

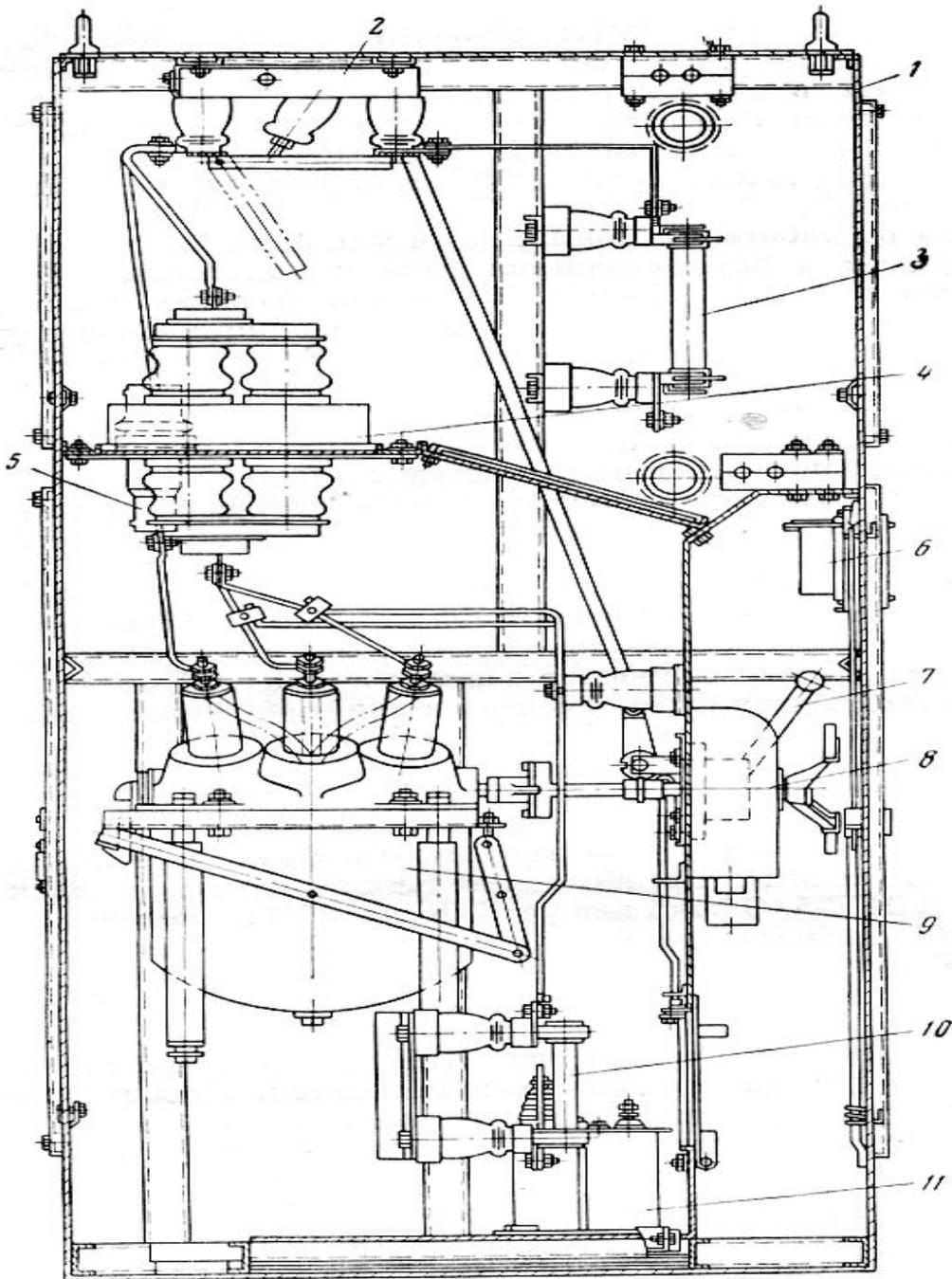
# Электрооборудование карьеров

## **Комплектные распределительные устройства**

В схеме электроснабжения ОГР на экскаваторах широко применяют комплектные распределительные устройства (КРУ), которые представляют собой шкаф, где размещаются: разъединитель, масляный выключатель, трансформаторы тока и напряжения, защитная и сигнальная аппаратура.

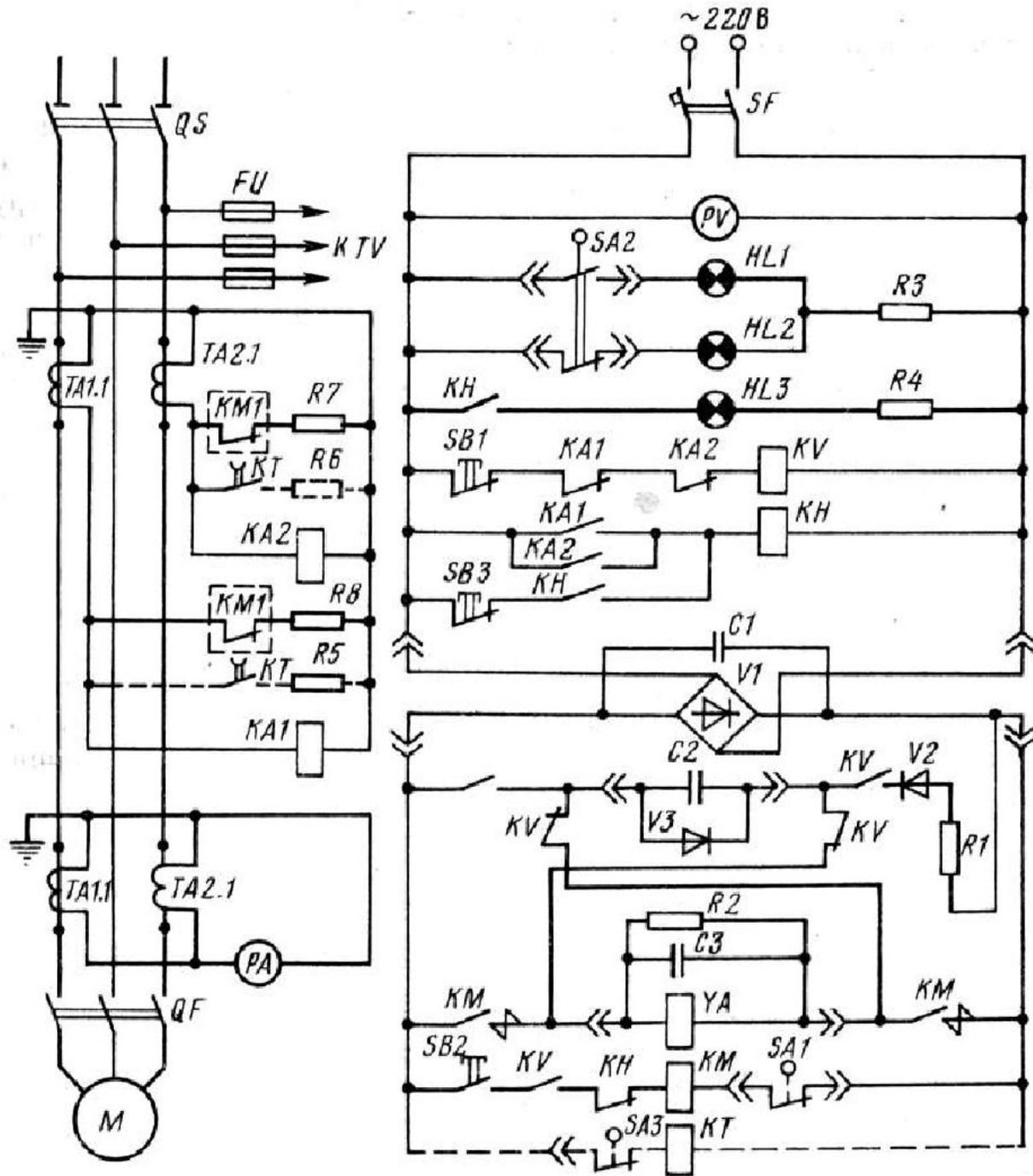
# Электрооборудование карьеров

- КРУ используются для управления двигателями экскаваторов, в качестве приключательных пунктов, а из отдельных шкафов могут собираться распределительные пункты (РП) внутри карьера.
- **На экскаваторах** устанавливают распределительные устройства:
  - 1. С масляным выключателем – 2КВЭ (карьерная внутренней установки, экскаваторная)-6У2, 2КВЭ-6-200-4, КРУЭПЭ-6П-400-10А, КРУЭ-10;
  - 2. С вакуумным выключателем – КРУЭ-6Э-400-10.
- **Для комплектования закрытых подстанций** выпускаются КРУ внутренней установки – К-ХІІ, К-ХХУІ, К-ХХУІІ, КРУ-10-20УЗ, КРУ2-10-20ТЗ, КР-10/31,5У с масляными и вакуумными выключателями.



## Распределительное устройство 2КВЭ-6.

1 – стальной корпус; 2 – разъединитель;  
3 – предохранители силового трансформатора; 4 – трансформаторы тока; 5 – проходной изолятор; 6 – щиток с измерительными приборами и сигнальными лампами; 7 – привод разъединителя; 8 – привод масляного выключателя; 9 – масляный выключатель; 10 – предохранители трансформатора напряжения; 11 – трансформатор напряжения.



## Принципиальная схема КРУ типа 2КВЭ-6/630-10УХЛ2:

QS – разъединитель; QF – вакуумный выключатель; SF – автоматический выключатель; PA – амперметр; PV – вольтметр; FU – предохранители; TA – трансформаторы тока; KM – контактор; KA1, KA2 – токовые реле; SB1-SB2 – кнопки управления; YA – электромагнит; KH, KV, KT – соответственно реле промежуточное; напряжения и времени; SA1-SA3 – вспомогательные контакты выключателя.

# Электрооборудование карьеров. КРУ

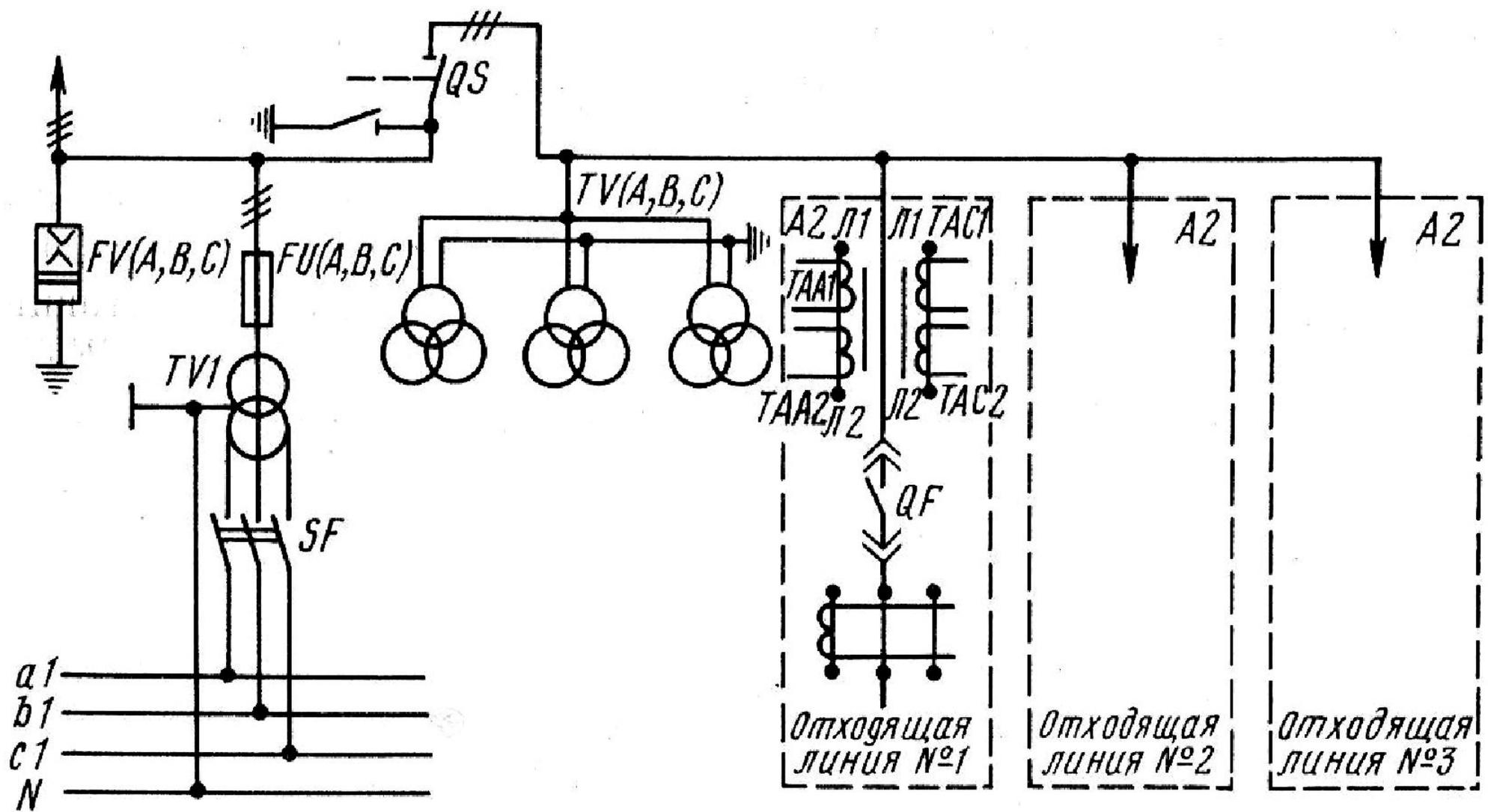
- **Для комплектования открытых подстанций и высоковольтных распределительных пунктов (РП)** выпускаются КРУ наружной установки (КРУН) – К-37, К-33М, К-У1, К-1Х, К-44, КРУН-6(10)Л, К-34, КРН-10У1, КРН-Ш-10 с масляными, вакуумными и элегазовыми выключателями.
- **Карьерные распределительные пункты с вакуумными выключателями**
- **Карьерные распределительные пункты (КРП)** предназначены для приема и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока напряжением 6-10 кВ. КРП представляет собой

# Электрооборудование карьеров. КРУ

- конструкцию, состоящую из установленных на общей раме отдельных металлических ячеек, соединенных между собой болтовыми соединениями. В ячейках устанавливаются:
  - 1. Аппаратура высокого напряжения;
  - 2. Приборы защиты, управления, измерения и сигнализации.
  - 3. Вспомогательные устройства.
- Ячейки КРП состоят из приборного отсека, выкатной части и отсека трансформаторов тока.
- В качестве выдвигаемых элементов в ячейках могут использоваться тележки:
  - 1. С вакуумными выключателями;

# Электрооборудование карьеров. КРУ

- 2. С трансформаторами напряжения и разрядниками;
- 3. С силовыми трансформаторами.
- **В водных шкафах** с вакуумными выключателями располагается аппаратура: управления, автоматизации, измерения, учета ресурса выключателей и учета электроэнергии, сигнализации.
- **Секционная часть 6 кВ** состоит из двух ячеек: секционного выключателя и секционного разъединителя.
- **В ячейке секционного выключателя** устанавливается аппаратура: управления, автоматизации, защиты, сигнализации и оперативной блокировки.



**Однолинейная электрическая схема ПРП типа КРУН**

# Электрооборудование карьеров. КРУ

- В ячейке секционного разъединителя размещаются выключатели для секционирования шинок вспомогательных цепей и аппаратура оперативной блокировки.
- В ячейках отходящих линий имеется полный комплект устройств вспомогательных цепей и располагается: аппаратура управления, автоматизации, защиты, сигнализации и учета электроэнергии.
- Основные виды защиты в ячейках:
  - 1. Максимальная токовая и токовая отсечка.
  - 2. От замыканий на землю.



**Передвижные КТП с кабельным**

# Электрооборудование карьеров. КРУ

- **Передвижной распределительный пункт типа КРУП** предназначен для подключения кабельных сетей в системах электроснабжения подвижного горно-транспортного оборудования.
- **Передвижной распределительный пункт (ПРП) типа КРУП** представляет собой утепленную металлическую оболочку (корпус) с автоматическим поддержанием температуры не ниже  $-30\text{ C}$  со встроенной в нее аппаратурой и состоящей из одного вводного, трех выводных, одного релейного шкафов, трансформатора собственных нужд (ТСН), аппаратуры для автоматического подогрева внутри корпуса и коридора

# Электрооборудование карьеров. КРУ

- обслуживания.
- Конструкция КРУП предусматривает возможность установки кабельных разъемов высокого напряжения (ВН) для присоединения во вводном и выводном шкафах гибких экскаваторных кабелей. ПРП оснащен защитой от нарушения целостности заземляющих жил вводного и выводного кабелей. ПРП транспортируется на салазках с прицепным устройством.
- **Передвижные комплектные трансформаторные подстанции с сухими трансформаторами**
- Передвижные комплектные трансформаторные подстанции с



**Передвижные КТП  
с воздушным  
вводом**

# Электрооборудование карьеров. КРУ

- сухими трансформаторами типа ПСКТП предназначены для электроснабжения переменным током передвижных токоприемников карьера (разреза). Подстанции ПСКТП-250/6 и ПСКТП-400/6 для питания силовых установок.
- Со стороны высокого напряжения подстанции могут быть подключены как к воздушным, так и к кабельным сетям.
- Подстанция состоит из трех основных узлов:
  - 1. Силового трансформатора;
  - 2. Распределительных устройств высшего напряжения (РУВН);

# Электрооборудование карьеров. КТП

- 3. Распределительных устройств низшего напряжения (РУНН).
- Все узлы ПСКТП смонтированы на жесткой раме-салазках. Жесткая конструкция рамы-салазок с прицепным устройством позволяет транспортировать подстанцию по любому грунту. В верхней части корпуса имеется специальный фланец-патрубок, к которому при необходимости крепят опору шинную для подключения к ЛЭП на высоте 4,5 м. В нижней части опоры монтируют вентиляные разрядники. В РУВН установлены разъединитель с заземляющими ножами и высоковольтные предохранители. Блокировки не позволяют включать заземляющие ножи при включенных силовых ножах разъединителя.

# Электрооборудование карьеров. КТП

- В верхней части РУВН имеются два кабельных силовых ввода, один из которых служит для транзитной передачи высокого напряжения.
- Для технического обслуживания и ремонта РУВН имеет три двери: основную с торцевой стороны и две дополнительные с боковых сторон. Между основной дверью и разъединителем установлены дополнительные решетчатые дверцы. Блок-замок предотвращает включение-отключение разъединителя при включенном автоматическом выключателе.
- РУНН представляет собой шкаф прямоугольной формы из гнутых

# Электрооборудование карьеров. КТП

- стальных листов с комплектом силовой, защитной и измерительной аппаратуры; силовая цепь РУНН – главный автоматический выключатель и три выходных автоматических выключателя для подключения потребителей.
- Для защиты от поражения электрическим током и от утечек тока на землю применяется блок АЗУР(АРГУС) или реле утечки РУ-380, воздействующее на главный автоматический выключатель. Предусмотрена тепловая защита силового трансформатора от длительных перегрузок.

# Электрооборудование карьеров. КТП

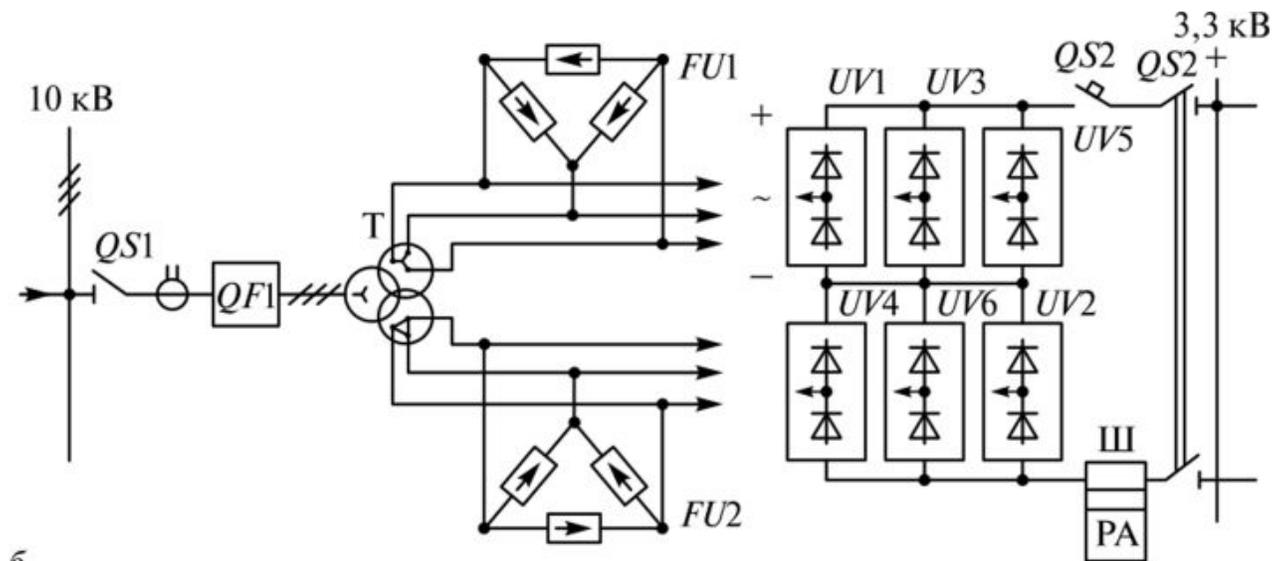
- Для обеспечения нормального температурного режима работы комплектующей аппаратуры при низких отрицательных температурах в РУНН установлены теплоэлектронагреватели, включаемые вручную.
- РУНН имеет три двери: основную с торцевой стороны для доступа к панели управления и две боковые дополнительные для технического обслуживания аппаратуры. На панель выведены ручки выключателей, переключатель для включения местного освещения, измерительные приборы и т.д.

# **Электрооборудование карьеров. Выпрямительные подстанции**

- **Электроснабжение карьерного электровозного транспорта**
- Тяговые подстанции бывают преобразовательными, на которых устанавливаются выпрямительные агрегаты, питающие тяговую сеть, и однофазного переменного тока, на которых устанавливаются обычные понизительные силовые трансформаторы. В этом случае выпрямительные агрегаты (инверторы) для питания тяговых двигателей постоянного тока устанавливаются непосредственно на электровозах.
- В настоящее время на тяговых подстанциях постоянного тока применяют полупроводниковые выпрямительные агрегаты

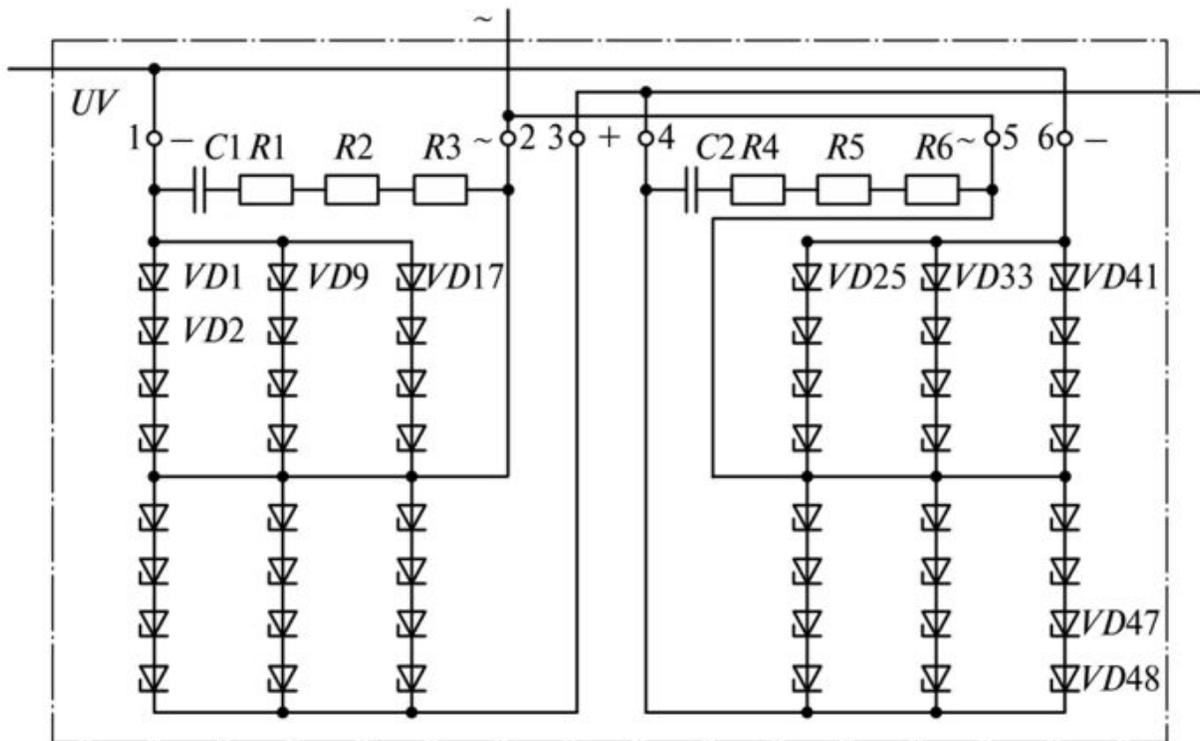
# Электрооборудование карьеров. Выпрямительные подстанции

- УВКЭ+1 на выпрямленный ток 200А, 1650 В и ПВЭ-3М, ПВЭ-5А, на токи 3000 и 9000 А, напряжением 3300 В. Агрегаты комплектуются силовыми трансформаторами На стороне первичного напряжения подстанций используется обычная коммутационная и защитная аппаратура, а на стороне постоянного тока – однополюсные быстродействующие выключатели ВАБ или АБ.
- Тяговые подстанции часто совмещают с главными подстанциями ГПП, и они имеют аналогичные открытые распределительные устройства (ОРУ).



б

# Электрическая схема 24-пульсной выпрямитель установки ВКЭ-1 питания контактной сети

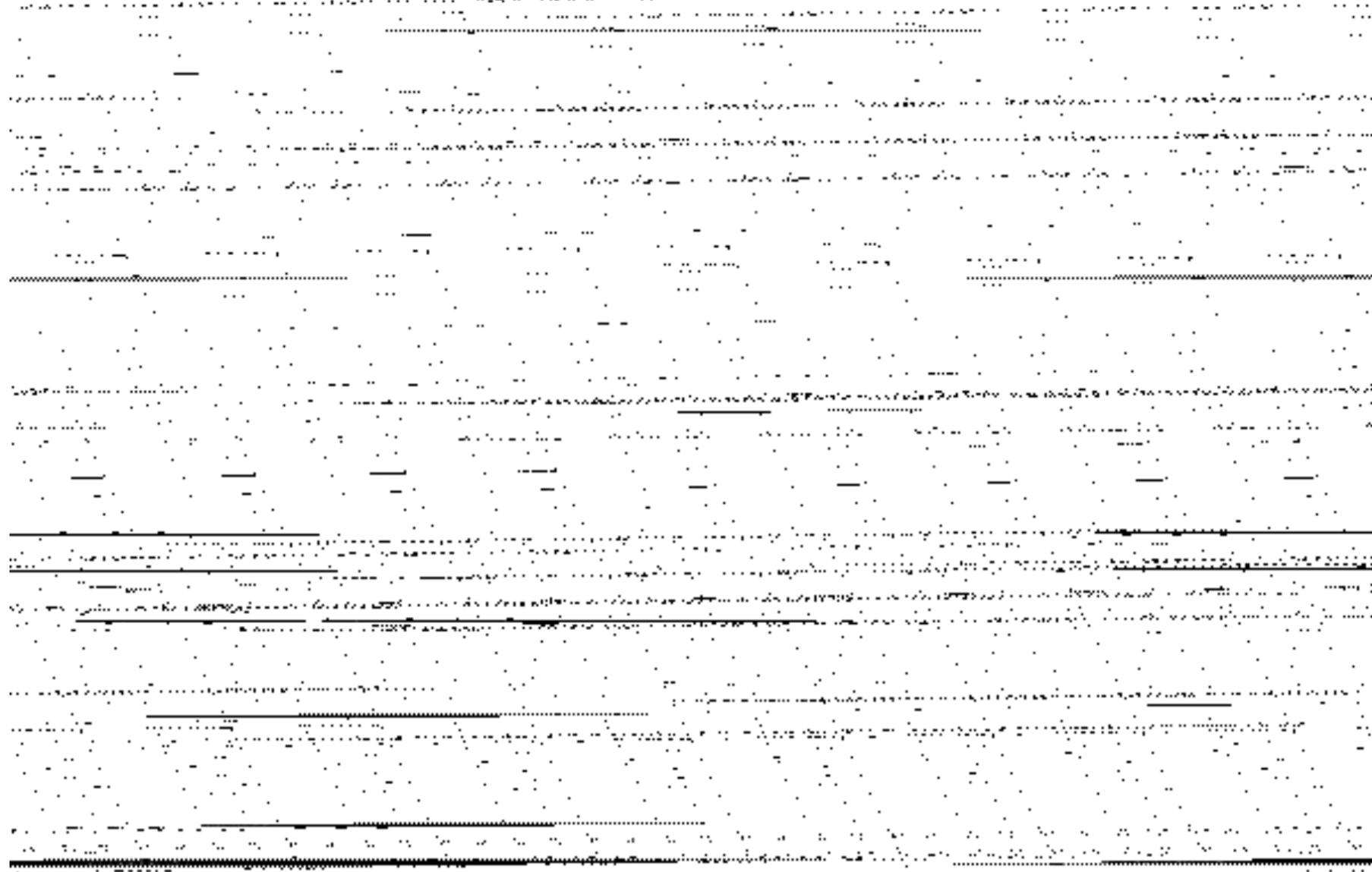


# Электрооборудование карьеров. Выпрямительные подстанции

- На совмещенных подстанциях переменного тока применяются, как правило, отдельные трансформаторы для питания тяговых и силовых нагрузок. Выводы питающих и отсасывающих линий тяговой сети выполняются воздушными. Места присоединения питающих или усиливающих линий к контактному проводу получили название питающих пунктов, а места присоединения отсасывающих линий к рельсовой цепи – отсасывающих пунктов.
- Присоединение тяговых подстанций к ЛЭП или другим подстанциям выполняют двумя ЛЭП. В случае выхода одной из них другая обеспечивает бесперебойную работу тяговой подстанции без снижения нагрузки. На тяговых подстанциях переменного тока устанавливают два трансформатора, каждый мощностью не менее 50% требуемой мощности подстанции.

# Электрооборудование карьеров. Преобразовательные подстанции

- Схема электропитания и секционирования (деления на участки) контактной сети определяется транспортной схемой и работой карьера. Как правило, участки контактной сети питают по **односторонней (консольной) схеме**. Секционирование контактной сети осуществляется секционными изоляторами или воздушными промежутками. Такое деление сети дает возможность выключать ее участок для производства ремонтных работ без прекращения движения на других участках.
- Число и расположение тяговых подстанций определяются конфигурацией железнодорожных путей и протяженностью участков тяговой сети. Приблизительный радиус питания для



# Схема электроснабжения ж/д транспорта

# Электрооборудование карьеров. Преобразовательные подстанции

- постоянного тока составляет 5 км (при 1,5 кВ) и 10 км (при 3 кВ); для переменного тока – 15 км (при 10 кВ).
- В случае наличия нескольких подстанций возможно параллельное ил раздельное питание контактной сети (последнее – предпочтительнее).
- Контактная сеть выполняется в виде воздушной подвески и состоит из опорных и поддерживающих конструкций, к которым подвешены контактные несущие и усиливающие провода и различные вспомогательные устройства. Контактные провода применяются профилированные медные марки ТФ и сталеалюминевые марки ПКСА. Подвеска их осуществляется зажимами из латуни, чугуна и стали.

# Электрооборудование карьеров. Преобразовательные подстанции

- Для подвески проводов применяют деревянные, металлические и железобетонные опоры.
- Питающие и отсасывающие линии представляют собой обычно одножильные кабели сечением 70-300 мм<sup>2</sup>, проложенные в траншеях, или воздушные линии из алюминиевого голого провода.
- Для уменьшения сопротивления току стыки рельсов (исключая передвижные) соединяют отрезком гибкого медного провода сечением не менее 70 мм<sup>2</sup>. Кроме того, выполняют соединения обеих ниток одного пути через 300 м, а межпутные – через 600 м.

# Электрооборудование карьеров. Преобразовательные подстанции

- Защитное заземление опор контактной сети и других сооружений осуществляется как индивидуальными, так и групповыми заземляющими проводами, соединенными с рельсами или средними точками дроссель-трансформаторов. Заземляющие спуски выполняют двумя стальными прутками диаметром более 12 мм. Передвижная контактная сеть постоянного тока, выполненная на деревянных опорах, не заземляется.
- На карьерах применяют силовые трансформаторы общепромышленного исполнения, в основном, двух типов – маслонаполненные и с сухой изоляцией.

# Электрооборудование карьеров.

## Силовые трансформаторы

- **Маслонаполненный трансформатор.**
- Трансформатор (слайд ниже) состоит из магнитопровода с обмотками ВН и НН, помещенного в стальной бак с вваренными трубами.
- Магнитопровод изготавливают из трансформаторной стали, имеющей узкую петлю намагничивания (петлю Гистерезиса) для уменьшения потерь на перемагничивание (потерь в стали). Для уменьшения потерь на вихревые токи магнитопровод собирают из изолированных (лаком) или фосфатированных пластин толщиной 0,35-0,5 мм. На его стержни насаживают обмотки и сверху плотно закрывают ярмом, чтобы исключить воздушные зазоры на стыках. Стержни и ярма собираются из отдельных пластин путем шихтовки, т.е. в переплет.

# Электрооборудование карьеров.

## Силовые трансформаторы

- Трансформаторы больших (свыше 6300 кВА) и средних мощностей (от 160-250 кВА и выше) выполняют стержневыми.
- Обмотки изготовляют из изолированного медного или алюминиевого провода и располагают на разных стержнях или на одном и том же. В последнем случае различают чередующиеся между собой обмотки НН и ВН (дисковые обмотки) и концентрические обмотки, когда ближе к стержню помещают обмотку НН, а поверх ее – обмотку ВН. Обмотки изолируют между собой и от стержня магнитопровода жесткими цилиндрами и шайбами из электрокартона (или другого диэлектрика), служащими также каркасами для обмоток. Для

# Электрооборудование карьеров.

## Силовые трансформаторы

- отвода тепла между цилиндрами предусмотрены специальные каналы. Изоляция обмоток от ярма выполняется из картонных колец и шайб.
- Для охлаждения трансформаторов, начиная с мощности 20 кВА, магнитопровод с обмотками (выемная часть) размещают в баке, заполненном трансформаторным маслом или негорючей жидкостью (совтол). Масло не только отводит тепло от обмоток (за счет конвекции или принудительной циркуляции), но и является надежным изолятором. Масляные трансформаторы имеют меньшие размеры и массу по сравнению с сухими (охлаждаемыми воздухом) той же мощности. Для лучшего

# Электрооборудование карьеров.

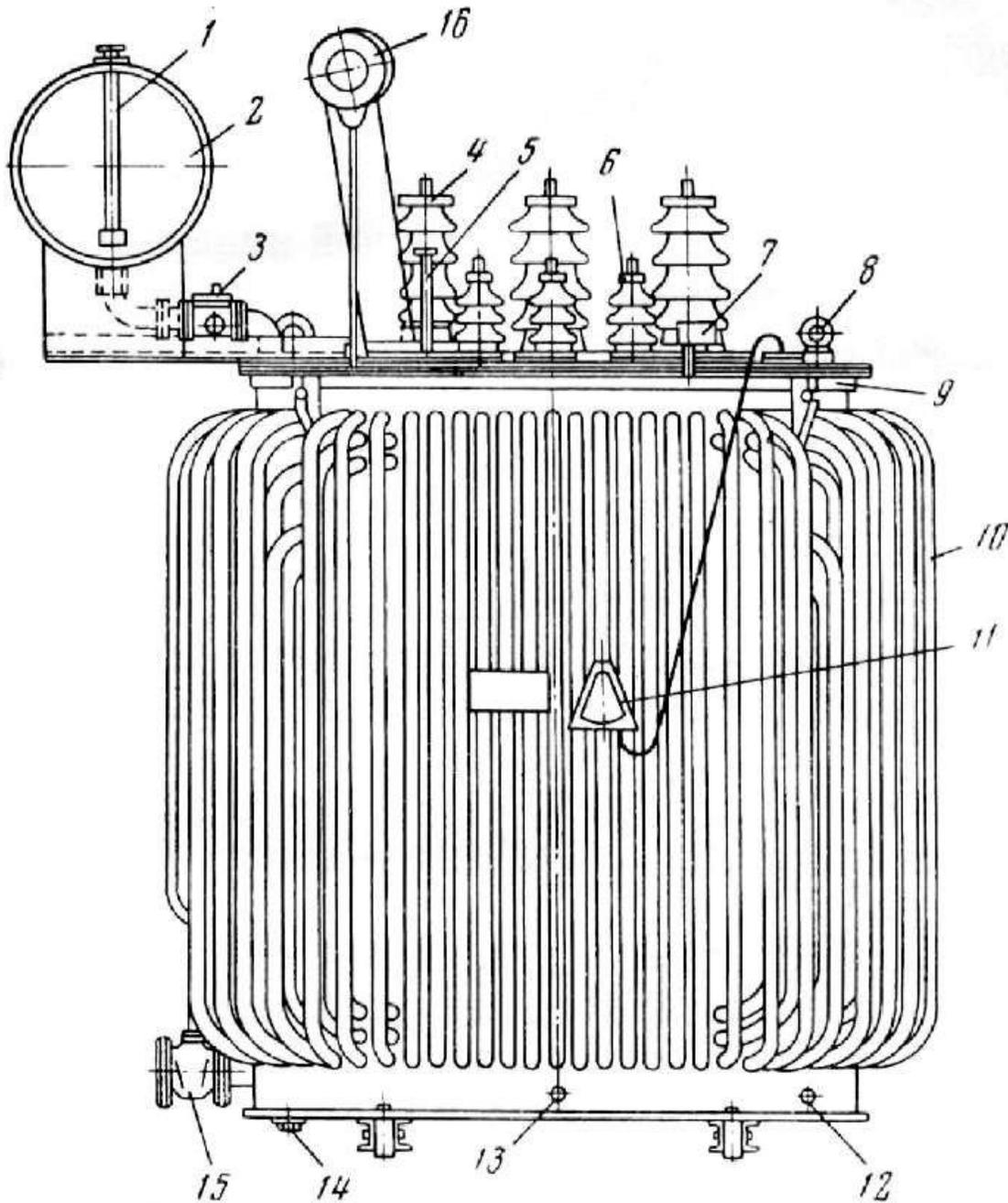
## Силовые трансформаторы

- охлаждения трансформатора к стенкам бака приварены трубчатые радиаторы. Для измерения температуры масла предусмотрен термометр. При изменении температуры объема масла изменяется, поэтому либо между крышкой бака и маслом создается воздушная подушка (трансформатор мощностью до 63 кВА), либо трансформатор снабжается расширителем, в виде небольшого бака, соединяемого с баком трансформатора патрубком, на котором устанавливается газовое реле. Расширитель имеет маслоуказательную трубку и дыхательную пробку, а также верхнюю пробку (для заливки масла) и нижнюю пробку (для удаления грязи из его отстойника). Применение расширителя уменьшает поверхность соприкосновения масла с воздухом, который вредно действует на масло, загрязняя, увлажняя и окисляя его.

# Электрооборудование карьеров.

## Силовые трансформаторы

- Для выпуска взрывоопасных газов во избежании давления в баке (и его разрыва) мощные трансформаторы (свыше 1000 кВА) снабжаются выхлопной (предохранительной) трубой со стеклянной мембраной. Для осушки и очистки воздуха, поступающего в расширитель, на его дыхательной трубке устанавливается воздухоочиститель (фильтр), представляющий собой цилиндр, заполненный силикагелем; в нижней его части имеется масляный затвор для очистки воздуха.
- Современные трансформаторы имеют термосифонный фильтр, который служит для поддержания изоляционных свойств масла



## Силовой трансформатор серии ТМ

- 1 – указатель уровня масла;
- 2 – маслорасширительный бак;
- 3 – газовое реле;
- 4 – выводы высшего напряжения;
- 5 – ртутный термометр или термопара;
- 6 – выводы низшего напряжения;
- 7 – горловина для заливки масла;
- 8 – рым-болт для строповки трансформатора;
- 9 – крюк для подъема трансформатора;
- 10 – радиатор охлаждения;
- 11 – манометр;
- 12 – пробка, закрывающая отверстие для взятия пробы масла;
- 13 – болт для заземления;
- 14 – пробка, закрывающая отверстие для спуска остатков масла из бака;
- 15 – кран для спуска масла;
- 16 – предохранительная труба.

# Электрооборудование карьеров.

## Силовые трансформаторы

- в процессе работы трансформатора. Он представляет собой цилиндрический бак, подсоединенный к баку трансформатора двумя патрубками с кранами и заполненный активным материалом – сорбентом, поглощающим продукты разложения масла. Нагретое масло по принципу термосифона поднимается кверху, проходя через охлаждающие радиаторы и параллельно им установленный фильтр, охлаждается и опускается вниз. Проходя через фильтр сверху вниз, масло непрерывно очищается.
- Концы обмоток ВН и НН выводятся из бака через проходные фарфоровые изоляторы (выводы). Изоляторы обмоток ВН по высоте несколько больше изоляторов обмоток НН.

# Электрооборудование карьеров.

## Силовые трансформаторы

- В силовых трансформаторах, для того чтобы повысить напряжение на выводах обмоток НН, выполняются регулировочные ответвления от обмотки ВН (где контакты могут быть менее мощными), позволяющие изменять вторичное напряжение в пределах  $\pm 5\%$ . Эти ответвления выводятся на специальный переключатель, установленный на крышке трансформатора. При снижении вторичного напряжения зажимы (анцапфы) трансформатора включаются на положение  $-5\%$  (уменьшаем число витком обмотки ВН), а при повышении напряжения – на положение  $\pm 5\%$  (увеличиваем число витков обмотки ВН).

# Электрооборудование карьеров.

## Силовые трансформаторы

- Масло требует периодической очистки, сушки и замены. Масло является горючим материалом, поэтому **масляный трансформатор – пожароопасен**. Когда, по соображениям пожарной опасности, их применение недопустимо, используют сухие трансформаторы или трансформаторы с негорючим наполнением (совол, совтол, пиранол, кварцевый песок).
- Для обозначения типов трансформаторов приняты следующие буквенные обозначения:
- 1. На первом месте – число фаз: «О» - однофазный; «Т» - трехфазный;

# Электрооборудование карьеров.

## Силовые трансформаторы

- 2. На втором месте – система охлаждения (одна или две буквы): «М» - естественное масляное; «Д» - дутьевое (обдувание радиаторное вентилятором); «Ц» - принудительная циркуляция масла (при помощи масляных насосов) через водяной охладитель; «ДЦ» - принудительная циркуляция масла через установленные баки (или выносные) охладители, обдуваемые вентиляторами; «С» - сухой, охлаждаемый воздухом;
- 3. На последнем месте: «Т» - трехобмоточный; «Н» - встроенное регулирование напряжения под нагрузкой; «У» - герметизированный; «П» - передвижной.

# Электрооборудование карьеров.

## Силовые трансформаторы

- Например, ТДТН-10000/110 означает: трехфазный масляной трансформатор, дутьевое охлаждение, трехобмоточный, с регулированием напряжения под нагрузкой, мощностью 10000 кВА, напряжением 110 кВ.
- Силовые трансформаторы выпускаются со шкалой номинальных мощностей: 10, 16, 25, 40, 63 и 80 кВА и 10-кратные значения этих величин.

# Электрооборудование карьеров

- Самостоятельно изучить что такое газовая защита трансформаторов.
- Письменно ответить на вопросы:
  - 1. Назначение газовой защиты трансформаторов, основные типы.
  - 2. Конструкция реле Бухгольца.