановакууметру;
- 3 В КТПТАС без мановакууметра отсутствуют K1,2 и K1,3.
- 4 Линии NN 2, 4, 7, 8, 9, 10 - только с кабельными вводами.
- 5 В КТПТАС с кабельными вводами отсутствуют KA2-KA5, FV4-FV6.
- 6 Микропереключатель SQ3 только для выключателя нагрузки типа ВНП-М1.

Рис. П.20 Схема электрическая принципиальная КТПТ мощностью 630 и 1000 кВА

Комплектные трансформаторные подстанции типа КТП-99 и КТПР мощностью 25–250 кВА, напряжением 6(10) кВ

Комплектные трансформаторные подстанции представляют собой одно-трансформаторные подстанции тупикового типа наружной установки и служат для приема электрической энергии трехфазного переменного тока частоты 50 Гц, напряжением 6 или 10 кВ, преобразования ее в электроэнергию напряжением 0,4 кВ и снабжения ею потребителей в районах с умеренным климатом (от -45 °С до +40 °С).

КТП подключается к сети через разъединитель, который поставляется комплектно. На отходящих фидерах установлены стационарные автоматы (в КТП-99) и рубильники с дугогасящими камерами (в КТПР).

Таблица П.5

Тип	На стороне ВН		На стороне НН				
	Номин. напряжение, кВ	Плавкой вставки предохранителя	Номинальный ток, А				Линии наружного освещения
			Линии № 1	Линии № 2	Линии № 3	Линии № 4	
КТП-25/10/0,4	6	8	31,5	31,5	–	–	16
КТПР-25/10/0,4	10	5					
КТП-40/10/0,4	6	10		63			
КТПР-40/10/0,4	10	8					
КТП-63/10/0,4	6	16	40	40			
КТПР-63/10/0,4	10	10					
КТП-100/10/0,4	6	20			100	80	
КТПР-100/10/0,4	10	16					
КТП-160/10/0,4	6	31,5	80	160	100	250	
КТПР-160/10/0,4	10	20					
КТП-250/10/0,4	6	40					
	10	31,5					
КТПР-250/10/0,4	6	40		250		–	
	10	31,5					

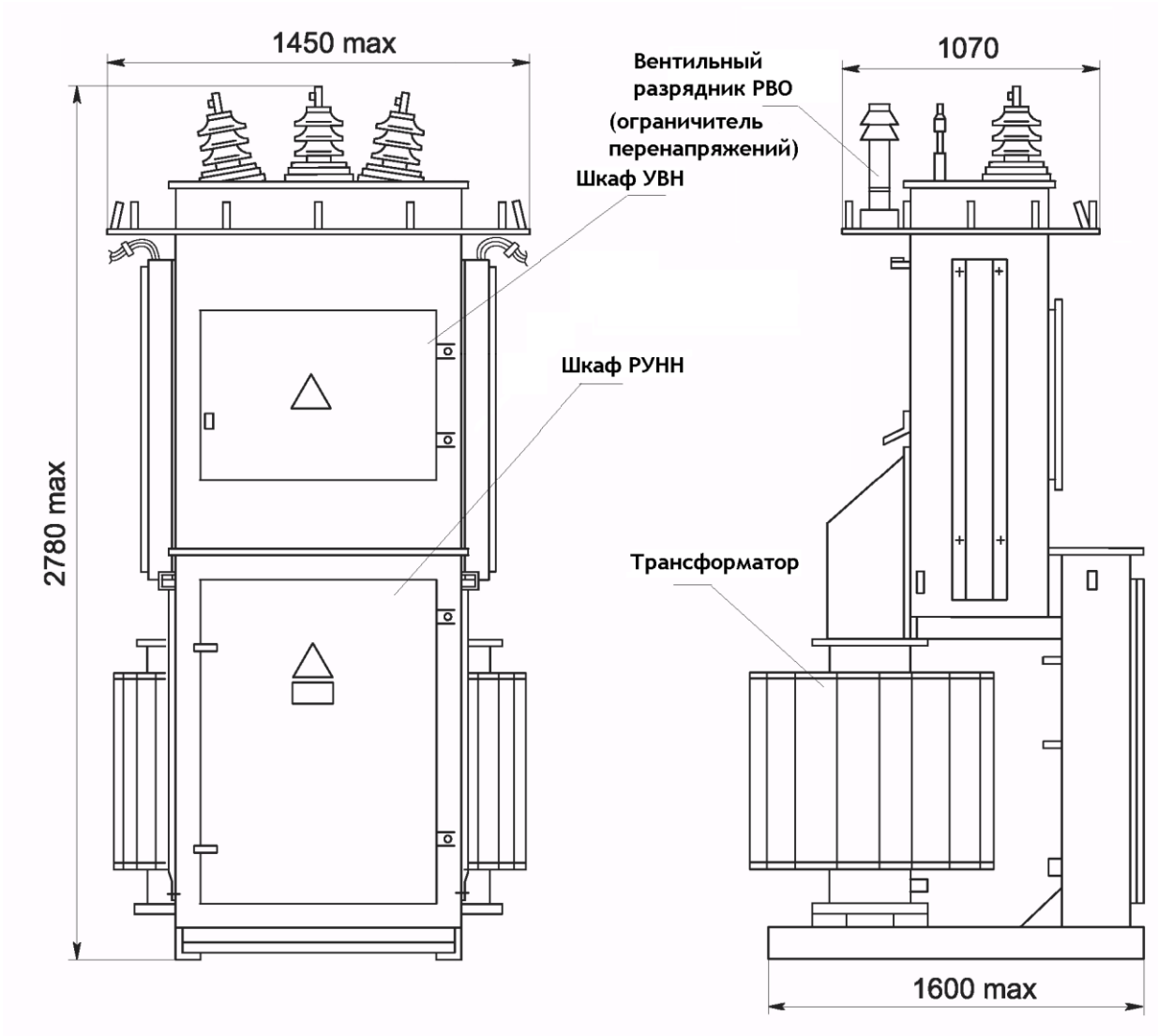
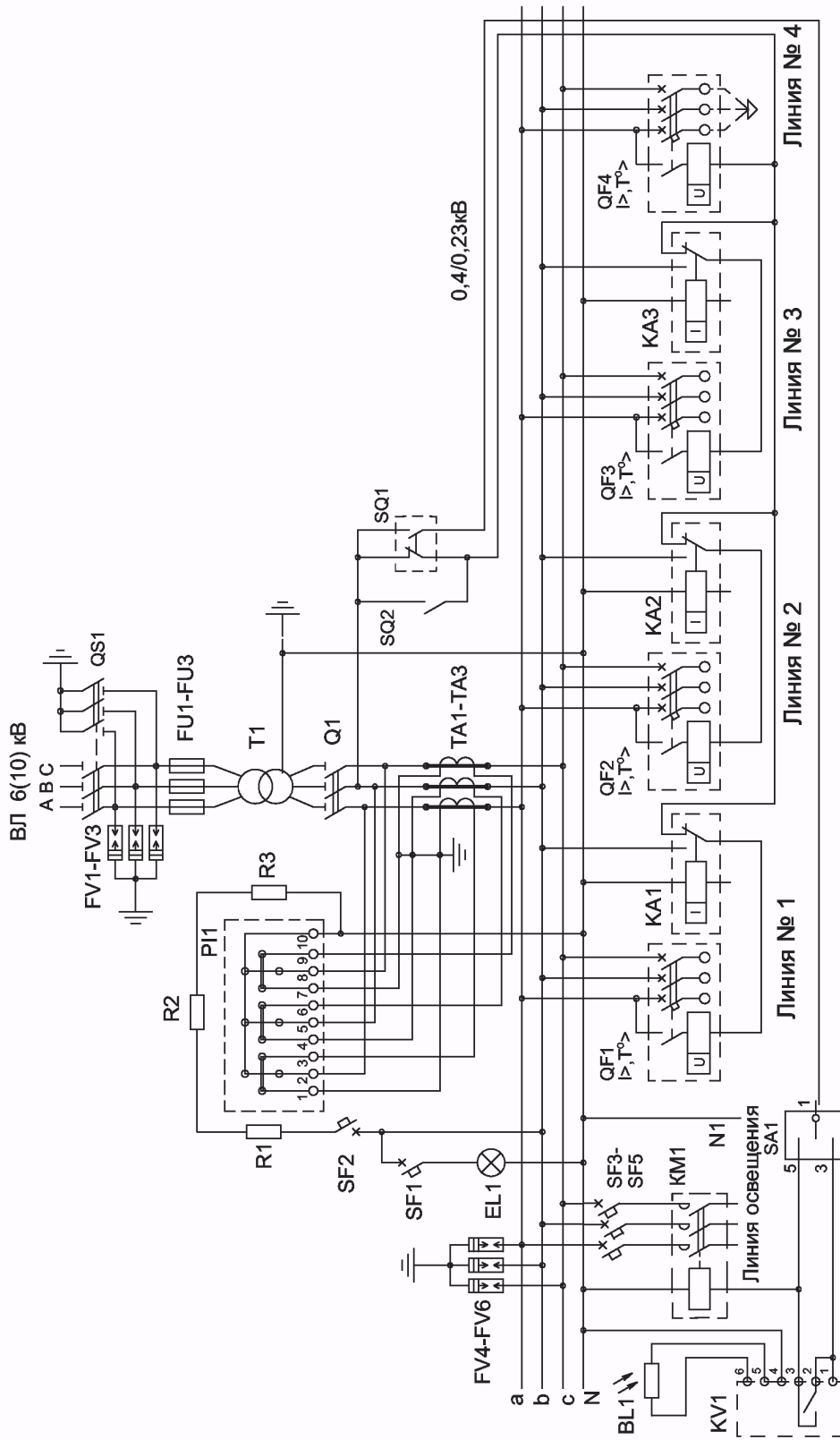


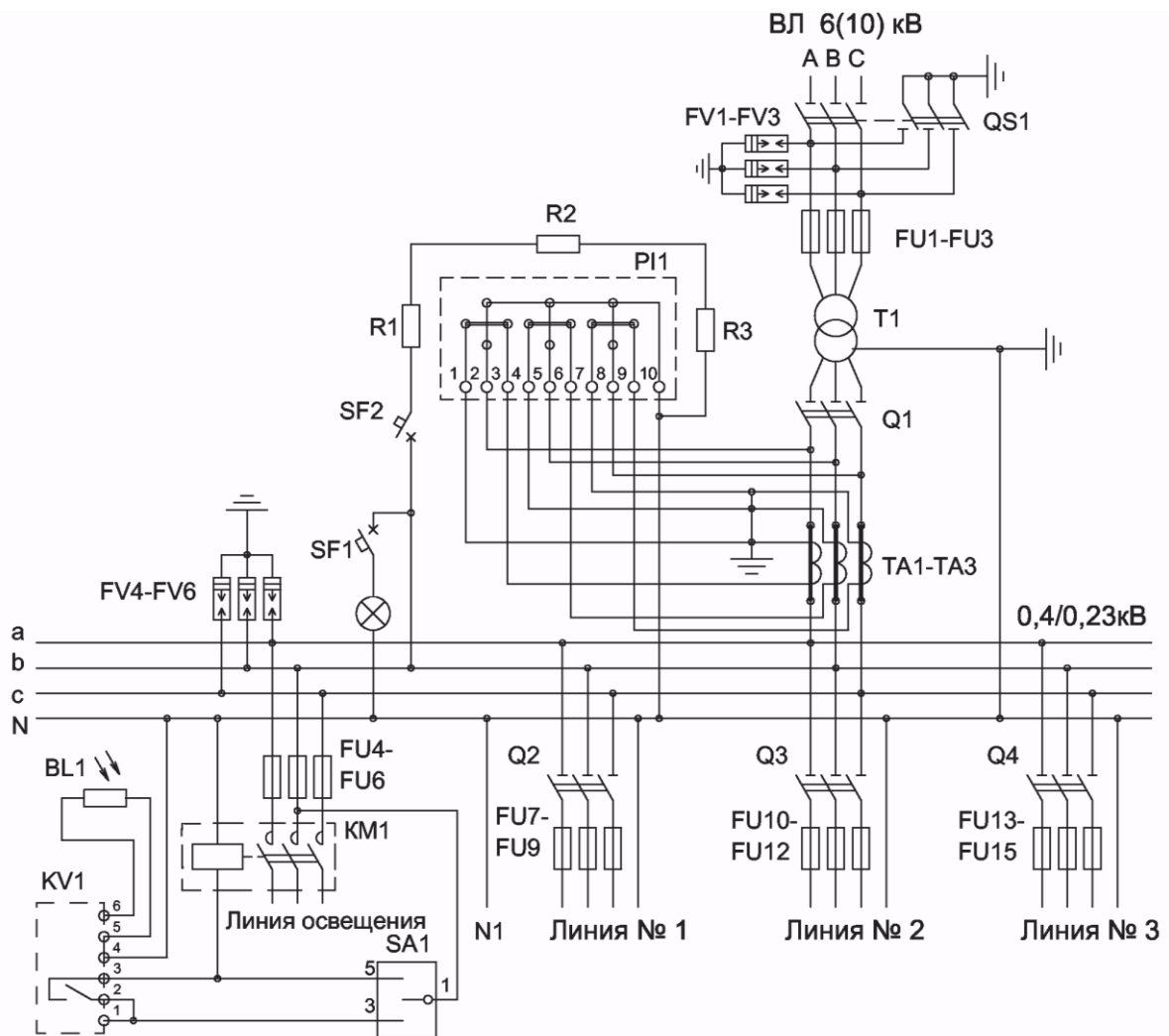
Рис. П.21 Внешний вид КТП-99



Примечания:

1. Линия № 3 только для КТП мощностью 63- 250 кВА, линия № 4 только для КТП мощностью 250 кВА.
2. Нулевой провод N1 только для КТП мощностью 25 и 40 кВА.
3. Путьевой выключатель SQ2 только для КТП мощностью 250 кВА напряжением 6 кВ.

Рис. П. 22 Схема электрическая принципиальная КТП-99



Примечания:

1. Линия № 3 - только для КТПР мощностью 63 - 250 кВА.
2. Нулевой провод N1 - только для КТПР 25 и 40 кВА.

Рис. П. 23 Схема электрическая принципиальная КТПР